

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA
VALUTAZIONI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Provincia di Oristano
COMUNI DI SOLARUSSA E SIAMAGGIORE

TITOLO
TITLE

PROGETTO DEFINITIVO
DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "GIOJANA"

PROGETTAZIONE
ENGINEERING

Sviluppatore:

ENERGETICA  AGROLUX s.r.l.

Progettisti:

Studio Ing. Giuliano Giuseppe Medici
Studio Ing. Valeria Medici

COMMITTENTE
CLIENT

GIOJANA s.r.l.

OGGETTO
OBJECT

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

REL

RS09

DATA / DATE

OTTOBRE 2023

AUTORE/CREATOR

E.D.B.

CONTROLLO/EDIT

G.G.M.

APPR

G.C.

REV

00



COMUNE DI SOLARUSSA

Regione Sardegna

*REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO
DENOMINATO "GIOJANA"*

COMUNE DI SOLARUSSA - ORISTANO

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

(art. 24 delle NTA del PAI Sardegna)

Progettista Responsabile: **ING. GIULIANO GIUSEPPE MEDICI**
PIAZZA DEL CARMINE 22 09124 CAGLIARI (CA)
C.F MDCGNG47C20L122W

Integrazione Specialistica: **Dott. Ing. Emanuele Daniele Bosco**

INDICE

PREMESSA.....	3
INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	3
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO	Errore. Il segnalibro non è definito.
CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE GENERALI	6
1. Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e tettoniche generali	Errore. Il segnalibro non è definito.
2. Contesto geologico dell'area di sedime.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
1. Caratteristiche idrologiche e idrogeologiche del sedime in esame	Errore. Il segnalibro non è definito.
2. Caratteristiche morfologiche della falda nell'areale ..	Errore. Il segnalibro non è definito.
PERICOLOSITA' GEOLOGICA.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
1. Pericolosità Sismica	Errore. Il segnalibro non è definito.
2. Pericolosità Idrogeologica.....	8
ANALISI IDROLOGICA.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
ANALISI IDROLOGICA DEI BACINI/SUB-BACINI OGGETTO DI STUDIO.....	22
1. BACINO RIU S'ISCA DE ARCOSU.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
3. Bacino 092090_FIUME_17753	Errore. Il segnalibro non è definito.
ANALISI IDRAULICA.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
1. IL MODELLO IDRAULICO.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE SEZIONI.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
3. PARAMETRI DI VERIFICA	Errore. Il segnalibro non è definito.
VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELL'INTERVENTO, COMPATIBILITÀ CON LE NORME DEL P.A.I. E SUA FATTIBILITÀ.....	42
ALLEGATO A – TAVOLA DEI SUB BACINI.....	43
ALLEGATO B – TAVOLA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	44
PIANO DI MANUTENZIONE	47
PIANO DI MONITORAGGIO.....	47

PREMESSA

Il presente studio è parte integrante del progetto di "Realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico denominato Giojana", nel comune di Solarussa.

Lo studio di compatibilità idraulica è predisposto in applicazione dell'art. 23, comma 6 lettera b), delle NTA del PAI Sardegna, in quanto l'area di intervento è interessata da aste idrografiche non ancora studiate per le quali si applica l'art 30 ter delle NTA del PAI.

In applicazione dell'art. 24 delle NTA del PAI Sardegna lo studio:

- valuta l'intervento con riferimento alla sua finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale dell'area interessata, anche con riferimento alle variazioni della permeabilità e della risposta idrologica della stessa area;
- verifica e dimostra la coerenza dell'intervento con le previsioni e le norme del PAI Sardegna;
- prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato all'intervento in progetto.

Lo studio, volto a dimostrare la compatibilità dell'intervento proposto con le norme del PAI Sardegna, è strutturato secondo i criteri dell'Allegato E alle NTA del PAI Sardegna.

La compatibilità idraulica sarà pertanto verificata in funzione degli effetti dell'intervento proposto sui livelli di pericolosità rilevati dal P.A.I e dal Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali oltre che dall'apposito studio idrologico idraulico effettuato sul reticolo idrografico di interesse per l'area oggetto di intervento, ed in base agli effetti che l'intervento ha sull'ambiente, tenendo conto dell'evoluzione della rete idrografica complessiva e del trasferimento della pericolosità a monte e a valle.

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per l'elaborazione dello studio si è fatto riferimento alla normativa vigente generale e di settore di seguito riportata:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) della Regione Sardegna ai sensi della L. 18 05.1989 n. 183;
- L.R. 23/1985;
- D.P.R. 380/2001 "testo unico dell'edilizia";
- L.R. 4/2009;
- L.R. 8/2015;
- Piano Paesaggistico Regionale;
- D.M. 14.01.2008 norme tecniche per le costruzioni e s.m.i.;
- D.Lgs 152/2006 s.m.i.,
- Piano Urbanistico Comunale e relative N.T.A,
- Regolamento Edilizio Comunale.
- D.M. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e relative istruzioni tecniche (Circolare LL.PP. 24.09.1988, n. 30483);
- O.P.C.M 20 marzo 2003, n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e la successiva n. 3519 del 28/04/2006;
- Circolare n. 617 C.S.LL.PP. del 02/02/2009;

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO

L'area di studio è situata nella periferia settentrionale del centro urbano di Solarussa, in area ad uso agricolo situata nei comuni di Solarussa e Siamaggiore, nel Campidano settentrionale. Morfologicamente trattasi di un'area sub pianeggiante la cui quota sul l.m.m. è variabile da circa 30.0m a circa 43.0m, con pendenze medie del 15%, degradante verso SSE in direzione del tessuto urbano. Orograficamente fa parte della piana alluvionale del medio Campidano ricompresa tra il fiume Tirso (N) e lo stesso tessuto urbano di Solarussa (S); in particolare, l'area interessata dal progetto è racchiusa tra la SS 131 direzione Tramata e la SP 9/12 direzione Solarussa.

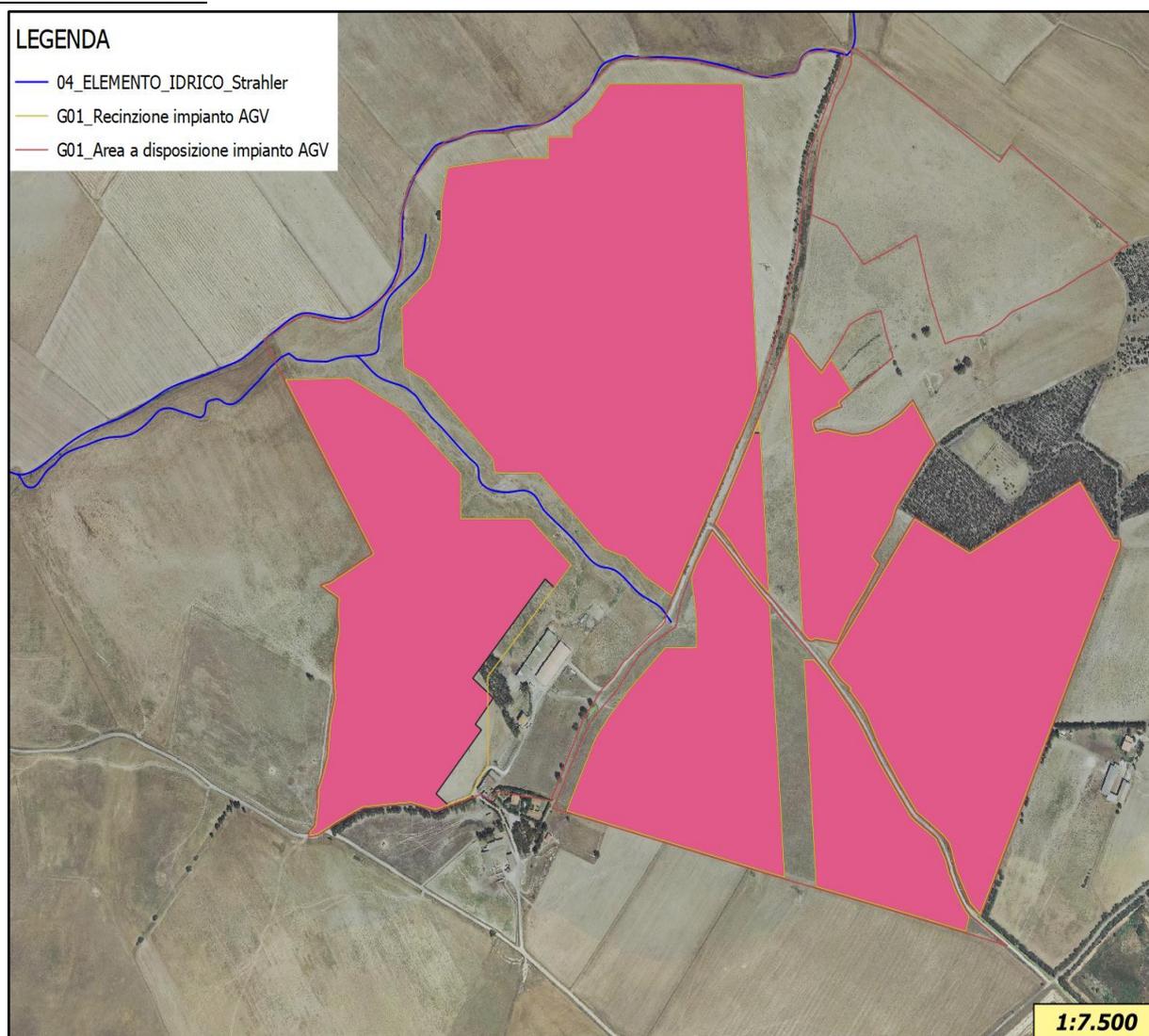
Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- Foglio **I.G.M.** N. 528 Sez. I° quadrante [Cabras] alla scala 1:25.000
- Foglio **C.T.R.** N. 528-040 [Zeddiani] alla scala 1:10.000
- Foglio **C.T.R.** N. 528-120 [Santa Giusta] alla scala 1:10.000 (Sottostazione) Coordinate

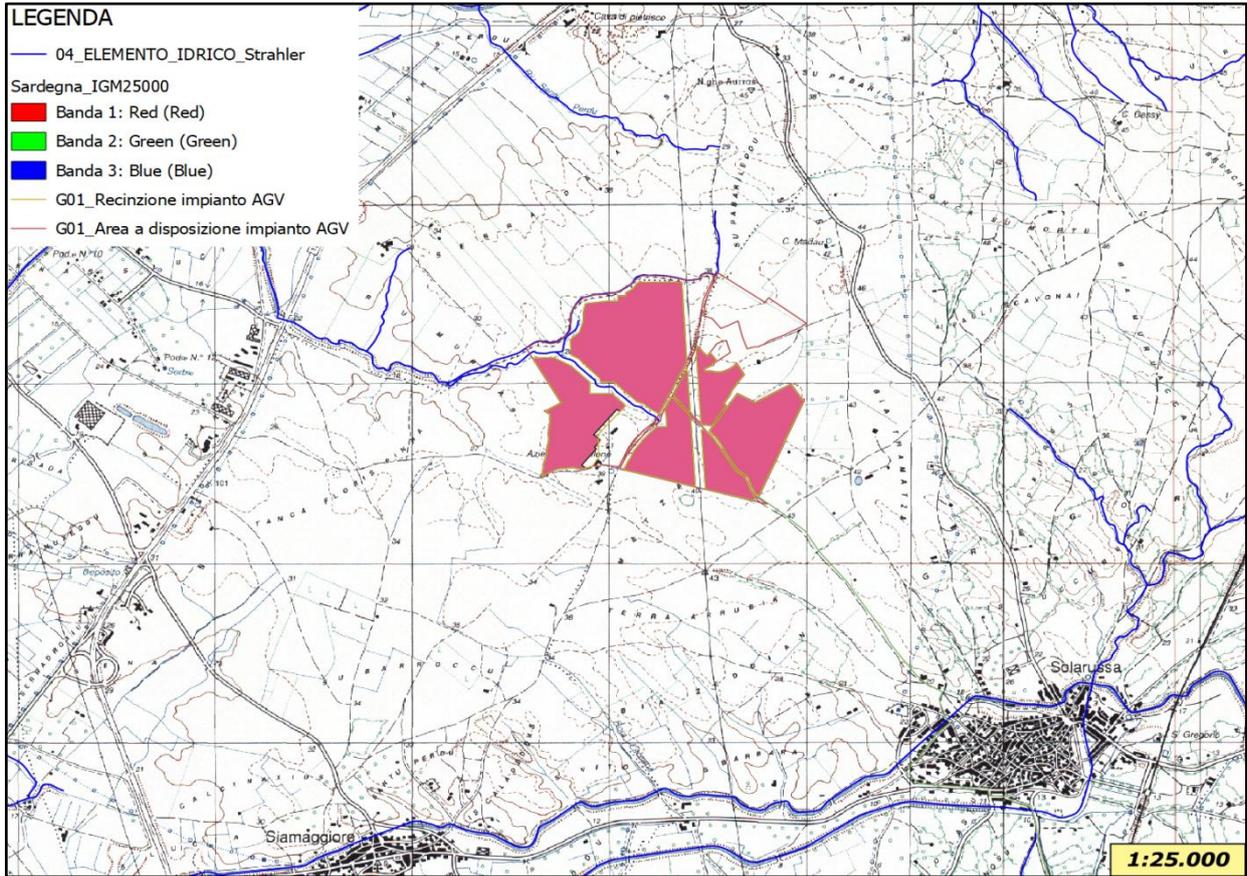
Km Gauss-Boaga areale sensibile impianto (Fuso 32)

X = 1470286.2774 longitudine E - Y = 4424968.8588 latitudine N

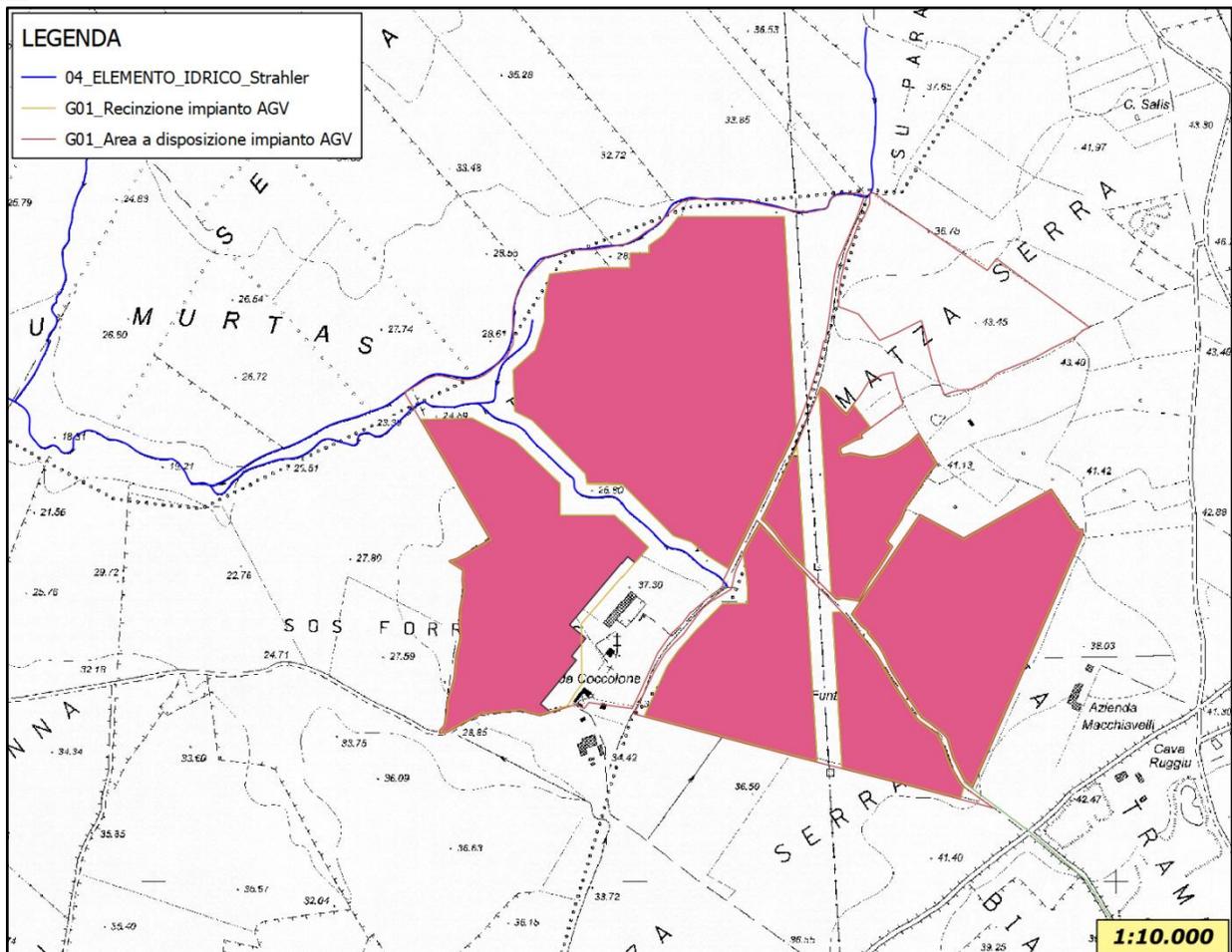
ORTOFOTO 20016



IGM 1:25.000



CTR



tirrenico, è responsabile della formazione del graben del Campidano, che si estende dal Golfo di Oristano al Golfo di Cagliari in direzione NO-SE.

La pianura del Campidano si contraddistingue principalmente, per la presenza di un'unità litostratigrafica, assai potente (500-600 m), costituita da sedimenti marnosi-argillosi e conglomeratici di ambiente fluviale, derivati dal rimaneggiamento dei depositi miocenici e pliocenici preesistenti sulle sponde del graben. Tale unità, nota come "Formazione di Samassi" (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969), caratterizza l'evoluzione paleogeografia del Campidano, poiché rappresenta il risultato di un rapido incremento nell'energia del rilievo e di una conseguente intensa erosione, con un accumulo veloce di sedimenti nella stessa.

Durante il Plio-Pleistocene e forse successivamente alla colmata pliocenica (in base ai rapporti di giacitura osservabili nel sottosuolo campidanese; Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969), sul bordo settentrionale ed orientale del graben si manifesta un vulcanismo di tipo alcalino (5,2-5 Ma; Assorgia e Beccaluva, 1976; Bigazzi, Bonadonna, Maccioni e Pecorini, 1978) dapprima acido (rioliti ed ossidiane del M. Arci) e poi basaltico, che si protrae fino al Quaternario (0,14 Ma). In particolare le lave basaltiche hanno riempito le piane alluvionali e le valli fluviali e ricoperto le formazioni mioceniche di differente età, a causa dell'erosione pre-basaltica. Nello stesso periodo, in seguito ai movimenti di subsidenza si formarono diversi stagni costieri separati dal mare e da cordoni litorali sabbiosi.

Durante il Quaternario la fossa del Campidano è colmata da sedimenti alluvionali, eolici, detrito di falda, ecc., ricoprendo le formazioni plioceniche e la serie vulcano-sedimentaria oligo- miocenica. Al Pleistocene sono da riferirsi le alluvioni antiche terrazzate, costituite da sedimenti fluviali di conoide o di piana alluvionale terrazzati, rappresentate da conglomerati, ghiaie, sabbie, in abbondante matrice siltoso-argillosa ferrettizzata, talvolta ben costipati e/o cementati. Esse, sono stati reincise in più ordini di terrazzi, in funzione delle diverse fasi morfogenetiche, connesse alle oscillazioni climatiche del Pleistocene-Olocene. Le alluvioni antiche orlano le colline tutt'intorno alla fascia orientale del Golfo di Oristano, fino ad appoggiare con debole inclinazione sul complesso vulcanico del M. Arci.

I materiali alluvionali Olocenici, i più rappresentativi nell'area, sono costituiti da alternanze ciottoloso-sabbiose, sabbioso-limose e limo-argillose, deposte a più riprese nella piana di Oristano attraverso divagazioni ed esondazioni del Tirso. Ai depositi quaternari, oltre che dalle coltri alluvionali antiche e recenti, vi appartengono lembi della "Panchina Tirreniana" (unica formazione quaternaria di facies marina della Sardegna datata in base ai reperti paleontologici), affiorante in vari punti del Golfo di Oristano (esterni), dune sabbiose recenti e attuali, depositi palustri, presenti anche nel sottosuolo del centro urbano di Oristano. In sintesi i terreni affioranti nel settore in esame, sono rappresentati da depositi Pleistocenici e Olocenici:

- + I depositi Pleistocenici sono rappresentati dal *Sistema di Portovesme* (Pleistocene superiore) che comprende depositi di ambiente continentale sia di ambiente marino. Tuttavia, il Subsistema di Calamosca (PVM₁"Panchina tirreniana") costituito da conglomerati e arenarie litorali, calcareniti e limi lagunari con resti fossili di molluschi affiora localmente nella fascia costiera, lungo le aree marginali degli stagni. Il Subsistema di Portoscuso (PVM_{2a}), è caratterizzato da ghiaie e sabbie alluvionali terrazzate, con spessore massimo di 35 m. Le coltri alluvionali terrazzate affiorano nei terrazzi e nei lembi delle grandi conoidi che delimitano la pianura alluvionale del Tirso, in particolare a NNE, a E del Campidano settentrionale ed a SE del centro urbano di Oristano.
- + I depositi Olocenici sono caratterizzati da depositi alluvionali terrazzati e non, depositi palustri, eolici, coltri eluvio-colluviali, ecc.. I terreni di copertura più recenti sono rappresentati essenzialmente da depositi alluvionali distinti in:
 - Depositati alluvionali terrazzati (bn): ghiaie medio-fini di rocce paleozoiche e vulcaniti terziarie, sabbie quarzose alternate a limi sabbiosi. Lo spessore massimo è circa 5 m; si trovano vicino ai corsi d'acqua e nella piana alluvionale del Tirso;

- Depositi alluvionali (bb): sabbie con subordinati limi e argille. Rappresento i terreni di copertura della pianura alluvionale-costiera del Tirso e dell'area sensibile.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - Pericolosità Idrogeologica

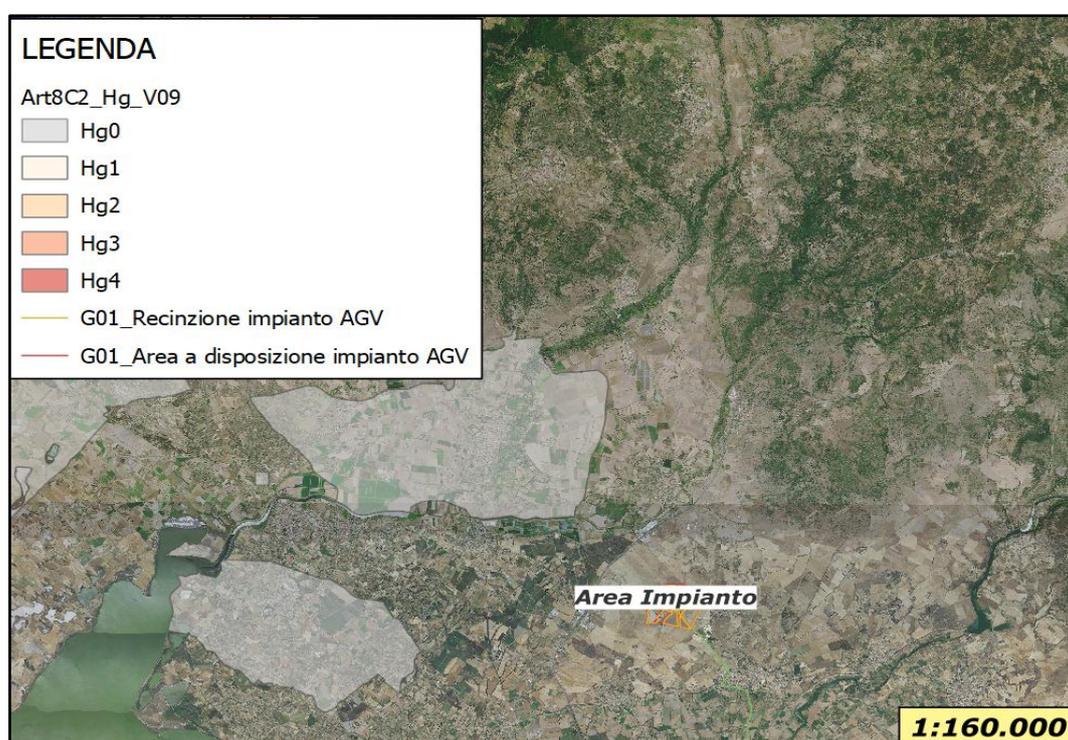
In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato dei piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

- Il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*, elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)* approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA)

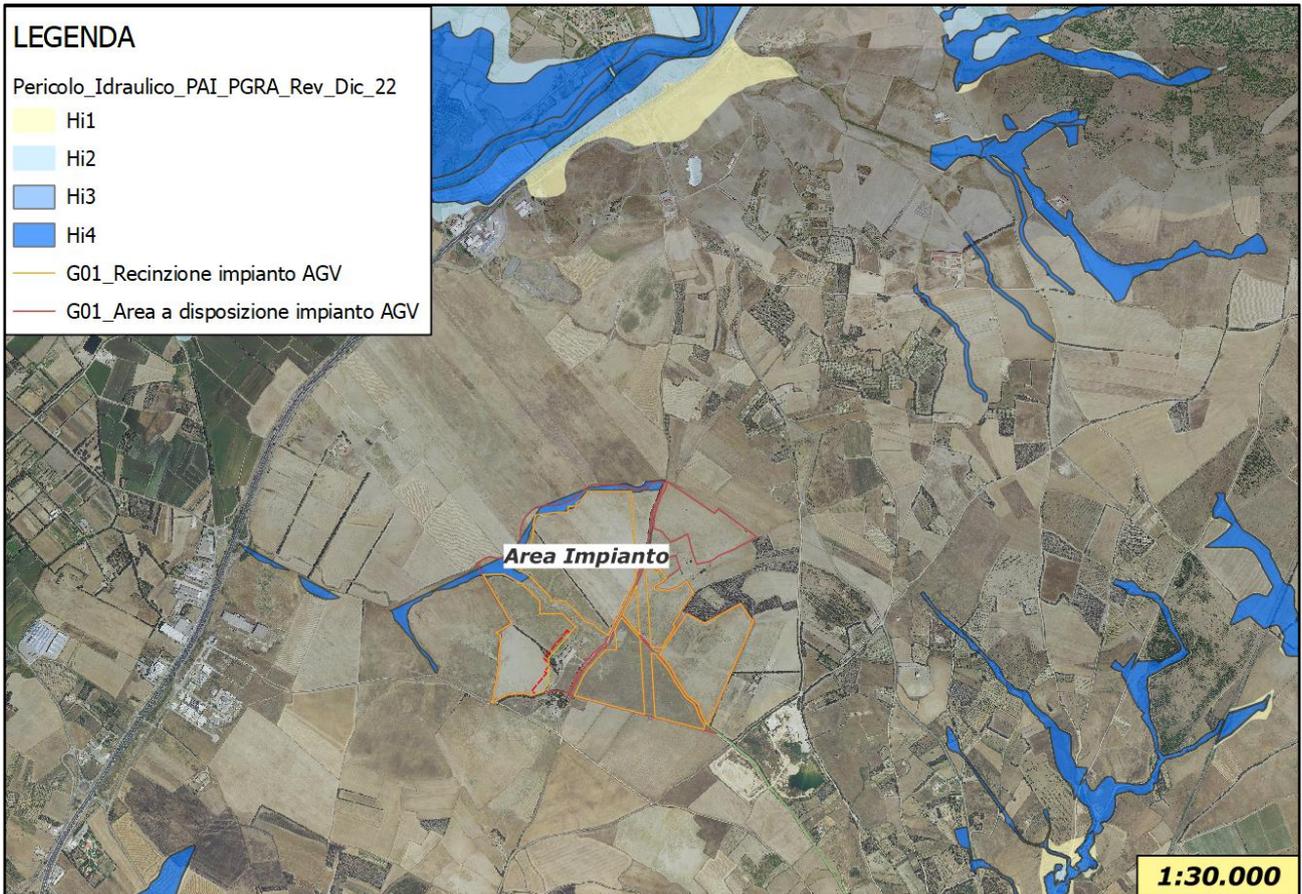
I comuni di Solarussa e Siamaggiore è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, sub-bacino n. 2 "Tirso" così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna, dove le aree a pericolosità idraulica si concentrano maggiormente in corrispondenza delle interferenze viarie e confluenze tra reticoli.

- **STRALCIO dal PAI Frane**

Nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico il sito di intervento NON risulta essere perimetrato a rischio geomorfologico e quindi, così come indicato nelle NTA PAI, non risultano specifiche prescrizioni o limitazioni all'intervento in oggetto.

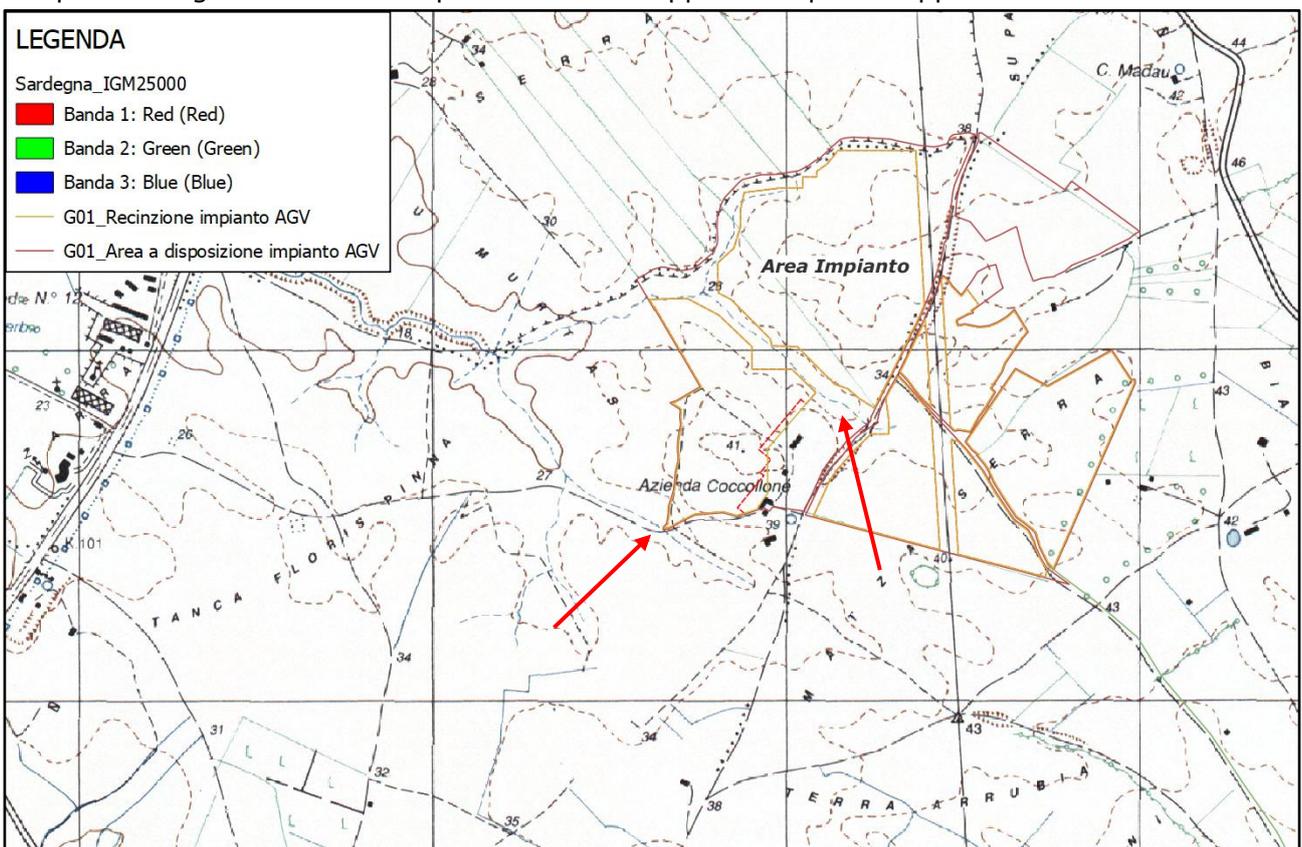


Dal punto di vista idraulico, invece, la borgata risulta essere interessata da alcune aree in Hi4.



Tuttavia, da un'analisi della cartografia storica dell'IGM, risultano alcuni reticoli idrografici non considerati nello studio di cui sopra.

Si riporta a seguire uno stralcio planimetrico a supporto di quanto appena affermato.



Si è deciso quindi di effettuare uno studio idrologico e idraulico di dettaglio da cui è risultato che l'area di intervento non risulta essere interessata da nessun fenomeno di allagamento relativo agli eventi di piena considerati, che sono quelli stabiliti dal PAI (Tr 50, 100,200 e 500 anni).

Come sarà poi meglio specificato nel paragrafo che tratta l'analisi idraulica, la perimetrazione dell'Hi4 è stata spesso, cautelativamente estesa all'Hi3 ed Hi2 in quanto risultavano molto prossime, quasi coincidenti con l'Hi4. Si può quindi già anticipare che l'intervento risulta ammissibile.

Si anticipano qui i risultati dello studio che verranno esplicitati dettagliatamente nei capitoli successivi

ESTRATTO PLANIMETRICO DELLO STUDIO DI DETTAGLIO



INTRODUZIONE ALL' ANALISI IDROLOGICA

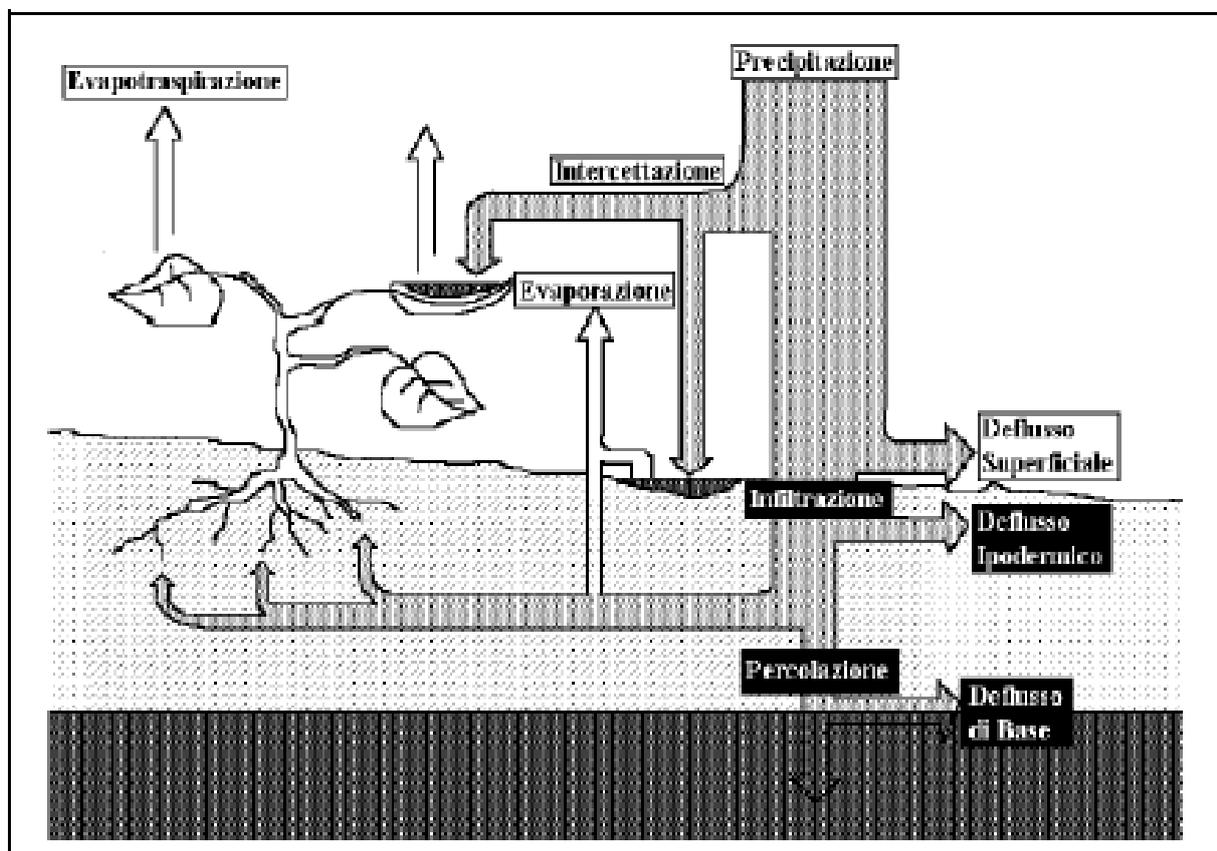
L'area oggetto di studio sita nel territorio comunale di Giave è ricompresa all'interno del Bacino unico della Sardegna, più precisamente nel sub bacino n. 2 "Tirso" così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna,

L'individuazione del sistema idrografico costituisce la base di partenza dello studio idrologico e idraulico.

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

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

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



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

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

piena, e quindi in buona approssimazione trascurabile, così pure il deflusso ipodermico nel caso di un bacino di dimensioni medie o piccole.

-

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

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

Nella sua formulazione, venivano assunte le seguenti semplificazioni:

- il valore della portata al colmo Q relativo ad un evento meteorico costante, è il maggiore tra tutti i valori di portata definiti per lo stesso bacino e per lo stesso tempo di ritorno T .

- per un preassegnato periodo di ritorno, l'evento meteorico che genera il valore massimo di portata ha una durata pari al tempo di corrivazione;

- che la portata al colmo Q per un evento causata da una precipitazione ragguagliata di intensità costante sia proporzionale all'intensità della precipitazione, alla superficie del bacino e a un coefficiente C legato alle caratteristiche del bacino e al suo grado di impermeabilità.

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

- il trasferimento della piena sia affidata al trasferimento di massa liquida;

- ogni goccia percorra sempre la stessa traiettoria anche con l'evoluzione del processo di pioggia, e che quindi le linee di corrivazione siano immutabili;

- il tempo di corrivazione, e quindi la velocità di ruscellamento dell'acqua sia immutabile con il livello di saturazione del terreno e con il formarsi del velo idrico superficiale, la velocità della goccia non sia influenzata dal moto delle altre gocce;

- la portata di piena sia data dalla somma delle portate provenienti dalle altre parti di bacino che si presentano alla sezione di chiusura allo stesso istante.

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

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

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

In fase di valutazione delle grandezze su richiamate, sarà opportuno valutare il grado di imprecisione che deriva dalla valutazione dell'intensità di pioggia, dalla sua distribuzione spaziale e dal comportamento del bacino idrografico per quanto attiene il processo di trasformazione afflussi deflussi.

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

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

Il calcolo della portata è stato effettuato conformemente a quanto previsto nelle Linee Guida

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

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

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

BACINO IDROGRAFICO E PARAMETRI MORFOMETRICI

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

Le dimensioni planimetriche sono:

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

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

- pendenza media del bacino j_m :

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

Δz differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,
 Σl_i sviluppo totale delle curve di livello
 A superficie del bacino

- altitudine media del bacino H_m :

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

S_i area compresa tra due curve di livello, differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,
 z_i sviluppo totale delle curve di livello
 A superficie del bacino

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

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

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

Il tracciamento dei bacini è stato fatto in ambiente GIS e integrato con applicativi specializzati per l'elaborazione idrologica. In particolare si è utilizzato il modello digitale del terreno (DEM) costituito da una griglia a maglia quadrata di 10 metri reperibile tramite il geoportale della regione Sardegna.

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

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

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

STIMA DELLA PORTATA DI PIENA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IL METODO RAZIONALE BASATO SULLA DISTRIBUZIONE TCEV

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

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

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

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

T_c il tempo di corrivazione del bacino

T_f il tempo di formazione del deflusso superficiale;

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

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

In modo più esplicito:

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

Essendo

A l'area del bacino in km^2

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

Φ il coefficiente di deflusso

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

$\Theta \equiv T_c + t_f$ durata critica

Posto

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

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

Si pongono di conseguenza due ordini di problemi:

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

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

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

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

TEMPO DI CORRIVAZIONE

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

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

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

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

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

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

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

In particolare le linee Guida del PAI suggeriscono:

FORMULA DI VENTURA

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

dove:

A è l'area del bacino in Km^2

i_m pendenza media dell'asta principale.

FORMULA DI PASINI

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

dove:

A è l'area del bacino in km^2

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

FORMULA DI VIPARELLI

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

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

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

FORMULA DI GIANDOTTI

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

dove :

A è l'area del bacino in km^2

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

FORMULA DI SOIL CONSERVATION SERVICE

$$t_c = 0,57 \frac{100 * L_p^{0,8} * \left(\frac{100}{CN} - 9\right)^{0,7}}{\sqrt{P_b}}$$

dove :

L_p è la lunghezza asta principale

CN CURVE NUMBER

P_b pendenza media del bacino

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

- la relazione di Ventura è stata introdotta nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica bolognese;
- la relazione di Pasini è stata introdotta nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica della pianura renana;
- la formula di Viparelli è senza dubbio la più semplice, si basa sulla corrivazione e ricava il tempo di corrivazione come un rapporto tra lunghezza e velocità nell'ipotesi che l'acqua viaggi alla velocità di 1.2 m/s;
- la formula introdotta da Giandotti, la più utilizzata in Italia deriva dall'esame del

fenomeno di corrivazione;

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

DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

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

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

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

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

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

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

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

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

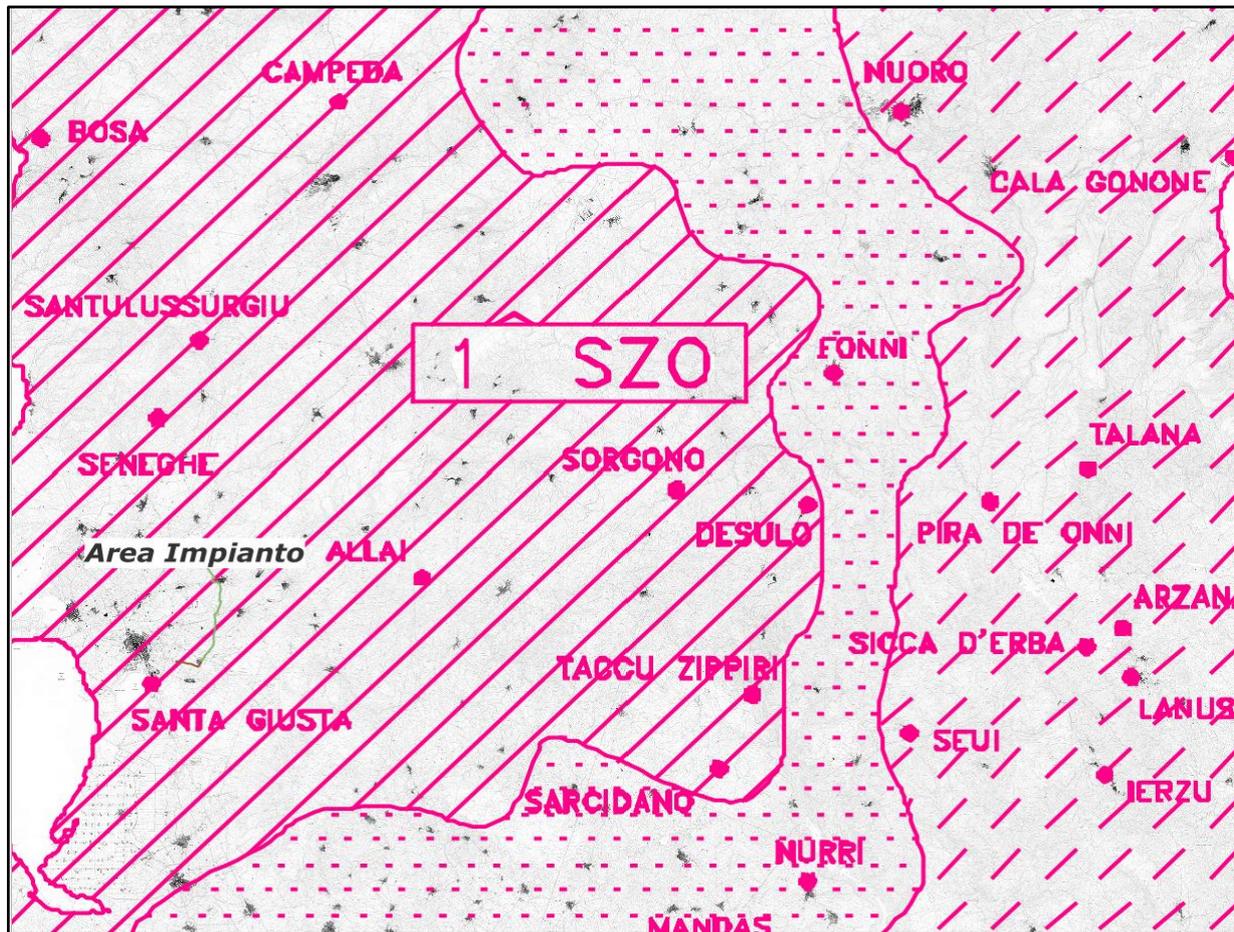
La pioggia indice, definita nella distribuzione TCEV ed elemento tipico della singola stazione pluviometrica, tiene conto dell'altezza di pioggia caduta in 1 ora e consente di rappresentare direttamente le caratteristiche degli eventi meteorici per il territorio in esame; pertanto è l'elemento che permette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

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

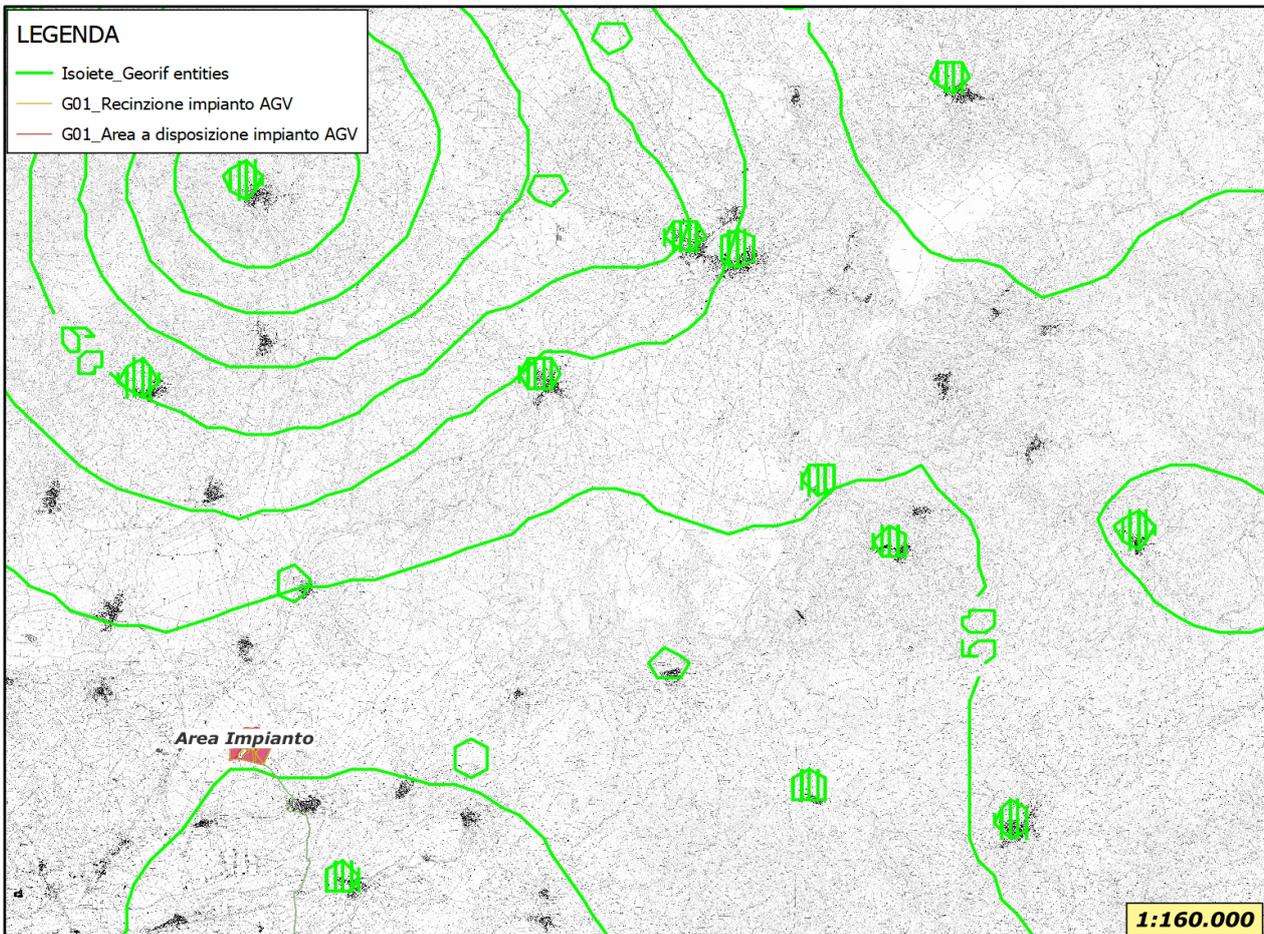
Di seguito si descrive il calcolo per un tempo di ritorno di T anni.

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

SUDDIVISIONE IN SZO DELLA SARDEGNA - SZO 1



CARTA DELLE ISOIETE - REGIONE SARDEGNA- PIOGGIA INDICE 50 mm



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

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

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

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

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

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

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

Definita la pioggia indice si definisce una variabile aleatoria normalizzata:

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

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

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

Tabella 1 Parametri della curva normalizzata

Poiché i bacini ricadono interamente in **sottozona 1**, in funzione della durata critica e del tempo di ritorno (maggiori di 10 anni) si possono calcolare i valori di a ed n.

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

CN Curve Number

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

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

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

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

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

Si calcola un coefficiente di ragguglio r per $\tau=\Theta$ con la relazione valida per $A < 20 \text{ km}^2$

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

Introducendo ϕ , **h**, **r**, **A** e Θ nella (1) si ha infine la determinazione della portata Q relativa a

quel tempo di ritorno.

Inoltre, dalla carta delle isoiete elaborate della regione Sardegna, risulta che l'area studiata è caratterizzata da un valore di pioggia indice pari a **50 mm**

VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER

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

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

si è ottenuto il parametro CN corretto.

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

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

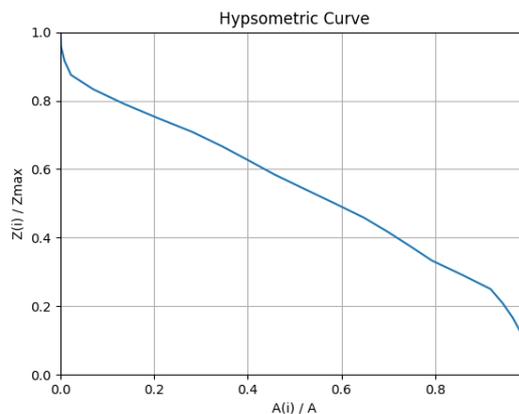
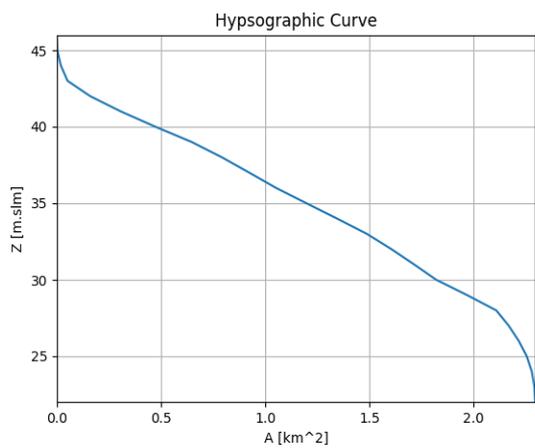
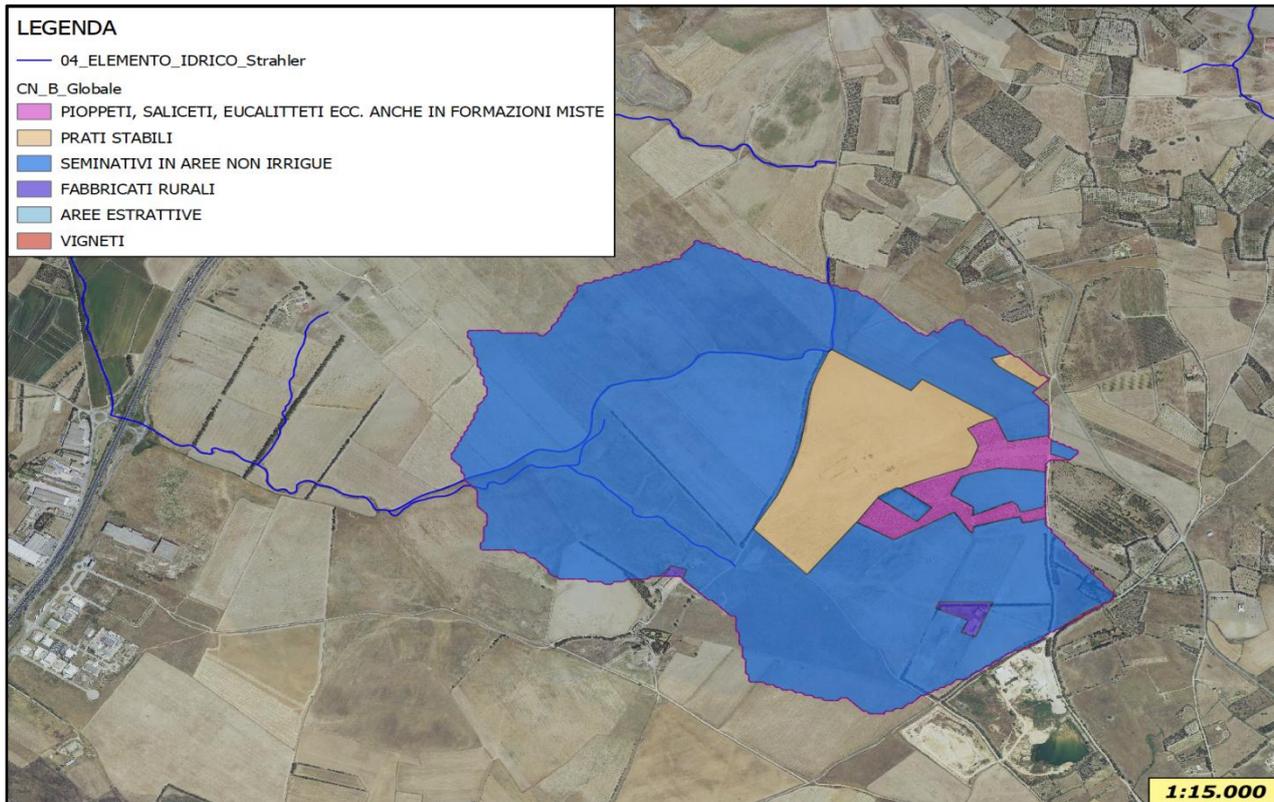
ANALISI IDROLOGICA DEI BACINI/SUB-BACINI OGGETTO DI STUDIO

1. BACINO DEL FIUME_24878

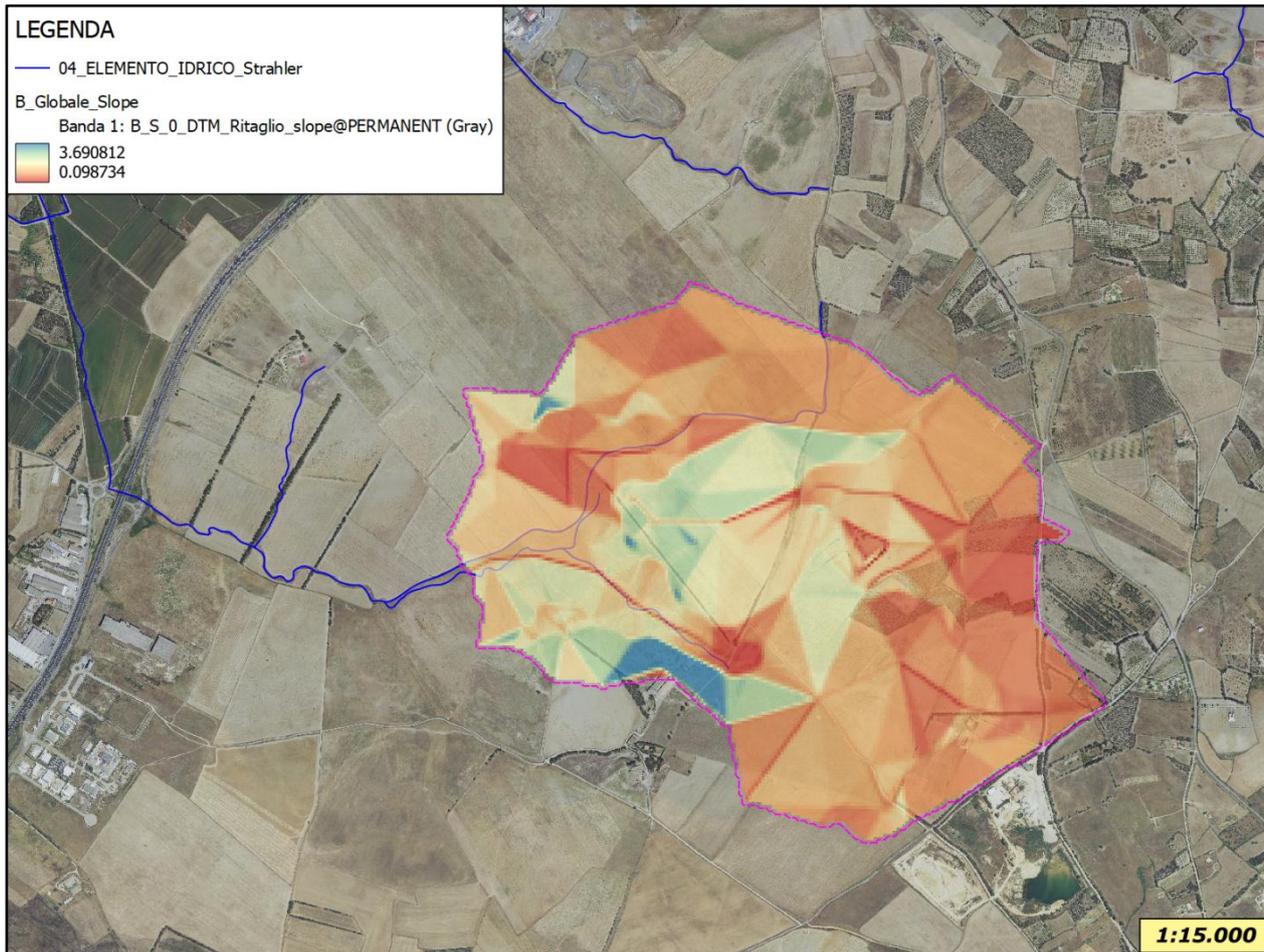
Si riporta in tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Bacino di calcolo	
SUPERFICIE (kmq)	2.29
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	1.91
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.01
PENDENZA MEDIA BACINO	0.0127
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	35.6
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	22.35
CN III	80

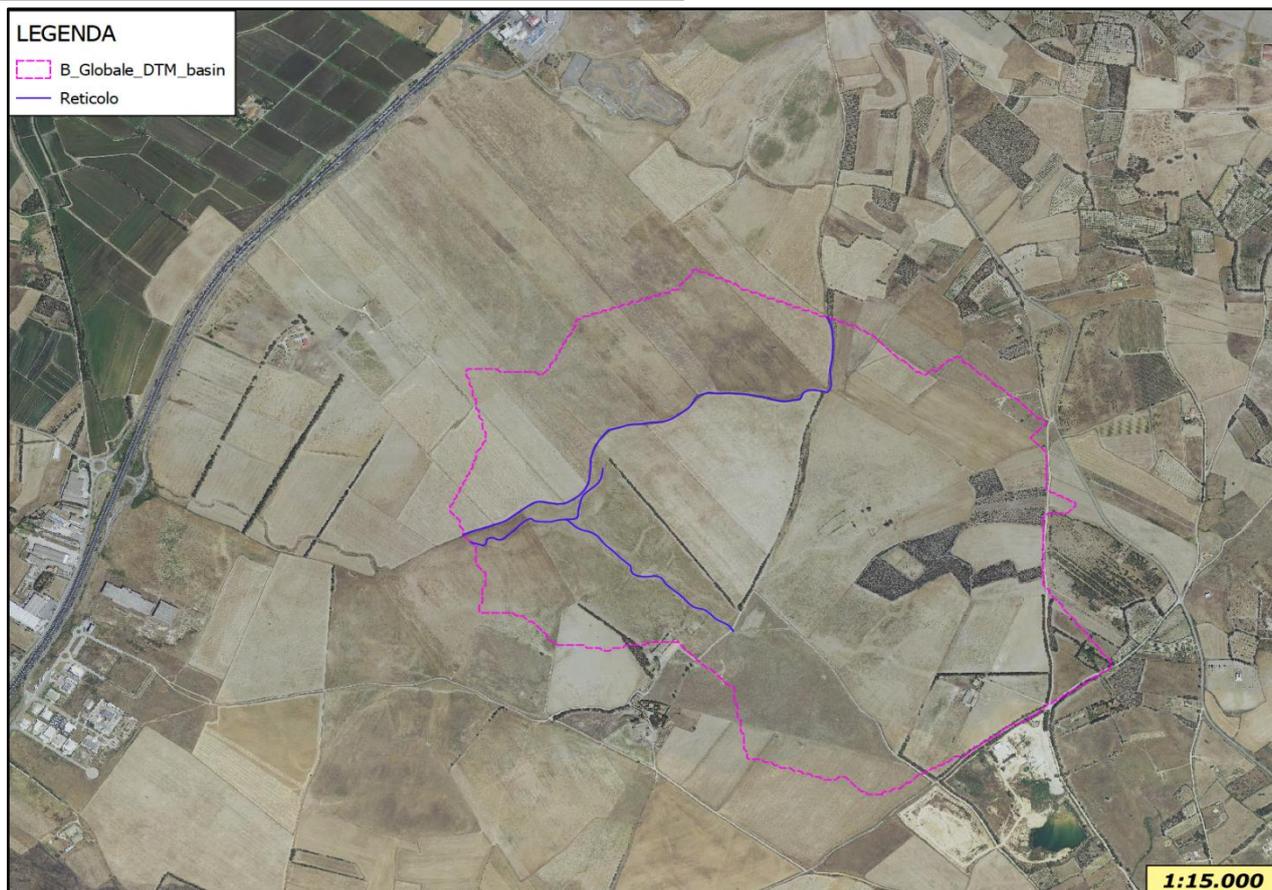
CARTA DEL'USO DEL SUOLO



CARTA DELLE PENDENZE DEL BACINO



CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO



Si riporta quindi, il riepilogo dei parametri morfometrici e delle portate calcolate:

Tempo di corrivazione

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

FORMULA DI VENTURA

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

dove:

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

TC = 1.92

FORMULA DI PASINI

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

dove:

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

TC = 1.77 ore

FORMULA DI VIPARELLI

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

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

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

posto V=1.2 m/s si ha:

TC = 0.44

FORMULA DI GIANDOTTI

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

dove:

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

TC = 3.06

FORMULA DI SOIL CONSERVATION SERVICE

$$t_c = 0.57 \frac{100 * L_p^{0.8} * \left(\frac{100}{CN} - 9\right)^{0.7}}{\sqrt{P_b}}$$

dove :

L_p è la lunghezza asta principale

CN CURVE NUMBER

P_b pendenza media del bacino

TC = 2.04

Per ragioni di cautela si è deciso di adottare come tempo di corrivazione, la formulazione che è sembrata più adatta, ovvero quella di Ventura:

TC = 1.92

Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione quanto sopra indicato ed avendo come **pioggia indice giornaliera di 50 mm**, si ottiene infine:

TABELLA		4		B_Globale		I	
CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE							
BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI	
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN AMC III	S
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)		Pa' Sirchia	TCEV hg media
2.290	22.35	35.6	0.0127	1.91	0.0100		TCEV sotto zona
							LOG NORM gruppo
						80.0	63.500
						0.7	50
							1
							3
TEMPI DI CORRIVAZIONE							
(ore)		T. RITORNO		Tf (*)		Tc+Tf (**)	
SCS	2.04	(anni)	(ore)	(ore)	(ore)		
Giardotti	3.06	50	0.5427	2.4676			
Pasini	1.77	100	0.4667	2.3916			
Viparelli	0.44	200	0.4094	2.3343			
Ventura	1.92	500	0.3524	2.2773			
V A P I	2.73						
Kirpich	0.64						
VALORE STIMATO	1.92						
		TCEV		LOG NORMALE			
		Ψ	h(Tc+Tf)	hn	Ψ	h(Tc+Tf)	hn
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
		0.32	57.7	18.7	0.00	0	0
		0.36	65.1	23.7	0.00	0	0
		0.40	72.4	28.9	0.00	0	0
		0.44	82.1	36.2	0.00	0	0
PORTATE DI PIENA							
TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500			
METODI INDIRETTI							
TCEV	4.82	6.30	7.88	10.11	(mc/s)		
SIRCHIA	67.24	67.24	67.24	67.24	(mc/s)		
SIRCHIA MODIFICATO	51.78	59.85	67.92	78.68	(mc/s)		
LOG NORMALE	0.00	0.00	0.00	0.00	(mc/s)		
PORTATA DI PROGETTO	4.82	6.30	7.88	10.11	(mc/s)		

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale

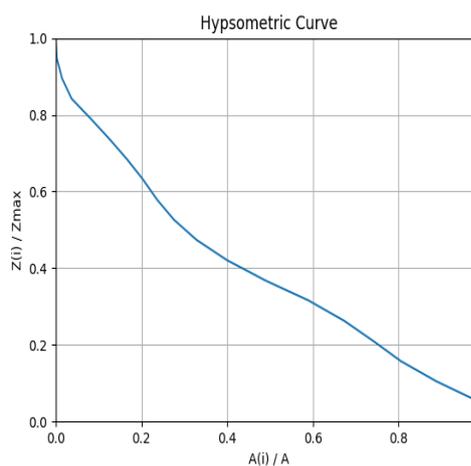
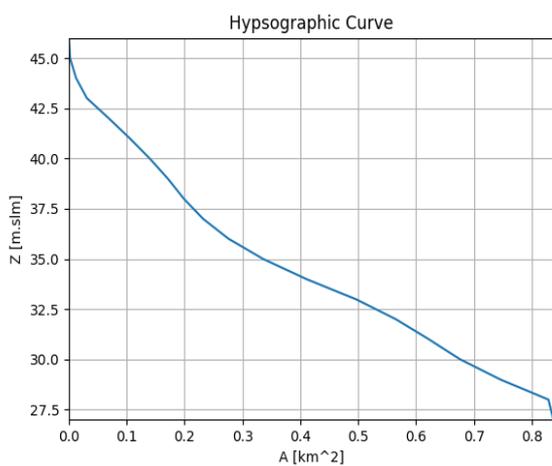
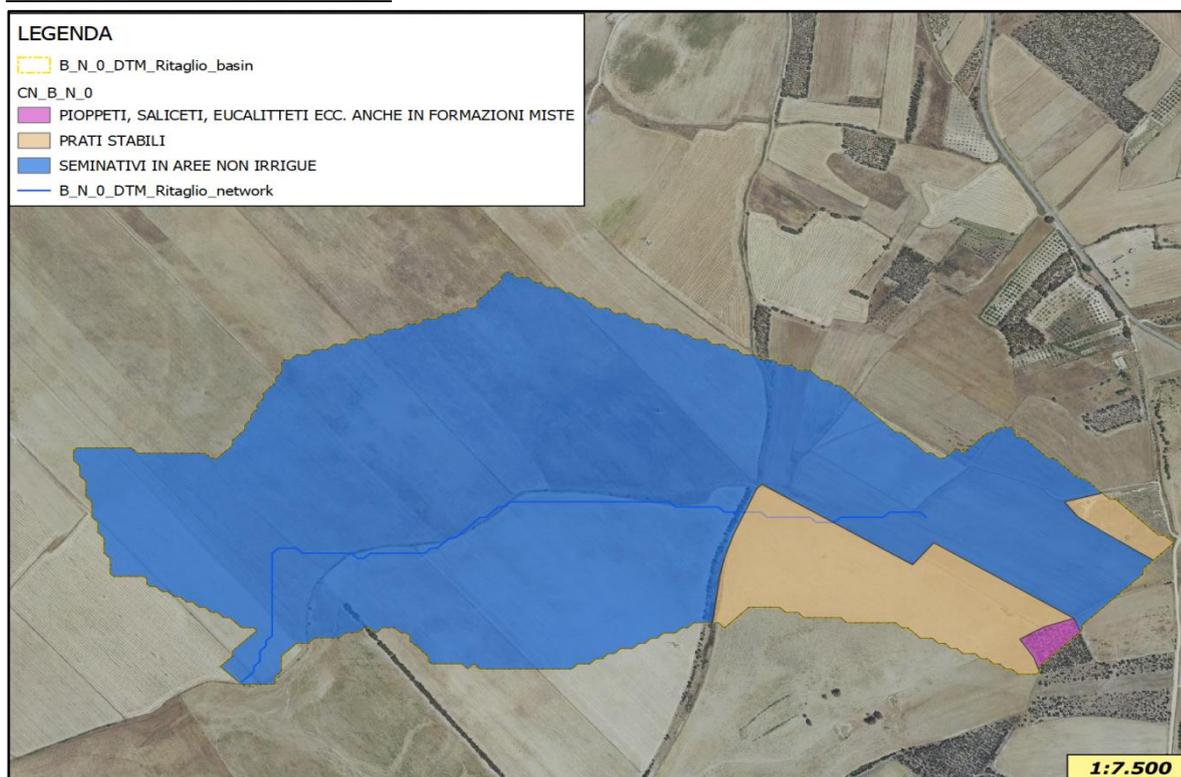
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

2. Sub_BACINO B_N_0 - FIUME_3737

Si riporta in tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Bacino di calcolo - B_N_0	
SUPERFICIE (kmq)	0.840
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	1.42
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.0143
PENDENZA MEDIA BACINO	0.012
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	35.03
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	26.6
CN III	80

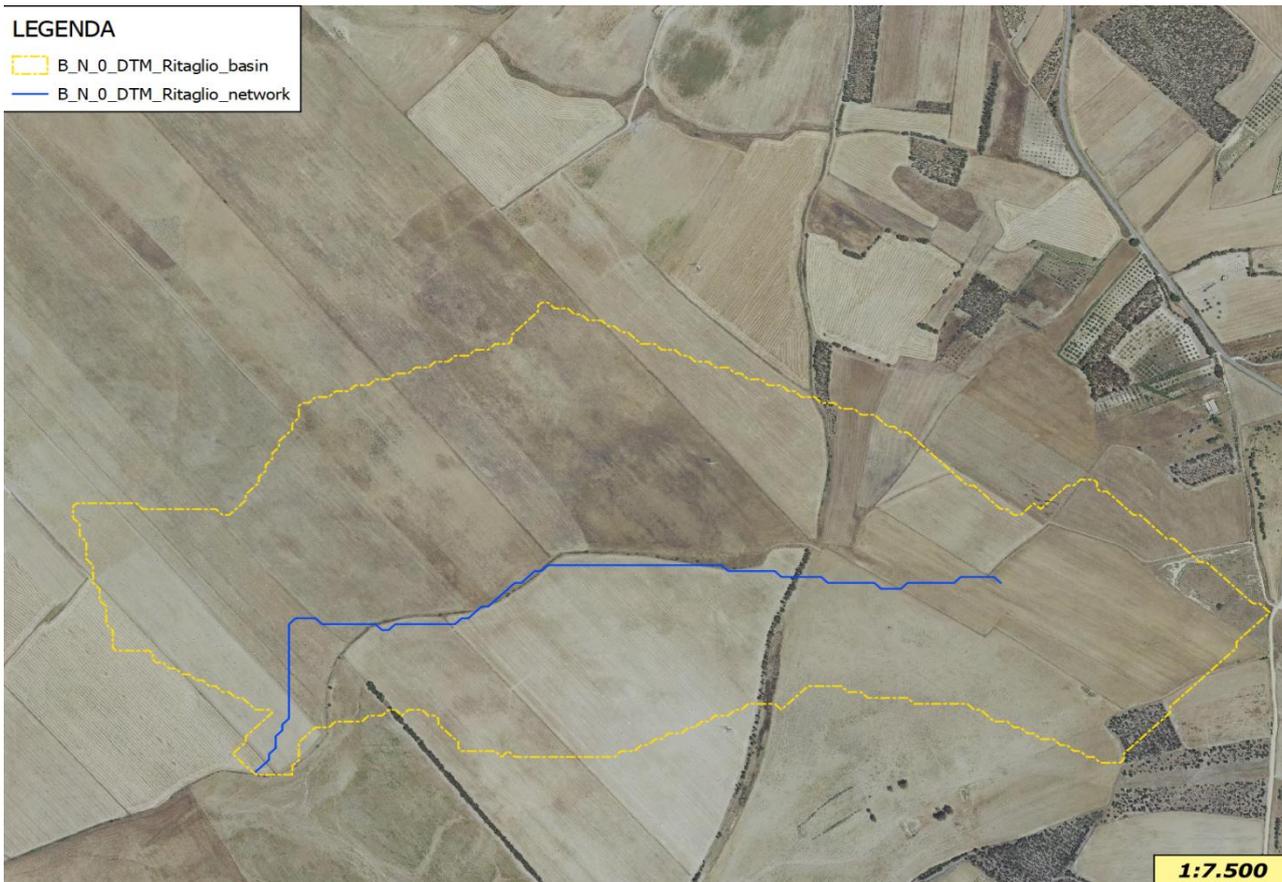
CARTA DEL'USO DEL SUOLO



CARTA DELLE PENDENZE DEL BACINO



CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO



Si riporta quindi, il riepilogo dei parametri morfometrici e delle portate calcolate:

Utilizzando come tempo di corrivazione quanto sopra indicato ed avendo come **pioggia indice giornaliera di 50 mm**, si ottiene infine:

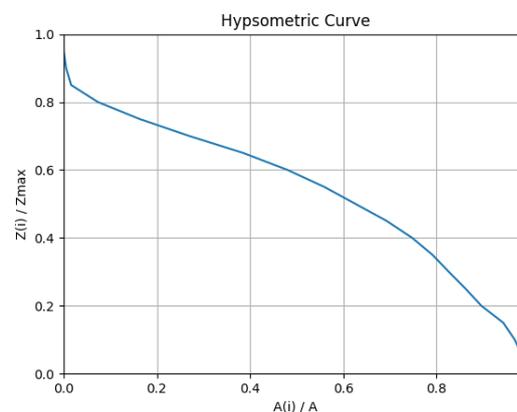
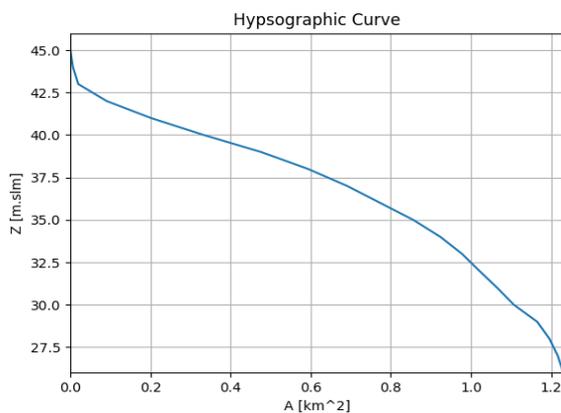
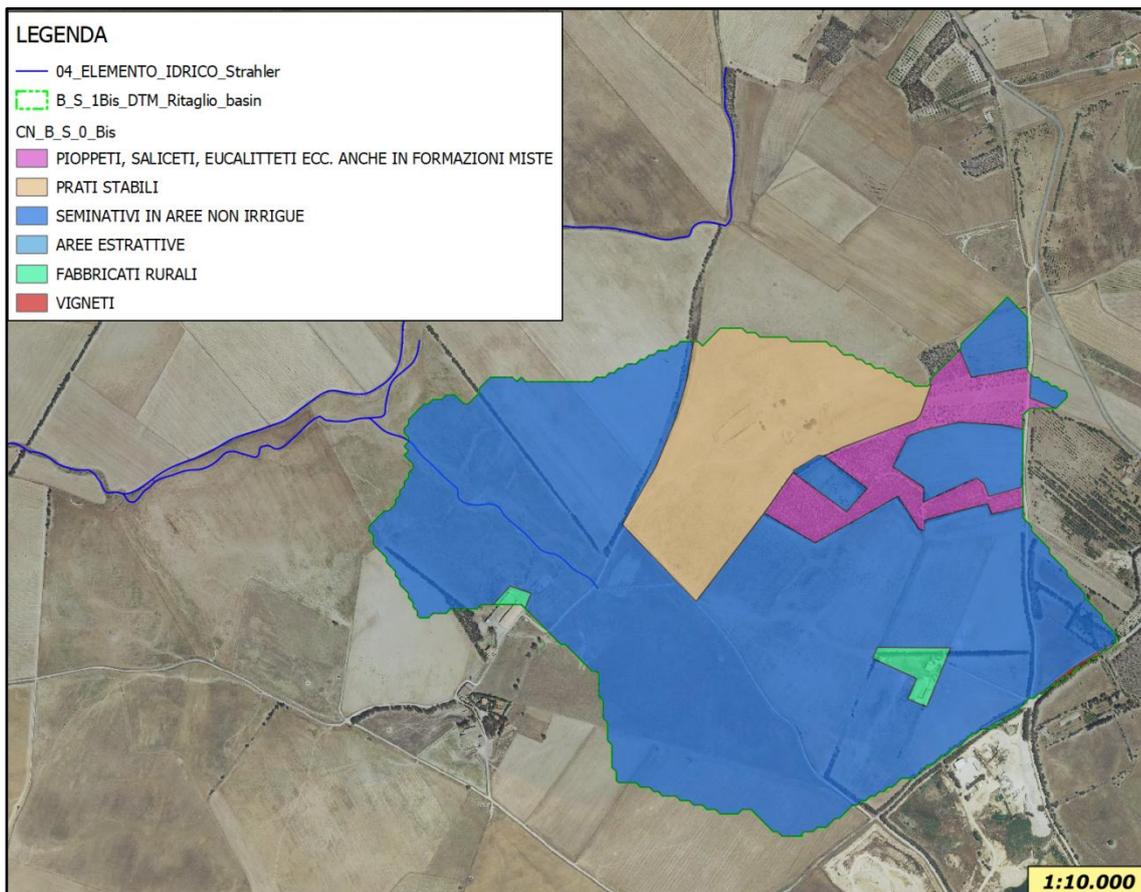
TABELLA		1		B_N_0									
CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE													
BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI							
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN AMC III	S	Pa' Sirchia	TCEV hg media	TCEV sotto zona	LOG NORM gruppo		
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)					(mm)				
0.840	26.6	35.03	0.0120	1.42	0.0143	80.0	63.500	0.7	50	1	3		
TEMPI DI CORRIVAZIONE													
(ore)		T. RITORNO			TCEV						LOG NORMALE		
SCS		(anni)	Tf (*)	Tc+Tf (**)	Ψ	h(Tc+Tf)	hn	Ψ	h(Tc+Tf)	hn			
			(ore)	(ore)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)			
Giandotti	1.66	50	0.3478	1.3237	0.27	48.4	12.8	0.00	0	0			
Pasini	2.50	100	0.2970	1.2729	0.30	54.5	16.6	0.00	0	0			
Viparelli	0.96	200	0.2590	1.2349	0.34	60.6	20.6	0.00	0	0			
Ventura	0.33	500	0.2215	1.1974	0.38	68.7	26.2	0.00	0	0			
V A P I	0.98												
Kirpich	1.94												
VALORE STIMATO	0.45												
	0.98												
(*) tempo di formazione del deflusso superficiale													
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.													
METODI INDIRETTI													
TCEV	2.26	3.04	3.89	5.11	(mc/s)								
SIRCHIA	27.43	27.43	27.43	27.43	(mc/s)								
SIRCHIA MODIFICATO	21.12	24.42	27.71	32.10	(mc/s)								
LOG NORMALE	0.00	0.00	0.00	0.00	(mc/s)								
PORTATA DI PROGETTO	2.26	3.04	3.89	5.11	(mc/s)								

3. Sub_BACINO B_S_0 - FIUME_20935

Si riporta in tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Bacino di calcolo - B_S_0	
SUPERFICIE (kmq)	1.23
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	1.5
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.01
PENDENZA MEDIA BACINO	0.0127
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	37.3
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	25.75
CN III	80

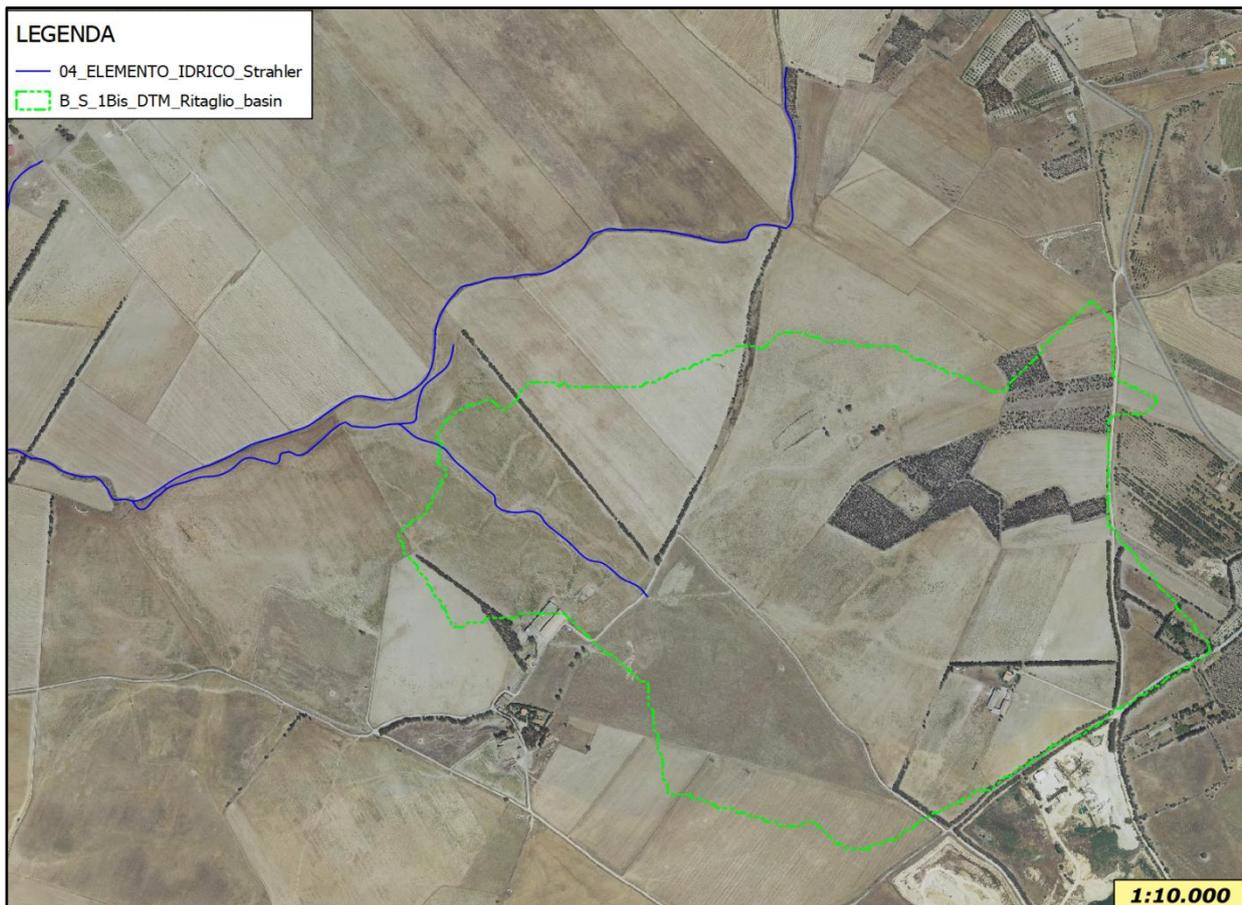
CARTA DEL'USO DEL SUOLO



CARTA DELLE PENDENZE DEL BACINO



CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO



Si riporta quindi, il riepilogo dei parametri morfometrici e delle portate calcolate:

Utilizzando come tempo di corrivazione quanto sopra indicato ed avendo come **pioggia indice giornaliera di 50 mm**, si ottiene infine:

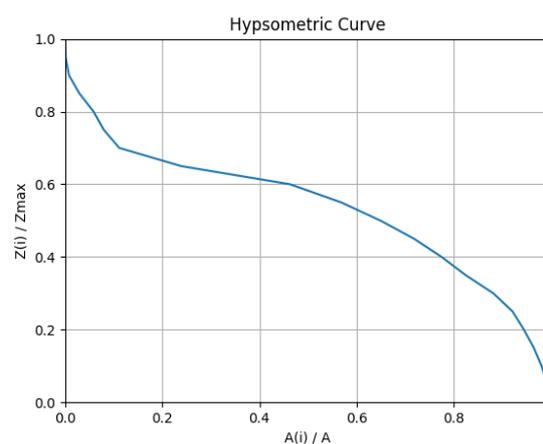
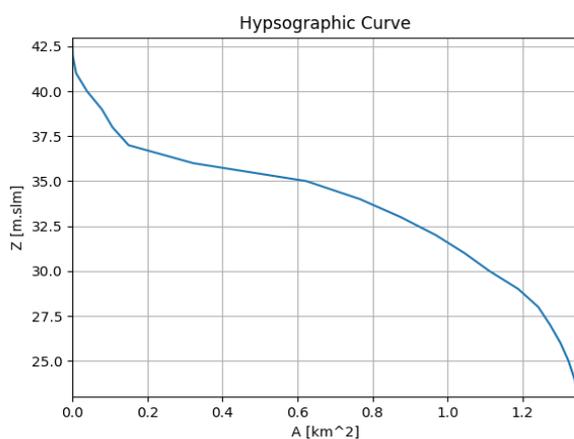
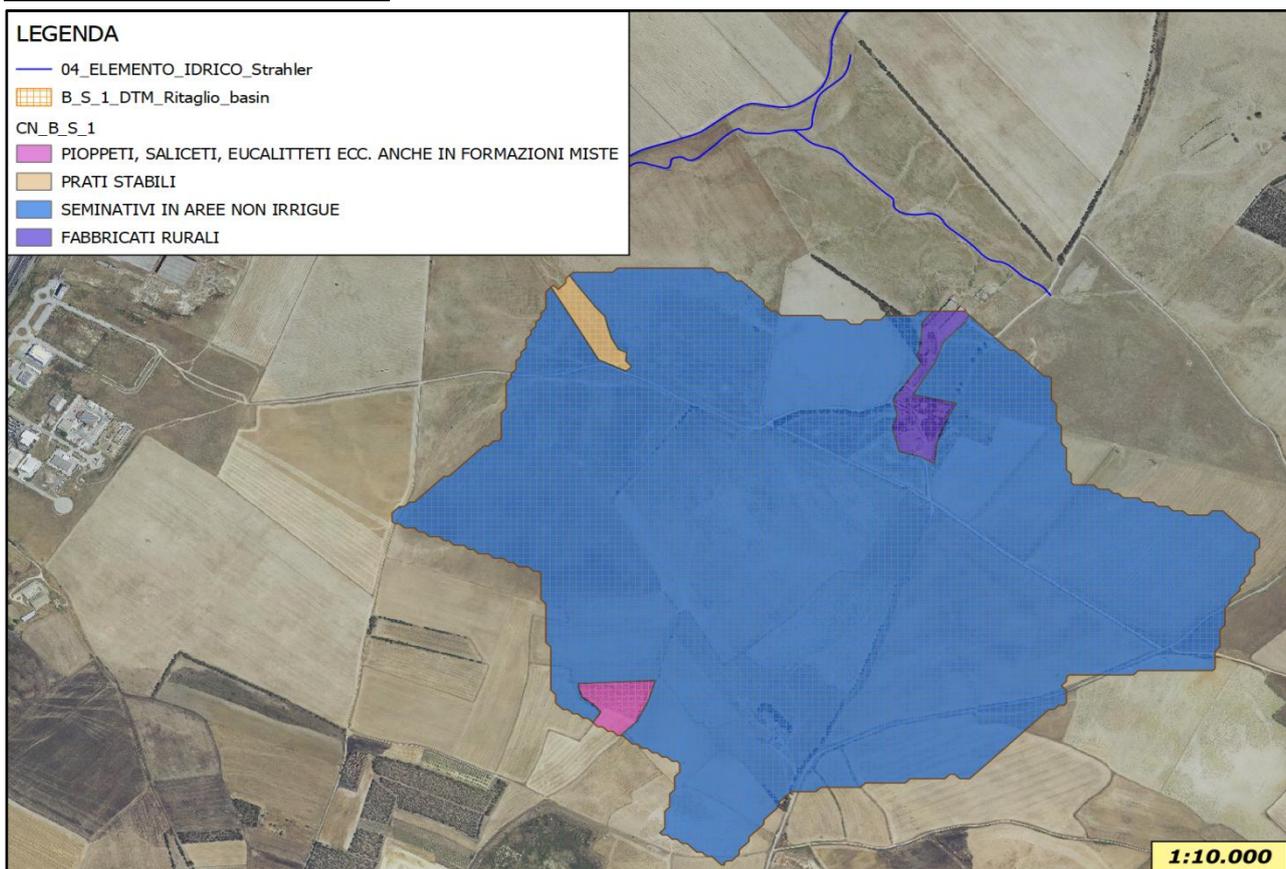
TABELLA		2		B_S_0							
CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE											
BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI					
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN AMC III	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)					(mm)		
1.230	25.75	37.3	0.0127	1.5	0.0100	80.0	63.500	0.7	50	1	3
TEMPI DI CORRIVAZIONE											
(ore)		T. RITORNO			Tf (*)		Tc+Tf (**)		LOG NORMALE		
SCS	1.68								Ψ	h(Tc+Tf)	hn
Giandotti	2.46	(anni)			(ore)		(ore)		(mm)		
Pasini	1.32	50	0.4411	1.8518				0.30	53.3	15.8	0.00
Viparelli	0.35	100	0.3782	1.7889				0.34	60.1	20.2	0.00
Ventura	1.41	200	0.3309	1.7417				0.37	66.8	24.9	0.00
V A P I	2.40	500	0.2841	1.6948				0.41	75.8	31.4	0.00
Kirpich	0.53										
VALORE STIMATO	1.41										
(*) tempo di formazione del deflusso superficiale											
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.											
PORTATE DI PIENA											
METODI INDIRETTI											
T C E V	2.92	3.87	4.89	6.34	(mc/s)						
SIRCHIA	38.58	38.58	38.58	38.58	(mc/s)						
SIRCHIA MODIFICATO	29.70	34.33	38.96	45.14	(mc/s)						
LOG NORMALE	0.00	0.00	0.00	0.00	(mc/s)						
PORTATA DI PROGETTO	2.92	3.87	4.89	6.34	(mc/s)						

4. Sub_BACINO B_S_1

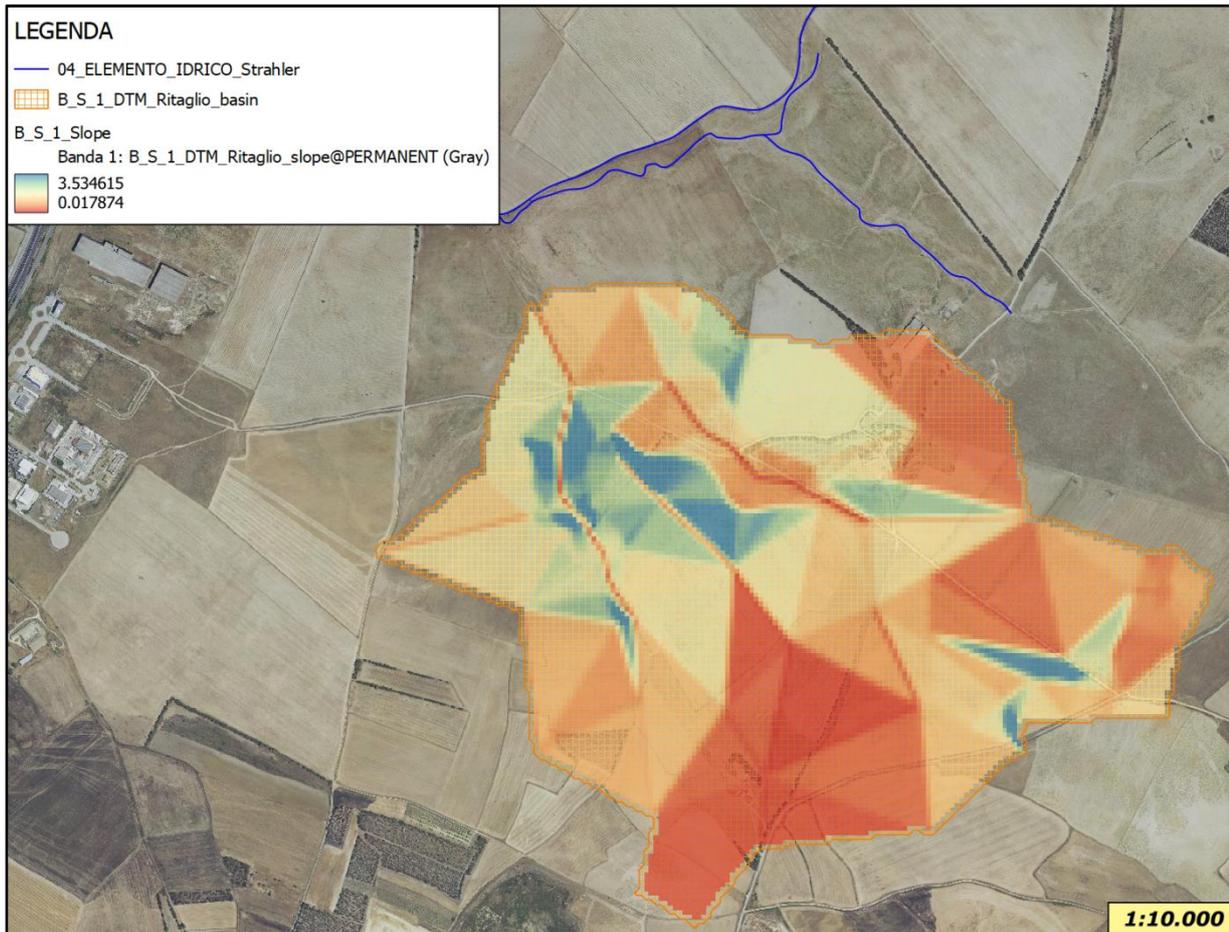
Si riporta in tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Bacino di calcolo - B_S_1	
SUPERFICIE (kmq)	1.34
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	1.45
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.008
PENDENZA MEDIA BACINO	0.0129
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	34
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	23
CN III	80

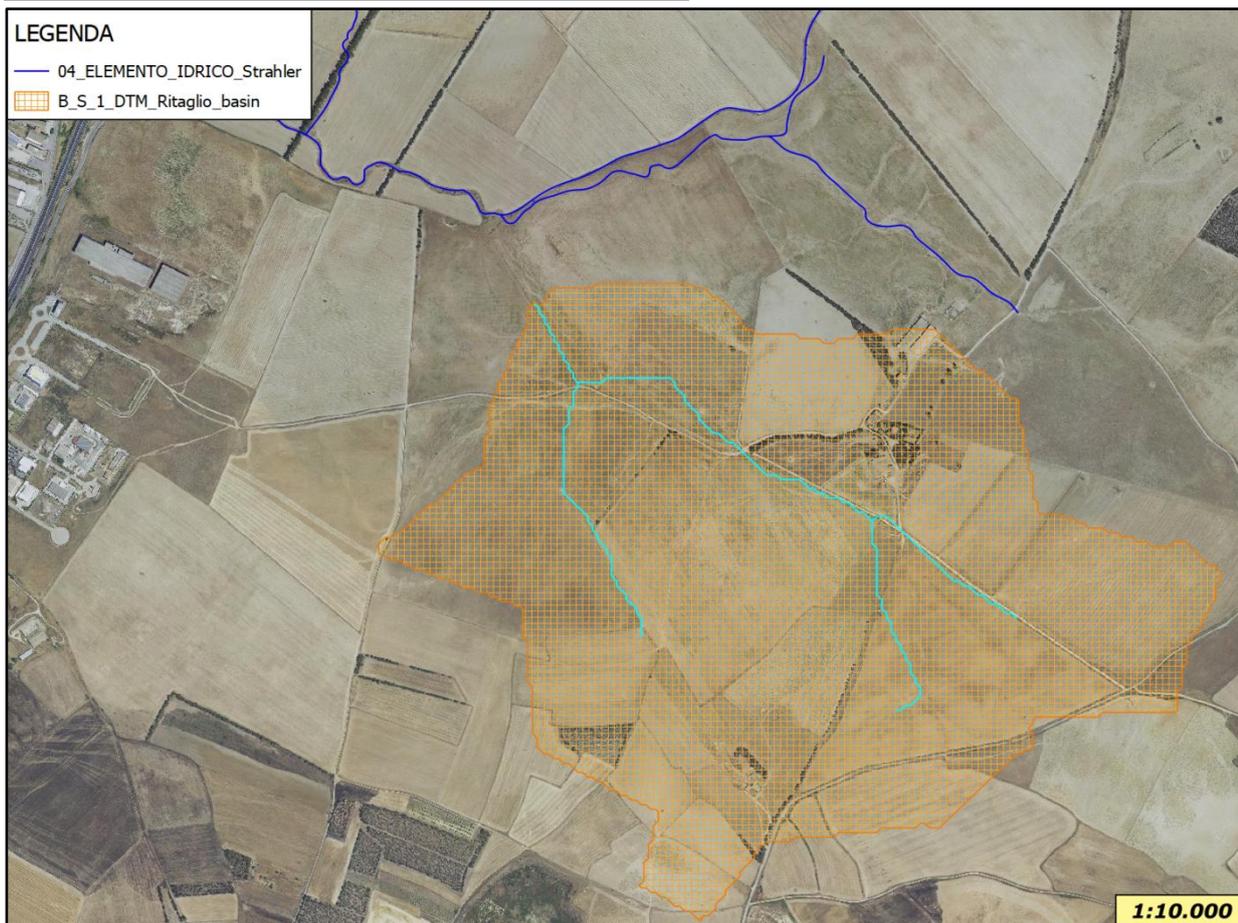
CARTA DEL'USO DEL SUOLO



CARTA DELLE PENDENZE DEL BACINO



CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO



Si riporta quindi, il riepilogo dei parametri morfometrici e delle portate calcolate:

Utilizzando come tempo di corrivazione quanto sopra indicato ed avendo come **pioggia indice giornaliera di 50 mm**, si ottiene infine:

TABELLA		3		B_S_1									
CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE													
BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI							
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN AMC III	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo		
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)					(mm)				
1.340	23	34	0.0129	1.45	0.0080	80.0	63.500	0.7	50	1	3		
TEMPI DI CORRIVAZIONE													
SCS		(ore)		T. RITORNO		Tf (*)		LOG NORMALE					
Giandotti	1.62			(anni)		(ore)		Ψ	h(Tc+Tf)	hn	Ψ	h(Tc+Tf)	hn
Pasini	2.56			(ore)				(mm)					
Viparelli	1.51			50	0.4872	2.1335	0.31	55.6	17.3	0.00	0	0	
Ventura	0.34			100	0.4183	2.0646	0.35	62.7	22.0	0.00	0	0	
V A P I	1.65			200	0.3666	2.0128	0.39	69.7	27.0	0.00	0	0	
Kirpich	2.54			500	0.3151	1.9614	0.43	79.1	33.9	0.00	0	0	
VALORE STIMATO	0.57												
	1.65												
(*) tempo di formazione del deflusso superficiale													
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.													
PORTATE DI PIENA													
TEMPI DI RITORNO (anni):		50	100	200	500								
METODI INDIRECTI													
T C E V		3.02	3.97	4.99	6.43	(mc/s)							
SIRCHIA		41.65	41.65	41.65	41.65	(mc/s)							
SIRCHIA MODIFICATO		32.07	37.07	42.06	48.73	(mc/s)							
LOG NORMALE		0.00	0.00	0.00	0.00	(mc/s)							
PORTATA DI PROGETTO		3.02	3.97	4.99	6.43	(mc/s)							

ANALISI IDRAULICA

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

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

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

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

Lo studio si è svolto secondo le seguenti fasi:

1. definizione della configurazione del sistema;
2. ricostruzione della geometria dell'alveo mediante rilievo e analisi dei progetti esistenti;
3. individuazione delle condizioni al contorno e implementazione della idrologia del sistema;
4. ricostruzione dei profili di corrente e calcolo dei livelli di moto permanente;
5. Analisi del risultato della simulazione per la determinazione del franco.

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

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

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

1. IL MODELLO IDRAULICO

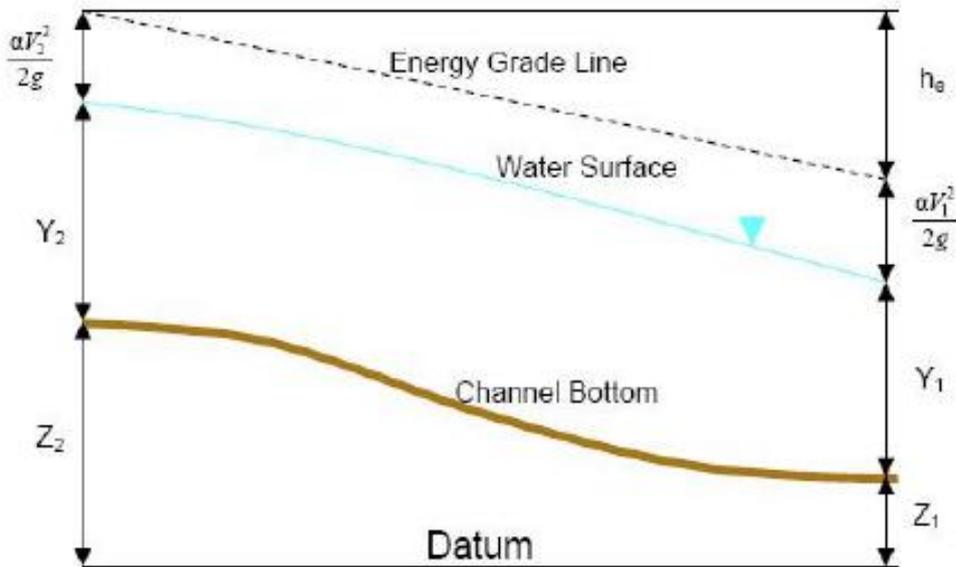
Il codice di calcolo utilizzato in questo studio, per la modellazione idraulica, denominato HEC-RAS, nella sua versione 5.0.7, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario.

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

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

MOTO PERMANENTE

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



Equazione del bilancio energetico

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

dove:

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

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

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

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;

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

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

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

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

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

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

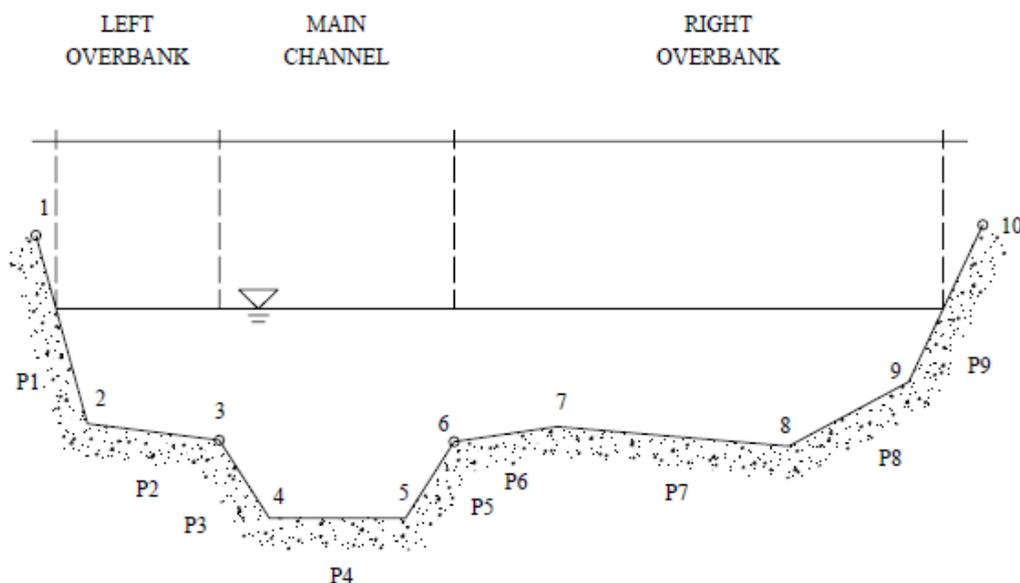
Il primo termine rappresenta la perdita di carico totale per attrito, prodotto tra le due sezioni dalla cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione della sezione d'alveo in sottosezioni all'interno delle quali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

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel

momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

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

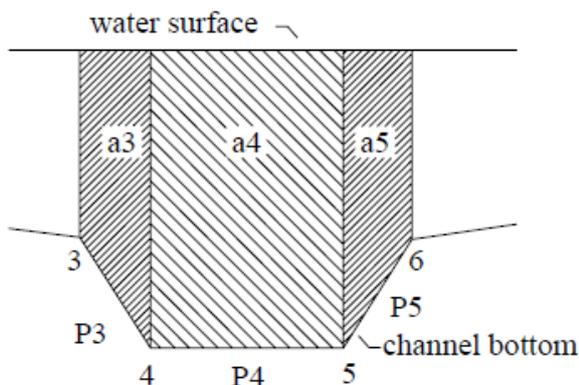
Ogni sezione descritta da un numero N di punti è suddivisa in tre "porzioni" (left overbank, main channel, right overbank), come illustrato in figura.



SUDDIVISIONE DELLA SEZIONE IN TRE COMPONENTI

Ogni sezione è ulteriormente suddivisa in *sub-section*, come illustrato nella figura sottostante,

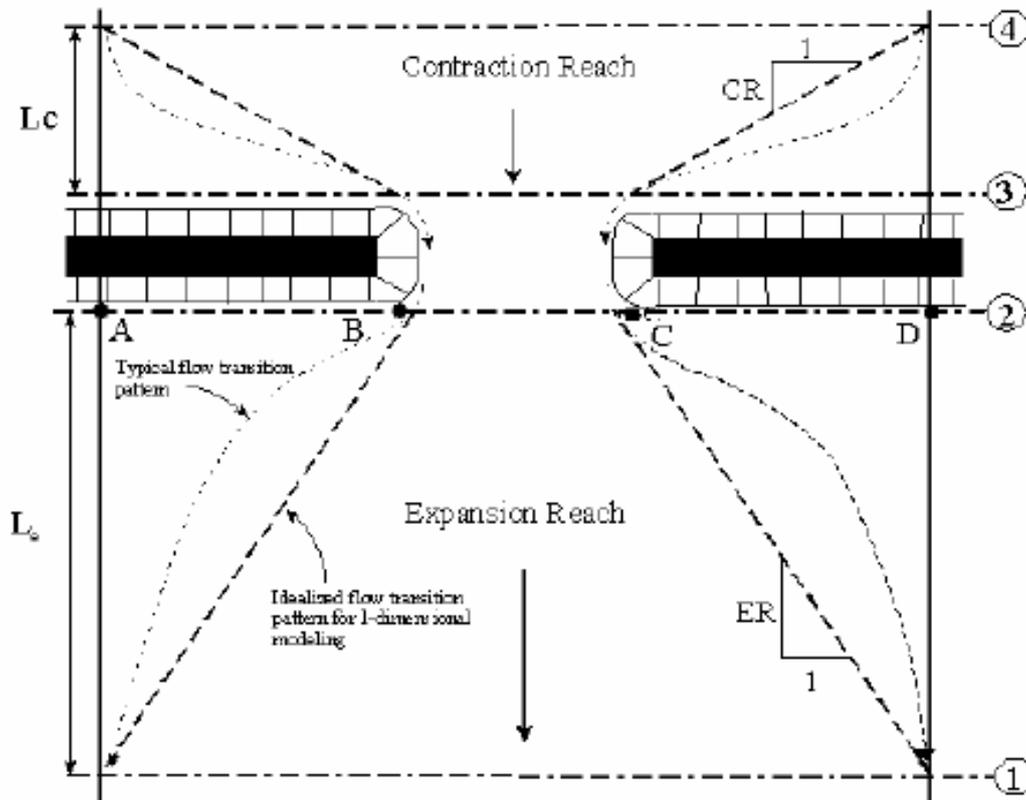
ad esempio l'area corrispondente al *main channel* è data dalla sommatoria delle aree delle *sub-section*, che la compongono secondo quanto riportato in figura.



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

RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

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



GEOMETRIA DI UN PASSAGGIO RISTRETTO

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

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

CONDIZIONI AL CONTORNO IN MOTO PERMANENTE

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

assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE SEZIONI

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

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

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

- Cartografia tecnica regionale al 10.000
- **Modello DTM 10 m del terreno**
- Sopralluoghi con rilievo di dettaglio con stazione totale come controverifica del dato della cartografia numerica.

3. PARAMETRI DI VERIFICA

Per quanto riguarda le condizioni al contorno ci si è posti nell'ipotesi di regime misto e pertanto sono state impostate come condizioni al contorno di monte e di valle l'"altezza critica".

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

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

Per le simulazioni effettuate sono stati assunti i seguenti valori del parametro n di Manning:

- **$n = 0.022 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$** – Canale in terra;
- **$n = 0.03 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$** – Alvei di pianura rettilinei, poco inerbiti;

Infine si è posto pari a **0.1** il **coefficiente di contrazione** e **0.3** quello di **espansione**, tipici di transizione graduale fra le sezioni, anche quando in pratica la sezione rimane costante, come nel caso dei tratti regolarizzati.

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

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

In particolare, i dati numerici forniti dal calcolo sono:

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

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

In allegato alla presente relazione (Allegati B e C) vengono forniti i risultati della modellizzazione idraulica, sia per lo stato di fatto che di progetto, sottoforma di

- Sezioni dell'asta analizzata che riportano i tiranti idrici di tutti gli eventi di piena studiati
- Profilo longitudinale dell'alveo e della corrente
- Planimetria del modello idraulico

VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELL'INTERVENTO, COMPATIBILITÀ CON LE NORME DEL P.A.I. E SUA FATTIBILITÀ

Le opere di "Realizzazione del nuovo impianto agri fotovoltaico", ricadente nei comuni di Solarussa e Siamaggiore, rientrano tra gli interventi ammissibili dalle NTA del PAI.

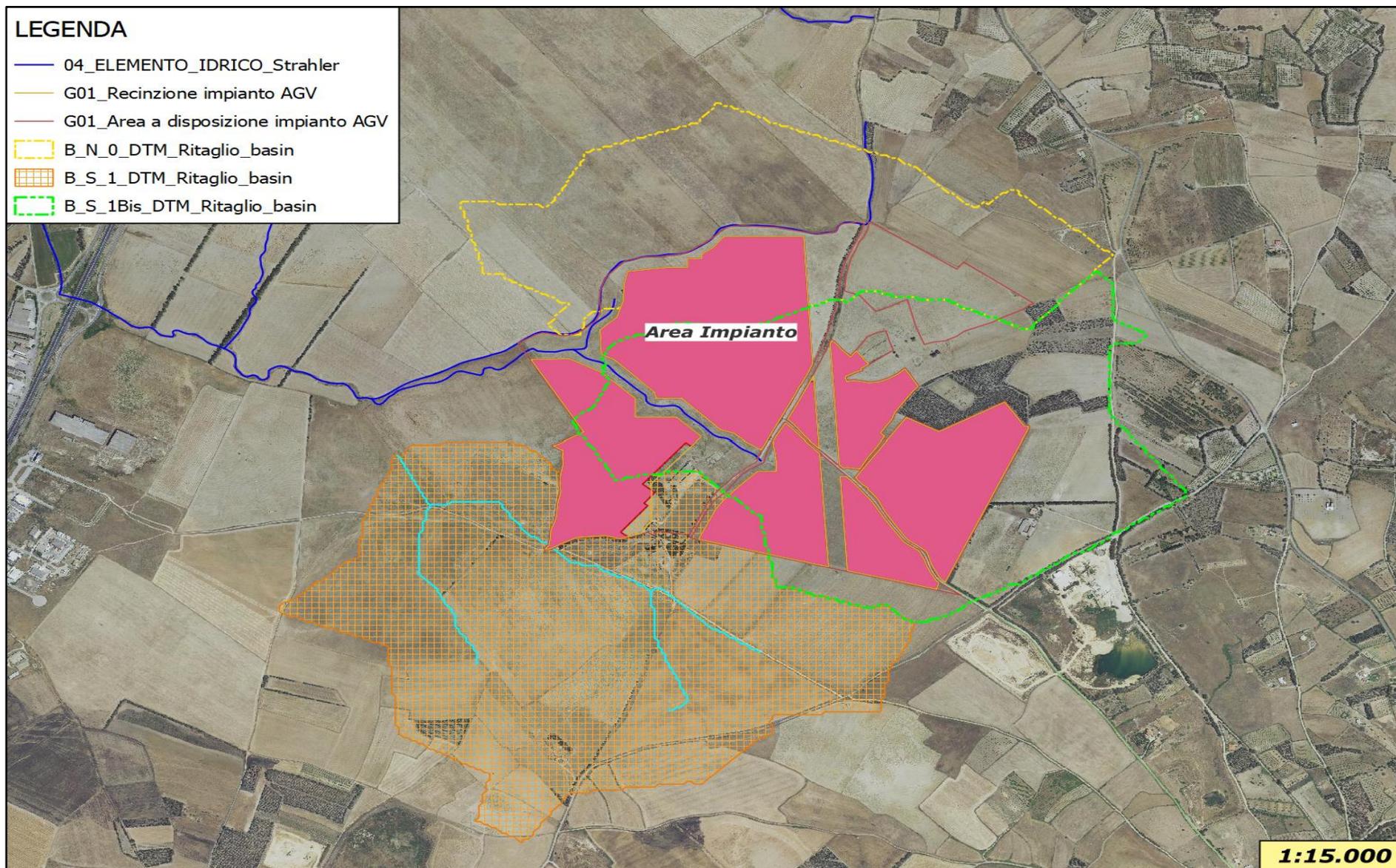
Infatti, l'installazione dei pannelli e dei manufatti corellati, avverranno tutti al di fuori delle aree perimetrate a pericolosità idraulica.

Sulla base dello studio condotto ed in seguito alle verifiche effettuate, considerando la situazione ante e post intervento, sulla realizzazione dell'opera, si può affermare quanto segue:

- ✓ *non aumenta il livello di pericolosità idraulica*
- ✓ *non preclude la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio dalle aree limitrofe;*
- ✓ *non presenta una vulnerabilità tale da renderlo inadeguato rispetto alle finalità per il quale è stato progettato;*
- ✓ *l'intervento è coerente con gli strumenti urbanistici vigenti.*

Per quanto sopra esposto e sulla base delle risultanze dello studio condotto possiamo affermare che l'intervento in progetto è compatibile con lo stato dei luoghi e con le norme e prescrizioni del PAI Sardegna.

ALLEGATO A - TAVOLA DEI SUB BACINI



ALLEGATO B - TAVOLA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA VIGENTE

LEGENDA

Pericolo_Idraulico_PAI_PGRA_Rev_Dic_22

Hi1

Hi2

Hi3

Hi4

G01_Recinzione impianto AGV

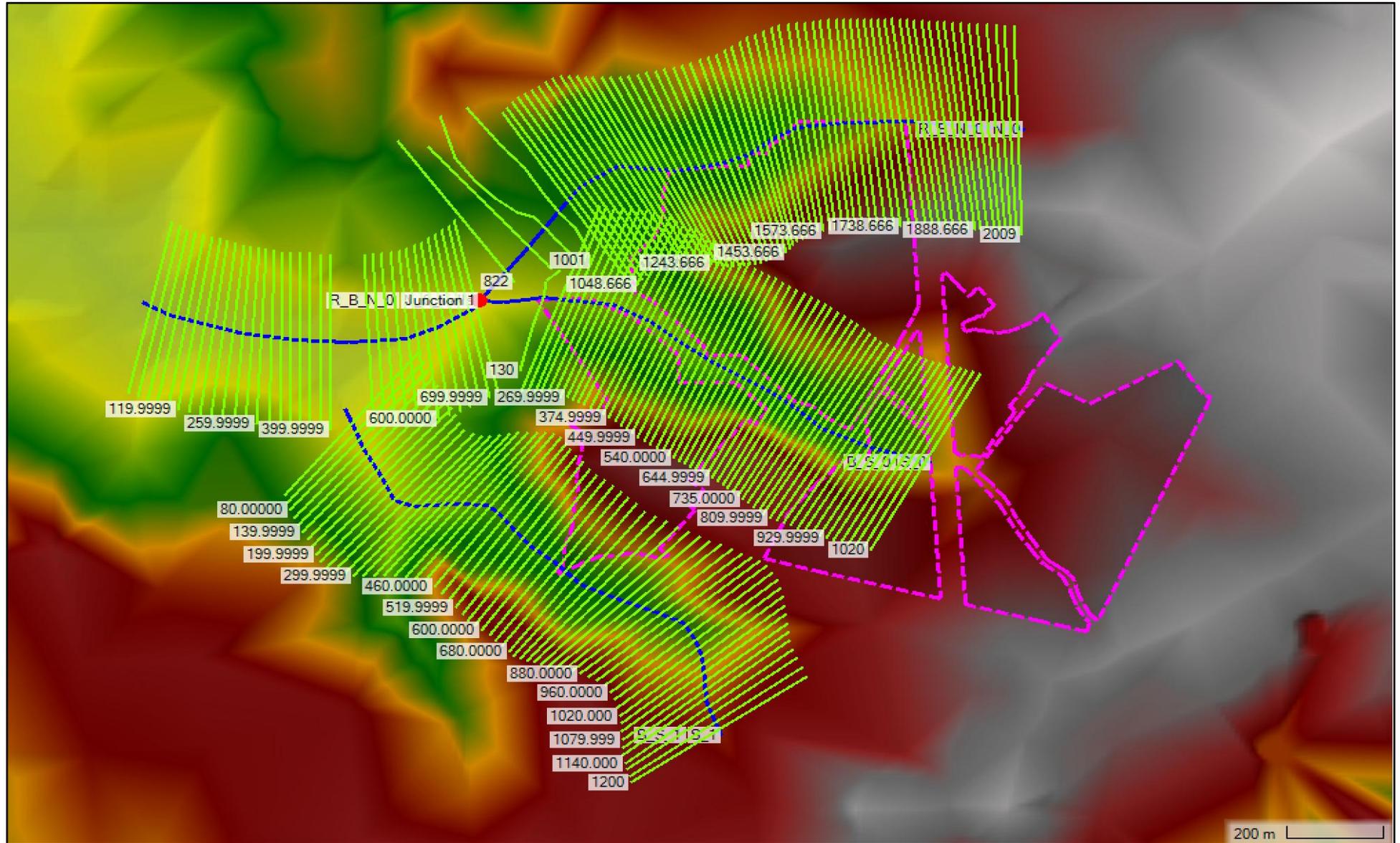
G01_Area a disposizione impianto AGV



ALLEGATO C - TAVOLA DELLA PERICOLOSITA' DALLO STUDIO DI DETTAGLIO



ALLEGATO D - MODELLO HEC-RAS UTILIZZATO



PIANO DI MANUTENZIONE

Il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti rappresenta il documento complementare al progetto degli interventi che prevede, pianifica e programma le procedure dell'attività di manutenzione al fine di mantenere nel tempo la funzionalità dell'intervento, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico dei vari manufatti.

Poiché l'intervento di che trattasi non influenza il grado di pericolosità e/o di rischio dell'area interessata ai fenomeni di allagabilità, non si ritiene opportuno supportare la progettazione del piano di manutenzione delle opere previsto dall'Allegato E alle NTA del PAI Sardegna.

Sarà cura del committente attuare gli interventi di manutenzione necessari al mantenimento nel tempo della corretta funzionalità dell'impianto e delle sue caratteristiche tecniche, e della efficienza delle sue parti strutturali.

PIANO DI MONITORAGGIO

Per le stesse ragioni espresse per il piano di manutenzione, poichè l'intervento di che trattasi non influenza il grado di pericolosità e/o di rischio dell'area interessata ai fenomeni di allagabilità, non si ritiene opportuno supportare la progettazione del piano di monitoraggio degli interventi previsto dall'Allegato E alle NTA del PAI Sardegna.