

*Ing. Carla Maria Antonia Attene  
Via Malfidano 5 - 09121 Cagliari  
carlattene@hotmail.com  
carlamariaantonia.attene@ingpec.eu  
Tel. 3404051463*

## COMUNE DI OLIENA

### Provincia di Nuoro



#### **STUDIO DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO ESTESO AL CENTRO URBANO FINALIZZATO ALL'AGGIORNAMENTO DELLA PIANIFICAZIONE DI SETTORE A SCALA DI DETTAGLIO VARIANTE PARTE IDRAULICA**

*L. R. 30 Giugno 2011, n° 12 art. 16 comma 6 - Contributi agli Enti Locali per la gestione del PAI  
nell'ambito della pianificazione locale ai sensi degli artt. 4, 8, 26 delle N.A del PAI*

Relazione di analisi idrologica e idraulica  
estesa al centro urbano

ALL.

**A**

Tecnici incaricati:

Dott. Ing. Carla Maria Antonia Attene

Dott. Geol. Michele A. Ena

Committente: Comune di OLIENA

Data: Ottobre 2016

## Sommario

Premessa .....	2
1. Vincolistica vigente .....	4
2. Metodologia .....	6
3. Inquadramento territoriale .....	7
4. Rete idrografica di riferimento .....	9
5. Rilievi topografici e definizione delle geometrie degli alvei .....	11
6. Climatologia .....	13
7. Pluviometria ed eventi di piena .....	15
7.1 Pluviometria .....	15
7.2 Eventi di piena .....	17
8. Geologia .....	19
8.1 Premessa .....	19
8.2 Litologia .....	20
9. Studio idrologico e idraulico .....	30
9.1 Criteri generali per la determinazione delle portate .....	30
9.2 Calcolo Tempo di Corrivazione .....	31
9.3 Determinazione dell'altezza di pioggia critica .....	32
9.4 Calcolo del coefficiente di deflusso .....	35
10. Risultati analisi idrologica .....	39
10.1 Valutazione della portata solida di picco <i>Q<sub>lava</sub></i> .....	41
11. Studio idraulico .....	45
12. Mappatura aree inondabili .....	49
13. Valutazione del Rischio .....	50
14. Criticità e analisi dei risultati .....	54
15. Conclusioni .....	64
16. Appendice – Riferimenti Normativi .....	65

## Premessa

Con Deliberazione n. 3 del 29 luglio 2014, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale, in attuazione alla L.R. 12/2011, con particolare riferimento all'art.16 comma 6 *"ha individuato un elenco di comuni a cui destinare i contributi per le gestione del PAI nell'ambito della pianificazione locale e ai sensi degli articoli 4, 8 e 26 delle norme di attuazione del PAI, nonché per la predisposizione delle proposte di variante conseguenti alla realizzazione delle opere di prevenzione del rischio"*. Il comune di Oliena è stato incluso nell'elenco suddetto al fine di poter condurre l'analisi dell'assetto idraulico e geomorfologico estesa a tutto il territorio comunale, finalizzata all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio (scala 1:10.000 per le aree extraurbane e almeno 1: 2.000 per l'area urbana).

Al fine di pianificare e realizzare in tempi brevi interventi urgenti di mitigazione del rischio idraulico l'amministrazione comunale ha ritenuto opportuno far predisporre in prima istanza uno studio che riguardasse il centro abitato e il suo intorno, per poi, in una successiva fase, analizzare l'intero territorio comunale. Si allega alla presente una tavola (*Tav. 1 Tavola delimitazione area in studio*) in cui è stata definita con precisione l'area interessata da questa prima fase di studio.

Il presente studio quindi si pone come obiettivo di:

- ✓ individuare le aree a pericolosità idraulica di una porzione del territorio comunale di Oliena secondo quanto disposto dall'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, per meglio programmare futuri interventi di mitigazione delle condizioni di pericolosità idraulica e analizzare le possibili alterazioni dei regimi idraulici collegate alle nuove previsioni di uso del territorio;
- ✓ studiare le aree a significativa pericolosità idraulica non direttamente perimetrate dal vigente PAI, in accordo con quanto disposto dall'art. 26, comma 1 lettera a, 3, 4 delle Norme di Attuazione del PAI;
- ✓ riportare alla scala grafica dello strumento di pianificazione urbanistica le perimetrazioni fornite dal seguente studio (Art. 4, comma 5 delle Norme di Attuazione).
- ✓ procedere alla modifica dei perimetri o delle classi di pericolosità di singole aree di pericolosità idrogeologica del PAI proponendo una variante al PAI a norma dell'articolo 37, commi 2 e 3.

Nella presente relazione vengono esposte e commentate le metodologie utilizzate per la determinazione delle aree di allagamento studiando con particolare attenzione il reticolo idrografico che grava sul centro abitato e le aste prossime a centri sparsi, infrastrutture viarie principali e secondarie, attraversamenti e opere idrauliche trasversali e longitudinali.

Il processo analitico che ha portato alla determinazione delle aree di allagamento è stato sviluppato in accordo con quanto stabilito dalle linee guida predisposte dalla Regione Sardegna a supporto delle attività di adeguamento degli strumenti urbanistici al PAI o Varianti al PAI. A dette aree si applicheranno i vincoli imposti

per le aree a pericolosità idraulica molto elevata, elevata, media e moderata di cui agli articoli 27, 28, 29 e 30 delle NdA del PAI.

## Elenco elaborati dello studio di compatibilità idraulica

---

### ***Allegati***

All. A Relazione di analisi idrologica e idraulica estesa al centro urbano

All. A1 Allegati Hec - Ras

All. B Report opere idrauliche

All. C Schede degli interventi connessi ai fenomeni alluvionali

### ***Tavole***

Tav. 1 Tavola delimitazione area in studio Scala 1:10.000

Tav. 2 Delimitazione Bacini Idrografici Scala 1:10.000

Tav. 3a Tavola Aste e sezioni Scala 1:5.000

Tav. 3b Tavola Aste e sezioni Scala 1:5.000

Tav. 4 Inquadramento attraversamenti e canali tombati Scala 1:5.000

Tav. 5 Tavola Pericolosità idraulica - Vigente Scala 1:10.000

Tav. 6 Tavola Elementi a rischio – Vigente Scala 1:10.000

Tav. 7 Tavola del Rischio - Vigente Scala 1:10.000

Tav. 8a Tavola Pericolosità idraulica - Variante Scala 1:2.000

Tav. 8b Tavola Pericolosità idraulica - Variante Scala 1:5.000

Tav. 9 Tavola Elementi a rischio - Variante Scala 1:5000

Tav. 10a Tavola del Rischio - Variante Scala 1:2.000

Tav. 10b Tavola del Rischio – Variante Scala 1:5.000

## 1. Vincolistica vigente

### Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) CINSA

Nell'anno 2010 è stata proposta una variante al PAI, adottata in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Con Delibera n.4 del 19.05.2011, elaborata dal CINSIA (Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali), denominata "Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada-Cedrino e Sud Orientale. Piano di coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali - PARTE IDRAULICA". Per quanto attiene all'area che si sta analizzando con maggior dettaglio in questa sede, nell'ambito del suddetto studio CINSIA sono stati già individuati e perimetrati tre tronchi critici **Riu Giudiche**, **Riu Caschio**, **Riu Istei**, rispettivamente indicati col codice **B5Tc010**, **B5Tc011**, **Oli1**, di cui si riporta di seguito lo stralcio della scheda interventi:

#### **1. DESCRIZIONE SINTETICA:**

...omissis...

*Il tronco critico **B5Tc011** è costituito dal compluvio sul fianco della strada per il Monte Corrasi mentre il tronco critico **B5Tc010** è costituito da un tratto del rio Giudiche che esonda frequentemente in quanto privo di sezione incisa e con consistenti depositi detritici. Entrambe i tratti attraversano l'abitato di Oliena. L'orografia del terreno evidenzia che originariamente il compluvio 011 scendeva dal versante del Supramonte lungo la direzione attualmente occupata dal tratto rettilinea della suddetta strada, prima che abbiano inizio i tornanti; successivamente il compluvio è stato deviato, mediante un canale artificiale che segue la curvatura del primo tornante, sino a confluire nel tratto canalizzato del rio Caschio. I versanti di scorrimento del deflusso denotano una consistente coltre detritica che potrebbe essere mobilizzata da eventi meteorologici di rilevante intensità, peraltro non rari nella zona., con potenziali processi di colata detritica. La colata andrebbe a superare la curvatura del canale riversandosi lungo la strada nella direzione delle prime abitazioni del paese. Il canale, dopo aver attraversato l'abitato, riprende il suo corso con sezione naturale poco incisa; poco prima della provinciale per Orgosolo, che attraversa con un ponte a sezione sufficiente ma interrita, deposita i sedimenti trasportati in quanto il tratto denota una repentina e rilevante diminuzione di pendenza, e presenta frequenti allagamenti.*

#### **STIMA DELLA PORTATA AL COLMO AD ASSEGNATO PERIODO DI RITORNO**

*Il calcolo delle portate di piena è illustrato, in dettaglio, nel Report delle analisi idrologiche ed idrauliche. I risultati dei calcoli conducono alla seguente tabella riassuntiva.*

<b>TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PORTATE [m<sup>3</sup>/s]</b>						
	Tc	Area [km <sup>2</sup> ]	T <sub>r</sub> = 50	T <sub>r</sub> = 100	T <sub>r</sub> = 200	T <sub>r</sub> = 500
Fiume Cedrino diga	B5Tc002	627.000	2554.26	3020.62	3647.32	4128.88
Riu Giudiche	B5Tc010	0.973	6.74	8.41	10.15	12.57
Riu Caschio	B5Tc011	2.237	15.49	19.34	23.34	28.90
Riu Istei	Oli1	0.735	5.09	6.35	7.67	9.50

### Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

Con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 26 giugno 2013, è stato adottato in via definitiva il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ai sensi della L.R. n. 19 del 6.12.2006 e dell'art. 1 lettera q) della

deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 23.06.2011, lo stralcio funzionale del Piano di Bacino distrettuale denominato: "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (PSFF)". Tale studio non ha variato le aree già individuate nell'ambito dello studio precedente e non ha aggiunto delle nuove perimetrazioni, pertanto si rileva che le zone soggette ad esondazione indicate nel PSFF all'interno dell'area in studio, siano assimilabili a quelle individuate dal PAI.

### **Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)**

Con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino. N.1 del 30 luglio 2015 viene adottata, per le finalità di cui all'art. 13 del D.Lgs 152/2006, la "Proposta del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni". Le perimetrazioni previste dal PGRA sono state ottenute per inviluppo dalle perimetrazioni individuate nell'ambito degli studi di cui sopra. Esse definiscono il vincolo idrogeologico attualmente vigente sul territorio. Le tavole del PGRA che individuano la pericolosità da alluvione per l'area di studio sono la Hi-0981,0982,1000,1001.

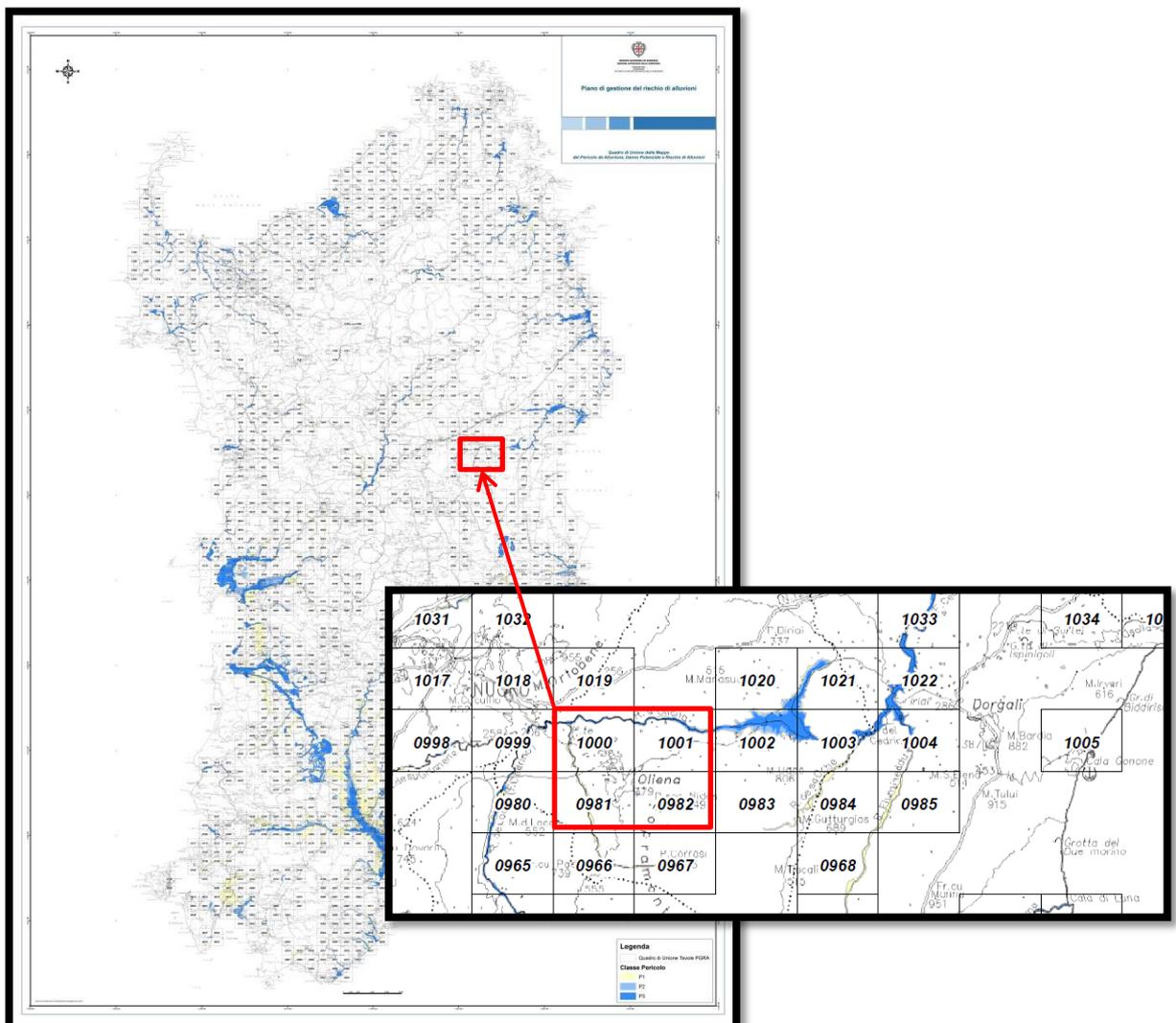


Figura 1 – PGRA- Quadro Unione Mappe Pericolosità da Alluvione

## 2. Metodologia

La definizione delle aree a pericolosità idraulica deriva da specifiche analisi secondo un processo logico, svolto principalmente in ambiente GIS, di cui di seguito se ne riporta lo schema:

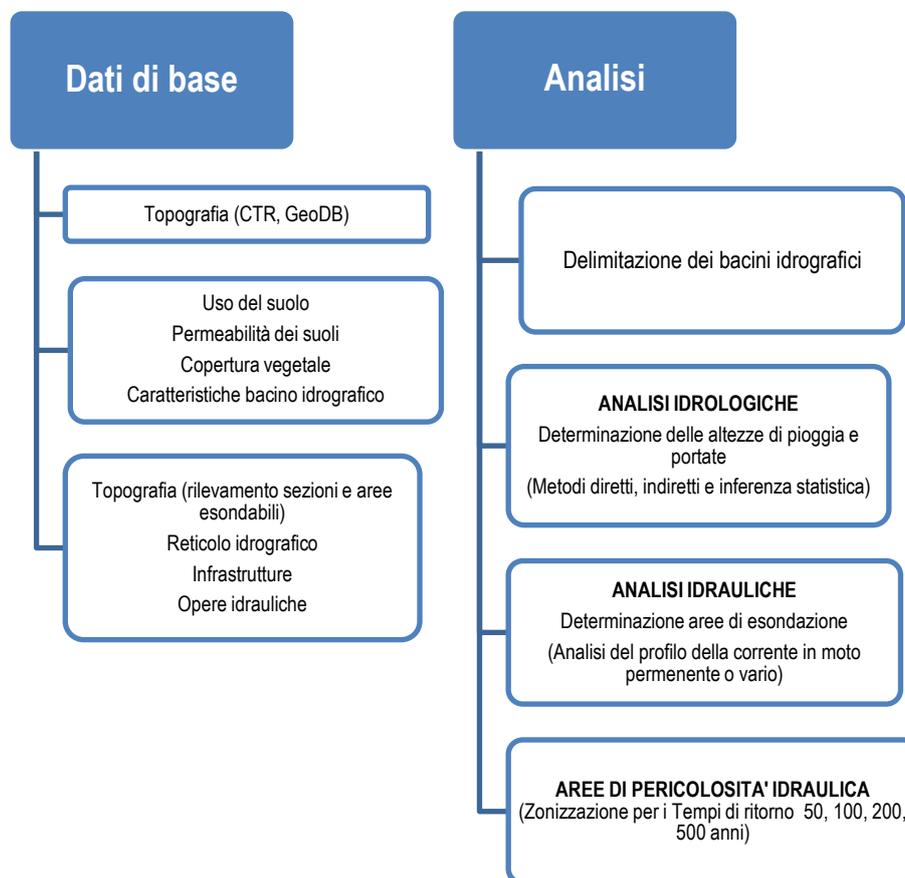


Figura 2 - Metodologia per la definizione delle aree a pericolosità idraulica.

### 3. Inquadramento territoriale

L'area oggetto del presente studio, rappresentata nella Tav. 1 - Tavola delimitazione area in studio e coincidente con il limite esterno dei bacini idrografici in studio, all'interno del territorio comunale di Oliena, è inquadrabile nei Fogli 500 (sez. 90 e 100) della Carta Tecnica Regionale (CTR) della Sardegna in scala 1:10.000, e nei Fogli 500 (sez. III) "Oliena" della carta dell'Istituto Geografico Militare (IGM) in scala 1:25.000.

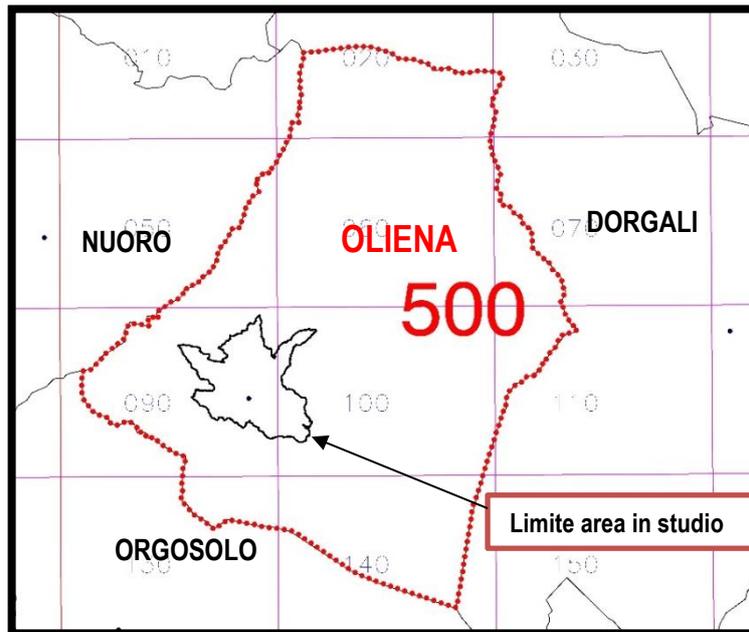


Figura 3 - Inquadramento su Carta Tecnica Regionale

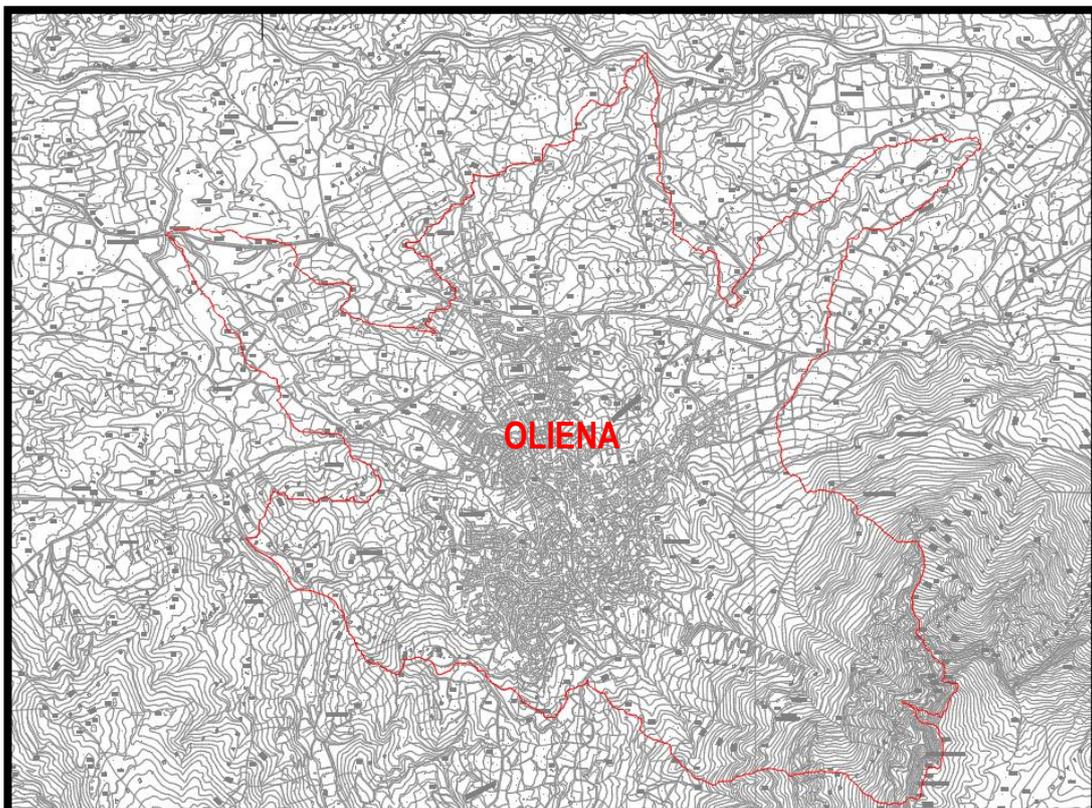
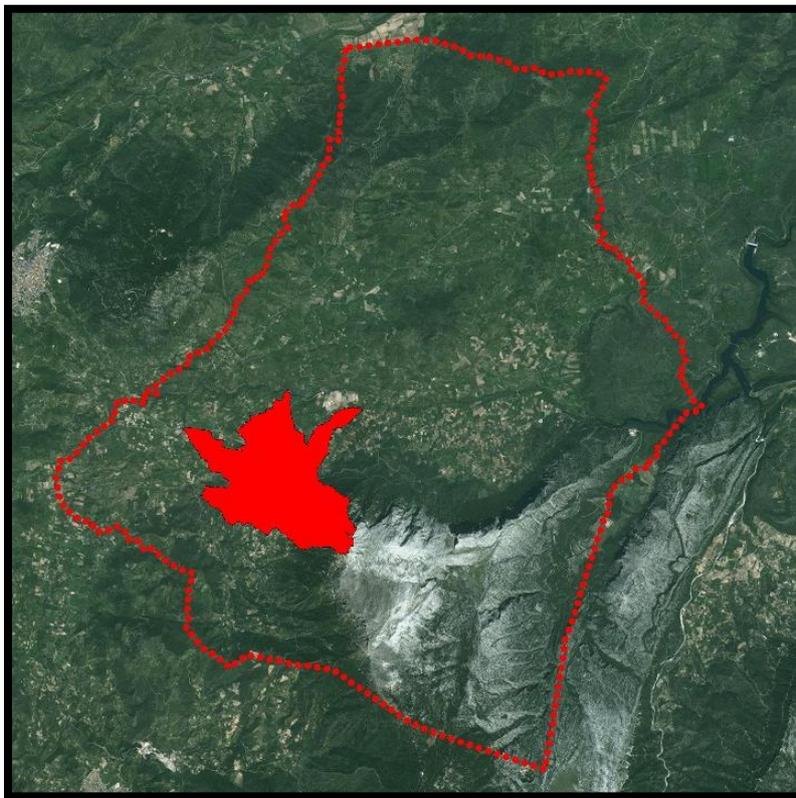


Figura 4 - Inquadramento su Carta Tecnica Regionale

Il limite dell'area oggetto di questa fase di studio racchiude i bacini idrografici relativi al reticolo gravante sul centro abitato di Oliena:



**Figura 5 - Limite comunale su ortofoto**



**Figura 6 - Limite area in studio su ortofoto**

#### 4. Rete idrografica di riferimento

Ai sensi della Legge 183/89 l'intero territorio della Sardegna è considerato un bacino idrografico unico d'interesse regionale. Successivamente, a seguito di ulteriori studi di settore (SISS, Piano Acque), comunque collegati e pertinenti alle attività previste nella presente iniziativa, con Delibera di Giunta regionale n. 45/57 del 30 ottobre 1990 è stata approvata la suddivisione della superficie territoriale sarda in sette sub-bacini, ciascuno caratterizzato da caratteristiche geomorfologiche, geografiche ed idrologiche omogenee.

Il territorio comunale di Oliena appartiene al Bacino Unico Regionale **Sub-bacino 5 - Posada Cedrino**.

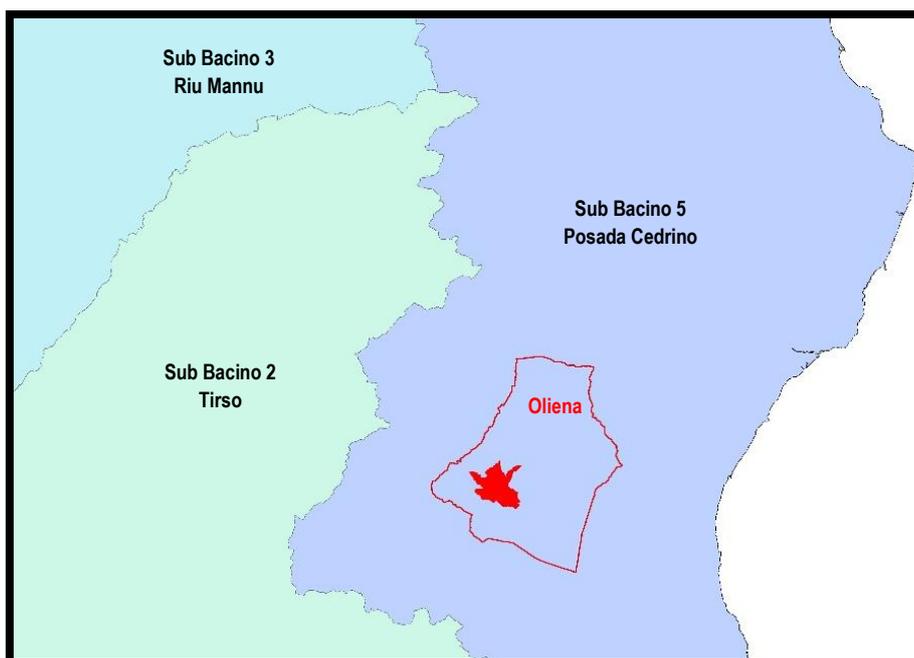


Figura 8– Sub Bacini Idrografici Regionali con limite comunale

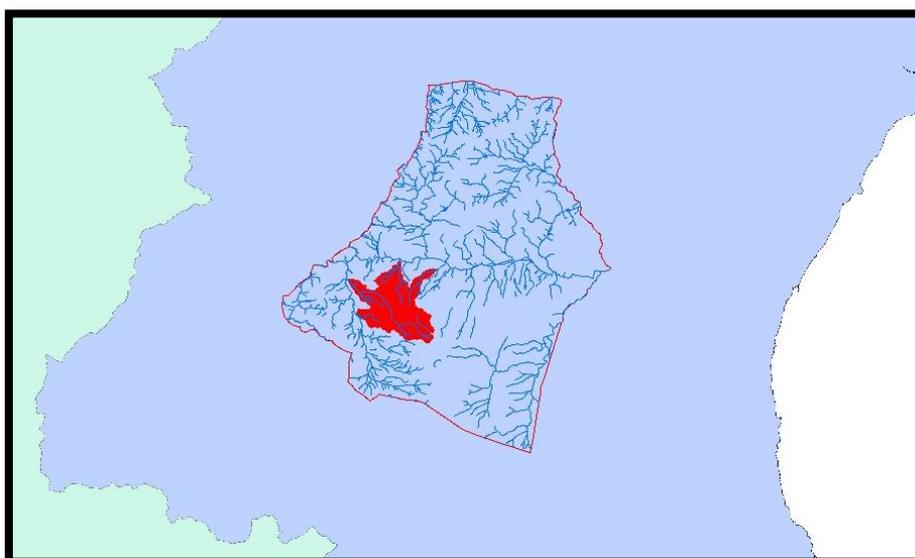


Figura 7 - Inquadramento della rete idrografica interna al territorio comunale di Oliena

Il relativo reticolo idrografico individuato a seguito dell'analisi cartografica e dei sopralluoghi eseguiti si compone delle aste inserite nel "Reticolo idrografico di riferimento per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione e delle relative direttive" (Deliberazione del C.I. dell'Autorità di Bacino n. 3 del 30.07.2015), integrato con ulteriori aste ritenute di importante rilevanza.

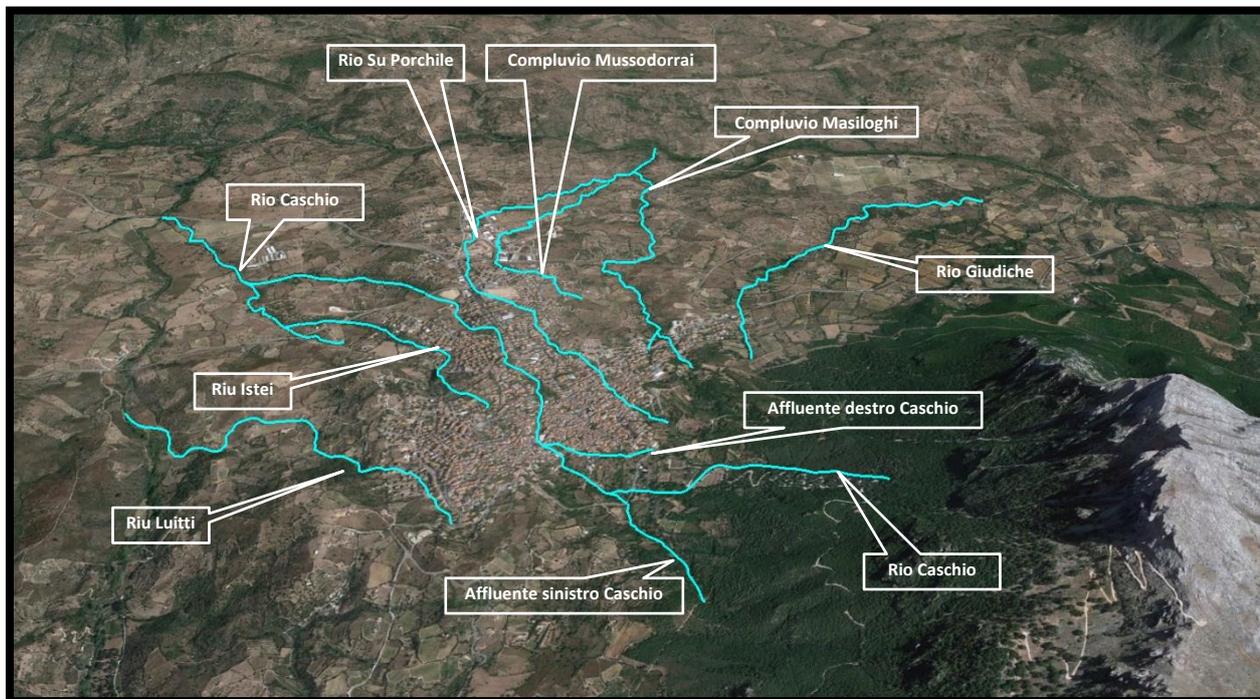


Figura 9 – Reticolo idrografico interno al centro abitato – Vista SN

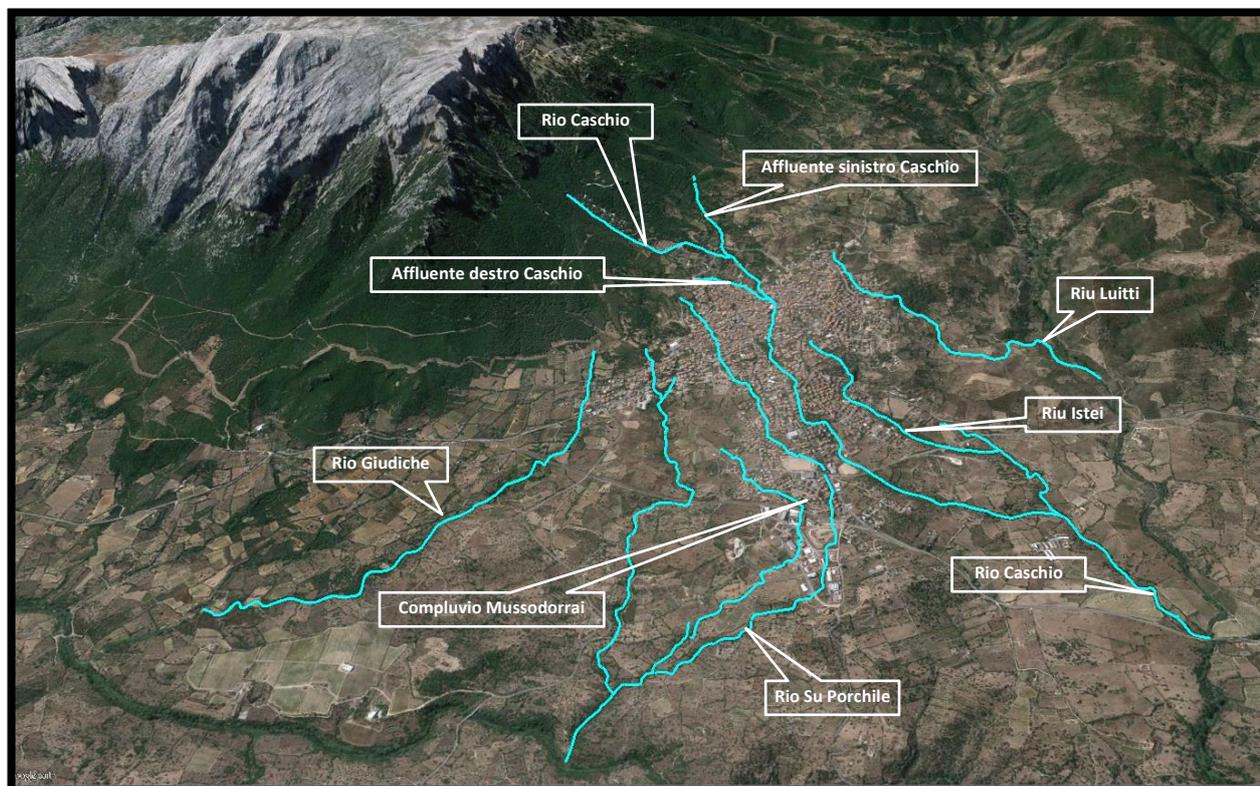


Figura 10 – Reticolo idrografico interno al centro abitato – Vista NS

In questa fase di studio sono stati presi in esame i corsi d'acqua che attraversano il centro abitato:

- ✓ il **Riu Luitti**, che scorre in direzione SE-NW e fiancheggia la periferia Ovest del paese ed è affluente in destra idraulica del Rio Sedaglio, a sua volta importante affluente in destra del Fiume Cedrino;
- ✓ il **Rio Caschio**, affluente in destra idraulica del Rio Sedaglio, a sua volta importante affluente in destra del Fiume Cedrino, che attraversa il paese in direzione SE-NW, con i suoi affluenti di monte (**Affluente sinistro e destro Caschio**) e l'affluente di valle in sinistra idraulica, il **Rio Istei**;
- ✓ il **Rio Todde\_Su Porchile**, che scorre in direzione quasi parallela al Caschio, e i suoi affluenti, i **Compluvi Mussodorrai e Masiloghi**;
- ✓ il **Rio Giudiche** che fiancheggia la periferia Est del paese per poi immettersi in un affluente del Fiume Cedrino.

È stato ritenuto utile ai fini dello studio inserire più sezioni di controllo nei bacini principali afferenti alle aste in studio su indicate.

Delle aste oggetto di studio soltanto il *Rio Giudiche* e il *Rio Istei* scorrono a cielo aperto per tutto il proprio percorso, mentre gli altri corpi recettori analizzati presentano tutti tratti tombati i cui tracciati risultano spesso di difficile intuizione.

## 5. Rilievi topografici e definizione delle geometrie degli alvei

Al fine di ottenere risultati adeguati alle esigenze del presente studio è necessario svolgere l'attività di mappatura delle aree pericolose su dati conoscitivi aggiornati e di maggior dettaglio rispetto a quelli messi a disposizione dalla Regione Sardegna. A tal proposito si precisa che sono state fornite al tecnico scrivente, carte aerofotogrammetriche rispettivamente in scala 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000. Dalla cartografia fornita è stato poi estratto un DTM con maglia di passo 2 metri. Come mostrato in Figura 8, tale DTM ricopre interamente il centro abitato di Oliena e le zone prossime allo stesso. Sono stati condotti inoltre rilievi topografici di dettaglio delle opere idrauliche: opere di attraversamento in genere, tratti tombati, infrastrutture o elementi in rilevato paralleli o interferenti con i corsi d'acqua.

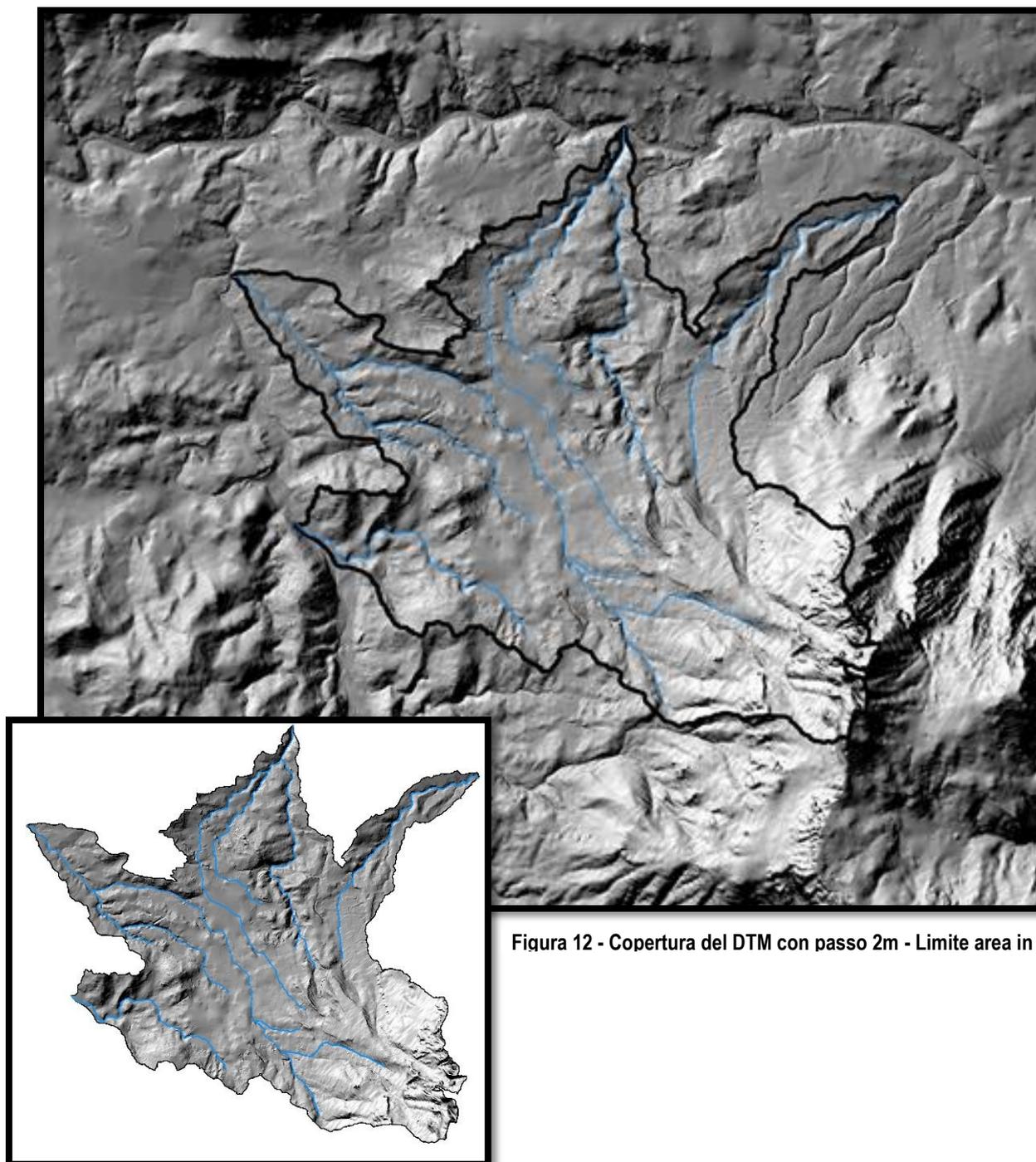


Figura 12 - Copertura del DTM con passo 2m - Limite area in studio

## 6. Climatologia

Le informazioni sul regime climatico dell'area di studio possono essere ricavate dall'analisi delle carte tematiche fornite dall'ARPA Sardegna – Dipartimento specialistico regionale idrometeorologico. I dati utilizzati per la generazione di tali carte sono rilevati su base giornaliera e provengono complessivamente da 259 stazioni appartenenti a tre enti: il Servizio Idrografico Nazionale (245), l'Aeronautica Militare (12) e l'Istituto di Agronomia e Coltivazioni Erbacee della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari (2). Di seguito si riportano le carte tematiche rappresentative rispettivamente delle distribuzioni delle temperature massime annue, delle temperature minime annue, dell'umidità relativa minima e delle precipitazioni medie annue (Fig. 12).

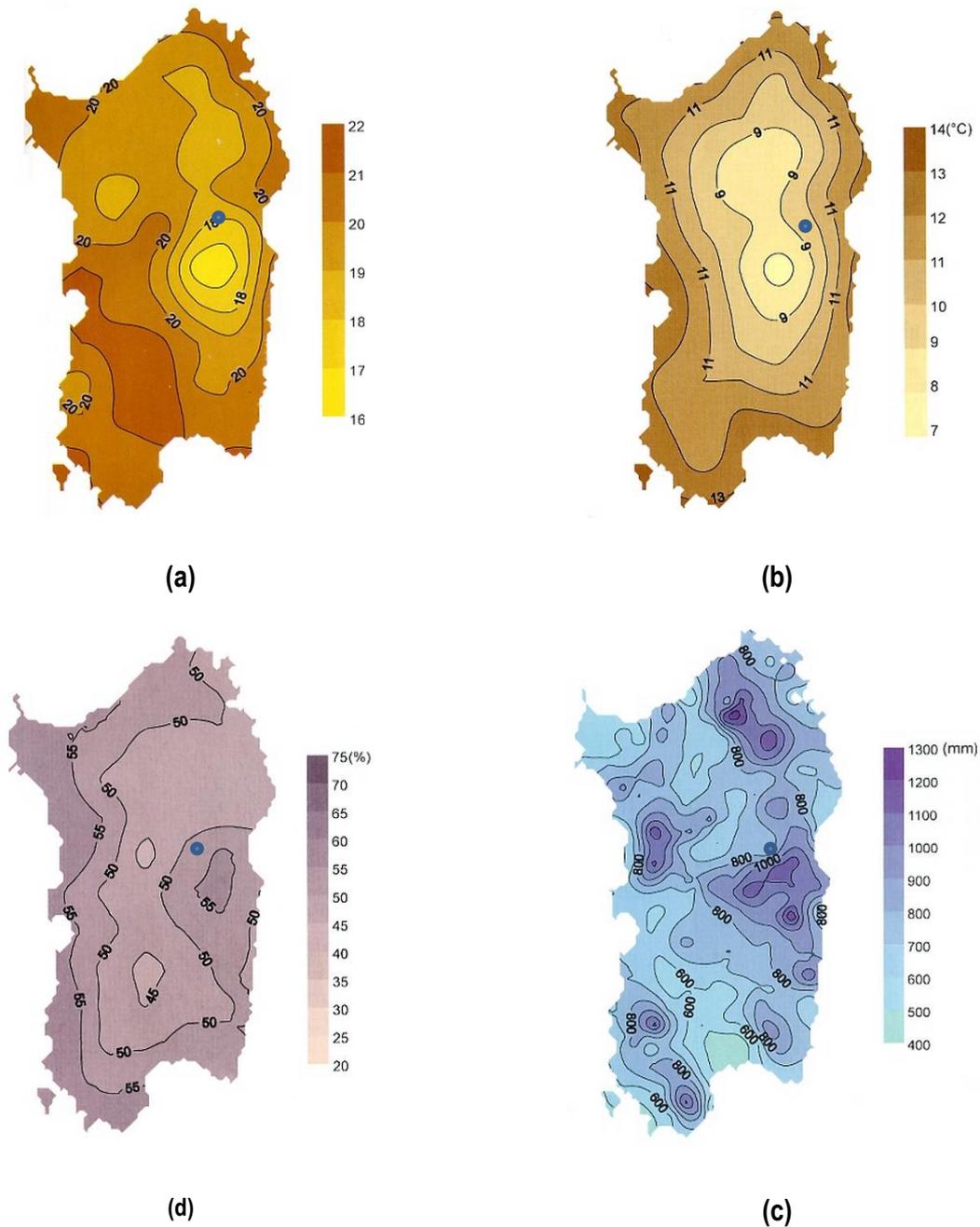


Figura 13 - (a) Valore medio annuale delle temperature massima; (b) valore medio annuale delle temperature minima; (c) valore medio annuale dell'umidità relativa minima; (d) valore medio annuale di precipitazione.

Le figure seguenti riportano graficamente le carte delle precipitazioni, delle temperature massime e delle temperature minime riferite ai valori medi annuali registratisi nel territorio comunale di Oliena nell'intervallo di tempo compreso tra il 1971 ed il 2000 (fonte: <http://www.sar.sardegna.it>).

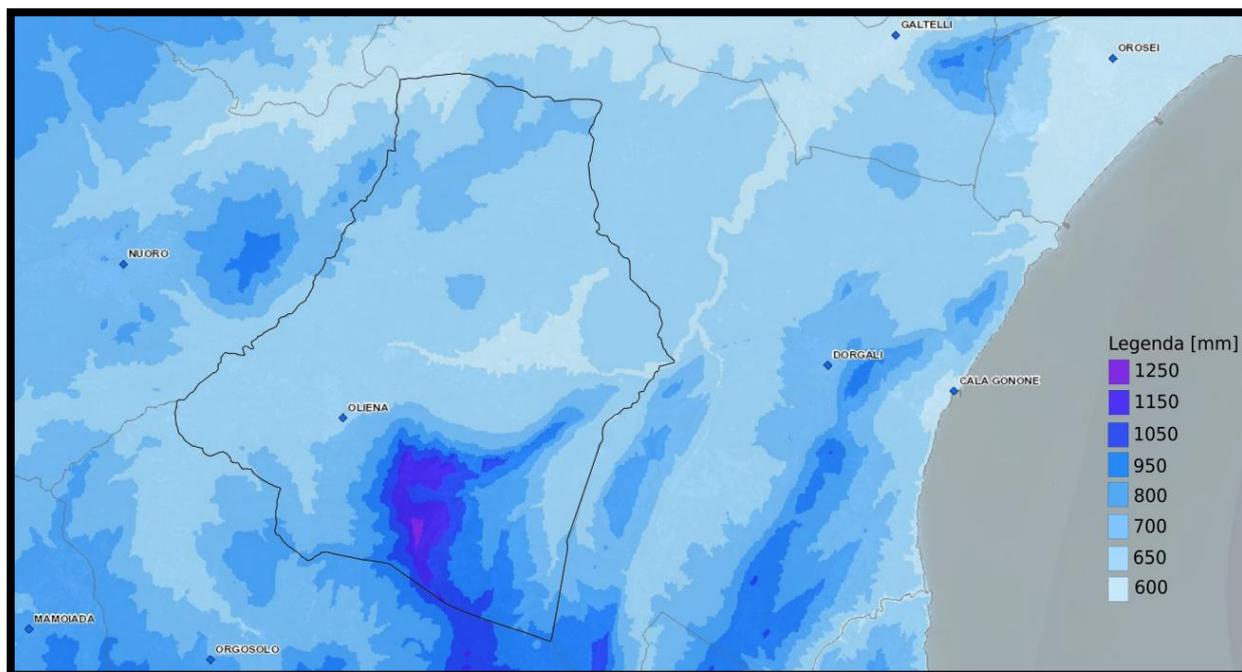


Figura 14 – Precipitazioni medie annue

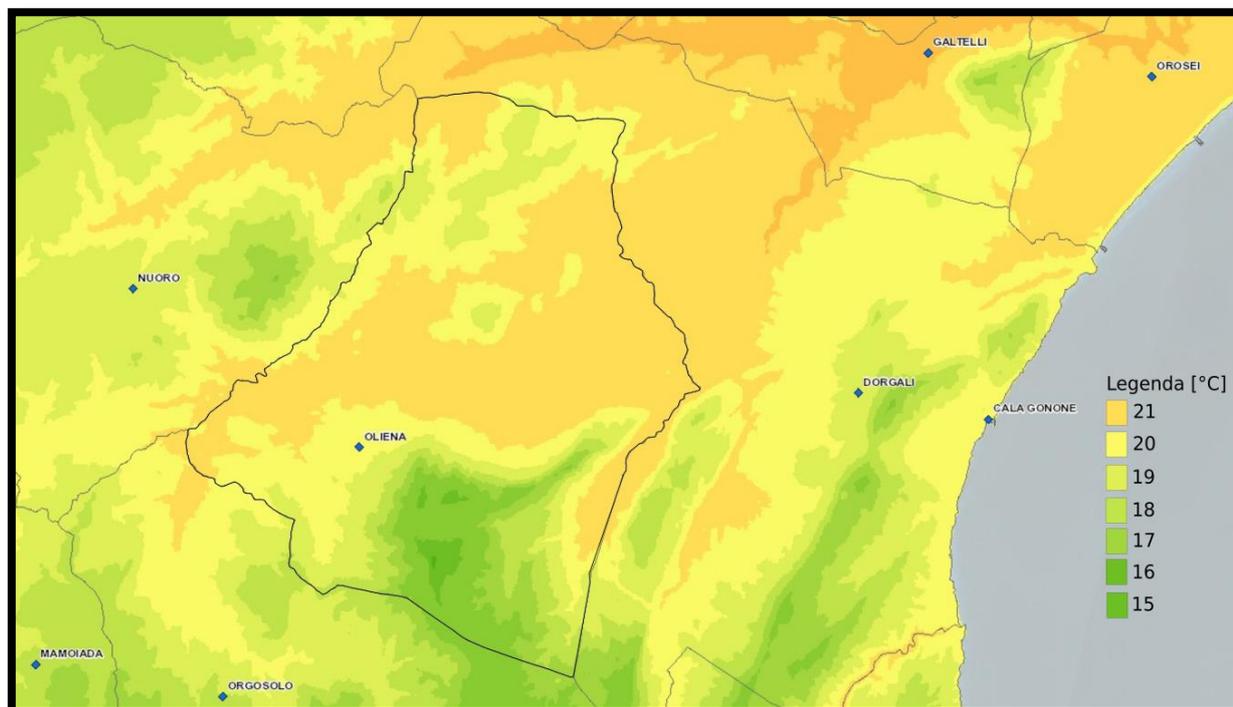


Figura 15 – Temperature massime

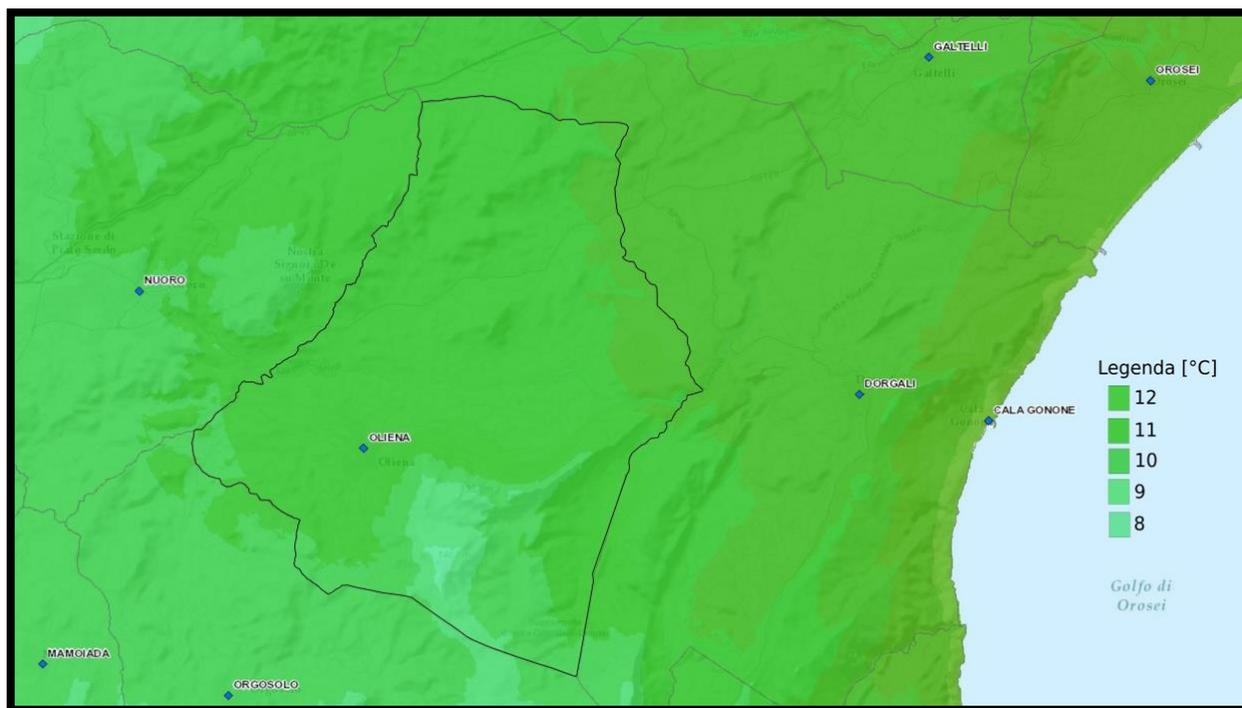


Figura 16 - Temperature minime

## 7. Pluviometria ed eventi di piena

### 7.1 Pluviometria

Come si evince dalla figura seguente il territorio del comune di Oliena appartiene interamente al bacino imbrifero del Fiume Cedrino.

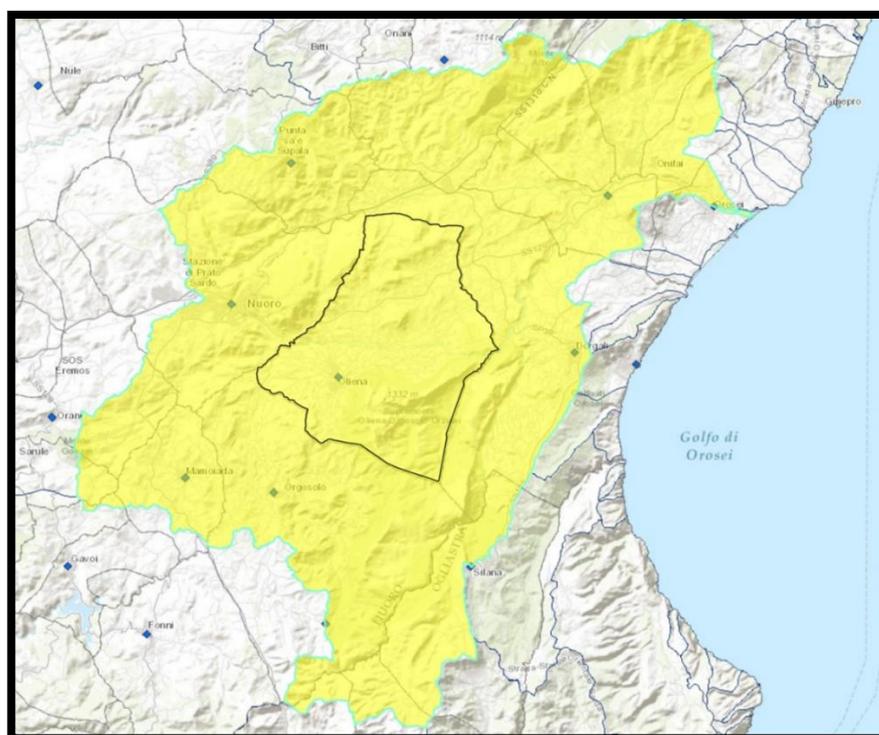


Figura 17 - Inquadramento delle territorio comunale di Oliena all'interno del bacino idrografico del Fiume Cedrino

Relativamente ai dati pluviometrici si fa riferimento alle serie storiche delle stazioni di misura pluviometrica di Oliena, Orgosolo, Nuoro, Dorgali, Galtelli, Orune e Genna Silana che afferiscono ai bacini idrografici dell'intero territorio comunale di Oliena (Figura 15). Le misure pluviometriche si riferiscono ad un arco temporale di circa 90 anni, dal 1920 al 2011. I dati delle serie storiche provengono dalla Rete meteo dell'Ente Igrografico della Sardegna, attiva dal 1921. Dai dati si evince che Oliena ha una media annuale di precipitazione pari a circa 695 mm.

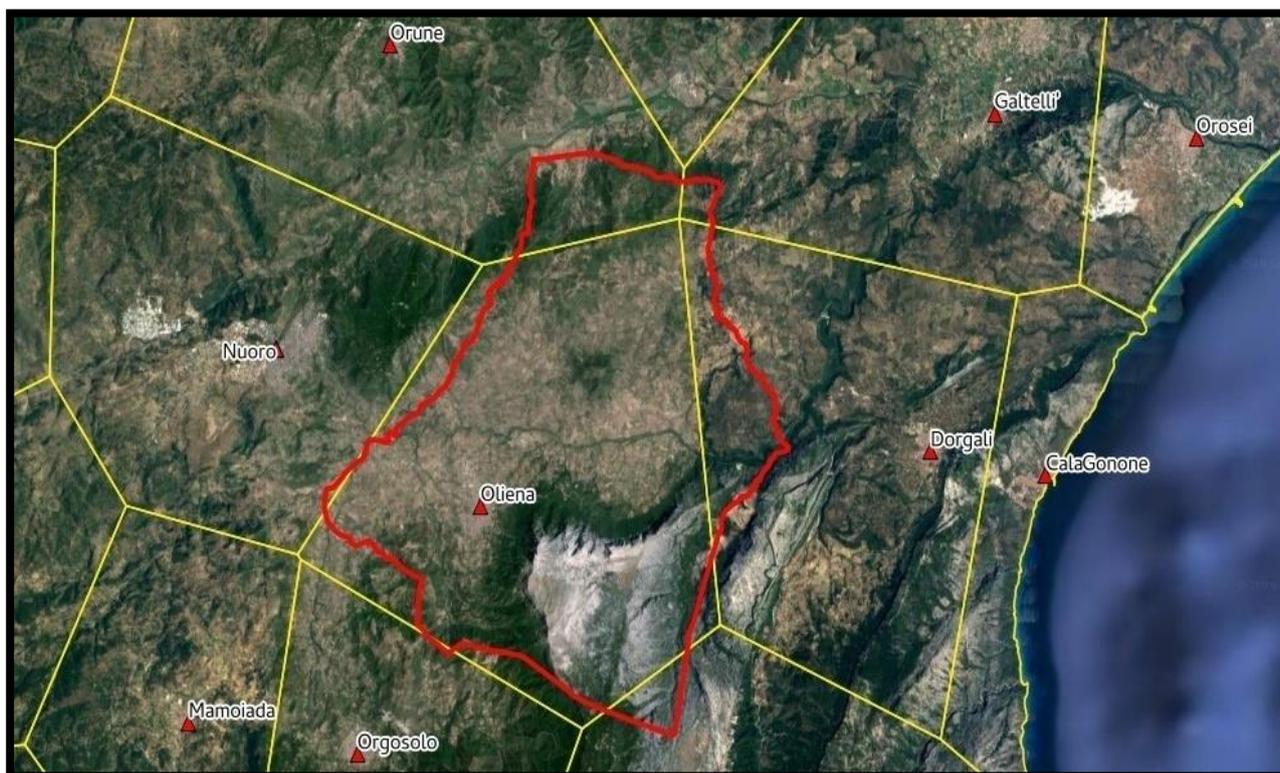


Figura 18 - Inquadramento delle aree dei topoieti regionali nell'intorno del territorio comunale di Oliena

Stazione	Quota [m]	N° Osservazioni	Media annuale precipitazioni [mm]	Deviazione standard [mm]
Oliena	378	86	695.06	260.39
Orgosolo	545	90	666.38	163.06
Nuoro	591	79	699.20	208.73
Dorgali	387	86	833.13	342.77
Galtelli	40	86	772.36	243.33
Orune	745	66	660.60	243.11
Genna Silana	1010	75	1088.69	407.58

Tabella 1 - Indici statistici annuali dei dati pluviometrici registrati nel periodo compreso tra il 1922 ed il 2011 e deviazione standard.

Di seguito si riportano i valori delle cumulate mensili di pioggia registrate nelle stazioni pluviometriche afferenti ai bacini idrografici del territorio comunale di Oliena. Come si può rilevare nell'area del comune di Oliena, così come del resto in tutta l'isola, i mesi più piovosi sono Ottobre, Novembre e Dicembre.

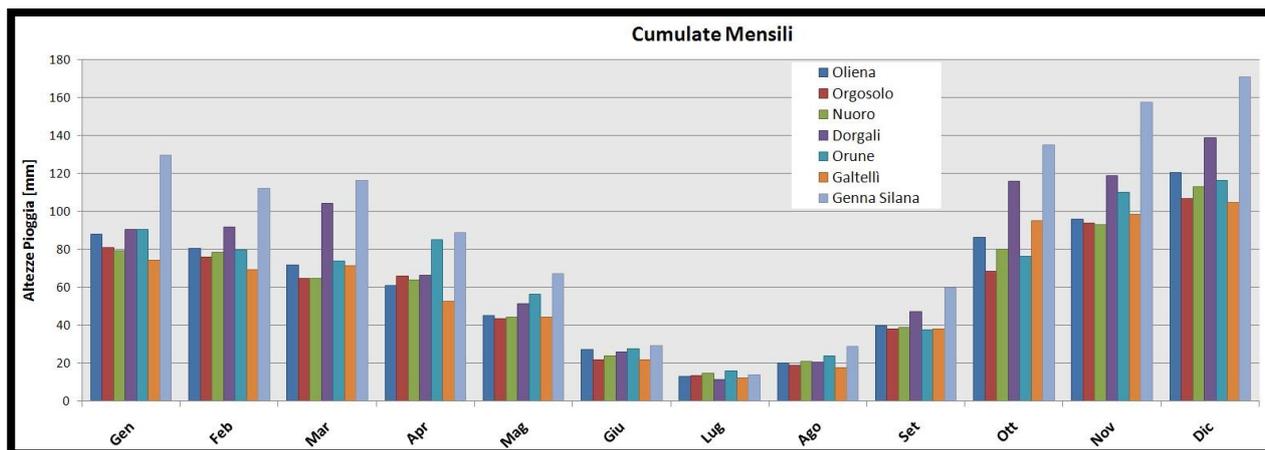


Figura 19 – Cumulate mensili di pioggia

## 7.2 Eventi di piena

Il territorio del comune di Oliena è stato, nel corso del secolo scorso, interessato da numerosi eventi di piena di carattere eccezionale. Si precisa comunque che nel centro abitato, in epoca recente, al verificarsi di eventi di particolare intensità, non sono stati registrati particolari danni a cose o persone se non quelli legati ad allagamenti localizzati. Di seguito vengono illustrati i principali registrati negli ultimi anni, recuperate da fonti locali.

### Anno 1911

Notizie storiche riportano di intense piogge nel 1911 e l'attivazione di una sorgente di trabocco in corrispondenza della grotta "Sa Conchedda Ruja" presso la località di *Monte Maccione*. In corrispondenza del centro abitato il passaggio delle acque di risorgiva provenienti da monte ha provocando la morte di due donne nei pressi del rione denominato *Sa Untana Manna*. Si registrarono ingenti danni in tutto il paese.

### Ottobre 1951

L'alluvione del 14 - 19 Ottobre del 1951 fu caratterizzata dalla durata del fenomeno che si abbatté sull'area per 3 - 4 giorni, portando accumuli giornalieri diffusamente superiori ai 400 mm, con picchi di oltre 500 mm. Relativamente al territorio di Oliena, tra il 14 ed il 18 Ottobre si registrarono oltre 1000 mm di pioggia, raggiungendo un picco giornaliero di 350 mm il 18 Ottobre, pari a circa la metà della media annuale. Il paese rimase completamente isolato e si innescò un grande smottamento in *località Neosula*.

### Dicembre 2004

Nei giorni 6 e 7 dicembre 2004 la parte centro-orientale della Sardegna fu investita da intensi temporali, con precipitazioni che perdurarono anche i giorni successivi e che il 7 Dicembre fecero registrare 121 mm nella stazione di Oliena, un valore al di sopra delle media mensile.

## Gennaio 2006

A poco più di un anno di distanza dall'evento di piena descritto nel paragrafo precedente, intense precipitazioni, nei giorni 30 e 31 gennaio 2006, generarono un importante evento di piena all'interno del bacino idrografico del Fiume Cedrino. Nella stazione pluviometrica di Oliena si registrò una cumulata delle 24 ore (dalle ore 6 del 30 alle ore 6 del 31 gennaio) di circa 193 mm.

## Novembre 2013

Il giorno 18 Novembre 2013 la Sardegna è stata interessata da un evento meteorico di eccezionale intensità (il c.d. *Ciclone Cleopatra*) che fece registrare importanti precipitazioni anche nel bacino del Fiume Cedrino. La cumulata giornaliera misurata a Oliena fu di circa 209 mm/g. Dall'analisi dei dati della serie storica delle precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione pluviometrica *Oliena* è possibile rilevare l'eccezionalità dell'evento (*Figura 16*), dimostrata anche dagli ingenti danni riscontrati nell'agro di Oliena: il crollo del ponte di *Oloè* e di *Norgheri*, numerose strade interrotte e la perdita di una vita umana. All'interno del centro urbano non si registrarono particolari danni, se non qualche allagamento localizzato.

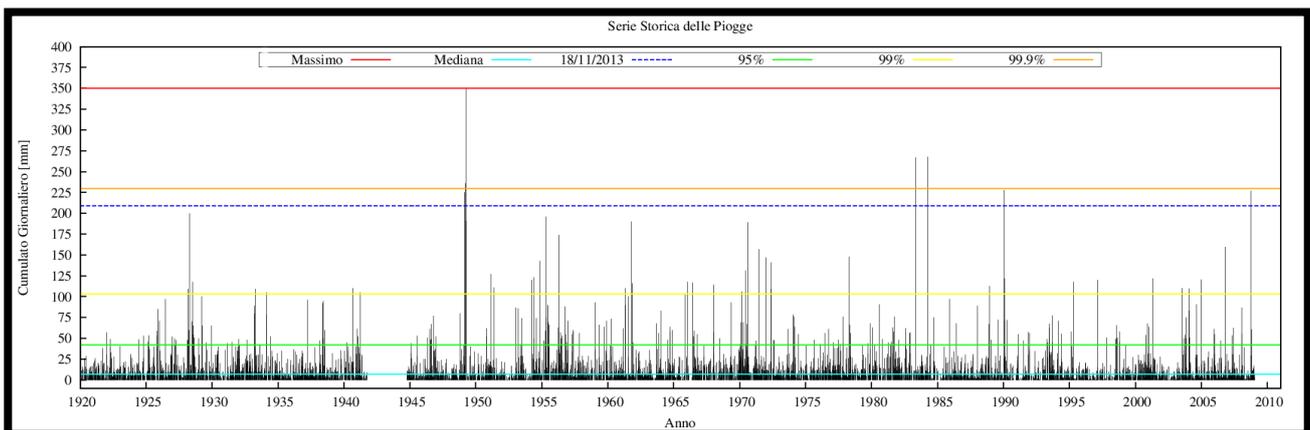


Figura 20 - Serie storica delle precipitazioni registrate dalla stazione pluviometrica "Oliena" con indicazione del valore massimo, mediano e dei percentili (95 %, 99 % e 99.9 %) della distribuzione.



Figura 21 - Immagini dei crolli sul ponte di *Oloè* e sul ponte di *Norgheri* a seguito del *Ciclone Cleopatra*

## **8. Geologia**

### **8.1 Premessa**

A partire dall'Era Paleozoica l'area in esame ed il suo intorno è stata interessata da numerosi eventi tettonici, i cui effetti diretti ed indiretti sono riconoscibili nella complessità geologica attualmente osservabile in situ. Il basamento paleozoico nell'area di studio è costituito da litotipi magmatici intrusivi di composizione granitoide. Questi sono parte del complesso granitoide della Sardegna centro-settentrionale (Batolite Sardo-Corso) la cui formazione è da ricondursi all'Orogenesi Ercinica, che ha interessato l'Europa meridionale nel Paleozoico. In particolare la messa in posto del batolite è avvenuta fra il Carbonifero superiore e il Permiano inferiore (307-275 M.A.), risultando pertanto contemporanea alla tettonica distensiva post-collisionale che ha interessato la catena ercinica. La massa magmatica ha raffreddato lentamente ed in profondità, dando luogo ad un complesso di rocce intrusive granitoidi a struttura olocristallina, venute successivamente a giorno per lo smantellamento delle soprastanti formazioni metamorfiche paleozoiche (rocce incassanti). A partire dallo Stefaniano (Carbonifero Sup.) si ebbe una fase tettonica distensiva, esplicitasi soprattutto nell'Autuniano (Permiano Inf.). Detta fase distensiva, protrattasi con tutta probabilità fino al Giurese (fatta eccezione per fasi di quiete tettonica come quella registrata tra l'Autuniano Sup. e il Permiano Sup.), nel corso dell'Era mesozoica ha prodotto strutture ad horst e graben su cui si depositarono i sedimenti marini dolomitici e carbonatici del Supramonte di Oliena. Nel tardo Cretaceo una nuova fase tettonica (Fase Laramica), stavolta compressiva, determinò la formazione di pieghe e pieghe-faglia nella sequenza carbonatica mesozoica, ormai emersa e conseguentemente soggetta ad intensa opera di smantellamento da parte degli agenti esogeni. Alla cosiddetta Fase Pirenaica, datata Luteziano (Eocene medio), ed esplicitasi in particolar modo nella Sardegna Nord-Orientale e nella Nurra, segue un'altra fase tettonica (Oligocene Medio – Miocene Inf.) caratterizzata da movimenti trascorrenti associati a componente compressiva attivi lungo le faglie a decorso NE-SW ed E-W dell'area in studio. Questi eventi post-eocenici furono accompagnati dalla formazione di conglomerati continentali (Conglomerato di Cuccuru 'e Flores) a seguito della demolizione di scarpate di faglia e del dislocamento dei sedimenti marini eocenici sopra citati. Nel Miocene Superiore l'area in esame fu interessata da un generale sollevamento, con conseguente ringiovanimento del rilievo ed innesco di un importante ciclo erosivo con creazione di profonde incisioni vallive e deposizione di importanti spessori di sedimenti. Il Pliocene inferiore ha inizio con una nuova riattivazione della dislocazione E-W, che determinò un nuovo ciclo trasgressivo. Il successivo sollevamento, datato Pliocene Superiore, è comprovato dalla discordanza angolare tra i livelli sabbiosi marini pliocenici e la Formazione di Nuraghe Casteddu, costituita da sedimenti continentali e lacustri. La fine del Pliocene fu accompagnata da una tettonica di tipo distensivo, con riattivazione delle faglie preesistenti a decorso NE-SW ed E-W e la neo-formazione di faglie con direzione prevalente NW-SE e N-S. Lungo queste discontinuità tettoniche si ebbe la risalita dei magmi che diedero origine alle estese effusioni basaltiche (Pliocene-Pleistocene) del distretto vulcanico di Orosei-Dorgali.

I depositi quaternari olocenici, di origine alluvionale e detritica, hanno spessori estremamente variabili, da centimetrici a plurimetrici. Gli spessori minori si rinvergono in corrispondenza della sommità dei rilievi, quelli maggiori, seppure localmente, si riscontrano in affioramento lungo i corsi d'acqua principali e in alcune zone di fondovalle, aree in cui si presentano condizioni geologiche e geomorfologiche favorevoli al raggiungimento del requisito di cartografabilità alla scala del presente studio, sia in termini di estensione che di potenza media.

## 8.2 Litologia

Il territorio comunale di Oliena è caratterizzato per circa il 50% dalla presenza di rocce ascritte al Complesso Granitoidale Carbonifero-Permiano, per circa il 25% da Calcari e Dolomie Mesozoiche e, in netto subordine, da prodotti effusivi Plio-Pleistocenici, prodotti metamorfici paleozoici, depositi pleistocenici e olocenici di copertura, di genesi prevalentemente eluvio-colluviale e alluvionale (Cfr. Fig.3).

Si riporta di seguito una breve descrizione delle principali formazioni geologiche affioranti nell'area indagata, accorpate secondo il criterio litologico e riportate in ordine cronologico dalla più antica alla più recente.

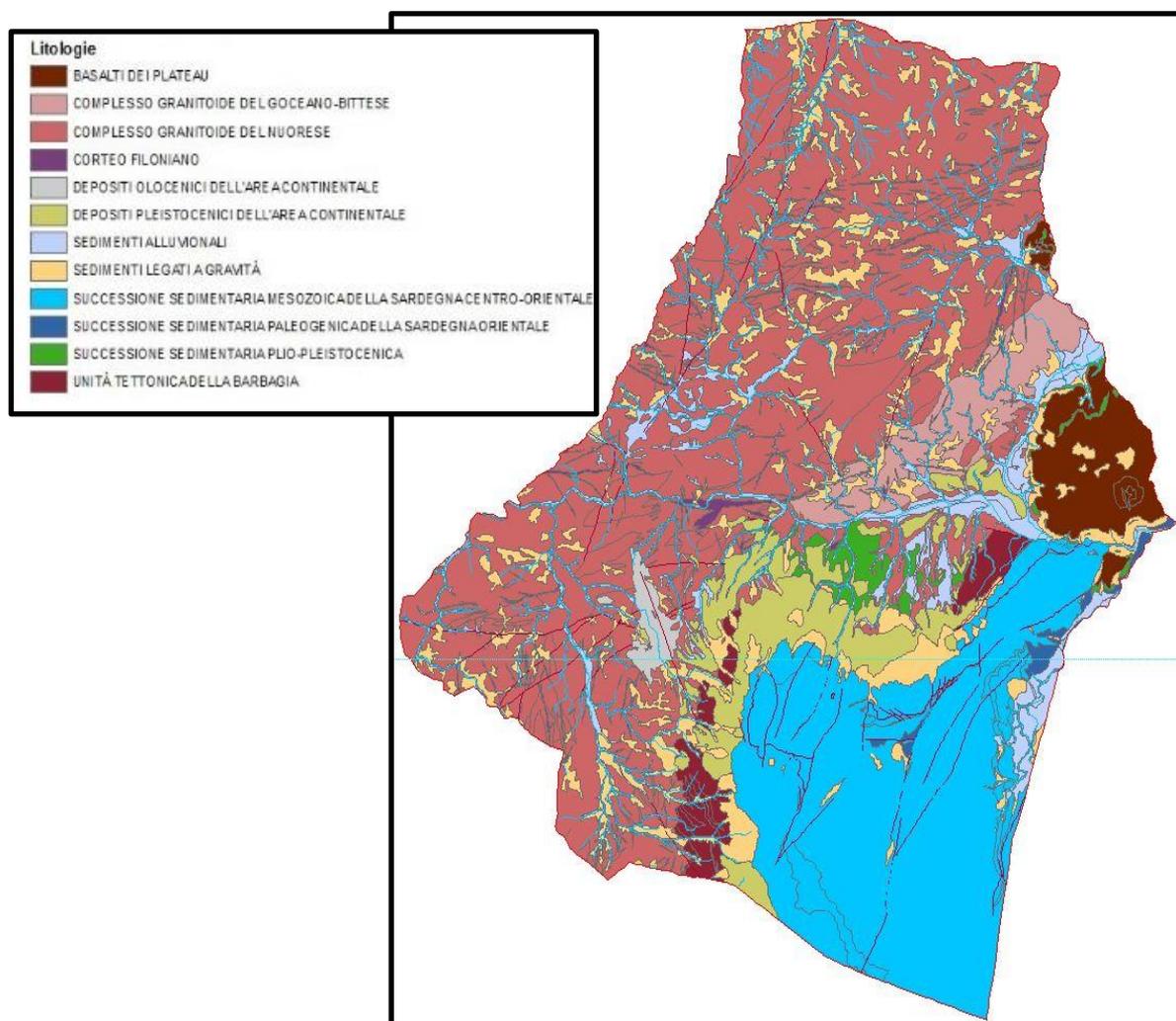


Figura 22 - Carta litologica schematica del Comune di Oliena.

## **Formazioni metamorfiche paleozoiche**

In una piccola porzione del territorio di Oliena, precisamente al passaggio tra il basamento ercinico e le successioni sedimentarie mesozoiche, affiorano dei prodotti del basamento metamorfico (Unità tettonica della Barbagia) risalenti a fasi precedenti la messa in posto del batolite sardo-corso. Si tratta essenzialmente della Formazione delle filladi grigie del Gennargentu, costituita da irregolare alternanza di livelli (da metrici a decimetrici) di metarenarie quarzose e micacee, quarziti e filladi quarzose (Cambriano medio- Ordoviciano inf) e dei Marmi di Arcu Correboi, composti da marmi grigi con intercalazioni di calcescisti, marmi dolomitici azoici (facenti parte della Successione dell'Ordoviciano superiore - Carbonifero inferiore delle Falde interne).

### **Complesso Granitoide**

Le Granodioriti (Carbonifero sup - Permiano)

Complesso Granitoide del Goceano-Bittese. Unità Intrusiva di Benetutti: Facies Orune (Granodioriti monzogranitiche, biotitiche).

Complesso Granitoide del Nuorese. Unità Intrusiva di Orgosolo: Facies Monte Locoe (Granodioriti monzogranitiche grigie).

Unità Intrusiva di Monte San Basilio: Facies Sa Mendula (Granodioriti a biotite).

Unità Intrusiva di Nuoro: Subunità intrusiva di Monte Cucullio (Granodioriti tonalitiche).

Litotipo predominante nel settore ovest del territorio comunale di Oliena, le granodioriti sono rocce granitoidi di composizione da intermedia a acida (nei termini monzogranitici), con percentuale in silice compresa tra 60-75%. La biotite può raggiungere proporzioni modali anche fino al 20%. Sono caratterizzate dalla predominanza di un plagioclasio sodico-calcico (oligoclasio-andesina, costituente circa i 2/3 dei minerali presenti) e da una percentuale di quarzo (8 - 10 %).

La litologia maggiormente presente del territorio comunale è quella delle granodioriti biotitiche della Facies Sa Mendula, che caratterizza tutto il settore ovest, con una morfologia tutto sommato regolare, di forme collinari abbastanza dolci e deboli coperture alteritiche, che presentano grana medio-grossa e tessitura moderatamente equigranulare.

Le granodioriti monzogranitiche della Facies Orune e della Facies Monte Locoe caratterizzano il settore centrale del territorio comunale, con estese aree altoplanari e deboli coltri di alterazione a mascherare il bedrock litoide. Presentano grana medio-grossa e risultano inequigranulari per k-feldspati biancastri (Facies di Orune) e bianco-rosati (Facies Monte Locoe), di taglia da centimetrica (Facies Monte Locoe) a pluricentimetrica (Facies Orune). La tessitura si presenta orientata.

Infine in una piccola porzione di territorio, al confine con il Comune di Nuoro, affiorano le granodioriti tonalitiche della Subunità intrusiva di M.te Cucullio. Si tratta di rocce biotitico-anfiboliche, di colore **grigio scuro**, a grana medio-fine, localmente eterogranulari per cristalli centimetrici di k-feldspato, dalla tessitura marcatamente orientata.

### **I Monzograniti (Carbonifero sup. - Permiano).**

Complesso Granitoide del Nuorese. Unità Intrusiva di Monte San Basilio: Facies Ponte S'Archimissa (Monzograniti a due miche e cordierite); Facies Monte Su Dòvaru (Monzograniti a biotite, muscovite, cordierite e andalusite).

Unità intrusiva di Orgosolo: Facies Ponte Gorinnaru (Leucomonzograniti biotitici giallastri)

Unità Intrusiva di Monte Ortobene: Facies Caparedda (Monzograniti biotitici); Facies Jacu Piu (Leucomonzograniti biotitici).

Si tratta di rocce intrusive sature (percentuale di quarzo >5%) a chimismo acido (percentuale di silice compresa tra 65-75%) caratterizzate dalla predominanza di feldspato potassico e plagioclasio (labradorite); presenti in percentuali simili, pirosseno monoclinico, orneblenda.

All'esame macroscopico i monzograniti mostrano struttura massiva e tessitura granitoide olocristallina in prevalenza inequigranulare nell'area di interesse (associata alla disposizione disomogenea ed alle dimensioni mediamente elevate – anche pluricentriche - dei cristalli euedrali di k-feldspato), con granulometria che varia da media a grossolana (diametro medio 3,5 mm), di colore prevalentemente bianco-rosato con piccole macchie nere (cristalli di biotite), biancastre (cristalli di quarzo) e rosate (cristalli di feldspato); a luoghi sono presenti iso-orientazioni per flusso magmatico, evidenziate soprattutto dalla disposizione delle biotiti.

Nel settore centrale dell'agro comunale si riscontrano in affioramento i monzograniti a due miche e cordierite della Facies Ponte S'Archimissa. Questa facies presenta grana medio-fine e tessitura inequigranulare e porfirica per k-feldspati biancastri, di taglia centimetrica. Più ad ovest rispetto a questa formazione, affiorano, in netto subordine alle predominanti granodioriti, i monzograniti della Facies Monte Su Dòvaru. Si tratta di monzograniti a biotite, muscovite, cordierite e andalusite, con tessitura grossolana ed inequigranulare per aggregati cordieritici.

Al confine sud del territorio comunale è presente un limitato affioramento di leucomonzograniti biotitici, noti come Facies di Ponte Gorinnaru. Questa facies presenta una colorazione giallastra, una grana da fine a microgranulare, con tessitura isotropa, talora porfirica per cristalli di quarzo o di k-feldspati centimetrici.

Al confine nord-occidentale con il territorio comunale di Nuoro, affiorano i monzograniti biotitici della Facies Caparedda e i leucomonzograniti biotitici della Facies Jacu Piu. La prima è caratterizzata da grana medio-grossa, struttura inequigranulare per k-feldspati bianco-rosati di taglia pluricentrica, tessitura orientata. La Facies Jacu Piu è costituita invece da leucomonzograniti biotitici a grana grossa, inequigranulare per cristalli pluricentrici di k-feldspato bianco-rosato, con tessitura orientata.

### **Le facies di alterazione nelle rocce granitoidi.**

La tipica facies di alterazione dei granitoidi fin qui descritti è rappresentata dalla cosiddetta roccia "arenizzata", che si produce per gli effetti che la combinazione di agenti atmosferici (acqua di ruscellamento

superficiale e vadosa, acido carbonico, ossigeno), agenti fisici (termoclastismo, crioclastismo) ed agenti organici (di origine animale e vegetale) hanno sui singoli minerali che costituiscono la roccia madre.

Alcuni tra i più comuni processi di degradazione dei minerali che costituiscono i granitoidi sono l'idrolisi dei silicati, la caolinizzazione dei feldspati e fenomeni di idratazione. I prodotti dell'alterazione chimica di solito conservano in buona parte la forma dei minerali originari, così che la struttura primitiva della roccia permane normalmente invariata e riconoscibile nelle facies moderatamente e leggermente alterate.

Evidentemente il processo di alterazione risulta più efficace su litotipi fratturati: infatti la presenza di una rete di discontinuità tettoniche fa sì che l'attività disgregante dei fattori succitati possa esplicarsi tanto in superficie quanto in profondità; al contrario se la roccia madre ha carattere massivo, viene intaccata esclusivamente la coltre superficiale, fino ad una profondità massima di pochi centimetri di spessore (alle nostre condizioni climatiche).

Ne consegue che a seconda dell'intensità e dell'efficacia dell'azione degli agenti chimici e fisici sulla roccia madre, ed in dipendenza dal chimismo e dal grado di fratturazione di quest'ultima, il processo di arenizzazione potrà essere più o meno spinto, con tutta una serie di facies di alterazione intermedie.

Un granitoide alterato può genericamente essere definito come una roccia semicoerente in cui le strutture originarie sono ancora ben riconoscibili, compresa la maggior parte dei minerali ed eventuali manifestazioni filoniane, ma in cui i legami molecolari risultano più deboli che nella roccia sana.

A partire da questa definizione, in fase di rilevamento geologico di superficie si vanno ad osservare e descrivere tutta una serie di situazioni intermedie tra la roccia litoide propriamente detta ed il cosiddetto sabbione granitico, che rappresenta il prodotto finale del processo di arenizzazione di una roccia granitoide e consiste in un sabbione più o meno sciolto a composizione prevalentemente quarzosa (sabbia arcocosa) in cui i minerali originari sono per la maggior parte alterati ed in cui i legami molecolari sono debolissimi, pressoché inesistenti.

Nelle facies da leggermente a moderatamente alterate, le più diffuse nell'area di indagine tra le tipologie di alterazione, sono invece riconoscibili struttura e tessitura della roccia madre, particolari orientazioni per flusso magmatico, ed anche i motivi strutturali. La roccia mantiene in questi casi un grado medio di coesione ed esercita una buona resistenza agli agenti erosivi.

### **Corteo filoniano (Carbonifero sup. - Permiano inf.).**

Le manifestazioni filoniane rilevate nell'area in studio sono da considerarsi un diretto effetto della tettonica connessa alla fase distensiva dell'Orogenesi Ercinica. Rappresentano infatti il prodotto del riempimento di fratture in rocce intrusive granitoidi per venuta di fluidi magmatici lungo le stesse. Sono rappresentate da rocce di differente chimismo ma probabilmente riconducibili a corpi intrusivi derivanti da un'unica camera magmatica, per le analogie che esse presentano dal punto di vista classificativo e giaciturale.

Il corteo filoniano è costituito da porfidi granitici, filoni acidi aplitici e pegmatitici, filoni idrotermali a prevalente quarzo, filoni e ammassi di micrograniti, filoni basaltici a serialità transizionale e struttura porfirica.

### **Masse basiche gabbroidi (Carbonifero sup. - Permiano inf.).**

Complesso Granitoide del Nuorese. Unità Intrusiva di Monte San Basilio: Facies Punta Lunavera (Masse basiche gabbroidi a grana medio-fine); Facies Molimentu (Masse basiche gabbroidi a grana media).

In ridotti affioramenti, concentrati soprattutto al passaggio tra il Complesso Granitoide del Nuorese e quello del Goceano-Bittese, si incontrano delle masse basiche gabbroidi, a grana medio-fine (Facies Punta Lunavera - Subunità intrusiva di Punta Biriai) e a grana media (Facies Molimentu), equigranulari e a tessitura isotropa. Questi corpi a chimismo basico sono molto rari, di piccole dimensioni, e quasi sempre inglobati all'interno di plutoniti più acide.

### **Successione sedimentaria mesozoica**

In seguito alla fase ercinica, tra la fine del Paleozoico e l'inizio del Mesozoico, il basamento è stato interessato da una lunga fase di continentalità, che ne ha provocato lo spianamento ad opera degli agenti erosivi che hanno generato il cosiddetto penepiano ercinico. Successivamente si è verificata l'ingressione marina del Giurese e sul basamento paleozoico si sono depositate dapprima delle formazioni sedimentarie detritiche di debole spessore, costituite in prevalenza da conglomerati quarzosi, arenarie ed argille carboniose ed infine le potenti formazioni calcareo-dolomitiche.

La serie carbonatica mesozoica nella Sardegna orientale è distinta in una successione giurassica ed una cretacea, è potente anche parecchie centinaia di metri ed è costituita, alla base, da conglomerati trasgressivi e dolomie, e, alla sommità, da calcari di piattaforma.

La Successione giurassica della Sardegna orientale viene suddivisa nelle seguenti formazioni (dalla base alla sommità):

- Formazione di Genna Selole, costituita da conglomerati quarzosi e quarzoareniti molto mature, con alla base, livelli carboniosi e argille (Dogger);

- Formazione di Dorgali, costituita per lo più da arenarie dolomitiche, dolomie e calcari dolomitici di colore bruno-grigiastro, con brachiopodi, echinodermi, alghe calcaree e foraminiferi (Dogger-Malm). Questa formazione è in eteropia di facies con le altre formazioni giurassiche della Sardegna orientale;

- Formazione di Monte Tului, costituita da calcari stratificati, di colore bruno, talvolta passanti a calcareniti e calcari oolitici e o bioclastici (ad ammoniti, brachiopodi, echinodermi e foraminiferi), in alternanza a calcilutiti (Malm inferiore);

- Formazione di Monte Bardia, rappresenta la parte terminale della successione stratigrafica giurassica, è costituita prevalentemente da calcari organogeni (biocalcareni), di colore da bianco a grigiastro, compatti e a volte parzialmente dolomitizzati, localmente con intercalazioni di dolomie brune cariate o farinose (Malm

superiore). Questi calcari si sono depositati per lo più in ambiente di scogliera come testimonia la presenza di fossili di organismi biocostruttori (coralli), oltre ad alghe, foraminiferi, gasteropodi (nerinee) e brachiopodi.

Al di sopra della successione giurassica si rinvengono i sedimenti cretacei, noti in letteratura come: Successione cretacea inferiore della Sardegna orientale. Tale successione inizia, nel Supramonte, con l'Orizzonte di Orudé, un orizzonte costituito da alternanza di calcilutiti bioturbate (o con strutture da disseccamento), brecce calcaree, calcareniti marnose e calcareniti bioclastiche, ricche di fossili (foraminiferi planctonici, brachiopodi, bivalvi, gasteropodi, echinodermi, alghe calcaree, etc.), deposte in ambiente di mare poco profondo e ad alta energia, con sedimentazione bioclastica grossolana. La successione del Cretaceo inferiore poggia sul discontinuo orizzonte glauconitico, chiamato Formazione di Sorteddatta (Albiano-Santoniano), costituito da calcari polvirulenti e fossiliferi, con, alla base, calcareniti con noduli fosfatici e glauconitici. La Successione cretacea superiore della Sardegna orientale, è rappresentata da calcari grigio-giallastri, nodulari e ben stratificati e da calcari marnosi e marne con abbondanti noduli di selce. Tale successione si osserva con spessori importanti nell'area di Lanaitto e Gorroppu, da cui prende il nome (Formazione di Gorroppu). I numerosi fossili presenti sono costituiti in prevalenza da foraminiferi (globotruncane) ed altra microfauna planctonica, che indicano un'età fino al Maastrichtiano inferiore e un ambiente pelagico riferibile ad una piattaforma esterna.

Tutti i prodotti sedimentari mesozoici si ritrovano, all'interno del territorio comunale di Oliena, concentrati nell'area sud-orientale, in corrispondenza del massiccio carbonatico del Monte Corراسi, che si inserisce nel più ampio sistema del Supramonte.

### **Successione sedimentaria paleogenica**

A partire dall'Eocene medio inizia in Sardegna un periodo di grande instabilità tettonica e di diffusa continentalità, con energico ringiovanimento del rilievo e conseguente deposizione di potenti sequenze clastiche continentali sintettoniche, che prendono il nome di Conglomerati di Cuccuru 'e Flores. Si tratta di conglomerati e brecce fortemente eterometrici, con blocchi fino ad alcune decine di metri cubi, ad elementi prevalenti del basamento cristallino paleozoico e, in subordine, ad elementi delle successioni carbonatiche mesozoica ed eocenica. Nel territorio di Oliena tale formazione è presente principalmente alla base del versante orientale del Corراسi e lungo la sponda sinistra del fiume Cedrino, al confine col territorio di Dorgali.

### **Successione sedimentaria plio-pleistocenica**

A seguito dell'ulteriore sollevamento verificatosi a partire dal Pliocene superiore, alla base delle colate basaltiche plio-pleistoceniche (e talvolta intercalate ad esse), affiorano dei sedimenti di ambiente fluvio-lacustre, attribuiti alla Formazione di Nuraghe Casteddu. Si tratta di depositi alluvionali di varia granulometria, argilliti, siltiti, arenarie arcose, conglomerati, ad elementi subarrotondati di quarzo e metamorfiti, ben stratificati e derivati dallo smantellamento del basamento ercinico.

Al letto della formazione si ha, nell'area in esame, il contatto discordante con il substrato graniticoide paleozoico, generalmente alterato. Detto contatto è di norma marcato da una netta discontinuità, agevolmente cartografabile. Al tetto della formazione si trova la sequenza detritico-alluvionale ascritta al cosiddetto Sintema di Orosei, o, in alternativa, si possono trovare le colate basaltiche plio-pleistoceniche.

Nell'area indagata, la Formazione di Nuraghe Casteddu è ben esposta in diverse sezioni, lungo la SP Oliena-Dorgali, con una sequenza costituita in prevalenza da sabbie grossolane e ghiaiette a composizione prevalentemente arcossica con intercalazioni di livelli pelitici alternate a facies più grossolane ghiaiose o ciottolose ad elementi molto elaborati di rocce granitoidi, filoniane e scistoso-cristalline immersi in una matrice ossidata, marrone-rossastra, siltosa. Al tetto, prossima al contatto con il Sintema di Orosei, si osserva una sequenza sabbioso-siltosa, con intercalazioni di livelli ben distinguibili francamente sabbiosi alternati a livelli più grossolani ghiaiosi.

La formazione presenta un medio grado di coesione, che consente l'autosostentamento in sezione verticale. La matrice va da parzialmente cementata a pseudo-coerente.

### **Prodotti effusivi plio-pleistocenici**

La dinamica estensionale che ha interessato la Sardegna nel Pliocene e nel Pleistocene, ha generato un nuovo ciclo vulcanico ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina. Nella Sardegna centro-orientale, tale vulcanismo presenta caratteristiche tipiche di una attività fessurale, legata a determinate direttrici tettoniche, lungo le quali si allineano colate di modeste dimensioni, associate a piccoli coni di scorie e plateaux basaltici di discreta estensione. Nell'area in esame l'attività è stata prevalentemente di tipo effusivo lento, con qualche episodio di lancio di lava o di scorie a chiusura del ciclo vulcanico. I prodotti vulcanici presenti nell'area in esame, affiorano essenzialmente al confine col territorio di Dorgali, in prossimità del fiume Cedrino e sono ascrivibili ai Basalti del Gollei. Si tratta principalmente di hawaiiiti (varietà di trachibasalto ad alto contenuto in sodio, con oligoclasio e andesina quali plagioclasti predominanti), e subordinati basalti alcalini e mugeariti, andesiti basaltiche subalcaline, in grandi espandimenti lavici e colate, coni di scorie, dicchi (Facies Biristeddai) e livelli piroclastici

I basalti del Gollei sono rocce effusive basiche in cui la presenza di componenti alcalini feldspatici, l'aumento degli alcali e spesso anche il tenore medio-elevato in  $TiO_2$  impartiscono un carattere di passaggio a forme alcaline, non del tutto definite e spesso mal separate dai basalti *sensu strictu*, riunite sotto la denominazione di trachibasalti. Questi presentano struttura olocristallina debolmente porfirica per la presenza di fenocristalli e noduli di olivina di colore giallastro e plagioclasio. È rara la biotite, sono frequenti i noduli peridotitici. La pasta di fondo, olocristallina, ha un colore che va dal grigio-scuro al marrone. Nei trachibasalti del Gollei e del Cedrino è da segnalare anche l'abbondante presenza di noduli femici e ultrafemici, di probabile origine mantellica.

I litotipi basaltici vanno a costituire, nell'area in esame, la sommità dei rilievi tabulari, noti anche come "gollei" (termine dialettale), che si estendono fino alla costa di Dorgali.

La sequenza effusiva è costituita da una serie di colate sub-orizzontali sovrapposte, che, localmente, possono trovarsi intercalate a livelli scoriacei (rilevati nell'area in esame e riportati in carta litologica come Facies Nuraghe Su Cungiadu) ed a strati poco potenti (da decimetrici a metrici) caotici, a matrice prevalentemente argillosa, interpretati come paleosuoli infrabasaltici, impostatisi sulle superfici strutturali negli intervalli di tempo tra colate successive.

L'imponenza delle singole colate ha fatto sì che i tempi di raffreddamento delle medesime fossero relativamente lunghi, con conseguente sviluppo di strutture particolari che prendono il nome di fessurazioni (o giunzioni) colonnari. Il raffreddamento della massa lavica ne determina normalmente l'irrigidimento e la contrazione, a partire dalle zone esterne della colata (base e tetto) verso l'interno. La fratturazione di un corpo sostanzialmente isotropo (ovvero omogeneo in ogni sua parte), dovrebbe avvenire in maniera concentrica; in realtà, essendo la colata lavica disomogenea per composizione chimica, si hanno diversi centri di contrazione termica, per cui la figura geometrica che meglio occupa il piano è la maglia esagonale. Di conseguenza si crea un reticolo di fratture che si intersecano secondo angoli di circa 120°, le quali danno luogo a grossolani prismi a base esagonale (i più perfetti), o pentagonale o quadrangolare. Si svilupperanno via via una serie di fratture che si propagheranno dall'alto verso il basso, ma anche dal basso verso l'alto, che però non andranno a coincidere. La distanza tra le varie fessure è funzione lineare del volume, ossia a maggior volume corrisponde una maggiore distanza e viceversa.

### **Depositi pleistocenici dell'area continentale**

Il Quaternario è rappresentato in gran parte da depositi in facies continentale; in particolare il Pleistocene è formato principalmente dalle cosiddette Alluvioni antiche, presenti in tutta l'isola. Nel territorio comunale di Oliena questi depositi sono concentrati alla base del versante occidentale del M.te Corrasì e corrispondono alla Litofacies nel Subsistema di Su Gologone (Sistema di Orosei), riferibile al Pleistocene superiore. Si tratta essenzialmente di sedimenti fluviali, di conoide e di piana alluvionale, rappresentati da conglomerati, ghiaie e sabbie alluvionali più o meno compatte (spesso con abbondante matrice siltoso-argillosa arrossata), detriti di versante tipo *éboulis ordonnées*, e depositi di frana (talvolta con blocchi eterometrici).

La facies maggiormente rappresentativa nell'area in esame è costituita da clasti monogenici a composizione carbonatica (derivanti da progressivo smantellamento del rilievo calcareo-dolomitico a monte), eterometrici (con frammenti litici da millimetrici a decimetrici), immersi in matrice di colore rossastro-ocraceo (derivanti dalle cosiddette terre rosse, tipici suoli residuali di ambiente carsico) cementata per ricircolazione secondaria di CaCO<sub>3</sub>. La disposizione dei clasti è in prevalenza caotica e il grado di cementazione medio-elevato. Talvolta tale facies poggia sulla Formazione di Nuraghe Casteddu, se non direttamente sul

basamento paleozoico. Questa facies, come già accennato, si riscontra direttamente in affioramento, in sezione stradale, lungo alcuni tratti della SP Oliena - Dorgali, su entrambi i lati della carreggiata. In un limitato affioramento il Subsistema di Su Gologone assume la forma del deposito tipo *éboulis ordonnées*; formazione di versante costituita da materiale clastico di origine crioclastica, deposto in strati alternati con granulometria classata, generati dall'alternanza dei cicli gelo-disgelo in ambiente periglaciale, a carico delle litologie calcaree. La matrice è siltoso-argillosa e generalmente arrossata.

### **Depositi olocenici**

Coltri eluvio-colluviali, detrito di versante, depositi di frana (Olocene).

I depositi eluvio-colluviali e il detrito di versante costituiscono coltri mediamente poco potenti derivanti dal lento disfacimento delle rocce del bedrock, trasportate in prevalenza da acque di ruscellamento diffuso o discese per gravità.

In condizioni naturali il prodotto della alterazione del bedrock, in relazione alla pendenza dei versanti ed alla copertura vegetale, in parte permane in situ ed in parte tende ad accumularsi nelle aree morfologicamente depresse (compluvi, conche, etc.).

Nel caso della litologia granitoide, in generale, è possibile affermare che le formazioni alloctone sono costituite da depositi clastici granulari poco elaborati di genesi colluviale ed eluviale, prevalentemente costituiti da frammenti litici spigolosi policristallini mediamente centimetrici di roccia granitoide più o meno alterata associati a singoli cristalli di quarzo, immersi in una matrice a granulometria variabile da sabbiosa a limo-argillosa. L'alterazione della componente feldspatico-plagioclasica e dei minerali femici della roccia madre produce una discreta componente fine ascrivibile granulometricamente ai limi e alle argille, che va a costituire la matrice fine dei depositi terrigeni, normalmente preponderante percentualmente rispetto allo scheletro clastico più grossolano. Tali sedimenti, ad esclusione della parte superiore pedogenizzata, a meno di rimaneggiamenti antropici, risultano in genere ben addensati, pseudo-coerenti, con colorazione che può tendere al marrone chiaro fino all'ocra, a causa di fenomeni di ossidazione, caratteristici in particolare dei livelli più antichi.

Salvo casi particolari, il detrito di versante si rileva lungo il corpo dei versanti con potenze medie basse, inferiore al metro, da porre in relazione alla resistenza della roccia di riferimento, agli agenti esogeni ed ai fenomeni erosivi che si esplicano lungo il pendio. I depositi di frana sono rappresentati per la maggior parte da blocchi posti ai piedi di versanti interessati da frane di crollo, maggiormente presenti, in riferimento all'area in oggetto, in corrispondenza delle litologie calcarea e basaltica rispetto a quella granitoide.

### **Depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene).**

I sedimenti alluvionali si riscontrano in corrispondenza e in prossimità dei principali corsi d'acqua, interessando il letto di magra e le aree esondabili limitrofe, ove interessate da pregressi e ripetuti fenomeni di deflusso superficiale.

Sono rappresentati da depositi quaternari alluvionali grossolani, anche terrazzati nei termini più antichi, eterometrici e poligenici con prevalenza di elementi litici di natura granitoide.

La granulometria è in prevalenza sabbioso-ghiaiosa, ma non mancano i livelli a carattere maggiormente limoso. Trattasi quindi di depositi eterogenei, in quanto la sedimentazione fluviale è tipicamente rapida e discontinua, con condizione di deposizione dei sedimenti variabili in relazione a diversi fattori, primo fra tutti l'alternarsi delle stagioni.

I depositi alluvionali presentano una estrema variabilità sia in senso longitudinale (granulometria decrescente da monte verso valle), che in senso trasversale (granulometria decrescente dal centro verso le sponde), che lungo la verticale (alternanza di sedimenti grossolani e minuti dovuti, rispettivamente, a sedimentazioni avvenute in periodi di piena e di magra). Ciò si traduce nella giustapposizione di termini di varia granulometria, aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che le ha depositate, con conseguente circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei livelli a più alto grado di permeabilità relativa.

Nelle aste torrentizie in cui i depositi alluvionali non risultano cartografabili alla scala del presente studio, si riscontrano, lungo la linea di impluvio, depositi di carattere detritico, in genere moderatamente o per nulla elaborati dal trasporto idrico, derivanti perlopiù dalla erosione della coltre detritica di versante, e caratterizzati dalla presenza di granulometrie anche grossolane.

Tra i più significativi depositi alluvionali si segnalano quelli del fiume Cedrino e dei suoi principali affluenti.

### **Depositi olocenici dell'area continentale, depositi antropici (Olocene).**

Comprendono tutto l'insieme di terre derivanti dall'azione morfogenetica connessa con l'attività antropica. Localmente l'attività antropica può produrre discontinue ma talora significative coltri di riporto più o meno addensate. Per depositi antropici si intendono tutti quegli accumuli derivanti da attività mineraria, di cava, di discarica inerti, etc.

## 9. Studio idrologico e idraulico

### 9.1 Criteri generali per la determinazione delle portate

L'analisi idrologica è la procedura finalizzata alla stima delle portate di piena da impiegare nella modellazione idraulica per la valutazione degli scenari di pericolosità sul territorio a seguito di eventi di piena. Tale previsione può avvenire attraverso l'impiego di un modello idrologico che deve essere scelto sulla base dei parametri da impiegare e dei risultati ottenibili.

Un modello idrologico è la metodologia di calcolo da utilizzare per valutare nelle sezioni di interesse la risposta del bacino ad eventi di pioggia ad elevata intensità e breve durata. La risposta è specificata in termini di portate al colmo di piena di assegnato Tempo di Ritorno  $T_R$ , ovvero la probabilità di accadimento espressa in termini di anni in cui un evento di assegnata intensità viene uguagliato o superato almeno una volta. In accordo con quanto espresso nelle Linee Guida del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (PAI) la valutazione degli scenari di pericolosità a seguito di eventi di inondazione deve avvenire per portate di piena con  $T_R$  (ovvero di assegnata probabilità di accadimento) pari a 50, 100, 200 e 500 anni.

I metodi di stima della portata di assegnato  $T_R$  dipendono da vari fattori, primi fra tutti dalla disponibilità di dati osservati e dalla copertura spaziale della rete idrometeorologica. In relazione alla disponibilità di tali dati la letteratura scientifica di riferimento distingue Metodi Diretti da Metodi Indiretti. I metodi diretti ricavano le portate al colmo di piena nelle sezioni di interesse direttamente da valori di portate osservate, mentre quelli indiretti calcolano le portate indirettamente dai valori delle precipitazioni meteoriche ovvero a seguito della trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi idrici nell'ipotesi che la frequenza di accadimento delle precipitazioni caratterizzi quella della portate al colmo di piena. Tra i metodi indiretti trova spesso applicazione per i piccoli bacini come quelli in esame il "modello cinematico". Tale metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- la pioggia critica è quella che ha durata pari al tempo di corrivazione  $T_C$  del bacino;
- la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica;
- la trasformazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida.

Assunte valide tali ipotesi la portata al colmo di piena viene valutata attraverso la cosiddetta "Formula Razionale":

$$Q = r(S, d) \cdot \frac{\Psi \cdot h_{T_C} \cdot S}{3.6 \cdot T_C} \quad (1)$$

dove:

$r(S, d)$  = coefficiente di ragguglio funzione della superficie;

$\Psi$  = coefficiente di deflusso;

$T_C$  = Tempo di Corrivazione del bacino in esame;

$h_{T_C}$  = altezza di pioggia critica;

$S$  = area del bacino nella sezione di chiusura.

Il coefficiente  $r(S, d)$  ragguaglia le piogge all'area del bacino in esame. Il suo valore dipende dalla superficie del bacino e dalla durata della pioggia, e può essere valutato attraverso le relazioni proposte dal progetto Valutazione delle Piene (VAPI) Sardegna:

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354}) \cdot d^{(-0.4+0.0208 \cdot \ln(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per} \quad A < 20 \text{ km}^2 \quad (2)$$

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354}) \cdot d^{(-0.4+0.003832 \cdot \ln(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per} \quad A > 20 \text{ km}^2 \quad (3)$$

Il calcolo del coefficiente di deflusso  $\Psi$  e del Tempo di Corrivazione  $T_C$  avviene invece attraverso le procedure di seguito descritte.

## 9.2 Calcolo Tempo di Corrivazione

Il Tempo di Corrivazione  $T_C$  rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione raggiunto il quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale di interesse. In genere esso viene calcolato attraverso formule empiriche, che ne esprimono il valore in funzione di alcuni parametri geometrici, di superficie e di altitudine del bacino in esame. In letteratura le più conosciute sono:

- Formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \cdot \sqrt{\frac{S}{J_m}} \text{ [ore]} \quad (4)$$

- Formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{1.5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{S}}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}} \text{ [ore]} \quad (5)$$

- Formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{J_m}} \text{ [ore]} \quad (6)$$

- Formula di Viparelli :

$$T_c = \frac{L}{3.6 \cdot V} \text{ [ore]} \quad (7)$$

- Formula del Soil Conservation Service (SCS):

$$T_c = 0.00227 \cdot \frac{(1000 \cdot L)^{0.8} \cdot [(100 / CN) - 9]^{0.7}}{i_m \cdot 0.5} \text{ [ore]} \quad (8)$$

Nelle precedenti relazioni:

- $S$  è la superficie del bacino [ $\text{km}^2$ ];
- $L$  la lunghezza dell'asta principale [ $\text{km}$ ];

- $H_m$  l'altitudine media del bacino [m];
- $H_0$  l'altitudine della sezione finale del bacino [m];
- $i_m$  la pendenza media del bacino [m/m];
- $J_m$  la pendenza media dell'asta principale del corso d'acqua [m/m];
- $V$  la velocità minima della corrente lungo l'asta principale per la quale generalmente si assumono ammissibili valori compresi tra 1 ed 1.5 [m/s];
- CN il Curve Number del Soil Conservation Service.

La pendenza dell'asta principale  $J_m$  è generalmente valutata in termini di pendenza idraulica equivalente attraverso la formula di Fornari, a partire dal valore  $L$  di lunghezza totale dell'asta principale, e dai valori  $l_i$  di lunghezza e di pendenza costante  $j_i$  dei singoli tratti omogenei in cui l'asta principale può essere divisa:

$$\sqrt{J_m} = \frac{L}{\sum \frac{l_i}{\sqrt{j_i}}} \quad (9)$$

Per i piccoli bacini con caratteristiche morfologiche simili a quelle dei bacini in studio si adatta bene anche la formula sperimentale di Kirpich per il calcolo del Tempo di Corrivazione  $T_C$ :

- Formula di Kirpich: 
$$T_c = 0.000325 \cdot \frac{(1000 \cdot L)^{0.77}}{j_m^{0.385}} \text{ [ore]} \quad (10)$$

In pratica, noti i parametri morfologici del bacino idrografico si procede al calcolo dei *Tempi di Corrivazione*  $T_C$  attraverso le più conosciute formule proposte in letteratura, e successivamente alla scelta di uno dei valori ottenuti (generalmente il più cautelativo).

### 9.3 Determinazione dell'altezza di pioggia critica

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato areale della località di studio è ottenibile ricorrendo alle curve di possibilità pluviometrica che esprimono la relazione probabilistica che lega l'altezza di precipitazione  $h(T_P)$  alla sua durata  $T_P$ , per un assegnato tempo di ritorno  $T_R$  secondo una relazione del tipo:

$$h(T_p) = a \cdot T_p^n \quad (11)$$

dove:

$h$  = altezza di pioggia [mm] per precipitazioni di durata  $T_P$ ;

$T_P$  = durata della precipitazione [ore];

$a, n$  = parametri che dipendono dallo specifico  $T_R$  e dalle caratteristiche climatiche.

Pertanto l'altezza di pioggia critica  $h(T_C)$ , ovvero l'altezza di una pioggia di assegnato Tempo di Ritorno  $T_R$  e durata pari al Tempo di Corrivazione  $T_C$  del bacino, è valutabile attraverso una relazione del tipo:

$$h(T_C) = a \cdot T_C^n \quad (12)$$

Occorre quindi determinare i parametri  $a$  ed  $n$  che dipendono oltre che dallo specifico  $T_R$  anche dalle caratteristiche climatiche della località in esame. Ciò richiederebbe una stima locale a partire da misurazioni dirette nell'area in esame. In mancanza di tali osservazioni si procede alla stima su base regionale mediante opportune tecniche di regionalizzazione volte ad individuare la legge di distribuzione probabilistica che meglio interpreta le informazioni disponibili per determinate zone idrologicamente omogenee.

La procedura di regionalizzazione per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica adottata nella Valutazione delle Piene (VAPI) in Sardegna si basa sull'impiego del modello probabilistico TCEV (Two Components Extreme Values) che è stato dimostrato essere in grado di ben interpretare le caratteristiche di frequenza delle serie storiche registrate in Sardegna. I parametri  $a$  ed  $n$  ottenuti al seguito di tale processo di regionalizzazione assumono la forma del tipo:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases} \quad (13)$$

Pertanto, sostituendo nella curva di possibilità pluviometrica ottiene:

$$h(T_P) = a_1 \cdot a_2 \cdot T_P^{n_1+n_2} = \mu(T_P) \cdot k(T_P) \quad (14)$$

in cui:

$$\mu(T_P) = a_1 \cdot T_P^{n_1} \quad (15)$$

$$k(T_P) = a_2 \cdot T_P^{n_2} \quad (16)$$

Il valore di  $\mu(T_P)$  è la Pioggia Indice di durata  $T_P$  pari alla media dei massimi annui delle piogge di durata  $T_P$ , mentre  $k(T_P)$  è il Coefficiente di Crescita. In pratica l'altezza di pioggia  $h(T_P)$  di durata  $T_P$  e assegnato tempo di ritorno  $T_R$  si ottiene dal prodotto tra la pioggia indice  $\mu(T_P)$  ed il coefficiente di crescita  $k(T_P)$ .

I valori di  $a_1$  ed  $n_1$  si determinano in funzione della Pioggia Indice giornaliera  $\mu_g$  attraverso le relazioni:

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 \cdot 24^{n_1}} \quad (17)$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \cdot \log \mu_g \quad (18)$$

La Pioggia Indice giornaliera  $\mu_g$  rappresenta la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera ed è il parametro che tiene conto delle caratteristiche climatiche della località in esame. Il suo valore può essere stimato dalla mappa della distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera per la Sardegna (Figura 19).

I valori di  $a_2$  ed  $n_2$  si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno  $T_R$  maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia  $T_P$  maggiori o minori di 1 ora in funzione delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna (Figura 21).

SZO	Durata $\leq 1$ ora	Durata $> 1$ ora
Sottozona 1	$a_2 = 0.46420 + 1.0376 \cdot \log(T_R)$	$a_2 = 0.46420 + 1.0376 \cdot \log(T_R)$
	$n_2 = -0.18488 + 0.22960 \cdot \log(T_R) - 3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \log^2(T_R)$	$n_2 = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \log(T_R)$
Sottozona 2	$a_2 = 0.43797 + 1.0890 \cdot \log(T_R)$	$a_2 = 0.43797 + 1.0890 \cdot \log(T_R)$
	$n_2 = -0.18722 + 0.24862 \cdot \log(T_R) - 3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \log^2(T_R)$	$n_2 = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \log(T_R)$
Sottozona 3	$a_2 = 0.40926 + 1.1441 \cdot \log(T_R)$	$a_2 = 0.40926 + 1.1441 \cdot \log(T_R)$
	$n_2 = -0.19060 + 0.264438 \cdot \log(T_R) - 3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \log^2(T_R)$	$n_2 = -1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \log(T_R)$

Tabella 2: Parametri della curva di possibilità pluviometrica per TR maggiori di 10 anni<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> LINEE GUIDA: Attività di coordinamento e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia "DL 180 e Legge 267 del 3-08-1998".

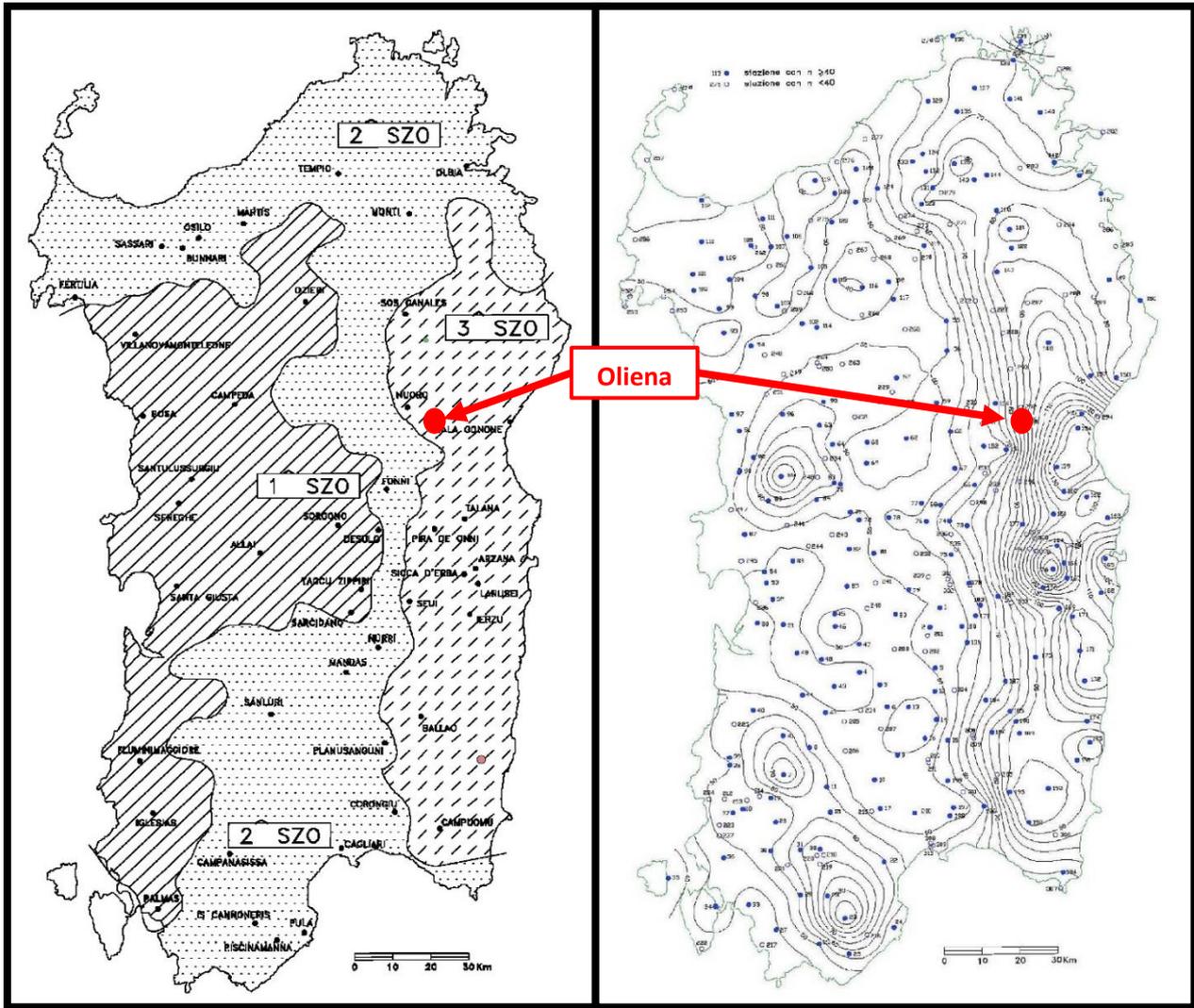


Figura 23 - Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi ed intense in Sardegna (da Deidda ed. al., 1993); Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda et al., 1997).

#### 9.4 Calcolo del coefficiente di deflusso

Da quanto precedentemente esposto le curve di possibilità pluviometrica opportunamente calibrate su sottozone idrologiche omogenee permettono di calcolare l'altezza di pioggia di nota durata  $T_c$  e assegnato tempo di ritorno  $T_R$  (pioggia totale o pioggia lorda). Tuttavia, è esperienza comune che non tutta l'acqua della precipitazione contribuisce al deflusso superficiale. Parte si infiltra nel sottosuolo e va ad alimentare le falde, parte viene assorbita dalle piante, parte ritorna in testa al ciclo idrologico sotto forma di vapore per fenomeni diretti di evaporazione o evapotraspirazione delle piante, parte viene immagazzinata nelle depressioni superficiali e come umidità del suolo. La parte residuale, in genere la più rilevante, è la cosiddetta pioggia netta ed è quella parte di pioggia totale che va a formare il deflusso superficiale lungo i compluvi prima sotto forma di rigagnoli, quindi di torrenti ed infine di fiumi.

Il rapporto tra la pioggia netta e la pioggia totale assume valori compresi tra 0 ed 1 ed è denominato coefficiente di deflusso  $\Psi$ . Tale coefficiente tiene conto delle cosiddette perdite di bacino che concorrono alla riduzione dei deflussi superficiali per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino,

della loro umidità e grado di saturazione, del tipo di copertura vegetale, dei fenomeni di infiltrazione, della pendenza del bacino, della relativa forma e dimensione, della presenza di invasi superficiali e di tutte le altre cause che intervengono nel processo di trasformazione degli afflussi in deflussi. Il suo valore varia anche in modo consistente da evento ad evento, in funzione delle condizioni di imbibizione del suolo antecedenti l'evento stesso.

La stima del coefficiente di deflusso e dei parametri che concorrono alla sua determinazione è estremamente difficoltosa e costituisce il maggior elemento di incertezza nel processo di stima della portata al colmo di piena. Le metodologie proposte dalla letteratura scientifica di riferimento associano ad ogni bacino un valore di sintesi del coefficiente di deflusso mediato sull'area in esame sulla base dei valori assunti da un certo numero di fattori di riferimento. Tra i metodi più utilizzati e scientificamente testati vi è il "Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method"<sup>2</sup> proposto dal SCS del Dipartimento dell'Agricoltura statunitense nel 1972 ed adottato dalla stessa metodologia VAPI per la Sardegna.

Il metodo del CN consente di ricavare dall'altezza di pioggia lorda  $h_{lorda}$  il valore della pioggia netta  $h_{netta}$  mediante la stima delle perdite di bacino  $I_a$  dovute ai fenomeni di infiltrazione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{(h_{lorda} + S - I_a)} \quad (19)$$

S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, ovvero la quantità massima invasabile nel terreno a seguito dell'inizio del deflusso superficiale, il cui valore è stato sperimentalmente ricavato in funzione delle caratteristiche del suolo attraverso il parametro Curve Number (CN):

$$S = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (20)$$

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

$$I_a = 0.2 \cdot S \quad (21)$$

Il CN rappresenta un indice numerico compreso tra 0 e 100 che rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso. Tale indice si stima sulla base dei valori riportati in un apposita tabella prodotta dal Soil Conservation Service in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presenti nel bacino. La stima del CN presuppone, inizialmente, la determinazione del "Hydrologic Soil Group (HSG)" ovvero del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente nel bacino (gruppi A, B, C, e D della Tabella

<sup>2</sup> U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, pp. 10.1÷24, Washington, D.C., U.S.A., 1972

3), e all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, pratica agricola, sistemazione e condizione idrica.

Gruppo	Descrizione
A	Bassa capacità di formazione del deflusso. Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Sabbie o ghiaie profonde e molto ben drenate. La conducibilità idrica alla saturazione è molto elevata.
B	Suoli con modesta infiltrabilità se saturi. Discretamente drenanti e profondi sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idrica non molto elevata.
C	Suoli con bassa infiltrabilità se saturi. Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso (a drenaggio impedito) oppure suoli con tessitura medio fine e bassa infiltrabilità. La conducibilità idrica alla saturazione è bassa.
D	Suoli con elevata capacità di formazione del deflusso. Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla presso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idrica è estremamente bassa.

Tabella 3: Suddivisione in classi del tipo di terreno in funzione della capacità di infiltrazione del suolo (da Ferro<sup>3</sup>, 2002).

A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato CN sulla base di quelli riportati nella tabella del Soil Conservation Service. Il valore di CN per l'intero bacino si ottiene quindi come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee:

$$CN_{(II)} = \frac{\sum CN_{(II)_i} \cdot A_i}{\sum A_i} \quad (22)$$

Il valore di CN<sub>(II)</sub> così ottenuto si riferisce ad un terreno mediamente saturo. Per meglio tener conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento (Antecedent Moisture Conditions, AMC) sono state introdotte tre classi AMC sulla base delle precipitazioni totali cadute nei cinque giorni precedenti l'evento in esame (Tabella 4).

Altezza precipitazione nei 5 giorni precedenti l'evento		AMC
Stagione di riposo vegetativo (Autunno – Inverno)	Stagione di crescita vegetativa (Primavera – Estate)	
< 35 mm	< 13 mm	I
≥ 35 e ≤ 53 mm	≥ 13 e ≤ 28 mm	II
> 53 mm	> 28 mm	III

Tabella 4: Suddivisione in classi del tipo di terreno in funzione della capacità di infiltrazione del suolo (da Ferro, 2002)

Nel caso ci si trovi nella condizione secca (AMC I) ovvero in quella umida (AMC III) i valori del CN ottenuti per la condizione di terreno mediamente saturo (AMC II) devono essere corretti secondo le seguenti equazioni rispettivamente per la condizione secca (CN<sub>(I)</sub>) e per quella umida (CN<sub>(III)</sub>):

<sup>3</sup> Ferro V., (2002), La sistemazione dei bacini idrografici, McGraw-Hill, Milano, 676 pp.

$$CN_{(I)} = \frac{4.2 \cdot CN_{(II)}}{10 - 0.58 \cdot CN_{(II)}} \quad (23)$$

$$CN_{(III)} = \frac{23 \cdot CN_{(II)}}{10 + 0.13 \cdot CN_{(II)}} \quad (24)$$

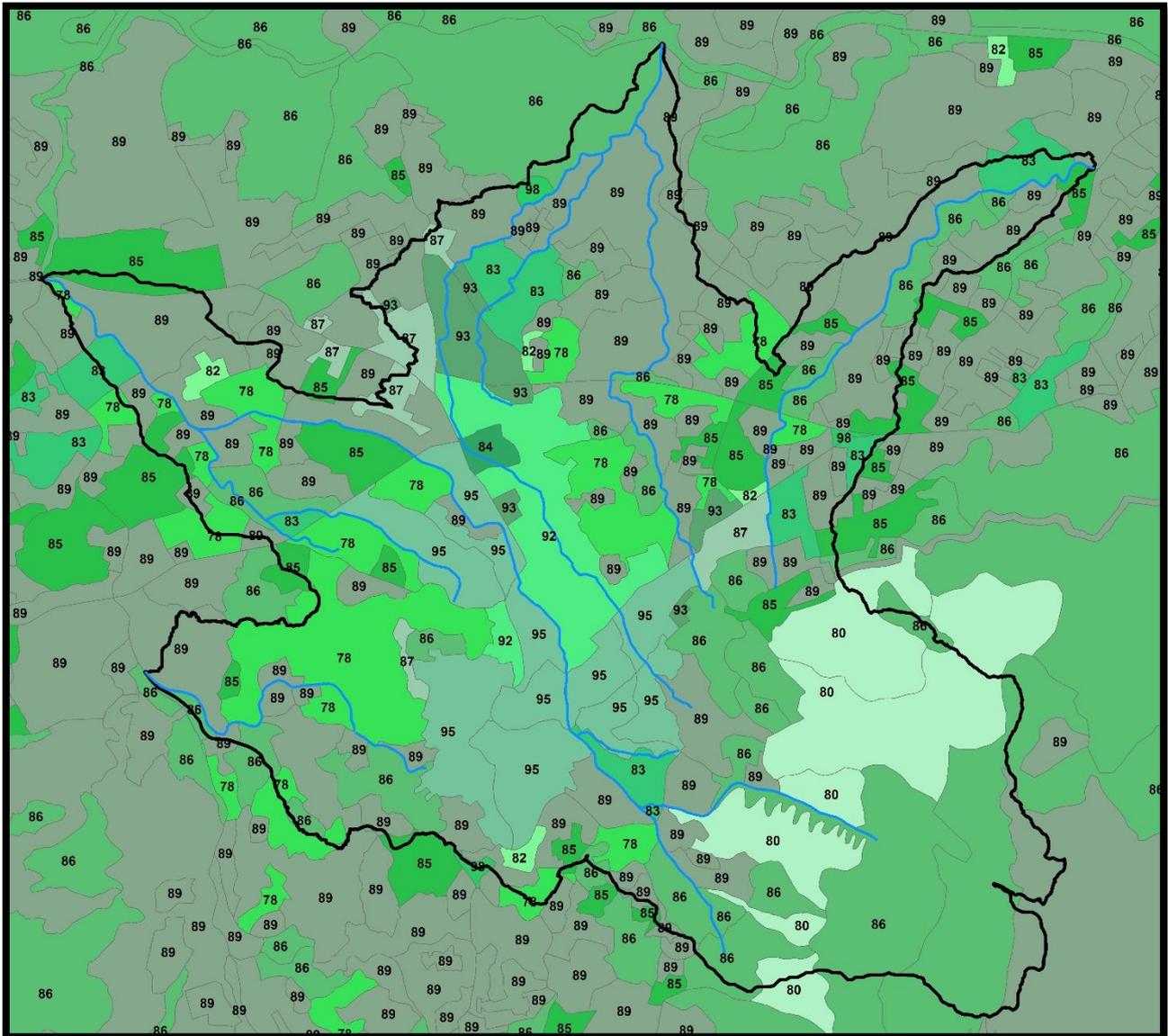


Figura 24 - Delimitazione delle classe di uso del suolo dell'area in studio con indicazione dei relativi valori di CN per tipologia di suolo di tipo D.

La scelta del coefficiente di deflusso è stato in prima istanza determinato in funzione del CN, per poi essere rivalutato in funzione delle caratteristiche del bacino. Nel caso in cui il coefficiente di deflusso equivalente derivante dall'imposizione del valore del CN III calcolato non fosse adeguatamente alto si è proceduto al calcolo delle portate imponendo il valore del coefficiente suddetto  $\Phi$  pari a 0.80 per i Tr più bassi e pari a 1 per i Tr 500 anni e sempre operando nel perseguimento della sicurezza e della cautela.

## 10. Risultati analisi idrologica

Le sezioni di controllo ed i relativi bacini che ricadono all'interno del centro abitato di Oliena, per i quali sono stati calcolate le portate per la successive verifiche idrauliche, sono stati individuati attraverso l'assemblaggio, l'analisi e l'elaborazione su ambiente GIS dei dati disponibili relativamente al territorio ed alla rete di drenaggio e qui di seguito elencati:

- DTM numerico con mesh di 2 metri estratto dall'aerofotogrammetrico fornito dall'amministrazione comunale di Oliena;
- Carte Tecniche Regionali in scala 1:10.000 in formato vettoriale;
- Tavola IGM in scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare (Anno 1958);
- Idrografia relativa al sub bacino 5 (Posada - Cedrino) in formato vettoriale;
- Ortofoto della Regione Sardegna (2006);
- Uso del Suolo della Regione Sardegna (Corine Land Cover - anno 2008);
- Rilievi di dettaglio effettuati in sito dei corsi d'acqua a cielo aperto e delle opere in alveo.

Il territorio comunale di Oliena è interamente compreso all'interno dei limiti del bacino idrografico del Fiume Cedrino.

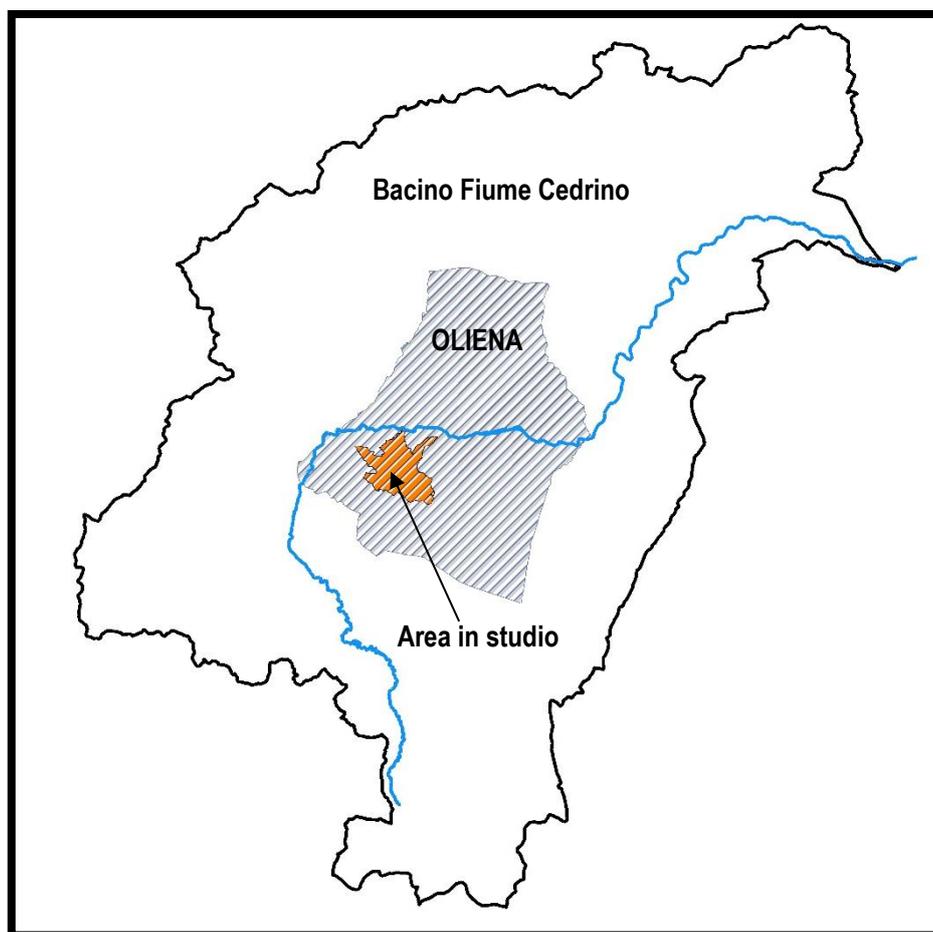


Figura 25 – Bacino Idrografico Fiume Cedrino – Limite amministrativo - Limite area in studio

Lo studio idrologico ha interessato i bacini idrografici dei corsi d'acqua che attraversano il centro abitato:

- ✓ il **Rio Caschio** che attraversa il paese in direzione SE-NW, con i suo affluenti di monte (*Afluente destro e sinistro Caschio*) e l'affluente di valle in sinistra idraulica, il **Rio Istei**;
- ✓ il **Riu Luitti**, che scorre in direzione SE-NW e fiancheggia la periferia Ovest del paese;
- ✓ il **Rio Todde\_Su Porchile**, che scorre in direzione quasi parallela al Caschio, e gli affluenti in destra, i **Compluvi Mussodorrai e Masiloghi**;
- ✓ il **Rio Giudiche** che fiancheggia la periferia Est del paese per poi immettersi in un affluente in destra del *Fiume Cedrino*.

Nel tracciamento dei bacini idrografici sono state inserite ulteriori sezioni di chiusura, in corrispondenza degli attraversamenti, degli imbocchi dei canali tombati e delle confluenze. Di seguito si riporta l'elenco di tutti i bacini tracciati e la loro codifica, attribuita per facilitare la lettura delle tavole e dei dati idrologici elaborati:

CODICE TAVOLA	SEZIONI DI CONTROLLO BACINI
1.1	Rio Caschio tot
1.2	Rio Caschio confl Fiume 113559
1.3	Rio Caschio Attr 56
1.4	Rio Caschio imbocco CTCASCHIO
1.5	Rio Caschio Attr 66
1.A	Affl Dx Rio Caschio
1.B	Affl Sx Rio Caschio
2.1	Fiume 113559
2.2	Rio Istei
2.A	Fiume 101857
3.1	Riu Luitti tot
3.2	Riu Luitti Attr 341
4.1	Rio Su Porchile tot
4.2	Rio Su Porchile confl compluvio Mussodorrai
4.3	Rio Su Porchile imbocco CTSUPORCH
4.4	Rio Su Todde- Su Porchile imbocco CTSUTODDE
5.1	Compluvio Mussodorrai - Area PIP tot
5.2	Compluvio Mussodorrai - Area PIP Imbocco CTPIP2
5.3	Compluvio Mussodorrai - Area PIP Imbocco CTPIP1
6.1	Compluvio Masiloghi tot
6.2	Compluvio Masiloghi Attr 68
6.3	Compluvio Masiloghi confl AfflSX
6.4	Compluvio Masiloghi Imbocco 138
6.A	Affl Sx Masiloghi
7.1	Rio Giudiche tot
7.2	Rio Giudiche Attr 69
7.3	Rio Giudiche Attr 38

Si riporta di seguito lo stralcio della Tavola dei bacini idrografici oggetto di studio (**Tavola 2**):

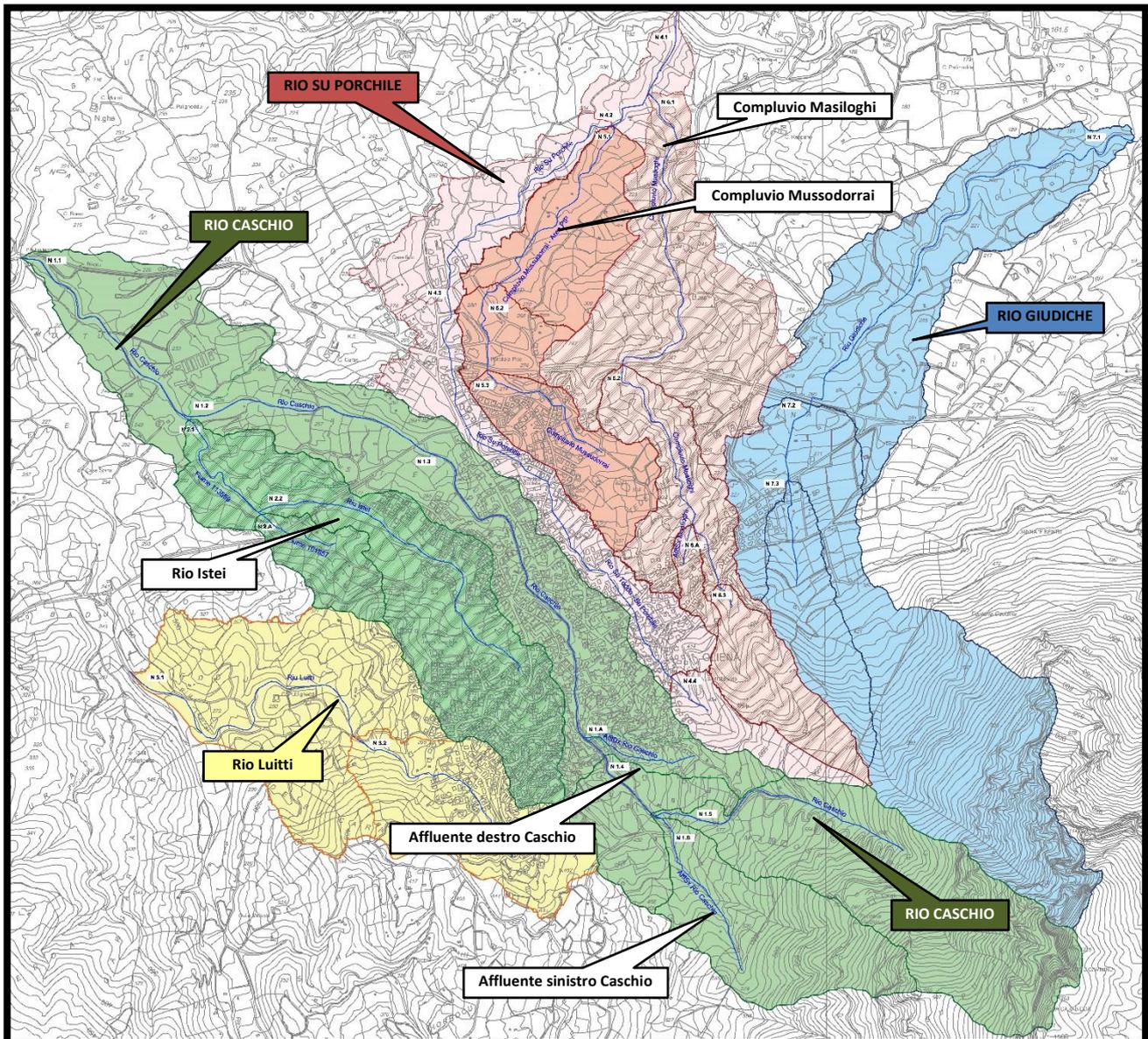


Figura 26 – Stralcio della Tavola dei Bacini idrografici in studio

### 10.1 Valutazione della portata solida di picco $Q_{lava}$

Per la stima della portata solida da associare ad una forma di trasporto solido e/o in massa è largamente utilizzata la procedura che prevede preliminarmente il calcolo della concentrazione di equilibrio della colata in movimento ( $C_v$ ), per poi passare alla stima della portata solido-liquida totale ( $Q_{lava}$ ) mediante l'approccio volumetrico proposto da *Takahashi* (1991), verificato successivamente anche da *Tubino e Lanzoni* (1992), secondo cui la stima di  $Q_{lava}$  risulta:

$$Q_{lava} = [c^*/(c^*-C_v)] Q_l \quad (\text{Takahashi, 1991})$$

Essendo:

$Q_{lava}$  = portata totale (sedimento più acqua).

$Q_l$  = portata liquida che innesca la colata.

$c^*$  = concentrazione dei sedimenti prima che essi siano interessati dall'innesco della colata, nota come concentrazione di massimo impaccamento o concentrazione statica dei sedimenti.  $C^* = 0.55-0.75$  secondo i principali riferimenti bibliografici. Per il caso in esame si è impiegato il valore maggiormente cautelativo, pari a 0,55.

$C_v$  = concentrazione di equilibrio della colata in movimento.

Il Consiglio Nazionale dei Geologi nella pubblicazione "Commissione Standard Relazione Geologica – Progetto qualità 20.0 – Relazione Geologica: standard metodologici e di lavoro – Allegato III - Procedura pericolosità trasporto solido e/o in massa su conoidi alpini" fa riferimento per la determinazione della portata di picco di una colata alla formula dell'Armanini (1996), analoga alla equazione riportata in precedenza:  $Q_{df} = Q_l [C_x / (C_x - C_{df})]$ , (Armanini, 1996).

La medesima relazione si riscontra nella letteratura scientifica ad esempio nella forma (Fonte: *Il rilievo geomorfologico dei corsi d'acqua – La loro evoluzione e stima del trasporto solido. Comprensione dei meccanismi del trasporto solido in ambiente montano. Udine, 1 dicembre 2006. Dott. Lorenzo Marchi, CNR IRPI*):  $Q_p = Q_0 [C^* / (C^* - C)]$ , (Takahashi, 1978; Armanini, 1999).

Per la determinazione del  $C_v$ , V. D'Agostino (*Sediments control works in mountain streams, Idronomia montana, Nuova Editoriale Bios*) richiama alcune tra le più note espressioni, tra cui *Ou* e *Mizuyama* (1994) e *Marchi* e *D'Agostino* (2004). Per il caso in esame *Ou* e *Mizuyama* (1994) risulta maggiormente cautelativa:

Rio Caschio. Ou e Mizuyama (1994):

$$C_v = [4.3 C^* (\tan\alpha)^{1.5}] / [1 + 4.3 (\tan\alpha)^{1.5}] = 0,2329 \quad (\tan\alpha = 0,254; C^* = 0,55)$$

Affluente sinistro del Rio Caschio. Ou e Mizuyama (1994):

$$C_v = [4.3 C^* (\tan\alpha)^{1.5}] / [1 + 4.3 (\tan\alpha)^{1.5}] = 0,1508 \quad (\tan\alpha = 0,178; C^* = 0,55)$$

Si è dunque proceduto ad applicare la equazione del Takahashi (1991) impiegando il valore di  $C_v$  (da *Ou* e *Mizuyama*) così ottenuto e di  $C^* = 0,55$ , col seguente risultato:

**Rio Caschio.**  $Q_{lava} = [c^* / (c^* - C_v)] Q_l = 1,734 Q_l$

**Affluente sinistro Rio Caschio.**  $Q_{lava} = [c^* / (c^* - C_v)] Q_l = 1,377 Q_l$

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa (Tabella 5) dei dati idrologici elaborati per tutti i bacini idrografici oggetto di studio.

Comune di Oliena (NU) - Studio dell'assetto idrogeologico esteso al centro urbano ai sensi delle N.A. del PAI finalizzato all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio - VARIANTE PARTE IDRAULICA

CODICE TAVOLA	SEZIONI DI CONTROLLO BACINI	PARAMETRI DEL BACINO								GRANDEZZE IDROLOGICHE				TEMPI DI CORRIVAZIONE								PORTATE Q I				PORTATE Q lava				
		AREA DEL BACINO	QUOTA SEZ. CHIUSURA	QUOTA MASSIMA	QUOTA MEDIA	QUOTA MINIMA	PENDENZA MEDIA DEL BACINO	LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE	PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	SOTTOZONA	PIOGGIA INDICE µg	CN II	CN III	COEFF. DEFLUSSO ψ	VIPARELLI	KIRPICH	VENTURA	GIANDOTTI	PASINI	V.A.P.I.	S.C.S.	TC ADOTTATO	TR 50	TR 100	TR 200	TR 500	TR 50	TR 100	TR 200	TR 500
		km <sup>2</sup>	m	m	m	%	km	%		mm				ore	ore	ore	ore	ore	ore	ore	ore	m <sup>3</sup> /s								
1.1	Rio Caschio tot	3.532	201	1330	443	202	31.48	5.12	0.05	3	90.69	83.35	92.01	1	1.422	0.745	1.08	1.221	1.281	3.947	0.971	0.971	55.44	63.47	71.49	82.11				
1.2	Rio Caschio confl Fiume 113559	2.233	225	1330	538	225	40.16	4.13	0.05	3	92.56	83.11	91.88	1	1.146	0.621	0.842	0.86	1.003	3.712	0.727	0.727	39.95	45.27	50.57	57.62				
1.3	Rio Caschio Attr 56	1.992	262	1330	578	263	43.39	3.14	0.05	3	93.25	83.44	92.00	1	0.873	0.5	0.787	0.728	0.873	3.671	0.558	0.558	39.7	44.56	49.41	55.89				
1.4	Rio Caschio imbocco CTCASCHIO	1.356	388	1330	668	388	54.49	1.476	0.048	3	94.07	80.49	90.47	1	0.41	0.288	0.676	0.513	0.621	3.584	0.291	0.291	35.19	38.6	42.01	46.68				
1.5	Rio Caschio Attr 66	0.74	435	1330	790	435	70.58	1.045	0.04	3	95.19	79.83	90.1	1	0.29	0.237	0.547	0.332	0.496	3.448	0.197	0.197	22.69	24.54	26.41	29.04	39.34	42.55	45.79	50.36
1.A	Affi Dx Rio Caschio	0.09	371	534	442	368	22.7	0.47	0.13	3	95	86.01	93.4	1	0.131	0.082	0.104	0.28	0.103	1.263	0.16	0.16	3.03	3.25	3.47	3.8				
1.B	Affi Sx Rio Caschio	0.383	426	950	600	426	48.63	0.67	0.05	3	93.31	80.97	90.73	1	0.186	0.158	0.363	0.33	0.316	2.611	0.162	0.162	12.88	13.84	14.81	16.2	17.74	19.06	20.39	22.31
2.1	Fiume 113559	0.884	232	424	309	232	19.57	1.63	0.05	3	88.85	84.49	92.61	1	0.454	0.305	0.529	0.885	0.54	2.553	0.481	0.481	18.83	21.02	23.21	26.15				
2.2	Rio Istei	0.611	251	420	328	248	17.65	1.04	0.05	3	89.87	87.88	94.34	1	0.29	0.217	0.445	0.669	0.416	2.398	0.326	0.326	15.37	16.93	18.48	20.6				
2.A	Fiume 101857	0.111	262	362	291	258	27.58	0.24	0.05	3	87.97	81.18	90.84	1	0.068	0.072	0.193	0.394	0.148	1.581	0.095	0.095	4.75	5	5.27	5.68				
3.1	Riu Luitti tot	1.081	242	450	337	242	24.59	2.28	0.0035	3	88	85.48	93.12	1	0.634	1.105	2.235	0.972	2.467	5.948	0.547	0.547	21.72	24.36	26.99	30.52				
3.2	Riu Luitti Attr 341	0.407	304	450	391	305	22.04	0.923	0.062	3	89.66	85.95	93.37	1	0.256	0.182	0.326	0.528	0.313	2.159	0.277	0.277	11.01	12.06	13.1	14.54				
4.1	Rio Su Porchile tot	2.692	155	609	293	154	20.24	3.9	0.04	3	91.94	84.21	92.46	0.8	1.083	0.68	1.1	1.317	1.246	3.597	0.954	0.954	34.4	39.36	44.31	50.87				
4.2	Rio Su Porchile confl compluvio Mussudorrai	0.69	187	604	310	187	50.85	3.33	0.04	3	91	87.34	94.07	1	0.926	0.597	0.549	0.938	0.741	2.648	0.492	0.492	14.6	16.42	18.14	20.45				
4.3	Rio Su Porchile imbocco CTSUPORCH	0.429	253	605	348	253	18.59	2.23	0.05	3	93.72	88.32	94.56	1	0.619	0.39	0.372	0.765	0.476	2.248	0.576	0.576	8.68	9.76	10.83	12.26				
4.4	Rio Su Todde- Su Porchile imbocco CTSUTODDE	0.11	387	606	466	386	31.94	0.21	0.12	3	93.72	82.62	91.62	1	0.058	0.045	0.122	0.23	0.089	1.391	0.075	0.075	5.12	5.36	5.61	6.01				
5.1	Compluvio Mussudorrai - Area PIP tot	0.666	187	337	263	187	15.49	1.92	0.048	3	90	83.38	92.03	1	0.534	0.353	0.474	0.884	0.535	2.323	0.631	0.631	12.8	14.43	16.05	18.22				
5.2	Compluvio Mussudorrai - Area PIP Imbocco CTPIP2	0.367	239	337	284	239	12.64	1.04	0.05	3	90	84.49	92.61	1	0.287	0.216	0.345	0.741	0.35	2.045	0.415	0.415	8.44	9.38	10.31	11.57				
5.3	Compluvio Mussudorrai - Area PIP Imbocco CTPIP1	0.249	268	337	291	267	12.96	0.619	0.026	3	91.57	85.89	93.33	1	0.172	0.187	0.393	0.762	0.359	2.275	0.263	0.263	6.94	7.59	8.23	9.12				
6.1	Compluvio Masiloghi tot	1.224	181	608	309	181	23.43	2.62	0.07	3	92.79	83	91.82	0.8	0.727	0.422	0.595	0.922	0.673	2.679	0.663	0.663	18.41	20.79	23.16	26.32				
6.2	Compluvio Masiloghi Attr 68	0.563	254	609	375	255	28.34	0.96	0.056	3	93.03	83.05	91.85	1	0.267	0.195	0.403	0.505	0.372	2.368	0.27	0.27	15.33	16.77	18.21	20.2				

Comune di Oliena (NU) - Studio dell'assetto idrogeologico esteso al centro urbano ai sensi delle N.A. del PAI finalizzato all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio – VARIANTE PARTE IDRAULICA

CODICE TAVOLA	SEZIONI DI CONTROLLO BACINI	PARAMETRI DEL BACINO								GRANDEZZE IDROLOGICHE				TEMPI DI CORRIVAZIONE							PORTATE QI				PORTATE Q lava					
		AREA DEL BACINO	QUOTA SEZ. CHIUSURA	QUOTA MASSIMA	QUOTA MEDIA	QUOTA MINIMA	PENDENZA MEDIA DEL BACINO	LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE	PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	SOTTOZONA	PIOGGIA INDICE µg	CN II	CN III	COEFF. DEFLUSSO ψ	VIPARELLI	KIRPICH	VENTURA	GIANDOTTI	PASINI	V.A.P.I.	S.C.S.	TC ADOTTATO	TR 50	TR 100	TR 200	TR 500	TR 50	TR 100	TR 200	TR 500
		km <sup>2</sup>	m	m	m	m	%	km	%		mm				ore	ore	ore	ore	ore	ore	ore	ore	m <sup>3</sup> /s							
6.A	Affl Sx Masiloghi	0.031	307	383	344	307	24.27	0.17	0.05	3	95	88.81	94.81	1	0.048	0.055	0.102	0.198	0.086	1.237	0.064	0.064	1.56	1.63	1.69	1.81				
7.1	Rio Giudiche tot	1.929	153	1300	448	153	39.45	2.85	0.05	3	95.32	85.08	92.92	0.8	0.791	0.49	0.833	0.715	0.898	3.529	0.521	0.521	31.78	35.58	39.37	44.46				
7.2	Rio Giudiche Attr 69	1.239	284	1297	565	281	51.93	0.81	0.05	3	95.2	83.77	92.23	0.8	0.225	0.175	0.615	0.423	0.47	3.25	0.171	0.171	31.62	34.02	36.47	39.94				
7.3	Rio Giudiche Attr 38	0.2395	310	595	410	310	30.23	0.44	0.055	3	95	83.44	92.05	1	0.121	0.107	0.265	0.326	0.217	2.005	0.138	0.138	8.66	9.24	9.84	10.72				

Tabella 5: Dati idrologici bacini e sottobacini in studio

## 11. Studio idraulico

La geometria dei corsi d'acqua per lo studio idraulico è stata estratta dal DTM con risoluzione 2 m scaturito dall'elaborazione degli aerofotogrammetrici messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Oliena. Tale modello, che riproduce le variazioni orografiche del terreno (compresi i movimenti terra artificiali quali rilevati stradali, argini ecc.), è stato caricato su ambiente GIS unitamente all'idrografia superficiale definita dalle aste d'interesse. Tale base cartografica, che riproduce le variazioni orografiche del terreno (compresi i movimenti terra artificiali quali rilevati stradali, argini ecc.), è stata caricata in ambiente GIS con l'idrografia superficiale definita dalle aste oggetto di studio. Tramite l'applicazione HEC-GeoRAS, che opera sempre in ambiente GIS, è stato possibile estrarre il modello geometrico che definisce la base per effettuare i calcoli idraulici tramite il software HEC – River Analysis System della US Army Corps of Engineering Center – HecRas. La procedura suddetta tramite l'applicazione Hec GeoRAS si configura nel tracciamento delle aste fluviali e nella successiva definizione delle sezioni trasversali di lunghezza e equidistanza adeguate tali da garantire un grado di dettaglio il più accurato possibile. Il modello creato viene importato direttamente in HecRas e le sezioni tracciate vengono nominate in automatico con progressiva numerica da valle verso monte. Di seguito si riporta un'immagine planimetrica estratta dal software GIS di un tratto oggetto di studio e delle sezioni trasversali che definiscono il modello geometrico:

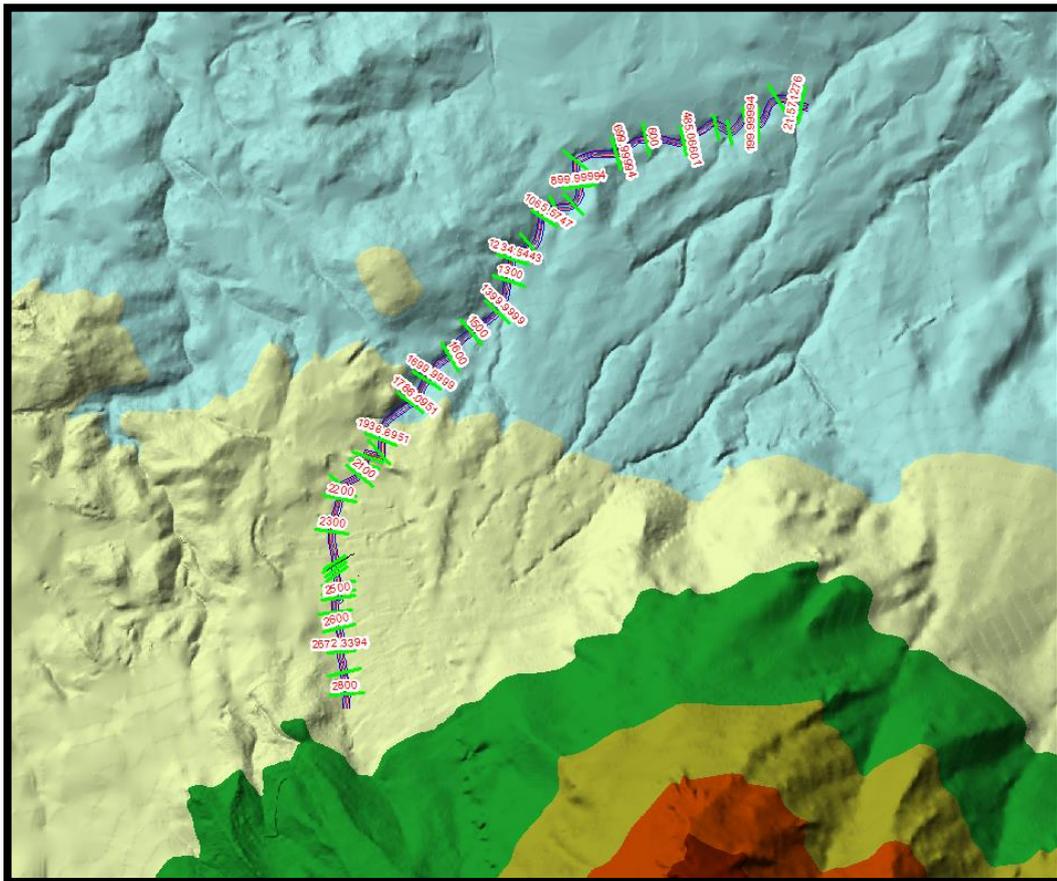


Figura 27 – Immagine planimetrica modello geometrico Rio Giudiche

In seconda fase, dopo aver importato il modello in HecRas, si è provveduto a integrare le sezioni con i dati dei rilievi effettuati in sito, verificando in modo particolare la corrispondenza delle quote di fondo alveo, che nel modello lidar potrebbero risultare poco attendibili, soprattutto negli alvei con presenza di vegetazione molto fitta, e caricando ponti e attraversamenti in genere dislocati lungo i tracciati in studio.

Definita la geometria del modello le verifiche idrauliche sono state eseguite come già accennato con l'ausilio del software HecRas che effettua calcoli idraulici monodimensionali di reti 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 idrologico.

I valori di scabrezza sono stati calcolati in modo da differenziare le caratteristiche delle singole porzioni di ogni sezione trasversale. Tale attribuzione è stata condotta riferendo ad ogni categoria dell'Uso del suolo un differente valore di scabrezza, così come schematizzato nell'immagine sottostante, per poi definirle più dettagliatamente analizzando ogni singola sezione del modello.

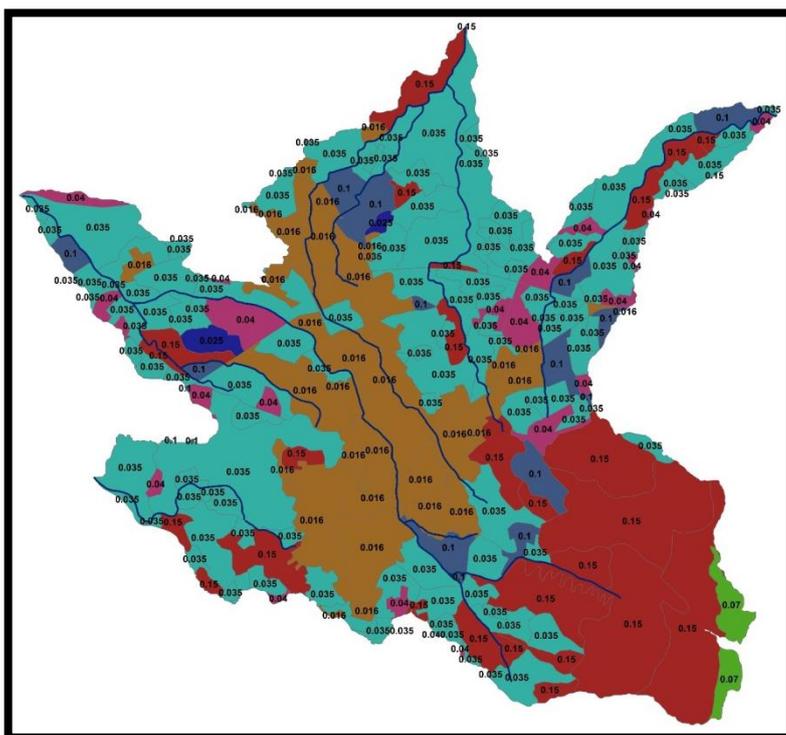


Figura 28 - Attribuzione dei valori di scabrezza in relazione all'Uso del suolo

La maggior parte dei corsi d'acqua analizzati nell'ambito di questo studio scorre per un tratto, quello più montano, a cielo aperto per poi immettersi nel canale tombato in prossimità del centro abitato. È quindi opportuno illustrare la metodologia utilizzata nel processo di modellazione idraulica in taluni casi e quali siano le motivazioni che hanno portato a compiere determinate scelte. Dopo attente valutazioni e in ottemperanza con la *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti (articolo 22 delle Norme di Attuazione del P.A.I.)*, si è ritenuto di elaborare lo studio idraulico ponendo alla base due principi fondamentali:

- **Non considerare la presenza dei fabbricati**: il modello geometrico è stato ricostruito tralasciando l'inserimento delle ostruzioni presenti e considerando esclusivamente il modello digitale del terreno, così come restituito a seguito del volo aereo;

- **Non considerare la capacità di deflusso dei tratti tombati** ma simularli come canali a cielo aperto. Tale accorgimento, di carattere cautelativo, tiene conto del fatto che i canali tombati si ostruiscono facilmente e la manutenzione è di difficile attuazione. La direttiva sopracitata prescrive infatti che, nel caso in cui il franco minimo non sia rispettato, nella verifica di sicurezza e ai fini della perimetrazione delle aree di pericolosità, la modellazione idraulica può motivatamente essere eseguita:

- ✓ per sezioni molto ampie ispezionabili, modellando lo scorrimento al di fuori del canale della quota della portata non convogliabile con i franchi prescritti per i vari tempi di ritorno;
- ✓ per gli altri casi, considerando l'ipotesi di canale completamente ostruito, modellando lo scorrimento al di fuori del canale dell'intera portata per i vari tempi di ritorno.

In alcuni casi, benché il tracciato dei canali tombati segua l'asse del compluvio naturale originario è risultato abbastanza complesso determinare le aree di allagamento, di più difficile previsione rispetto alle comuni dinamiche fluviali in quanto l'intervento antropico ha inevitabilmente modificato l'andamento del terreno. In questi casi le aree di allagamento sono state tracciate sulla base di sopralluoghi in sito, per testimonianze dirette per il fatto che i deflussi idrici seguano vie preferenziali, determinate dalla presenza delle abitazioni e della viabilità locale.

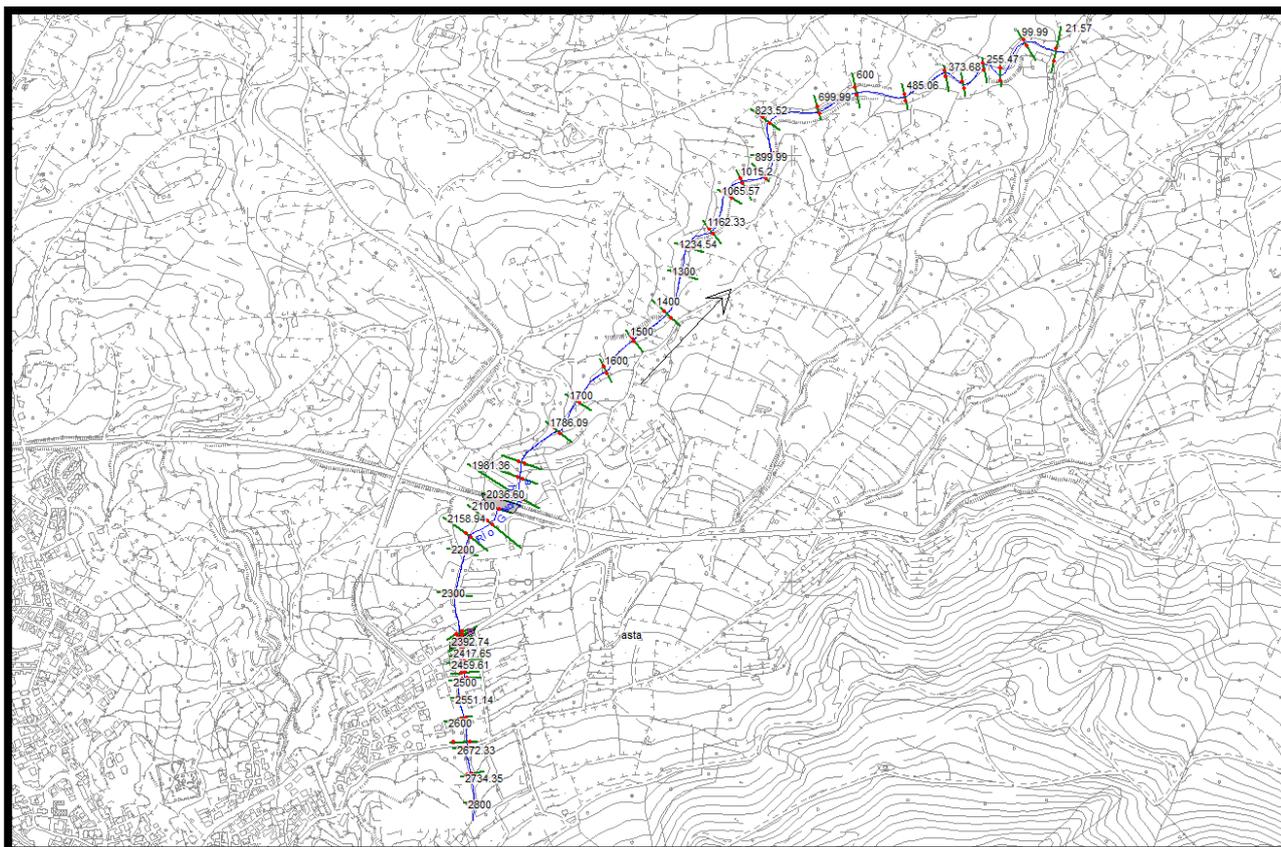


Figura 29- Planimetria modello geometrico importato su HecRas

Per determinare le condizioni al contorno a monte e a valle si è proceduto in modo differente per ciascuna delle aste studiate. Per i vari tratti sono state impostati i valori come da tabella sottostante:

Corsi d'acqua	Condizioni al contorno	
	Monte	Valle
Rio Caschio	Normal Depth	Know WS (livelli idrici Rio Sedaglio)
Affluente Destro Rio Caschio	Normal Depth	Know WS (livelli idrici Rio Caschio)
Affluente Sinistro Rio Caschio	Normal Depth	junction
Rio Istei	Normal Depth	junction
Fiume 101857	Normal Depth	junction
Fiume 113559	Junction	junction
Riu Luitti	Normal Depth	Know WS (livelli idrici Rio Sedaglio)
Rio Su Todde - Su Porchile	Normal Depth	Know WS (livelli idrici Fiume Cedrino)
Compluvio Mussodorrai	Normal Depth	junction
Compluvio Masiloghi	Normal Depth	junction
Riu Giudiche	Normal Depth	Normal Depth

Tabella 6 - Tabella condizioni al contorno

Imponendo la condizione *Normal Depth* il programma assume per ciascuno dei profili l'altezza di moto uniforme, approssimando la pendenza della linea dei carichi totali mediante il valore della pendenza media del tratto di canale a monte. Imponendo la condizione *Critical Depth* si assume come altezza del pelo libero l'altezza critica, automaticamente calcolata. Imponendo invece *Known WS*, la condizione al contorno corrisponde ad un valore noto dell'altezza d'acqua inserito per ciascuno dei profili da calcolare; mentre nel

caso sia inserita una *junction* il programma calcola automaticamente il livello iniziale della superficie libera alla confluenza.

Le portate di riferimento inserite sono quelle scaturite dallo studio idrologico così come illustrato nel paragrafo precedente.

## 12. Mappatura aree inondabili

Ai sensi della Normativa (DPCM 29/09/98) per ciascuna delle portate di piena viene associata l'area esondabile in funzione del Tempo di ritorno considerato. Sulla base dei risultati ottenuti dalle simulazioni idrauliche condotte in condizioni di moto permanente e per valori di portata corrispondenti ai Tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni è stato possibile definire la perimetrazione delle aree di esondazione nei tratti in studio, la procedura seguita permette di esportare i risultati ottenuti dalle elaborazioni di calcolo effettuate col software Hec Ras in ambiente GIS. Le aree di inondazione così scaturite sono state poi verificate nel dettaglio e, ove necessario, rivalutate e ritracciate manualmente. La mappatura è stata eseguita determinando quattro aree di inondazione, ognuna relativa ai quattro Tempi di ritorno valutati

<b>Hi4</b>	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 50 anni
<b>Hi3</b>	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 100 anni
<b>Hi2</b>	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 200 anni
<b>Hi1</b>	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni

In alcuni casi, i tiranti idrici ottenuti facendo defluire valori di portata scaturiti dall'analisi idrologica per i quattro tempi di ritorno studiati non variano in maniera sostanziale, se non di qualche centimetro, in relazione all'andamento del modello plano-altimetrico del terreno. Tale variazione risulta minima e determina una corrispondenza delle aree di allagamento per le quattro classi di pericolo corrispondenti e pertanto in taluni casi è stato ritenuto di riportare esclusivamente la mappatura corrispondente alla classe di pericolosità più alta, Hi4.

I limiti delle aree di inondazione sono riportate nelle tavole allegate allo studio in scala 1:2000 sovrapposte all'aerofotogrammetrico fornito dall'Amministrazione Comunale.

Si allegano alla relazione le planimetrie, le sezioni trasversali, i profili e le tabelle dei dati estratte dalle simulazioni con indicazione dei livelli idrici corrispondenti ai Tempi di ritorno dei 50, 100, 200 e 500 anni.

### 13. Valutazione del Rischio

Così come indicato dal DPCM del 29 settembre 1998 relativamente alla definizione del Rischio, si riporta di seguito l'intera procedura che ha condotto alla valutazione del Rischio nell'ambito dello studio in oggetto. Secondo la definizione riportata nel DPCM 29/09/98 il Rischio Idraulico,  $R_i$ , è dato come prodotto di tre fattori secondo l'espressione:

$$R_i = H_i E V$$

in cui si assume:

$R_i$  = Rischio Idraulico totale, quantificato secondo quattro livelli descritti più avanti;

$H_i$  = pericolosità (Natural Hazard) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di piena; in accordo al DPCM 29/09/98 è ripartita in 4 livelli, pari a 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, che corrispondono ai periodi di ritorno (T) di 50, 100, 200 e 500 anni.

Pericolosità Idraulica		Frequenza (1/T)	Periodo di ritorno (T anni)
Hi1	bassa	0.002	500
Hi2	moderata	0.005	200
Hi3	alta	0.010	100
Hi4	molto alta	0.020	50

$E$  = elementi a rischio. Sono costituiti da persone e/o cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi. Sono classificati in quattro classi ai cui elementi è stato attribuito un peso secondo una scala compresa tra 0 e 1 (inclusi).

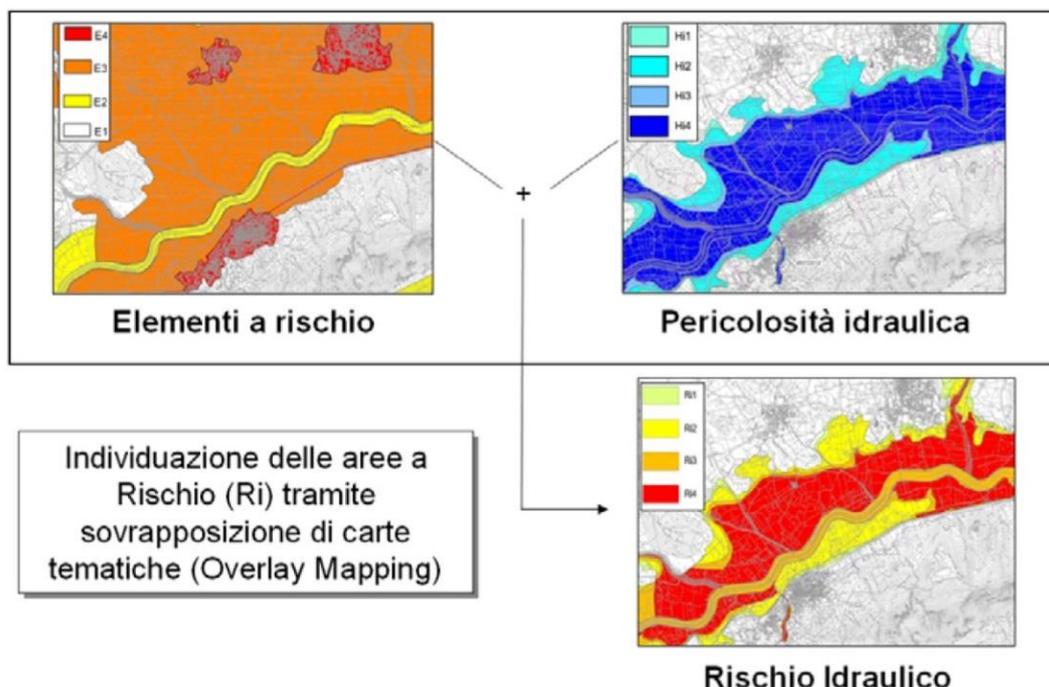
$V$  = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio  $E$  in caso del manifestarsi del fenomeno. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo  $E_4$ ,  $E_3$  e parte di  $E_2$ , la vulnerabilità, secondo quanto si evince dal DPCM, è stata assunta pari all'unità; per quanto concerne agli elementi di alto tipo occorrerebbe provvedere ad effettuare analisi di dettaglio sui singoli cespiti ma esse esulano dai limiti delle attività previste dal dispositivo di legge e, pertanto, anche a tali elementi è stato attribuito un valore di vulnerabilità ancora unitario. Ciò non toglie la possibilità, in fasi successive di approfondimento dei piani, di poter provvedere ad una opportuna ricalibratura del parametro sulla base di studi specifici di settore il rischio idraulico è quantificato secondo quattro livelli così suddivisi:

Rischio idraulico			
Classe	Intensità	Valore	Descrizione degli effetti
Ri1	<b>Moderato</b>	$\leq 0,002$	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
Ri2	<b>Medio</b>	$\leq 0,005$	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
Ri3	<b>Elevato</b>	$\leq 0.01$	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
Ri4	<b>Molto elevato</b>	$\leq 0.02$	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

La *Carta degli elementi a rischio idraulico E* rappresenta tutti gli elementi a rischio ai sensi del DPCM 29.09.1998 e rappresenta tutti gli elementi nei quali è ipotizzabile una qualche forma di danno per 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 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. La copertura degli elementi a rischio vigente (Tav. 5) è quella fornita dall'ADIS - Regione Sardegna approvata con Deliberazione n. 2 nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del 20 giugno 2013, comprende anche la Carta del Danno Potenziale, derivata dall'analisi condotta sul territorio regionale di tutte le categorie di elementi "a rischio" esposti a possibili eventi di natura idrogeologica, identificati e classificati secondo uno schema di legenda che prevede l'istituzione di 6 macrocategorie di elementi, ognuna delle quali a sua volta suddivisa in sottocategorie specifiche. Le classi omogenee di Danno Potenziale previste sono quattro, e tengono conto per la loro definizione del danno alle persone, e di quello al tessuto socio-economico ed ai beni non monetizzabili, e sono di seguito riportate: - D1: Danno potenziale moderato o nullo. - D2: Danno potenziale medio; - D3: Danno potenziale elevato; - D4: Danno potenziale molto elevato. La tabella associata allo shapefile Danno Potenziale\_GBSub05 fornisce anche le classi degli elementi a rischio che con  $V=1$  gli elementi a rischio sono posti uguali al Danno. Per la classificazione degli elementi a rischio (E1, E2, E3, E4) è stata utilizzata quella definita dall'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna - Servizio Difesa del Suolo, Assetto Idrogeologico e Gestione del Rischio Alluvioni redatta secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni" secondo la seguente tabella:

Classi	Elementi	Peso
E1	Superfici a vegetazione rada Aree boscate e prati Corpi idrici Zone umide	0.25
E2	Aree verdi urbane Reti di comunicazione e trasporto secondarie (strade comunali) Zone agricole permanenti ed eterogenee Superfici agricole seminative	0.50
E3	Aree ricreative e sportive Cantieri Aree cimiteriali Aree estrattive Discariche Fognature e impianti di depurazione Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti Reti di comunicazione e trasporto primarie (strade provinciali, reti stradali e spazi accessori)	0.75
E4	Zone residenziali Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali Strutture ospedaliere, sanitarie e scolastiche Zone industriali e commerciali Zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi Reti di comunicazione e trasporto strategiche (strade statali) Reti di comunicazione e trasporto primarie (aree portuali, reti ferroviarie e spazi annessi, aree aeroportuali ed eliporti) Strutture ed impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto che non ricadono nelle aree residenziali Impianti a rischio Aree di rilievo storico-culturale e archeologico Aree protette (parchi nazionali, regionali ed aree protette)	1.00

La copertura degli elementi a rischio è stata rivalutata ritracciando, nell'ambito urbano, i poligoni relativi agli elementi E4 e aggiornandoli in funzione delle recenti espansioni urbane (*Tav. 9 Tavola Elementi a rischio – Variante*). Ciò detto, a partire dalla mappatura della pericolosità Hi, degli elementi a rischio E si provvede tramite sovrapposizione dei tematismi (*Overlay mapping*), a determinare le aree corrispondenti ai 4 livelli di rischio totale idraulico (Ri).



Dal prodotto dei due fattori menzionati (**Hi** e **E**) si ottiene il valore di Rischio corrispondente **Ri**, così come rivalutato nell'art. 40 comma 3 delle Norme di Attuazione del PAI:

Classi di elementi a rischio	Classi di Pericolosità Idraulica			
	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R3	R3	R2
E3	R4	R3	R3	R1
E2	R3	R2	R2	R1
E1	R1	R1	R1	R1

L'art. 40 succitato, riferendosi alle Le mappe della pericolosità idraulica del PGRA, identifica tre classi di pericolosità:

- P3, ovvero aree a pericolosità elevata, con elevata probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni;
- P2, ovvero aree a pericolosità media, con media probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 50 anni e minore o uguale a 200 anni;
- P1, ovvero aree a pericolosità bassa, con bassa probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni

Di conseguenza, le Mappe del rischio di alluvione allegate al PGRA rappresentano i livelli di rischio derivati dall'incrocio delle tre classi di pericolosità con le classi omogenee di danno potenziale, secondo la seguente matrice:

Classi di Danno potenziale	Classi di Pericolosità Idraulica		
	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R4	R3	R1
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Nonostante l'innovazione normativa introdotta dal PGRA, in accordo con i tecnici dell'Autorità di Bacino, le tavole del Rischio verranno prodotte dall'incrocio rappresentato nella tabella precedente e si farà comunque riferimento ai quattro gradi di pericolosità Hi1, Hi2, Hi3, Hi4 e agli Elementi a rischio, piuttosto che ai tre gradi di Pericolosità P1, P2, P2 e al Danno Potenziale.

#### 14. Criticità e analisi dei risultati

Di seguito verranno analizzate le risultanze dello studio al fine di descrivere con maggior accuratezza lo stato dei luoghi e mettere in evidenza le criticità presenti nell'abitato e nel suo intorno.

##### Rio Caschio

Il rio Caschio è il corso d'acqua principale che scorre all'interno del centro abitato di Oliena. Nasce sui versanti del Monte Corراسi a quote superiori ai 1300 m s.l.m. e scorre in direzione SE\_NO lungo il compluvio naturale precisamente in località Monte Maccione fino in prossimità del centro urbano dove si immette nel tratto rivestito e attraversa il paese canalizzato fino all'intersezione con la SP22. In corrispondenza della via Is Concias il canale scorre al di sotto di un tratto tombato di circa 150 m (CT\_Caschio) e lungo tutto il suo percorso, circa 5 km, intercetta 12 opere di attraversamento.

In prossimità dell'attraversamento più montano rilevato (*attraversamento\_125* – Tav. 4 – All. B) ha inizio il tratto rivestito del rio. Il corso d'acqua rivestito in calcestruzzo ha sezione trapezoidale ed è caratterizzato da una serie di salti e una briglia a pettine sempre in calcestruzzo.

L'attraversamento suddetto risulta sottodimensionato in riferimento alla portata di progetto, generando un



Figura 30 – *Attraversamento\_125* sul Rio Caschio

sovrizzo dei livelli idrici e il sormonto dell'impalcato con conseguente allagamento della sede stradale e dell'area limitrofa. I deflussi risultano contenuti entro la sezione idraulica sino all'*attraversamento\_66*, in corrispondenza della Strada 80 (*Circonvallazione Sud*) che, sottodimensionato, genera un'ulteriore area di allagamento. A valle della suddetta opera il rio



Figura 31 - Tratto del Rio Caschio a monte dell'*attraversamento\_66*

presenta un sistema di salti e la sezione pressoché rettangolare è rivestita in muratura di pietrame. Tale configurazione è rilevabile sino all'imbocco del tratto tombato (CT\_Caschio) Dall'imbocco suddetto e per tutto il suo sviluppo all'interno dell'abitato il *Rio Caschio* presenta sezione rettangolare con spalle o in pietrame o in calcestruzzo e fondo in calcestruzzo.

In alcuni punti, come testimoniano le immagini sottostanti, il fondo in calcestruzzo appare fortemente eroso e avrebbe necessità di interventi di manutenzione. Inoltre, la presenza delle abitazioni costruite in prossimità del canale ha comportato in alcuni tratti l'innalzamento delle sponde del canale per la realizzazione di muri per il contenimento dei terrapieni dei cortili o degli orti a ridosso del canale.



Figura 32 – Erosione fondo Rio Caschio tratto a monte dell'attraversamento\_133



Figura 33 – Particolare muro di contenimento in sinistra idraulica a valle dell'attraversamento\_133

Il tratto del rio sistemato, rilevabile all'interno di tutto l'abitato e sino all'intersezione con la SP22 (in corrispondenza della quale la sezione de ponte risulta insufficiente – *Attraversamento\_56*), presenta sezioni adeguate al contenimento delle portate con franchi che vanno ben oltre il metro.

### **Affluente sinistro e Affluente destro Rio Caschio**

L'affluente sinistro si immette nel Rio Caschio poco a valle dell'*attraversamento\_67* in corrispondenza della *Strada di Circonvallazione Sud*. Il corso d'acqua scorre a cielo aperto su alveo naturale e la sezione risulta ostruita dalla vegetazione soprattutto in corrispondenza dell'*attraversamento* suddetto.

Più complessa risulta invece la condizione rilevata lungo l'asta corrispondente all'*affluente destro*. Il contributo del bacino afferisce a un tratto tombato (CT\_AFFLDX\_Caschio) il cui imbocco è stato individuato a valle della Via Sardegna (*Strada di circonvallazione Sud*). Il canale tombato si sviluppa per circa 300 m, fiancheggiando numerose abitazioni per poi immettersi nel corso d'acqua principale in corrispondenza di Via Sa Concias, proprio in corrispondenza del tratto tombato del Rio Caschio. Non risulta ispezionabile per le ridotte dimensioni d'imbocco e inoltre lungo il tracciato si evidenzia la presenza di griglie, di salti con riduzione di sezione e di aperture non convenzionali che pregiudicano la funzionalità dell'opera.

### **Rio Istei**

L'asta del Rio Istei nel tratto più vallivo da reticolo idrografico prende il nome di Fiume 113559 prima di confluire in sinistra idraulica nel Rio Caschio. Nella parte più montana è un compluvio prettamente urbano



individuabile a Valle di Viale Italia, in località *Janna Vacchile*. Lungo il suo tracciato, il rio interseca Via Su Sune (*attraversamento\_39*) e poi Via Ugo La Malfa (*guado\_135*) fiancheggiando poi la periferia nord-ovest del paese sino a raggiungere la SP 22 e attraversarla tramite un tubolare in finsider del diametro di 4,5 m

Figura 34 – Attraversamento SP 22 per Orgosolo

(*attraversamento\_57*). Circa 100 metri a valle

prende il nome di Fiume 113559 e riceve in sinistra idraulica il contributo di un piccolo affluente (Fiume 101857). La maggior criticità riscontrabile dell'asta in esame è rappresentata dal tratto tra Via Su Sune e la Via Ugo Malfa, in cui scorre fiancheggiando le abitazioni, lungo un compluvio poco inciso e intersecando la viabilità attraverso opere non adeguate o per mezzo di un guado.



Figura 35 - Rio Istei – Aree a pericolosità idraulica su immagine satellitare (Google Earth)

### **Riu Luitti**

Il compluvio naturale del Riu Luitti è individuabile nella periferia sud ovest del paese ed è caratterizzato, come nel caso del Rio Istei, da un bacino perlopiù urbano nella parte montana, con quote massime che non superano i 450 m slm. A seguito di sopralluogo in sito è stata riscontrata la presenza di un canale tombato (CT\_Luitti) al di sotto del compluvio naturale, che si sviluppa a valle dell'incrocio tra la Via Sardegna e la Via Martin L. King per circa 500 metri a ridosso delle abitazioni e, in alcuni casi, al di sotto di esse, fino allo sbocco nel tratto terminale della Via A. Sini. Da questo punto in poi, il Rio Luitti scorre a cielo aperto, su alveo naturale



Figura 36 - Riu Luitti – Aree a pericolosità idraulica su immagine satellitare (Google Earth)

mediamente inciso, per poi immettersi nel Rio Sedagliu, in località *Pededdu*. L'imbocco del canale è caratterizzato da un pozzetto posto al bordo della strada SP 22, in prossimità dell'incrocio con la Circonvallazione Sud, costituito da un grigliato delle dimensioni di circa 1.00 x 1.00 metro montato su un pozzetto di raccolta delle acque che è collegato tramite una condotta di scarico in cls allo scatolare tombato. Lungo il tracciato, come indicato nell'immagine sottostante, al canale in esame è collegato un canale di scarico a cui afferiscono i contributi della rete delle acque bianche di una parte del paese. Le considerazioni sulla funzionalità e sullo stato di manutenzione del tratto tombato, vista la non ispezionabilità dell'opera, risultano di difficile valutazione. Si è proceduto quindi alla simulazione del corso d'acqua totalmente a cielo aperto, considerando il passaggio della portata totale in superficie e senza sottrarre alcun contributo che possa essere smaltito dal tratto tombato in esame.

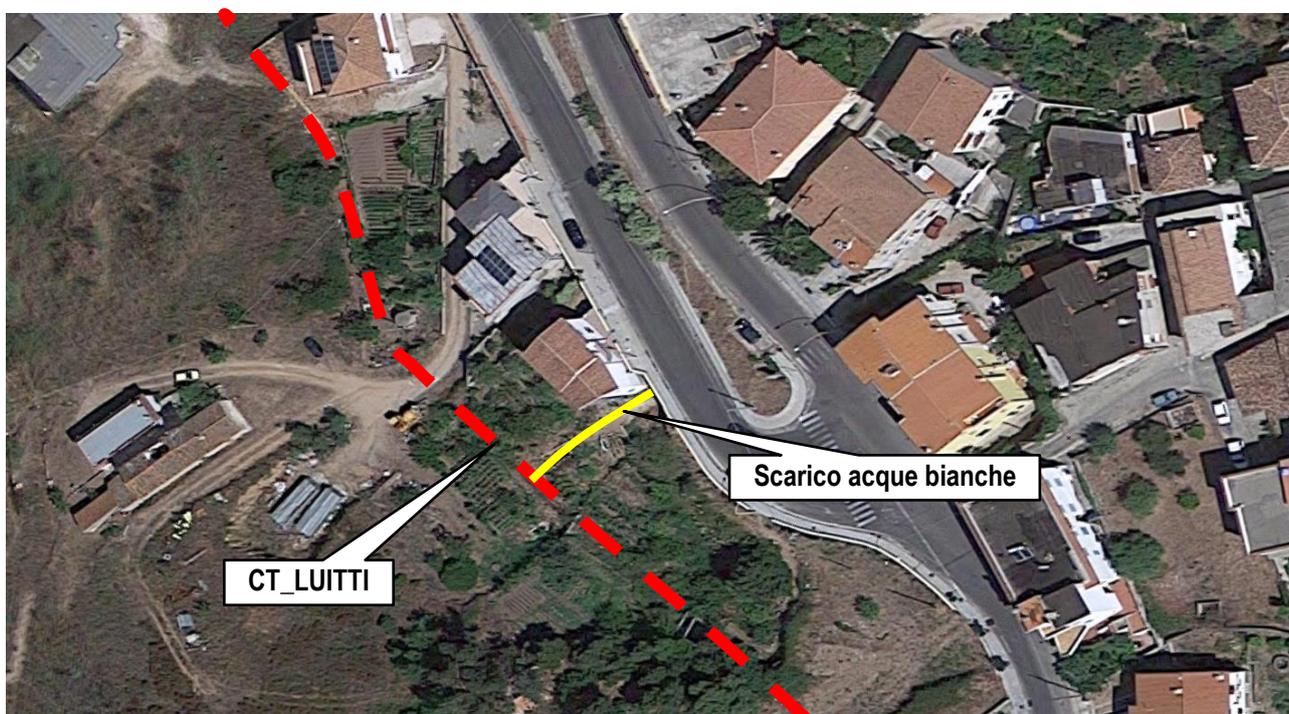


Figura 37 - Rio Luitti – Immissione scarico acque bianche nel tratto tombato (Google Earth)

### **Rio Su Todde Su Porchile**

Il Rio Su Todde\_Su Porchile è caratterizzato da un compluvio di forma allungata che attraversa il centro urbano di Oliena parallelamente al Rio Caschio. Il bacino di monte a quota superiore ai 600 m alle pendici del Monte Corrasì degrada verso valle fino a quote pari a 150 m s.l.m. punto in cui il corso d'acqua si immette nel Fiume Cedrino in destra idraulica. In origine, e la visione delle foto aeree storiche (dal 1940-1945) lo testimonia, il corso d'acqua scorreva a cielo aperto fino all'immissione nel corso d'acqua recettore. Successivamente con l'edificazione del centro urbano il rio è stato tombato in vari tratti, fino ad arrivare alla conformazione attuale.

Pertanto, attualmente, il tratto tombato più a monte denominato *CT\_SUTODDE*, circa 2 km di lunghezza, ha il suo imbocco (1,00 x 1,50 m Lxh) nel tratto di compluvio naturale racchiuso tra la via Bonaria e la via Gennargentu, attraversa il paese al di sotto delle abitazioni, della viabilità e di alcune strutture come il campo sportivo e alcuni lotti dell'area P.I.P. fino allo sbocco (2,50 x 2,60 m Lxh) nella zona industriale. Viste le dimensioni dell'imbocco la non ispezionabilità dell'opera in tutti i tratti, la presenza di salti e restringimenti, le considerazioni sulla funzionalità e sullo stato di manutenzione del tratto tombato risultano di difficile valutazione evidenziando comunque una generale criticità per tutto il tratto tombato. Nel rispetto di quanto prescritto nella *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti (articolo 22 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI)*, valutato che le sezioni non fossero sufficientemente ampie e ispezionabili da reputare l'opera funzionale, la modellazione idraulica è stata condotta considerando l'ipotesi di canale completamente ostruito, modellando lo scorrimento al di fuori del canale dell'intera portata e per i vari tempi di ritorno.

Il secondo tratto tombato, denominato *CT\_SUPORCH*, di circa 31.5 m, è ubicato nella zona industriale del paese ed è ascrivibile a un attraversamento. L'opera realizzata con la messa in opera di uno scatolare in cls di dimensione (3,00 x 2,00 m Lxh) è stato caricato in simulazione tramite *culvert*.



Figura 38 – Rio Todde\_Su Porchile – Aree a pericolosità idraulica su immagine satellitare (Google Earth)

Le aree di allagamento generate, riportate nell'immagine di cui sopra, interessano aree interne al centro urbano e vari collegamenti viari sia locali che principali strada di *Circonvallazione Nord per Dorgali*.

### **Compluvi Mussodorrai e Masiloghi**

I compluvi *Mussodorrai* e *Masiloghi*, sono entrambi affluenti in destra idraulica del *Rio Su Todde\_Su Pochile*.

Il compluvio che nasce in località Mussodorrai presenta un bacino prettamente vallivo con quote massime di 337 m slm e minime di circa 200 m slm all'immissione nel *Rio Su Pochile* e pendenze poco acclivi. L'asta risulta poco incisa nella zona di monte in cui attraversa un'area in via di edificazione in cui sono già presenti opere di urbanizzazione primaria. Più a valle si immette in un tratto tombato denominato *CT\_MUSS* al di sotto di abitazioni e viabilità locale, con una condotta in cls di diametro pari a un metro per un tratto di 210 m, fino allo sbocco nel tratto di compluvio maggiormente inciso a monte della via Mannironi (Strada Circonvallazione Nord per Dorgali ).



Figura 39 Compluvio Mussodorrai - imbocco tratto tombato *CT\_MUSS*

Dalla strada suddetta si sviluppa un secondo tratto tombato *CT\_PIP1* che corre al di sotto di alcuni lotti dell'area PIP per una lunghezza di circa 350 m fino alla sezione allo sbocco rilevata di dimensioni (2,00 x 2,60 m Lxh). Poiché l'opera è stata costruita in epoche

diverse, si presume che la modalità e la tipologia costruttiva non sia la stessa in tutto il tratto, inoltre la non ispezionabilità dell'imbocco in corrispondenza del rilevato stradale ha reso difficoltosa la valutazione della funzionalità della struttura.

Pertanto, reputando i due tratti tombati non funzionali, nel rispetto di quanto prescritto nella *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti (articolo 22 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI)*, la modellazione idraulica è stata condotta considerando l'ipotesi di canale completamente ostruito, modellando lo scorrimento al di fuori del canale dell'intera portata e per i vari tempi

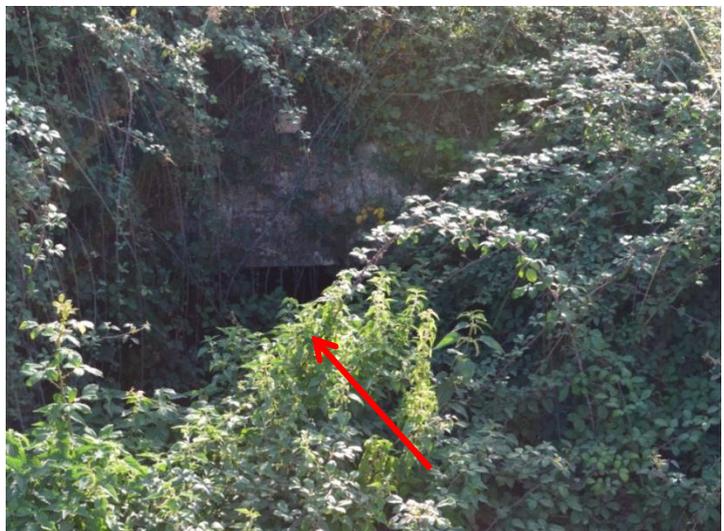


Figura 40 Compluvio Mussodorrai – sbocco tratto tombato *CT\_PIP1*

di ritorno. Pochi metri a valle dello sbocco del canale CT\_PIP1 si rileva la presenza di un terzo tratto tombato CT\_PIP2 di lunghezza pari a circa 200 m realizzato con messa in opera di scatolare in cls di dimensioni (2,00 x 2,60 m Lxh) che attraversa alcuni lotti e la viabilità interna all'area PIP, da lì in poi il rio prosegue a cielo aperto su alveo naturale.



Figura 41 Compluvio Mussodorrai - imbocco tratto tombato CT\_PIP2

Il compluvio denominato Masiloghi, dalle pendici del Monte Corrasì si sviluppa verso valle in direzione N\_S, presenta un bacino prettamente di forma allungata e con quote massime di 600 m s.l.m. e minime di circa 200 m s.l.m. fino all'immissione nel Rio Su Pochile. L'alveo, abbastanza inciso nella zona di monte, scorre a cielo aperto fino alla piazza della fontana in corrispondenza della via Masiloghi in cui è presente il punto di imbocco del tratto tombato (CT\_MAS).

La tombatura, realizzata presumibilmente per l'intero tratto con posa in opera di una condotta in cls del diametro di 0.8 m che attraversa trasversalmente la via Masiloghi, segue la via Brotzu e i terreni in destra, fino a



Figura 42 Compluvio Masiloghi - imbocco tratto tombato CT\_MAS

intersecare la via Galiani per poi proseguire tombato per altri 60 m fino allo sbocco a cielo aperto. Il rio prosegue poi su alveo mediamente inciso fino all'intersezione con la via Mannironi (Strada Circonvallazione Nord per Dorgali) in cui l'opera di attraversamento (*attraversamento\_68*) risulta adeguato allo smaltimento dei deflussi.



Figura 43 – Rio Todde\_Su Porchile – Aree a pericolosità idraulica su immagine satellitare (Google Earth)

### Rio Giudiche

Il rio Giudiche, dalle pendici del Monte Corراسi, scorrendo sempre a cielo aperto, lambisce la periferia est del paese fino a confluire nel rio Sa Pramma (non studiato in questa sede) affluente destro del Fiume Cedrino. Le aree di allagamento che generano importanti criticità sono state individuate lungo il tracciato in corrispondenza dell'area urbanizzata, per la presenza delle abitazioni edificate a ridosso delle sponde e per la presenza degli attraversamenti sulla viabilità sia locale (Strada 196 – Via Mannironi), che provinciale (SP n 46). Il primo attraversamento (*attraversamento\_38*) è realizzato con spalle e impalcato in c.a., ha dimensioni assai ridotte (4.00x 0.80 m Lxh) ed è ubicato in prossimità delle abitazioni in uscita dal centro urbano sulla SP per Dorgali. Non risulta adeguato tanto da generare aree di allagamento in corrispondenza della sede provinciale e dell'area limitrofa a monte. La seconda opera di attraversamento (*attraversamento\_69*) è realizzata con posa in opera di condotta ondulata in acciaio zincato (tipo Finsider) del diametro di 80 mm, risulta sottodimensionata e insufficiente al traspunto delle portate afferenti al bacino di riferimento. Il rigurgito che si crea a monte del rilevato stradale determina la formazione di una vasta area di allagamento, come è visibile nelle tavole della pericolosità idraulica allegate.

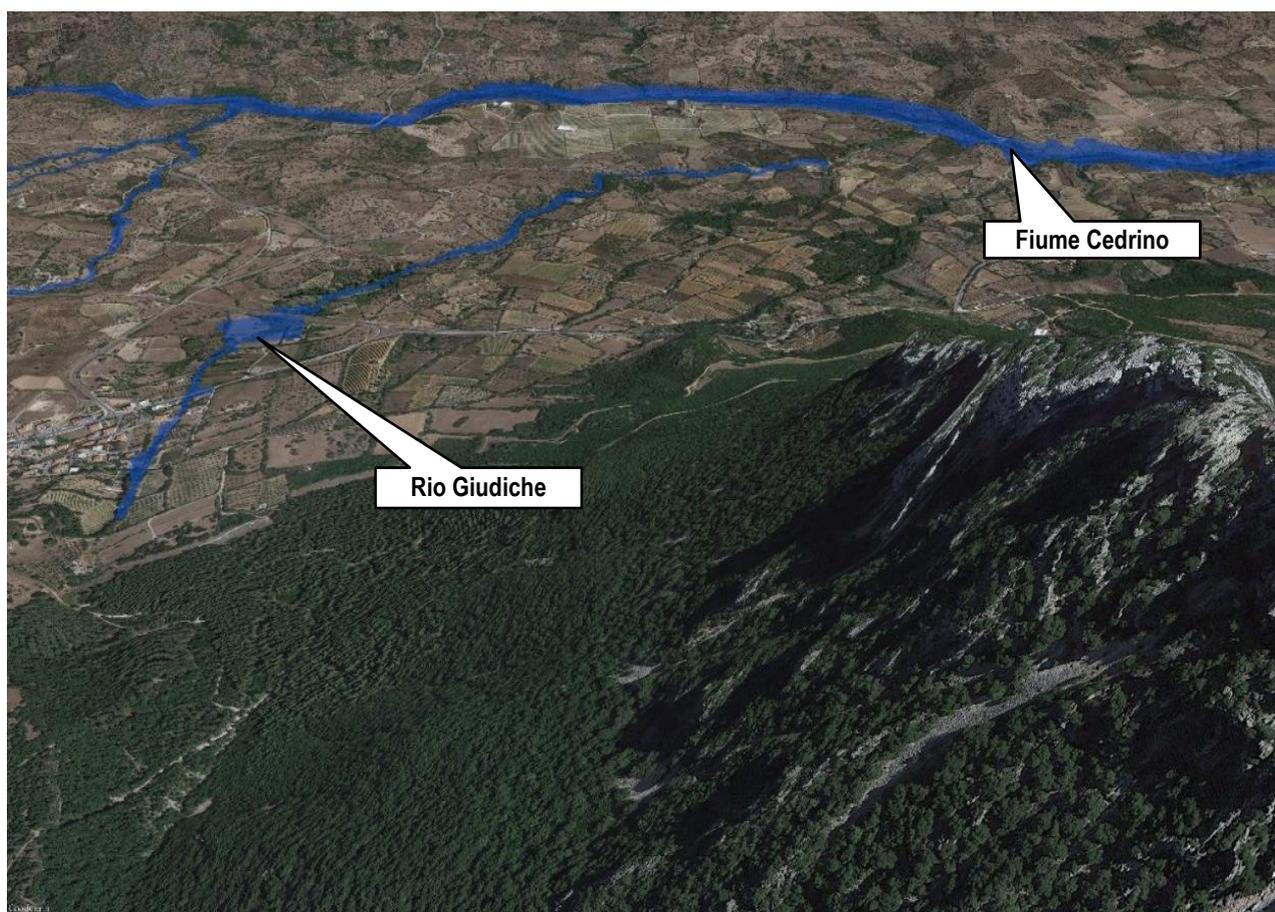


Figura 44 – Rio Giudiche – Aree a pericolosità idraulica su immagine satellitare (Google Earth)

## 15. Conclusioni

Nelle aree perimetrate dal PAI come aree di pericolosità idraulica di qualunque classe gli strumenti di pianificazione regolano e istituiscono, ciascuno secondo la propria competenza, fasce di tutela dei corpi idrici superficiali:

- a. lungo il corso dei fiumi, dei torrenti non arginati, degli stagni e delle aree lagunari per una profondità di cinquanta metri dalle rive o, se esistente, dal limite esterno dell'area golenale;
- b. lungo il corso dei canali artificiali e dei torrenti arginati, per una profondità di venticinque metri dagli argini;
- c. lungo i corsi d'acqua all'interno dei centri edificati, per una profondità di dieci metri dagli argini dei corsi d'acqua o per una profondità di venticinque metri in mancanza di argini.

L'art. 8 comma 9, nelle fasce di tutela dei corpi idrici superficiali sopra definite, vieta:

- a) nuovi depuratori delle acque e impianti di smaltimento di rifiuti di qualunque tipo;
- b) tutte le nuove edificazioni;
- c) ogni nuova copertura di corsi d'acqua affluenti non richiesta da esigenze di protezione civile;
- d) tutti i tagli di vegetazione riparia naturale ad eccezione di quelli richiesti da una corretta manutenzione idraulica;
- e) ogni opera suscettibile di trasformare lo stato dei luoghi ad eccezione degli interventi per eliminare o ridurre i rischi idraulici indicati dal PAI o dal programma triennale di intervento e ad eccezione degli interventi per la salvaguardia dell'incolumità pubblica.

Ad integrazione di quanto riportato al comma 8, si precisa che nei canali artificiali e nei fiumi e torrenti non arginati, anche se oggetto di interventi di sistemazione della sezione, e nei tratti degli stessi soggetti a tombatura, la fascia di tutela deve intendersi pari a 50 m. Inoltre relativamente ai canali artificiali ed ai fiumi e torrenti non arginati, anche se oggetto di interventi di sistemazione della sezione, e nei tratti degli stessi soggetti a tombatura, all'interno dei centri edificati la fascia di tutela deve intendersi pari a 25 ml.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Con Delibera n. 2 del 02.08.2016 alla frase precedente è stata aggiunta la seguente: La fascia di tutela di cui ai commi 8 e 9 dell'art. 8 delle NTA del PAI si riferisce al corso d'acqua in tutto il suo percorso all'interno delle aree perimetrate dal PAI, differenziandosi in ragione della presenza o assenza di arginatura e in ragione dello scorrimento all'esterno o all'interno dei centri edificati.

La profondità della fascia di tutela, quindi, non viene modificata in presenza di tratti del corso d'acqua soggetti a tombatura e mantiene il medesimo valore, conseguente, come detto, alla presenza o meno di arginature e alla sua localizzazione dentro o fuori il centro abitato.

In presenza di tratti del corso d'acqua sottoposti a tombatura, la fascia di tutela trova la sua ragion d'essere anche nella sempre possibile eliminazione della tombatura e nella realizzazione di opere eventualmente necessarie per il corretto scorrimento idrico. Si chiarisce, inoltre, che le previsioni di cui all'articolo 8, riguardanti le fasce di tutela, si applicano esclusivamente agli elementi di cui al reticolo idrografico identificato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.3 del 30.07.2015.

Le fasce di tutela dei corpi idrici superficiali individuate ai sensi dei commi succitati integrano e non sostituiscono le fasce fluviali di inedificabilità di cui all'articolo 10 bis della legge della Regione Sardegna 22.12.1989, n. 45, come aggiunto dall'articolo 2 della legge regionale 7.5.1993, n. 23.

## 16. Appendice – Riferimenti Normativi

Si riportano di seguito le principali disposizioni legislative nazionali e regionali citate nell'ambito del presente studio:

- *L. 18 maggio 1989 n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" (abrogata dall'art. 175 del D.lgs 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale");*
- *D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";*
- *D.Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007 relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi di alluvione";*
- *Allegato n.1 alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 18/12/2014;*
- *Allegato n.2 alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 18/12/2014;*
- *Disciplinare allegato alla Deliberazione N. 3 DEL 29 LUGLIO 2014 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale;*
- *Circolare 1/2015 approvata con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 4 del 17 dicembre 2015;*
- *Deliberazione n. 1 del 02.08.2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale;*
- *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti (articolo 22 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI), allegato alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.3 del 07.07.2015*
- *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali di guardia esistenti (articolo 22 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI), allegato alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.3 del 07.07.2015.*