

TRE RINNOVABILI S.r.l.

Impianto eolico "Guisina" da 29,9 MW ed opere connesse

Comuni di Monreale e Piana degli Albanesi (PA)

Progetto Definitivo Impianto di Rete

Allegato C.6 - Relazione Idrologica-Idraulica Nuova Stazione RTN 220 kV "Monreale 3"



Rev. 0

Luglio 2021

Indice

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Premessa generale	3
1.2	Oggetto e scopo	3
2	PARTE I – Valutazione e trattamento acque di prima pioggia	5
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
2.2	CENNI SULLA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2.3	CALCOLO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA DELLA STAZIONE RTN	7
2.4	TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA	8
2.5	SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA	8
2.6	SISTEMA SMALTIMENTO DELLE ACQUE REFLUE DOMESTICHE	9
3	PARTE II - Studio idrologico del corpo idrico recettore	10
3.1	STUDIO IDROLOGICO	10
3.1.1	Cenni sulle caratteristiche idrografiche e morfologiche dell'area	10
3.1.2	Metodologia dell'analisi idrologica	12
4	PARTE III - Studio idraulico del corpo idrico recettore	30
4.1	STUDIO IDRAULICO	30
4.1.1	Metodologia di analisi	30
4.1.2	Risultati delle Simulazioni	32
5	CONCLUSIONI	37

Appendici

Appendice A	Formule Tempo di Corrivazione
Appendice B	Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)
Appendice C	Risultati Analisi Idraulica (Hec-RAS)

Questo documento è di proprietà di TRE RINNOVABILI S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di TRE RINNOVABILI S.r.l.

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa generale

La società Tre Rinnovabili S.r.l. ("la Società") intende realizzare nel comune di Monreale (PA), in contrada Guisina, un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato Impianto eolico "Guisina", avente una potenza complessiva di 29,9 MWe. L'energia prodotta dall'impianto sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), tramite la stazione elettrica di trasformazione 220/30 kV (Stazione Utente) della Società, connessa alle Opere Condivise dell'Impianto di Utenza. Le Opere Condivise a loro volta saranno connesse alla nuova stazione di smistamento RTN a 220 kV denominata "Monreale 3".

Infatti la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, Terna S.p.A., prevede che l'impianto eolico debba essere collegato in antenna a 220 kV con una nuova stazione di smistamento della RTN a 220 kV in doppia sbarra (denominata appunto "Monreale 3"), da collegare in entra-esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico-Ciminna". La realizzazione di questa infrastruttura di rete si rende necessaria per via delle molteplici richieste di connessione per impianti rinnovabili di grande taglia pervenute a Terna nell'intorno della zona in cui è previsto l'impianto eolico della Società.

La Società è stata incaricata dal Gestore, in qualità di capofila, della progettazione delle opere costituenti l'Impianto di Rete, di seguito descritte:

1. Nuova stazione RTN di smistamento a 220 kV in doppia sbarra denominata "Monreale 3", ricadente nel Comune di Monreale in località Borgo Aquila (PA);
2. Nuovi raccordi linea di collegamento della nuova stazione RTN "Monreale 3" a 220 kV della lunghezza di circa 4 km, che consentiranno il collegamento in entra-esce della nuova stazione RTN alla linea esistente a 220 kV della RTN "Partinico-Ciminna", ubicati principalmente nel Comune di Monreale (PA), in località Borgo Aquila, e parzialmente nel Comune di Piana degli Albanesi (PA).

La Nuova Stazione RTN e i nuovi raccordi linea congiuntamente costituiscono il **Progetto Definitivo dell'Impianto di Rete**.

1.2 Oggetto e scopo

Oggetto del presente documento è uno studio idrologico ed idraulico a supporto del progetto per la realizzazione della Stazione RTN "Monreale 3". Per tale opera sarà infatti prevista l'installazione di un impianto per il trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia - raccolte dalle aree pavimentate della Stazione RTN - prima che queste vengano immesse nella rete idrografica naturale o nel suolo, allo scopo di ridurre l'impatto ambientale delle stesse.

Lo studio è stato articolato in 3 fasi presentate come di seguito indicato:

- PARTE I: Analisi idraulica riguardante la valutazione ed il trattamento delle acque di prima pioggia della Stazione Utente e delle Opere Condivise;
- PARTE II: Studio idrologico per l'individuazione del corpo idrico recettore delle acque di prima pioggia e del suo regime idraulico;
- PARTE III: Analisi idraulica riguardante la valutazione dell'incidenza degli scarichi delle acque di prima pioggia sul corpo idrico recettore.

Si fa presente che allo stesso corpo idrico ricettore confluiranno anche le acque in uscita dagli impianti di trattamento acque meteoriche di prima pioggia della Stazione Utente e delle Opere Condivise. Per tali impianti è stato predisposto uno studio idrologico-idraulico dedicato, riportato nell'All. C.5 del Progetto Definitivo dell'Impianto di Utenza.

Per completezza è stata effettuata anche un'analisi idraulica cumulativa, per valutare l'incidenza sul corpo idrico ricettore degli scarichi provenienti sia dall'Impianto di Utenza (Stazione Utente e Opere Condivise) che dall'Impianto di Rete.

2 PARTE I – Valutazione e trattamento acque di prima pioggia

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La nuova Stazione RTN di Smistamento "Monreale 3" verrà realizzata in Contrada Aquila, territorio del comune di Monreale (PA), in prossimità dell'Impianto di Utenza (Stazione Utente e Opere Condivise). L'accesso alla Stazione RTN avverrà da una strada di nuova realizzazione che si diramerà dall'esistente strada asfaltata una strada asfaltata "Ex strada consortile", di proprietà o del comune di Monreale o della provincia di Palermo.

Topograficamente l'area occupa la porzione nord orientale della tavoletta I.G.M.I. in scala 1:25.000, "Rocche di Rao" (Fog. 258, Quadr. I, Orient. S.O.) mentre nella cartografia C.T.R., in scala 1:10.000, è interessata la tavola 607080 denominata "La Montagnola". Le coordinate geografiche centrali del sito (WGS84) sono: Lat. 37°54'14" N; Long. 13°17'55" E.



Fig. 1: Area di progetto su ortofoto satellitare

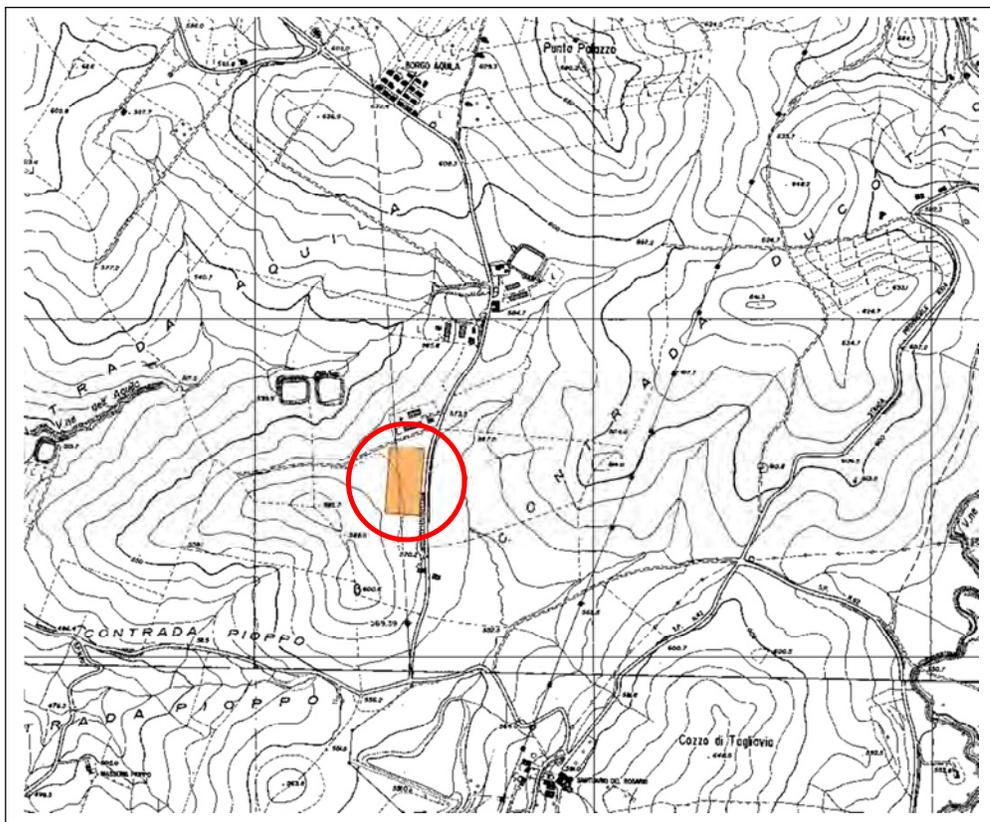


Fig. 2: Inquadramento Geografico su C.T.R. 607080

2.2 CENNI SULLA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La Normativa italiana in materia di tutela delle acque non definisce in modo univoco le acque di dilavamento di superfici stradali o comunque impermeabili e, in generale, possibili fonti di inquinamento.

Il D. Lgs. n.152 del 3 aprile 2006 "Codice dell'Ambiente" nella Parte terza, (Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche) precisa tuttavia che "le acque meteoriche restituite al reticolo idrografico devono rispettare determinati limiti qualitativi e comunque non devono determinare situazioni tali da peggiorare la qualità dei corpi idrici recettori"; in particolare per talune attività, come nel caso di piazzali di attività produttive, è espressamente richiesto dalla Normativa il rispetto della Tabella 3 – All. 5 Parte III D.L. 152/06 relativamente allo scarico in acque superficiali e della Tabella 4 se lo scarico è sul suolo.

Nello specifico l'Art.113 "Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia" del D.L. 152/06 stabilisce che:

1. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, disciplinano e attuano:

- a) le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*
- b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.*

2. Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma precedente non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.

3. Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari ipotesi nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento dalle superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.

4. È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

Spetta quindi alle singole Regioni il compito di disciplinare i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne siano canalizzate ed opportunamente trattate e la definizione stessa dei parametri tecnici per la valutazione e quantificazione delle acque di prima pioggia.

Poiché, allo stato attuale, la Regione Sicilia non ha ancora emanato una specifica *Direttiva* concernente le acque di prima pioggia, tenuto conto che comunque si prevederà di dotare la Stazione RTN di un sistema di raccolta, trattamento e smaltimento di tali acque, è stato fatto riferimento a regolamenti già emanati da altre regioni italiane nello specifico:

- Regione Lazio: PTAR con D.C.R. n. 42 del 27/09/07, aggiornato con D.G.R. n. 819 del 28/12/2016
- Regione Emilia-Romagna - Delib. n.2184 27-12-2007 – Delibera 1860/2006 – Delibera 286/2005
- Regione Lombardia: Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne. Regolamento Regionale 24 marzo 2006, N. 4

Nei regolamenti risulta una notevole uniformità nella definizione di acque di prima pioggia, ossia: *sono da intendersi come acque meteoriche di prima pioggia le acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti con un coefficiente di afflusso pari a 1.*

2.3 CALCOLO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA DELLA STAZIONE RTN

Con riferimento alla definizione riportata, conosciuta la superficie scolante totale dell'infrastruttura (dove per superficie scolante si intende l'insieme di strade, piazzali, aree di carico e scarico e di ogni altra superficie scoperta resa impermeabile) è possibile calcolare il volume totale delle acque di prima pioggia.

In relazione alla Stazione RTN in esame, i dati di progetto, come meglio rappresentati nella Tav. 11 "Planimetria impianto di trattamento prima pioggia – Stazione RTN" del Progetto Definitivo dell'Impianto di Rete, indicano una superficie totale interna scolante di 5.099 m² (4.540+559) dove:

- 4.540 m² per aree interne alla stazione pavimentate, avviate al trattamento;
- 559 m² per copertura e marciapiedi dell'edificio della stazione RTN e dei chioschi, avviate al trattamento;
- 13.640 m² per aree interne stazione utente non pavimentate.

Pertanto il volume totale di acque da trattare risulta $V = 25,50 \text{ m}^3$ ($5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 5.099 \text{ m}^2$).

Tale volume verrà preventivamente trattato dal sistema di chiarificazione e successivamente scaricato, nell'arco di 24 ore, successivamente all'evento meteorologico, con una portata media costante che pertanto risulta:

$$Q = 25,50/24 = 1.062 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ ossia pari a:}$$

$$Q = 2.95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (0,29 litri/s)}$$

2.4 TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

In relazione ai volumi calcolati ed alla tipologia di inquinanti potenziali previsti (essenzialmente polveri, oli minerali e residui di erosione di superfici di rivestimento quali bitume, vernici ecc., il tutto in quantità estremamente ridotte) per il trattamento delle acque di prima pioggia verrà utilizzato un impianto di tipo modulare, opportunamente dimensionato, schematicamente rappresentando nella Tav. 11 del Progetto Definitivo dell'Impianto di Rete o, in alternativa, un manufatto conforme; tale impianto nella sua forma completa oltre ad una vasca di raccolta di prima pioggia prevede l'uso di un disoleatore esterno.

Le acque di prima pioggia provenienti dalle superfici scolanti, ed opportunamente raccolte da un sistema di canalette interne alla Stazione RTN, verranno convogliate in un pozzetto scolmatore; questo manufatto separerà fisicamente le acque di prima pioggia, potenzialmente inquinate, da quelle di seconda pioggia, pulite e non contaminate e quindi pronte per essere convogliate direttamente al recettore finale.

Le acque di prima pioggia provenienti dallo scolmatore vengono quindi accumulate temporaneamente in una vasca prefabbricata, dove avverrà la sedimentazione delle sabbie e dei residui pesanti in generale; la separazione delle acque di prima e di seconda pioggia verrà garantita da una valvola antiriflusso a galleggiante in acciaio inox installata all'ingresso della vasca di accumulo. Successivamente, normalmente dopo 48/72 ore, per mezzo di una elettropompa sommersa a portata costante, le acque verranno avviate al disoleatore per separazione dei liquidi leggeri e infine direttamente al recettore finale (corso d'acqua, suolo o primo sottosuolo).

L'impianto di trattamento è stato opportunamente dimensionato per trattare le acque di prima pioggia provenienti dalle superfici scolanti della Stazione RTN. La vasca prefabbricata dell'impianto di trattamento avrà un volume utile di 35 m^3 , idonea quindi per trattare il volume delle acque di prima pioggia provenienti dalle superfici scolanti ($25,50 \text{ m}^3$).

A valle del sistema verrà installato un pozzetto di dimensioni idonee per i prelievi di campioni delle acque trattate. Le acque chiarificate, se con caratteristiche conformi ai limiti di legge, verranno avviate allo smaltimento.

2.5 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

Per quanto riguarda la tipologia di smaltimento delle acque trattate, i regolamenti regionali consultati indicano come possibile:

- scarico in corpi idrici superficiali (corsi d'acqua).

- scarico sul suolo
- scarico negli strati superficiali del sottosuolo

Il regolamento della Regione Emilia Romagna, indica come preferibili le ultime 2 soluzioni, mentre gli altri regolamenti (Lazio e Lombardia) non evidenziano preferenze.

Nel presente progetto considerati i volumi da trattare e la presenza di un corso d'acqua ubicato circa 110 metri a valle della stazione, è stata preferita la prima tipologia di scarico (fig. 3).

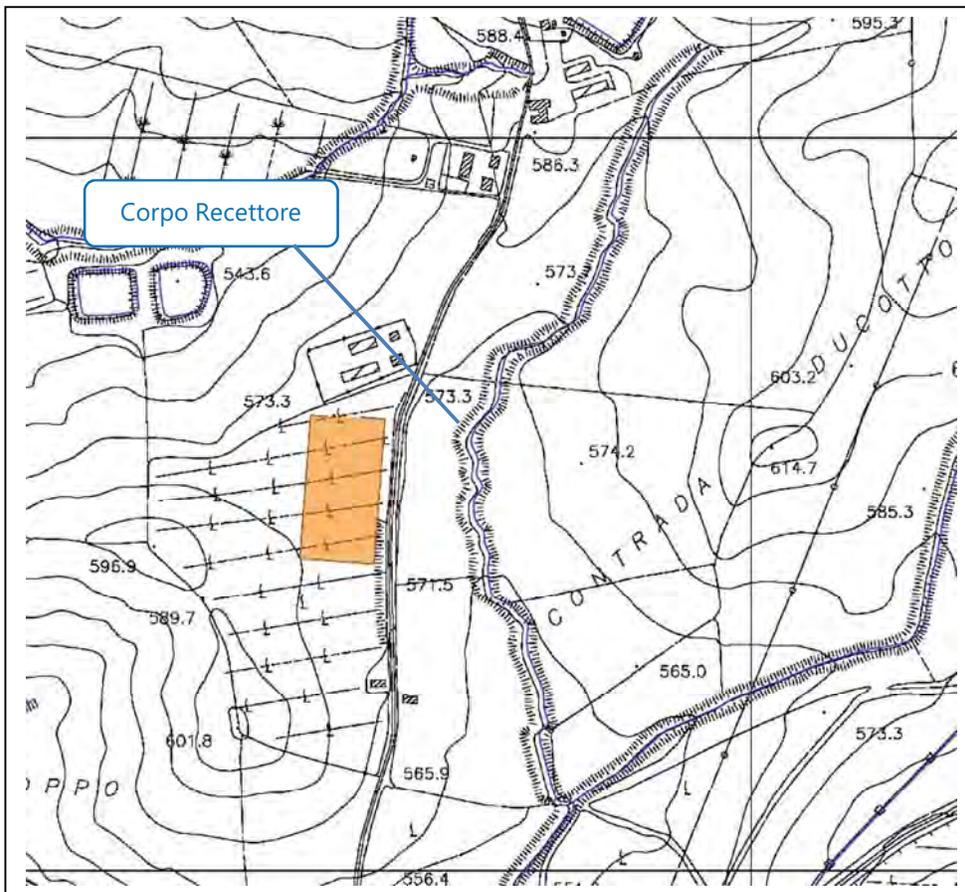


Fig. 3: Corpo idrico superficiale recettore

2.6 SISTEMA SMALTIMENTO DELLE ACQUE REFLUE DOMESTICHE

Per quanto riguarda, infine, le acque reflue di natura domestica provenienti dai w.c. presenti nell'edificio della Stazione RTN, così come per le acque di pulizia dei locali, data la modesta quantità legata all'uso occasionale, si precisa che il refluo chiarificato, preventivamente trattato con fossa Imhoff, verrà accumulato in una vasca interrata a tenuta stagna realizzata in prefabbricato in c.a. (o in vetroresina) e gestito unitamente ai rifiuti speciali di trattamento delle acque di prima pioggia, e pertanto, non si produrrà alcuno scarico diretto, né in superficie né in sottosuolo di acque reflue di natura domestica.

3 PARTE II - Studio idrologico del corpo idrico recettore

In questa seconda parte verrà effettuato uno studio idrologico del corpo idrico recettore dello scarico delle acque di prima pioggia chiarificate, individuato in precedenza, al fine di una valutazione del suo regime idraulico.

3.1 STUDIO IDROLOGICO

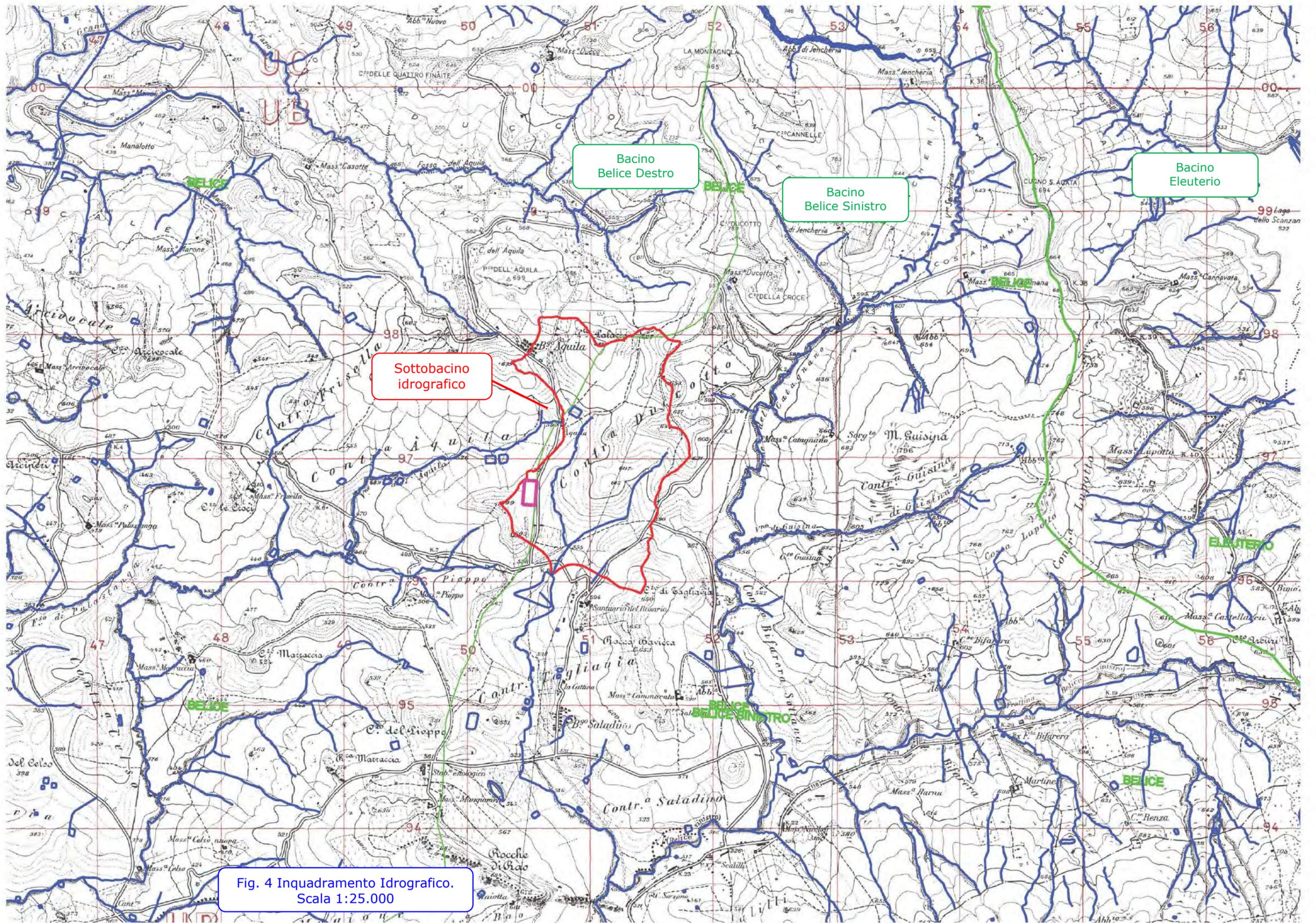
3.1.1 Cenni sulle caratteristiche idrografiche e morfologiche dell'area

Dal punto di vista idrografico, con riferimento alla C.T.R. 2012-2013 il corso d'acqua individuato rappresenta un impluvio di ordine 1 (secondo la metodologia di Horton-Strahler), ossia un ramo di testa, del *Fiume Belice Sinistro*, il quale con uno sviluppo dell'asta principale di oltre 57 km e con un bacino idrografico di circa 407 km² rappresenta, unitamente al Belice Destro, il principale affluente del Fiume Belice.

Il Fiume Belice, come tutti i corsi d'acqua siciliani nei rami di testa presenta sempre un carattere spiccatamente torrentizio con prolungati periodi completamente asciutti alternati a brevissimi periodi di piena a seguito di eventi meteorici, con i maggiori volumi di deflusso concentrati nel semestre Novembre-Aprile; il sottobacino idrografico sotteso dall'impluvio recettore ricade proprio in corrispondenza della linea di spartiacque principale tra il Belice Sinistro e il Belice Destro (fig. 4).

Poiché l'impluvio recettore non presenta una denominazione specifica nella cartografia consultata (C.T.R. 10.000 e I.G.M. 25.000) per chiarezza di esposizione da ora in poi verrà identificato come "*Impluvio Duccotto*" dal nome della contrada.

Dal punto di vista morfologico l'area presenta caratteristiche tipicamente alto collinari con quote mediamente comprese tra i 500 ed i 600 metri s.l.m. e pendenze prevalentemente comprese tra il 10% ed il 20%, con ampie aree a pendenze più elevate e rare aree sub-pianeggianti.



Sottobacino
idrografico

Bacino
Belice Destro

Bacino
Belice Sinistro

Bacino
Eleuterio

Fig. 4 Inquadramento Idrografico.
Scala 1:25.000

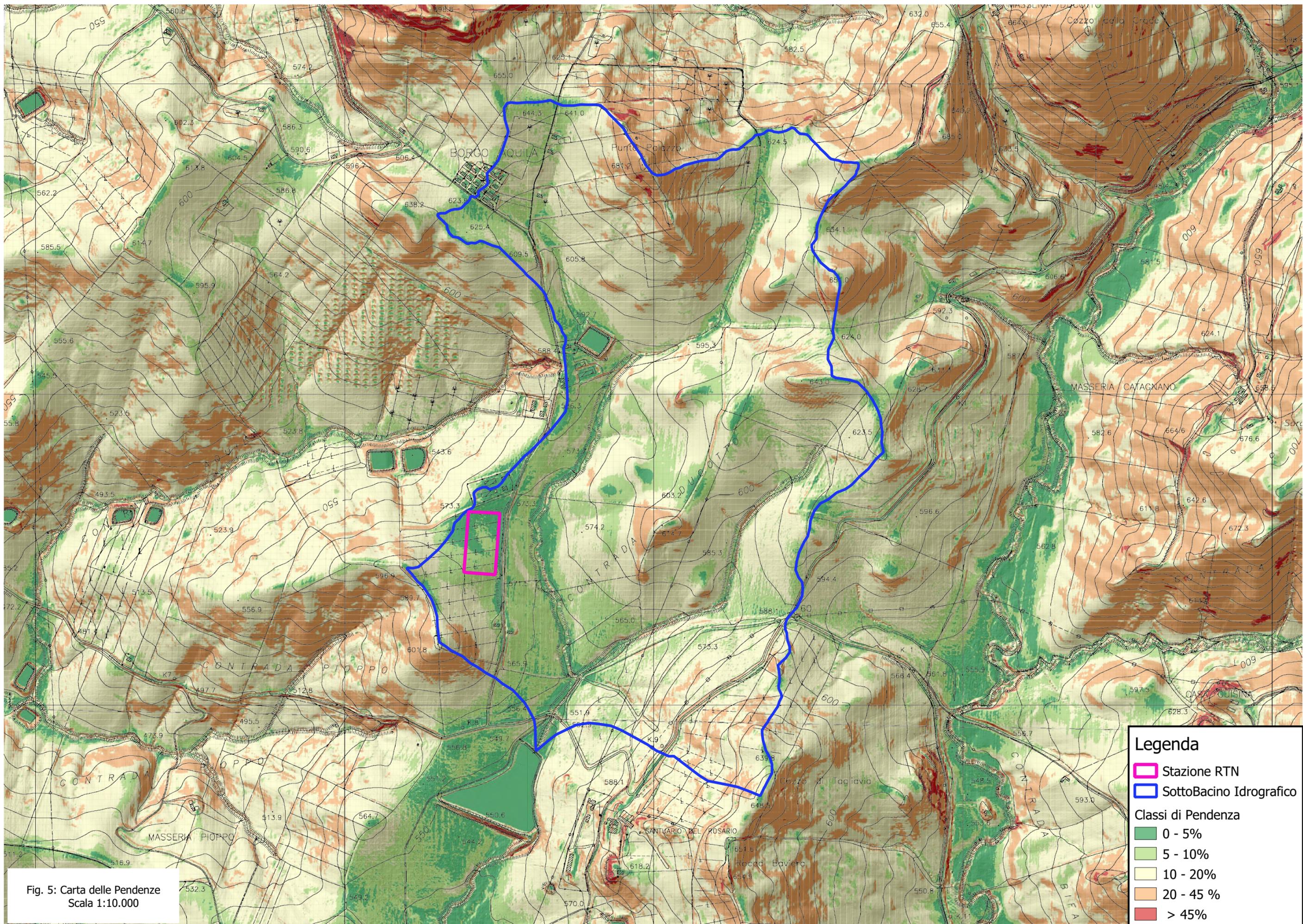


Fig. 5: Carta delle Pendenze
Scala 1:10.000

3.1.2 Metodologia dell'analisi idrologica

L'analisi idrologica di un bacino imbrifero volta alla valutazione della portata di piena massima attesa e dei relativi volumi di acqua, per un dato tempo di ritorno, in una data sezione di un corso d'acqua naturale o di un canale artificiale può essere essenzialmente schematizzata in 2 fasi:

- 1) Stima dell'afflusso idrico globale all'interno del bacino idrografico di interesse.
- 2) Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso.

Fondamentale è in ogni caso la conoscenza preliminare del parametro temporale di riferimento che governa le 2 fasi.

La stima del flusso idrico globale all'interno di un bacino si deduce infatti, a partire dalle curve di probabilità pluviometrica (vedi oltre), in corrispondenza di una determinata durata temporale t e le stesse caratteristiche della portata di piena (portata massima, tempo di picco, volume di deflusso, idrogramma di piena, ecc.) dipendono dal medesimo valore temporale noto come tempo di corrivazione (t_c).

- Stima del Tempo di corrivazione (t_c)

Il tempo di corrivazione t_c , è definibile come "il tempo richiesto ad una singola particella d'acqua per raggiungere, dal punto più distante, la sezione di chiusura del bacino"; sostanzialmente esso indica l'istante nel quale tutto il bacino sotteso dalla sezione di riferimento contribuirà, contemporaneamente, alla formazione del deflusso; se infatti la durata della pioggia t risulta inferiore a t_c le porzioni più distanti del bacino, alla fine della precipitazione (istante t), non avranno ancora contribuito al deflusso nella sezione di chiusura e quando questo avverrà, le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno già smesso di contribuire.

Il calcolo del tempo di corrivazione è intrinsecamente oggetto di incertezza; per il calcolo sono infatti disponibili in letteratura numerose formulazioni empiriche ricavate da modelli basati su bacini reali, che tuttavia restituiscono valori anche significativamente diversi per lo stesso bacino. L'applicazione di una formula piuttosto che un'altra è quindi legata, qualora possibile, alla ricerca di una somiglianza tra il bacino in esame e il modello utilizzato. Nello studio qui condotto sono state considerate alcune fra le principali formulazioni comunemente utilizzate in Italia (vedi Appendice A) i cui risultati sono di seguito presentati.

L'analisi morfometrica preliminare, che ha permesso di valutare tutti i parametri necessari per il calcolo del tempo di corrivazione, è stata realizzata mediante diversi algoritmi di calcolo implementati nel software Q-Gis (r.univar, r.slope.aspect, r.surf.area), usando sempre come base di elaborazione il Modello Digitale del Terreno (DTM) a passo 2 metri della Regione Sicilia (dati LIDAR, volo ATA 2012).

L'analisi morfometrica ha restituito i seguenti risultati:

$S = 2,096 \text{ km}^2$ – superficie del bacino

$h_{\max} = 679,9$ metri s.l.m. – quota massima del bacino

$h_0 = 549,3$ metri s.l.m. – quota sezione di chiusura del bacino

$h_M = 600,8$ metri s.l.m. – altezza media del bacino

$L = 2,451$ km – lunghezza asta principale

$i_a = 3,32$ % – pendenza media dell'asta principale

$i_b = 12,65$ % – pendenza media del bacino

Utilizzando tali parametri morfometrici sono stati ottenuti i risultati presentati in tabella I; il valore utilizzato è stato infine quello rappresentato dalla media aritmetica dei valori eliminando, in via cautelare, le formulazioni di Giandotti e Turazza palesemente inadatte poiché restituiscono velocità medie di deflusso non realistiche (eccessivamente basse), pertanto risulta:

$t_c = 0,831$ ore (pari a 49,8 minuti).

Formula	Tempo di corrivazione t_c (ore)
<i>Formula Giandotti</i>	1,649
<i>Formula Viparelli*</i>	0,681
<i>Formula Ventura</i>	1,011
<i>Formula Pasini</i>	1,023
<i>Formula Aronica e Paltrinieri*</i>	1,166
<i>Formula Pezzoli</i>	0,740
<i>Formula di Kirpich</i>	0,409
<i>Formula SCS*</i>	0,787
<i>Formula di Turazza</i>	1,571

Tab. I: *le formulazioni di Viparelli, Aronica e dello SCS richiedono un parametro non morfometrico (vedi Appendice A)

- Stima del flusso idrico globale

La portata di massima piena relativa ad un determinato areale, salvo casi eccezionali, è generata dalle precipitazioni meteoriche e la sua entità dipenderà da numerose variabili, che vanno dalla distribuzione stessa della pioggia, nel tempo e nello spazio, alle caratteristiche morfologiche del bacino e della rete idrografica. In siffatte condizioni è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico, bisognerà quindi affrontare il problema nel solo modo possibile, e cioè in termini probabilistici.

La portata di piena va quindi considerata come una variabile casuale la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad

un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere, è possibile ricondurre l'analisi a due tipologie di studio, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

a) stima della portata di piena di progetto dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;

b) stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi. L'analisi che seguirà, ovviamente, rientra nel secondo caso.

- Metodo TCEV Sicilia

Volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna innanzitutto ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno, assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento; in altre parole bisogna definire la curva di probabilità pluviometrica, indicata spesso con l'acronimo c.p.p., per la cui definizione è stato qui utilizzato il metodo TCEV.

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI. (Progetto per la Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), che ha avuto come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti ed appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica.

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà riferimento alla procedura descritta nel Progetto VA.PI. Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni valori statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la regione Sicilia. A questo livello la Sicilia viene pertanto ritenuta una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri di forma della funzione di probabilità cumulata $F_y(y)$, $\Theta^* = 2.24$ e $\Lambda^* = 0.71$ sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

$$F_y(y) = \exp \left[\exp(-y) - \Lambda^* \exp\left(-\frac{y}{\Theta^*}\right) \right] \text{ con } y \geq 0$$

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è stata suddivisa in sei sottozone pluviometriche omogenee, ridotte poi a cinque dato che i valori del parametro Λ_1 delle zone Z0 e Z5 erano praticamente identici:



Fig. 6: Iniziale suddivisione in sei sottozone pluviometriche omogenee (Lo conti et al.2007)

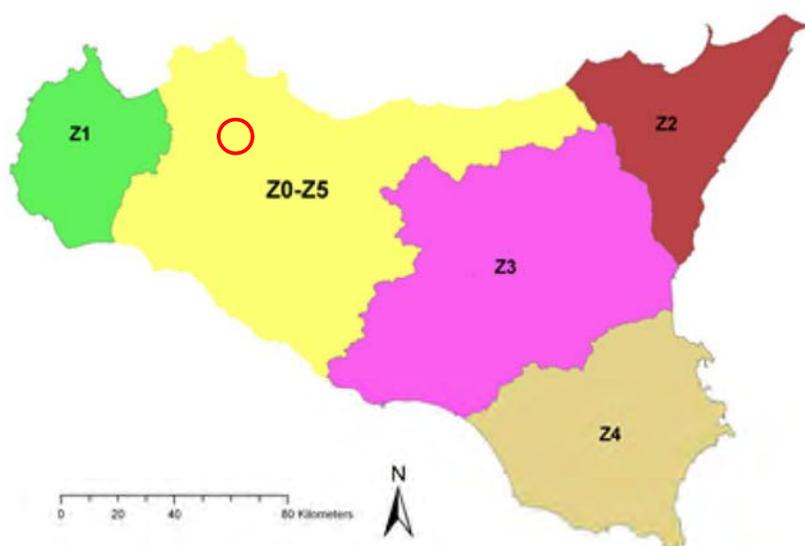


Fig. 7: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

A ciascuna sottozona è stato attribuito un valore costante del parametro λ_1 (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo $\Lambda 1$ in tabella:

	Sottozona					
	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
$\Lambda 1$	24,429	19,579	17,669	14,517	15,397	24,402

In ogni sottozona la variabile adimensionale K_T , definito fattore di crescita che misura la variabilità degli eventi estremi alle diverse frequenze T (tempi di ritorno) assume la seguente espressione:

$$K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

Dove i coefficienti a e b sono definiti in funzione della sottozona di riferimento come da tabella:

	Sottozona				
	Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

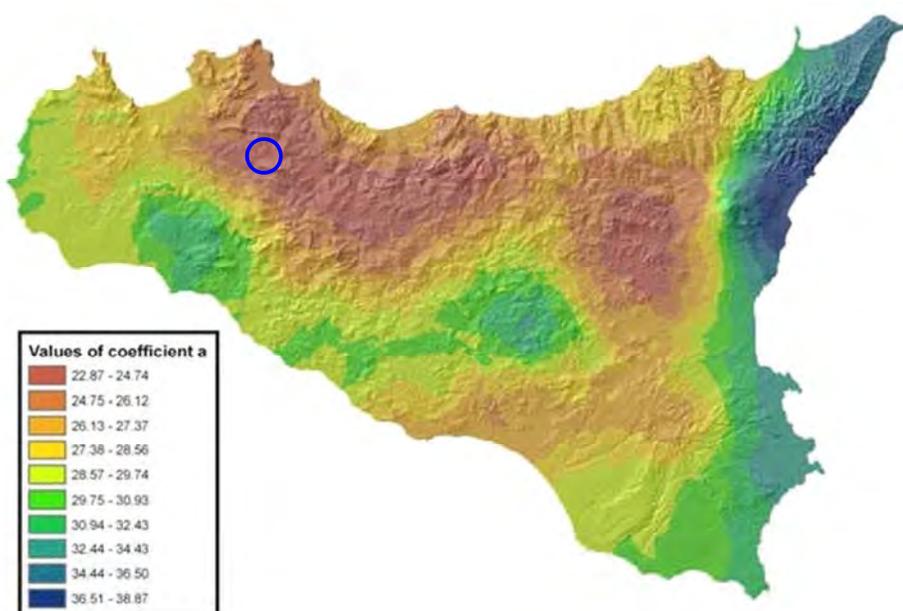
Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze, prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico), relative al sito di misura. Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t/T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui $h_{t/T}$ rappresenta l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T . Per ciascuna delle 172 stazioni siciliane considerate nel progetto VA.PI., che vantano almeno 10 anni di funzionamento, tra la media campionaria dei valori ed il tempo è stata riconosciuta una legge di regressione del tipo:

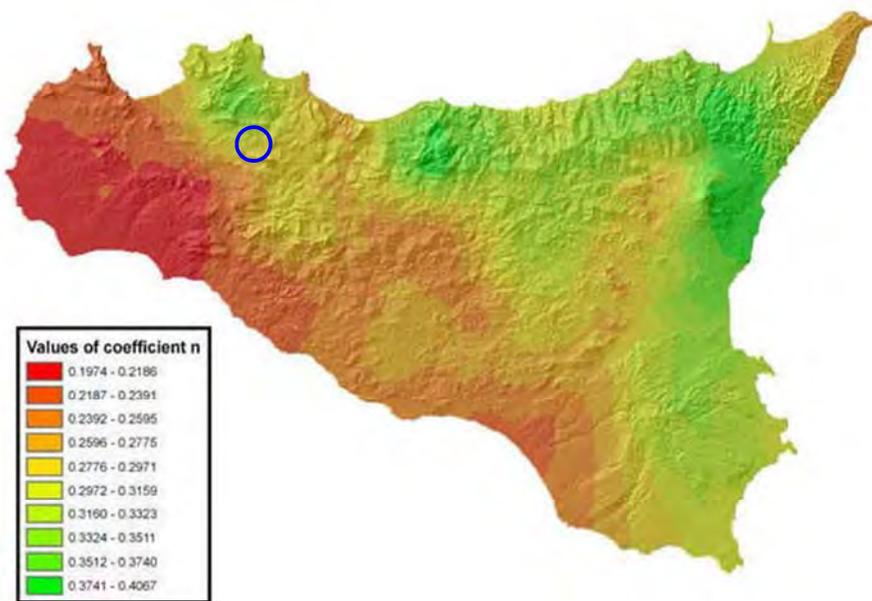
$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i bacini idrografici sprovvisti di stazioni di misura, i coefficienti a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n di seguito presentate.



Iso- a spatial distribution.

Fig. 8: Carta di distribuzione spaziale del parametro "a" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)



Iso-*n* spatial distribution.

Fig. 9: Carta di distribuzione spaziale del parametro "n" per la regione Sicilia (Lo conti et al.2007)

- Considerazioni sulle Piogge Brevi

Relativamente alla ricostruzione delle Curve di Probabilità Pluviometrica è infine opportuno osservare che l'analisi degli eventi di pioggia brevi e di quelli lunghi mette in evidenza che essi seguono dinamiche meteorologiche differenti, sicché dai campioni di altezze h_t aventi durata $1 \text{ ora} \leq t \leq 24$ non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi di durata inferiore ad 1 ora.

La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora. È stato tuttavia dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

Il valore del rapporto, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso utilizzando la formula di Ferreri-Ferro:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0,386}$$

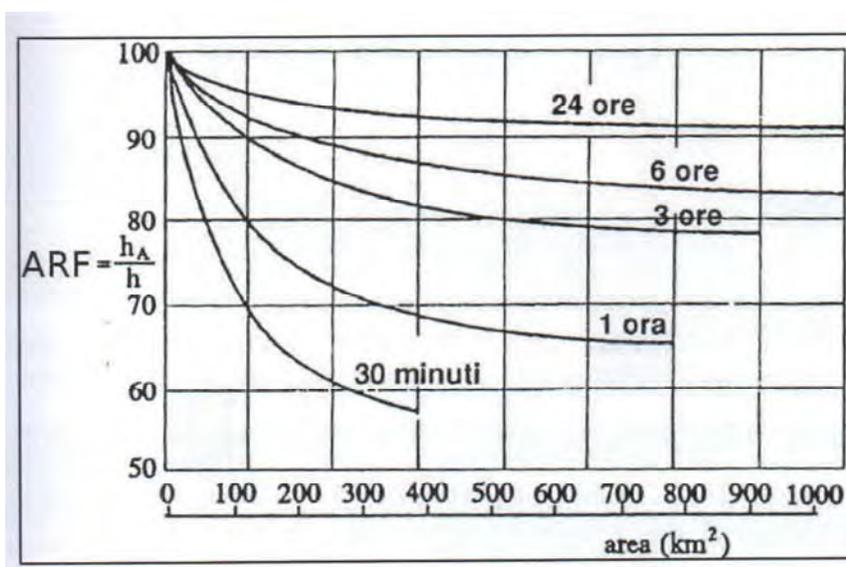
opportunamente calibrata da Ferro e Bagarello ("*Rainfall depth-duration relationship for South Italy*", 1996).

Nell'ambito del presente studio, laddove sarà necessario valutare altezze critiche di pioggia per intervalli di durata inferiore ad 1, verrà utilizzata l'equazione sopra esposta.

- Coefficiente di distribuzione areale della Pioggia (ARF)

Le altezze di pioggia che derivano dalle C.P.P. sono chiaramente altezze puntuali in quanto derivate da un'analisi statistica puntuale delle stazioni pluviometriche. Poiché dall'analisi dei dati di pioggia si è potuto verificare che la sua distribuzione spaziale non è mai del tutto uniforme per potere derivare a partire da queste altezze di pioggia puntuali una precipitazione distribuita su una certa superficie, pari a quella del bacino investito dall'evento e di una certa durata si può utilizzare un coefficiente areale di riduzione denominata ARF (Areal Reduction Factor).

In letteratura esistono varie espressioni per la valutazione del coefficiente ARF e apposite analisi per la sua determinazione sono state effettuate nell'ambito del già citato progetto VA.PI. riassumibili nella figura seguente:



Dall'analisi si evidenzia come per bacini di ridotte dimensioni ($S < 20 \text{ km}^2$) il valore del coefficiente di riduzione ARF sia prossimo a 1, pertanto nel presente lavoro non è stata considerata alcuna correzione areale.

- Curva di Probabilità Pluviometrica

Utilizzando la metodologia descritta in precedenza, è stata calcolata la Curva di Probabilità Pluviometrica di riferimento per l'area in esame; per il calcolo della C.P.P. è stato innanzitutto computato il valore del fattore di crescita K_T come precedentemente definito, considerando che l'impianto ricade nella zona pluviometria Z0-Z5, pertanto:

$$K_T = 0,4485 \cdot \ln(T) + 0,5117$$

Che per i tempi di ritorno considerati risulta:

Tr (anni)	K_T
100	2,577
300	3,070

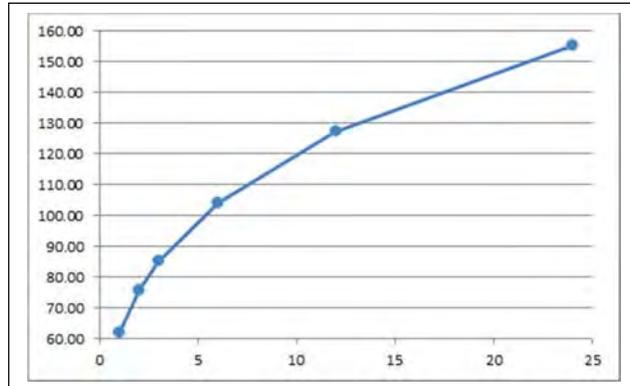
Per quanto riguarda i valori di a ed n da utilizzare nella equazione $\mu(t) = a \cdot t^n$ sono stati usati i valori desunti dalle figg. 8 e 9, nello specifico:

$$a=24.0 \quad n=0,29$$

Utilizzando quindi la sopra citata equazione è stato possibile ricostruire le C.P.P. che per le canoniche durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore risultano:

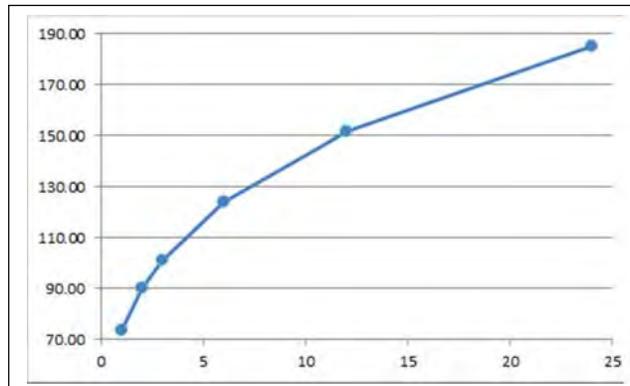
I) C.P.P. con $Tr=100$ anni

t (ore)	$H_{t/T}$ (mm)
1	61,85
3	85,06
6	103,99
12	127,15
24	155,46



II) C.P.P. con $Tr=300$ anni

t (ore)	$H_{t/T}$ (mm)
1	73,68
3	101,32
6	123,88
12	151,46
24	185,18



- Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso

Il fenomeno della trasformazione dell'afflusso idrico meteorico in deflusso superficiale all'interno di un bacino idrografico investito da un evento meteorico può essere studiato con vari metodi, in funzione dei dati disponibili e del grado di dettaglio che si intende ottenere. I vari metodi sono essenzialmente riconducibili a 3 tipologie:

- **Concettuali**: il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti, per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella singola componente.

- **Statistici**: consistono in una mera analisi statistica dei deflussi ossia delle portate di piena del bacino (che debbono essere note), che vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche dalle

caratteristiche morfologiche del bacino stesso (ad esempio i metodi di regionalizzazione delle piene usato nel progetto VA.PI.).

- **Formule empiriche:** le portate massime vengono calcolate sulla base di semplici relazioni matematiche tarate su dati sperimentali.

La scelta di una tipologia piuttosto che un'altra viene fatta, ovviamente, sulla base dei dati disponibili ma anche in funzione dei risultati che si intende ottenere, infatti:

Le Formule Empiriche forniscono la Portata massima e il Tempo di picco;

I Metodi statistici forniscono la Portata massima, tempo di picco e volumi;

I Metodi concettuali forniscono tutte le caratteristiche complete della piena;

Nel presente studio il problema è stato trattato con l'utilizzo del Software HEC-HMS il quale si basa esclusivamente sull'utilizzo di metodi concettuali, come sopra definiti.

- Descrizione del Modello HEC-HMS

Il software libero HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un modello idrologico messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center dell'USACE (US Army Corps of Engineers) per l'esecuzione di modellazioni idrologiche sia di bacini idrografici che in ambito urbano.

Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo delle perdite per infiltrazione, del volume di deflusso e per la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base nonché la propagazione dell'onda di piena nei canali, il contributo di invasi naturali o artificiali ecc.

Il software, in definitiva, permette di descrivere *quantitativamente* la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti.

I passaggi procedurali di implementazione del software essenzialmente sono:

- Separazione delle piogge
- Formazione della piena
- Propagazione della piena

Il software permette di usare una notevole moltitudine di metodi per ciascuna delle componenti base presenti; senza entrare nel dettaglio delle basi teoriche che portano agli algoritmi matematici, per le singole componenti verranno di seguito esposti sinteticamente i passaggi necessari per la modellizzazione, gli input utilizzati, i metodi di calcolo usati e infine verranno presentati i risultati finali della modellazione.

La modellizzazione di un evento prevede i seguenti passaggi:

I) La modellizzazione del Bacino idrografico, con l'inserimento dei vari elementi idrologici presenti nel bacino (identificazione ed aree dei sottobacini, impluvi, giunzioni tra impluvi, sorgenti, pozzi etc.).

II) Predisposizione del modello Meteorologico.

III) Inserimento del metodo di calcolo della pioggia netta (ossia la valutazione della quantità di pioggia che parteciperà al deflusso, al netto delle perdite)

IV) Metodo per la trasformazione degli afflussi idrici netti in deflusso (ossia il metodo per la valutazione dell'onda di piena)

V) Eventuale inserimento del metodo per la valutazione di un deflusso di base indipendente dalle piogge (presenza di sorgenti, emissari di invasi naturali o artificiali, ecc.).

l) Modellizzazione del Bacino idrografico

La modellizzazione del bacino idrografico in HEC-HMS consiste in un mero inserimento dei vari elementi idrologici presenti nel bacino, ossia identificazione e delimitazione di eventuali sottobacini, impluvi, giunzioni tra impluvi, sorgenti, pozzi, aree serbatoio ecc. (Fig. 12).

La sezione di chiusura dell'impluvio oggetto di studio è stata considerata in corrispondenza di un laghetto collinare artificiale, circa 800 metri a valle del punto di immissione.

Dal punto di vista della modellazione la sezione individuata sottende un unico sottobacino idrografico avente un'estensione areale di 2,096 km² ed un'asta principale che drena il sottobacino (qui identificato come *Impluvio Duccotto*) con una lunghezza complessiva di circa 2,45 km.

Il sottobacino è caratterizzato da un uso esclusivamente agricolo, prevalentemente (circa 82%) a *seminativo semplice* o *colture erbacee estensive* (codice CLC: 21121), con un 10% di *aree boschive e alberi da noce* (CLC: 2242) e modestissime quantità a frutteti, oliveti e vigneti (Fig. 10); non si ha notizia né sono state rilevate evidenze di sorgenti significative all'interno del sottobacino mentre sono presenti alcuni invasi artificiali di scarso rilievo.

Litologicamente il sottobacino è caratterizzato esclusivamente da argille e argille marnose a bassa permeabilità (Fig. 11).

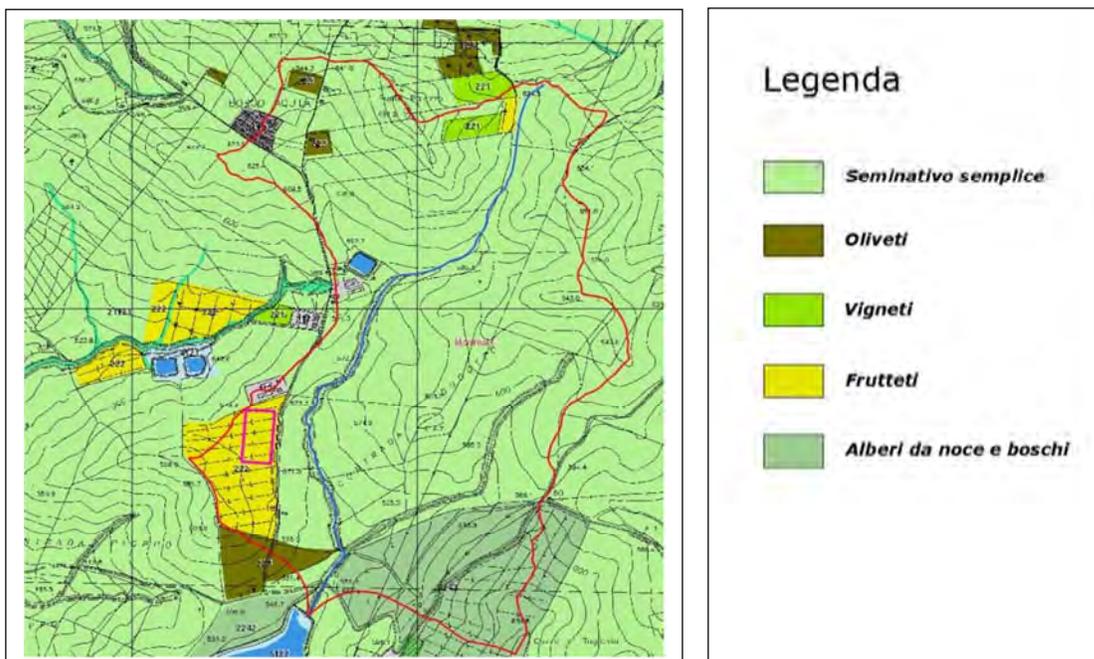


Fig. 10: Carta uso del suolo – Corine Land Cover. (Fonte Portale SITR – Regione Sicilia)

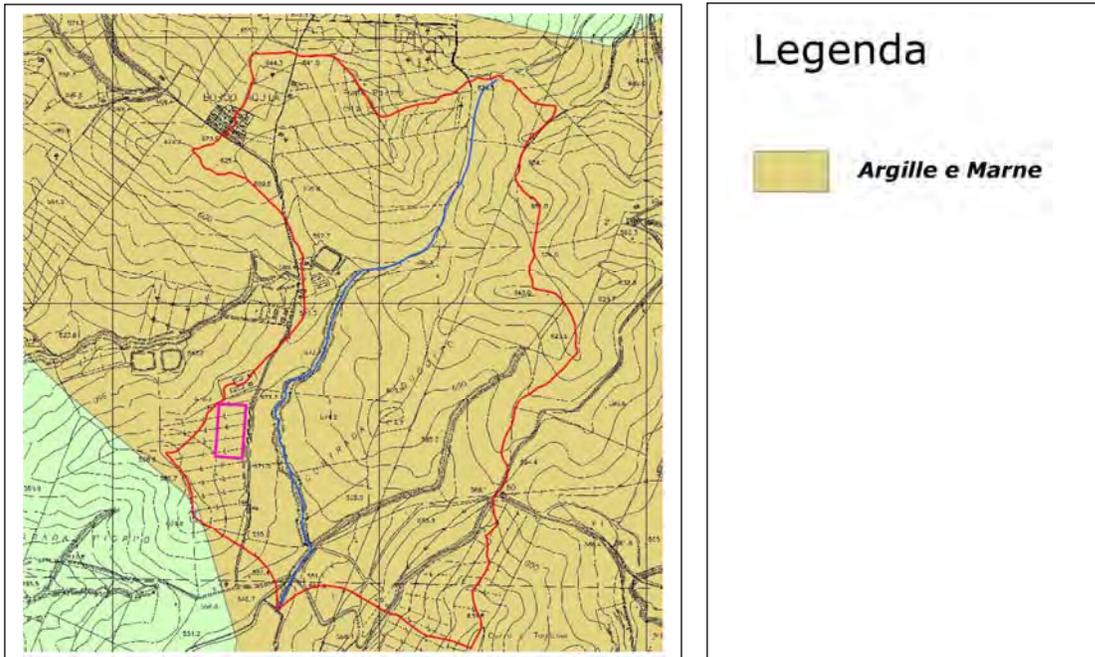


Fig. 11: Carta Litologica Sottobacino idrografico di interesse. (Fonte Geoportale Nazionale)

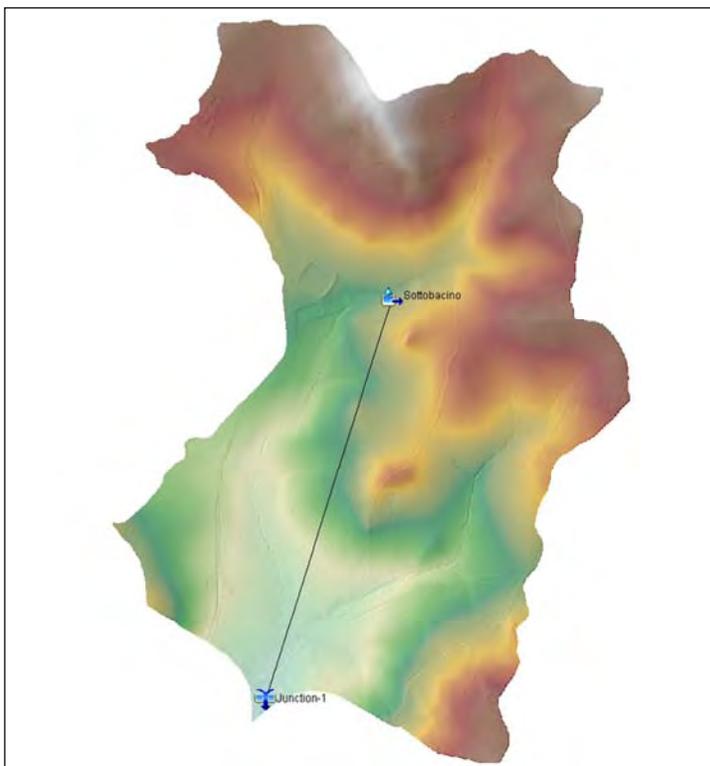


Fig. 12: Modellazione sottobacino in HEC-HMS

II) Modello Meteorologico

Consiste nella definizione delle condizioni pluviometriche da utilizzare nelle simulazioni; tra i numerosi metodi implementati nel software è stato utilizzato quello della Curva di Probabilità Pluviometrica (Frequency Storm), per come definite in precedenza.

Un parametro di particolare importanza, richiesto in tale tipologia di simulazione, è la durata dell'evento di pioggia; le varie simulazioni effettuate, indicano infatti che la modellazione risultata sensibile alla variazione di tale parametro.

Nelle semplici formule empiriche di valutazione della portata al colmo che si basano sulla nota Formula Razionale

$$Q = 0,278 \cdot \frac{c \cdot H_{crit} \cdot S}{t_c}$$

dove si assume l'ipotesi di una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione e con intensità costante nel tempo.

Poiché l'utilizzo di una durata temporale dell'evento pari al tempo di corrivazione (0,83 ore), appare comunque congrua con la finalità dello studio, il quale mira alla definizione di portate non in relazione a manufatti da costruire in aree urbane che possono richiedere, in via cautelativa, l'utilizzato di un evento piovoso di maggior durata, nella modellazione qui effettuata, la durata dell'evento di pioggia è stata considerata pari ad 1 ora, comunque in via cautelativa, superiore al tempo di corrivazione.

I parametri di input richiesti nella modellazione, oltre alla c.p.p., sono riassunti nella tabella seguente

Impianto	Sottobacino idrografico	Durata Evento (ore)	Passo Temporale Analisi (minuti)	Durata massima intensità (minuti)	Picco di pioggia
Monreale 3	Impluvio Duccotto	1,0	5,0	5,0	1/3 durata

III) Metodo di calcolo della pioggia netta

Per il calcolo della pioggia netta tra i diversi metodi messi a disposizione dal software HEC-HMS è stato utilizzato il Metodo SCS Curve Number (SCS-CN Soil Conservation Service – Curve Number).

Tale metodo, seppur con un approccio semplificato, non solo permette di considerare un tasso di infiltrazione variabile nel tempo ma tiene conto anche della natura litologica del suolo, della tipologia di copertura (uso del suolo) ed eventualmente delle condizioni di umidità del suolo precedenti all'evento di massima portata.

La relazione fondamentale del metodo CN è data dalla:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} (I)$$

dove

P_{net} = precipitazione netta cumulata (Altezza di pioggia effettiva al tempo t_c)

P = precipitazione totale cumulata (ossia H critica)

S = massimo volume specifico (in mm) di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione

I_a = perdita iniziale

Dalle analisi dei risultati ottenuti dall'SCS su numerosi piccoli bacini sperimentali è stata ottenuta la correlazione empirica $la = 0.2 \cdot S$, in funzione della quale la (I) assume la forma:

$$P_{net} = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} \quad (II)$$

Dove, a sua volta il valore S viene ottenuto attraverso l'utilizzo di un parametro intermedio, denominato appunto Curve Number (CN) secondo la relazione:

$$S = \frac{25400 - 254 \cdot CN}{CN} \quad (III)$$

Il CN è di fatto un numero adimensionale che varia da 100 per corpi completamente impermeabili a circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione; esso quindi come accennato in precedenza, è legato alla natura del terreno, al tipo di copertura vegetale ed alle condizioni di umidità antecedenti la precipitazione in esame.

- Natura del terreno

Per quanto riguarda la natura del terreno l'SCS ha individuato quattro tipologie di suolo:

GRUPPO A	Suoli con scarsa potenzialità di deflusso; sabbie o ghiaie profonde con pochissimo limo e/o argilla. Capacità di infiltrazione molto elevata
GRUPPO B	Suoli con moderata potenzialità di deflusso; la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi del gruppo A e con un'aliquota di argilla e limo maggiore. Elevata capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C	Suoli con potenzialità di deflusso medio-alta; suoli con elevate quantità di argilla e limo. Scarsa capacità di infiltrazione.
GRUPPO D	Suoli con potenzialità di deflusso molto elevata; argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in prossimità della superficie. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione

- Tipo di copertura

In funzione della natura del terreno e del tipo di copertura, derivante dall'uso del suolo, è possibile ottenere il valore del parametro CN (II), in genere da tabelle basate su studi regionali o di bacino, come, a titolo di esempio, quella di figura fig. 13.

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Coltivazioni non curate	72	81	88	91
Coltivazioni ben curate	62	71	78	81

TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	90
PRATERIE, Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSI O FORESTATI				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI; PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali con copertura erbosa intorno al 50% area	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (Impermeabilità 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media	77	85	90	92
65%	61	75	83	87
38%	57	72	81	86
30%	54	70	80	85
25%	51	68	79	84
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non Asfaltate)	72	82	87	89

Fig. 13: Tabella tipo natura suolo/copertura per valutazione del CN.

- Condizioni di umidità del suolo precedenti l'evento

Il CSC-CN prevede la classificazione delle condizioni di umidità del suolo precedenti all'evento in 3 categorie, ovvero:

1) AMC I (Antecedent mixture condition), qualora la pioggia nei 5 giorni precedenti sia inferiore a 12.7 mm nella stagione di riposo vegetativo e 35.6 mm nella stagione vegetativa attiva.

2) AMC II, qualora la pioggia nei 5 giorni precedenti sia compresa tra 12.7 e 27.9 mm nella stagione di riposo vegetativo e tra 35.6 e 53.3 mm nella stagione vegetativa attiva.

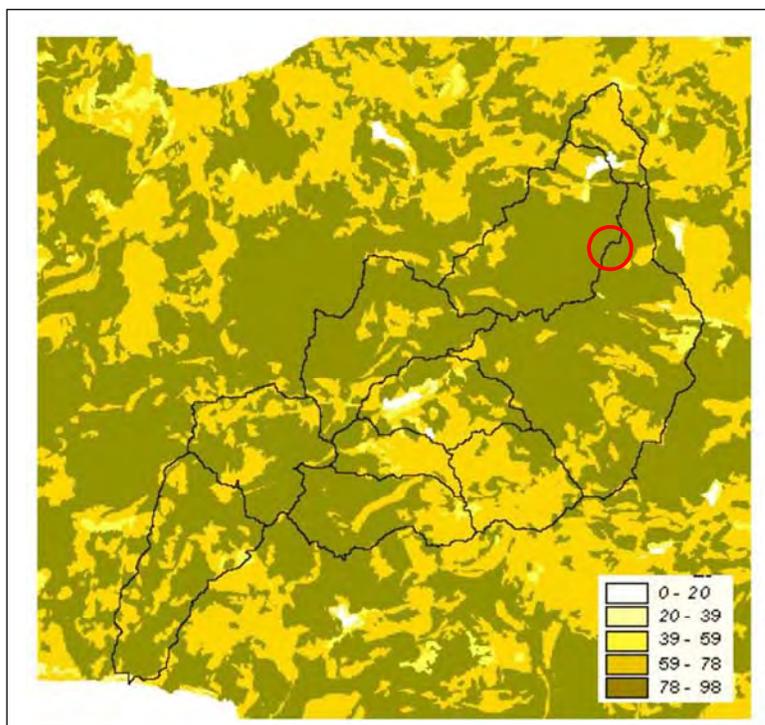
3) AMC III qualora la pioggia nei 5 giorni precedenti sia maggiore di 27.9 mm nella stagione di riposo e 53.3 mm nella stagione attiva.

I valori del parametro CN per la condizione AMCII sono quelli derivanti dalle tabelle sopra esposte e denominato CN(II); i valori per le condizioni AMC I ed AMC III si ottengono dalle relazioni:

$$AMC(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 \cdot CN(II)}$$

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

Per quanto riguarda il valore del Curve Number utilizzato nella modellazione è stato fatto riferimento allo studio idrologico condotto sul Fiume Belice nell'ambito della Relazione di Bacino del P.A.I.; in figura 14 viene riportata la carta del CN relativa all'intero bacino idrografico del Fiume Belice.



*Fig. 14: Distribuzione del parametro **CN** nel bacino idrografico del Fiume Belice con indicazione dell'area del sottobacino di interesse (da Relazione P.A.I. bacino 057)*

Nella Relazione P.A.I. il Bacino idrografico del Belice viene suddiviso, in 10 sottobacini identificati come da figura 15 e per ogni sottobacino viene individuato il valore medio del Curve Number (Fig. 16); l'area di interesse ricade interamente all'interno del sottobacino indentificato con la sigla R920W/560.

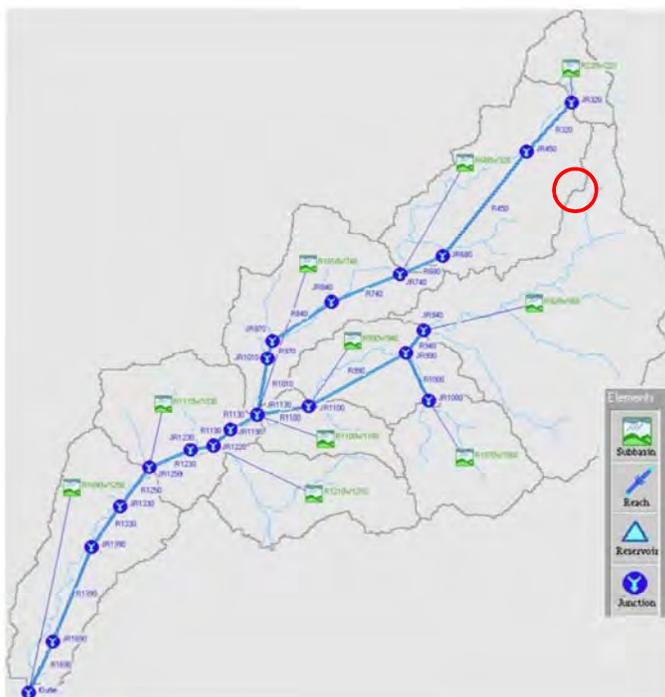


Fig. 15: Sottobacini idrografici del Fiume Belice con indicazione dell'area di interesse (da Relazione P.A.I. Bacino Fiume Belice- n. 057)

Tabella 4.3.2 Valori medi del parametro CN per ciascun sottobacino del Belice.

Sottobacino N°	Codice Sottobacino HMS	Area sottesa (km ²)	CN
1	R220W220	29,55	74,1
2	R680W320	129,69	80,8
3	R920W560	237,22	80,1
4	R1010W740	105,89	82,0
5	R990W940	68,95	74,9
6	R1070W1060	70,59	74,2
7	R1100W1100	38,58	74,0
8	R1110W1030	84,55	79,7
9	R1210W1210	74,70	79,2
10	R1690W1250	114,10	79,8

Fig. 16: Valori medi del Parametro CN per ciascun sottobacino P.A.I. del Fiume Belice.

Tenuto conto delle indicazioni di figura 14 e 16 relativamente al *Sottobacino Duccotto*, nella modellazione è stato considerato un valore **CN = 80,1**.

Il secondo parametro richiesto per il calcolo della pioggia netta con il Metodo SCS Curve Number è relativo alla determinazione della porzione di bacino "impermeabile" (*Impervious*), ossia aree molto urbanizzate o comunque superfici perfettamente impermeabili (laghi, stagni, ecc.); nella modellazione è stato usato un cautelativo 2.0%.

IV) **Metodo di trasformazione**

Per la trasformazione dell'afflusso in onda di piena tra i vari metodi proposti è stato utilizzato l'SCS Unit Hydrograph Method (Metodo dell'Idrogramma Unitario del Soil Conservation Service); tutti i metodi implementati nel software sono comunque riconducibili alla Teoria dell'Idrogramma Unitario.

L'SCS Unit Hydrograph Method come unico parametro richiede l'inserimento del tempo di ritardo di inizio formazione della piena (Lag Time) ricavabile dal tempo di corrivazione come precedentemente definito mediante l'espressione:

$$T_R = 0,6 \cdot T_c$$

Da cui $T_R = 29.9$ minuti

8.3) Risultati della Simulazione

Con riferimento ai tempi di ritorno indicati in precedenza, ossia:

Tr = 100 anni; probabilità evento Moderata

Tr = 300 anni; probabilità evento Bassa

Durata Evento	Portate in m ³ /s		
	Tr=100	Tr=300	
d= 1.0 ore	13,4	18,6	1,2 volte t_c

Tabella II: Portate massime del sottobacino "Impluvio Duccotto" alla sezione di chiusura

Nella tabella II vengono indicate le portate di massima piena per un evento della durata di 1 ora, superiore al tempo di corrivazione; in funzione della finalità dello studio e con riferimento alle N.d.A. PAI Sicilia 2021, per i successivi calcoli idraulici sono stati considerati eventi con tempo di ritorno pari a 100 e 300 anni.

Come descritto in precedenza Hec-HMS permette la valutazioni di molteplici parametri ed in particolare consente di valutare l'andamento del deflusso idrico anche dopo il termine dell'evento; nella fattispecie sono state considerate le 3 ore successive all'evento meteorologico per un periodo complessivo di 4 ore. I risultati finali delle simulazioni, sia in forma grafica che tabellare, sono riportate nell'appendice B.

4 PARTE III - Studio idraulico del corpo idrico recettore

In questa ultima parte dello studio verranno analizzati gli effetti, dal punto di vista idraulico, che lo scarico delle acque di prima pioggia, calcolate al par. 2.4, ormai chiarificate, comporterà sul corpo idrico recettore, l'*Impluvio Duccotto*, dal punto di vista del regime idraulico e dei tiranti idraulici naturali dell'impluvio.

Il calcolo ha indicato un volume totale di acque da smaltire **25,50 m³**, da smaltire con una portata costante pari a 1.063 m³/h, ovvero circa **3.0*10⁻⁴ m³/s** (0,29 litri/s).

Poiché anche l'adiacente Impianto di Utenza, unitamente all'Area delle opere condivise andrà a scaricare le acque di prima pioggia nel medesimo impluvio, nel calcolo il valore di portata ottenuto al par. 2.4 verrà sommato a quello dell'Impianto di Utenza e dell'Area delle opere Condivise che, dalla relazione tecnica relativa complessivamente, pari a **1.79*10⁻⁴ m³/s** (considerato un periodo di scarico pari a 24 ore).

Pertanto la portata totale da verificare risulta:

$$Q_T = 4.79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1 STUDIO IDRAULICO

4.1.1 Metodologia di analisi

Per la modellazione idraulica, sono stati utilizzati i codici di calcolo implementati del software HEC-RAS distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/); Hec-RAS, nella sua versione 5.0.7, consente il calcolo dei profili idraulici sia in moto permanente che in moto vario ed è utilizzabile in canali naturali o artificiali, anche in ambiente urbano. Il software allo stato attuale presenta numerose caratteristiche che lo rendono estremamente affidabile, prima fra tutte la possibilità di effettuare modellazioni sia monodimensionali che bidimensionali in regime di moto permanente o di moto vario. In funzione delle finalità dello studio, orientato a valutazioni comparative di portata ex-ante ed ex-post, è stata effettuata un'analisi monodimensionale in Moto Permanente.

In questa sede si tralascia la descrizione dei principi teorici e delle equazioni utilizzate nel software per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, liberamente scaricabili all'indirizzo web sopra riportato nella sezione "Documentation", limitandosi ad evidenziare i soli parametri di input utilizzati nel calcolo riguardanti:

- Geometrie dell'area di simulazione
- Coefficienti di scabrezza del canale
- Condizioni a contorno

- Geometria

I dati geometrici di input relativi al terreno, di base, derivano dal *Modello Digitale del Terreno* (DTM) a passo 2 metri della Regione Sicilia (dati LIDAR, volo ATA 2012), integrati da un rilievo diretto di campagna, seppur speditivo; in tutto

sono state considerate 17 sezioni di analisi, lunghe 60 metri ed equidistanti 30 metri per uno sviluppo complessivo di circa 510 metri (Fig. 17).



Fig. 17: Schema modellazione idraulica Impluvio Duccotto

- Coefficienti di scabrezza del suolo

I coefficienti di scabrezza del suolo (coefficienti di Manning) sono stati fissati in funzione della natura del substrato e della copertura vegetale rispettivamente, pari a $0,040 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ per il canale centrale e di $0,035 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ per le zone golenali.

- Condizioni a contorno e portate di Piena

Per quanto riguarda le condizioni a contorno (Boundary Conditions), necessarie per la simulazione, sia monte che a valle è stata utilizzata la condizione di Normal Depth, rispettivamente con una inclinazione di 1,8% a monte e di 1,5% a valle con un regime di flusso "Misto"; HEC-RAS modifica automaticamente il regime di flusso (lento o veloce) all'occorrenza.

Le prime analisi sono state condotte in condizione ex-ante, ossia allo stato attuale, utilizzando le portate della *Tabella II* e quindi relativamente a tempi di ritorno pari a 100 anni e 300 anni (in funzione delle indicazioni riportate nelle recenti N.d.A. PAI Sicilia).

Successivamente, per entrambi i tempi di ritorno sono state calcolate le condizioni ex-post ossia considerando la portata di piena maggiorata dallo scarico dell'acqua in corrispondenza dell'evento di massima piena, evento comunque alquanto improbabile; considerata inoltre l'entità dell'immissione della portata di scarico di appena $4,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ossia, un valore del tutto trascurabile rispetto alle portate di piena calcolate in precedenza, non erano attese significative variazioni nelle altezze dei tiranti idraulici né, tantomeno, delle velocità di deflusso.

4.1.2 Risultati delle Simulazioni

Di seguito verranno espone, in forma tabellare comparativa, i risultati delle simulazioni, per i vari tempi di ritorno confrontando le condizioni ex ante con le condizioni ex post (in *Appendice C* vengono riportati gli screenshots originali del software).

Nello specifico viene rappresentato:

- Confronto longitudinale ex-ante / ex-post del livello del pelo libero dell'acqua
- Confronto longitudinale ex-ante / ex-post della velocità media del flusso idrico
- Tabella analitica dei principali parametri idrologici per le varie sezioni.

I) Simulazione con Tr 100 anni

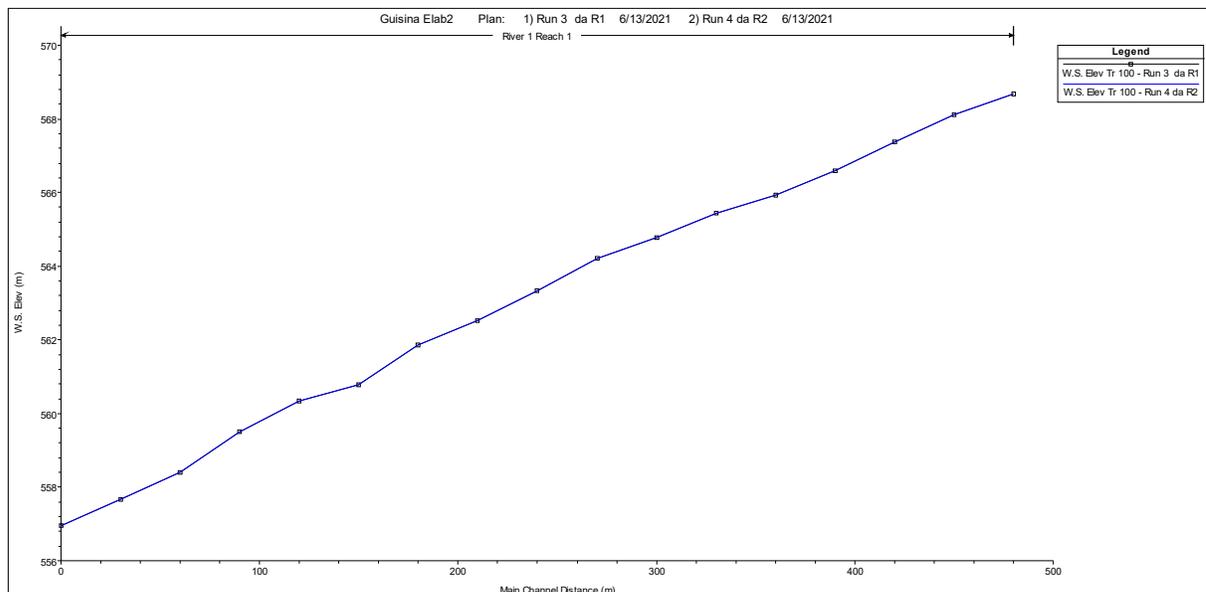


Fig. 18: Confronto longitudinale livello pelo Libero ex ante / ex post; Tr 100 anni

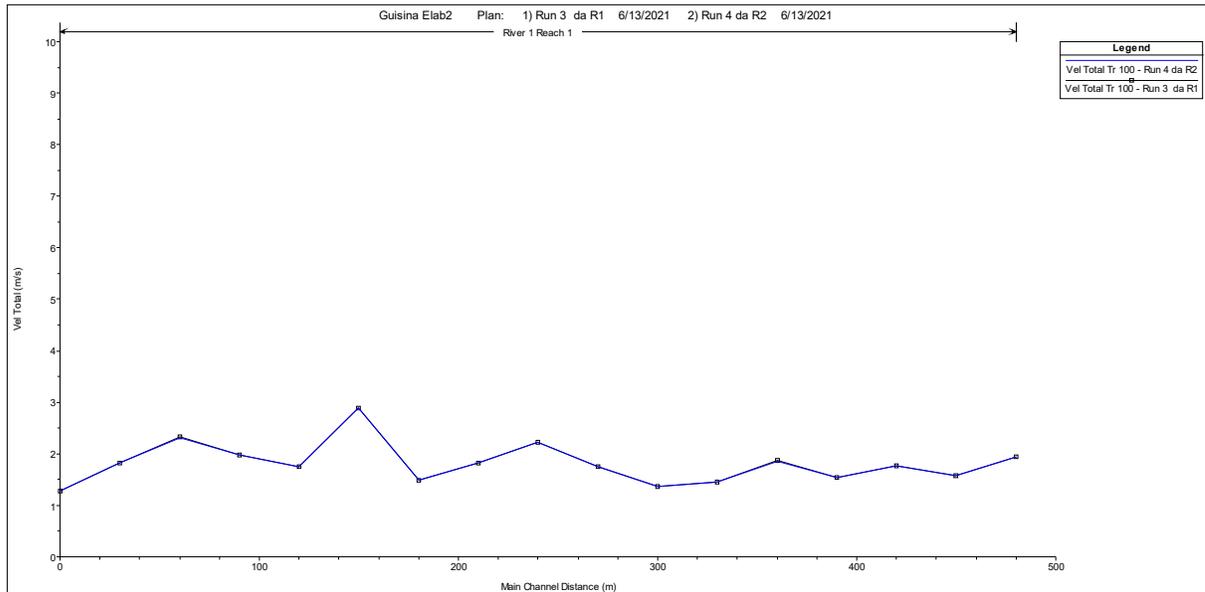


Fig. 19: Confronto longitudinale velocità flusso, ex ante / ex post; Tr 100 anni

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)
Reach 1	510	Tr 100	ex-ante	13.4	567.84	568.68	568.68	568.88	0.02226	1.94	6.92
Reach 1	510	Tr 100	ex-post	13.4	567.84	568.68	568.68	568.88	0.022264	1.94	6.92
Reach 1	480	Tr 100	ex-ante	13.4	567.29	568.11	568.12	568.25	0.018545	1.73	8.45
Reach 1	480	Tr 100	ex-post	13.4	567.29	568.11	568.12	568.25	0.018541	1.73	8.46
Reach 1	450	Tr 100	ex-ante	13.4	566.89	567.38	567.43	567.57	0.028728	2.03	7.55
Reach 1	450	Tr 100	ex-post	13.4	566.89	567.38	567.42	567.57	0.028732	2.03	7.55
Reach 1	420	Tr 100	ex-ante	13.4	566.16	566.6	566.64	566.75	0.025376	1.92	8.65
Reach 1	420	Tr 100	ex-post	13.4	566.16	566.6	566.64	566.75	0.02538	1.92	8.65
Reach 1	390	Tr 100	ex-ante	13.4	565.31	565.92	565.93	566.11	0.019933	1.94	7.18
Reach 1	390	Tr 100	ex-post	13.4	565.31	565.92	565.93	566.11	0.019742	1.93	7.22
Reach 1	360	Tr 100	ex-ante	13.4	564.91	565.44	565.44	565.56	0.019104	1.56	9.22
Reach 1	360	Tr 100	ex-post	13.4	564.91	565.44	565.44	565.56	0.019089	1.56	9.22
Reach 1	330	Tr 100	ex-ante	13.4	564.28	564.78	564.75	564.88	0.013475	1.49	9.8
Reach 1	330	Tr 100	ex-post	13.4	564.28	564.78	564.75	564.88	0.013462	1.49	9.81
Reach 1	300	Tr 100	ex-ante	13.4	563.52	564.21	564.21	564.38	0.021467	1.78	7.64
Reach 1	300	Tr 100	ex-post	13.4	563.52	564.21	564.21	564.38	0.021493	1.79	7.64
Reach 1	270	Tr 100	ex-ante	13.4	562.42	563.33	563.44	563.62	0.029767	2.44	6.01
Reach 1	270	Tr 100	ex-post	13.4	562.42	563.33	563.44	563.62	0.029761	2.44	6.02

Reach 1	240	Tr 100	ex-ante	13.4	561.88	562.52	562.58	562.72	0.028973	2.01	7.34
Reach 1	240	Tr 100	ex-post	13.4	561.88	562.52	562.58	562.72	0.028977	2.01	7.34
Reach 1	210	Tr 100	ex-ante	13.4	561.19	561.86	561.88	561.99	0.019628	1.8	9.01
Reach 1	210	Tr 100	ex-post	13.4	561.19	561.86	561.88	561.99	0.019631	1.8	9.01
Reach 1	180	Tr 100	ex-ante	13.4	559.84	560.78	560.92	561.2	0.033576	2.89	4.64
Reach 1	180	Tr 100	ex-post	13.4	559.84	560.78	560.92	561.2	0.033568	2.89	4.64
Reach 1	150	Tr 100	ex-ante	13.4	559.8	560.35	560.35	560.5	0.023875	1.75	7.67
Reach 1	150	Tr 100	ex-post	13.4	559.8	560.35	560.35	560.5	0.023822	1.74	7.68
Reach 1	120	Tr 100	ex-ante	13.4	558.86	559.51	559.55	559.71	0.028471	2.03	6.79
Reach 1	120	Tr 100	ex-post	13.4	558.86	559.51	559.55	559.71	0.028577	2.03	6.79
Reach 1	90	Tr 100	ex-ante	13.4	557.65	558.41	558.48	558.68	0.04195	2.33	5.77
Reach 1	90	Tr 100	ex-post	13.4	557.65	558.41	558.48	558.68	0.041816	2.33	5.78
Reach 1	60	Tr 100	ex-ante	13.4	556.9	557.66	557.66	557.83	0.023361	1.82	7.37
Reach 1	60	Tr 100	ex-post	13.4	556.9	557.66	557.66	557.83	0.023448	1.82	7.36
Reach 1	30	Tr 100	ex-ante	13.4	556.44	556.95	556.92	557.04	0.01501	1.33	10.42
Reach 1	30	Tr 100	ex-post	13.4	556.44	556.95	556.92	557.04	0.015013	1.33	10.42

Fig. 20: Tabella comparativa risultati simulazione Tr 100

I) Simulazione con Tr 300 anni

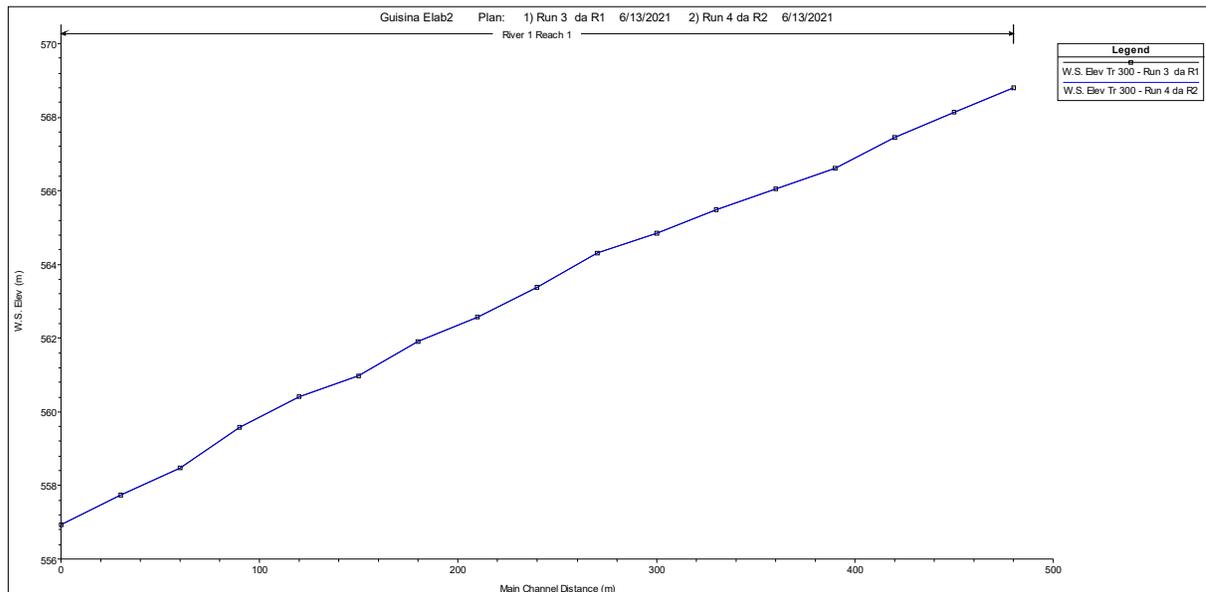


Fig. 21: Confronto longitudinale livello pelo Libero ex ante / ex post; Tr 300 anni

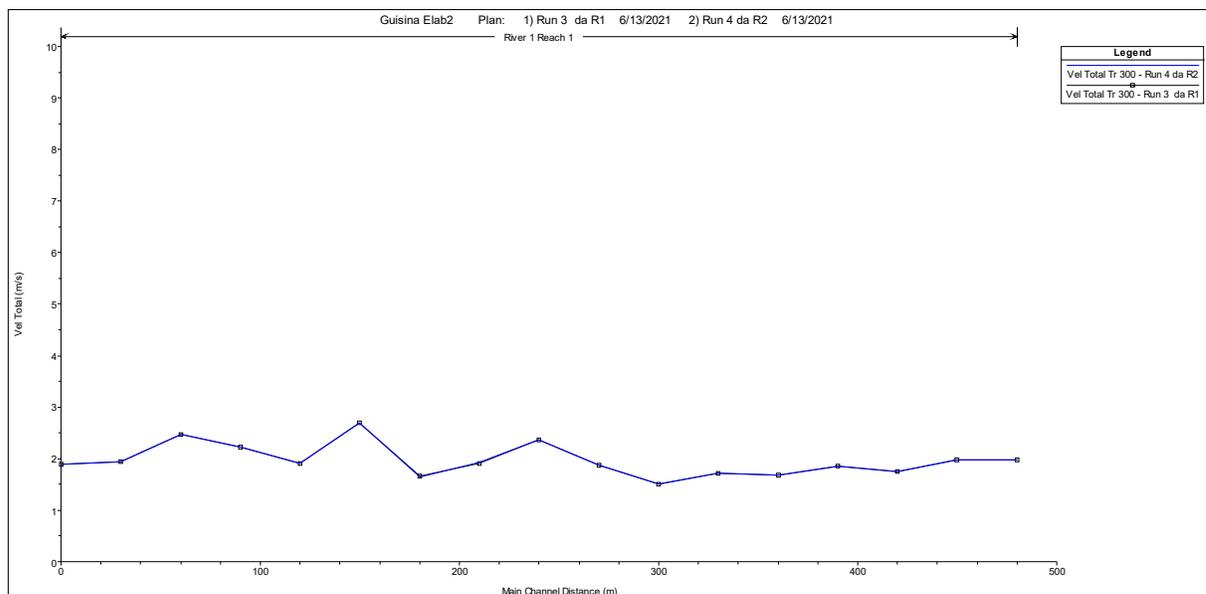


Fig. 22: Confronto longitudinale velocità flusso, ex ante / ex post; Tr 300 anni

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)
Reach 1	510	Tr 300	ex-ante	18.6	567.84	568.8	568.8	569.01	0.018023	2.04	9.4
Reach 1	510	Tr 300	ex-post	18.6	567.84	568.8	568.8	569.01	0.018023	2.04	9.4
Reach 1	480	Tr 300	ex-ante	18.6	567.29	568.15	568.19	568.36	0.026365	2.15	9.44
Reach 1	480	Tr 300	ex-post	18.6	567.29	568.15	568.19	568.36	0.026365	2.15	9.44
Reach 1	450	Tr 300	ex-ante	18.6	566.89	567.46	567.49	567.63	0.021503	2	10.65
Reach 1	450	Tr 300	ex-post	18.6	566.89	567.46	567.49	567.63	0.021503	2	10.65
Reach 1	420	Tr 300	ex-ante	18.6	566.16	566.63	566.69	566.84	0.033314	2.32	9.99
Reach 1	420	Tr 300	ex-post	18.6	566.16	566.63	566.69	566.84	0.033297	2.32	9.99
Reach 1	390	Tr 300	ex-ante	18.6	565.31	566.05	566.05	566.22	0.015714	1.85	11.04
Reach 1	390	Tr 300	ex-post	18.6	565.31	566.05	566.05	566.22	0.015679	1.85	11.05
Reach 1	360	Tr 300	ex-ante	18.6	564.91	565.48	565.51	565.65	0.023715	1.87	10.81
Reach 1	360	Tr 300	ex-post	18.6	564.91	565.48	565.51	565.65	0.023715	1.87	10.81
Reach 1	330	Tr 300	ex-ante	18.6	564.28	564.85	564.82	564.97	0.013761	1.68	12.32
Reach 1	330	Tr 300	ex-post	18.6	564.28	564.85	564.82	564.97	0.013775	1.68	12.32
Reach 1	300	Tr 300	ex-ante	18.6	563.52	564.3	564.3	564.49	0.018965	1.94	9.94
Reach 1	300	Tr 300	ex-post	18.6	563.52	564.3	564.3	564.49	0.018936	1.94	9.94
Reach 1	270	Tr 300	ex-ante	18.6	562.42	563.39	563.5	563.75	0.032531	2.78	7.85
Reach 1	270	Tr 300	ex-post	18.6	562.42	563.39	563.5	563.75	0.032519	2.78	7.85
Reach 1	240	Tr 300	ex-ante	18.6	561.88	562.58	562.64	562.8	0.028108	2.21	9.7
Reach 1	240	Tr 300	ex-post	18.6	561.88	562.58	562.64	562.8	0.028279	2.21	9.68
Reach 1	210	Tr 300	ex-ante	18.6	561.19	561.9	561.93	562.07	0.020578	2	11.23
Reach 1	210	Tr 300	ex-post	18.6	561.19	561.91	561.93	562.07	0.020472	2	11.25
Reach 1	180	Tr 300	ex-ante	18.6	559.84	560.97	561.11	561.36	0.024948	2.81	6.9
Reach 1	180	Tr 300	ex-post	18.6	559.84	560.97	561.11	561.36	0.025033	2.81	6.89
Reach 1	150	Tr 300	ex-ante	18.6	559.8	560.42	560.43	560.61	0.02235	1.93	9.72
Reach 1	150	Tr 300	ex-post	18.6	559.8	560.42	560.43	560.61	0.022266	1.92	9.74
Reach 1	120	Tr 300	ex-ante	18.6	558.86	559.57	559.63	559.84	0.029805	2.32	8.37
Reach 1	120	Tr 300	ex-post	18.6	558.86	559.57	559.63	559.84	0.029908	2.33	8.36
Reach 1	90	Tr 300	ex-ante	18.6	557.65	558.48	558.58	558.81	0.03966	2.53	7.53
Reach 1	90	Tr 300	ex-post	18.6	557.65	558.48	558.58	558.81	0.039573	2.53	7.54
Reach 1	60	Tr 300	ex-ante	18.6	556.9	557.75	557.76	557.94	0.021809	1.97	9.57
Reach 1	60	Tr 300	ex-post	18.6	556.9	557.75	557.76	557.94	0.021715	1.97	9.59
Reach 1	30	Tr 300	ex-ante	18.6	556.44	556.94	556.98	557.13	0.034801	1.95	9.81
Reach 1	30	Tr 300	ex-post	18.6	556.44	556.94	556.98	557.13	0.034994	1.96	9.79

Fig. 23: Tabella comparativa risultati simulazione Tr 300

5 CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto che prevede la realizzazione della Stazione RTN di smistamento a 220 kV in doppia sbarra denominata "Monreale 3", da ubicarsi in Contrada Aquila, comune di Monreale (PA), è stato effettuato uno studio di natura idrologica ed idraulica di supporto alla progettazione.

Con riferimento alla normativa vigente, infatti, per la Stazione RTN è prevista l'installazione di un sistema di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia, proveniente dalle superfici interne, prima che queste vengano immesse nella rete idrografica naturale o nel suolo, allo scopo di ridurre l'impatto ambientale delle stesse; scopo dello studio era pertanto:

- Analisi idraulica riguardante la valutazione ed il trattamento delle acque di prima pioggia della stazione
- Studio idrologico per l'individuazione del corpo idrico recettore delle acque di prima pioggia e del suo regime idraulico.
- Analisi idraulica riguardante la valutazione dell'incidenza dello scarico delle acque di prima pioggia sul corpo idrico recettore.

I risultati finali dello studio sono di seguito sinteticamente riepilogati:

- Analisi idraulica preliminare

L'analisi idraulica preliminare ha permesso di valutare il volume delle acque di prima pioggia e di dimensionare correttamente il sistema di trattamento e smaltimento, mediante l'individuazione di un corpo idrico recettore superficiale, qui identificato come *Impluvio Duccotto*.

- Studio Idrologico

Lo studio idrologico, a valle di un inquadramento geologico, morfologico ed idrogeologico dell'area, attraverso la definizione del sottobacino idrografico di interesse, ha permesso di valutare il regime idraulico del corpo idrico recettore nonché le portate di massima piena con tempi di ritorno di 100 e 300 anni.

Le portate di colmo sono state valutate, attraverso modelli matematici, a partire dall'afflusso meteorico previsto per il sottobacino e alla successiva trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

Gli afflussi meteorici sono stati valutati mediante la ricostruzione delle Curve di Probabilità Pluviometrica utilizzando la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI.

Per il processo di trasformazione degli afflussi in deflussi è stato utilizzato il Software dell'US Army Corps of Engineers, HEC-HMS.

- Studio Idraulico

Lo studio idraulico del corpo idrico recettore a permesso di valutare l'incidenza dello scarico delle acque di prima pioggia sulla sua portata di massima piena; l'analisi idraulica non ha rilevato alcuna variazione (alla seconda cifra decimale) nelle altezze dei tiranti idraulici né, tantomeno, delle velocità di deflusso.

Palermo, 19 luglio 2021

Ing. Daniele Cavallo

Dott. Geol. Michele Ognibene

Ordine Ingegneri Provincia di Brindisi

Ordine Regionale geologi di Sicilia n.

n. 1220

3003

APPENDICE A

Formule Tempo di Corrivazione

FORMULE UTILIZZATE PER LA VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

I) *Formula di Aronica & Paltrinieri* (Giandotti modificata per Piccoli Bacini)

$$t_c = \frac{1}{0,8\sqrt{H_m}} \sqrt{S + 1,5L} \quad \text{Aronica \& Paltrinieri}$$

S = area bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura in km²

L = lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, in km

H_m = altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura h₀; in metri s.l.m.

M e d = costanti numeriche funzione del tipo di utilizzazione del suolo e della permeabilità

(Usati: M = 0.500; d = 0.960)

II) *Formula di Kirpick*

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

i_b [m/m] Pendenza media del bacino idrografico

III) *Formula SCS - CN*

$$t_c = 0.00227 \cdot L^{0.8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \cdot S^{-0.5} \quad \text{dove}$$

S = pendenza media del bacino in % (ossia compresa tra 0 e 1)

L = lunghezza asta principale in metri

CN = Curve Number del Soil Conservation Service

IV) *Formula di Pezzoli*

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

i_a[m/m] Pendenza media dell'asta principale

V) *Formula di Ventura*

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

A [Km²] Area del bacino idrografico

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VI) *Formula di Pasini*

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

A [Km²] Area del bacino idrografico

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VII) *Formula di Viparelli*

$$t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

V Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra 1,0 e 1.5] m/s

(Usati: $V = 1 \text{ m/s}$)

APPENDICE B

Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)

Risultati Elaborazione Idrologica HEC-HMS

1) Simulazione con Tr = 100 anni

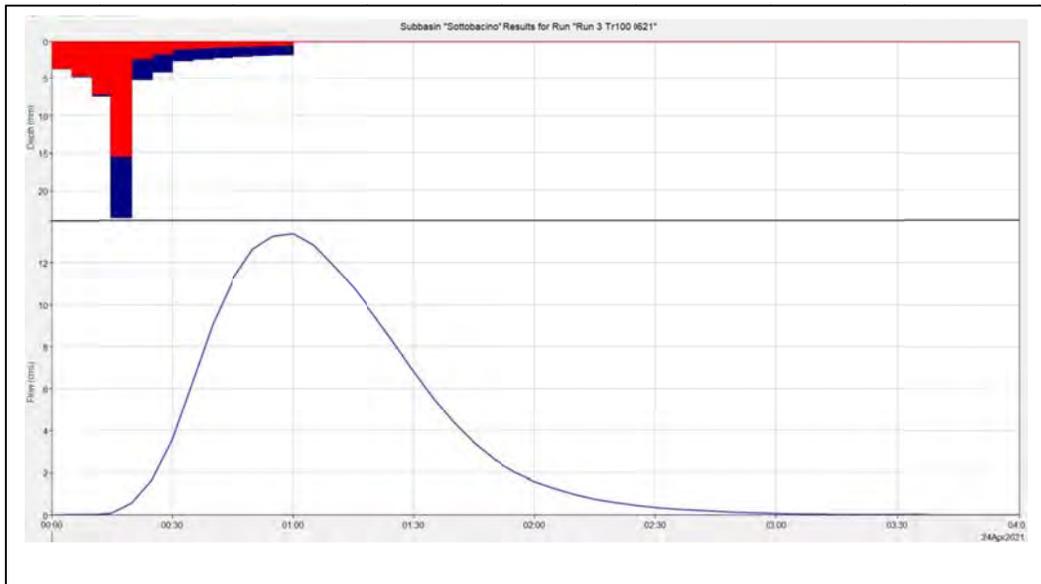


Fig. 1 Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 100 anni.

Date	Time	Precip mm	Loss mm	Excess mm	Direct Flow mc/s	Baseflow mc/s	Total Flow mc/s
24-Apr-21	0:00				0	0	0
24-Apr-21	0:05	3.67	3.6	0.07	0	0	0
24-Apr-21	0:10	4.76	4.67	0.1	0	0	0
24-Apr-21	0:15	7.39	7.09	0.3	0.1	0	0.1
24-Apr-21	0:20	23.7	15.5	8.2	0.5	0	0.5
24-Apr-21	0:25	5.13	2.34	2.79	1.7	0	1.7
24-Apr-21	0:30	4.12	1.7	2.42	3.6	0	3.6
24-Apr-21	0:35	2.64	1.02	1.62	6.3	0	6.3
24-Apr-21	0:40	2.41	0.88	1.52	9.1	0	9.1
24-Apr-21	0:45	2.22	0.78	1.44	11.2	0	11.2
24-Apr-21	0:50	2.06	0.69	1.36	12.6	0	12.6
24-Apr-21	0:55	1.93	0.63	1.3	13.3	0	13.3
24-Apr-21	1:00	1.82	0.57	1.25	13.4	0	13.4
24-Apr-21	1:05	0	0	0	12.8	0	12.8
24-Apr-21	1:10	0	0	0	11.8	0	11.8
24-Apr-21	1:15	0	0	0	10.8	0	10.8
24-Apr-21	1:20	0	0	0	9.5	0	9.5
24-Apr-21	1:25	0	0	0	8.2	0	8.2
24-Apr-21	1:30	0	0	0	6.8	0	6.8
24-Apr-21	1:35	0	0	0	5.5	0	5.5
24-Apr-21	1:40	0	0	0	4.3	0	4.3
24-Apr-21	1:45	0	0	0	3.4	0	3.4
24-Apr-21	1:50	0	0	0	2.6	0	2.6

24-Apr-21	1:55	0	0	0	2	0	2
24-Apr-21	2:00	0	0	0	1.6	0	1.6
24-Apr-21	2:05	0	0	0	1.2	0	1.2
24-Apr-21	2:10	0	0	0	1	0	1
24-Apr-21	2:15	0	0	0	0.7	0	0.7
24-Apr-21	2:20	0	0	0	0.6	0	0.6
24-Apr-21	2:25	0	0	0	0.4	0	0.4
24-Apr-21	2:30	0	0	0	0.3	0	0.3
24-Apr-21	2:35	0	0	0	0.3	0	0.3
24-Apr-21	2:40	0	0	0	0.2	0	0.2
24-Apr-21	2:45	0	0	0	0.2	0	0.2
24-Apr-21	2:50	0	0	0	0.1	0	0.1
24-Apr-21	2:55	0	0	0	0.1	0	0.1
24-Apr-21	3:00	0	0	0	0.1	0	0.1
24-Apr-21	3:05	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:10	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:15	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:20	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:25	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:30	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:35	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:40	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:45	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:50	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:55	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	4:00	0	0	0	0	0	0

Tab I: dettagli analitici della piena con Tr 100 anni

2) Simulazione con $Tr = 300$ anni

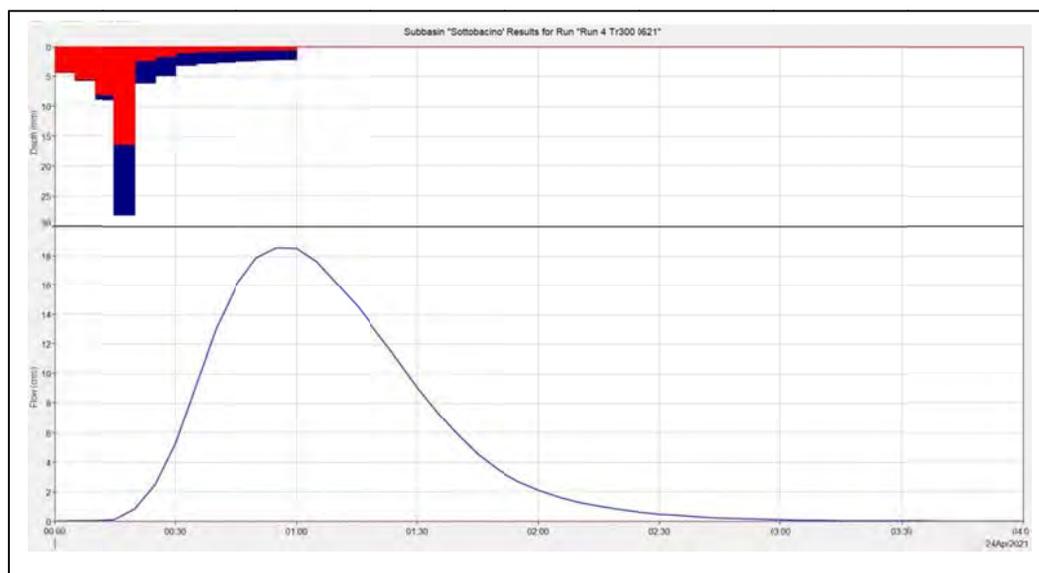


Fig. 2 Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m^3/s , delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 300 anni.

Date	Time	Precip mm	Loss mm	Excess mm	Direct Flow mc/s	Baseflow mc/s	Total Flow mc/s
24-Apr-21	0:00				0	0	0
24-Apr-21	0:05	4.38	4.29	0.09	0	0	0
24-Apr-21	0:10	5.67	5.56	0.11	0	0	0
24-Apr-21	0:15	8.8	8.08	0.72	0.1	0	0.1
24-Apr-21	0:20	28.23	16.29	11.94	0.8	0	0.8
24-Apr-21	0:25	6.12	2.36	3.76	2.5	0	2.5
24-Apr-21	0:30	4.91	1.7	3.21	5.2	0	5.2
24-Apr-21	0:35	3.15	1.01	2.14	9.2	0	9.2
24-Apr-21	0:40	2.87	0.87	1.99	13.1	0	13.1
24-Apr-21	0:45	2.64	0.77	1.87	16	0	16
24-Apr-21	0:50	2.45	0.68	1.77	17.9	0	17.9
24-Apr-21	0:55	2.3	0.61	1.68	18.6	0	18.6
24-Apr-21	1:00	2.16	0.56	1.61	18.5	0	18.5
24-Apr-21	1:05	0	0	0	17.6	0	17.6
24-Apr-21	1:10	0	0	0	16.1	0	16.1
24-Apr-21	1:15	0	0	0	14.6	0	14.6
24-Apr-21	1:20	0	0	0	12.8	0	12.8
24-Apr-21	1:25	0	0	0	11	0	11
24-Apr-21	1:30	0	0	0	9.1	0	9.1
24-Apr-21	1:35	0	0	0	7.3	0	7.3
24-Apr-21	1:40	0	0	0	5.8	0	5.8
24-Apr-21	1:45	0	0	0	4.5	0	4.5
24-Apr-21	1:50	0	0	0	3.5	0	3.5

24-Apr-21	1:55	0	0	0	2.7	0	2.7
24-Apr-21	2:00	0	0	0	2.1	0	2.1
24-Apr-21	2:05	0	0	0	1.6	0	1.6
24-Apr-21	2:10	0	0	0	1.3	0	1.3
24-Apr-21	2:15	0	0	0	1	0	1
24-Apr-21	2:20	0	0	0	0.8	0	0.8
24-Apr-21	2:25	0	0	0	0.6	0	0.6
24-Apr-21	2:30	0	0	0	0.5	0	0.5
24-Apr-21	2:35	0	0	0	0.4	0	0.4
24-Apr-21	2:40	0	0	0	0.3	0	0.3
24-Apr-21	2:45	0	0	0	0.2	0	0.2
24-Apr-21	2:50	0	0	0	0.2	0	0.2
24-Apr-21	2:55	0	0	0	0.1	0	0.1
24-Apr-21	3:00	0	0	0	0.1	0	0.1
24-Apr-21	3:05	0	0	0	0.1	0	0.1
24-Apr-21	3:10	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:15	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:20	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:25	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:30	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:35	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:40	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:45	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:50	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	3:55	0	0	0	0	0	0
24-Apr-21	4:00	0	0	0	0	0	0

Tab II: dettagli analitici della piena con Tr 300 anni

APPENDICE C

Risultati Analisi Idraulica (Hec-RAS)

Risultati Elaborazione Idraulica 1D HEC-RAS

1) Simulazione con $Tr = 100$ anni

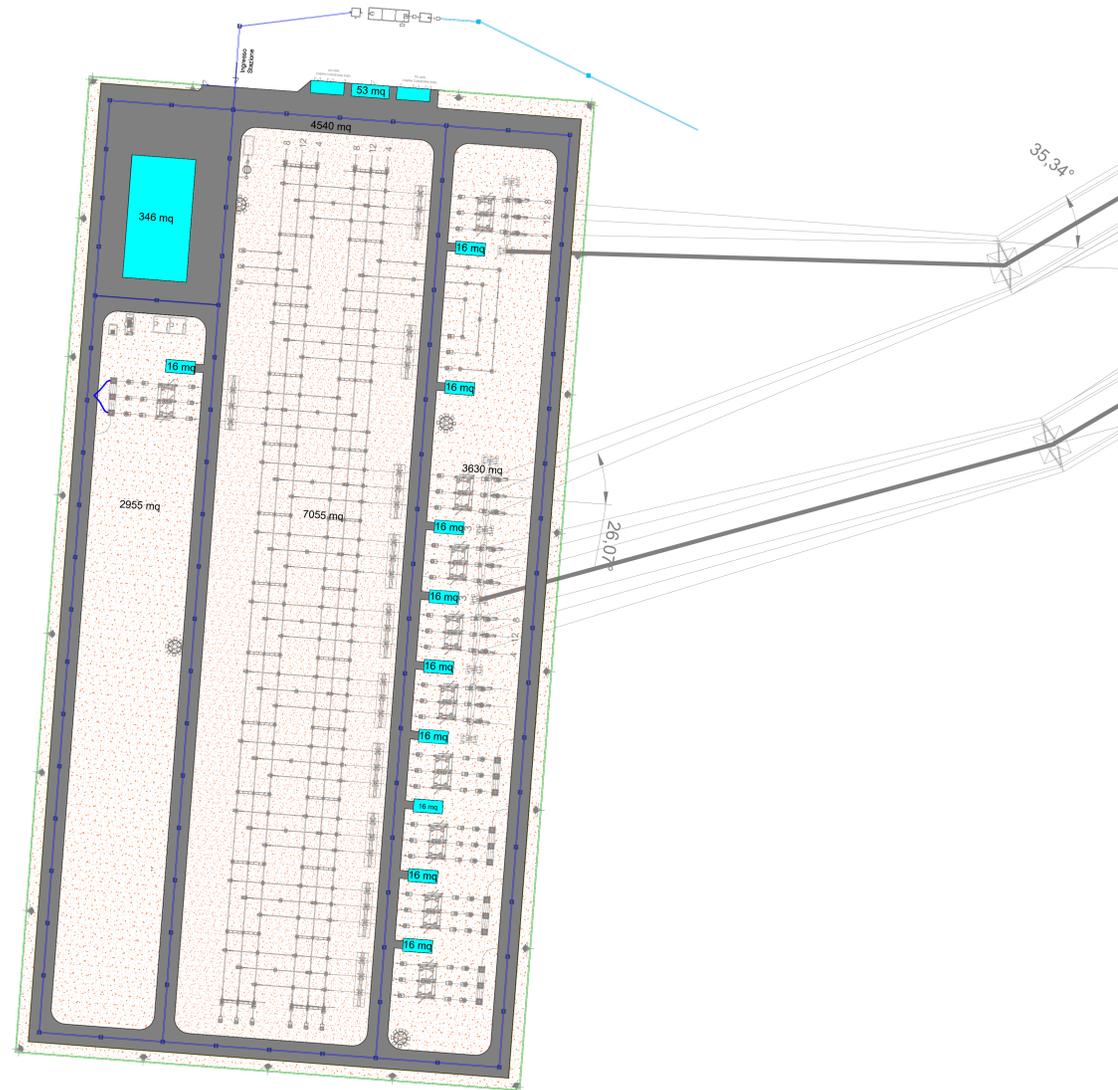
Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)
Reach 1	510	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	567.84	568.68	568.68	568.88	0.022260	1.94	6.92
Reach 1	510	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	567.84	568.68	568.68	568.88	0.022261	1.94	6.92
Reach 1	480	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	567.29	568.11	568.12	568.25	0.018545	1.73	8.45
Reach 1	480	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	567.29	568.11	568.12	568.25	0.018545	1.73	8.45
Reach 1	450	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	566.89	567.38	567.43	567.57	0.028728	2.03	7.55
Reach 1	450	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	566.89	567.38	567.42	567.57	0.028729	2.03	7.55
Reach 1	420	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	566.16	566.60	566.64	566.75	0.025376	1.92	8.65
Reach 1	420	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	566.16	566.60	566.64	566.75	0.025376	1.92	8.65
Reach 1	390	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	565.31	565.92	565.93	566.11	0.019933	1.94	7.18
Reach 1	390	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	565.31	565.92	565.93	566.11	0.019831	1.94	7.20
Reach 1	360	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	564.91	565.44	565.44	565.56	0.019104	1.56	9.22
Reach 1	360	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	564.91	565.44	565.44	565.56	0.019051	1.56	9.23
Reach 1	330	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	564.28	564.78	564.75	564.88	0.013475	1.49	9.80
Reach 1	330	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	564.28	564.78	564.75	564.88	0.013460	1.49	9.81
Reach 1	300	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	563.52	564.21	564.21	564.38	0.021467	1.78	7.64
Reach 1	300	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	563.52	564.21	564.21	564.38	0.021506	1.79	7.64
Reach 1	270	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	562.42	563.33	563.44	563.62	0.029767	2.44	6.01
Reach 1	270	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	562.42	563.33	563.44	563.62	0.029747	2.44	6.02
Reach 1	240	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	561.88	562.52	562.58	562.72	0.028973	2.01	7.34
Reach 1	240	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	561.88	562.52	562.58	562.72	0.028987	2.01	7.34
Reach 1	210	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	561.19	561.86	561.88	561.99	0.019628	1.80	9.01
Reach 1	210	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	561.19	561.86	561.88	561.99	0.019618	1.80	9.01
Reach 1	180	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	559.84	560.78	560.92	561.20	0.033576	2.89	4.64
Reach 1	180	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	559.84	560.78	560.92	561.20	0.033583	2.89	4.64
Reach 1	150	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	559.80	560.35	560.35	560.50	0.023875	1.75	7.67
Reach 1	150	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	559.80	560.35	560.35	560.50	0.023803	1.74	7.68
Reach 1	120	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	558.86	559.51	559.55	559.71	0.028471	2.03	6.79
Reach 1	120	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	558.86	559.51	559.55	559.71	0.028629	2.03	6.78
Reach 1	90	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	557.65	558.41	558.48	558.68	0.041950	2.33	5.77
Reach 1	90	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	557.65	558.41	558.48	558.68	0.041748	2.32	5.78
Reach 1	60	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	556.90	557.66	557.66	557.83	0.023361	1.82	7.37
Reach 1	60	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	556.90	557.66	557.66	557.83	0.023428	1.82	7.37
Reach 1	30	Tr 100	Run 3 da R1	13.40	556.44	556.95	556.92	557.04	0.015010	1.33	10.42
Reach 1	30	Tr 100	Run 4 da R2	13.40	556.44	556.95	556.92	557.04	0.015011	1.33	10.42

Fig. 1 Tavola comparativa ex-ante / ex-post $Tr 100$ anni.

2) Simulazione con Tr = 300 anni

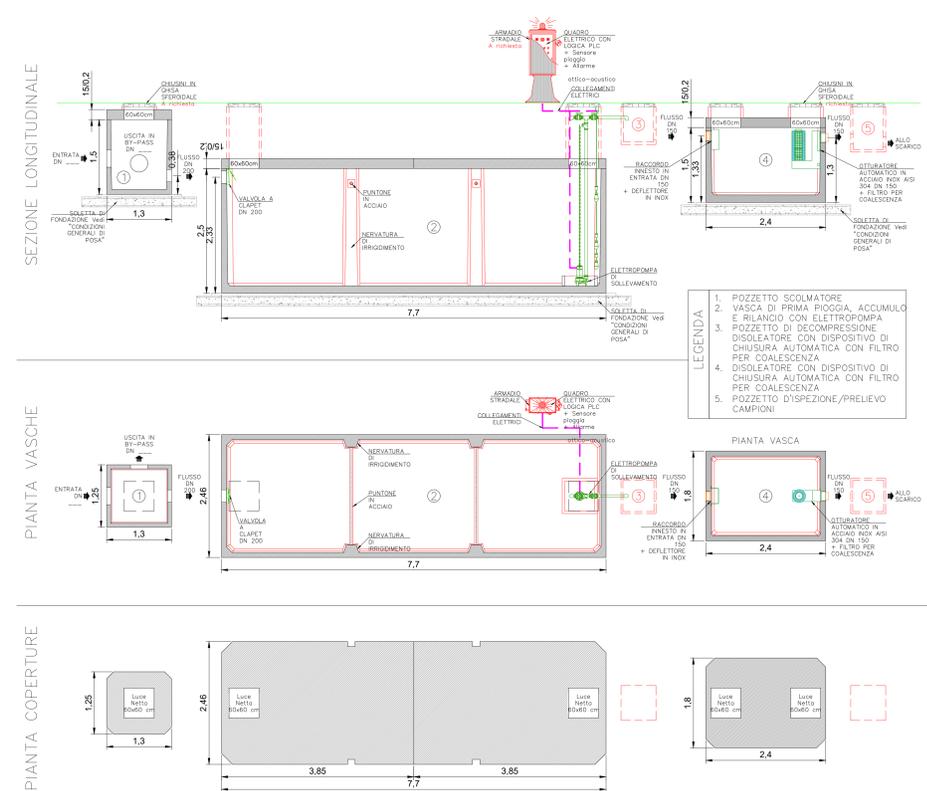
Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)
Reach 1	510	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	567.84	568.80	568.80	569.01	0.018023	2.04	9.40
Reach 1	510	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	567.84	568.80	568.80	569.01	0.018023	2.04	9.40
Reach 1	480	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	567.29	568.15	568.19	568.36	0.026365	2.15	9.44
Reach 1	480	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	567.29	568.15	568.19	568.36	0.026365	2.15	9.44
Reach 1	450	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	566.89	567.46	567.49	567.63	0.021503	2.00	10.65
Reach 1	450	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	566.89	567.46	567.49	567.63	0.021503	2.00	10.65
Reach 1	420	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	566.16	566.63	566.69	566.84	0.033314	2.32	9.99
Reach 1	420	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	566.16	566.63	566.69	566.84	0.033297	2.32	9.99
Reach 1	390	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	565.31	566.05	566.05	566.22	0.015714	1.85	11.04
Reach 1	390	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	565.31	566.05	566.05	566.22	0.015679	1.85	11.05
Reach 1	360	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	564.91	565.48	565.51	565.65	0.023715	1.87	10.81
Reach 1	360	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	564.91	565.48	565.51	565.65	0.023715	1.87	10.81
Reach 1	330	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	564.28	564.85	564.82	564.97	0.013761	1.68	12.32
Reach 1	330	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	564.28	564.85	564.82	564.97	0.013775	1.68	12.32
Reach 1	300	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	563.52	564.30	564.30	564.49	0.018965	1.94	9.94
Reach 1	300	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	563.52	564.30	564.30	564.49	0.018936	1.94	9.94
Reach 1	270	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	562.42	563.39	563.50	563.75	0.032531	2.78	7.85
Reach 1	270	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	562.42	563.39	563.50	563.75	0.032519	2.78	7.85
Reach 1	240	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	561.88	562.58	562.64	562.80	0.028108	2.21	9.70
Reach 1	240	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	561.88	562.58	562.64	562.80	0.028279	2.21	9.68
Reach 1	210	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	561.19	561.90	561.93	562.07	0.020578	2.00	11.23
Reach 1	210	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	561.19	561.91	561.93	562.07	0.020472	2.00	11.25
Reach 1	180	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	559.84	560.97	561.11	561.36	0.024948	2.81	6.90
Reach 1	180	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	559.84	560.97	561.11	561.36	0.025033	2.81	6.89
Reach 1	150	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	559.80	560.42	560.43	560.61	0.022350	1.93	9.72
Reach 1	150	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	559.80	560.42	560.43	560.61	0.022266	1.92	9.74
Reach 1	120	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	558.86	559.57	559.63	559.84	0.029805	2.32	8.37
Reach 1	120	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	558.86	559.57	559.63	559.84	0.029908	2.33	8.36
Reach 1	90	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	557.65	558.48	558.58	558.81	0.039660	2.53	7.53
Reach 1	90	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	557.65	558.48	558.58	558.81	0.039573	2.53	7.54
Reach 1	60	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	556.90	557.75	557.76	557.94	0.021809	1.97	9.57
Reach 1	60	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	556.90	557.75	557.76	557.94	0.021715	1.97	9.59
Reach 1	30	Tr 300	Run 3 da R1	18.60	556.44	556.94	556.98	557.13	0.034801	1.95	9.81
Reach 1	30	Tr 300	Run 4 da R2	18.60	556.44	556.94	556.98	557.13	0.034994	1.96	9.79

Fig. 2 Tavola comparativa ex-ante / ex-post Tr 300 anni.



- Area pavimentata interna Terna - Acque confluiscono in vasca prima pioggia
- Coperture edifici Terna - Acque confluiscono in vasca prima pioggia
- Aree interne stazioni non pavimentate (ghiaia e/o aree a verde)

AREA TERNA SCALA 1:50
IMPIANTO DI PRIMA PIOGGIA CON DISOLEATORE ESTERNO
Vol. Utile PP= 35,00 mc



COMMITENTE TRE RINNOVABILI S.r.l.		STUDIO DI PROGETTAZIONE	
REVISIONS			
0	01/21	EMESSO PER ITER AUTORIZZATIVO	SC. IC. RM
REV.	DATE	DESCRIPTION	BY CHD APP.
Impianto eolico "Guisina" da 29,9 MW ed opere connesse Comuni di Monreale e Piana degli Albanesi (PA)		APPROVED FOR CONSTRUCTION	
PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO DI RETE		SIGNATURE	
OBJECT: TAV. 11 Planimetria impianti di trattamento prima pioggia - Stazione RTN		ORDER N°	
Questo documento è di proprietà di TRE RINNOVABILI S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di TRE RINNOVABILI S.r.l.		SUPPLIER	
CAD FILE NAME:		CONTRACT N°: 02N1007A	
SUBPROJECT CODE:		SCALE	
THIS DWG. SUPERSEDES:		VARIE	
FW DWG. N°:		REV. 0	
SHEET:		OF: 0	
AG		AG	