

Ingegnere:

 **ORDINE INGEGNERI  
PROVINCIA DI CAGLIARI**  
N. 5044 Dott. Ing. Alessandro Lai

Geologo:

 **ORDINE DEI GEOLOGI  
REGIONE SARDEGNA**  
N. 513 Dott. Geol. SIMONE MANCONI

Committente:



**COMUNE DI PABILLONIS**  
PROVINCIA MEDIO CAMPIDANO

RESPONSABILE DELL'AREA TECNICA

ING. STEFANO CADEDDU

Scala:

Data:

FEBBRAIO 2020

Oggetto:

Studio idrogeologico ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del P.A.I. esteso a tutto il territorio comunale di Pabillonis finalizzato all'aggiornamento della pianificazione di settore

Elaborato:

RELAZIONE STUDIO IDROGEOLOGICO PARTE IDRAULICA

Ente Autorizzatore:

A.D.I.S. - REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

**STUDIO TECNICO DOTT. ING ALESSANDRO LAI**

sede operativa: Cagliari, Via del Collegio n°22 Cagliari  
e-mail: ing.alessandro.lai@gmail.com

**STUDIO DI GEOLOGIA**

**DOTT. GEOL. SIMONE MANCONI**

Sede legale: ASSEMINI (CA), VIA PARIGI 9 - 09032 TEL. 3286513334  
Sede operativa: CAGLIARI (CA) - VIA PONTANO 11 - 09128  
e-mail: geologo.manconi@gmail.com

# H1

Aggiornamenti:

- • • • •
- • • • •
- • • • •
- • • • •
- • • • •
- • • • •
- • • • •
- • • • •
- • • • •
- • • • •

Elaborato di proprietà, sono vietate la riproduzione e divulgazione senza autorizzazione (art. n. 299 legge n. 633 del 22 aprile 1947)

## 1 INDICE

1	INDICE.....	2
2	PREMESSA.....	4
3	METODOLOGIA DI ANALISI.....	6
4	CONTESTO DI RIFERIMENTO.....	7
4.1	Inquadramento territoriale.....	7
4.2	Inquadramento geologico e geomorfologico.....	8
5	Analisi storica.....	10
5.1	Climatologia.....	10
5.2	Dati pluviometrici.....	10
5.3	Dati idrometrici.....	12
5.4	Eventi di piena.....	13
6	ANALISI IDROLOGICA.....	14
6.1	Analisi dei bacini per la caratterizzazione idrologica del territorio comunale.....	14
6.2	Parametri morfometrici.....	15
6.3	Determinazione del Curve Number (CN).....	16
6.4	Tempo di corrivazione.....	17
6.5	Determinazione della portata di piena.....	19
6.5.1	Metodi empirici.....	19
6.5.2	Metodi indiretti.....	20
7	ANALISI IDRAULICA.....	26
7.1	Metodologia di calcolo.....	26
7.2	Impostazioni dei modelli idraulici.....	26
7.2.1	Condizioni al contorno e portate.....	27
7.2.2	Coefficiente di scabrezza.....	28
7.3	Ulteriori verifiche di sicurezza ex art. 22 delle Norme di Attuazione del PAI.....	28
7.4	Descrizione e predisposizione del modello idraulico.....	28
7.4.1	Scelta delle sezioni significative.....	29
7.4.2	Modellazione dei ponti.....	29
7.5	Perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica.....	30
7.6	Verifica di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti ex art. 22 delle Linee Guida del PAI.....	30

8	DEFINIZIONE DEL DANNO POTENZIALE .....	31
8.1	Elementi a rischio.....	31
8.2	Vulnerabilità .....	32
8.3	Danno potenziale .....	32
9	PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO.....	34
10	CONCLUSIONI .....	35
10.1	Premessa .....	35
10.2	Aree a pericolosità idraulica (Hi) .....	35
10.2.1	Metodologia.....	36

## 2 PREMESSA

Il presente elaborato contiene lo Studio di Compatibilità Idraulica dell'intero territorio del Comune di Pabillonis esteso a tutto il territorio finalizzato all'adeguamento del Piano Urbanistico Comunale alle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico. Le Norme di Attuazione del PAI prescrivono che i *Comuni e le altre Amministrazioni interessate, provvedano a riportare alla scala grafica della strumentazione urbanistica vigente i perimetri delle aree a rischio idraulico Ri, e geomorfologico Rg e delle aree a pericolosità idraulica Hi e geomorfologica Hg, e ad adeguare contestualmente le norme dello strumento urbanistico (N.A. PAI, Art. 4, comma 5)*. Prevedono inoltre che nell'adeguamento della pianificazione comunale *vengano delimitate le aree di significativa pericolosità idraulica e geomorfologica non perimetrata in precedenza dal PAI (N.A. PAI, Art. 26)*. Ai fini di un coordinamento fra i vari livelli di pianificazione, in appello al principio di precauzione e in accordo con i principi fondatori del P.A.I. l'art. 8 delle relative N.A. (Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso di aree di costa) definiscono che, "nel quadro di un'attività continua di verifica, già all'avvio degli studi o delle istruttorie preliminari devono essere resi compatibili con il PAI, con le sue varianti adottate e con le sue norme di attuazione tutti gli atti di pianificazione, di concessione, autorizzazione, nulla osta ed equivalenti di competenza di Province, Comuni, Comunità montane ed altre pubbliche amministrazioni dell'ordinamento regionale della Sardegna relativi ad aree perimetrata con pericolosità idrogeologica." Ciò al fine di attivare una corretta politica di prevenzione, alla base del P.A.I., con l'obiettivo di ottimizzare le risorse disponibili per effetto della riduzione delle situazioni di emergenza post evento. Il successivo comma 2 definisce che *"indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrata dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano 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 e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione"*.

Lo studio illustrato di seguito riporta anche la verifica degli attraversamenti stradali di competenza comunale secondo quanto previsto alla *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti*, in attuazione dell'art. 22 delle N.A. del PAI approvata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 43/2 del 01.09.2015

In questo si è fatto riferimento ai dati del DTM con maglia 1x1 fornito dal MAATM<sup>1</sup> che ne detiene i diritti di proprietà. La relazione, dopo un breve inquadramento del territorio di riferimento, analizza i dati storici relativi a pluviometria, idrometria ed eventi di piena.

L'elaborato descrive i bacini idrografici che interessano il territorio comunale analizzando per ciascuno i parametri morfometrici e le caratteristiche planimetriche. L'analisi segue con l'illustrazione delle metodologie utilizzate per l'individuazione delle portate di massima piena. Dopo una ipotesi di modellazione delle

---

<sup>1</sup> Dato LIDAR del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATTM) e distribuito con licenza Creative Commons - Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) - <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it>

dinamiche di piena, viene determinata la portata di massima piena da utilizzarsi per la determinazione delle aree a pericolosità idraulica attraverso modellistica numerica.

Per ogni bacino idrografico considerato, si riepilogano nella relazione idraulica le principali criticità e si allegano anche gli elaborati grafici che mettono in evidenza le aree a pericolosità idraulica. Si sottolinea come le aree oggetto di studio siano interessate da perimetrazioni del P.A.I. per ciò che concerne il Flumini Bellu, e da perimetrazione del P.S.F.F. e P.G.R.A. (scenari di intervento 2019) riguardante il Flumini Malu.

Come detto, in ottemperanza alla richiesta ADIS e conformemente alle sopravvenute Direttive sulle verifiche da effettuarsi sui canali tombati e attraversamenti, sono allegati alla presente le Schede di Verifica.

La presente relazione, aggiornata a marzo 2020, da inoltre riscontro alla nota ADIS prot. N. 8028 del 05/09/2018 e aggiorna gli elaborati alle N.T.A. del P.A.I. recentemente modificate (ottobre 2019).

In particolare, in risposta alla suddetta nota:

- Si è aggiunta la carta della pericolosità vigente (Tavole dalla 8H alla 11H) e quella derivante unicamente dal presente studio (Tavola 13H);
- Si sono integrati gli attraversamenti comunali studiati, e inoltre, come richiesto per le vie brevi, si sono aggiunte delle schede con le caratteristiche peculiari degli altri attraversamenti di competenza diversa da quella comunale. Inoltre, a seguito di tale studio, si sono effettuate delle ulteriori simulazioni idrauliche, che hanno determinato delle aree di pericolosità idraulica che sono andate ad integrare il precedente studio. Si riportano nella presente anche i calcoli idrologici effettuati per tali aste fluviali;
- Si sono aggiornati e corretti gli elaborati relativi agli allegati contenuti i risultati delle simulazioni idrauliche;
- Si sono individuate le fasce di prima salvaguardia ex art. 30ter, così come richiesto dalla recente normativa (si veda Tavola 5H);
- Si sono prodotte la Carta del Rischio idraulico (Tavola 6H) e quella del Danno potenziale e degli elementi a rischio (Tavola 7H);
- Si sono allegate le Schede di mitigazione del rischio
- Tutta la documentazione è prodotta in formato digitale (PDF e P7M), e si allegano come richiesto gli shapefiles delle pericolosità e del rischio.

### 3 METODOLOGIA DI ANALISI

Per l'individuazione delle aree a pericolosità idraulica idraulico si è proceduto all'analisi della bibliografia presente al fine di individuare le aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico. In particolare, si sono considerati dati climatologici, pluviometrici ed idrometrici dell'area oggetto di studio. Per l'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico si è fatto riferimento al Progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI), e si è inoltre fatta una ricerca bibliografica di ulteriori informazioni finalizzate all'inquadramento storico.

A seguito dell'analisi storica, le aste fluviali oggetto di studio sono state identificate considerando gli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04\_ELEMENTO\_IDRICO.shp del DBGT\_10k\_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), integrato con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965 che riporta la situazione antecedente le rilevanti trasformazioni territoriali avvenute negli anni '60.

A partire dal reticolo idrografico così identificato, si sono calcolati i bacini idrografici relativi ai corsi d'acqua localizzati nel Comune di Pabillonis, utilizzando il DTM di maglia 10 m della Regione Autonoma della Sardegna, integrato dalle carte IGM 1:25.000 e dalla CTR 1:10.000. Attraverso metodologie in ambiente GIS si sono individuati i principali bacini dell'area di studio, definendo gli spartiacque e la direzione di deflusso delle acque meteoriche. A seguito di questo, si sono mappati i bacini afferenti ai corsi d'acqua interni al territorio comunale.

La scelta dei corsi d'acqua sui quali è stato svolto lo studio idrologico e idraulico è stata fatta considerando i seguenti criteri:

- analisi storica degli eventi pregressi;
- presenza di aree mappate come a pericolosità geomorfologica dal PSFF (in questo caso assenti);
- vicinanza ad aree urbanizzate e presenza di elementi a rischio quali vie di comunicazione;
- importanza del corso d'acqua e dimensione del bacino afferente.

Inoltre, a seguito delle integrazioni delle verifiche di sicurezza sugli attraversamenti comunali, si sono effettuate delle ulteriori simulazioni idrauliche. Gli studi idrologici e idraulici effettuati nell'ambito di tali verifiche di sicurezza, che hanno determinato delle aree di pericolosità idraulica, che sono andate ad integrare le risultanze dello studio precedentemente consegnato.

## 4 CONTESTO DI RIFERIMENTO

### 4.1 Inquadramento territoriale

Il comune di Pabillonis è situato in Provincia di Oristano, nel centro-nord della pianura del Campidano, più esattamente al nord del "Pranu Murdegu", vicino alla confluenza di due corsi d'acqua denominati Flumini Mannu e Flumini Bellu.. Il suo terreno argilloso ha reso famosi i suoi artigiani per la lavorazione delle terre cotte. Un tempo paludoso e malsano, fu bonificato a metà degli anni Trenta. Il territorio comunale ha una superficie complessiva di circa 37.5 m<sup>2</sup> ed una altitudine media sul livello del mare di 42 m.

L'area in esame è rappresentata topograficamente nel foglio n° 225 della carta d'Italia I.G.M. alla scala 1:100.000 ed è localizzata nella nuova cartografia a scala 1: 25.000 nelle sezioni 539-III e 547-IV.

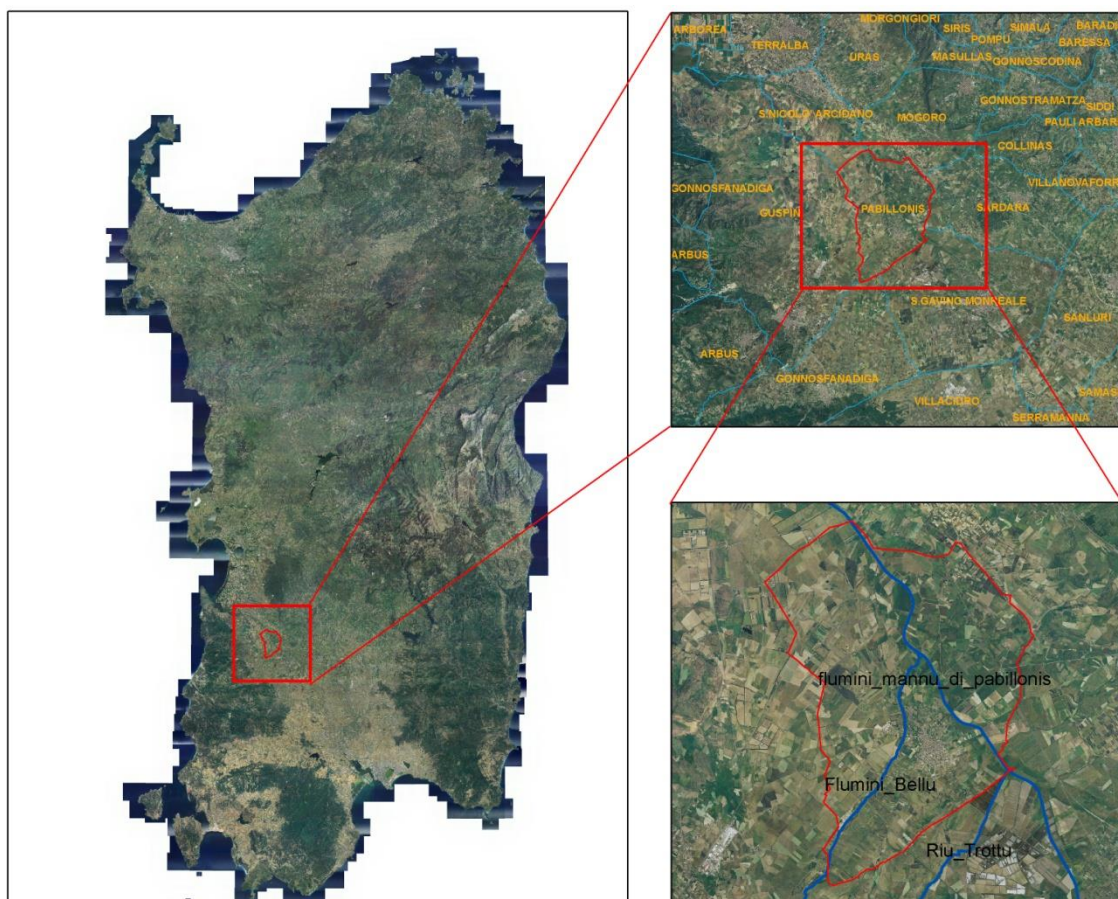


Figura 1: Inquadramento del territorio oggetto dello studio

## 4.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

Per la determinazione delle caratteristiche geologiche del territorio comunale si è tenuto conto della bibliografia esistente e del rilevamento geologico (vedi Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica).

Il territorio comunale di Pabillonis è ubicato nella Sardegna centro meridionale.

Nella carta geologica allegata relazione SdC Geologica e Geotecnica sono presenti le seguenti unità litologiche:

- Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE.
- Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
- Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE.
- Depositi alluvionali. OLOCENE.
- Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi e d argille. OLOCENE.
- Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE.
- Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e d argille. OLOCENE.
- Depositi lacustri, palustri. Argille molto plastiche, localmente ricche di materiaorganica. OLOCENE.
- Litofacies del Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME); Ghiaie alluvionali terrazzate con subordinate sabbe. PLEISTOCENE SUP.
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME); sabbie e arenarie eoloche con subordinati detriti e depositi alluvionali. PLEIS. SUP.
- FORMAZIONE DI NURAGHE CASTEDDU. Argilliti, siltiti, arenarie arcosiche conglomerati e brecce ad elementi calcari mesozoici. PLIOCENE MEDIO.

In particolare, il settore di studio è caratterizzato prevalentemente da depositi alluvionali e lacustri appartenenti al Pleistocene-Olocene che vanno a colmare la "fossa campidanese", erede della più grande "fossa sarda" oligo-miocenica.

Si tratta principalmente di depositi alluvionali a composizione variabile da depositi grossolani costituiti da ghiaie da grossolane a medie a depositi ghiaiosi sabbiosi o sabbiosi con subordinati limi ed argille o ancora costituiti da limi e argille (Olocene).

In generale presentano uno spessore molto variabile, un costipamento variabile da basso a medio a elevate ad esclusione dei depositi limosi presentano una elevata porosità e permeabilità che favorisce la formazione di falde idriche sotterranee di tipo freatico e talora interconnesse con falda di subalveo dei principali corsi d'acqua.

I depositi sono costituiti da corpi eterometrici e poligenici (marne, calcari detritici e arenarie, andesiti, basalti, ossidiane, lave, dispri, selci, silice amorfa, metaforfiti, granitoidi) in matrice sabbiosa o sbbiosa limosa con cementazione variabile ma in genere scarsa.

Non presentano una pericolosità geomorfologica e generalmente sono terreni granulai incoerenti, sia grossolani sia fini; presentano un comportamento geo-meccanico abbastanza buono, comunque da analizzare



ogni qualvolta siano previsti interventi ingegneristici anche in funzione delle oscillazioni delle falde presenti nel settore.

I Depositi lacustri, palustri sono rappresentati da argille molto plastiche, localmente ricche di materia organica, talvolta con sottili intercalazioni di sabbie contenenti gischi di bivalvi, di gasteropodi polmonati e ostracoidi (Olocene). Tali terreni in genere non creano nessun problema dal punto di vista geologico e geomorfologico ma considerata l'elevata componente fine (limi e argille) necessitano di una caratterizzazione geotecnica accurata se devono sopportare carichi strutturali in funzione dei possibili cedimenti che potrebbero generarsi. Le litofacies del Subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme) sono caratterizzate da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie e sabbie arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali (Pleistocene Superiore). Non presentano una pericolosità geomorfologica e generalmente sono terreni granulari incoerenti, sia grossolani sia fini; presentano un comportamento geo-meccanico abbastanza buono, comunque da analizzare ogni qualvolta siano previsti interventi ingegneristici anche in funzione delle oscillazioni delle falde presenti nel settore.

## 5 Analisi storica

Per l'individuazione delle aree pericolose e a rischio idraulico si è proceduto all'analisi della bibliografia presente al fine di individuare le aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico. In particolare, si sono considerati dati climatologici, pluviometrici ed idrometrici dell'area oggetto di studio. Per l'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico si è fatto riferimento al Progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI), e si è inoltre fatta una ricerca bibliografica di ulteriori informazioni finalizzate all'inquadramento storico.

### 5.1 Climatologia

Il clima di Pabillonis possiede in generale le caratteristiche fondamentali della Sardegna.

In autunno e in inverno sopraggiungono sull'isola masse d'aria temperata umida atlantica che causano un peggioramento del tempo e un periodo di piogge di varia durata, pur con un aumento della temperatura; invece con l'afflusso di aria fredda settentrionale si ricollegano i periodi di bel tempo, con atmosfera limpida, ma con basse temperature. Anche l'aria umida e tiepida mediterranea porta giorni nuvolosi con temperatura mite e moderata umidità.

Dall'autunno alla primavera l'isola è interessata dai cicloni che si spostano attraverso la penisola iberica verso il Tirreno seguendo la via del quarantesimo parallelo, che è la meno frequentata delle tre grandi traiettorie cicloniche del mediterraneo occidentale. Poiché le piogge sono apportate quasi esclusivamente da queste perturbazioni, si spiega la relativa scarsità di precipitazioni di cui soffre la Sardegna.

Durante l'estate l'aria tropicale proveniente dall'Africa Settentrionale invade il Mediterraneo portando temperature elevate che provocano le maggiori punte di calore e un regime di alte pressioni che sottraggono la regione al grande flusso dell'area oceanica e causano un marcato e prolungato periodo di siccità.

### 5.2 Dati pluviometrici

In Tabella 1 si riportano i dati pluviometrici della stazione pluviometrica di Pabillonis riportanti le altezze di pioggia espresse in mm mensili e annuali dal 1923 al 2011.

Come si può notare dalla Tabella 1, la piovosità mensile indica un regime di tipo AIPE (autunno – inverno - primavera – estate) con i valori medi più elevati, 60 mm e oltre, nei mesi di Ottobre, Novembre e Dicembre.

Valori medi intorno ai 10 mm si registrano in Giugno ed Agosto, mentre in Luglio difficilmente si superano i 5 mm e non sono rari gli anni in cui, in questo mese, non si verifica alcuna precipitazione.

I valori medi annui più bassi all'interno del periodo di osservazione 1923 – 2011 sono stati registrati nel 2007 con un'altezza di pioggia annuale di 86 mm. I valori medi annui più elevati si sono avuti negli anni 1930 con 899 mm e nel 1924 con 862 mm. Il cumulato mensile più elevato si è raggiunto nel mese di novembre 1933 con 300 mm.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
<b>1923</b>	103.5	91.0	68.0	71.0	4.5	24.0	0.0	0.0	88.5	8.0	22.0	163.0	643.5
<b>1924</b>	95.5	295.0	106.0	51.0	18.0	27.0	0.0	2.0	0.0	127.0	82.0	59.0	862.5
<b>1925</b>	10.0	115.0	101.0	52.0	31.0	16.0	0.0	7.0	48.0	0.0	29.0	41.0	450.0

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
1926	66.5	15.0	28.0	70.0	52.0	5.0	16.0	1.0	0.0	35.0	121.5	121.0	531.0
1927	130.5	29.5	68.2	2.5	20.7	10.0	0.0	1.5	15.0	32.7	69.1	163.2	542.9
1928	76.1	15.5	116.0	60.2	48.7	0.0	0.0	0.0	68.5	121.2	91.7	88.2	686.1
1929	115.7	52.3	15.0	30.1	95.0	5.0	0.0	13.5	60.8	165.0	75.3	50.3	678.0
1930	130.0	155.0	73.0	186.0	49.5	14.7	1.0	0.0	59.3	51.0	33.0	147.0	899.5
1931	46.0	88.5	29.5	49.0	26.0	0.5	0.0	0.0	7.5	63.0	116.0	92.0	518.0
1932	21.0	110.5	46.5	38.6	5.2	4.2	8.6	13.0	9.0	130.0	81.5	51.5	519.6
1933	50.5	134.0	18.0	47.0	0.0	11.8	0.0	1.6	40.0	61.2	300.5	143.2	807.8
1934	47.3	23.8	92.6	75.4	17.0	10.2	15.5	11.5	27.1	8.2	79.4	120.3	528.3
1935	101.2	29.0	92.7	37.5	86.0	0.0	9.2	3.5	50.2	71.5	116.0	146.0	742.8
1936	61.5	76.5	138.5	87.5	103.5	42.2	3.2	2.2	33.0	147.1	35.5	40.0	770.7
1937	42.2	85.0	167.5	33.0	32.7	25.0	0.0	30.5	63.5	47.1	64.7	132.5	723.7
1938	24.3	43.7	22.7	50.0	52.8	5.0	0.0	16.1	78.7	82.2	34.2	120.6	530.3
1939	90.0	44.0	69.5	47.4	65.0	13.3	0.0	13.5	114.1	42.7	33.3	129.1	661.9
1940	158.6	16.1	21.8	6.0	48.3	40.0	2.0	0.0	10.0	182.3	56.0	50.5	591.6
1941	171.7	125.0	19.5	70.0	26.8	11.6	2.5	0.0	48.1	43.5	87.2	91.7	697.6
1942	156.2	167.5	56.0	55.0	10.7	21.0	0.0	0.0	57.0	6.0	81.0	55.0	665.4
1943	62.0	33.2	87.0	0.0	39.0	0.0	0.0	0.0	27.0	67.5	68.0	0.0	383.7
1944	0.5	55.7	46.0	68.5	23.0	6.0	0.0	0.0	55.0	75.5	28.0	19.0	377.2
1945	128.0	6.0	6.0	15.0	1.5	0.0	0.0	0.0	86.0	63.0	30.0	61.0	396.5
1946	33.1	1.6	58.1	55.0	52.0	13.0	0.0	0.0	0.1	143.1	55.7	176.0	587.7
1947	71.0	81.0	27.0	34.0	23.0	0.0	0.0	19.5	14.0	97.0	42.0	76.5	485.0
1948	101.0	57.5	1.0	79.0	67.0	1.0	3.0	0.0	33.0	47.0	5.0	52.0	446.5
1949	44.0	47.5	36.1	10.0	83.5	0.5	0.0	0.0	0.0	39.0	120.0	105.5	486.1
1950	57.0	38.0	42.0	63.5	0.0	42.0	0.0	12.0	41.0	44.0	25.5	193.0	558.0
1951	82.0	46.5	60.0	17.0	34.8	7.5	0.0	2.0	19.3	174.0	42.5	44.0	529.6
1952	50.0	61.0	6.0	21.5	29.6	0.0	0.0	1.0	101.5	53.0	61.0	93.0	477.6
1953	110.5	73.0	19.0	26.0	74.0	67.1	0.0	0.0	0.0	35.0	76.0	30.0	510.6
1954	86.0	68.0	54.7	41.0	22.5	4.0	0.0	33.4	8.0	0.0	18.8	36.5	372.9
1955	134.2	125.3	93.0	5.5	3.0	0.0	0.0	7.0	64.6	1.4	23.5	21.6	479.1
1956	28.5	56.9	14.9	56.5	19.1	0.0	0.0	0.0	37.2	76.3	74.2	40.5	404.1
1957	135.5	11.0	3.5	29.0	64.0	2.8	0.0	0.0	31.0	91.5	61.9	150.0	580.2
1958	35.5	14.2	25.0	52.0	12.0	0.0	0.0	0.0	4.4	24.3	126.1	142.7	436.2
1959	21.1	55.4	51.3	29.0	54.2	0.0	1.0	1.0	0.0	132.2	72.0	39.5	456.7
1960	71.0	16.8	78.5	84.2	7.5	1.2	0.0	0.0	15.7	99.2	67.7	202.8	644.6
1961	98.2	1.2	0.0	21.1	0.0	5.0	0.0	0.0	17.0	114.0	166.5	81.4	504.4
1962	7.8	51.9	66.8	36.7	3.0	43.0	0.0	0.0	14.6	47.4	188.8	27.2	487.2
1963	50.0	117.4	29.5	85.8	23.7	2.0	54.7	33.0	100.1	20.0	115.3	106.4	737.9
1964	0.3	54.7	78.2	48.5	3.5	0.0	0.0	5.8	0.0	102.0	83.0	181.3	557.3
1965	135.4	68.1	76.4	13.7	1.0	0.0	0.0	0.0	36.9	30.1	119.0	84.2	564.8
1966	61.0	48.4	5.1	34.9	24.5	5.0	0.0	3.5	14.9	133.0	202.0	72.0	604.3
1967	47.0	38.5	10.0	45.4	0.0	0.0	0.0	12.0	27.0	9.5	67.3	124.0	380.7
1968	40.5	31.5	10.7	60.5	3.0	27.0	0.0	5.2	2.3	14.5	223.0	211.5	629.7
1969	38.5	168.5	41.2	16.5	32.1	0.0	47.0	0.0	73.5	35.2	133.5	163.5	749.5
1970	104.7	57.5	31.2	29.0	20.2	1.0	0.0	0.0	0.0	49.5	51.5	35.0	379.6
1971	75.5	65.0	120.9	35.4	11.0	0.0	0.0	0.0	19.5	10.5	152.0	51.0	540.8
1972	82.3	213.5	19.0	30.5	83.0	10.0	0.0	0.0	37.0	20.0	0.0	89.5	584.8
1973	106.8	44.5	68.8	20.0	0.0	41.0	0.0	4.0	52.5	24.0	25.0	48.0	434.6

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
1974	28.0	194.5	89.5	131.0	4.0	0.0	0.0	0.0	27.0	130.5	48.0	6.5	659.0
1975	20.0	106.0	180.0	31.0	46.0	20.5	0.0	19.0	29.5	88.0	105.0	45.0	690.0
1976	21.0	137.0	67.5	34.5	39.0	31.0	14.5	40.0	38.0	108.0	103.0	105.0	738.5
1977	66.0	23.5	36.0	47.5	25.0	73.0	1.5	41.0	30.5	66.5	71.5	32.0	514.0
1978	169.5	86.5	65.2	161.0	38.0	0.0	0.0	0.0	27.0	53.0	112.0	118.0	830.2
1979	73.0	63.5	54.0	131.0	8.0	32.0	18.0	17.5	75.0	126.0	77.0	65.0	740.0
1980	65.0	12.0	45.0	47.0	96.5	2.0	0.0	0.0	0.0	130.0	137.0	90.0	624.5
1981	57.0	41.0	20.0	65.0	25.0	17.0	25.0	0.0	48.0	56.0	3.0	91.0	448.0
1982	24.0	28.0	19.0	45.0	27.0	0.0	0.0	5.0	3.0	86.0	76.0	106.0	419.0
1983	2.0	81.0	65.0	2.0	7.0	10.0	0.0	2.0	63.0	30.0	110.0	33.0	405.0
1984	35.0	116.0	68.0	85.0	63.0	14.0	0.0	16.0	45.0	50.0	103.0	56.0	651.0
1985	67.2	21.0	187.0	2.0	38.0	0.0	0.0	0.0	39.0	24.0	97.0	0.0	475.2
1987	104.0	55.0	45.4	2.2	15.4	15.8	0.0	0.0	21.2	68.6	129.0	42.4	499.0
1988	123.2	36.8	28.2	48.8	41.0	12.8	0.2	4.8	8.2	17.4	35.2	44.4	401.0
1989	28.2	42.8	18.2	80.8	5.2	32.8	8.6	2.2	73.2	15.8	76.6	47.6	432.0
1990	32.8	14.8	44.2	101.4	65.4	7.0	9.6	48.6	2.4	78.6	81.4	68.0	554.2
1991	10.4	49.2	36.8	63.6	31.8	5.2	2.0	13.0	102.6	117.2	68.8	12.2	512.8
1992	23.6	8.8	36.6	27.2	24.2	31.0	0.0	0.0	4.2	101.6	50.8	92.4	400.4
1993	10.6	22.6	51.6	59.6	23.0	1.8	0.0	0.0	53.4	114.2	41.4	91.0	469.2
1994	55.4	36.0	0.0	76.0	6.0	2.4	0.0	0.0	98.8	60.2	39.0	79.6	453.4
1995	16.8	1.0	32.4	35.2	8.8	12.0	0.0	9.2	28.6	3.0	54.2	50.2	251.4
1996	35.2	91.0	95.6	27.8	45.8	79.0	0.0	3.2	92.2	79.8	67.0	155.8	772.4
1997	115.8	24.4	6.0	17.8	54.8	7.4	1.4	40.2	25.0	70.0	93.0	0.0	455.8
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	0.6	0.0	3.2	65.8	41.2	23.4	63.2	210.8
1999	52.2	31.0	62.0	31.8	39.8	9.2	0.0	0.0	37.8	39.4	162.6	84.4	550.2
2000	13.6	13.0	9.0	38.6	6.0	34.6	2.2	0.0	4.2	107.6	149.6	151.0	529.4
2001	70.6	34.0	20.6	22.0	24.2	0.0	1.4	1.0	14.8	7.2	61.8	48.6	306.2
2002	35.4	30.0	29.4	95.4	29.2	22.4	8.2	49.1	24.0	36.6	61.4	45.1	466.2
2003	70.0	82.6	17.7	31.6	3.2	2.2	0.0	0.0	56.8	167.4	64.8	106.4	602.7
2004	50.8	29.2	52.0	124.7	99.2	0.0	3.0	2.4	38.6	72.8	136.8	153.5	763.0
2005	52.0	109.0	64.4	43.0	13.8	6.1	0.0	16.2	13.6	35.0	42.4	15.0	410.5
2006	21.7	40.0	61.2	28.2	0.2	2.6	1.6	2.2	128.8	9.0	5.0	57.4	357.9
2007	10.1	12.1	28.5	18.5	10.0	4.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	86.7
2008	0.2	11.2	63.6	42.8	107.2	0.0	0.0	0.0	50.0	31.2	99.6	84.4	490.2
2009	140.2	63.8	39.4	143.8	2.2	6.8	0.0	0.0	38.0	28.8	72.6	77.2	612.8
2010	170.8	62.6	21.8	18.4	21.8	35.8	0.0	1.6	5.2	20.6	0.2	77.0	435.8
2011	58.4	51.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.8
<b>Media</b>	<b>65.1</b>	<b>61.2</b>	<b>49.7</b>	<b>48.2</b>	<b>30.9</b>	<b>12.5</b>	<b>3.0</b>	<b>6.7</b>	<b>36.7</b>	<b>63.3</b>	<b>77.2</b>	<b>81.3</b>	<b>535.8</b>

Tabella 1 : altezze pluviometriche mensili e annuali per la stazione pluviometrica di Pabillonis (fonte: Regione Autonoma della Sardegna)

### 5.3 Dati idrometrici

A monte del territorio di Pabillonis è possibile localizzare una stazione idrometrica, relativa al Rio Terramaistus. Tale stazione è situata nel territorio di Gonnosfanadiga. Il fiume assume, in prossimità di Pabillonis, il nome di Flumini Bellu. Per completezza di informazioni si riportano i dati relativi a tale corso d'acqua in Tabella 2. Tuttavia, le portate misurate non sono utilizzabili per lo studio idrogeologico del territorio di Pabillonis poiché il bacino alla quale si riferiscono è di dimensioni inferiori a quello rilevato nella sezione di chiusura in prossimità del paese.

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1973	75	66	67	58	49	43	39	34	34	40	40	43
1974	46	78	69	67	50	33	24	15	18	32	44	29
1983	61	69	72	63	57	48	42	42	50	50	81	78
1984	76	78	76	73	70	65	60	57	60	61	69	76
1985	84	71	83	65	59	57	50	48	50	52	62	62
1986	76	90	76	70	65	57	50	46	46	53	66	69
1987	79	79	67	65	61	56	52	47	46	51	59	68
1988	70	73	73	64	60	58	53	50	50	51	54	58
1989	58	60	60	61	59	57	47	44	46	55	58	60
1990	57	60	57	66	59	55	48	45	45	48	54	74
1991	64	77	68	72	69	63	58	49	47	49	59	49
1992	50	48	49	58	55	52	49	48	51	66	66	73
1993	58	57	70	65	61	52	45	44	45	58	65	70
1995	46	53	60	59	58	52	45	45	48	49	53	59
1996	63	68	79	69	71	70	63	58	61	74	79	89
1997	94	79	61	55	54	43	40	40	>>	45	48	61
1999	61	69	69	67	57	50	47	45	47	51	58	70
2000	62	60	58	58	55	54	55	51	50	51	64	73
2001	75	69	63	57	57	50	45	45	45	45	47	49
2003	67	68	61	55	48	46	46	46	46	50	51	67
2004	66	61	62	63	68	52	43	40	40	44	62	77
2006	56	56	55	35	29	38	30	26	45	45	45	58
2009	25	21	19	24	11	8	7	6	6	11	18	22
2010	62	68	57	43	42	31	10	9	20	35	36	64
2011	54	57	54	47	45	41	36	35	37	39	52	53
2012	48	57	48	49	45	40	37	36	37	40	45	54
2013	54	65	63	49	43	40	37	35	36	37	45	48
Media	62	65	63	58	54	49	43	40	43	47	55	61

Tabella 2: altezze idrometriche mensili per la stazione idrometrica "Terramaistus a Gonnosfanadiga" (fonte: Regione Autonoma della Sardegna)

## 5.4 Eventi di piena

All'interno del progetto AVI è indicato per il Comune di Pabillonis un solo evento di piena avvenuto il 29/11/1971 (rif. AVI evento 600325). Il database indica come causa principale un evento meteorologico. Secondo il volume "*Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*" dell'ISPRA, il 27 novembre del 1971 nubifragi si abatterono soprattutto in zone meridionali dell'isola. In provincia di Cagliari i dissesti idrogeologici interessano l'Iglesiente-Arburese (situazioni critiche nei territori comunali di Arbus, Gonnosfanadiga, Villamassargia, Narcao, Santadi), parte del Campidano (Pabillonis), e area a nord e ad est di Cagliari (Sinnai, Villasimius). Una persona muore travolta dalle acque del Rio Piras alla periferia di Gonnosfanadiga, in località Santa Severa. Più di recente, il territorio di Pabillonis è stato interessato, dalle alluvioni causate dal ciclone Cleopatra nel novembre 2013.

Numero piena	Data
600325	29/11/1971

Tabella 3 Eventi di piena interessanti il Comune di Pabillonis secondo il Progetto AVI.

## 6 ANALISI IDROLOGICA

### 6.1 Analisi dei bacini per la caratterizzazione idrologica del territorio comunale.

L'analisi idrologica è stata svolta per tutto il territorio comunale.

Le aste fluviali oggetto di studio sono state identificate considerando gli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04\_ELEMENTO\_IDRICO.shp del DBG\_T\_10k\_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), integrato con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965 che riporta la situazione antecedente le rilevanti trasformazioni territoriali avvenute negli anni '60.

A partire dal reticolo idrografico così identificato, si sono calcolati i bacini idrografici relativi ai corsi d'acqua localizzati nel Comune di Pabillonis, utilizzando il DTM di maglia 10 m della Regione Autonoma della Sardegna, integrato dalle carte IGM 1: 25.000 e dalla CTR 1:10.000. Attraverso metodologie in ambiente GIS si sono individuati i principali bacini dell'area di studio, definendo gli spartiacque e la direzione di deflusso delle acque meteoriche. A seguito di questo, si sono mappati i bacini afferenti ai corsi d'acqua interni al territorio comunale.

All'interno del territorio comunale i corsi d'acqua principali sono senza dubbio il **Flumini Bellu** e il **Flumini Malu**.

Il primo di essi è stato oggetto di studio da parte del PAI e da esso mappato e il secondo dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e, più recentemente, dagli Scenari di Intervento del P.G.R.A. (2019). **In merito a questi due corsi d'acqua si è valutato**, lette le relazioni di accompagnamento, **di assumere come buone le considerazioni alla base di tali perimetrazioni**, confermandole per intero.

La scelta dei corsi d'acqua sui quali è stato svolto lo studio idrologico e idraulico è stata fatta considerando i seguenti criteri:

- analisi storica degli eventi pregressi;
- presenza di aree mappate come a pericolosità geomorfologica dal PSFF (assenti);
- vicinanza ad aree urbanizzate e presenza di elementi a rischio quali vie di comunicazione;
- importanza del corso d'acqua e dimensione del bacino afferente.

In Tabella 4 si riportano i corsi d'acqua interni al comune di studio e le dimensioni dei bacini afferenti.

Di questi, sono stati interessati da studio idraulico Riu Arriana che si immette nel Rio Malu, Roia Merdecani che si immette nel Flumini Bellu, Riu Ponti Becciu, Riu Acqua Salsa che si immette nel Flumini Malu, Riu Gora Is Arrieddus che si immette nel Flumini Malu, Riu Roia Pibera che si immette nel Flumini Malu.

Inoltre, a seguito delle integrazioni delle verifiche di sicurezza sugli attraversamenti comunali, si sono effettuate delle ulteriori simulazioni idrauliche. Gli studi idrologici e idraulici effettuati nell'ambito di tali verifiche

di sicurezza, che hanno determinato delle aree di pericolosità idraulica, che sono andate ad integrare le risultanze dello studio precedentemente consegnato.

Si sono aggiunti quindi ai corsi d'acqua già citati le analisi idrologiche del Canale Trottu e dei suoi affluenti, dell'affluente di Roia Merdecani, del Rio Trottu e del Canale S'Acqua Cotta.

Per un migliore inquadramento dei bacini oggetto di studio si faccia riferimento alla Carta dei bacini idrografici allegata alla presente.

Attraverso metodologie in ambiente GIS si sono individuati i bacini stabilendo gli spartiacque e la direzione di deflusso delle acque meteoriche. Come è possibile vedere nella Carta dei bacini idrografici, tutti i corsi d'acqua del territorio di Pabillonis ricadono all'interno del Bacino del Flumini Mannu di Pabillonis ovvero, per il tratto considerato, all'interno del bacino idrografico del Flumini Malu.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate, si sono calcolati i bacini idrografici relativi ai corsi d'acqua localizzati nel Comune di Pabillonis, utilizzando il DTM di maglia 10 m della Regione Autonoma della Sardegna, integrato dalle carte IGM 1: 25.000 e dalla CTR 1:10.000.

L'analisi svolta ha permesso di individuare i corsi d'acqua più importanti presenti all'interno del territorio comunale, e di individuare dei corsi d'acqua secondari, che non sono stati oggetto di studio in considerazione delle limitate dimensioni dei bacini idrografici ad essi afferenti e l'assenza di significativi elementi a rischio. Inoltre, non sono stati oggetti di studio idrologico e/o idraulico i canali di bonifica presenti nel territorio, che sono ricompresi nell'analisi dei corsi d'acqua studiati. In Tabella 4 sono riportati i corsi d'acqua analizzati interni al territorio comunale e le dimensioni dei loro bacini. Come si può vedere, sono caratterizzati da bacini con dimensioni ridotte, e sono inoltre localizzati in aree nelle quali non si osservano significativi elementi a rischio. Tali aste fluviali sono attualmente per la maggior parte regimate e canalizzate a seguito delle bonifiche effettuate nel territorio.

Codice bacino	Nome corso d'acqua	Area [kmq]
ARR	Riu Arriana	22.58
RMC	Roia Merdecani	3.05
ASA	Riu Acqua Salsa	1.98
PBE	Riu Ponti Becciu	1.48
GAR	Riu Gora Is Arrieddus	4.50
RPI	Riu Roia Pibera	4.65
TRO	Canale Trottu	17.51
TRT	Riu Trottu	2.82
ACO	Canale S'Acqua Cotta	17.28

Tabella 4: Bacini idrografici relativi ai corsi d'acqua studiati idraulicamente individuati nel territorio comunale di Pabillonis

## 6.2 Parametri morfometrici

Per ogni bacino principale sono stati valutati i parametri morfometrici necessari all'analisi idrologica utilizzando il DTM di maglia 10 m della Regione Autonoma della Sardegna, integrato dalle carte IGM 1:25.000 e dalla CTR 1:10.000 e considerando gli strati informativi geografici disponibili sul database della Regione Autonoma della Sardegna.

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

Superficie del bacino **A**

Perimetro del bacino **P**

Altitudine media del bacino **H<sub>m</sub>**, calcolata automaticamente dal DTM come risultato di un'analisi di tipo statistico delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico;

Pendenza media del bacino, calcolata automaticamente dal DTM come media delle pendenze delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante un bacino idrografico

Lunghezza dell'asta principale **L**;

Pendenza media dell'asta principale **j<sub>m</sub>**, calcolata applicando la seguente formula:

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

in cui L è la lunghezza dell'asta principale, L<sub>k</sub> e i<sub>k</sub> sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza del k-esimo tratto elementare;

Quota alla sezione di chiusura **H<sub>0</sub>**

Quota massima **H<sub>max</sub>**

Dislivello massimo **Δz**

### 6.3 Determinazione del Curve Number (CN)

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

In particolare, per la definizione del CN si è fatto riferimento alla metodologia illustrata nel P.S.F.F., il quale valuta il CN a partire dalle classi di Uso del Suolo, che vengono poi corrette con un ΔCN variabile tra -5 e 15 determinato dalla litologia. Per effettuare il calcolo del CN si sono utilizzate la carta di Uso del Suolo del 2008 e la carta geologica della Sardegna 1:25.000 della Regione Sardegna, modificate sulla base delle ortofoto più recenti a disposizione.

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



Codice bacino	Corso d'acqua	Bacino						Asta principale		CN	
		A [km <sup>2</sup> ]	P [km]	j <sub>b</sub> [-]	H <sub>m</sub> [m slm]	H <sub>0</sub> [m slm]	H <sub>max</sub> [m slm]	L [km]	j <sub>m</sub> [-]	CN (II) [-]	CN (III) [-]
ARR_01	Rio Arriana	22.58	30.96	0.09	141.50	34.30	371.36	13950.61	0.010	69.31	84.03
RMC_01	Roia Merdecani	3.05	7.11	0.01	44.27	33.80	55.84	2954.07	0.006	61.30	78.25
RMC_02	Roia MerdeCani	0.48	2.94	0.01	46.44	40.49	50.16	1101.00	0.006	63.13	79.61
ASA_01	Riu Acqua Salsa	1.98	8.69	0.01	34.72	24.92	47.38	4180.30	0.004	59.36	76.76
ASA_02	Fiume_22197	0.68	5.00	0.01	31.90	28.30	37.08	1835.00	0.004	60.00	77.26
PBE_01	Riu Ponti Becciu	1.48	6.27	0.01	28.59	20.01	35.10	3318.68	0.005	61.86	78.67
GAR_01	Riu Gora Is Arrieddus	4.50	8.99	0.01	44.13	33.62	57.53	3916.27	0.006	64.50	80.62
GAR_02	Fiume_23162	0.61	4.29	0.01	40.21	34.69	46.27	1506.40	0.007	59.92	77.20
RPI_01	Riu Roia Pibera	4.65	15.61	0.02	64.83	26.03	130.23	7887.46	0.008	61.02	78.03
TRO_01	Canale Trottu Valle	17.51	24.75	0.00	47.19	20.00	81.53	10704.00	0.006	60.92	77.95
TRO_02	Canale Trottu Monte	5.58	19.52	0.00	52.09	31.90	81.53	8406.09	0.006	61.00	78.02
TRO_03	Fiume_5404	8.70	20.53	0.01	50.67	30.32	73.74	6586.00	0.007	60.53	77.66
TRO_04	Fiume_8747	5.37	11.42	0.01	55.40	37.38	73.74	4928.00	0.007	60.08	77.32
TRO_05	Fiume_1293	2.30	7.86	0.00	46.71	37.49	59.86	3387.50	0.009	60.71	77.80
TRO_06	Fiume_7665	1.07	4.44	0.00	35.58	32.24	39.27	2343.00	0.003	60.77	77.85
TRO_07	Fiume_1956	1.31	5.30	0.00	30.87	27.51	34.38	1960.00	0.002	60.96	77.99
TRO_08	Fiume_2311	0.63	3.47	0.00	30.61	28.10	33.53	992.00	0.003	66.77	82.26
TRT_01	Riu Trottu	2.82	8.05	0.00	49.11	38.07	58.07	3553.00	0.005	65.56	81.39
ACO_01	Canale s'Acqua Cotta	17.28	22.09	0.05	125.01	34.12	369.87	8289.60	0.010	71.22	85.34

Tabella 5: Parametri morfometrici e Curve Number dei bacini studiati idraulicamente

## 6.4 Tempo di corrivazione

Per il calcolo del tempo di corrivazione sono state utilizzate diverse formule, indicate nelle Linee Guida del PAI, riportate di seguito.

Giandotti:

$$T_c = \frac{1.5 \cdot L + 4\sqrt{A}}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

Pasini:

$$T_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$$

Soil Conservation Service:

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

dove

$A$ : superficie del bacino [Km<sup>2</sup>];

$L$ : lunghezza dell'asta principale [Km];

$H_m$ : altitudine media del bacino [m];

$H_b$ : altitudine della sezione finale del bacino [m];

$j_m$ : pendenza media dell'asta principale del corso d'acqua [-];

$i_b$ : pendenza media del bacino [-];

CN: curve number [-];

$V$ : velocità media di scorrimento superficiale [m/s] ( $1 \div 1.5$  m/s)

Non si riporta la formula VAPI Sardegna poiché questa, come indicato nelle Linee Guida del PAI, non è stata validata per bacini con superficie inferiore ai 50 km<sup>2</sup>. Si rileva inoltre che anche la formula di Giandotti è inadeguata nei casi oggetto di studio, poiché anche questa è stata sviluppata per bacini di dimensioni superiori ai 50 km<sup>2</sup>. Si dimostrano invece appropriate sia la formula SCS-CN(III) che quella di Pasini, poiché sviluppate entrambe per bacini rurali di modesta entità. Dall'analisi critica dei valori di tempo di corrivazione ottenuto con i due metodi, si può vedere che i valori ottenuti con i due metodi sono comparabili e dello stesso ordine di grandezza. Per i bacini di dimensioni maggiori, quali quello del Riu Arriana (ARR) e quello del Rio Merdecani (RMC) il tempo di corrivazione inferiore si ha utilizzando la formula SCS, mentre per i bacini di dimensioni più ridotte risulta essere inferiore il tempo di corrivazione calcolato con la formula di Pasini. Nel presente studio si è scelto di utilizzare, per ciascun bacino, il tempo di corrivazione inferiore.

Codice Bacino	Corso d'acqua	Tempi di corrivazione								Metodo utilizzato
		SCS (CN-II)		SCS (CN-III)		Giandotti		Ventura		
		Ore	Min	Ore	Min	Ore	Min	Ore	Min	
ARR_01	Riu Arriana	5.24	314.66	3.38	202.90	4.82	289.27	5.94	356.43	SCS (CN-III)
RMC_01	Roia Merdecani	4.75	285.17	2.99	179.68	4.41	264.78	2.96	177.52	SCS (CN-III)
RMC_02	Roia MerdeCani	3.13	187.73	1.98	118.87	2.27	136.31	1.11	66.46	Pasini
ASA_01	Riu Acqua Salsa	6.49	389.67	4.07	244.29	4.75	285.18	2.83	169.66	Pasini
ASA_02	Fiume_22197	5.12	307.17	3.21	192.89	3.99	239.39	1.70	101.89	Pasini
PBE_01	Riu Ponti Becciu	5.14	308.59	3.25	194.72	4.20	252.09	2.30	138.00	Pasini
GAR_01	Riu Gora Is Arrieddus	6.22	373.19	3.95	237.19	5.54	332.22	3.51	210.45	Pasini
GAR_02	Fiume_23162	3.91	234.42	2.45	147.18	2.87	172.11	1.22	73.23	Pasini
RPI_01	Riu Roia Pibera	8.02	481.33	5.05	303.05	4.11	246.35	3.10	186.17	Pasini
TRO_01	Canale Trottu Valle	22.91	1374.73	14.42	865.32	7.86	471.70	6.90	414.20	Pasini
TRO_02	Canale Trottu Monte	20.55	1232.74	12.94	776.12	6.14	368.18	3.80	227.75	Pasini
TRO_03	Fiume_5404	14.45	866.75	9.08	545.03	6.01	360.36	4.59	275.15	Pasini
TRO_04	Fiume_8747	10.78	646.71	6.77	406.19	4.91	294.39	3.54	212.60	Pasini
TRO_05	Fiume_1293	9.86	591.49	6.20	372.11	4.59	275.29	2.04	122.42	Pasini
TRO_06	Fiume_7665	7.76	465.49	4.88	292.89	5.24	314.14	2.60	155.86	Pasini
TRO_07	Fiume_1956	6.70	401.88	4.22	252.99	5.13	307.69	3.44	206.48	Pasini
TRO_08	Fiume_2311	3.28	196.55	2.10	125.75	3.67	220.47	1.83	109.79	Pasini
TRT_01	Riu Trottu	8.58	514.95	5.47	328.28	4.53	272.01	3.08	185.10	Pasini
ACO_01	Canale s'Acqua Cotta	4.25	254.95	2.76	165.44	3.81	228.63	5.17	310.38	SCS (CN-III)

Tabella 6: Valori dei tempi di corrivazione calcolati con le formule illustrate. In grassetto i tempi di corrivazione utilizzati.

## 6.5 Determinazione della portata di piena

La determinazione delle portate di piena può avvenire con diverse metodologie in relazione ai dati disponibili per la loro valutazione. Si possono individuare dei *metodi diretti* basati sull'elaborazione di misure di portata disponibili per il bacino di studio o per bacini idrologicamente simili a quello considerato, e dei *metodi indiretti* facendo ricorso a equazioni che permettano di ottenere la sola portata al colmo oppure tramite modelli di trasformazione afflussi-deflussi. I metodi diretti prescindono dall'influenza che i diversi fattori morfologici hanno nella formazione dei deflussi, si fondano sull'analisi probabilistica di una o più serie storiche di misura di portata della piena. I metodi indiretti possono invece essere ulteriormente suddivisi in empirici e analitici. I metodi empirici consentono la valutazione della portata massima di piena sulla base dei parametri morfometrici del bacino imbrifero, mentre i metodi analitici prendono in considerazione tutte quelle relazioni che hanno un fondamento fisico e si basano, anche in maniera semplificata, sull'impostazione di un bilancio idrologico relativo all'evento di piena.

Nei seguenti paragrafi saranno mostrati i diversi metodi utilizzati per la determinazione delle portate di piena corrispondente ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Per ciascun corso d'acqua studiato, a seguito di tale studio idrologico, si sono scelti i valori di portata da utilizzare successivamente nello studio idraulico per la determinazione delle aree di esondazione corrispondenti alla pericolosità idraulica  $Hi_4$ ,  $Hi_3$ ,  $Hi_2$  e  $Hi_1$ . Mutando la metodologia del PSFF, si è scelto di utilizzare il metodo indiretto con applicazione del metodo razionale e determinazione della precipitazione critica tramite metodo TCEV. Tale metodo è adeguato per bacini con superficie inferiore ai  $60 \text{ km}^2$ , e pertanto tale metodologia è stata applicata a tutti i bacini oggetto di studio. La metodologia diretta nel presente studio non è stata utilizzata per i calcoli idraulici su nessun bacino, poiché adeguata per bacini di dimensioni superiori ai  $70 \text{ km}^2$ . Per completezza di analisi, oltre ai metodi probabilistici che saranno illustrati, si è valutata inoltre la portata al colmo di piena attraverso il metodo della curva inviluppo di Sirchia-Fassò.

### 6.5.1 Metodi empirici

I metodi empirici si basano generalmente sull'osservazione dei soli dati di portata al colmo in siti diversi e cercano di individuare le correlazioni di tali valori con le caratteristiche geomorfologiche dei bacini, permettendo di ottenere modelli regressivi che forniscono la portata al colmo o il contributo unitario per  $\text{km}^2$ .

Per la Sardegna si ricorre alla cura inviluppo dei massimi di piena Sirchia-Fassò (1969), che permette di ricavare il valore del contributo unitario di piena ( $q$ ) da inserire insieme al coefficiente di afflusso  $\psi$  e all'area del bacino  $A$  nella formula per il calcolo della portata al colmo.

Contributo unitario:

$$q = 207 \cdot A^{-0.6} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{km}^2} \right] \quad \text{per } 21 \text{ km}^2 \leq A < 1000 \text{ km}^2$$

$$q = 45.8 \cdot A^{-0.106} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{km}^2} \right] \quad \text{per } S < 21 \text{ km}^2$$

Portata al colmo:

$$Q_c = q \cdot \psi \cdot A$$

Il coefficiente di afflusso per l'area in esame è ricavato sulla base della carta mostrata in Figura 2, ed è stato assunto cautelativamente pari a 0.6.

Questo metodo è molto poco utilizzato in quanto non tiene conto del tempo di ritorno dell'evento di piena bensì solo delle serie storiche degli eventi catastrofici di piena. Non può pertanto essere utilizzato nella valutazione della pericolosità idraulica, poiché questa è relativa a eventi con tempi di ritorno definiti.

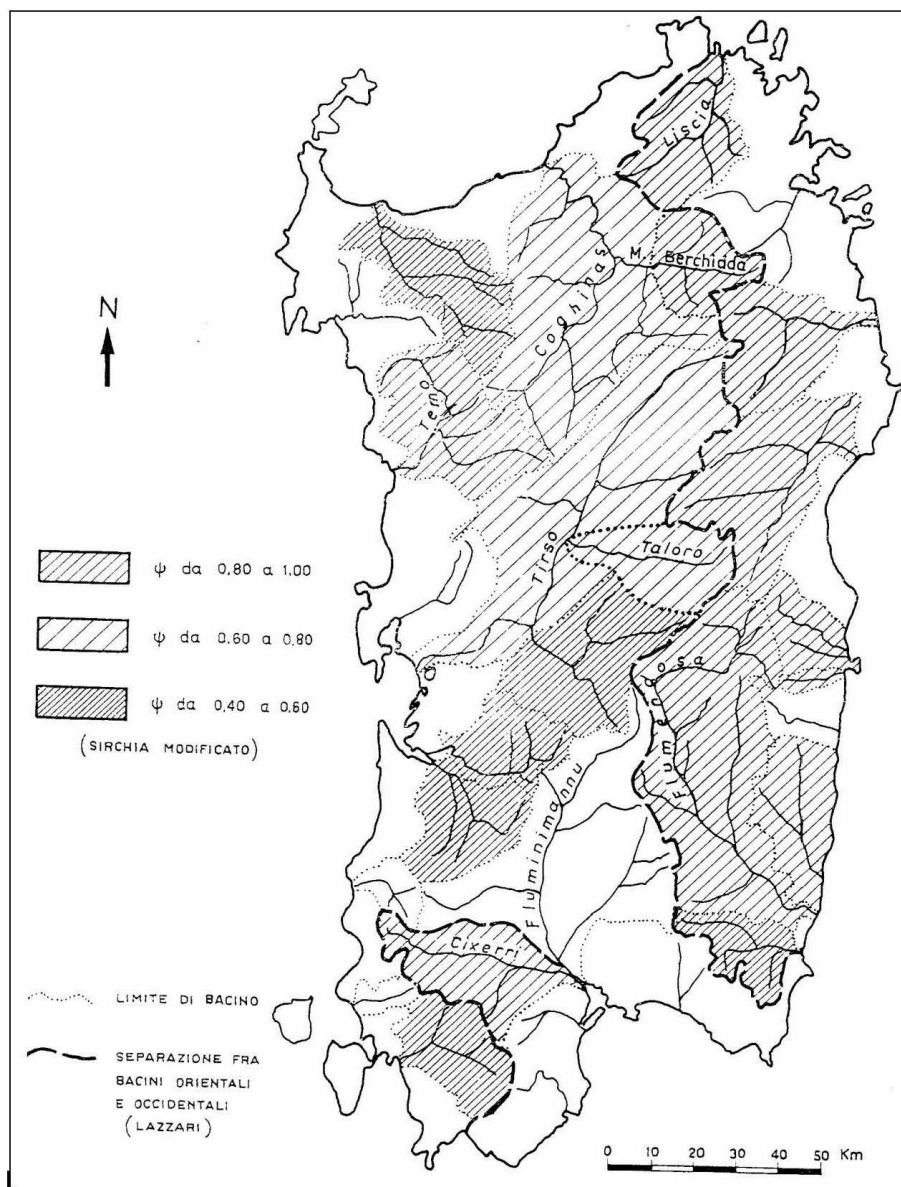


Figura 2: Mappatura del coefficiente  $\Psi$  di Sirchia Fssò

### 6.5.2 Metodi indiretti

Questi metodi nascono dalla scarsa disponibilità di osservazioni storiche di portata, unita alla necessità di avere a disposizione stime sui vari parametri caratterizzanti le diverse sezioni idrologiche lungo i corrispondenti tronchi critici. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizza quella della portata al colmo.

Secondo le indicazioni delle Linee Guida PAI, la portata al colmo è derivata con il metodo razionale. Tale metodo è basato sull'ipotesi che l'evento meteorico, che inizia istantaneamente e ha intensità costante nello spazio e nel tempo, abbia una portata che aumenti fino ad un tempo pari al tempo di corrivazione  $t_c$ , quando tutta l'area del bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo è allora pari a il prodotto tra l'intensità di precipitazione ( $i$ ), di assegnata durata e periodo di ritorno ( $T_R$ ), il coefficiente di assorbimento ( $\Phi$ ), la superficie del bacino ( $A$ ), il coefficiente di laminazione  $\varepsilon(t)$ :

$$Q_c = i[\Theta, T_R, r(\Theta, A)]\Phi A\varepsilon(\Theta)$$

Dove:

$i$ : intensità di precipitazione di assegnata durata  $d$  e periodo di ritorno  $T_R$

$\Phi$ : coefficiente di assorbimento,

$A$ : superficie del bacino

$\varepsilon(\Theta)$ : coefficiente di laminazione

$\Theta$ : durata critica

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

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

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

$$\Theta_c = t_f + t_c$$

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

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

Il **tempo di corrivazione** è stato valutato le formule illustrate in precedenza e, al fine dei calcoli idrologici, si è scelto di usare la formula del Soil Conservation Service con CN (III) che, oltre a fornire dei tempi bassi (ponendosi dunque in una condizione conservativa rispetto agli altri), mutua le metodologie per il calcolo delle portate adottata dal PSFF.

L'**intensità di precipitazione**  $i[\Theta, T_R, r(\Theta, A)]$  che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione,  $d$ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno  $T_R$ . La determinazione della pioggia lorda è stata condotta con le curve di possibilità pluviometrica Log-Normale e TCEV, come indicato di seguito.

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

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

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

dove:

$\Theta$  è la durata critica della precipitazione;

$A$  è la superficie del bacino (espressa in  $\text{km}^2$ ).

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

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

dove

$h_r$  = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);

$S$  = massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione (mm).

Il valore  $S$  è calcolato dall'equazione:

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

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

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

#### **Curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV**

La curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV utilizzata è la seguente:

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

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

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

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

$$a_1 = \mu(g) / (0,886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \text{Log}_{10}\mu(g)$$

La pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  viene stimata sulla base della carta delle isoiete riportata in Figura 3.

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

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

$a_2$  e  $n_2$  si ricavano, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, con le seguenti relazioni, distinte per sottozona così come individuata in Figura 3. I bacini oggetto di studio sono appartenenti alla sottozona SZO 2.

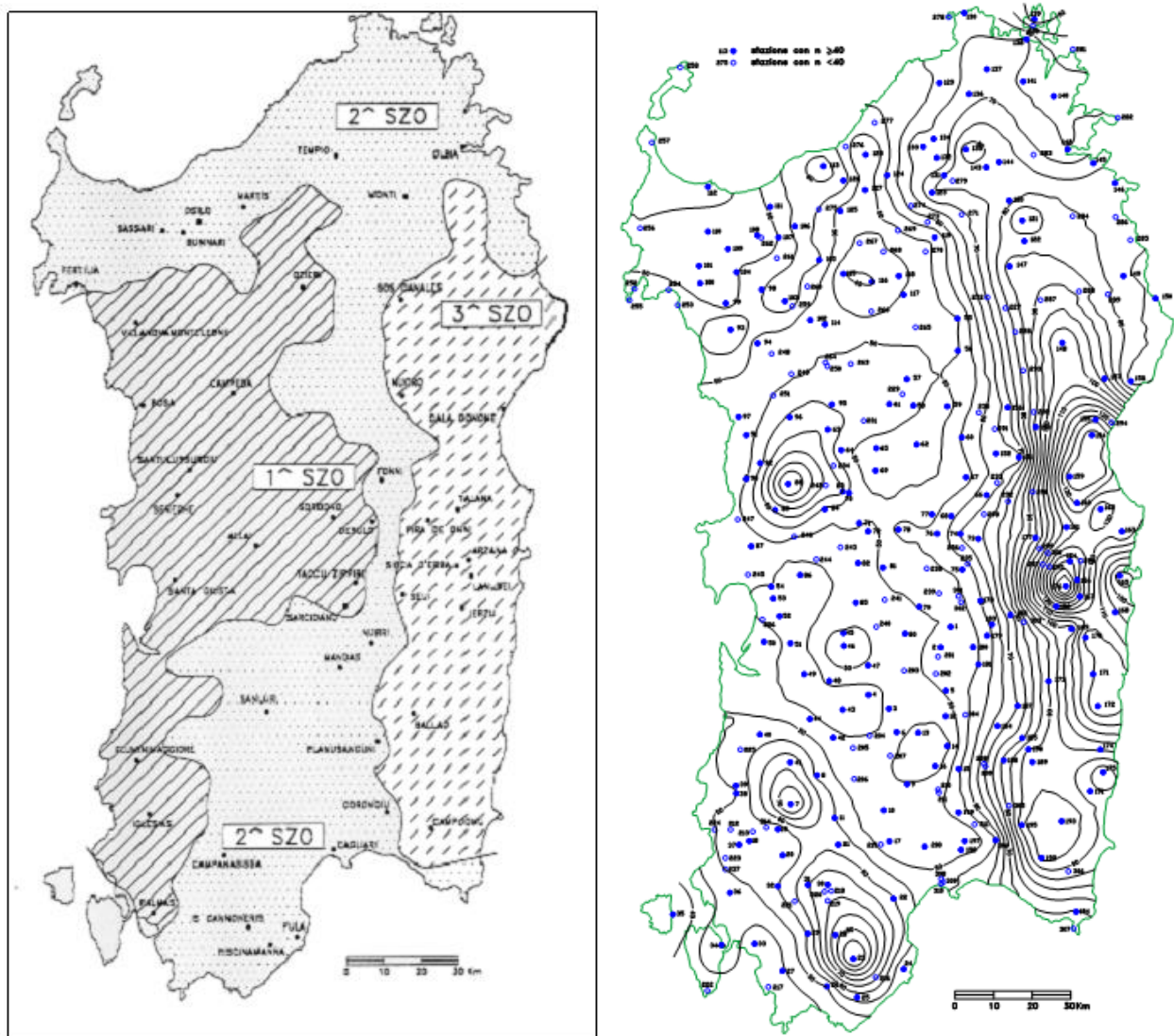


Figura 3: sotto zone omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna (a sinistra) e distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia indice giornaliera in Sardegna (a destra)

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

**Curva di possibilità pluviometrica della distribuzione lognormale**

La curva di possibilità pluviometrica della distribuzione Log-Normale utilizzata è invece la seguente:

$$h(\tau) = 10^{A+Bz} \tau^{C+Dz}$$

i cui parametri, determinati dagli studi di Cao et al. (1991) sono i seguenti:

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Gruppo I</i>	1.273178	0.179732	0.305043	-0.01715
<i>Gruppo II</i>	1.296212	0.167488	0.359696	-0.01794
<i>Gruppo III</i>	1.379048	0.164598	0.418212	0.009093
<i>Gruppo IV</i>	1.460774	0.191832	0.497207	0.041251

I quattro gruppi (e le relative curve pluviometriche) sono stati determinati con criteri statistici utilizzando i dati di 46 stazioni pluviografiche. A questo studio non ha fatto seguito l'attribuzione delle numerose stazioni pluviometriche ai gruppi omogenei. La determinazione della curva di possibilità pluviometrica in un generico punto è stata fatta attribuendo lo stesso gruppo della stazione più vicina, così come attribuite nello studio originale di Puddu (1974).



Codice Bacino	Corso d'acqua	Q Indiretto TCEV				Q Indiretto LOG			
		Tempi di ritorno (anni)				Tempi di ritorno (anni)			
		50	100	200	500	50	100	200	500
ARR_01	ARR	<b>61.15</b>	<b>76.15</b>	<b>91.68</b>	<b>112.83</b>	44.56	54.20	63.74	78.01
RMC_01	RMC	<b>6.28</b>	<b>8.12</b>	<b>10.06</b>	<b>12.77</b>	4.39	5.53	6.69	8.47
RMC_02	Roia MerdeCani	<b>1.52</b>	<b>2.02</b>	<b>2.57</b>	<b>3.34</b>	1.14	1.48	1.84	2.40
ASA_01	ASA	<b>3.59</b>	<b>4.65</b>	<b>5.78</b>	<b>7.36</b>	2.43	3.07	3.73	4.73
ASA_02	Fiume_22197	<b>1.55</b>	<b>2.05</b>	<b>2.59</b>	<b>3.36</b>	1.09	1.41	1.74	2.26
PBE_01	PBE	<b>3.25</b>	<b>4.20</b>	<b>5.21</b>	<b>6.62</b>	2.28	2.87	3.48	4.41
GAR_01	GAR	<b>9.73</b>	<b>12.32</b>	<b>15.03</b>	<b>18.77</b>	6.92	8.55	10.18	12.65
GAR_02	Fiume_23162	<b>1.55</b>	<b>2.08</b>	<b>2.66</b>	<b>3.49</b>	1.11	1.46	1.83	2.41
RPI_01	Riu Roia Pibera	<b>8.52</b>	<b>10.90</b>	<b>13.41</b>	<b>16.89</b>	5.79	7.23	8.68	10.89
TRO_01	Canale Trottu Valle	<b>22.70</b>	<b>28.57</b>	<b>34.67</b>	<b>43.02</b>	15.92	19.46	22.96	28.23
TRO_02	Canale Trottu Monte	<b>8.90</b>	<b>11.36</b>	<b>13.95</b>	<b>17.51</b>	6.38	7.91	9.45	11.78
TRO_03	Fiume_5404	<b>13.21</b>	<b>16.89</b>	<b>20.76</b>	<b>26.12</b>	9.57	11.88	14.20	17.72
TRO_04	Fiume_8747	<b>8.70</b>	<b>11.26</b>	<b>13.98</b>	<b>17.77</b>	6.51	8.17	9.86	12.44
TRO_05	Fiume_1293	<b>4.86</b>	<b>6.37</b>	<b>8.00</b>	<b>10.29</b>	3.57	4.57	5.59	7.16
TRO_06	Fiume_7665	<b>2.20</b>	<b>2.85</b>	<b>3.54</b>	<b>4.50</b>	1.59	2.00	2.40	3.01
TRO_07	Fiume_1956	<b>2.54</b>	<b>3.26</b>	<b>4.03</b>	<b>5.09</b>	1.74	2.18	2.63	3.32
TRO_08	Fiume_2311	<b>2.06</b>	<b>2.64</b>	<b>3.26</b>	<b>4.12</b>	1.54	1.93	2.33	2.94
TRT_01	Riu Trottu	<b>6.43</b>	<b>8.14</b>	<b>9.93</b>	<b>12.39</b>	4.74	5.85	6.96	8.64
ACO_01	Canale s'Acqua Cotta	<b>55.04</b>	<b>68.40</b>	<b>82.22</b>	<b>101.02</b>	41.08	49.90	58.61	71.62

Tabella 7 Valori di portata calcolati con i vari metodi illustrati per i bacini afferenti ai corsi d'acqua principali. Evidenziati i valori di input alle simulazioni

## **7 ANALISI IDRAULICA**

### **7.1 Metodologia di calcolo**

Le verifiche idrauliche sono state eseguite con l'ausilio del software Hec-RAS della US Army Corps of Engineering Center (versione 4.1.0) che effettua calcoli idraulici monodimensionali di un'intera rete di canali sfruttando le equazioni classiche dell'idraulica del moto permanente e del moto vario. Più precisamente, la definizione del profilo idraulico avviene attraverso l'integrazione delle equazioni di conservazione dell'energia della corrente tra due sezioni di calcolo consecutive. Le perdite di energie considerate tra le due sezioni sono quelle dovute alla resistenza dell'alveo e alle variazioni di sezione.

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

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

Lo studio è limitato all'elaborazione dei profili in moto permanente con i dati di portata relativi ai Tempi di Ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni scaturiti dallo studio idrogeologico per ciascun bacino idrografico, così come richiesto dalle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico.

### **7.2 Impostazioni dei modelli idraulici**

Le aste fluviali oggetto di studio sono state identificate considerando gli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04\_ELEMENTO\_IDRICO.shp del DBG\_T\_10k\_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), integrato con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965 che riporta la situazione antecedente le rilevanti trasformazioni territoriali avvenute negli anni '60. La scelta delle aste fluviali da modellare è stata fatta considerando i seguenti criteri:

- analisi storica degli eventi pregressi;
- presenza di aree mappate come a pericolosità geomorfologica dal PSFF (assenti);
- vicinanza ad aree urbanizzate e presenza di elementi a rischio quali vie di comunicazione;
- importanza del corso d'acqua e dimensione del bacino afferente.

Sulla base di tali criteri, si è proceduto alla modellazione idraulica dei seguenti corsi d'acqua:

- Riu Arriana
- Roia Merdecani

- Riu Acqua Salsa
- Riu Ponti Becciu
- Riu Gora Is Arrieddus
- Riu Roia Pibera

Inoltre, a seguito delle integrazioni delle verifiche di sicurezza sugli attraversamenti comunali, si sono effettuate delle ulteriori simulazioni idrauliche. Gli studi idrologici e idraulici effettuati nell'ambito di tali verifiche di sicurezza, che hanno determinato delle aree di pericolosità idraulica, che sono andate ad integrare le risultanze dello studio precedentemente consegnato.

Si sono aggiunti quindi ai corsi d'acqua già citati le analisi idrologiche del Canale Trottu e dei suoi affluenti, dell'affluente di Roia Merdecani, del Rio Trottu e del Canale S'Acqua Cotta.

I dati sono stati completati dalle misure in loco ove necessarie (per esempio, in corrispondenza di attraversamenti stradali) e dai dati desunti dai progetti a disposizione. Sono state apportate variazioni alla distanza e alla lunghezza delle sezioni a seconda della morfologia del corso d'acqua e delle aree a questo adiacenti. La restituzione cartografica delle aree a pericolosità idraulica è stata elaborata con metodologia GIS utilizzando, anche in questo caso, il DTM 1x1 ove a disposizione e la cartografia 1: 10.000.

### 7.2.1 Condizioni al contorno e portate

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

Codice Bacino	Corso d'acqua	Q [mc/s]			
		Tempi di ritorno (anni)			
		50	100	200	500
ARR_01	ARR	61.15	76.15	91.68	112.83
RMC_01	RMC	6.28	8.12	10.06	12.77
RMC_02	Roia MerdeCani	1.52	2.02	2.57	3.34
ASA_01	ASA	3.59	4.65	5.78	7.36
ASA_02	Fiume_22197	1.55	2.05	2.59	3.36
PBE_01	PBE	3.25	4.20	5.21	6.62
GAR_01	GAR	9.73	12.32	15.03	18.77
GAR_02	Fiume_23162	1.55	2.08	2.66	3.49
RPI_01	Riu Roia Pibera	8.52	10.90	13.41	16.89
TRO_01	Canale Trottu Valle	22.70	28.57	34.67	43.02

TRO_02	Canale Trottu Monte	8.90	11.36	13.95	17.51
TRO_03	Fiume_5404	13.21	16.89	20.76	26.12
TRO_04	Fiume_8747	8.70	11.26	13.98	17.77
TRO_05	Fiume_1293	4.86	6.37	8.00	10.29
TRO_06	Fiume_7665	2.20	2.85	3.54	4.50
TRO_07	Fiume_1956	2.54	3.26	4.03	5.09
TRO_08	Fiume_2311	2.06	2.64	3.26	4.12
TRT_01	Riu Trottu	6.43	8.14	9.93	12.39
ACO_01	Canale s'Acqua Cotta	55.04	68.40	82.22	101.02

### 7.2.2 Coefficiente di scabrezza

I valori di scabrezza di Manning inseriti nel modello di Hec-RAS sono stati determinati sulla base delle caratteristiche dell'alveo e del territorio. La loro determinazione ha fatto riferimento al testo "La valutazione dei bacini idrografici" di V. Ferro<sup>2</sup>. Si sono utilizzati i seguenti valori:

Alveo con presenza di vegetazione	0.05
Terreni coltivati, golene	0.035
Canale in cls (non mantenuto, con presenza di vegetazione)	0.025

### 7.3 Ulteriori verifiche di sicurezza ex art. 22 delle Norme di Attuazione del PAI

Non sono presenti nell'area in esame canali tombati e/o canali di guardia soggetti alle verifiche di sicurezza di cui all' art. 22 delle Linee Guida del PAI.

### 7.4 Descrizione e predisposizione del modello idraulico

Il software della HEC necessita, per effettuare la simulazione idraulica, di un modello geometrico che ben rappresenti l'andamento piano – altimetrico dell'alveo.

Al fine di effettuare tale rappresentazione, si è utilizzato l'applicativo HEC-GeoRas, che consente di rappresentare l'asta fluviale e le sezioni attraverso metodologie GIS. L'interfaccia GIS permette di identificare al meglio i dati necessari su HEC-Ras, consentendo di visualizzare graficamente sezioni, asta fluviale e qualunque parametro previsto all'interno del modello numerico (levee, coefficiente di Manning, ecc)

Per il territorio di Pabillonis come già detto si è utilizzato il DTM 1x1, dato fornito e di proprietà del MAATM<sup>3</sup> integrato con il modello 10 x 10 m fornito dall RAS ove non fosse disponibile il dato 1x1. Successivamente, completato lo schema della rete fluviale, sono stati inseriti i dati riguardanti le sezioni trasversali risultanti dal rilievo topografico, situate a intervalli relativamente brevi lungo il corso d'acqua e inserite per lo più in corrispondenza di punti di variazione di portata, di pendenza, di forma, di scabrezza delle superfici e in prossimità delle strutture idrauliche (ponti), che forniscono una rappresentazione adeguata della situazione reale. In alcuni casi, a causa della fitta vegetazione presente all'interno dell'alveo stesso, non è stato possibile

<sup>2</sup> V. Ferro, *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2002

<sup>3</sup> Dato LIDAR del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATTM) e distribuito con licenza Creative Commons - Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT) - <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it>

effettuare il rilievo, si è dunque proceduto a delle misure di massima dell'alveo. Attraverso tali misure si è proceduto a modificare il dato derivato sul DTM e rendere l'alveo quanto più simile possibile a quello rilevato.

#### **7.4.1 Scelta delle sezioni significative**

Per la definizione delle singole sezioni trasversali è stato necessario suddividere l'asta in esame in tratti omogenei per caratteristiche geometriche, scabrezze, presenza di ostacoli naturali e artificiali, ecc.

Come già detto, si sono considerate delle sezioni con distanza di circa 150 m e con una lunghezza di circa 250 m. Variazioni di distanza e alla lunghezza delle sezioni sono state apportate a seconda della morfologia del corso d'acqua e delle aree a questo adiacenti.

#### **7.4.2 Modellazione dei ponti**

Le infrastrutture rilevate che interferiscono sul naturale deflusso del corso d'acqua sono i ponti dislocati lungo il tracciato per cui si riporta in breve l'approccio usato dal software HEC-RAS per la modellazione di tali strutture.

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

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

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

La definizione delle altezze a monte e valle dell'ostruzione rappresentata dal ponte avviene attraverso l'impiego di approcci differenti a seconda che si tratti di correnti che non superano l'estradosso del ponte ovvero stramazzone da esso. Per le situazioni del primo tipo tali approcci consistono genericamente nell'integrazione della equazione di bilancio dell'energia totale della corrente o nell'integrazione della equazione di bilancio della spinta totale della corrente o nell'applicazione di formulazioni empiriche. Nell'altro caso il modello opera attraverso l'integrazione dell'equazione di bilancio dell'energia totale della corrente o scomposizione della corrente in pressione e di quella stramazzone e ricerca delle altezze congruenti con il fenomeno per via iterativa.

In tutti gli approcci ed in particolare nell'impiego della formulazione empirica il modello richiede che idonea attenzione debba essere posta nella valutazione dei coefficienti empirici che definiscono la natura dell'opera e l'effetto di questa sulla corrente che la attraversa.

## **7.5 Perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica**

A seguito delle modellazioni idrauliche, si è proceduto alla perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica Hi4, Hi3, Hi2 e Hi1, corrispondenti rispettivamente alle aree di esondazione derivate dalle simulazioni con portate relative ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

## **7.6 Verifica di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti ex art. 22 delle Linee Guida del PAI**

Sulle aste fluviali sono stati individuati degli attraversamenti stradali. Per gli attraversamenti di pertinenza comunale, si è proceduto alla verifica ex art. 22 delle Linee Guida del PAI. Tale verifica è stata effettuata secondo quanto stabilito nella "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti" approvata con Deliberazione del C.I. n. 1 del 20/05/2015. La valutazione del franco minimo è stata effettuata secondo quanto previsto all'art. 21 delle norme di attuazione dei PAI (testo coordinato - ottobre 2015), e utilizzando quale strumento di approfondimento per la corretta applicazione della norma il testo *Analisi modellistica per la definizione del franco idraulico da utilizzare nella progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture a rete o puntuali – Art. 21 comma 1 e comma 2 lettera d. delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna*<sup>4</sup>. Per ciascun attraversamento è stato inoltre identificato il tempo di ritorno critico della singola opera, inteso come quello minimo a partire dal quale la portata conseguente transita con franco pari al 50% di quello definito dalle norme vigenti.

I risultati delle verifiche di sicurezza sono riportati nell'apposito allegato. Le schede sono state integrate con gli ulteriori attraversamenti di competenza comunale a seguito della nota ADIS prot. N. 8028 del 05/09/2018 con le schede con le caratteristiche peculiari degli altri attraversamenti di competenza diversa da quella comunale come richiesto per le vie brevi.

---

<sup>4</sup> Accordo di collaborazione scientifica tra il Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università degli Studi di Cagliari e la Direzione generale Agenzia Regionale del distretto Idrografico della Sardegna "Analisi modellistica per la definizione del franco idraulico da utilizzare nella progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture a rete o puntuali – Art. 21 comma 1 e comma 2 lettera d. delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna - RELAZIONE FINALE" Dicembre 2011

## 8 DEFINIZIONE DEL DANNO POTENZIALE

### 8.1 Elementi a rischio

In riferimento al rischio di tipo idraulico o franoso, sono considerati elementi a rischio le persone, i beni e le cose in genere, suscettibili ad essere colpiti e a subire danni da eventi calamitosi.

In particolare, secondo il D.P.C.M. del 29, gli elementi a rischio sono definiti come:

- l'incolumità delle persone;
- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica;
- le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo (distributori di benzina, serbatoi di gas), in particolare quelli definiti a rischio rilevante ai sensi di legge;
- le infrastrutture a rete (reti di distribuzione idrica, energetica, telefonica; reti di fognatura; reti di trasporto urbano) e le vie di comunicazione di rilevanza strategica anche a livello locale;
- il patrimonio ambientale e i beni culturali, storici, architettonici d'interesse rilevante;
- le aree sede di servizi pubblici (strutture di soccorso-ospedali, vigili del fuoco), e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive e infrastrutture primarie.

I diversi elementi a rischio vengono dunque suddivisi in quattro classi, a ciascuna delle quali si attribuisce un 'peso' variabile tra zero e uno, crescente con l'importanza dell'elemento interessato.

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile	0.25
E2	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	0.50
E3	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.	0.75
E4	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	1.00

Tabella 8: Classificazione degli elementi a rischio e attribuzione del relativo peso

## **8.2 Vulnerabilità**

La vulnerabilità è intesa come la capacità a resistere alla sollecitazione indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio. In caso del manifestarsi del fenomeno.

Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo E4, E3 e parte di E2, la vulnerabilità, deve essere assunta pari all'unità. Per quanto concerne gli elementi di alto tipo occorrerebbe provvedere ad effettuare analisi di dettaglio sui singoli elementi a rischio, ma considerata l'estrema variabilità e casualità in base alla quale questa può variare, a favore di sicurezza si assume anche per tali elementi un valore unitario. Questo porta di fatto a rendere immediato il passaggio dalle carte degli elementi esposti a quelle del danno potenziale (danno stimato pari al valore dell'elemento stesso).

## **8.3 Danno potenziale**

Dalla sovrapposizione degli elementi a rischio e della vulnerabilità si arriva a definire il danno potenziale.

L'approccio metodologico adottato, per rappresentare tutti gli elementi per i quali è ipotizzabile una qualunque forma di danno per pericolo idraulico o da frana, fa riferimento allo schema di legenda proposto nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), dove per la definizione degli elementi a rischio sono individuate sei macrocategorie, ognuna delle quali è composta, a sua volta, da sottocategorie specifiche alle quali è stato attribuito un peso secondo una scala compresa fra 0 e 1 in base alla rilevanza e alla sensibilità della tipologia in esame.

L'esame del territorio comunale per l'individuazione e classificazione degli elementi a rischio ha preso come riferimento iniziale la carta del Danno Potenziale condotta dalla RAS su tutto il territorio regionale. A tale studio, che costituisce un valido punto di partenza, si è dovuto necessariamente procedere a integrazioni e aggiornamenti perché l'analisi fosse maggiormente rappresentativa della realtà e godesse di maggior dettaglio.

A questo scopo, si è proceduto ad aggiornare il perimetro dell'area residenziale pertinente il nucleo urbano principale; a controllare ed implementare in mappa le nuove aree d'espansione di tipo residenziale, così come quelle dedicate alle attività produttive; a censire e rilevare sia eventuali strutture mancanti nell'analisi regionale sia l'edificato nucleiforme distribuito nell'agro. Questo tipo di integrazioni sono state condotte in primo luogo mediante un'attenta analisi delle ortofoto satellitari più recenti, confortata successivamente da un confronto con i referenti tecnici del comune di Pabillonis.

In generale i risultati dell'analisi sul territorio di Pabillonis evidenziano la concentrazione delle aree residenziali (classe D4) ad alta densità all'interno del nucleo urbano principale. Non sono presenti altri centri minori di rilievo sparsi sul territorio comunale, sebbene esista un edificato sparso diffuso a carattere prettamente nucleiforme (classe D4). In particolare, nelle aree limitrofe al centro urbano e, ancor più, lungo le strade principali di collegamento, tali edifici hanno carattere residenziale a tutti gli effetti; nelle aree più esterne o più difficilmente collegate i fabbricati sono generalmente da considerarsi di tipo rurale, a servizio di aziende agricole o allevamenti. Le aree artigianali, commerciali e industriali rivestono un'incidenza minima, così come le strutture e infrastrutture strategiche. Queste ultime (classe D4), si limitano alla presenza delle due strade statali di collegamento con i comuni limitrofi e al depuratore comunale. La maggior parte del territorio



comunale è caratterizzato da un livello di danno potenziale pari a D1 – D2, rappresentato rispettivamente dalla presenza di seminavi e aree agricole in genere da una parte, e da prati e aree boscate dall'altra.

<i>Macrocategoria</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Elemento</i>	<i>Codice</i>	<i>Peso</i>	<i>Classe di Danno Potenziale</i>
<b>Zone urbanizzate</b>	Agglomerati urbani, nuclei abitati con edificazione diffusa e sparsa, zone di espansione, aree commerciali e produttive, con indicazione sul numero di abitanti potenzialmente interessati da possibili eventi alluvionali - <i>corrispondenza con la classe A del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera a, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010</i>	Zone residenziali	1a	1	D4
		Zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi	1b	1	D4
		Aree verdi urbane	1c	0,5	D2
<b>Strutture Strategiche</b>	Ospedali e centri di cura pubblici e privati, centri di attività collettive civili, sedi di centri civici, centri di attività collettive militari – <i>corrispondenza con la classe E del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera b, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010</i>	Strutture Ospedaliere, Sanitarie e scolastiche	2a	1	D4
		Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali	2b	1	D4
		Aree ricreative e sportive	2c	1	D3
		Aree cimiteriali	2d	1	D3
<b>Infrastrutture strategiche</b>	Linee elettriche, metanodotti, oleodotti, gasdotti e acquedotti, vie di comunicazione di rilevanza strategica sia carrabili che ferrate, porti e aeroporti, invasi idroelettrici, grandi dighe. Per le strade carrabili andranno riportate almeno tre tipologie: autostrade, strade di grande comunicazione e le strade di interesse regionale, tralasciando i tronchi, anche asfaltati, di interesse locale – <i>corrispondenza con la classe C del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera b, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010</i>	Reti di comunicazione e trasporto strategiche	3a	1	D4
		Reti di comunicazione e trasporto primarie	3b	1	D3
		Reti di comunicazione e trasporto secondarie	3c	0,5	D2
		Strutture ed impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto non ricadenti in aree residenziali	3d	1	D4
		Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti	3e	1	D3
		Fognature e impianti di depurazione	3f	1	D3
<b>Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse</b>	Aree naturali, aree boscate, aree protette e vincolate, aree di vincolo paesaggistico, aree di interesse storico e culturale, zone archeologiche – <i>corrispondenza con la classe D del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera c, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010</i>	Aree di rilievo storico-culturale e archeologico	4a	1	D4
		Aree protette	4b	0,5	D4
<b>Zone interessate da attività economiche, industriali o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale</b>	Ai sensi di ai sensi di quanto individuato nell'allegato I del D.L. 59/2005), zone estrattive, discariche, depuratori, inceneritori – <i>corrispondenza con la classe B del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera d, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010</i>	Aree estrattive	5a	0,75	D3
		Discariche	5b	0,75	D3
		Cantieri	5c	0,75	D3
		Impianti a rischio	5d	1	D4
<b>Zone agricole, zone umide, corpi idrici</b>	Zone destinate ad uso agricolo o caratterizzate da elementi di naturalità	Superfici agricole seminative	6a	0,5	D2
		Superfici agricole permanenti ed eterogenee	6b	0,5	D2
		Aree boscate e prati	6c	0,2	D1
		Zone Umide	6d	0,2	D1
		Corpi idrici	6e	0,2	D1
		Superfici a vegetazione rada	6f	0,2	D1

Tabella 9: Schema di legenda per la definizione degli elementi a rischio e del danno potenziale come da "Relazione sulle mappe di pericolosità e rischio idraulico" del PGRA

## 9 PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO

Il rischio idraulico è definito come prodotto fra la pericolosità idraulica  $H_i$ , la presenza sul territorio di elementi a rischio  $E$  e la loro vulnerabilità  $V$ .

$$R_i = H_i E V$$

In conformità a quanto dettato dal TITOLO V delle Norme di Attuazione (NA) del PAI “Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)”, introdotto con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 30.07.2015, per il calcolo del Rischio idraulico si è utilizzata la matrice di cui all’art. 40 comma 3 delle NA del PAI riportata in Tabella 10.

Matrice del Rischio idraulico				
Classi	Hi4	Hi3	Hi2	Hi1
	P3	P2		P1
D4	R4	R3	R3	R2
D3	R4	R3	R3	R1
D2	R3	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1	R1

Matrice del Rischio idraulico - La classe P2 racchiude le classi Hi2 - Hi3

Tabella 10: Matrice del Rischio idraulico. Fonte: Circolare 1/2019 allegato alla Del.C.I. N. 2 del 19 febbraio 2019/PAI

La classe da attribuire al Rischio idraulico è definita in Tabella 11 sulla base del valore ottenuto dalla precedente formula, ed è graficamente riportata nella Carta del Rischio idraulico allegata al presente studio.

Rischio idraulico totale		Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	
Ri1	Moderato	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
Ri2	Medio	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
Ri3	Elevato	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
Ri4	Molto elevato	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

Tabella 11: Descrizione delle classi di rischio idraulico e loro quantificazione. Fonte: Linee guida PAI

## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 Premessa

*Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano 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 e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione.*

Le Norme di Attuazione del PAI (su si cita l'art. 8 comma 2) prevedono dunque lo studio esteso a tutto il territorio comunale finalizzato all'individuazione delle aree a *pericolosità idraulica* (Hi) e *pericolosità da frana* (Hg). La definizione stessa di "pericolosità" prescinde dalla presenza o meno di elementi che possano subire un danno a seguito dell'evento, cioè la pericolosità è intrinseca nel territorio ed è legata alla morfologia del territorio, agli eventi meteo-climatici e alle condizioni al contorno che possano innescare fenomeni potenzialmente pericolosi o registrare fenomeni in atto.

Lo scopo ultimo dello studio delle *pericolosità idraulica (Hi)* e *da frana (Hg)*, in breve, è quello di perimetrare e classificare le aree del territorio comunale secondo un grado di criticità che va da 1 a 4 :

- *Hg,i 1: pericolosità moderata*
- *Hg,i 2: pericolosità media*
- *Hg,i 3: pericolosità elevata*
- *Hg,i 4: pericolosità molto elevata*

In ognuna di esse, una volta adottato lo studio da parte del Consiglio Comunale (prima fase) entreranno in vigore le norme di salvaguardia che, in base agli articoli del PAI (artt. 27 e seguenti) ne regoleranno l'uso e ne disciplineranno le possibilità di intervento.

Una volta conclusa la fase di istruttori e approvazione del presente Studio da parte dell'Autorità di Bacino (giusta istruttoria positiva di ADIS) succederà la fase di Variante al PAI che, a partire dallo Studio di pericolosità, individuerà le aree a Rischio (Ri) maggiore del Territorio, ovvero quelle in cui i fenomeni di esondazione o smottamento potrebbero interessare elementi a rischio antropici (strade, case, scuole ecc.) ipotizzando anche gli interventi necessari per la mitigazione del Rischio.

### 10.2 Aree a pericolosità idraulica (Hi)

La pericolosità idraulica indica la probabilità che un fenomeno naturale di tipo alluvionale si verifichi in una determinata area in un determinato tempo. Nello specifico dello studio in esame, considerata un tronco fluviale di interesse, la pericolosità idraulica sarà legata al tempo di ritorno, ovvero il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità. Le linee guida del P.A.I. in particolare, prevedono che si valutino gli eventi di piena legati a tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, e si valutino, attraverso software appositi, le aree che subiscono un'esondazione a seguito di questi eventi.

Si sono mappate in questo modo le aree:

- Hi4 ( a *pericolosità idraulica molto elevata*), che risultano esondate a seguito di eventi con tempo di ritorno di 50 anni;
- Hi3 (*pericolosità idraulica elevata*), che risultano esondate a seguito di eventi con tempo di ritorno di 100 anni;
- Hi2 (*pericolosità idraulica media*), che risultano esondate a seguito di eventi con tempo di ritorno di 200 anni;
- Hi1 (*pericolosità idraulica moderata*), che risultano esondate a seguito di eventi con tempo di ritorno di 500 anni.

Si specifica che la definizione stessa di "pericolosità" prescinde dalla presenza o meno di elementi che possano subire un danno a seguito dell'evento, cioè la pericolosità è intrinseca nel territorio ed è legata, nel caso specifico della pericolosità idraulica, alla morfologia del territorio ed agli eventi meteo-climatici.

### **10.2.1 Metodologia**

La metodologia utilizzata per la definizione delle aree a pericolosità idraulica ha recepito le indicazioni delle Linee Guida del P.A.I. integrandole con la metodologia del più recente Piano Stralcio Fasce Fluviali della Regione Sardegna.

Per individuare le aree a pericolosità idraulica si è proceduto in fase preliminare alla conoscenza del territorio attraverso sopralluoghi e all'inventario degli eventi alluvionali storici. Successivamente, si è proceduto all'analisi della cartografia esistente, individuando tramite specifici software per lo studio del territorio GIS), quali fossero i corsi d'acqua principali localizzati all'interno del territorio comunali (caratterizzati da bacini di grandi dimensioni).

Sulla base dell'analisi storica e dell'analisi cartografica si sono individuati i corsi d'acqua/canali che sono stati oggetti di studio idrologico e idraulico al fine di individuare le aree di esondazione. Nello specifico, si sono studiati:

- Riu Arriana
- Roia Merdecani
- Riu Acqua Salsa
- Riu Ponti Becciu
- Riu Gora Is Arrieddus
- Riu Roia Pibera

Questi tronchi critici sono stati interessati da un'analisi idrologica, attraverso la quale si sono calcolate le portate di piena per ciascuno di essi corrispondenti ad eventi alluvionali con tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Le portate sono stata successivamente imputate quale dato d'ingresso al modello numerico HEC-RAS, che permette di simulare sulla base della morfologia del territorio le esondazioni dei corsi d'acqua a seguito degli eventi con il tempo di ritorno e le portate imputate.

Ai corsi d'acqua su riportati si aggiungono, in termini di perimetrazione, come detto più volte in relazione, anche le aree PAI del Riu Bellu e le aree PSFF e PGRA (Scenari di intervento 2019) del Rio Malu (Rio Mannu di Pabillonis.)

Inoltre, a seguito delle integrazioni delle verifiche di sicurezza sugli attraversamenti comunali, si sono effettuate delle ulteriori simulazioni idrauliche. Gli studi idrologici e idraulici effettuati nell'ambito di tali verifiche di sicurezza, che hanno determinato delle aree di pericolosità idraulica, che sono andate ad integrare le risultanze dello studio precedentemente consegnato.

Si sono aggiunti quindi ai corsi d'acqua già citati le analisi idrologiche del Canale Trottu e dei suoi affluenti, dell'affluente di Roia Merdecani, del Rio Trottu e del Canale S'Acqua Cotta.

Si vuole evidenziare che il territorio comunale di Pabillonis presenta altimetrie lievi e poco accentuate, ovvero ampie pianure all'interno delle quali il modello monodimensionale (HEC-RAS) usato per i calcoli idraulici presenta limiti che, da un lato, portano alla sovrastima delle aree di esondazione dovute alle piene dei corsi d'acqua (conto del volume di piena), dall'altra non tengono conto delle possibili sofferenze dovute ad eventi intensi di pioggia zenitale e al mancato deflusso locale. E' quindi auspicabile, in fase di revisione allo Studio nella fase di Variante al PAI, una analisi bidimensionale del territorio comunale che tenga in maggior conto questi due aspetti.

In riferimento al rischio di tipo idraulico o franoso, sono considerati elementi a rischio le persone, i beni e le cose in genere, suscettibili ad essere colpiti e a subire danni da eventi calamitosi.

I diversi elementi a rischio vengono dunque suddivisi in quattro classi, a ciascuna delle quali si attribuisce un 'peso' variabile tra zero e uno, crescente con l'importanza dell'elemento interessato.

Dalla sovrapposizione degli elementi a rischio e della vulnerabilità si arriva a definire il danno potenziale.

Dal prodotto tra fra la pericolosità idraulica  $H_i$ , la presenza sul territorio di elementi a rischio  $E$  e la loro vulnerabilità  $V$  si arriva alla definizione del Rischi idraulico che va da moderato a molto elevato.