



STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA (art.8 comma 2 del P.A.I.)

Relazione tecnica illustrativa

responsabili per lo studio

Dott. Geol. Maurizio Costa

Dott. Ing. Fabrizio Staffa

*aspetti specialistici
geologia e geomorfologia*

Dott. Geol. Michele Corona
Dott. Geol. Antonio Pitzalis

l'Ufficio tecnico
Dott. Ing. Alberto Atzeni

Variante al Piano Urbanistico Comunale

1	Premessa.....	2
2	Analisi storica	3
2.1	Eventi censiti nell'Archivio Piene del Registro Avi tratti dal sistema informativo sulle catastrofi idrogeologiche.....	3
3	Caratterizzazione fisico-ambientale del territorio.....	5
3.1	Quadro di riferimento territoriale.....	5
3.2	Inquadramento climatico.....	5
3.3	Inquadramento geolitologico e tettonico	10
3.3.1	Formazioni vulcaniche oligoceniche	10
3.3.2	Successione sedimentaria oligo-miocenica.....	11
3.3.3	Formazioni sedimentarie quaternarie	12
3.4	Assetto geomorfologico.....	12
3.4.1	Inquadramento fisiografico	12
3.4.2	Dinamiche di evoluzione dei versanti	13
3.4.3	Dinamiche evolutive delle acque superficiali incanalate.....	15
3.5	Individuazione dei tratti potenzialmente critici nelle aree sottoposte a variante.	17
3.5.1	Il Riu Is Tramazeddu in prossimità delle nuove zone C di Via Palmiro Togliatti e della nuova zona D ad est del canale.	17
3.5.2	Il Riu Perda Ghiani e il Riu su Cannedu in prossimità della nuova Zona D di Monte Cuccui.	19
3.5.3	Il Riu Perda Longa in prossimità della nuova zona D di Monte Porceddu	21
3.5.4	La nuova zona C di Via sa Baia e le nuove zone D di Monte Ibera e di Monte Atzorcu.	22
4	Analisi idrologica e idraulica	24
4.1	Quadro metodologico.....	24
4.1.1	Analisi idrologica per la determinazione della portata di piena	25
4.1.2	Analisi idraulica.....	34
4.1.3	Definizione della pericolosità idraulica Hi	35
4.2	Il Riu Canneddu e la Zona D di Monte Cuccui	36
4.2.1	Determinazione della portata del Riu Canneddu.....	37
4.2.2	Modellazione idraulica del Riu Perda Ghiani	44
4.2.3	Modellazione idraulica del Riu Canneddu	47
4.2.4	Risultati delle simulazioni idrauliche e perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica	50
4.3	Il Riu Perda Longa e la Zona D di Monte Porceddu	51
4.3.1	Determinazione della portata del Riu Perda Longa	51
4.3.2	Modellazione idraulica del Riu Perda Longa	57
4.3.3	Risultati delle simulazioni idrauliche e perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica	58
5	Le fasce di tutela.....	59
6	Sovrapposizione delle previsioni urbanistiche con la aree a pericolosità e a rischio idraulico individuate	60
6.1	Disciplina delle aree a pericolosità idraulica.....	60
6.1.1	Aree a pericolosità idraulica molto elevata Hi4.....	60
6.1.2	Aree a pericolosità idraulica elevata Hi3	64
6.1.3	Aree a pericolosità idraulica media Hi2.....	65
6.1.4	Aree a pericolosità idraulica moderata Hi1.....	66
7	Elenco allegati.....	67

1 Premessa

Gli indirizzi per la pianificazione urbanistica contenuti nelle Norme di Attuazione (NdA) del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) definiscono che, indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti, i Comuni assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione (Art. 8 comma 2 delle NdA). Inoltre, l'art. 4 comma 5 delle medesime NdA stabilisce che in sede di traslazione delle indicazioni del PAI sugli strumenti urbanistici esistenti vengano evidenziati, attraverso analisi di maggiore dettaglio ovvero accertamenti tecnici condotti in sede locale, situazioni indefinite o per le quali si renda necessaria una definizione di scala non presente negli elaborati del PAI, che eventualmente potrà configurarsi come variante al PAI secondo specifiche procedure amministrative (art. 37).

Il presente Studio di Compatibilità Idraulica è sviluppato nell'ambito delle varianti apportate al Piano urbanistico Comunale di Serrenti. Lo Studio di Compatibilità Idraulica, in questa fase, approfondisce a scala locale le aree di pericolosità e di rischio idrogeologico definite dal PAI e delimita puntualmente le aree di significativa pericolosità idraulica non perimetrate direttamente dal PAI, coerentemente con quanto disposto dall'art. 8 comma 2, comma 3 e comma 5 e dal correlato art. 26 comma 1 lettera a) delle NdA del PAI. Infatti il dettato normativo stabilisce che, in sede di adeguamento o redazione degli strumenti urbanistici, i reticoli idrografici minori gravanti sui centri edificati siano delimitati puntualmente anche se non perimetrati direttamente dal PAI, e che i Comuni nel riportare a scala locale le aree di pericolosità e rischio idrogeologico dovranno verificare la previsioni urbanistiche con le condizioni di dissesto idrogeologico presenti o potenziali evidenziati dal PAI stesso (art. 4 comma 6).

Oltre al reticolo minore gravante sui centri edificati le NTA del PAI definiscono come aree a significativa pericolosità idraulica anche le foci fluviali, le aree lagunari e gli stagni (art. 26 comma 1 lettere b) e c) delle NTA del PAI) e come tali devono essere sottoposti a studio di maggior dettaglio, alla scala dello strumento urbanistico in adozione.

Inoltre, a queste aree, individuate o meglio dettagliate secondo le procedure metodologiche indicate nelle Linee Guida del PAI, si applicano le prescrizioni definite per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata, media e moderata di cui agli articoli relativi al Capo II delle NTA, con effetto sulla disciplina urbanistica del PUC.

Lo Studio qui presentato è stato condotto esclusivamente sulle aree oggetto di variante, come meglio specificate nei capitoli successivi, e non sull'intero territorio del Comune di Serrenti, ed è comprensivo dell'analisi geologica e geomorfologica, al fine di individuare i processi ed eventuali criticità in atto o potenziali connesse alla dinamica di scorrimento delle acque superficiali, funzionale alla analisi idrologica-idraulica di dettaglio per la perimetrazione delle nuove aree a pericolosità idraulica.

Le analisi idrologiche ed idrauliche dei fenomeni di piena sono state condotte per tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni in accordo con quanto prescritto dal PAI Sardegna.

Dal punto di vista idraulico la propagazione dell'evento estremo ricostruito è stata eseguita tramite un modello idraulico monodimensionale largamente utilizzato in campo internazionale, HECRAS. L'utilizzo di tale modellistica idraulica consente la perimetrazione delle aree di allagamento per diversi tempi di ritorno come richiesto dal PAI secondo le 4 classi di pericolosità idraulica: molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1).

2 Analisi storica

Attività propedeutica all'individuazione delle aree a pericolosità idraulica è l'analisi storica, che tramite la ricerca bibliografica o testimonianze contribuisce alla individuazione delle aree storicamente interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico.

Tali attività, seguite dall'indagine in sito dello stato attuale dei luoghi, e tutte le informazioni raccolte sono la base dello studio di compatibilità idraulica.

2.1 Eventi censiti nell'Archivio Piene del Registro Avi tratti dal sistema informativo sulle catastrofi idrogeologiche.

Nell'archivio piene del Registro Avi vengono censiti 3 eventi per il territorio comunale di Serrenti di cui si riporta una breve sintesi dei dati principali nella tabella della pagina successiva e l'ubicazione indicativa del sito coinvolto nella Figura 2.1, mentre non vengono censiti tre per le frane.

Tutti e 3 eventi per il sito rappresentato con il codice 20092073001 che è stato convenzionalmente rappresentato nel Sistema Informativo sulle catastrofi Idrogeologiche, nell'abitato di Serrenti, anche perché l'evento del 1999 e quello del 1930 hanno riguardato gran parte della Sardegna Sud-Orientale.

Codice sito	Codice evento	Data	Località coinvolte	Cause innescanti - Tipo Movimento	Danni causati
20092073001	10600027	11/1999	Parecchi comuni in tutta la Sardegna sud-orientale tra cui Serrenti	Evento meteorologico	Ingenti a cose e persone (due morti, un disperso e due feriti)
20092073001	6006328	07/12/1971	Serrenti	Evento meteorologico	Strada comunale (Grave)
20092073001	600048	10/02/1930	Parecchi comuni in tutta la Sardegna sud-orientale tra cui Serrenti	Principale: Evento meteorologico Secondario: Sovralluvionament o Secondario: Colata di detriti	Ingenti a cose e persone (tre morti, 50 sfollati, 50 senza tetto)

Tabella 2.1: elenco degli eventi censiti dal Progetto Avi per il comune di Serrenti.

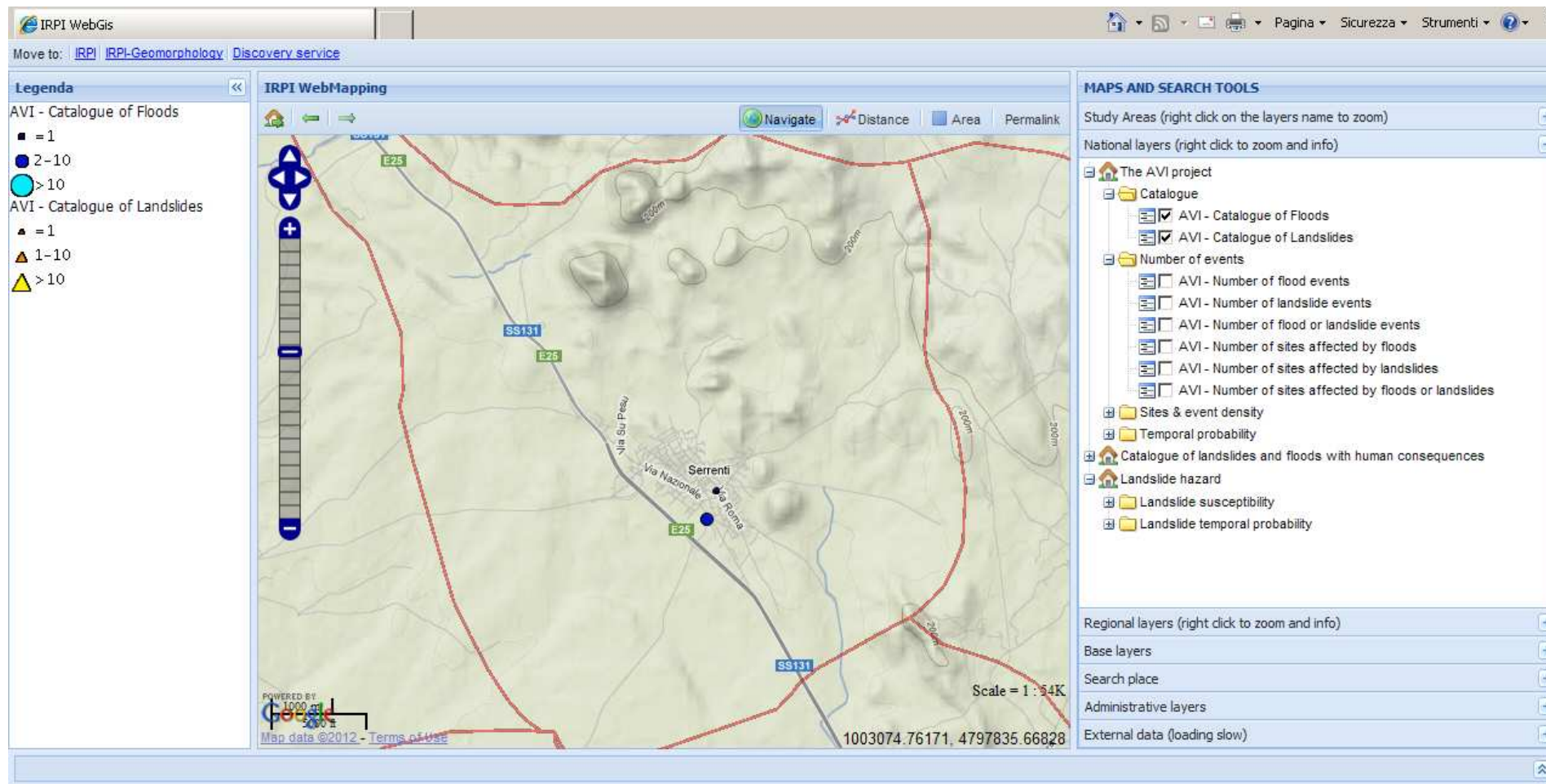


Figura 2.1: interfaccia Web del Sistema Informativo sulle catastrofi Idrogeologiche in particolare è rappresentata l'area del territorio comunale di Serrenti.

3 Caratterizzazione fisico-ambientale del territorio

Di seguito si riportano le sintesi della caratterizzazione climatica, geologica-geomorfologica e delle aree in studio, utili ai fini dell'inquadramento dell'area dal punto di vista idrologico ed idraulico e di supporto per l'individuazione delle criticità in atto o potenziali connesse alla dinamica di scorrimento delle acque superficiali.

3.1 Quadro di riferimento territoriale

Il territorio comunale di Serrenti, con la sua superficie di circa 42,82 km², appartiene al settore meridionale dell'area geografica del Medio Campidano, e confina con i territori di Samatzai, Nuraminis, Serramanna, Samassi, Furtei e Guasila. Dal punto di vista orografico il territorio di Serrenti si estende nel margine orientale della piana del Campidano. In particolare l'area è fisiograficamente caratterizzata a ovest da un sistema di terrazzi alluvionali antichi, debolmente inclinati verso ovest e collocati a quote di poco superiori ai 100 m s.l.m.. Il settore centro-settentrionale del territorio comunale è dominato dalla presenza di rilievi collinari isolati, con quote intorno ai 2-300 metri s.l.m.. A est il territorio è delimitato da una dorsale monoclinale impostata sulle formazioni calcaree, che assume la tipica morfologia di rilievo a cuesta, con il versante strutturale a franapoggio immergente verso est, in territorio di Samatzai, e il versante del fronte della cuesta inclinato verso ovest e ricadente interamente nel territorio di Serrenti. Le sue quote massime sono rappresentate dai monti: Tellura (310 m s.l.m.), Porceddu (302 m s.l.m.), Candidu (287 m s.l.m.) e Mannu (270 m s.l.m.). Il territorio presenta pertanto una morfologia abbastanza piana con un'altitudine media di 120 m s.l.m., costellata da bassi rilievi concentrati nei settori a nord e ad est del territorio. Il centro abitato si localizza alla quota di circa 120 m s.l.m. ai piedi ad est dei depositi piroclastici in facies ignimbritica rappresentati da colline. Risulta immerso in depositi eluvio-colluviali quaternari.

È abbastanza netto il contrasto morfologico e cromatico dei rilievi carbonatici miocenici che si estendono a est del territorio comunale con quelli vulcanici oligocenici e tutta la pianura alluvionale terrazzata quaternaria.

L'area è sempre stata, anche in passato, caratterizzata da una medio-bassa densità abitativa (118,59 ab./km²), da un'economia legata al commercio, attività manifatturiere, edilizia e agricoltura. È caratterizzata da un paesaggio agrario variegato: sono presenti di vigne, frutteti ed oliveti. Dal punto di vista turistico è interessante visitare la chiesa intitolata a Maria Immacolata, la chiesa di San Giacomo e la chiesa dedicata a Santa Vitalia. Il comune di Serrenti è collegato al capoluogo cagliaritano attraverso la strada statale 131.

3.2 Inquadramento climatico

Gli apporti idrici che alimentano i deflussi superficiali e sotterranei sono legati prevalentemente alle precipitazioni atmosferiche quindi, per un corretto inquadramento dei fenomeni meteoidrologici, si è fatto riferimento ai dati termopluviometrici delle due stazioni di Guasila (210m s.l.m.), Nuraminis (91m s.l.m.) e Sanluri (68m s.l.m.).

I dati termopluviometrici sono estrapolati, per l'intervallo di tempo 1922-2009, dallo studio SISS (Nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna, 1998) che raccoglie i dati idrologici e climatologici di stazioni termopluviometriche distribuite in tutta la Sardegna. Per le stazioni di

riferimento i dati pluviometrici sono abbastanza completi mentre i dati relativi alle temperature sono disponibili solo dal 1998 al 2002.

Per quanto riguarda l'andamento pluviometrico medio annuale i dati di riferimento appartengono all'intervallo di tempo 1922-2009 per le stazioni di Guasila e Nuraminis e 1922-2007 per la stazione di Sanluri. L'andamento pluviometrico è piuttosto simile per le tre stazioni di riferimento, per ciascuna delle quali si evidenzia un massimo nel mese di dicembre e un minimo nel mese di luglio.

Il grafico seguente è rappresentativo delle pluviometrie medie mensili nelle tre stazioni.

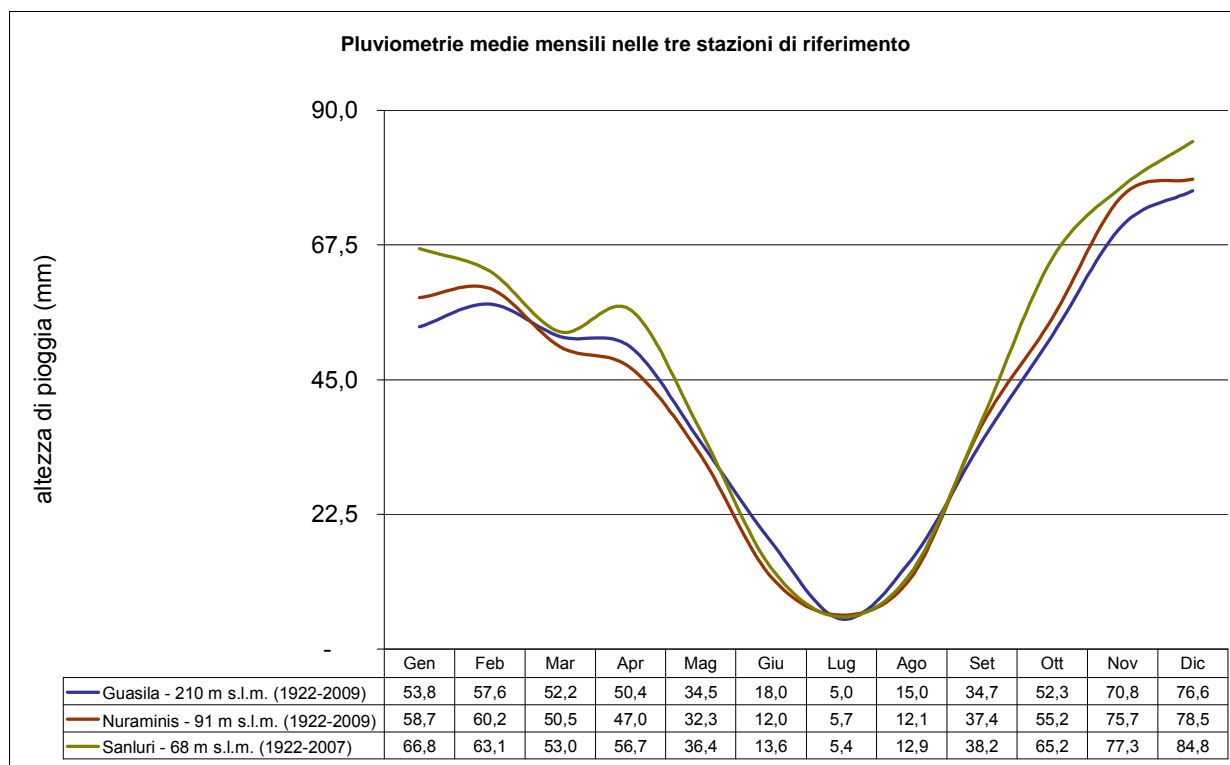


Figura 3.2 - Pluviometrie medie mensili nelle tre stazioni di riferimento.

La piovosità media annua valutata per le tre stazioni di riferimento si attesta su attesta sui 530mm con valori più elevati per la stazione di Sanluri dove supera i 560mm, come mostrato dal grafico seguente.

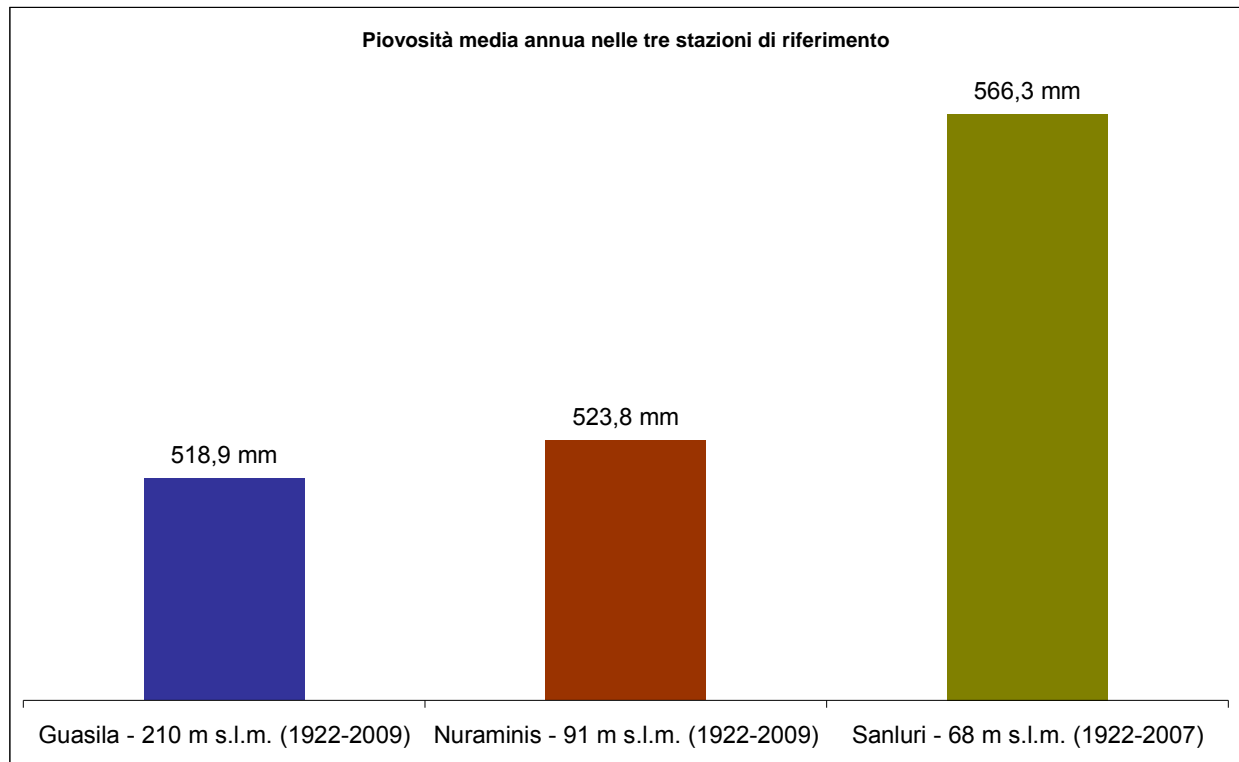
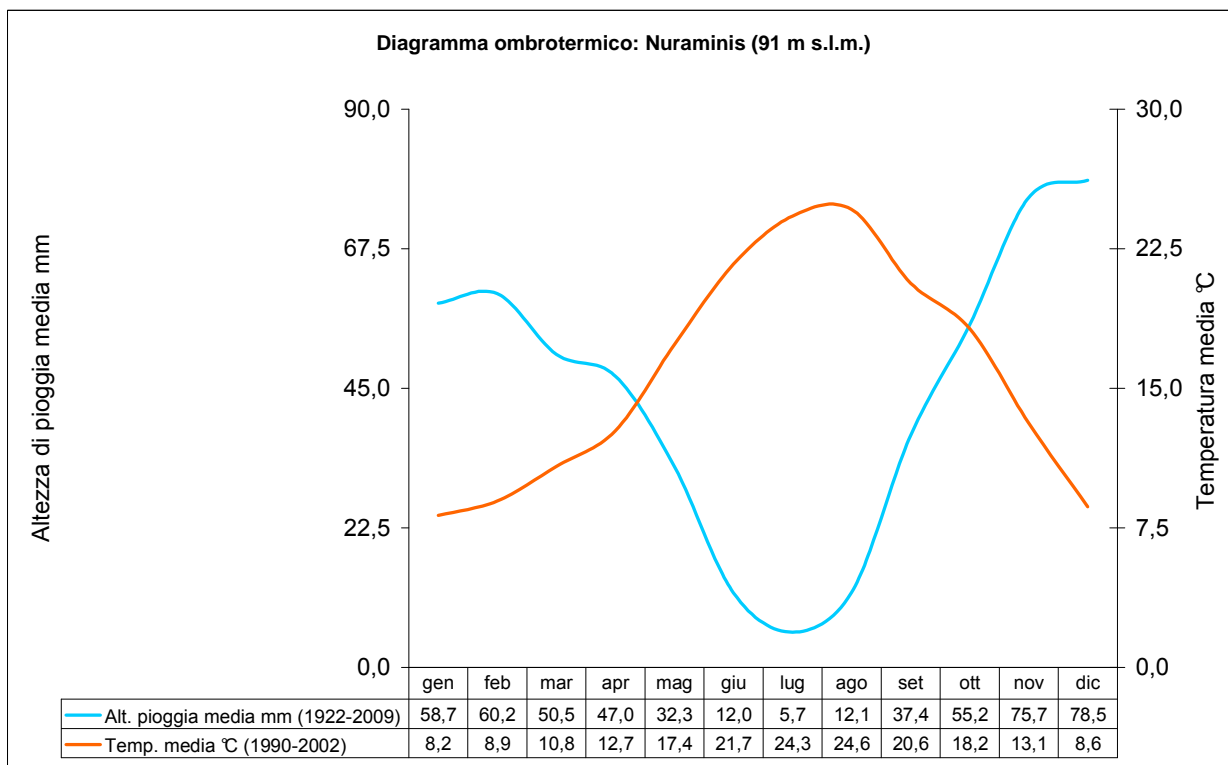
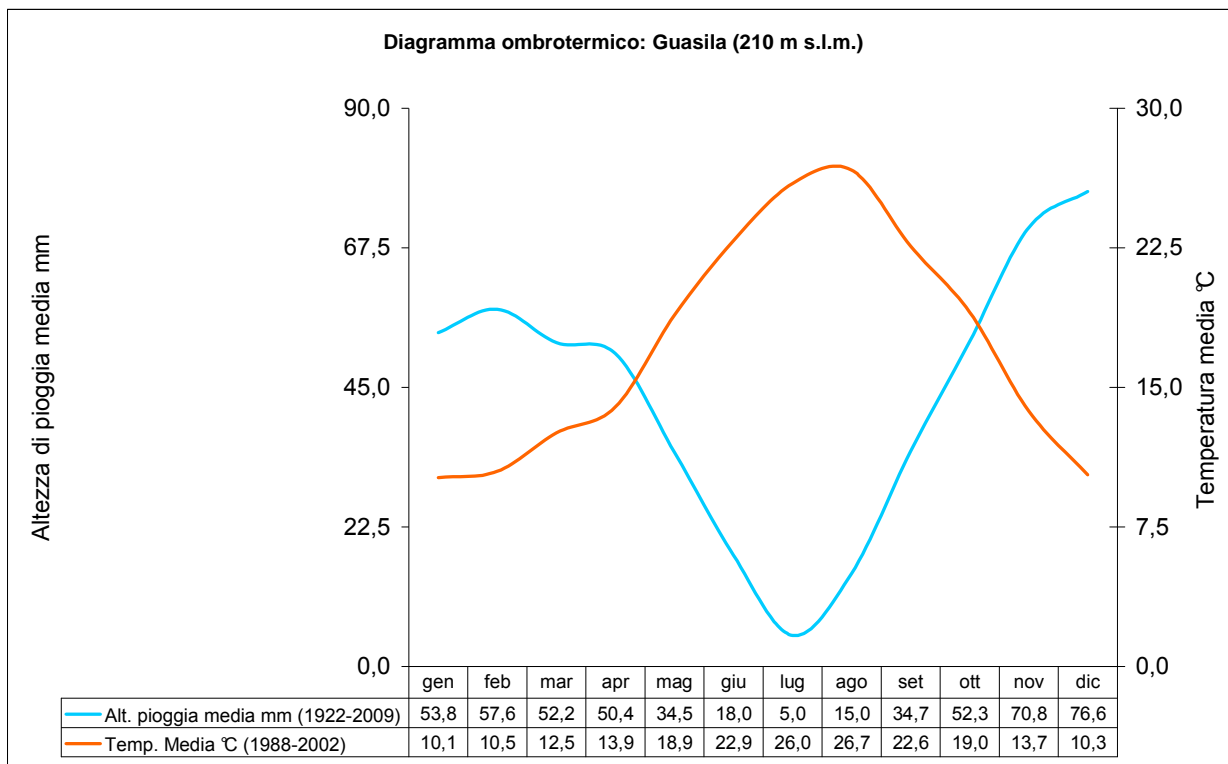


Figura 3.2 – Piovosità media annua nelle tre stazioni di riferimento.

Per pervenire a una caratterizzazione climatica dell'area si fa riferimento a uno dei metodi di uso più comune, ossia il metodo di Bagnolus e Gausson (1957) standardizzato da Walther e Lieth (1960-1967), che si basa sull'individuazione del periodo annuo di aridità, considerando "arido" il mese in cui il valore medio della precipitazione totale (P) espressa in mm è minore del doppio del valore della temperatura (T) espressa in °C (ossia in cui $P \leq 2T$). Per determinare la durata del periodo arido si realizza il diagramma ombrotermico, costruito sulla base dei dati su precipitazioni e temperature elaborati per ciascuna stazione termopluviometrica di riferimento.

I mesi più aridi risultano maggio, giugno, luglio, agosto e settembre.



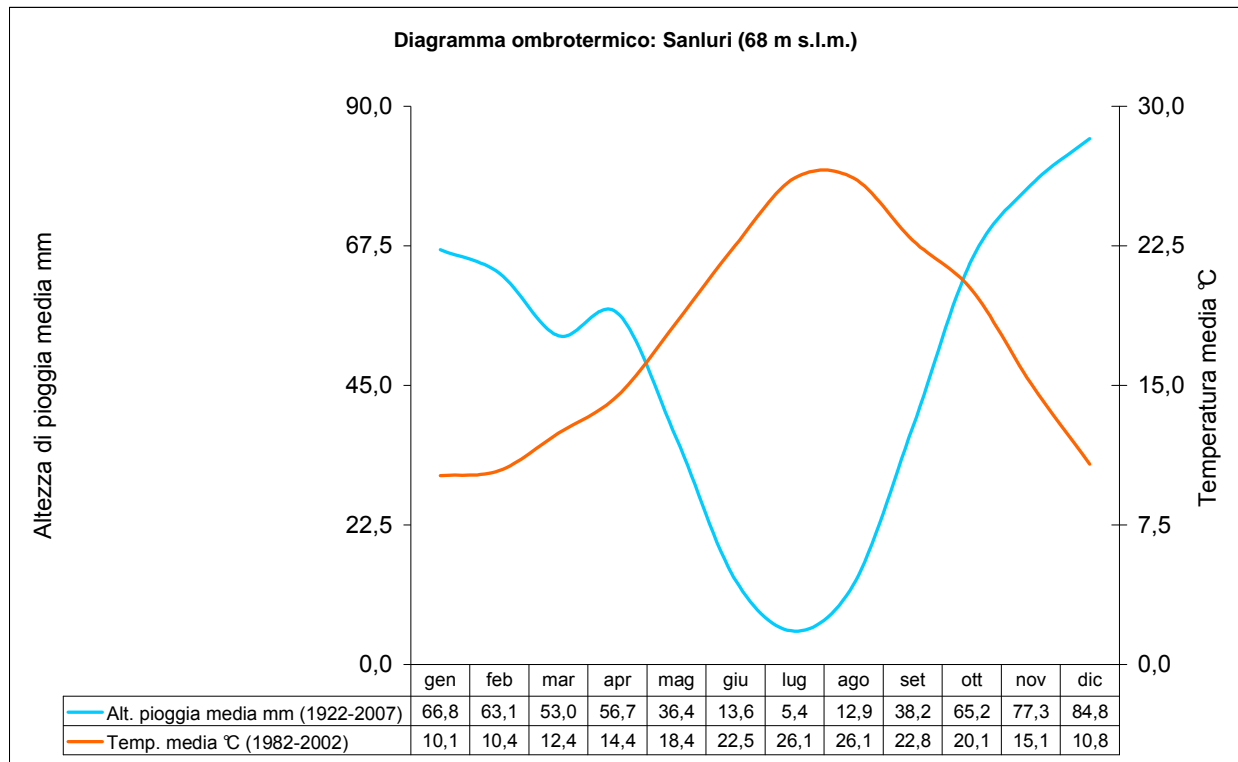


Figura 3.3 – Diagrammi ombrotermici nelle tre stazioni di riferimento.

Dal punto di vista termico non si rilevano differenze significative tra le tre stazioni, con punte massime di temperatura a Luglio e la media più alta ad Agosto mentre Gennaio-Febbraio risulta essere il periodo più freddo.

I fattori climatici rivestono una notevole importanza rispetto ai processi di alterazione delle rocce e sulla conseguente produzione di detriti. Alle precipitazioni intense e concentrate, che si manifestano soprattutto nella stagione autunnale, si riconducono i principali eventi critici sia dal punto di vista geomorfologico che idraulico. In particolare quando precipitazioni intense gravano su litologie la cui qualità geomeccanica è fortemente condizionata dalla presenza di discontinuità strutturali, non solo di origine tettonica, come nelle formazioni carbonati che, si innescano fenomeni gravitativi di massa riconducibili sostanzialmente a processi di crollo o di ribaltamento di blocchi rocciosi. Quando invece i litotipi interessati riguardano le coltri detritiche recenti ed attuali, come i detriti di falda o le coperture eluvio-colluviali anche con grado di coesione medio-elevato, possono innescarsi fenomeni di scivolamento traslativo delle masse detritiche sulle superfici del substrato litoide sottostante o fenomeni di colamento detritico, in quanto la matrice siltoso-argillosa, all'aumento del contenuto d'acqua, manifesta un complessivo decadimento delle proprietà geotecniche con la conseguente disgregazione e colamenti detritici lungo le i principali linee di drenaggio.

La letteratura di settore (in parte riportata anche nella bibliografia delle Linee guida per l'adeguamento del PUC al PAI) fa riferimento alla piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto secondo la seguente tabella:

Precipitazioni mm/a	zona
>1600	sicuramente franosa
1600-1300	probabilmente franosa
1300-1000	mediamente franosa
1000-700	raramente franosa
<700	non franosa

Secondo questa valutazione dell'influenza della piovosità media annua sulla propensione al dissesto, il territorio di Serrenti si collocherebbe in un ambito **non franoso**. Ovviamente questo fattore va considerato insieme agli altri fattori predisponenti il dissesto, oltre alla distribuzione delle precipitazioni durante l'anno.

3.3 Inquadramento geolitologico e tettonico

Nel territorio di Serrenti sono presenti in affioramento litotipi riferibili ai seguenti complessi geologici (dal più recente al più antico):

- Formazioni sedimentarie quaternarie;
- Successione sedimentaria oligo-miocenica;
- Formazioni vulcaniche oligoceniche.

Il territorio in oggetto è inoltre ubicato in un settore interessato da disturbi tettonici di carattere regionale riattivatisi in diversi periodi geologici.

3.3.1 Formazioni vulcaniche oligoceniche

La formazione vulcanica, facente parte del Distretto vulcanico di Serrenti-Furtei, costituisce il basamento geologico del settore ed è costituita da vulcaniti in facies lavica e piroclastica a chimismo vario da andesitico a dacitico o rio-dacitico. Questi prodotti vulcanici sono riferibili all'oligocene superiore e si sono messi in posto risalendo attraverso fratture regionali, risalenti allo stesso periodo. Le dislocazioni tettoniche hanno determinato una struttura ad horst e graben, con conseguente formazione di una fossa tettonica, nota in letteratura come Fossa Sarda, che dal golfo di Cagliari si estende fino al golfo dell'Asinara. Le faglie in oggetto sono disposte, nel settore in esame, secondo un allineamento NNO-SSE, e pertanto anche i centri di emissione dei prodotti vulcanici, che attraverso esse hanno trovato una via di risalita, sono disposti ricalcando tale allineamento. Relativamente alle morfologie vulcaniche vanno messe in evidenza le diversità connesse con il chimismo e con le facies dei prodotti eruttati. I prodotti lavici sono rappresentati da termini prevalentemente a chimismo andesitico e dacitico e costituiscono dei rilievi arealmente alquanto raccolti intorno ai rispettivi punti di emissione e discretamente sviluppati in altezza; vulcanologicamente costituiscono delle cupole di ristagno e degli apparati domeani. Le manifestazioni piroclastiche, invece, danno luogo a rilievi collinari in generale meno elevati e con versanti meno acclivi dei precedenti; questi prodotti hanno pertanto un'estensione

areale, rispetto ai presunti centri di emissione, maggiore delle lave. Queste piroclastiti mostrano in generale un chimismo più evoluto rispetto alle lave e denotano una composizione media da dacitica a rioldacitica. Va precisato che il chimismo di tali piroclastiti va inteso in senso lato vista la natura alquanto varia dei clasti che le compongono; si tratta infatti di prodotti piroclastici pomiceo cineritici (talora con pomici di dimensioni centimetriche) con abbondanti inclusi litici di varia natura e dimensione oltre alla presenza delle fasi cristalline rappresentate prevalentemente da feldspati. Buona parte dei prodotti vulcanici tendenzialmente meno evoluti (andesiti e daciti) sono interessati, soprattutto nel settore settentrionale del territorio di Serrenti (M.te Porceddu), da intense fenomenologie idrotermali, o comunque deuteriche, che hanno modificato intensamente la composizione chimica e mineralogica delle rocce dando luogo ai noti giacimenti di argille caoliniche. Tali fenomenologie hanno portato alla formazione di filoni e di crostoni siliceo-calcedoniosi dovuti o ad apporti di silice da parte dei convogli idrotermali, o a rimobilizzazione della stessa presente entro le rocce vulcaniche. Intercalati in questi crostoni si rinvengono piccoli orizzonti sedimentari lacustri o palustri e ciottoli arrotondati di quarzo, in giaciture prevalentemente lenticolari. I prodotti piroclastici riolitici e rio-dacitici, affioranti nel settore immediatamente a nord-est di Serrenti (noti localmente come "trachiti di Serrenti"), non hanno, in generale, subito modificazioni metasomatiche o di alterazione e si presentano pertanto "sani" con strutture e chimismo pressoché originali.

L'area d'indagine A1 – Monte Porceddu risulta essere composto da andesiti anfiboliche massive di Monte Mannu, rappresentate in domi, dicchi ed espandimenti lavici, da prodotti epiclastici e sedimentari in alternanze ritmiche di marne argillose e siltiti carbonati che e da piroclastici in facies ignimbratica.

L'area d'indagine A2 – Monti Ibera e Atzorcu, L'area d'indagine A3 – Serrenti sud e L'area d'indagine A4 – Serra Corona sono principalmente composti da un deposito di flusso piroclastico in facies ignimbratica, in banchi ben saldati, ricco in pomici e frammenti litici di andesiti.

3.3.2 Successione sedimentaria oligo-miocenica

Nel territorio in oggetto, affiora una potente successione sedimentaria trasgressiva di età oligo-miocenica che, con potenze variabili, ricopre parzialmente o totalmente la formazione vulcanica sopra descritta. Questa ingressione si è resa possibile per i fenomeni di rifting avvenuti, come nella parte occidentale della Sardegna, in questo settore che hanno portato alla formazione di una fossa tettonica parallela alla pianura del Campidano. Le potenze di questi sedimenti, quindi, sono limitate ad est ed assumono spessori elevati verso il Campidano, ad ovest. Nel settore orientale le litologie sono costituite da un complesso basale arenaceo-conglomeratico, talora siltoso, cui segue un complesso marnoso-calcareo ed arenaceo-siltoso, con calcari biohermali, biostromali, fossiliferi. Questi calcari, localizzati al top della sequenza, formano classiche morfologie a cuestas (poco rappresentate nel territorio di Serrenti). Il settore occidentale, verso il Campidano, è invece caratterizzato da affioramenti di potenti sequenze mioceniche di marne siltose, giallognole, compatte e ben stratificate con locali intercalazioni di lenti di prodotti piroclastici pomiceo-cineritici alquanto fini.

L'area d'indagine A2 – Monti Ibera e Atzorcu presenta la sola formazione di Calcari di Villagreca. Affiorano a sud del settore e sono dei calcari bioclastici e biocostruiti.

L'area d'indagine A3 – Serrenti sud presenta la sola formazione delle Marne della Marmilla, affiorante in tutta l'area occidentale del settore. Sono delle marne siltose alternate a livelli arenacei, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato.

L'area d'indagine A4 – Serra Corona presenta una completa e variegata successione sedimentaria composta dai conglomerati e brecce della formazione di Ussana e di Duidduru, dalle arenarie grossolane di Serra Longa, dai Calcari bioclastici di Villagreca e dalle marne siltose alternate a livelli arenacei della formazione della Marmilla.

3.3.3 Formazioni sedimentarie quaternarie

I sedimenti quaternari sono costituiti principalmente da depositi eluviali e colluviali, con matrice più o meno argillosa in funzione del substrato geologico sul quale insistono e da depositi alluvionali terrazzati, a prevalente componente sabbiosa o limosa con locali intercalazioni ghiaiose.

L'area d'indagine A1 – Monte Porceddu è composto principalmente da coltri eluvio-colluviali, rappresentati da detriti immersi in matrice fine. A sud-ovest del settore sono presenti depositi alluvionali sabbiosi terrazzati e a Nord dei depositi di frana. L'area è anche caratterizzata da discariche minerarie.

L'area d'indagine A2 – Monti Ibera e Atzorcu è caratterizzato dalle coltri eluvio-colluviali e da depositi alluvionali ghiaiosi terrazzati. È presente a sud del settore anche un corpo di frana.

L'area d'indagine A3 – Serrenti sud è composto da depositi alluvionali sia ghiaiosi che sabbiosi terrazzati, da coltri eluvio-colluviale nell'area orientale del settore e da depositi palustri a sud-ovest.

L'area d'indagine A4 – Serra Corona è sempre composto dalle coltri eluvio-colluviali e dai depositi alluvionali terrazzati. Sono anche presenti depositi di versante .

3.4 Assetto geomorfologico

3.4.1 Inquadramento fisiografico

Il territorio di Serrenti si estende nel margine orientale della piana del Campidano. In particolare l'area è fisiograficamente caratterizzata a ovest da un sistema di terrazzi alluvionali antichi, debolmente inclinati verso ovest e collocati a quote di poco superiori ai 100 m s.l.m.. Il settore centro-settentrionale del territorio comunale è dominato dalla presenza di rilievi collinari isolati, con quote intorno ai 2-300 metri s.l.m., corrispondenti ad affioramenti vulcanici di natura ignimbratica e andesitica di età oligo-miocenica. Infine a est il territorio è delimitato da una dorsale monoclinale impostata sulle formazioni calcaree mioceniche (calcari di Villagreca), che assume la tipica morfologia di rilievo a cuesta, con il versante strutturale a franapoggio immergente verso est, in territorio di Samatzai, e il versante del fronte della cuesta inclinato verso ovest e ricadente interamente nel territorio di Serrenti. La morfologia dell'originario rilievo a cuesta è stata in gran parte smantellata dall'attività di cava che ha interessato l'intero versante strutturale del territorio di Samatzai. Attualmente pertanto il versante del fronte di cuesta, appare come una superficie residuale, debolmente inclinata, impostata sulle formazioni calcaree

e ricoperte di materiale detritico, ormai priva di relazioni dinamiche ed evolutive con il settore a monte, corrispondente all'attuale area di cava.

Le aree oggetto delle varianti urbanistiche ricadono in settori geologicamente e morfologicamente distinti. Si è ritenuto opportuno analizzare territori ben più vasti rispetto alle aree oggetto di variante urbanistica, secondo un criterio fisiografico che tiene conto dei processi di relazione spaziale. Sono state così individuate 4 aree di indagine di cui si riportano di seguito i principali caratteri fisiografici.

L'area d'indagine A1 – Monte Porceddu, si sviluppa nel settore nord del territorio comunale. Si tratta di un settore collinare impostato su formazioni ignimbrtiche e trachitiche, con quote comprese tra i 250 m s.l.m. delle aree pedemontane, e i 300 delle sommità dei rilievi. Si tratta di un rilievo isolato, morfologicamente riconducibile in origine, prima dell'attività di cava, ad una piccola Mesa. Il Settore nord dell'area, ricadente in territorio di Furtei, è caratterizzato dalla presenza del bacino idrico di decantazione delle acque proventi dalla miniera di Furti. Il margine sud-orientale dell'area racchiude la porzione montana del Rio Maccioni.

L'area d'indagine A2 – Monte Ibera, racchiude tre rilievi collinari, di circa 200 metri di quota, impostati su formazioni vulcaniche di natura ignimbrtica. Anche in questo caso si tratta di morfologie residuali classificabili come testimoni vulcanici di coperture più estese smantellate dall'erosione.

L'area d'indagine A3 – Serrenti sud, si estende alla destra della SS 131, immediatamente all'ingresso del paese. Si tratta di un settore di pianura, geologicamente costituito da alluvionali pleistoceniche e da formazioni sedimentarie mioceniche di natura marnoso-arenacea.

L'area d'indagine A4 – Serra Corona, occupa un vasto settore corrispondente ad una piana colluvio-alluvionale di età olocenica, con quote variabili dai 120 m s.l.m. del margine occidentale della piana, ai 150 del bordo orientale della stessa. Oltre la piana si sviluppa il versante residuale del fronte della cuesta di Serra Corona, ubicato a quote comprese tra 150 e 160 m s.l.m.. L'area è drenata dal Riu Perda Ghiani, che solca la piana in direzione NE-SW e confluisce nel Rio Cannedu.

3.4.2 Dinamiche di evoluzione dei versanti

I caratteri geologico-strutturali del territorio comunale di Serrenti hanno fortemente condizionato l'assetto morfologico, generando condizioni favorevoli alla stabilità geologica di gran parte del territorio comunale. Eccezione fanno i rilievi residuali d'impostazione vulcanica e il bordo della cuesta, dove l'evoluzione naturale dei versanti prevede l'attivazione di fenomeni di frana connessi con l'arretramento delle formazioni litoide che costituiscono le superfici strutturali delle sommità dei rilievi. Tuttavia si tratta di rilievi collinari di scarsa estensione, che emergono in un contesto morfologico pseudo pianeggiante o dolcemente ondulato. Le aree maggiormente interessate da fenomeni di distacco, crollo e rotolamento di massi, sono rappresentate dai versanti sulle litologie strapiombanti o comunque molto acclivi delle cornici ignimbrtiche di Monte Porceddu (302 m s.l.m.) (Area A1), di Monte Ibera (220 m s.l.m.), Monte Atzorcu (188 m s.l.m.), e Monte Senzu (216 m s.l.m.) (Area A2), e di Monte Atziadei (201 m s.l.m.) (Area A3), generalmente interessate da giaciture degli strati sub orizzontali e soggette a fenomeni di crollo anche di massi di notevoli dimensioni.

Per quanto riguarda il settore di Serra Corona (Area 4), le dinamiche di versante sono da considerarsi fortemente limitate nel versante residuale della cuesta, mentre l'area di cava sovrastante,

appare un settore d'intense dinamiche di versante riconducibili a fenomeni gravitativi in corrispondenza dei fronti di cava attivi e da intense dinamiche di dilavamento dei piazzali. Queste dinamiche restano comunque racchiuse all'interno dei perimetri di cava, e non interessano le superfici immediatamente ad ovest di questa. Per quanto riguarda gli areali di cava i metodi di coltivazione dei giacimenti di calcare sono prevalentemente a mezzacosta, con formazione di una serie di superfici di sbancamento poste a differenti altezze e delimitate, verso monte da fronti di scavo alti da 5 a 15 metri circa, rilevabili nel settore di Monte Coa Marghine. La presenza di così vaste aree soggette ad attività estrattiva comporta l'insorgere di una serie di processi morfodinamico come risposta all'alterazione degli equilibri dei versanti. All'attività estrattiva sono imputabili intensi processi di degradazione riscontrabili sia sui fronti a strapiombo, sia nelle superfici mediamente inclinate. Nei primi prevalgono i movimenti franosi di crollo, mentre nei secondi s'instaurano intensi processi di dilavamento.

In questi termini tra i processi geomorfologici attivi di evoluzione dei versanti, particolare importanza assumono i processi gravitativi.

I fenomeni gravitativi di massa sono riconducibili essenzialmente alle seguenti tipologie cinematiche più frequenti:

- Fenomeni di crollo per ribaltamento di blocchi lapidei (diretto o di flessura), generalmente localizzabili in corrispondenza delle scarpate di cava impostate sugli affioramenti calcarei e vulcanici;
- Fenomeni di crollo di masse rocciose fortemente fratturate, con meccanismi di taglio e caduta verticale, in corrispondenza delle pareti aggettanti, come quelle tipiche delle cornici rocciose dei testimoni vulcanici; i fenomeni di crollo possono anche avvenire per scivolamento gravitativo lungo il versante. Queste tipologie e le precedenti sono generalmente seguite da processi di rotolamento massi lungo la scarpata, con blocchi anche di grosse dimensioni, che si adagiano al piede del versante a distanza massima intorno ai 1-200 metri rispetto al punto di distacco;
- Colamenti detritici o scivolamenti di detrito, che interessano i depositi di falda attuali e recenti alla base delle pareti rocciose vulcaniche, caratterizzati generalmente da materiale clastico grossolano in matrice siltoso-argillosa cementata o debolmente coerente, adagiati sulle formazioni alluvionali o su terreni marnoso - arenacei miocenici.

Tutti questi naturali processi di evoluzione geomorfologica dei versanti costituiscono un evidente fattore di pericolosità. Le cause predisponenti i processi gravitativi di massa sono da ricercare principalmente nell'assetto morfo-strutturale delle formazioni rocciose e nel naturale processo di arretramento dei versanti sottostanti le coperture vulcaniche sommitali.

Tra i processi spontanei che innescano i movimenti gravitativi, gli afflussi meteorici rappresentano cause innescanti importanti, specie nel caso di rimobilizzazione di coltri detritiche adagate ai piedi dei versanti in quanto all'aumentare delle condizioni di umidità del deposito,

corrisponde un progressivo peggioramento delle qualità geomeccaniche dei terreni connesso con la diminuzione della coesione interna della matrice siltoso-argillosa delle coltri detritiche.

3.4.3 Dinamiche evolutive delle acque superficiali incanalate

Il settore centro-orientale del territorio comunale di Serrenti, ambito in cui si sviluppano le aree d'indagine e di approfondimento tematico relativamente allo studio di compatibilità geologico-tecnica, è drenato dal Rio Cannedu, che attraversa il territorio con andamento N-S. Si tratta di un corso d'acqua a regime occasionale significativo, annoverato anche dal PSFF. L'andamento del bacino idrografico nella destra idrografica del corso d'acqua segue i rilievi collinari di Monte Senzu (216 m s.l.m.), di Monte Atziadei (201 m s.l.m.), e di Monte Crabu (231 m s.l.m.), per poi risalire in direzione nord verso Monte Tellura (310 m s.l.m.); il bacino alla sinistra idrografica del corso d'acqua è delimitato dalla linea di cresta di Serra Corona. Il bacino idrografico del Rio Cannedu è esteso circa 6,7 km². In questo settore scorre il Riu Perda Ghiani, affluente del Rio Cannedu, che racchiude un bacino idrografico di circa 4 km², il cui limite a monte corrisponde a quello del corso d'acqua principale. Il Riu Perda Ghiani è importante ai fini del presente studio in quanto attraversa in parte l'area oggetto di variante urbanistica (Area 4). Il corso d'acqua presenta alcune aree di interferenza al suo naturale deflusso, la prima identificabile nel punto di attraversamento stradale a nord del suo tracciato, ed un'altra in corrispondenza del strada comunale di Monte Perdosu, nel settore della piana di Sa Lua Mancosa (vedi Carta Geomorfologica). Nel primo caso la criticità idraulica è causata dal non adeguato dimensionamento del sottopasso stradale, che determina in eventi di piena del corso d'acqua, limitati allagamenti dei settori a monte ed immediatamente a valle. Nel secondo caso la criticità idraulica è rappresentata dalla obliterazione del tracciato del corso d'acqua a seguito delle arature dei terreni, che determina allagamenti delle superfici a valle della strada comunale di Monte Porceddu. Si tratta comunque di fenomeni di scarsa entità in relazione alla limitata estensione del bacino idrografico e dei suoi deflussi.

Le altre aree d'indagine considerate nel presente studio non racchiudono significativi sistemi idrografici. In particolare l'Area 1 – Monte Porceddu, racchiude la porzione montana del Rio Maccioni, affluente del Rio Perda Longa, la cui scarsa estensione (circa 1,6 km² di bacino) non determina un significativo deflusso idrico in alveo, se non limitatamente e contestualmente ad eventi meteorici importanti. Non si rilevano interferenze al naturale deflusso del corso d'acqua.

L'Area 2 – Monte Ibera, è drenata dal Rio Cardaxiu, ed in particolare dalla porzione montana di questo. Anche in questo caso la scarsa estensione del bacino idrografico (circa 1,65 km²) non determina un significativo deflusso idrico in alveo, se non limitatamente e contestualmente ad eventi meteorici importanti. Non si rilevano interferenze al naturale deflusso del corso d'acqua.

Per quanto riguarda l'Area 3 si rileva la presenza del Rio de Is Coras, per il quale il PAI identifica aree di pericolosità idraulica Hi1. Si tratta di un corso d'acqua il cui tracciato è stato canalizzato fino alla confluenza del ex Stagno di Serrenti, di cui era il principale immissario. Nonostante la scarsa estensione del bacino idrografico di riferimento (poco meno di 1 km²), il corso d'acqua manifesta in eventi meteorici significativi, difficoltà di deflusso idrico in alveo, evidenziando una scarsa efficienza idraulica del tracciato fluviatile.

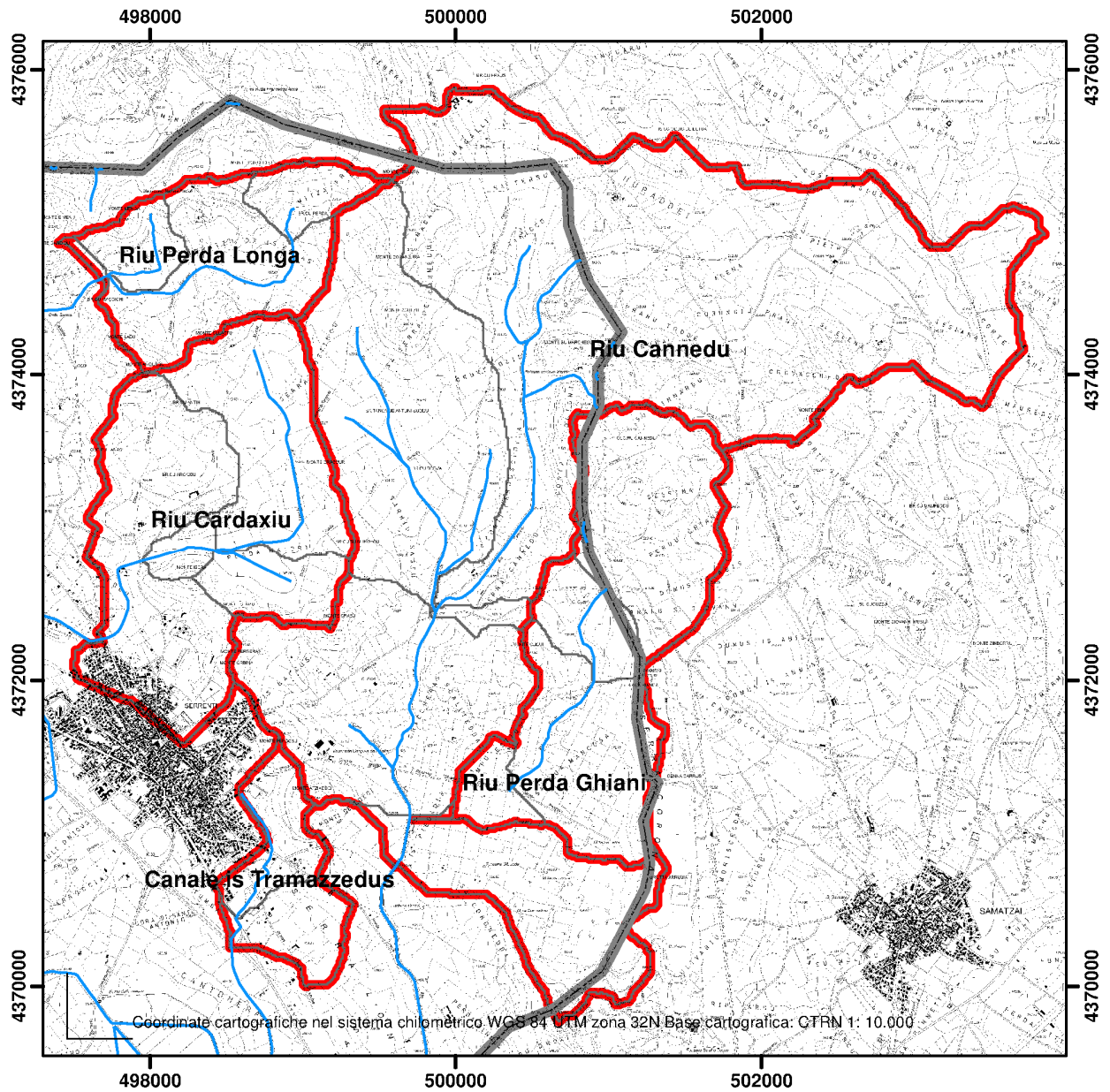


Figura 3.4: Carta dei bacini idrografici (non in scala).

3.5 Individuazione dei tratti potenzialmente critici nelle aree sottoposte a variante.

3.5.1 Il Riu Is Tramazeddus in prossimità delle nuove zone C di Via Palmiro Togliatti e della nuova zona D ad est del canale.

Lungo il canale is Tramazeddus proprio a monte della Strada Statale il PAI individuava un'area a pericolosità idraulica molto elevata, in seguito ai lavori "Interventi di ripristino della funzionalità idraulica delle canalizzazioni periurbane Località is Tramazeddus", e al relativo Studio di Compatibilità idraulica le aree sono state declassate da pericolosità molto elevata a pericolosità moderata (Hi1), perimetrazioni adattate e approvate con Deliberazione N. 17/13 DEL 26.4.2006 della Giunta Regionale con Oggetto: "Comune di Serrenti. Adozione e approvazione nuove perimetrazioni, a seguito della realizzazione di interventi di mitigazione, delle aree a pericolosità e rischio di inondazione ai sensi dell'art. 37 comma 7, delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)".

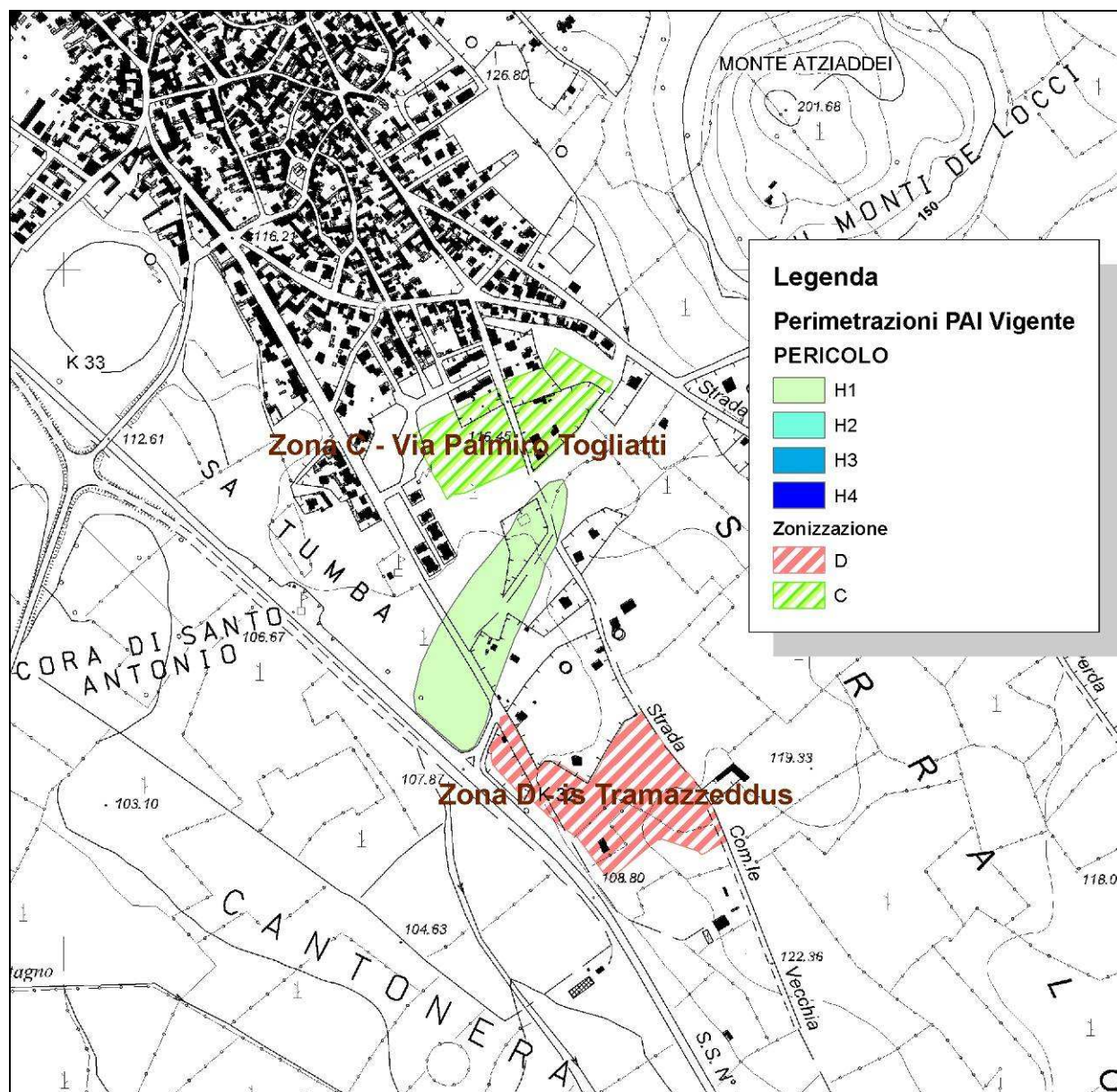


Figura 3.5: nuova zona C di Via Togliatti e nuova zona D a est del canale su carta tecnica regionale 1:10.000.

L'analisi idraulica dello studio di compatibilità idraulica succitata afferma che *“La sistemazione dell'alveo di magra, volta alla mitigazione dei processi di esondazione, realizzata in due lotti successivi, ... , consente il pieno contenimento della piena associata al tempo di ritorno dei 500 anni annullando definitivamente il rischio idraulico che insiste nell'area delimitata dal Piano d'Assetto Idrogeologico B7cpTC130 come risulta dalle verifiche idrauliche riportate in allegato”*.



Figura 3.6: canale de Is Tramazeddus a valle della Nuova zona C di Via Togliatti

Dall'analisi dei risultati dello studio di compatibilità idraulica dei lavori sul canale di Is Tramazeddus le aree a pericolosità idraulica dovrebbero essere annullate, nel PAI attualmente vigente le perimetrazioni originali anche se declassate permangono (Hi1 a pericolosità moderata), aree che comunque non interessano le nuove zone C di Via Palmiro Togliatti e la nuova zona D ad est del Canale di Is Tramazeddus.

Data la presenza di uno studio di dettaglio, approvato in via definitiva, che ha portato ad escludere la pericolosità idraulica per le zone soggette a variante non si è ritenuto di dover procedere ad ulteriori analisi idrauliche per il canale di Is Tramazeddus.

3.5.2 Il Riu Perda Ghiani e il Riu su Cannedu in prossimità della nuova Zona D di Monte Cuccui.

La zona D di Monte Cuccui è attraversata dal corso d'acqua denominato Riu Perda Ghiani, affluente di sinistra idraulica del Riu Canneddu, per questo motivo si condurrà la verifica idraulica del tratto che va dall'attraversamento (realizzato con tubolare in CLS DN 1000) sullo stradello a monte che praticamente è ubicato sul limite comunale con Smatzai, sino al ponticello sulla Strada Comunale Monte Perdosu.

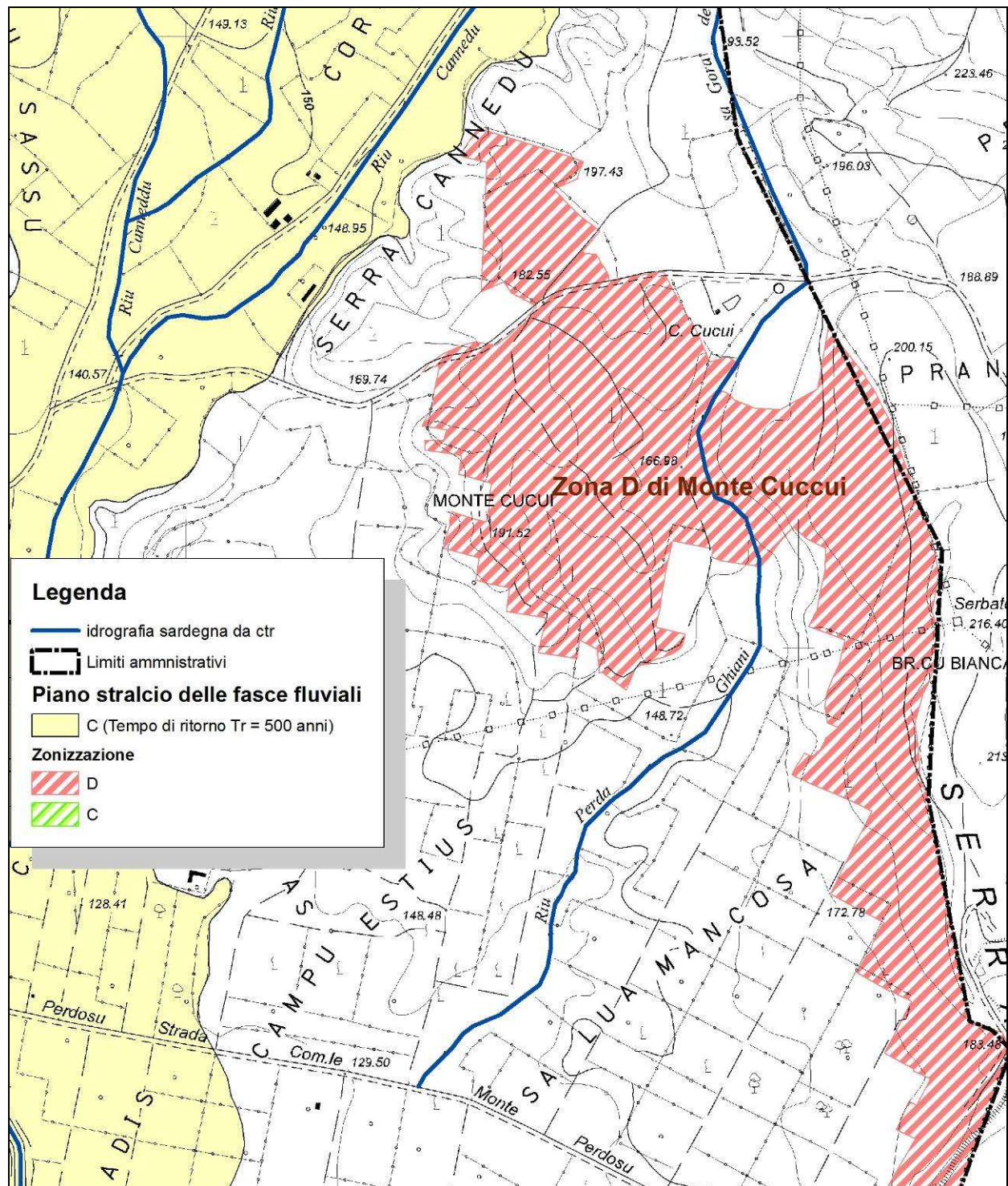


Figura 3.7: nuova zona D di Monte Cuccui su carta tecnica regionale 1:10.000.



Figura 3.8: alveo del Riu Perda Ghiani a monte e a valle dell'attraversamento sul limite comunale con Samatzai



Figura 3.3: Riu Perda Ghiani in corrispondenza dell'attraversamento sulla strada comunale di Monte Perdosu

La delimitazione della nuova zona D nella sua estremità nord occidentale arriva in prossimità della perimetrazione della Fascia C (fascia geomorfologica) del Riu Canneddu del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, motivo per il quale si condurrà la verifica idraulica anche per il ramo del Riu Canneddu sino alla confluenza di valle praticamente in corrispondenza del ponte sullo stradello asfaltato che porta dall'abitato di Serrenti (prolungamento di Viale Marconi), alla zona di Monte Cuccui.



Figura 3.9: alveo e valle del Riu Canneddu in corrispondenza della confluenza di valle

3.5.3 Il Riu Perda Longa in prossimità della nuova zona D di Monte Porceddu

La nuova zona di Monte Porceddu è localizzata su una cresta, sul versante meridionale è presente un corso d'acqua, il Riu Maccioni, che prende origine proprio da queste alture in località Bruncu Perda, mentre sul versante settentrionale, proprio ai limiti comunali con Guasila, il Data Base Multiprecisione della Regione Sardegna segnala uno specchio d'acqua (STRATO: 04 - IDROGRAFIA - TEMA: 01 - SUPERFICI IDROGRAFICHE Classe: 06 - AREA BAGNATA DI SPECCHIO D'ACQUA – "ST 04 TE 01 CL 06"), in realtà si tratta di un laghetto artificiale di cava che in ogni caso non interessa la nuova zona D.

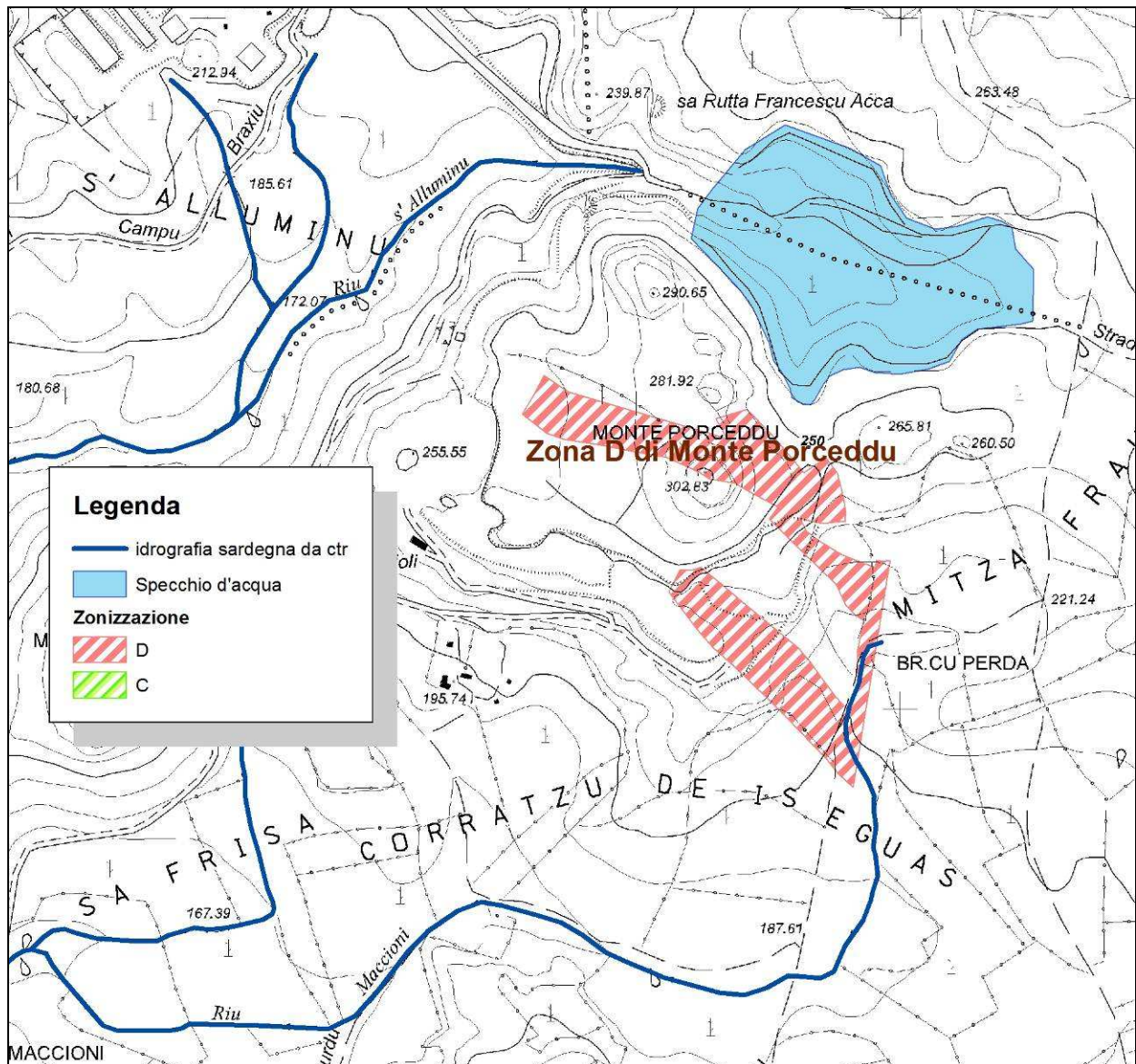


Figura 3.40: nuova zona D di Monte Porceddu su carta tecnica regionale 1:10.000.

Si condurrà l'analisi idraulica sul tratto del Riu Perda lunga che prende origine dal versante meridionale del Monte Porceddu, dato che proprio nella parte iniziale per circa 200 metri attraversa un lembo della nuova zona D.

Lo studio idrologico e l'analisi idraulica verranno sviluppati nel capitolo successivo e interesserà il tratto del Riu Perda Longa (Riu Maccioni) dalla sorgente sino alla prima confluenza con l'affluente di destra idraulica.

3.5.4 La nuova zona C di Via sa Baia e le nuove zone D di Monte Ibera e di Monte Atzorcu.

La nuova zona C di Via sa Baia si trova nella periferia nord-orientale dell'abitato di Serrenti, l'analisi della morfologia del territorio, e i sopralluoghi sul posto hanno portato ad escludere la presenza di corsi d'acqua o compluvi minori in corrispondenza o in prossimità dell'area in studio che possano creare delle situazioni potenzialmente critiche dal punti di vista della pericolosità idraulica.

Il corso d'acqua più vicino è il Riu Cardaxiu che è però piuttosto distante, (il punto più vicino dista oltre 300 metri), le aree perimetrare dal PAI (sezione di controllo: codice B7cpTC121) inoltre risultano planimetricamente distanti e interessare aree altimetricamente molto più basse (circa 10 metri), anche lo studio di compatibilità per la variante al PAI sullo stesso tratto di corso d'acqua commissionato dal Comune, porta ad escludere che le aree a pericolosità idraulica (di qualsiasi livello), possano interessare la zona oggetto di variante.

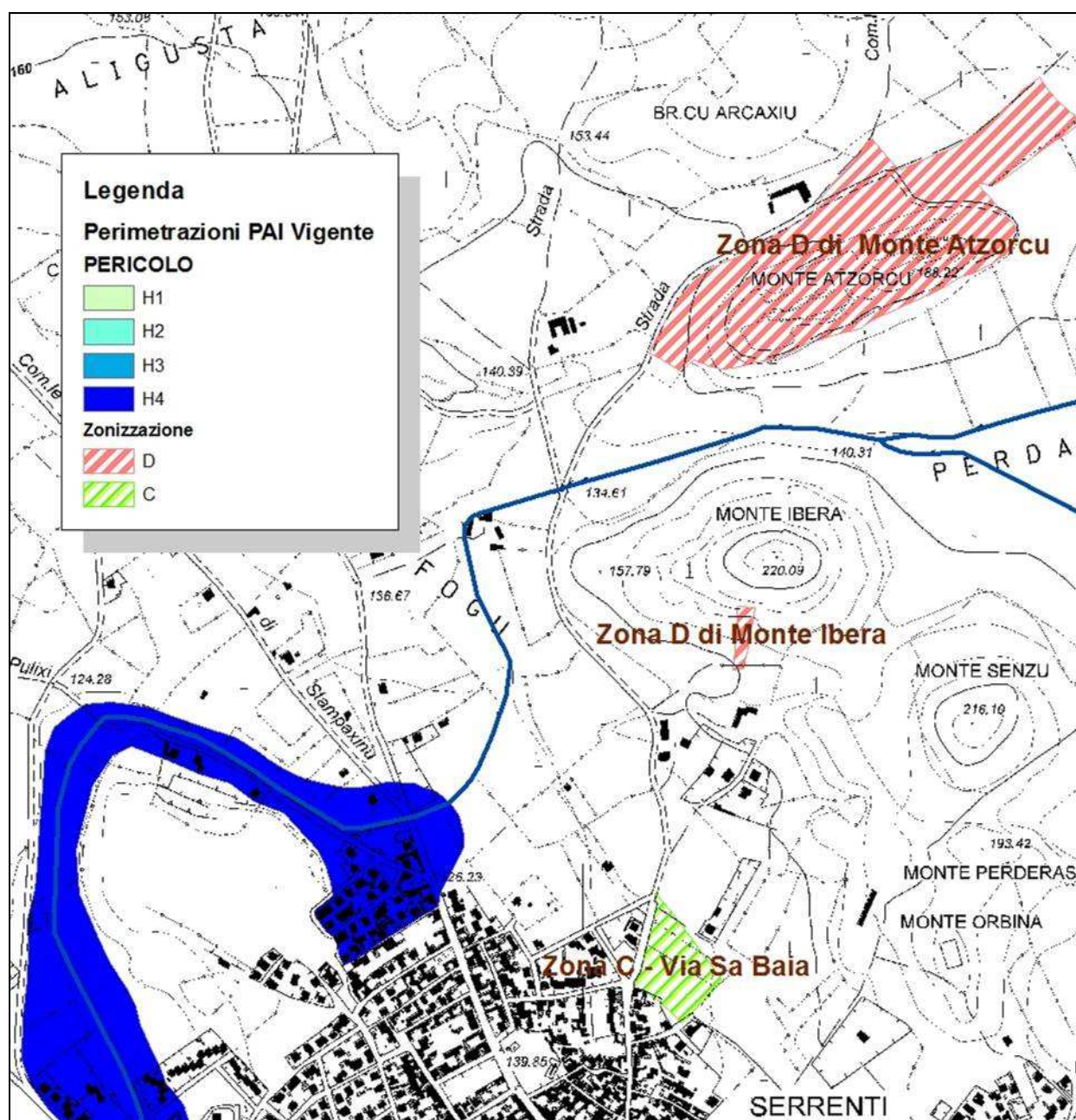


Figura 3.51: zona C di Via sa Baia e zone D di Monte Atzorcu e Monte Ibera su carta tecnica regionale 1:10.000.



Figura 3.62: nuova zona C di Via sa Baia

Come si può vedere dalle tavole allegate alla presente relazione e anche dalla Figura 3.53 le nuove zone D di Monte Atzorcu e di Monte Ibera sono distanti (circa 100 metri la prima e oltre 250 metri la seconda), dal corso d'acqua più vicino, il Riu Cardaxiu, e inoltre si trovano su degli alti morfologici, il che porta ad escludere situazioni potenzialmente critiche dal punto di vista della pericolosità idraulica, i sopralluoghi sul posto inoltre hanno escluso la presenza di compluvi minori di una qualche importanza non riportati nelle cartografie ufficiali.



Figura 3.73: cava di trachite il località Monte Atzorcu vista dallo stradello sterrato a nord dell'area di cava

Per quanto soprariportato per queste tre nuove zone non si è ritenuto di dover procedere ad ulteriori analisi idrauliche.

4 Analisi idrologica e idraulica

4.1 Quadro metodologico

Il presente capitolo è parte essenziale dello “Studio di Compatibilità idraulica” espressamente previsto dalle Norme di attuazione del PAI come approvate con Deliberazione n. 54/33 assunta dalla Giunta Regionale in data 30.12.2004 e resa esecutiva in forza del Decreto dell’Assessore ai Lavori Pubblici in data 21 Febbraio 2005, n. 3.

Il presente Studio di Compatibilità idraulica è redatto in conformità con quanto specificato nell’articolo 24 delle norme di attuazione del PAI, anche per le aree non espressamente perimetrate dal PAI, così come previsto dal comma 1 dell’art 26 delle stesse norme di attuazione.

Per i tronchi critici precedentemente individuati il presente capitolo contiene dunque:

- l’analisi idrologica finalizzata alla definizione della piena di riferimento completa di caratterizzazione geopedologica del bacino sotteso dalla sezione di controllo. La stima della piena di riferimento è stata condotta per i tempi di ritorno relativi al livello di pericolosità dell’area interessata dall’intervento indicati nel PAI;
- l’analisi idraulica dell’asta fluviale e dell’area di allagamento compresa tra due sezioni caratterizzate da condizioni al contorno definibili;
- l’analisi dei processi erosivi in alveo e nelle aree di allagamento;

Per quanto attiene le metodologie di analisi idrologica e idraulica sono stati applicati gli stessi criteri indicati nelle Linee Guida allegate alla Relazione del PAI.

Lo studio è quindi corredato da:

- planimetria dell’area di intervento;
- risultati delle elaborazioni numeriche;
- documentazione grafica con apposite sezioni e profili idraulici atti ad identificare i livelli di piena;
- elaborati grafici di dettaglio delle carte delle aree di pericolosità e di rischio idraulico.

Conformemente alle disposizioni impartite dalle Linee Guida del PAI, le valutazioni probabilistiche delle portate di piena sono state condotte con riferimento ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Gli elaborati cartografici allegati derivano da analisi di dettaglio alla scala 1:2.000; la restituzione cartografica è ad una scala adeguata alla rappresentazione delle sezioni e planimetrie.

Gli elaborati grafici sono inoltre restituiti in conformità a quanto previsto nelle “Linee guida per l’adeguamento dei PUC al PAI” (Deliberazione del Comitato Istituzionale 18 Luglio 2007 – Autorità del Bacino Regionale della Sardegna).

4.1.1 Analisi idrologica per la determinazione della portata di piena

4.1.1.1 Metodologie di calcolo delle portate di piena

Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, e la necessità di stimarne i valori in sezioni non osservate, impone di valutare le portate di piena ad assegnata frequenza mediante il confronto critico dei risultati ottenuti dalle metodologie indirette.

4.1.1.2 Metodi indiretti

La poca disponibilità di osservazioni storiche di portata, fa' si che non si possa prescindere dall'uso di procedure indirette per la valutazione della portata di piena. Tali metodologie stimano la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di questa ultima caratterizzi quella della portata al colmo.

Per la stima delle portate di piena si fa riferimento al modello cinematico (o razionale) che si basa sulle seguenti ipotesi fondamentali:

- la pioggia critica è quella che ha durata pari al tempo di corrivazione 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.

La portata di massima piena che scaturisce dalle suddette ipotesi è fornita dalla relazione:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \psi \cdot \frac{h_{T_c}}{T_c} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

T_c = tempo di corrivazione [ore]

S = superficie del bacino [km^2]

h_{T_c} = pioggia critica di durata T_c [mm]

Ψ = coefficiente di deflusso.

4.1.1.3 Determinazione del tempo di corrivazione

Per la determinazione del **tempo di corrivazione** T_c sono state utilizzate le formule sottoelencate:

- Soil Conservation Service

$$T_c = 0,0027 * 1000L^{0,8} \cdot [(1000 / CN) - 9]^{0,7} i_{VERSANTE}^{0,5}$$

- Formule di Ventura:
$$T_c = 0.1272 \left(\frac{S}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ [ore]}$$
- Formula di Giandotti:
$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}} \text{ [ore]}$$
- Formula di Viparelli:
$$T_c = \frac{L}{3.6V} \text{ [ore]}$$

(dove V è la velocità media di scorrimento ed è stata assunta pari a 1 m/s)

- Formula di Pasini:
$$T_c = \frac{0.108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}} \text{ [ore]}$$
- Formula VAPI
$$T_c = 0.212S^{0.231} \left(\frac{H_m}{i_m} \right)^{0.289} \text{ [ore]}$$

4.1.1.4 Determinazione dell'altezza di pioggia critica

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di pioggia critica lorda h_{Tc} da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa usualmente ricorso alle curve di possibilità pluviometrica che caratterizzano il regime pluviometrico sardo. Tali curve sono state ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

4.1.1.5 Modello TCEV

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

La pioggia lorda h viene ricavata dalla nota formula:

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

dove:

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

quindi
$$h(T_p) = a_1 \cdot a_2 \cdot T_p^{n_1+n_2} = \mu(T_p) \cdot k(T_p)$$

dove $\mu(T_p) = a_1 \cdot T_p^{n_1}$ è detta Pioggia Indice di durata T_p ed è data dalla media dei massimi annui delle piogge di durata T_p e $k(T_p) = a_2 \cdot T_p^{n_2}$ è detto Coefficiente di Crescita.

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-0.18488+0.22960 \cdot \text{Log}(T)-3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-1.0469 \cdot 10^{-2}-7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-0.18722+0.24862 \cdot \text{Log}(T)-3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-6.3887 \cdot 10^{-3}-4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$ $n=-0.19060+0.264438 \cdot \text{Log}(T)-3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$ $n=1.4929 \cdot 10^{-2}+7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

Tabella 4-1: parametri della curva di possibilità climatica per T_r maggiori di 10 anni¹

I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete.

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

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

Dalla curva delle Isoiete Figura 4-1 si determina il valore di μ_g pari a 45, da cui si ricava a_1 e n_1 e di conseguenza $\mu(T_p)$.

Per quanto riguarda a_2 e 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 e a seconda delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna².

I bacini dei tratti studiati e il territorio comunale di Serrenti, come si può vedere nella Figura 4-2, ricadono interamente nella SZO 2, dalla tabella sopra riportata le espressioni di a_2 e n_2 per T_p , che nel metodo cinematico è posto pari al T_c , maggiore di 1 ora sono:

$$a_2 = 0,43797 + 1,0890 \log T_R$$

$$n_2 = -6,3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} (\log T_R)$$

mentre per T_p minori di 1 ora sono:

$$a_2 = 0,43797 + 1,0890 \log T_R$$

$$n_2 = -0,18722 + 0,24862 \cdot \log T_R - 3,36305 \cdot 10^{-2} \cdot (\log T_R)^2$$

¹ 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"

² (Vedasi Deidda e Piga, curve di possibilità pluviometrica basate sul modello TCEV, Informazione 81, pagg.9-14, Cagliari 1998).

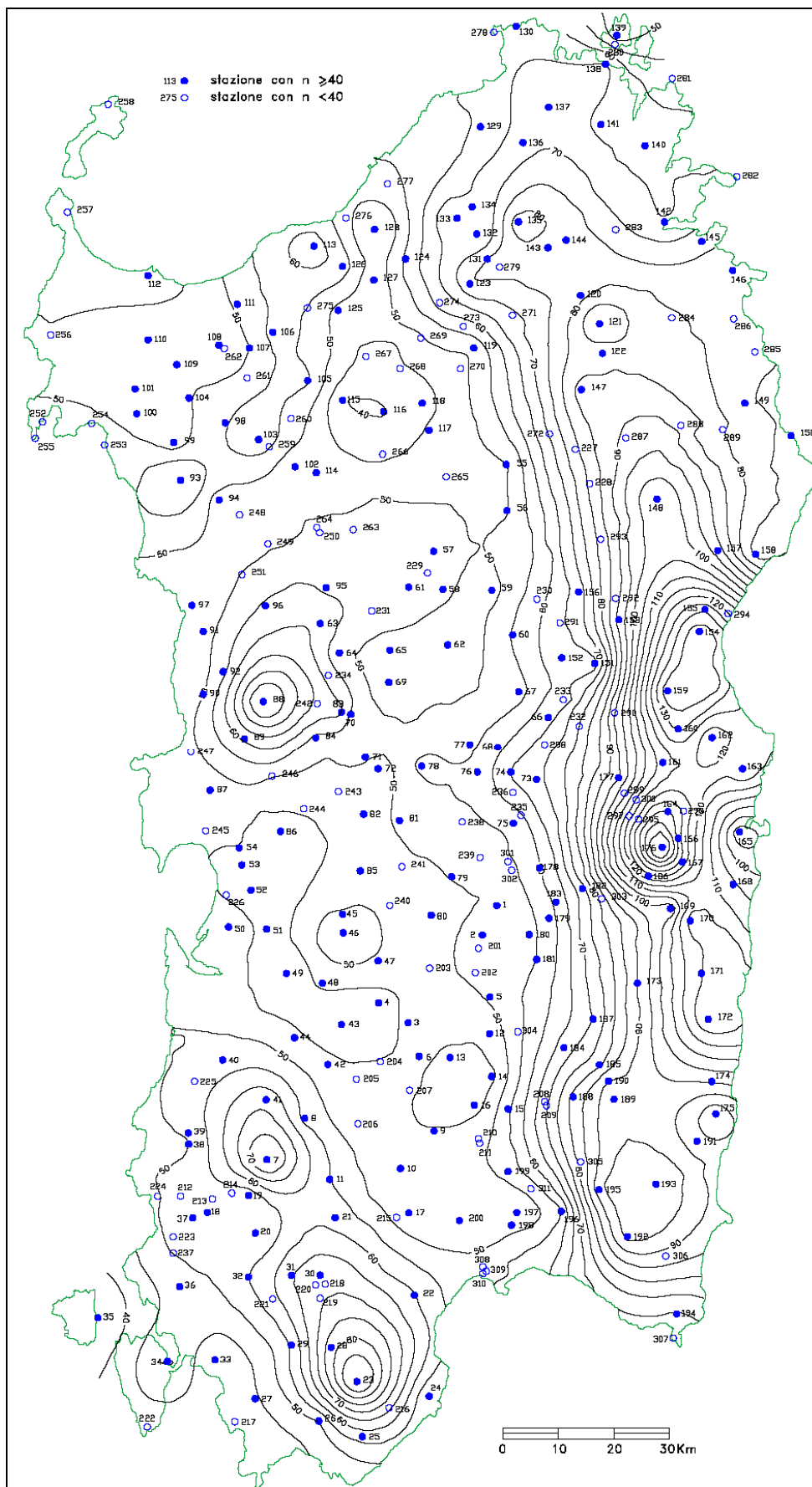


Figura 4-1: Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca dell'Università di Cagliari, 1997)

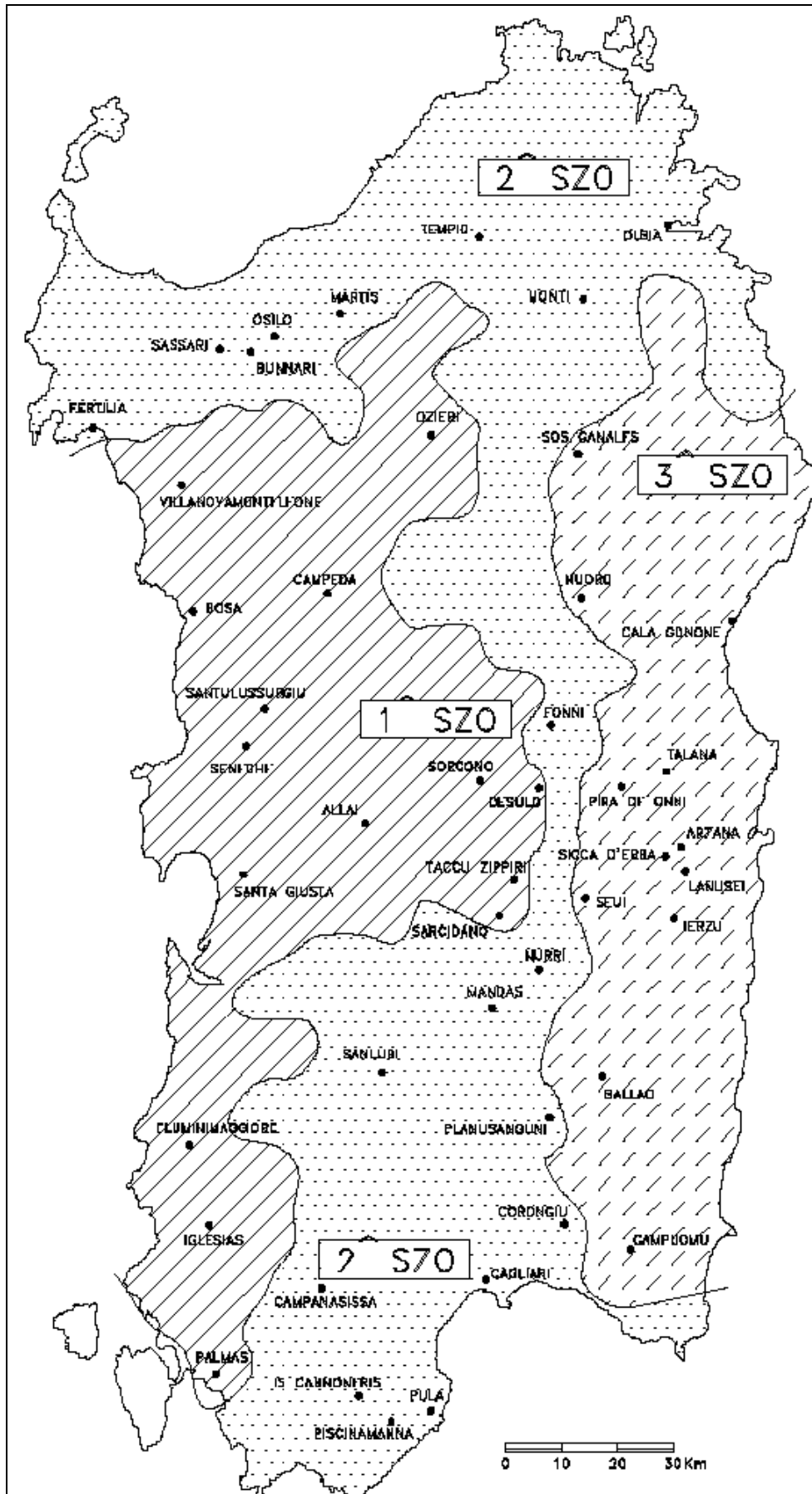


Figura 4-2: Carta delle Sottozone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna. (da Deidda ed AL., 1993)

4.1.1.6 Coefficiente di riduzione areale

Quando si ricavano le altezze h di pioggia dalle curve di possibilità pluviometrica si suppone che tali valori corrispondano al centro di scroscio che viene individuato per ipotesi nel punto in cui vi è la stazione di misura.

Poi si considera tale pioggia uniformemente distribuita su tutto il bacino. In realtà la pioggia diminuisce allontanandosi dal centro di scroscio, quindi considerare quella stessa intensità di pioggia costante su tutto il bacino porta ad un errore per eccesso.

Per tenere conto di ciò si è deciso di applicare alle altezze di pioggia ottenute un coefficiente di riduzione areale che è espresso da diverse formulazioni tra cui quella, utilizzata dal VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report del Wallingford Institute (UK 1977):

$$ARF = 1 - f_1 \cdot T_p^{-f_2}$$

dove:

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

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$f_2 = 0,4 - 0,003832 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S > 20 \text{ km}^2$$

Per il coefficiente ARF si osserva che:

- diminuisce all'aumentare dell'area S ;
- aumenta all'aumentare della durata di pioggia T_p .

In base a tale coefficiente verranno ricavate delle altezze di pioggia h' pari alle altezze di pioggia lorda h calcolate con le curve di possibilità pluviometrica moltiplicate per il coefficiente ARF di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino.

4.1.1.7 Coefficiente di deflusso

Di fondamentale importanza per una corretta valutazione delle portate di piena è la stima del coefficiente di deflusso Ψ , che merita particolare attenzione perché può dar luogo a sottostime o soprastime, anche rilevanti, della portata di piena.

Infatti non tutta l'acqua della precipitazione (PIOGGIA TOTALE) contribuisce alla portata 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, e infine vi è una parte, in genere la più cospicua, che va a formare il deflusso superficiale e scorre verso le zone di compluvio formando prima i rigagnoli quindi i torrenti e i fiumi arricchendosi sempre più in quantità.

La parte di pioggia totale che alimenta il deflusso superficiale è detta **pioggia netta** e il coefficiente di deflusso rappresenta appunto il rapporto tra tale pioggia e la pioggia totale.

Il coefficiente di deflusso individua le cosiddette perdite del bacino che dipendono da diversi fattori, in primo luogo dal tipo di terreno, dalla copertura vegetale e dalle condizioni iniziali di umidità. Per la sua determinazione sono stati proposti diversi metodi che vanno da semplici tabelle di riferimento che tengono in considerazione alcuni elementi come copertura del suolo e superficie del bacino ai metodi più complessi che cercano di tenere in conto della pluralità di fattori sopra riportati.

Uno di questi è il **Metodo Curve Number** elaborato dal Soil Conservation Service fin dal 1956 che è tra quelli più utilizzati ed è attualmente considerato tra i più appropriati riportati in letteratura. Nel rapporto VAPI per la Sardegna si è scelto di ricorrere a questo metodo, che consente di ricavare il valore della pioggia netta mediante la stima delle perdite di bacino dovute ai fenomeni di infiltrazione:

$$h_N = \frac{(h - I_a)^2}{h - I_a + f_s} \quad (1)$$

dove:

I_a = fattore di ritenzione iniziale;

f_s = capacità massima di assorbimento del bacino (è la massima quantità invasabile nel terreno dopo l'inizio del deflusso superficiale).

Da riscontri sperimentali si è ricavato:

$$I_a = 0,20 \cdot f_s$$

quindi la (1) diventa:

$$h_N = \frac{(h - 0,20 \cdot f_s)^2}{h + 0,80 \cdot f_s} \quad (2)$$

f_s è collegato alle caratteristiche del suolo dalla seguente formula:

$$f_s = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ [mm]} \quad (3)$$

Il CN è un indice numerico che descrive in percentuale la quantità d'acqua caduta nel suolo che contribuirà al deflusso superficiale. Può variare da 0 a 100 anche se in pratica oscilla tra 25 e 98; per esempio un'area completamente pavimentata può avere CN=98 e un campo coltivato CN≈25. In altre parole, com'è evidente dalla (3) se CN è grande, l'infiltrazione F_s è piccola e quindi avremo elevato coefficienti di deflusso.

I valori del CN, che teoricamente possono variare tra zero (assenza di deflusso superficiale) e 100 (assenza di perdite per infiltrazione), si ricavano dalle tabelle del Soli Conservati Service in funzione principalmente dell'uso del suolo e della capacità di infiltrazione di questo ultimo.

USO DEL SUOLO	TIPO DI DRENAGGIO	CONDIZIONI IDROLOGICHE	TIPO DI TERRENO			
			A	B	C	D
<i>Terreno Residenziale</i>						
Zone urbane	85% impermeabile	qualsiasi	89	92	94	95
Zone industriali	72% impermeabile	“ “	81	88	91	93
Case a schiera	65% impermeabile	“ “	77	85	90	92
Ville isolate	25% impermeabile	“ “	54	70	80	85
Parcheggi	100% impermeabile	“ “	98	98	98	98
Parchi	75% a verde	“ “	39	71	74	80
Strade pavimentate	Con cunette e fognatura	“ “	98	98	98	98
Strade in macadam	---	“ “	76	85	89	91
Strade sterrate	---	“ “	72	82	87	89
<i>Terreno Agricolo</i>						
Prato stabile	---	qualsiasi	77	86	91	94
Seminativo	Solchi a rittocchino	Cattive	65	76	84	88
Seminativo	Solchi a rittocchino	Buone	63	75	83	87
Seminativo	Solchi a traversochino	Cattive	63	74	82	85
Seminativo	Solchi a traversochino	Buone	61	73	81	84
Seminativo	Terrazzato	Cattive	61	72	79	82
Seminativo	Terrazzato	Buone	59	70	78	81
Pascolo	---	Cattive	68	79	86	89
Pascolo	---	Discrete	49	69	79	84
Pascolo	---	Buone	39	71	64	80
Erbaio	---	qualsiasi	30	58	71	78
Terreno boschivo	---	Cattive	45	66	77	83
Terreno boschivo	---	Discrete	36	60	73	79
Terreno boschivo	---	Buone	25	55	70	77

Tabella 4-2: Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli di copertura vegetale e per condizioni medie di umidità antecedenti l’evento (AMCII)

E’ necessario tener conto delle condizioni iniziali di imbibimento del terreno attribuendo al terreno in esame una classe AMC (ANTECEDENT MOISTURE CONDITION):

AMC I	Terreno poco saturo
AMC II	Terreno mediamente saturo
AMC III	Terreno molto saturo
Riferiti a valori di saturazione analizzati in base ai 5 g.g. di pioggia precedenti l’evento.	

Tabella 4-3: classi AMC per le condizioni iniziali di imbibimento del terreno

I valori del parametro CN tabellati in letteratura sono quelli riferiti a condizioni medie di umidità del terreno all’inizio della precipitazione e in funzione del tipo di terreno illustrati nella Tabella 4-4 riportata nella pagina seguente.

Gruppo	Tipo di terreno
A	Suolo con alta capacità di infiltrazione , anche se già bagnato. Principalmente sabbia e ghiaia, con strati profondi e ben drenati.
B	Suolo con moderata capacità di infiltrazione allorquando risultano bagnati. Moderato drenaggio profondo. Tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana
C	Suolo con piccola capacità di infiltrazione allorquando risultano bagnati. Solitamente presentano uno strato che impedisce il drenaggio verticale possiedono una tessitura da moderatamente fina a fina.
D	Suolo con molto piccola capacità di infiltrazione . Principalmente argille con alto potenziale di rigonfiamento; suoli con livello di falda alto e perennate; suoli con strati argillosi in superficie; suoli poco profondi su strati impermeabili o semi-impermeabili.

Tabella 4-4: suddivisione in classi del tipo di terreno in funzione della capacità di infiltrazione del suolo

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Per i bacini in esame l'uso del suolo è stato ricavato dalla "Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 – 2008"³, elaborata dalla Regione Sardegna, suddivise in 77 tipologie organizzata gerarchicamente secondo la classificazione di dettaglio delle cinque categorie CORINE Land Cover fino a 5 livelli.

³ Estratta dal "Catalogo dati" di SardegnaGeoportale della Regione Autonoma della Sardegna

4.1.2 Analisi idraulica

4.1.2.1 Criteri generali

Il calcolo idraulico del canale è stato condotto riferendosi alla condizione di moto permanente che, a differenza del moto uniforme che fornisce i livelli idrici di sicurezza di un canale considerato "indisturbato", da dei risultati più vicini alla realtà in quanto la corrente idrica lungo il suo percorso è certamente influenzata dai cambiamenti di sezione, scabrezza, pendenza, andamento planimetrico, etc., di cui le simulazioni di moto permanente più propriamente tengono conto.

Ovviamente per effettuare un calcolo di moto permanente più attinente possibile alla realtà, è necessario fare una simulazione completa che comprenda un certo numero di sezioni lungo tutto il tronco critico oggetto dello studio

Sono state quindi determinate:

- le sagome delle sezioni trasversali e relative dimensioni geometriche;
- la pendenza longitudinale del fondo;
- la sequenza planimetrica delle sezioni trasversali;
- il valore della scabrezza del fondo, delle sponde e delle aree esondabili;

Tutte le informazioni suddette sono state utilizzate come dati di input del software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers.

4.1.2.2 Breve descrizione del programma di calcolo: modulo di moto permanente

Tra i moduli di calcolo contenuti nel programma succitato, in questa sede si utilizzerà quello che consente l'analisi del moto permanente gradualmente vario in regime di corrente lenta, veloce o di regime misto.

La procedura base adottata dal programma per i calcoli è incentrata sulla soluzione iterativa dell'equazione monodimensionale dell'energia:

$$E = z + y + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

che stabilisce che l'energia totale in una data sezione, lungo il tratto in analisi, è data dalla somma dell'energia potenziale e dall'energia cinetica.

Le perdite valutate sono quelle per attrito (equazione di Manning) e quelle causate dalla contrazione e espansioni delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'energia cinetica).

L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni; questo si verifica in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici), oppure in corrispondenza di ponti o delle confluenze di più rami di una rete.

Si possono effettuare analisi di più configurazioni geometriche contemporaneamente; calcoli di più profili; analisi idrauliche in corrispondenza di punti singolari quali ponti, sottopassi ad aperture multiple e manufatti con paratoie.

Un'altra operazione consentita dopo aver immesso tutti i dati geometrici necessari, è quella di effettuare la simulazione con l'ausilio di sezioni interpolate che il programma costruisce automaticamente in base a quelle immesse dall'utente ed effettivamente rilevate in sito.

4.1.3 Definizione della pericolosità idraulica Hi

La pericolosità idraulica è definita come 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 di 50, 100, 200 e 500 anni.

Pericolosità		Frequenza (1/T)	Periodo di ritorno (T anni)
Hi1	Bassa	0.002	500
Hi2	Moderata	0.005	200
Hi3	Alta	0.01	100
Hi4	Molto alta	0.02	50

Scopo dell'indagine idraulica è stato dapprima quello di calcolare i livelli idrici nei singoli tratti per poi verificare se fossero contenuti o meno all'interno delle sezioni arginate. Sono state così considerate come allagabili tutte le porzioni di territorio limitrofe al corso d'acqua le cui quote del piano di campagna risultavano minori di quelle del pelo libero della corrente nelle sezioni considerate. In questo modo sono state individuate le aree potenzialmente a rischio secondo la classificazione della tabella sopra indicata:

- AREA Hi4: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni
- AREA Hi3: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 100 anni
- AREA Hi2: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 200 anni
- AREA Hi1: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 500 anni.

4.2 Il Riu Canneddu e la Zona D di Monte Cuccui

La zona D di Monte Cuccui ricade all'interno del Bacino idrografico del Riu Canneddu, che è stato inserito tra le aste secondarie del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali⁴, e come tale si sono delimitate delle ampie Fasce C, con il criterio geomorfologico, equivalenti dal punto di vista vincolistico alle aree a pericolosità moderata (Hi1 sul PAI).

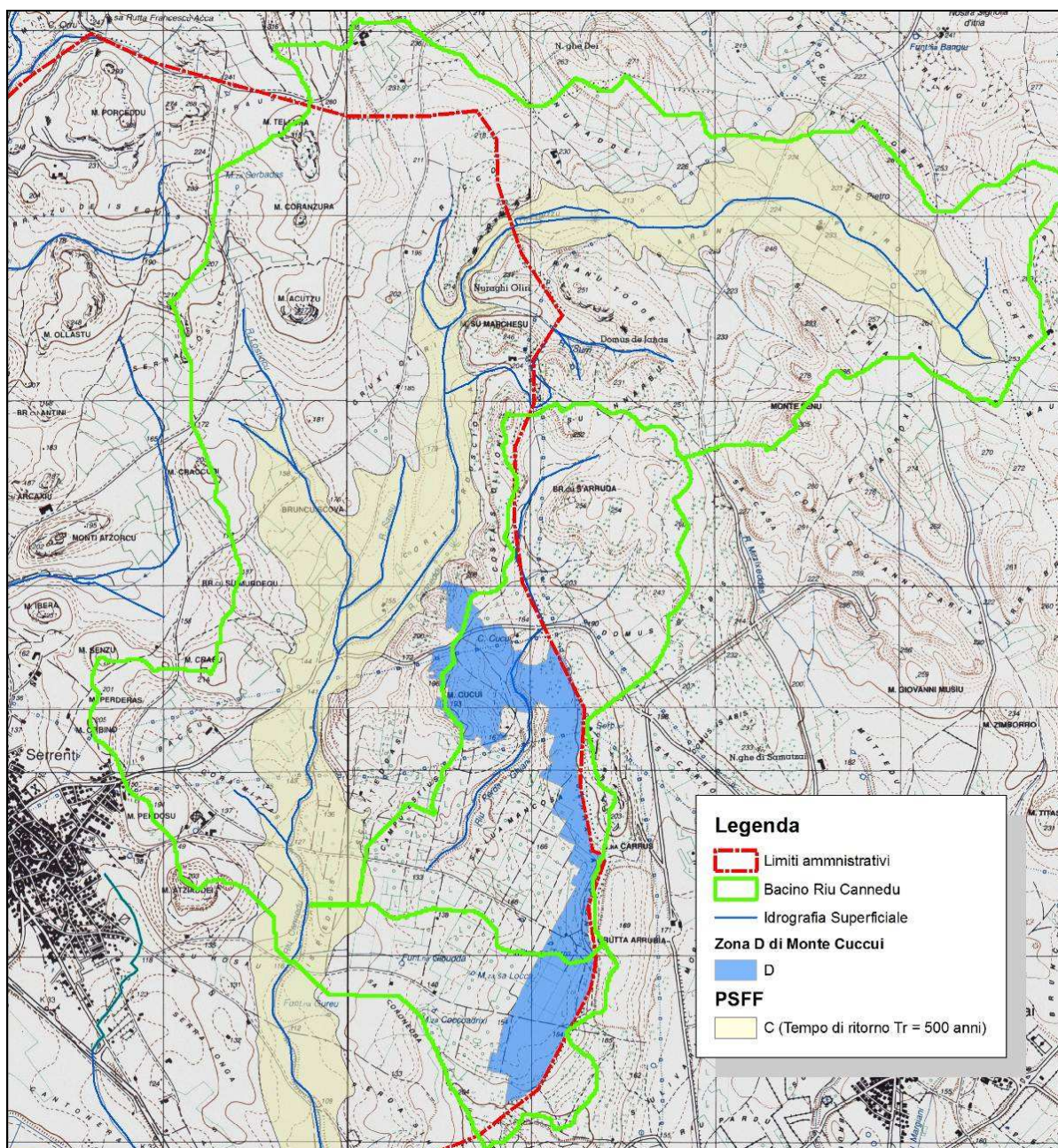


Figura 4-3: perimetrazioni delle fasce C (geomorfologiche) del PSFF sul Riu Canneddu su cartografia IGM 1:25000

⁴ Predisposizione del complesso di “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”. Adozione preliminare con Deliberazione n. 1 del 31 Marzo 2011 del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della Regione Autonoma della Sardegna.

4.2.1 Determinazione della portata del Riu Canneddu

4.2.1.1 Individuazione del bacino idrografico

Per l'analisi idrologica si considera il tratto del Riu Canneddu, individuando la sezione di chiusura del bacino a valle della confluenza con il Riu Perda Ghiani impluvio che drena la nuova zona D di monte Cuccui.

4.2.1.2 Morfologia del bacino del Riu su Canneddu

Dall'analisi del bacino idrografico riportata nei paragrafi successivi otteniamo i seguenti risultati:

- Superficie $S=15,323 \text{ Km}^2$
- Lunghezza asta principale $L=7.632 \text{ km}$
- Altitudine massima $H_{\text{MAX}} = 310,72 \text{ m s.l.m. (Monte Tellura)}$
- Altitudine minima $H_0 = 119.84 \text{ m s.l.m. (sezione di chiusura bacino sul ponticello in località is Pietadis)}$
- Altitudine media $H_m = 194,70 \text{ m s.l.m.}$
- Pendenza media dell'asta principale $i_m=0,0122 = 1,22\%$
- Pendenza media del bacino drenante $i_{\text{VERSANTE}} = 10,45\%$

Parametri di Forma del bacino

- Indice di forma di Horton $H_F = 0,2631$

Il Fattore di Forma di Horton è il rapporto tra l'area del bacino A e l'area di un quadrato avente il lato pari alla lunghezza dell'asta principale.

$$H_F = \frac{A}{L^2}$$

- Indice di circolarità $R_C = 0,2425$

L'indice di circolarità è il rapporto tra l'area del bacino A e l'area del cerchio di uguale perimetro P:

$$R_C = 4\pi \frac{A}{P^2}$$

- Indice di uniformità o compattezza di Gravelius $R_U = 2,0308$

L'indice di uniformità o di compattezza di Gravelius è il rapporto tra il perimetro del bacino e quello di un cerchio avente lo stesso perimetro del bacino:

$$R_U = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$$

- Indice di allungamento $R_A = 0,5787$

L'indice di allungamento è il rapporto tra il diametro di un cerchio avente area uguale a quella del bacino e la lunghezza dell'asta principale L:

$$R_A = \frac{2\sqrt{A}}{L\sqrt{\pi}}$$

Altitudine media del bacino del Riu Cannedu

E' la media ponderata delle altezze medie tra 2 curve di livello:

$$H_{med} = \frac{1}{S} \left(\sum_{i=1}^N \left(\frac{H_i + H_{i+1}}{2} \right) \cdot S_i \right)$$

Si = superficie compresa tra due curve di livello Hi e Hi+1

Altitudine media bacino = **194,70** m slmm

Pendenza media dell'asta principale

La pendenza media dell'asta principale è stata calcolata con la formula di Fornari :

$$\sqrt{im} = \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{i_1}} + \dots + \frac{l_n}{\sqrt{i_n}}}$$

dove i valori di i^i ed l^i rappresentano rispettivamente la pendenza e la lunghezza dei tratti nei quali la pendenza dell'alveo può considerarsi uniforme; L rappresenta la lunghezza complessiva dell'asta principale del bacino, ed è uguale alla sommatoria delle l^i .

Hi+1 (m)	Hi (m)	□H	li (m)	ii=□H/li	√ii	li/√ii
249.75	240.00	9.75	528.32	0.018455	0.135848	3889.048
240.00	230.00	10.00	439.45	0.022756	0.150850	2913.159
230.00	220.00	10.00	637.36	0.015690	0.125259	5088.353
220.00	210.00	10.00	618.23	0.016175	0.127182	4860.994
210.00	200.00	10.00	699.98	0.014286	0.119525	5856.369
200.00	190.00	10.00	357.12	0.028002	0.167337	2134.132
190.00	180.00	10.00	330.33	0.030273	0.173991	1898.550
180.00	170.00	10.00	385.10	0.025967	0.161144	2389.793
170.00	160.00	10.00	560.32	0.017847	0.133592	4194.249
160.00	150.00	10.00	687.55	0.014544	0.120600	5701.071
150.00	140.00	10.00	616.97	0.016208	0.127312	4846.141
140.00	130.00	10.00	421.71	0.023713	0.153990	2738.551
130.00	120.00	10.00	1074.82	0.009304	0.096457	11143.038
120.00	119.84	0.16	275.13	0.000582	0.024115	11408.983
		L=	7632.39			69062.431

Da cui la pendenza media dell'asta principale del Riu Pramaera risulta:

im=0,0112 = 1,12%

4.2.1.3 Risultati dello studio idrologico

Come si vede dalla Figura 4.4 il bacino in studio e l'intero territorio comunale di Serrenti ricadono interamente nella SZO 2 e ha un T_p , che nel metodo cinematico è posto pari al T_c , maggiore di 1 ora, le espressioni di a_2 e n_2 sono le seguenti:

$$a_2 = 0,43797 + 1,0890 \log T_R$$

$$n_2 = - 6,3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} (\log T_R)$$

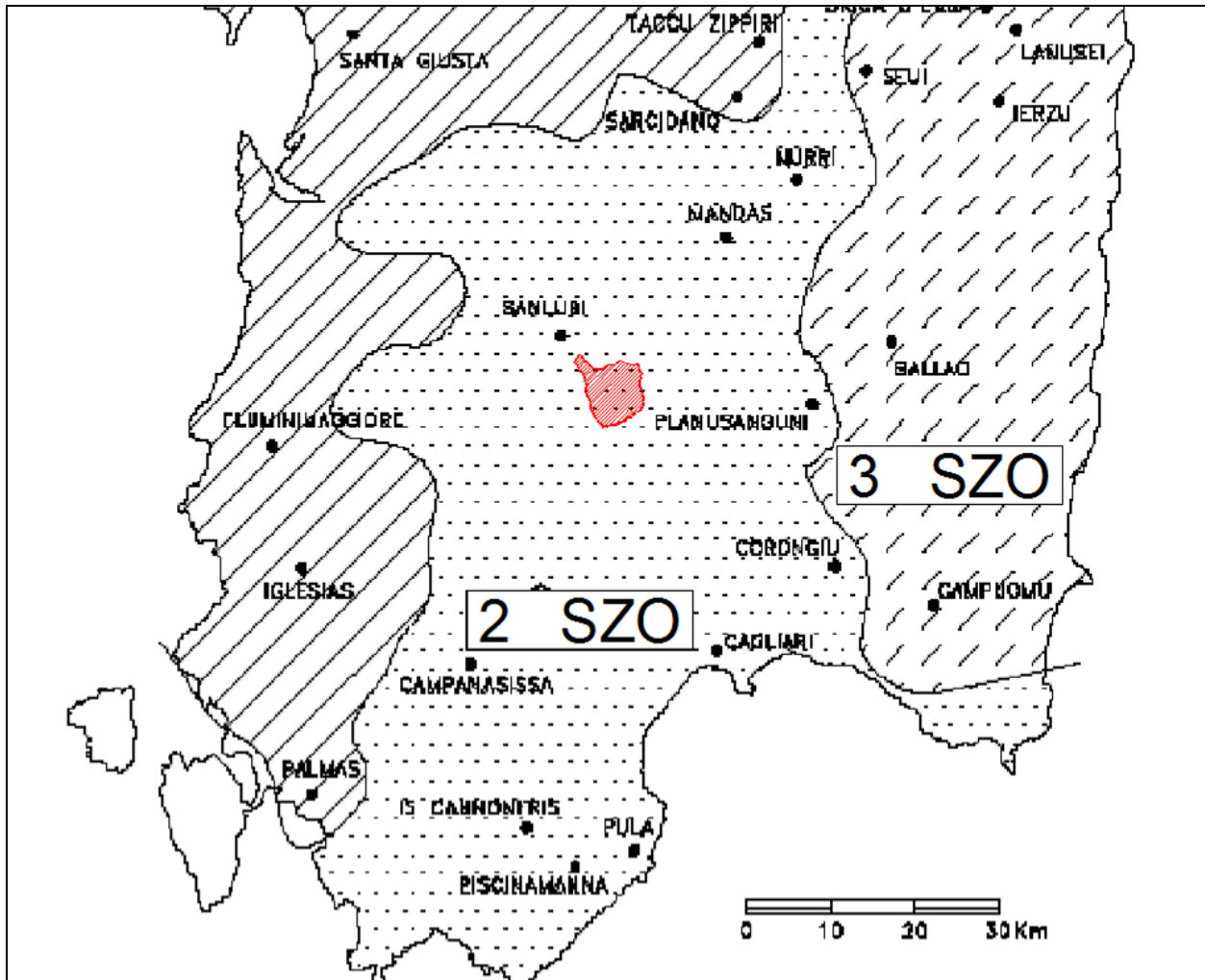


Figura 4-4: stralcio della Carta delle Sottozone Omogenee per il bacino in studio.

Metodo razionale TCEV per la determinazione dei parametri della curva di possibilità pluviometrica

TR [anni]	Tc [h]	g [mm]	a ₁	n ₁	a ₂	n ₂	h _{tc} [mm]	h' _{tc} [mm]
50	3,87	45	19,9570	0,2939	2,2881	-0,0141	66,686	62,596
100	3,87	45	19,9570	0,2939	2,6160	-0,0155	76,099	71,432
200	3,87	45	19,9570	0,2939	2,9438	-0,0168	85,477	80,235
500	3,87	45	19,9570	0,2939	3,3771	-0,0186	97,821	91,821

Dove ricordiamo che μ_g è la pioggia indice giornaliera data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta

delle Isoiete riportata in Figura 4-1 e come si può vedere dalla Figura 4.5, la isoiete dei 45 mm è perlopiù baricentrica rispetto al territorio comunale di Serrenti quindi si può assumere come pioggia indice giornaliera proprio questo valore, e Tc è il tempo di corrivazione la cui determinazione ha dato i seguenti risultati:

METODO	Tc (ore)
SCS	3,87
Ventura	4,51
Giandotti	3,92
Viparelli (v=0,5 m/s)	4,24
Pasini	4,78
VAPI	6,53

La scelta della formula SCS per la determinazione del T_c, essendo il valore più basso, va a tutto vantaggio della sicurezza perché fornirà le condizioni di deflusso più gravose.

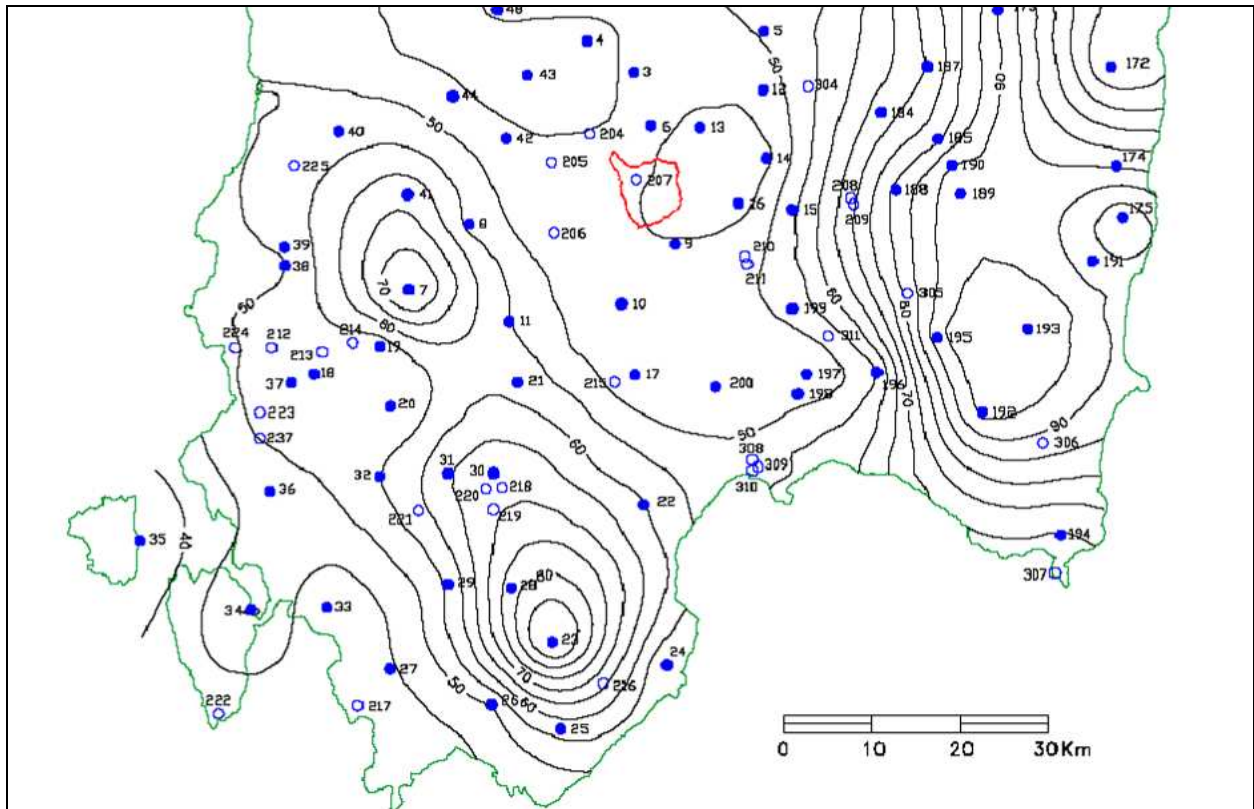


Figura 4-5: stralcio della Carta della Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna

Dove ricordiamo h'_{tc} è l'altezza critica moltiplicata per il coefficiente di riduzione areale ARF ottenuto con il metodo VAPI pari a 0,939 così determinato:

Coefficiente di riduzione areale

Quando si ricavano le altezze h di pioggia dalle curve di possibilità pluviometrica si suppone che tali valori corrispondano al centro di scroscio che viene individuato per ipotesi nel punto in cui vi è la stazione di misura.

Poi si considera tale pioggia uniformante distribuita su tutto il bacino. In realtà la pioggia diminuisce allontanandosi dal centro di scroscio, quindi considerare quella stessa intensità di pioggia costante su tutto il bacino porta ad un errore per eccesso.

Per tenere conto di ciò si è deciso di applicare alle altezze di pioggia ottenute un coefficiente di riduzione areale che è espresso da diverse formulazioni tra cui quella, utilizzata dal VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report del Wallingford Institute (UK 1977):

$$ARF = 1 - f_1 \cdot T_p^{-f_2}$$

dove:

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

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2$$

Per il coefficiente ARF si osserva che:

- diminuisce all'aumentare dell'area S;
- aumenta all'aumentare della durata di pioggia T_p .

Per bacino in esame che ha un'area complessiva pari a 15,323 km² si trova:

Tc [ore]	S [km ²]	f1	f2	ARF
3,87	15,323	0,103539944	0,386973307	0.93867

In base a tale coefficiente verranno ricavate delle altezze di pioggia h' pari alle altezze di pioggia lorda h calcolate con le curve di possibilità pluviometrica moltiplicate per il coefficiente ARF di ragguglio della precipitazione all'area del bacino.

Coefficiente di deflusso

Di fondamentale importanza, come affermato in precedenza, per una corretta valutazione delle portate di piena è la stima del coefficiente di deflusso Ψ , che merita particolare attenzione perché può dar luogo a sottostime o soprastime, anche rilevanti, della portata di piena. Per i bacini in esame l'uso del suolo è stato ricavato dalla carta d'uso del suolo suddivisa in 80 tipologie contenute in 5 livelli gerarchici secondo l'impostazione della CORINE LAND COVER. Questi dati si sono inoltre incrociati con quelli relativi alla permeabilità, rappresentata dal tipo di terreno suddivisi in quattro classi, andando dalla più alta (classe A) alla più bassa (classe D), i risultati sono illustrati nella Tabella 4-5.

Uso Del Suolo	Descrizione	Tipo di terreno	TIPO DI SUOLO CN II	TIPO DI SUOLO CN III	AREA [m ²]	AREA [%]	Fs
131	AREE ESTRATTIVE	B	88.00	94.40	411644.98	2.686%	15.059
221	VIGNETI	B	76.00	87.93	37379.07	0.244%	34.874
223	OLIVETTI	B	70.00	84.29	935331.43	6.104%	47.329
223	OLIVETTI	C	78.00	89.08	141471.75	0.923%	31.148
242	SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	B	76.00	87.93	627700.84	4.096%	34.874
242	SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	C	84.00	92.35	37527.80	0.245%	21.035
244	AREE AGROFORESTALI	C	77.00	88.51	15259.31	0.100%	32.987
321	AREE A PASCOLO NATURALE	A	49.00	68.85	90060.16	0.588%	114.942
321	AREE A PASCOLO NATURALE	B	69.00	83.66	1334509.98	8.709%	49.616
321	AREE A PASCOLO NATURALE	C	79.00	89.64	189041.82	1.234%	29.356
333	AREE CON VEGETAZIONE RADA <5%E>40%	B	79.00	89.64	22170.03	0.145%	29.356
333	AREE CON VEGETAZIONE RADA <5%E>40%	C	86.00	93.39	17836.64	0.116%	17.978
1111	TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	C	94.00	97.30	2899.96	0.019%	7.049
1122	FABBRICATI RURALI	B	70.00	84.29	29779.82	0.194%	47.329
1122	FABBRICATI RURALI	C	80.00	90.20	9782.93	0.064%	27.609
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	A	63.00	79.66	123155.13	0.804%	64.859
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	B	75.00	87.34	7784606.41	50.803%	36.812
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	C	83.00	91.82	583810.18	3.810%	22.619
2112	PRATI ARTIFICIALI	B	86.00	93.39	159084.49	1.038%	17.978
2112	PRATI ARTIFICIALI	C	91.00	95.88	15368.98	0.100%	10.922
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	B	76.00	87.93	1352130.34	8.824%	34.874
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	C	84.00	92.35	123673.98	0.807%	21.035
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	B	66.00	81.70	11078.33	0.072%	56.891
3232	GARIGA	B	66.00	81.70	1136256.99	7.415%	56.891
3232	GARIGA	C	77.00	88.51	5429.53	0.035%	32.987
3241	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	B	66.00	81.70	90855.29	0.593%	56.891
31121	PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	B	60.00	77.53	19734.47	0.129%	73.623
31121	PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	C	73.00	86.15	15619.35	0.102%	40.846
	CURVE NUMBER PONDERATO		74.28	86.8105	15323200.00	100.000%	38.591

Tabella 4-5: uso del suolo, tipo di terreno in funzione della permeabilità e relativo Curve Number per il Bacino del Riu Canneddu

In base ai risultati ottenuti, sono stati calcolati gli h_{Ni} relativi a ciascuna codifica UDS ed è stata poi

calcolata la media pesata $h_N = \frac{\sum h_{Ni} \cdot S_i}{S_{bacino}}$ per ottenere la pioggia netta del nostro bacino.

Il coefficiente di deflusso sarà dato dal rapporto tra l'altezza di pioggia netta e quella lorda: $\psi = \frac{h_N}{h}$.

Con l'utilizzo del metodo CN per il calcolo del coefficiente di deflusso, procedendo come descritto nei paragrafi precedenti, si ottiene un'altezza di pioggia netta pari a:

Tempo di ritorno [anni]	Curve Number medio ponderato	Fs = Capacità massima di assorbimento del bacino [mm]	Ia = Fattore di ritenzione iniziale [mm]	$h'_{Tc,NETTA}$ = Pioggia netta [mm]
50	86,8105	38,591334	7,7182668	32,220
100	86,8105	38,591334	7,7182668	39,680
200	86,8105	38,591334	7,7182668	47,329
500	86,8105	38,591334	7,7182668	57,650

Da cui il coefficiente di deflusso per i vari tempi di ritorno è pari a:

$$\psi_{50} = \frac{h'_{Tc,NETTA}}{h'_{tc}} = 0,515$$

$$\psi_{100} = \frac{h'_{Tc,NETTA}}{h'_{tc}} = 0,555$$

$$\psi_{200} = \frac{h'_{Tc,NETTA}}{h'_{tc}} = 0,590$$

$$\psi_{500} = \frac{h'_{Tc,NETTA}}{h'_{tc}} = 0,628$$

Le portate di piena per i vari tempi di ritorno risultano:

$$Q_{50} = (\psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = 35,437 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{100} = (\psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = 43,641 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{200} = (\psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = 52,055 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{500} = (\psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = 63,406 \text{ m}^3/\text{sec}$$

4.2.2 Modellazione idraulica del Riu Perda Ghiani

L'area oggetto dello studio non è tra quelle perimetrata dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, redatto ai sensi della L. 267/98 modificata dalla L. 226/99, in ogni caso se ne conduce la verifica idraulica in quanto per un breve tratto, come anticipato nel capitolo precedente, attraversa l'area della nuova zona D di Monte Cuccui oggetto di variante.

4.2.2.1 Stato di fatto del Riu Perda Ghiani.

L'analisi idraulica sarà condotta per il tratto del corso d'acqua compreso tra l'attraversamento sulla stradello praticamente al confine comunale con Samatzai e il ponticello sulla "Strada Comunale Monte Perdosu" per un tratto di circa 1600 m.

L'attraversamento di monte è costituito da un tubolare DN 1000 mm in cls l'alveo del Riu Perda Ghiani sia a monte che a valle dell'attraversamento si presenta parzialmente ostruito da una fitta vegetazione riparia, la semplice ispezione visiva del manufatto di attraversamento è resa difficoltosa, oltre che dalla fitta vegetazione, dalla presenza di una recinzione metallica che impedisce l'accesso all'alveo del corso d'acqua.

L'attraversamento di valle invece è costituito da un ponticello realizzato con travi in cls con luce a sezione rettangolare di dimensioni circa 2,6 metri di larghezza per un metro di altezza, la luce utile al deflusso risulta parzialmente ostruita da detriti e rifiuti, le travi in cemento armato risultano parzialmente ammorlate e in qualche tratto mostrano il ferro di armatura a vista.



Figura 4-6: ponte sul Riu Perda Ghiani della "Strada Comunale di Monte Perdosu"

L'alveo del Riu Perda Ghiani immediatamente a monte del ponte risulta ben definito e tutto sommato in buono stato di pulizia e manutenzione e solo parzialmente ostruito da vegetazione riparia e canneti, mentre a valle risulta ostruito da una fitta vegetazione e pochi metri a valle costretto in un tubolare in cls che attraversa uno stradello laterale (probabilmente un accesso privato), da questo punto in poi scorre in canale inciso che è poco più che un cunettone e scorre all'interno di un terreno recintato e di fatto sene perde traccia come risulta anche dalla cartografia ufficiale.



Figura 4-7: alveo del Riu Perda Ghiani a monte del ponte sulla strada comunale.



Figura 4-8: tratto intubato immediatamente a valle del ponte sulla strada comunale.

4.2.2.2 Premessa alla verifica idraulica

Tutte le informazioni geometriche relative a sezioni, ponti, tombinature, tratti intubati, sono state utilizzate come dati di input del software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dall’Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers. Come condizioni al contorno per la simulazione idraulica si è utilizzata la pendenza media dei tratti di monte, e come condizione di valle l’altezza critica, e la simulazione è stata lanciata in regime di corrente mista.

Le sezioni per le simulazioni idrauliche sono estratte dal modello digitale del terreno ricavato dalla Carta Tecnica Regionale, si sono inoltre rilevate le principale sezioni critiche e le opere di attraversamento che interessano il tratto in studio.

Manning($s^{-1} m^{\frac{1}{3}}$)	Tipologia canale e aree di esondazione
0.030	Ponti ed opere di attraversamento in cls ammalorato e non in perfette condizioni di manutenzione
0.048	Corso d’acqua non rivestito con importante presenza di vegetazione e pozze profonde.
0.070	Aree di esondazione cespugliate, non coltivate con pochi alberi, in condizioni medie

Tabella 4-6 – coefficienti di scabrezza adottati per la simulazione idraulica

Il bacino del Riu Perda Ghiani è stato suddiviso in sottobacini in modo da assegnare a ciascun tratto del corso d'acqua le portate di propria competenza.

Le portate da inserire nel modello utilizzato per le simulazioni idrauliche sono state determinate con il criterio della similitudine idrologica, assumendo il contributo unitario del bacino complessivo relativo al Riu Canneddu, cautelativamente ad ogni tratto si è assegnata la portata competente al bacino sotteso dalla sezione più valliva, ma contemporaneamente per evitare di avere eccessive sovrastime nell'assegnazione delle portate si sono considerati tratti a non eccessivamente lunghi e sottobacini non troppo estesi.

Portate Riu Perda Ghiani			
	Monte Zona D	Zona D	Valle Zona D
Superficie [km²]	1.2394	1.6043	2.6457
Sezione	1604.850	1532.819	982.322
Portate Q ₅₀ [m ³ /s]	2.866	3.710	6.119
Portate Q ₁₀₀ [m ³ /s]	3.530	4.569	7.535
Portate Q ₂₀₀ [m ³ /s]	4.210	5.450	8.988
Portate Q ₅₀₀ [m ³ /s]	5.129	6.639	10.948

Tabella 4-7 – portate adottate per la simulazione idraulica

4.2.3 Modellazione idraulica del Riu Canneddu

L'area oggetto dello studio non è tra quelle perimetrata dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, redatto ai sensi della L. 267/98 modificata dalla L. 226/99, in ogni caso se ne conduce la verifica idraulica in quanto, come anticipato nel capitolo precedente, il Riu Canneddu è stato inserito tra le aste secondarie del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e le perimetrazioni delle fasce C sono prossime al limite nord-occidentale della nuova zona D di Monte Cuccui oggetto di variante.

4.2.3.1 Stato di fatto del Riu Canneddu.

L'analisi idraulica sarà condotta per il tratto del corso d'acqua, di circa 1700m, compreso tra la confluenza di monte in prossimità della "Fattoria Vedova Medda" e la confluenza con l'affluente di destra immediatamente a monte del ponte sulla strada che porta dall'abitato di Serrenti, alla zona di Monte Cuccui.



Figura 4-4: alveo del Riu Canneddu rispettivamente a immediatamente monte e immediatamente a valle della confluenza.

L'alveo del Riu Canneddu come si evince dalla morfologia dei luoghi e come verificato dai sopralluoghi in sito nel tratto oggetto dello studio risulta particolarmente inciso ed incassato, le aree limitrofe al corso d'acqua sono per lo più incolte e prive di elementi a rischio di una qualche importanza, gli unici elementi a rischio risultano essere la strada asfaltata e alcuni insediamenti rurali sulla destra idraulica del corso d'acqua, che risultano comunque sopraelevati rispetto all'alveo di magra del corso d'acqua.



Figura 4-10: alveo del Riu Canneddu e stradello sulla sua destra idraulica

La confluenza di valle con l'affluente di destra avviene attraverso un tratto intubato (tubolare in cls DN 750 mm) che attraversa lo stradello asfaltato e si immette nel corso d'acqua principale.

Immediatamente a valle della confluenza (circa a 50 metri) è presente il ponte sulla strada che porta alla zona D di Monte Cuccui, il ponte ha una sezione rettangolare con fondo leggermente svasato, e una larghezza di circa 3,80 metri e un'altezza massima di circa 1,90 m, il ponte in se, a parte la presenza in alveo di rifiuti di origine antropica, si presenta tutto sommato in buono stato di pulizia e manutenzione.



Figura 4-11: tratto intubato e tratto a valle dell'opera di attraversamento dell'affluente di destra alla confluenza con il corso d'acqua principale.



Figura 4-12: ponte sul Riu Canneddu a valle della confluenza

4.2.3.2 Premessa alla verifica idraulica

Tutte le informazioni geometriche relative a sezioni, ponti, tombinature, tratti intubati, sono state utilizzate come dati di input del software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers. Come condizioni al contorno per la simulazione idraulica si è utilizzata la pendenza media dei tratti di monte, e come condizione di valle l'altezza critica, e la simulazione è stata lanciata in regime di corrente mista.

Le sezioni per le simulazioni idrauliche sono estratte dal modello digitale del terreno ricavato dalla Carta Tecnica Regionale, si sono inoltre rilevate le principale sezioni critiche e le opere di attraversamento che interessano il tratto in studio.

Manning($s^{-1} m^{\frac{1}{3}}$)	Tipologia canale e aree di esondazione
0.030	Ponti ed opere di attraversamento in cls ammalorato e non in perfette condizioni di manutenzione
0.048	Corso d'acqua non rivestito con importante presenza di vegetazione e pozze profonde.
0.070	Aree di esondazione cespugliate, non coltivate con pochi alberi, in condizioni medie

Tabella 4-8 – coefficienti di scabrezza adottati per la simulazione idraulica





Le portate da inserire nel modello utilizzato per le simulazioni idrauliche sono state determinate con il criterio della similitudine idrologica, assumendo il contributo unitario del bacino complessivo relativo al Riu Canneddu, cautelativamente all'intero tratto in studio si è assegnata la portata competente al bacino sotteso dalla sezione più valliva posizionata immediatamente a monte della confluenza con l'affluente di destra idraulica.

	Bacino Complessivo	Monte Confluenza
Superficie [km^2]	15.323	6.7027
Sezione		1686.828
Portate Q_{50} [m^3/s]	35.437	15.501
Portate Q_{100} [m^3/s]	43.641	19.090
Portate Q_{200} [m^3/s]	52.055	22.770
Portate Q_{500} [m^3/s]	63.406	27.735

Tabella 4-9 – portate adottate per la simulazione idraulica

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

I risultati delle simulazioni idrauliche sono riportati nel dettaglio nell' "Allegato B – Risultati simulazioni Idrauliche", le aree a pericolosità idraulica sono state sovrapposte alle carte tecniche regionali e stampate in scala 1: 10.000 (Tavola 3 – Quadro A), la legenda è quella adottata nelle "Linee guida per l'adeguamento delle previsioni del P.P.R. e del P.A.I. degli strumenti urbanistici comunali" dove i quattro colori rappresentano rispettivamente:

Aree a pericolosità idraulica		
Colore	Classe	Pericolosità idraulica
	Hi1	Aree di pericolosità idraulica moderata
	Hi2	Aree di pericolosità idraulica media
	Hi3	Aree di pericolosità idraulica elevata
	Hi4	Aree di pericolosità idraulica molto elevata

Per il Riu Perda Ghiani lo studio non ha evidenziato particolari criticità che interessano la nuova zona D oggetto di variante, le aree di esondazione interessano per lo più le aree di pertinenza fluviali. L'unica criticità evidenziata dallo studio è la grave insufficienza idraulica, anche per le portate relative ai tempi di ritorno minori di 50 anni, del ponticello sulla Strada Comunale di Monte Perdosu circa un chilometro a valle della zona sottoposta a variante.

Anche il tratto del Riu Canneddu non presenta particolari criticità che interessano la nuova zona D, non poteva essere diversamente data la morfologia dei luoghi e la natura dell'alveo nel tratto in studio che si presenta particolarmente inciso.

Le criticità al limite possono potenzialmente interessare la viabilità secondaria e gli insediamenti rurali sulla destra idraulica al corso d'acqua, criticità che meriterebbero un'analisi più dettagliata, anche alla luce dei recenti lavori effettuati sull'alveo, analisi che però esula dagli obiettivi del presente studio di compatibilità idraulica.

Resto inteso che il presente studio è stato condotto alla scala di strumento urbanistico e qualsiasi intervento che possa in qualche modo alterare i regimi idraulici dei tratti in studio debba essere comunque sottoposto ad apposito studio di dettaglio a scala adeguata.

4.3 Il Riu Perda Longa e la Zona D di Monte Porceddu

La zona D di Monte Porceddu ricade praticamente nello spartiacque tra i bacini del Riu s'Alluminu e del Riu Perda longa e in parte si sviluppa sul versante sud del Monte Porceddu all'interno del bacino del Riu Perda Longa.



Figura 4-15: vallata del Riu Peda Longa visto dallo stradello sterrato che conduce a Monte Porceddu

4.3.1 Determinazione della portata del Riu Perda Longa

4.3.1.1 Individuazione del bacino idrografico

Per l'analisi idrologica si considera il tratto del Riu Perda Longa (Riu Maccioni sulla cartografia IGM 1:25.000), individuando la sezione di chiusura del bacino a valle della confluenza con un affluente minore di destra idraulica, immediatamente a monte dell'attraversamento su uno stradello sterrato.

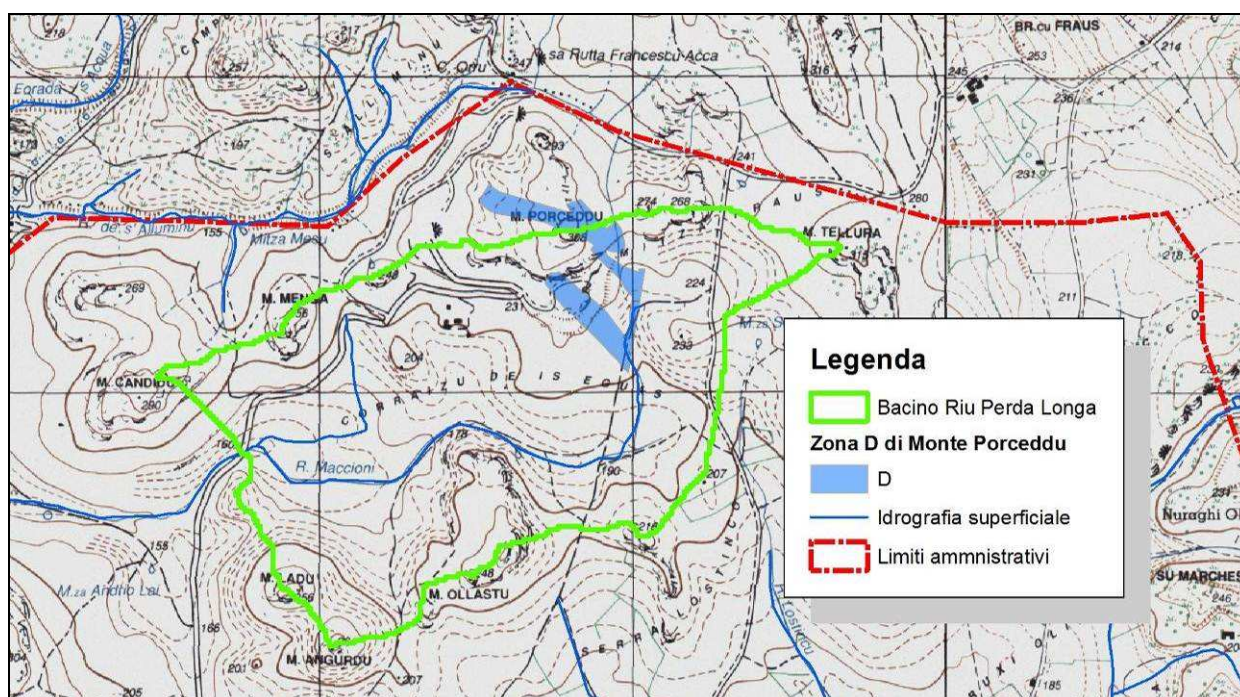


Figura 4-14: il Bacino del Riu Perda longa su Carografia IGM 1:25.000

4.3.1.2 Morfologia del bacino del Riu Perda Longa

Dall'analisi del bacino idrografico riportata nei paragrafi successivi otteniamo i seguenti risultati:

- Superficie $S = 1,596 \text{ Km}^2$
- Lunghezza asta principale $L = 1,826 \text{ km}$
- Altitudine massima $H_{MAX} = 310,72 \text{ m s.l.m. (Monte Tellura)}$
- Altitudine minima $H_0 = 158,350 \text{ m s.l.m. (sezione di chiusura bacino)}$
- Altitudine media $H_m = 200,42 \text{ m s.l.m.}$
- Pendenza media dell'asta principale $i_m = 0,0257 = 2,57\%$
- Pendenza media del bacino drenante $i_{VERSANTE} = 10,45\%$

Parametri di Forma del bacino

- Indice di forma di Horton $H_F = 0,4440$

Il Fattore di Forma di Horton è il rapporto tra l'area del bacino A e l'area di un quadrato avente il lato pari alla lunghezza dell'asta principale.

$$H_F = \frac{A}{L^2}$$

- Indice di circolarità $R_c = 0,3585$

L'indice di circolarità è il rapporto tra l'area del bacino A e l'area del cerchio di uguale perimetro P:

$$R_c = 4\pi \frac{A}{P^2}$$

- Indice di uniformità o compattezza di Gravelius $R_U = 1,6702$

L'indice di uniformità o di compattezza di Gravelius è il rapporto tra il perimetro del bacino e quello di un cerchio avente lo stesso perimetro del bacino:

$$R_U = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$$

- Indice di allungamento $R_A = 0,7519$

L'indice di allungamento è il rapporto tra il diametro di un cerchio avente area uguale a quella del bacino e la lunghezza dell'asta principale L:

$$R_A = \frac{2\sqrt{A}}{L\sqrt{\pi}}$$

Altitudine media del bacino del Riu Perda Longa

E' la media ponderata delle altezze medie tra 2 curve di livello:

$$H_{med} = \frac{1}{S} \left(\sum_{i=1}^N \left(\frac{H_i + H_{i+1}}{2} \right) \cdot S_i \right)$$

Si = superficie compresa tra due curve di livello Hi e Hi+1

Altitudine media bacino = **200,42** m slmm

Pendenza media dell'asta principale

La pendenza media dell'asta principale è stata calcolata con la formula di Fornari :

$$\sqrt{im} = \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{i_1}} + \dots + \frac{l_n}{\sqrt{i_n}}}$$

dove i valori di i^i ed l^i rappresentano rispettivamente la pendenza e la lunghezza dei tratti nei quali la pendenza dell'alveo può considerarsi uniforme; L rappresenta la lunghezza complessiva dell'asta principale del bacino, ed è uguale alla sommatoria delle l^i .

Hi+1 (m)	Hi (m)	□H	li (m)	ii=□H/li	√ii	li/√ii
208.59	200.00	8.59	122.06	0.070375	0.265283	460.112
200.00	190.00	10.00	251.34	0.039787	0.199466	1260.063
190.00	180.00	10.00	489.19	0.020442	0.142975	3421.499
180.00	170.00	10.00	381.00	0.026247	0.162008	2351.730
170.00	160.00	10.00	533.13	0.018757	0.136957	3892.689
158.35	150.00	8.35	119.40	0.069933	0.264448	451.506
		L=	1896.12			11837.598

Da cui la pendenza media dell'asta principale del Riu Perda longa risulta:

$$im=0,0257 = 2,57\%$$

4.3.1.3 Risultati dello studio idrologico

Il bacino in studio e l'intero territorio comunale di Serrenti, come illustrato nei paragrafi precedenti, ricadono interamente nella SZO 2 e ha un Tp, che nel metodo cinematico è posto pari al Tc, minore di 1 ora, le espressioni di a₂ e n₂ sono le seguenti:

$$a_2 = 0,43797 + 1,0890 \log T_R$$

$$n_2 = - 0,18722 + 0,24862 \cdot \log T_R - 3,36305 \cdot 10^{-2} \cdot (\log T_R)^2$$

Metodo razionale TCEV per la determinazione dei parametri della curva di possibilità pluviometrica

TR [anni]	Tc [h]	□g [mm]	a ₁	n ₁	a ₂	n ₂	h _{tc} [mm]	h' _{tc} [mm]
50	0,97	45	19,9570	0,2939	2,2881	0,1381	45,068	42,948
100	0,97	45	19,9570	0,2939	2,6160	0,1755	51,466	49,046
200	0,97	45	19,9570	0,2939	2,9438	0,2068	57,860	55,139
500	0,97	45	19,9570	0,2939	3,3771	0,2388	66,313	63,195

Dove ricordiamo che μ_g è la pioggia indice giornaliera data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta

delle Isoiete riportata in Figura 4-1 e come si può vedere dalla Figura 4.6, il bacino del Riu Pramaera è praticamente compreso tra la isoieta dei 130 mm e quella dei 120 mm quindi si può assumere come pioggia indice giornaliera il valore di 125 mm la cui isoieta è perlopiù baricentrica rispetto al bacino in studio, e T_c è il tempo di corrivazione la cui determinazione ha dato i seguenti risultati:

METODO	Tc (ore)
SCS	1,96
Ventura	1,00
Giandotti	1,52
Viparelli (v =0,5 m/s)	1,05
Pasini	0,97
VAPI	3,15

La scelta della formula di Pasini per la determinazione del T_c , essendo il valore più basso, va a tutto vantaggio della sicurezza perché fornirà le condizioni di deflusso più gravose.

Dove ricordiamo h'_{tc} è l'altezza critica moltiplicata per il coefficiente di riduzione areale ARF ottenuto con il metodo VAPI pari a 0,953 così determinato:

Coefficiente di riduzione areale

Quando si ricavano le altezze h di pioggia dalle curve di possibilità pluviometrica si suppone che tali valori corrispondano al centro di scroscio che viene individuato per ipotesi nel punto in cui vi è la stazione di misura.

Poi si considera tale pioggia uniformante distribuita su tutto il bacino. In realtà la pioggia diminuisce allontanandosi dal centro di scroscio, quindi considerare quella stessa intensità di pioggia costante su tutto il bacino porta ad un errore per eccesso.

Per tenere conto di ciò si è deciso di applicare alle altezze di pioggia ottenute un coefficiente di riduzione areale che è espresso da diverse formulazioni tra cui quella, utilizzata dal VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report del Wallingford Institute (UK 1977):

$$ARF = 1 - f_1 \cdot T_p^{-f_2}$$

dove:

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

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2$$

Per il coefficiente ARF si osserva che:

- diminuisce all'aumentare dell'area S ;
- aumenta all'aumentare della durata di pioggia T_p .

Per bacino in esame che ha un'area complessiva pari a 1,596 km² si trova:

Tc [ore]	S [km ²]	f1	f2	ARF
0,97	1,596	0,046491104	0,370487245	0.95298

In base a tale coefficiente verranno ricavate delle altezze di pioggia h' pari alle altezze di pioggia lorda h calcolate con le curve di possibilità pluviometrica moltiplicate per il coefficiente ARF di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino.

Coefficiente di deflusso

Di fondamentale importanza, come affermato in precedenza, per una corretta valutazione delle portate di piena è la stima del coefficiente di deflusso Ψ , che merita particolare attenzione perché può dar luogo a sottostime o soprastime, anche rilevanti, della portata di piena. Per i bacini in esame l'uso del suolo è stato ricavato dalla carta d'uso del suolo suddivisa in 80 tipologie contenute in 5 livelli gerarchici secondo l'impostazione della CORINE LAND COVER. Questi dati si sono inoltre incrociati con quelli relativi alla permeabilità, rappresentata dal tipo di terreno suddivisi in quattro classi, andando dalla più alta (classe A) alla più bassa (classe D), i risultati sono illustrati nella Tabella 4-5.

Uso Del Suolo	Descrizione	Tipo di terreno	TIPO DI SUOLO CN II	TIPO DI SUOLO CN III	AREA [m ²]	AREA [%]	Fs
131	AREE ESTRATTIVE	B	88.00	94.40	64188.57	4.022%	15.059
131	AREE ESTRATTIVE	C	91.00	95.88	64078.44	4.015%	10.922
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	B	76.00	87.93	28.67	0.002%	34.874
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	C	84.00	92.35	308.48	0.019%	21.035
321	AREE A PASCOLO NATURALE	B	69.00	83.66	90920.66	5.697%	49.616
321	AREE A PASCOLO NATURALE	C	79.00	89.64	258436.07	16.195%	29.356
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	A	63.00	79.66	4497.46	0.282%	64.859
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	B	75.00	87.34	844987.01	52.951%	36.812
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	C	83.00	91.82	183609.28	11.506%	22.619
2112	PRATI ARTIFICIALI	B	86.00	93.39	23909.00	1.498%	17.978
2112	PRATI ARTIFICIALI	C	91.00	95.88	43157.40	2.704%	10.922
3232	GARIGA	B	66.00	81.70	3839.95	0.241%	56.891
3232	GARIGA	C	77.00	88.51	3726.86	0.234%	32.987
31121	PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	B	60.00	77.53	10112.17	0.634%	73.623
	CURVE NUMBER PONDERATO		77.85	88.8742	1595800.00	100.000%	31.797

Tabella 4-10: uso del suolo, tipo di terreno in funzione della permeabilità e relativo Curve Number per il bacino del Riu Perda Longa

In base ai risultati ottenuti, sono stati calcolati gli h_{Ni} relativi a ciascuna codifica UDS ed è stata poi

calcolata la media pesata $h_N = \frac{\sum h_{Ni} \cdot S_i}{S_{bacino}}$ per ottenere la pioggia netta del nostro bacino.

Il coefficiente di deflusso sarà dato dal rapporto tra l'altezza di pioggia netta e quella lorda: $\psi = \frac{h_N}{h}$.

Con l'utilizzo del metodo CN per il calcolo del coefficiente di deflusso, procedendo come descritto nei paragrafi precedenti, si ottiene un'altezza di pioggia netta pari a:

Tempo di ritorno [anni]	Curve Number medio ponderato	Fs = Capacità massima di assorbimento del bacino [mm]	Ia = Fattore di ritenzione iniziale [mm]	$h'_{Tc\ NETTA}$ = Pioggia netta [mm]
50	88,8742	31,79723	6,35945	19,576
100	88,8742	31,79723	6,35945	24,463
200	88,8742	31,79723	6,35945	29,531
500	88,8742	31,79723	6,35945	36,446

Da cui il **coefficiente di deflusso** per i vari tempi di ritorno è pari a:

$$\Psi_{50} = \frac{h'_{Tc\ NETTA}}{h'_{tc}} = \mathbf{0,456}$$

$$\Psi_{100} = \frac{h'_{Tc\ NETTA}}{h'_{tc}} = \mathbf{0,499}$$

$$\Psi_{200} = \frac{h'_{Tc\ NETTA}}{h'_{tc}} = \mathbf{0,536}$$

$$\Psi_{500} = \frac{h'_{Tc\ NETTA}}{h'_{tc}} = \mathbf{0,577}$$

Le portate di piena per i vari tempi di ritorno risultano:

$$Q_{50} = (\Psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = \mathbf{8,947\ m^3/sec}$$

$$Q_{100} = (\Psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = \mathbf{11,181\ m^3/sec}$$

$$Q_{200} = (\Psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = \mathbf{13,497\ m^3/sec}$$

$$Q_{500} = (\Psi * S * h'_{tc}) / (3.6 * T_c) = \mathbf{16,657\ m^3/sec}$$

4.3.2 Modellazione idraulica del Riu Perda Longa

L'area oggetto dello studio non è tra quelle perimetrata dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, redatto ai sensi della L. 267/98 modificata dalla L. 226/99, in ogni caso se ne conduce la verifica idraulica nel suo tratto più montano, come anticipato nel capitolo precedente, attraversa l'area della nuova zona D di Monte Porceddu oggetto di variante.

4.3.2.1 Stato di fatto del Riu Perda Longa.

L'analisi idraulica sarà condotta per il tratto del corso d'acqua compreso tra l'origine del corso d'acqua in corrispondenza del lembo più meridionale della nuova zona D e la confluenza con l'affluente di destra del Riu Maccioni.

Il Riu Perda Ghiani nel tratto oggetto del presente studio attraversa delle aree incolte o al più adibite al pascolo od a agricoltura estensiva, risultano inoltre del tutto assenti insediamenti antropici o elementi a rischio di una qualche importanza, gli unici elementi presenti sono degli sterrati secondari come la Strada Comunale Monte Ollastu e la Strada Comunale Monte Angurdu e pochi altri stradelli a servizio delle aree rurali.

4.3.2.2 Premessa alla verifica idraulica

Tutte le informazioni geometriche relative alle sezioni, sono state utilizzate come dati di input del software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers. Come condizioni al contorno per la simulazione idraulica si è utilizzata la pendenza media dei tratti di monte, e come condizione di valle l'altezza critica, e la simulazione è stata lanciata in regime di corrente mista.

Le sezioni per le simulazioni idrauliche sono estratte dal modello digitale del terreno ricavato dalla Carta Tecnica Regionale.

Manning($s^{-1} m^{\frac{1}{3}}$)	Tipologia canale e aree di esondazione
0.048	Corso d'acqua non rivestito con importante presenza di vegetazione e pozze profonde.
0.070	Aree di esondazione cespugliate, non coltivate con pochi alberi, in condizioni medie

Tabella 4-11 – coefficienti di scabrezza adottati per la simulazione idraulica

Il bacino del Riu Perda Longa (Riu Maccioni) è stato suddiviso in sottobacini in modo da assegnare a ciascun tratto del corso d'acqua le portate di propria competenza.





Le portate da inserire nel modello utilizzato per le simulazioni idrauliche sono state determinate con il criterio della similitudine idrologica, assumendo il contributo unitario del bacino complessivo relativo al Riu Perda Longa, cautelativamente ad ogni tratto si è assegnata la portata competente al bacino sotteso dalla sezione più valliva, ma contemporaneamente per evitare di avere eccessive sovrastime nell'assegnazione delle portate si sono considerati tratti a non eccessivamente lunghi e sottobacini non troppo estesi.

	Monte Zona D	Valle Zona D	Valle Confluenza (bacino complessivo)
Superficie [km²]	0,280	1,298	1,596
Sezione	1861.0157	1600.9652	63.6759
Portate Q ₅₀ [m ³ /s]	1.570	7.277	8.947
Portate Q ₁₀₀ [m ³ /s]	1.962	9.093	11.181
Portate Q ₂₀₀ [m ³ /s]	2.368	10.977	13.497
Portate Q ₅₀₀ [m ³ /s]	2.922	13.547	16.657

Tabella 4-12 – portate adottate per la simulazione idraulica del Riu Perda Longa

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

I risultati delle simulazioni idrauliche sono riportati nel dettaglio nell' "Allegato B – Risultati simulazioni Idrauliche", le aree a pericolosità idraulica sono state sovrapposte alle carte tecniche regionali e stampate in scala 1: 10.000 (Tavola 4), la legenda è quella adottata nelle "Linee guida per l'adeguamento delle previsioni del P.P.R. e del P.A.I. degli strumenti urbanistici comunali" dove i quattro colori rappresentano rispettivamente:

Aree a pericolosità idraulica		
Colore	Classe	Pericolosità idraulica
	Hi1	Aree di pericolosità idraulica moderata
	Hi2	Aree di pericolosità idraulica media
	Hi3	Aree di pericolosità idraulica elevata
	Hi4	Aree di pericolosità idraulica molto elevata

Per il Riu Perda Longa lo studio non ha evidenziato particolari criticità che interessano la nuova zona D oggetto di variante, le aree di allagamento interessano per lo più le aree di pertinenza fluviali, questo è dovuto sia alla morfologia dei luoghi sia alle portate considerate, che risultano piuttosto modeste in ragione del fatto che le estensioni dei sottobacini sottesi dalle sezioni di calcolo sono limitate, trattandosi del tratto più montano del bacino del corso d'acqua.

Resto inteso che il presente studio è stato condotto alla scala di strumento urbanistico e qualsiasi intervento che possa in qualche modo alterare i regimi idraulici dei tratti in studio debba essere comunque sottoposto ad apposito studio di dettaglio a scala adeguata.

5 Le fasce di tutela

Le norme di attuazione del PAI (ai sensi dell'Art. 8 comma 8), nelle zone perimetrare come aree di pericolosità idraulica di qualunque classe gli strumenti di pianificazione dovranno regolare e istituire le fasce di tutela dei corpi idrici superficiali. In particolare saranno considerate fasce speciali di tutela dei corpi idrici superficiali le seguenti aree ricomprese nelle zone a pericolosità idraulica:

- 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;
- lungo il corso dei canali artificiali e dei torrenti arginati, per una profondità di venticinque metri dagli argini;
- 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.

Ai sensi del comma 9 dell'Articolo 8 delle Nda del PAI, nelle fasce speciali di tutela dei corpi idrici superficiali sono vietati.

- nuovi depuratori delle acque e impianti di smaltimento di rifiuti di qualunque tipo;
- tutte le nuove edificazioni;
- ogni nuova copertura di corsi d'acqua affluenti non richiesta da esigenze di protezione civile;
- tutti i tagli di vegetazione riparia naturale ad eccezione di quelli richiesti da una corretta manutenzione idraulica;
- 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.

In ottemperanza dell'articolo 8 comma 8 si è provveduto anche per tutti i tratti in cui si sono effettivamente rilevate delle aree a pericolosità idraulica alla delimitazione delle fasce speciali di tutela come illustrato nelle tavole 1:2.000: Tavola 3 – Aree a pericolosità idraulica, per l'abitato di Urzulei; e nelle tavole 1:10.000 Tavola 3.a e Tavola 3.b –: Aree a pericolosità idraulica, per il territorio comunale di Urzulei

6 Sovrapposizione delle previsioni urbanistiche con la aree a pericolosità e a rischio idraulico individuate

Una volta individuate le aree a pericolosità e a rischio idraulico, le linee guida per l'adeguamento del PUC al PAI prevedono la sovrapposizione di queste aree con la zonizzazione del PUC, come descritto nello schema illustrato nella Figura-6-1.

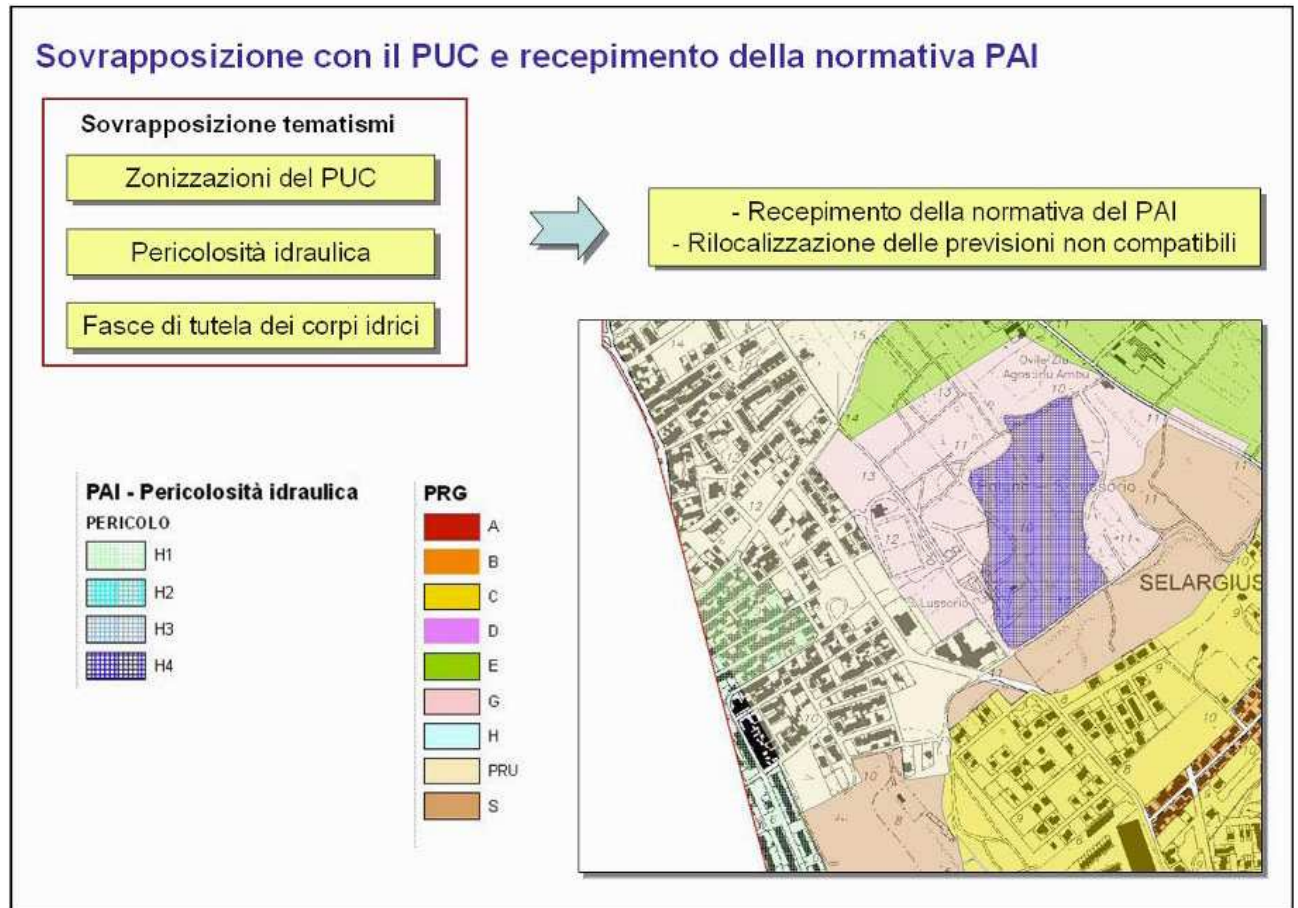


Figura-6-1: esempio di sovrapposizione delle aree a pericolosità idraulica con la zonizzazione di piano.

6.1 Disciplina delle aree a pericolosità idraulica

Le norme di attuazione del PUC devono recepire nelle aree a pericolosità idraulica le prescrizioni riportate al CAPO II delle NdA del PAI.

6.1.1 Aree a pericolosità idraulica molto elevata Hi4

La disciplina per le aree a pericolosità idraulica molto elevata è riportata nell'art. 27 delle NdA del PAI e in queste aree sono consentiti esclusivamente:

- a. le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;
- b. gli interventi per mantenere e recuperare le condizioni di equilibrio dinamico degli alvei dei corsi

d'acqua;

- c. le attività di manutenzione idraulica compatibile, compresi i tagli di piante esclusivamente per garantire il regolare deflusso delle acque e gli interventi eseguiti ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 14.4.1993 e della legislazione di settore della Regione Sardegna;
- d. le opere di sistemazione e riqualificazione ambientale e fluviale dirette alla riduzione dei pericoli e dei danni potenziali da esondazione, rivolti a favorire la ricostituzione degli equilibri naturali, della vegetazione autoctona, delle cenosi di vegetazione riparia;
- e. le opere urgenti degli organi di protezione civile o delle autorità idrauliche regionali competenti per la tutela di persone e beni in situazioni di rischio idraulico eccezionali;
- f. nelle more della emanazione delle disposizioni di cui agli articoli 9, 10, 11 e 12 sono altresì ammessi gli interventi agro-silvo-pastorali comportanti modeste modificazioni all'assetto idrogeologico del territorio, conformi all'attuale destinazione e indispensabili per una corretta conduzione dei fondi, previa valutazione positiva da parte dell'autorità idraulica competente per territorio sulla relazione di compatibilità idraulica e/o geologica- geotecnica.

In materia di patrimonio edilizio pubblico e privato nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

- a. la demolizione di edifici senza possibilità di ricostruzione nello stesso sito e sempre a condizione che i lavori non creino ostacoli al regolare deflusso delle acque;
- b. la riparazione di edifici esistenti danneggiati da calamità naturali, compatibilmente con le norme nazionali e regionali vigenti, a condizione che non si tratti di ricostruzione anche parziale;
- c. le opere di manutenzione ordinaria degli edifici;
- d. le opere di manutenzione straordinaria, restauro e risanamento conservativo degli edifici;
- e. gli interventi per ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti e migliorare la tutela della pubblica incolumità all'interno delle residenze civili e delle costruzioni adibite a servizi, con possibile aumento di superficie utile non superiore a quella allagabile e con contestuale dismissione dei piani interrati e dei piani terra, purché lo studio di compatibilità idraulica accerti l'idoneità strutturale degli elementi portanti;
- f. gli interventi di adeguamento igienico-sanitario degli immobili adibiti a residenza anche stagionale o a servizi, con particolare riferimento a quelli resi obbligatori da norme di legge statale o regionale ovvero a quelli indispensabili per garantirne la funzione collegata alla destinazione d'uso, con realizzazione dei relativi volumi tecnici indispensabili;

-
- g. le opere di adeguamento richieste dalla normativa in materia di protezione dai terremoti, sicurezza ed igiene sul lavoro, superamento delle barriere architettoniche, prevenzione degli incendi, tutela di beni archeologici, storici, artistici e culturali, con realizzazione dei relativi volumi tecnici indispensabili;
 - h. i mutamenti di destinazione d'uso compatibili con gli elementi formali e strutturali degli edifici a condizione che non sia incrementato neppure uno dei fattori che concorrono a determinare il rischio specifico nella formulazione di cui al punto 2.1 del D.P.C.M. 29.9.1998;
 - i. la realizzazione e l'integrazione di impianti privati di depurazione, di apparecchiature tecnologiche, di impianti per l'impiego di fonti energetiche rinnovabili e per il contenimento dei consumi energetici, unitamente alla realizzazione dei connessi volumi tecnici, a condizione che si tratti di interventi a servizio di singoli edifici, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall'autorità competente per la concessione o l'autorizzazione;
 - j. le opere di sistemazione e manutenzione di superfici inedificate o scoperte di edifici esistenti, compresi rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, contenimenti in pietrame, terrazzamenti, siepi, impianti a verde;
 - k. la realizzazione di ricoveri mobili per animali da allevamento, di manufatti mobili adibiti a ricovero transitorio degli addetti alle attività pastorali, di manufatti per il foraggiamento della selvaggina.

In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

- a. gli interventi di manutenzione ordinaria;
- b. gli interventi di manutenzione straordinaria;
- c. gli interventi di adeguamento per l'integrazione di innovazioni tecnologiche;
- d. gli interventi di adeguamento per la sicurezza di esercizio richiesti da norme nazionali e regionali;
- e. gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili e siano dichiarati essenziali;
- f. la ricostruzione di infrastrutture a rete distrutte o danneggiate da calamità naturali, fatti salvi i divieti di ricostruzione stabiliti dall'articolo 3-ter del decreto legge n. 279/2000 convertito con modificazioni dalla legge n. 365/2000;
- g. le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e

dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili;

- h. allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti;
- i. nuovi interventi di edilizia cimiteriale purché realizzati nelle porzioni libere interne degli impianti cimiteriali esistenti;
- j. nuove infrastrutture, strutture di servizio ed insediamenti mobili, preferibilmente provvisori, destinati ad attrezzature per il tempo libero, la fruizione occasionale dell'ambiente naturale, le attività sportive e gli spettacoli all'aperto.

Nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata resta comunque sempre vietato realizzare:

- a. strutture e manufatti mobili e immobili, ad eccezione di quelli a carattere provvisorio o precario indispensabili per la conduzione dei cantieri o specificamente ammessi dalle presenti norme;
- b. protezioni di colture agricole con rilevati capaci di ostacolare il deflusso delle acque;
- c. cambiamenti colturali o nuove colture arboree capaci di ostacolare il deflusso delle acque o di pregiudicare la stabilità degli argini;
- d. nuovi impianti o ampliamenti di impianti di trattamento, smaltimento e di recupero dei rifiuti;
- e. nuovi impianti o ampliamenti di impianti di trattamento delle acque reflue;
- f. nuovi stabilimenti o ampliamenti di stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17.8.1999, n. 334, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose";
- g. nuovi impianti tecnologici fuori terra ad eccezione dei ripetitori e dei tralicci per il trasporto dell'energia elettrica e di quelli espressamente consentiti dalle presenti norme.

Per gli impianti e gli stabilimenti di cui al comma precedente, lettere d., e., f., g., esistenti alla data di approvazione del PAI, sono ammessi:

- a. l'adeguamento tecnico alle normative in vigore;
- b. la manutenzione ordinaria o straordinaria;
- c. l'ampliamento dei soli volumi tecnici non altrimenti localizzabili e senza alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili necessari per migliorare le condizioni igienico-sanitarie, di esercizio, di efficiente funzionamento e di sicurezza, salve le verifiche di sicurezza di cui all'articolo 22 delle NdA del PAI;

- d. gli adeguamenti tecnici per eliminare o mitigare i rischi idraulici, anche in relazione alle verifiche di cui all'articolo 22 delle NdA del PAI.

Sono inoltre consentiti le ricerche e i prelievi idrici purché in tutte le aree pericolose le relative opere siano realizzate, attrezzate e mantenute in modo da non produrre erosione dei suoli, fenomeni di subsidenza o alterazioni permanenti della circolazione idrica naturale e comunque tali da non pregiudicare o aggravare la situazione esistente. Per tali attività, dovranno essere acquisiti tutti i nullaosta o autorizzazioni previste dalla normativa di settore.

6.1.2 Aree a pericolosità idraulica elevata Hi3

La disciplina per le aree a pericolosità idraulica elevata è riportata nell'art. 28 delle NdA del PAI, a cui si rimanda per una trattazione esaustiva, e in particolare in queste aree sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, alle medesime condizioni e valgono i divieti generali per le aree a pericolosità molto elevata.

In materia di patrimonio edilizio sono inoltre consentiti esclusivamente:

- a. demolizioni e ricostruzioni nello stesso sito nonché modifiche delle destinazioni d'uso, compatibili con gli elementi formali e strutturali preesistenti degli edifici, per migliorare l'efficienza di interventi di restauro e risanamento conservativo degli edifici;
- b. ampliamenti in occasione di adeguamenti con le finalità di cui all'articolo 27, comma 2, lettere e., f. delle NdA del PAI, a condizione che le rispettive motivazioni siano espressamente certificate, valutate ed assentite nella concessione o nell'autorizzazione, escludendo comunque i piani interrati e sempre a condizione che gli ampliamenti siano collocati a quota superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni;
- c. interventi di ristrutturazione edilizia, a condizione che le nuove superfici per uso abitativo o per uso economicamente rilevante siano realizzate escludendo comunque i piani interrati e sempre a condizione che gli ampliamenti siano realizzati a quota superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni;
- d. nuovi impianti tecnologici destinati a migliorare l'uso e la funzionalità degli immobili;
- e. la realizzazione di manufatti non qualificabili come volumi edilizi.

In deroga a quanto stabilito in via generale nel comma 3, nei soli centri edificati definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/1971 le opere sul patrimonio edilizio pubblico e privato esistente sono disciplinate dagli strumenti urbanistici e dai regolamenti edilizi vigenti alla data di approvazione del PAI. Le nuove costruzioni e gli incrementi di volume o di superficie utile sono tuttavia consentiti nelle sole zone urbane edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ma escluse le aree libere di frangia, e sempre a condizione di essere realizzati per sopraelevazione a quota

superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni.

In ulteriore deroga a quanto stabilito in via generale nel comma 3, nelle zone territoriali di cui al D.M. 2.4.1968, n. 1444 destinate ad usi agricoli possono essere realizzati, per una sola volta e con riferimento all'intera superficie del fondo esistente alla data di approvazione del PAI, nuovi edifici non altrimenti localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola purché destinati al servizio delle attività agricole o a residenza dei conduttori del fondo, nei limiti delle densità fondiariae previste dagli strumenti urbanistici, sempre a condizione di collocare le vie di accesso e le superfici abitabili o utili a quota superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni.

In tutte le zone territoriali omogenee, compatibilmente con i vincoli di tutela ambientale o paesistica, è consentito il recupero funzionale a fini residenziali, esclusivamente per le necessità dei conduttori dei fondi agricoli, di edifici ed annessi rustici esistenti alla data di approvazione del PAI e divenuti non idonei alla conduzione degli stessi fondi.

In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico è consentita la realizzazione di tutte le tipologie di sottoservizi a rete.

6.1.3 Aree a pericolosità idraulica media Hi2

La disciplina per le aree a pericolosità idraulica media è riportata nell'art. 29 delle NdA del PAI, a cui si rimanda per una trattazione esaustiva, e in particolare in queste aree sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata ed elevata, alle medesime condizioni e sono inoltre consentiti esclusivamente:

- a. le nuove costruzioni nei centri edificati;
- b. i cambiamenti di destinazione d'uso nei centri edificati, nelle zone residenziali e nelle zone di verde privato, anche relativi ai fabbricati rurali esuberanti per la conduzione dell'azienda agricola, purché compatibili con le caratteristiche formali e strutturali preesistenti degli edifici;
- c. i cambiamenti di destinazione d'uso al di fuori delle zone di cui alla precedente lettera b., con eventuali aumenti di superficie o volume e di carico urbanistico non superiori al 30%, a condizione di essere finalizzati a servizi pubblici e di pubblica utilità o ad attività terziarie ed attività diverse compatibili con le condizioni di pericolosità idraulica media;
- d. gli ampliamenti, le sopraelevazioni e le integrazioni di volumi e superfici utili a destinazione d'uso immutata in tutte le zone territoriali omogenee;
- e. la realizzazione di volumi per attività agrituristica nelle sedi delle aziende agricole;
- f. le nuove costruzioni, le nuove attrezzature e i nuovi impianti previsti dagli strumenti urbanistici vigenti nelle zone territoriali omogenee di tipo D, E, F;

-
- g. gli interventi di edilizia cimiteriale con aumento di capacità non superiore al 30%;
 - h. la realizzazione di parcheggi pertinenziali a raso ai sensi dell'articolo 9 della legge 24.3.1989, n. 122, "Disposizioni in materia di parcheggi, programma triennale per le aree urbane maggiormente popolate, nonché modificazioni di alcune norme del testo unico sulla disciplina della circolazione stradale";
 - i. l'ampliamento degli immobili destinati ad esercizi alberghieri o di somministrazione di pasti e bevande;
 - j. gli ampliamenti e le nuove realizzazioni di insediamenti produttivi, commerciali e di servizi;
 - k. la realizzazione, l'ampliamento e la ristrutturazione di opere ed infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.

Le modifiche e gli ampliamenti relativi agli stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17.8.1999, n. 334, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose", eventualmente ubicati nelle aree di pericolosità idraulica media, sono decise secondo il criterio di precauzione applicando le modalità di valutazione di cui al punto 6.3 dell'Allegato al decreto del Ministro dei lavori pubblici 9.5.2001 "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

6.1.4 Aree a pericolosità idraulica moderata Hi1

La disciplina per le aree a pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi, secondo quanto stabilito dall'art. 30 delle NdA del PAI.

7 Elenco allegati

Allegato B: Risultati simulazioni idrauliche

Allegato C: Sezioni simulazioni idrauliche

Allegato D: Profili idraulici di moto permanente

- tav. 0.1 - Carta delle zone urbanistiche in variante oggetto di indagine (scala 1: 10.000)

- tav. 0.2 - Carta dei bacini idrografici (scala 1: 10.000)

- tav. 1 - Geolitologia (scala 1: 10.000)

- tav. 2 - Uso del suolo (scala 1: 10.000)

- tav. 3 - Geomorfologica (scala 1: 10.000)

- tav. 4 – Aree di pericolosità idraulica (scala 1: 10.000)