



REPUBBLICA ITALIANA
Regione Sicilia
Provincia di Enna
Comune di Centuripe



Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel comune di Centuripe (EN) in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) .
- PROGETTO DEFINITIVO -

**COMMITTENTE**

Tozzi Green S.p.A.
 Capitale Sociale € 2.300.000,00 i.v.
 R.E.A. n. RA-174504
 P.IVA e C.F. IT02132890399

Sede legale ed Uffici Amministrativi
 Via Brigata Ebraica, 50 - 48123 Mezzano (RA) Italy
 tozzi.re@legalmail.it

Tel. +39 0544 525311

Fax. +39 0544 525319

www.tozzigreen.com

**PROGETTAZIONE**

I.C.A. engineering s.a.s.
 C.F./ P.IVA 01718630856
 Sede legale Via Malta, 5 - 93100 Caltanissetta (CL)
 tel. 0934-556646\ fax 0934-555464
 e-mail info@icaengineering.it
 www.icaengineering.it

Organizzazione con Sistema di
 Gestione per la Qualità
 Certificato UNI EN ISO
 9001:2015 (certificato n. 3847
 rilasciato da ISE. CERT. SRL)



UNIVERSITÀ
 DEGLI STUDI
 FIRENZE

Università degli Studi di Firenze
 Dr. Enrico Palchetti
 Piazzale delle Cascine, 18 - 50121 Firenze
 Centralino +39 055 2755800
 enrico.palchetti@unifi.it - dagri@pec.unifi.it

ELABORATO

STUDIO IDROLOGICO - RELAZIONE

PROGETTAZIONE GENERALE
 Ing. Fabio S. Corvo
 Ing. Dario D. Corvo

PROGETTAZIONE STRUTTURALE
 Ing. Fabio Alabiso

STUDIO GEOLOGICO
 dott.geol. Massimiliano M. Rizzo

STUDIO AGRONOMICICO
 dott.for. Giacomo Maria Vincenzo Lo Piccolo
 dott.for. Vincenzo Caruana

COORDINAMENTO PER LA SICUREZZA
 Ing. Dario D. Corvo

VALUTAZIONE IMPATTO ACUSTICO
 Ing. Antonio Lunetta
 Arch. Marco Antonio Cocciadiferro

VALUTAZIONE IMPATTO ARCHEOLOGICO
 dott. Andrea Scifo

Assicurazione qualità'
 Ing. Fabio S. Corvo

PROGETTAZIONE:

COMMITTENTE

Tozzi Green S.p.A.
 Legale Rappresentante
 Andrea Tozzi

Scala

-

Pratica

224pr

Codice elaborato

RS06REL0021A0

B						
A	SETTEMBRE 2021	PRIMA EMISSIONE	FABIO S. CORVO	FABIO S. CORVO	DARIO D. CORVO	DARIO D. CORVO
Rev	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato

Questo documento e' di nostra proprieta' esclusiva. E' proibita la
 riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza la nostra autorizzazione.

Sommario

1. Premessa.....	2
1.1. Inquadramento generale e descrizione dell'opera in progetto.....	3
1.2. Inquadramento morfologico.....	5
1.3. Inquadramento normativo.....	6
1.4. Aggiornamento del piano straordinario.....	7
2. Studio idrologico.....	9
1.5. Individuazione del bacino idrografico.....	9
2.1. Analisi probabilistica e metodo TCEV.....	10
2.2. Metodo VA.PI. Sicilia.....	13
2.3. Calcolo delle altezze di pioggia per ogni stazione pluviometrica.....	17
2.4. Determinazione dei topoieti e definizione delle altezze di pioggia ragguagliate.....	18
2.5. Tempo di corrivazione.....	21
2.6. Calcolo ietogrammi di progetto.....	23
3. Modello afflussi deflussi e determinazione delle portate.....	31

1. Premessa

Nella presente relazione idrologica, viene descritta la metodologia utilizzata per la determinazione delle portate a colmo con periodi di ritorno T di 50, 100 e 300 anni relativamente al bacino idrografico del Fiume Simeto.

Nel dettaglio l'analisi è stata effettuata secondo le seguenti fasi:

1. Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante specifici sopralluoghi nei quali sono state acquisite notizie sull'idrografia della zona, sullo stato degli alvei nonché sul comportamento dell'area durante gli eventi piovosi intensi;
2. Perimetrazione del bacino idrografico in ambiente GIS e studio delle sue caratteristiche geomorfologiche;
3. Determinazione dei topoieti con le relative aree di influenza;
4. Calcolo delle altezze di pioggia ragguagliate;
5. Calcolo del tempo di corrivazione;
6. Valutazione degli idrogrammi di piena mediante l'utilizzo del software HEC-HMS applicando il metodo SCS-CN

Il seguente studio è stato redatto in accordo agli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolar modo fra gli strumenti legislativi è stato adottato il P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana (Dicembre 2004 e successivi aggiornamenti).

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) costituisce un'importante strumento conoscitivo, normativo e tecnico mediante il quale sono programmate e pianificate azioni, norme d'uso ed interventi riguardanti l'assetto idrogeologico. Il P.A.I. rappresenta, nel territorio della Regione Siciliana, i livelli di pericolosità e rischio derivanti dal dissesto idrogeologico relativamente alla dinamica dei versanti, alla pericolosità geomorfologica, alla dinamica dei corsi d'acqua, alla pericolosità idraulica e d'inondazione.

1.1. Inquadramento generale e descrizione dell'opera in progetto

L'area oggetto di studio è posizionata in destra idraulica del Fiume Simeto all'interno del Comune di Centuripe (EN) ed è classificata come area di attenzione dal PAI della Regione Sicilia.

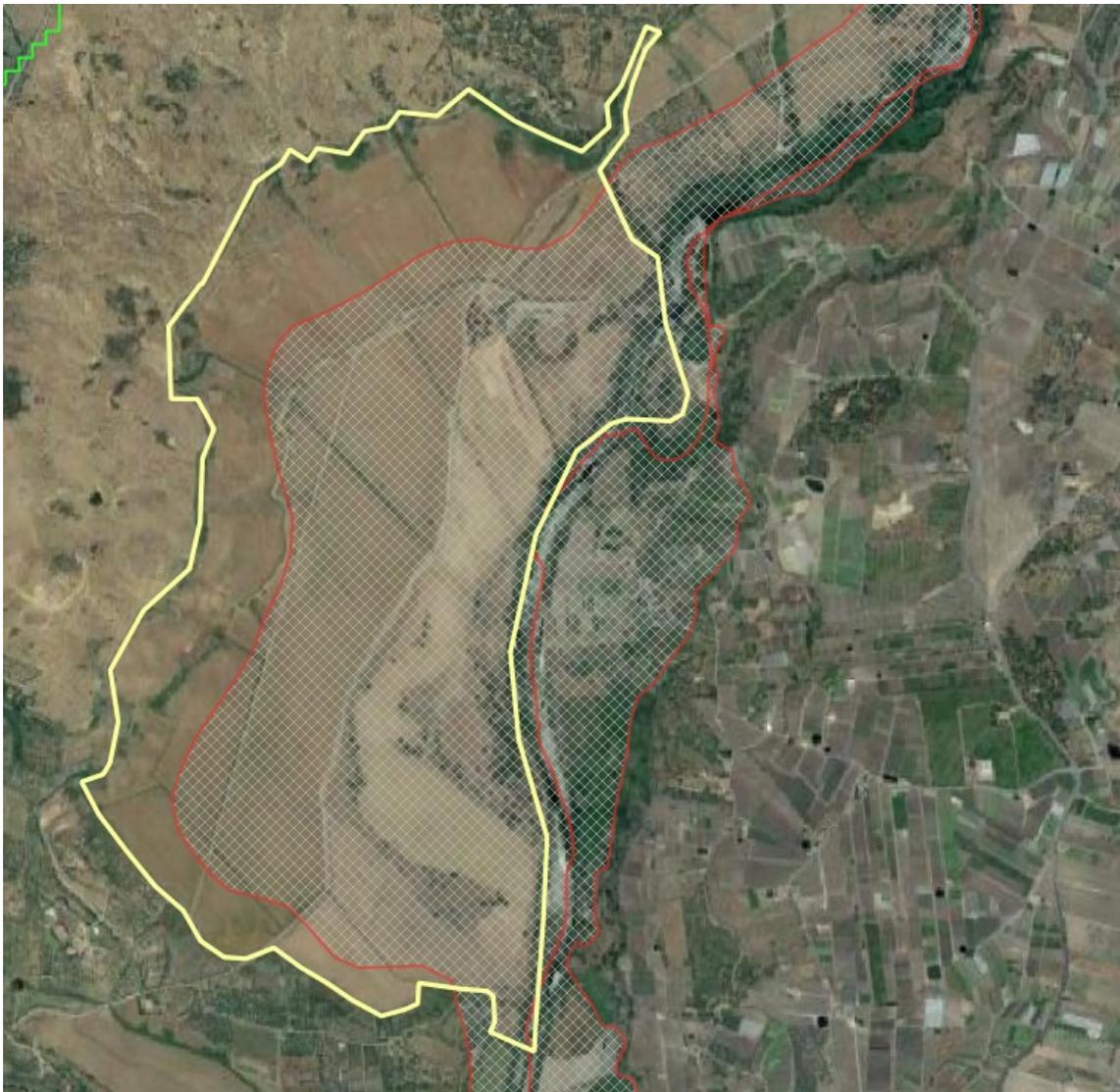


Figura 01: Inquadramento geografico della zona in esame

L'opera da realizzare consiste in un *impianto agrovoltaiico per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica, integrato con l'attività agricola, di potenza pari a 40 MWp e delle relative opere connesse ad infrastrutture necessarie alla connessione alla RTN da realizzarsi in contrada Piana di Mazza nel Comune di Centuripe (EN)* ed è posizionata in destra idraulica al fiume Simeto all'interno di una zona classificata come "sito di attenzione PAI". Scopo di questa relazione

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

idrologica ed in particolare della relazione idraulica, è quello di dimostrare come le opere in progetto non sono interessate da eventi alluvionali con periodi di ritorno T di 50, 100 e 300 anni.

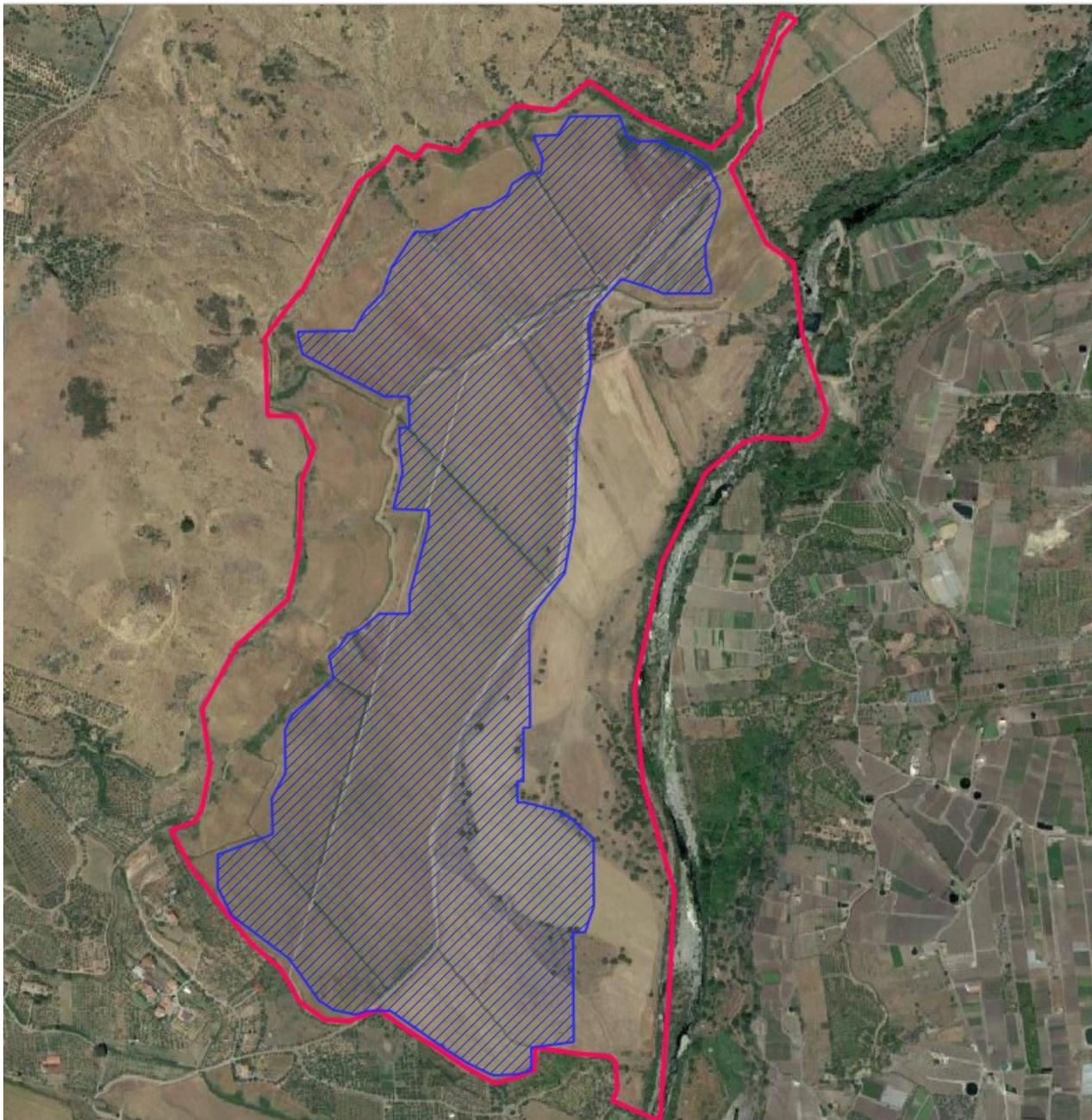


Figura 02: Area interessata dalle strutture in progetto, in rosso il perimetro dell'area di proprietà in blu l'area interessata dall'istallazione dei moduli fotovoltaici

Il bacino idrografico con sezione di chiusura a Centuripe copre una superficie di circa 705 kmq come riportato nell'immagine seguente.

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.



Figura 03: Bacino idrografico su ortofoto con sezione di chiusura a Centuripe

1.2. Inquadramento morfologico

Il territorio interessato dal bacino idrografico del Fiume Simeto riguarda un'area molto vasta, che abbraccia lineamenti assai diversi, variando dalle ampie distese della pianura alluvionale, alle zone prettamente collinari, sino alle forme orografiche aspre ed accidentate delle creste dei Monti Peloritani.

Ad Ovest e Sud_Ovest sono presenti i Monti Erei, principalmente ricadenti nella Provincia di Enna, la cui conformazione tipica è di natura arenacea e calcarenitico-sabbiosa. I monti Erei sorgono a sud dei Nebrodi e delle Madonie, nella parte centrale dell'isola, situati ad est dalla prime propaggini della Piana di Catania ed a ovest dall'Imera meridionale. Gli Erei non raggiungono altezze elevate e la vetta più alta è il Monte Altesina con i suoi 1192 metri s.l.m.

Il settore orientale è delimitato dal rilievo vulcanico dell'Etna la cui morfologia è caratterizzata da pendii molto accentuati in alcuni punti, mentre in altri i pendii si sviluppano verso valle con pendenze più dolci. La parte sud-orientale del Simeto è infine occupata dalla cosiddetta "Piana di

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Catania” che si è formata con l’accumulo dei depositi alluvionali dei fiumi Dittaino, Gornalunga e Simeto. L’altitudine massima dell’intero bacino idrografico è di circa 530 m s.l.m. con un valore massimo di 3.274 ed uno minimo di 0 m.

1.3. Inquadramento normativo

Il Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell’art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell’art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell’art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d’uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Obiettivo principale del P.A.I. è infatti il perseguimento di un assetto territoriale che, in parallelo con le aspettative di sviluppo economico, minimizzi i possibili danni connessi al rischio idrogeologico.

La definizione di norme d’uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Il P.A.I. della Sicilia quindi tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo per uno sviluppo sostenibile del territorio e la naturale evoluzione geomorfologica dei bacini, nel quadro di una politica di governo del territorio rispettosa delle condizioni ambientali.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- 1 *La funzione conoscitiva*, che comprende lo studio dell’ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- 2 *La funzione normativa e prescrittiva*, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- 3 *La funzione programmatica*, che fornisce le possibili metodologie d’intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l’impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Il Piano straordinario contiene l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico "molto elevato" per garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale.

Con Decreto 4 luglio 2000, n.298, l'Assessore Regionale del Territorio e Ambiente ha adottato il Piano Straordinario di bacino per l'assetto idrogeologico, ai sensi del comma 1 bis del Decreto Legge n.180/98.

Nel Piano sono state individuate le aree a rischio "elevato" o "molto elevato" per frana e per inondazione su cartografia in scala 1:50.000. In tali aree sono state adottate le misure di salvaguardia transitorie comportanti limitazioni d'uso al fine di mitigare le condizioni di rischio.

1.4. Aggiornamento del piano straordinario

L'art. 6 del D.A. 298/00 prevedeva la possibilità di perfezionare la perimetrazione delle aree a rischio, così come individuate nel Piano Straordinario, in relazione a successivi studi, ricerche e/o segnalazioni. Nel caso in cui i Comuni avessero riscontrato situazioni di dissesto locale differenti da quelle rappresentate nel Piano, avrebbero dovuto darne comunicazione all'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente, chiedendo contestualmente una revisione dello stesso Piano per il proprio territorio comunale.

Le richieste di revisione pervenute, integrate da studi e lavori di carattere geologico e idraulico, hanno fatto ritenere necessario procedere all'aggiornamento del Piano così come peraltro deliberato dalla Giunta Regionale il 14 settembre 2000.

Con Decreto 20 ottobre 2000, n. 552, l'Assessore Regionale del Territorio e Ambiente istituisce, infatti, l'Ufficio per l'Assetto Idrogeologico per l'espletamento dei compiti di aggiornamento del Piano Straordinario e per l'elaborazione del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico. In particolare, l'art. 4 del D.A. n. 552/00 prevedeva che per l'espletamento dei compiti individuati, l'Ufficio si avvallesse degli Uffici del Genio Civile territorialmente competenti.

Nel procedere all'aggiornamento del Piano si è ritenuto opportuno definire una metodologia (Linee Guida dell'Assessorato Territorio e Ambiente allegate alla Circolare n.1/2003) per l'individuazione delle aree a rischio, basata in primo luogo sulle indicazioni dell'Atto di indirizzo e coordinamento, che fosse più agevole, affidabile ed efficace rispetto a quelle adoperate nell'elaborazione del Piano Straordinario.

Le disposizioni del Piano hanno carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni.

CIRCOLARE N.1 DEL 7 MARZO 2003

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Al fine di continuare la collaborazione, già avviata nell'Aggiornamento del Piano Straordinario, con le Amministrazioni locali, l'Assessore per il Territorio e l'Ambiente ha emanato la "Circolare sulla redazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico".

Essa stabilisce i criteri necessari ad una utile corrispondenza di informazioni fra Enti locali ed Assessorato ai fini della realizzazione del Piano stralcio. Alla circolare sono state allegate le schede di censimento per la programmazione degli interventi in aree a rischio idraulico e geomorfologico.

Alla circolare vengono altresì allegate le Linee Guida per la valutazione del rischio idrogeologico. La metodologia di valutazione del rischio si riferisce alla definizione riportata nell'Atto di indirizzo e coordinamento (D.P.C.M. '98). Individuata la tipologia del dissesto e le sue caratteristiche geometriche e temporali, è possibile stabilire, utilizzando rappresentazioni matriciali, la **magnitudo** dell'evento e la sua **pericolosità**. Combinando la pericolosità con la **vulnerabilità** degli elementi a rischio, si ottiene, infine, la valutazione del **rischio** secondo i 4 livelli, a gravosità crescente, stabiliti dal D.P.C.M.: moderato, medio, elevato e molto elevato.

2. Studio idrologico

1.5. Individuazione del bacino idrografico

Lo studio idrologico ha come principale finalità determinare le portate al colmo attese relativamente a periodi di ritorno T di 50, 200 e 300 relativamente al Fiume Simeto . In ambiente GIS utilizzando un DEM (Digital Elevation Model) a 20 metri/ pixel, è stato individuato il bacino oggetto di studio comprensivo delle relative caratteristiche geomorfologiche.

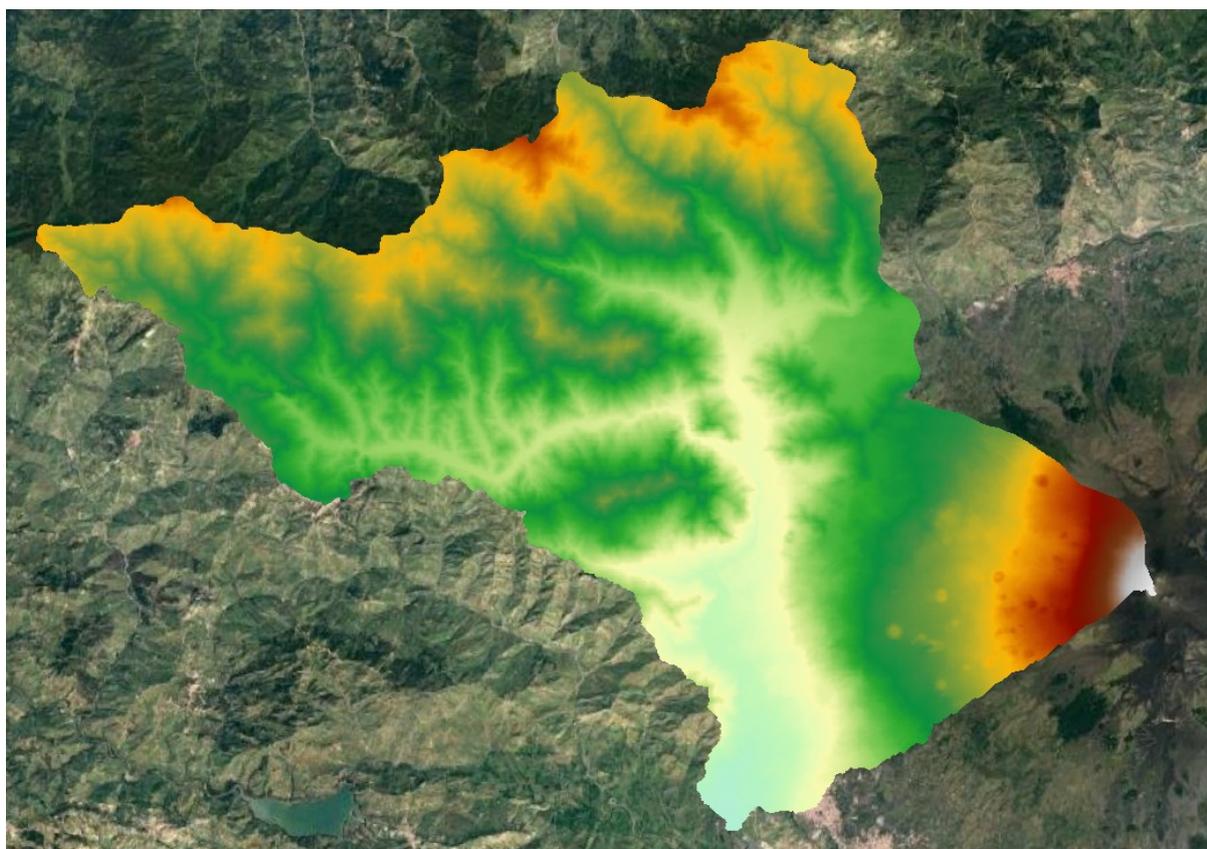


Figura 04: Modello digitale del terreno del bacino idrografico

Bacino	S (kmq)	L (km)	Hmax (s.l.m.)	Hmed (s.l.m.)	Hmin (s.l.m.)	i (pendenza media asta)
Simeto	705.548	59.50	2340	1056	200	0.00130

Tab. 1: Caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

2.1. Analisi probabilistica e metodo TCEV

Il modello a doppia componente denominato TCEV (Rossi et al., 1984) ipotizza che i massimi annuali delle precipitazioni non provengano tutti dalla stessa popolazione ma da due popolazioni distinte legate a differenti fenomeni meteorologici. Tale ipotesi è peraltro giustificata dalla presenza in quasi tutte le serie storiche di piogge di uno o più valori (outliers) nettamente maggiori degli altri al punto da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata del modello TCEV può essere espressa nella forma:

$$F_X(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_2}\right)\right\}$$

La funzione ha quattro parametri, Λ_1 , Θ_1 , Λ_2 e Θ_2 . I parametri contraddistinti dal pedice 1 sono relativi agli eventi più frequenti (componente base) mentre quelli con pedice 2 si riferiscono ad eventi più gravosi e rari (componente straordinaria). Ognuna delle due componenti è, a tutti gli effetti, una legge di Gumbel. I parametri Λ_1 e Λ_2 esprimono, rispettivamente per le due componenti, il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori ad una soglia. I parametri Θ_1 e Θ_2 esprimono invece la media di tali eventi.

Spesso è utile fare riferimento, anziché alla X , alla variabile standardizzata:

$$Y = \frac{X}{\Theta_1} - \ln \Lambda_1,$$

caratterizzata dalla funzione di probabilità cumulata:

$$F_Y(y) = \exp\left\{-\exp(-y) - \Lambda_* \exp\left(-\frac{y}{\Theta_*}\right)\right\}$$

nella quale risulta:

$$\Theta_* = \Theta_2 / \Theta_1 \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{1/\Theta_*}$$

L'espressione completa della funzione di probabilità cumulata della TCEV può essere ulteriormente semplificata facendo riferimento alla variabile adimensionale $K_{t,Tr} = X_{t,Tr} / \mu(X_t)$ dove con $\mu(X_t)$ è stato il *valore indice* (la media della variabile). La funzione di probabilità cumulata di

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

questa nuova variabile $K_{t,Tr}$ è la cosiddetta *curva di crescita* la quale dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , Λ_1 e Θ_1 , l'ultimo dei quali è rappresentabile analiticamente in funzione della media. Tale curva risulta avere validità nell'ambito di sottozone omogenee e rappresenta uno strumento attraverso il quale, a partire da $K_{t,Tr}$, nell'ambito delle suddette sottozone, è sufficiente determinare la media della variabile ($\mu(X_t)$) per avere la distribuzione di probabilità finale.

$$F_X(x) = \mu(X_t) K_{t,Tr}$$

Si sono già evidenziate le relazioni che intercorrono tra momenti teorici e parametri della distribuzione TCEV. Su queste relazioni si basa la strutturazione regionale della stima dei parametri del modello TCEV, in particolare con riferimento ai momenti del secondo e del terzo ordine. Va innanzitutto detto che mediante l'espressione dei momenti teorici del modello TCEV, si dimostra che il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_* , Θ_* e Λ_1 ed è quindi indipendente da Θ_1 , mentre il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ_* e Θ_* ed è quindi indipendente da Λ_1 e Θ_1 . La stima su base regionale di parametri dipendenti da momenti di ordine elevato si rende necessaria in quanto i coefficienti di asimmetria e di variazione campionari, espressi rispettivamente dalle relazioni:

$$C_A = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}} \quad C_V = \frac{N}{\sqrt{N-1}} \cdot \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

stimati dalle serie storiche dei massimi annuali delle portate istantanee, o delle piogge di fissata durata, presentano una variabilità spaziale che nell'ambito di vaste aree non è superiore alla variabilità campionaria. In altri termini, presentano variabilità campionaria molto elevata, ma bassa variabilità spaziale. Ciò consente di ipotizzare l'esistenza di regioni nelle quali si può ammettere che i valori teorici di tali momenti siano costanti. La procedura di regionalizzazione adottata nello studio regionale è di tipo gerarchico strutturata su tre livelli:

1° Livello di regionalizzazione

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Si assume che il coefficiente di asimmetria CA sia costante in una regione molto ampia (l'intera Italia Appenninica ed insulare ad eccezione della Sardegna). Ciò implica, per quanto detto in precedenza, la costanza dei parametri Λ^* e Θ^* del modello TCEV nella medesima zona. Inoltre in una regione omogenea rispetto a Λ_* e Θ_* , risulta unica la funzione di probabilità cumulata della variabile standardizzata Y , in quanto essa dipende soltanto dai due suddetti parametri del modello. In assenza di dati sufficienti a mettere in discussione localmente la validità di questa assunzione, si pone che ovunque Λ_* e Θ_* assumano i valori calcolati nell'ambito della zona unica.

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a Λ_* e Θ_* possa suddividersi in sottozona in cui il coefficiente di variazione CV risulti costante, nel senso che vari con piccoli scarti di disturbo spaziale intorno a valori medi differenti da una zona all'altra. Per il modello TCEV questo si traduce nella costanza del parametro Λ_1 , nella sottozona omogenea, oltre che di Λ_* e Θ_* . Il valore di Λ_1 relativo alla sottozona va stimato utilizzando tutti i dati disponibili nella zona. Se si individua una sottozona omogenea rispetto a Λ_1 la variabile $Kt, Tr=Xt, Tr/\mu(Xt)$ risulta identicamente distribuita, si ha cioè una curva di crescita unica per l'intera sottozona.

III° Livello di regionalizzazione

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di aree omogenee nelle quali sia possibile determinare le relazioni che legano la media $\mu(Xt)$ (valore indice) alle caratteristiche fisiche di interesse. Infatti la variabilità della pioggia indice $\mu(Xt)$ con le caratteristiche morfologiche (es. quota) e climatiche è tale che l'ipotesi basata sulla ricerca di aree con $\mu(Xt)$ costante è applicabile solo per le piogge e spesso non è verificata. Nell'analisi delle piogge orarie per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(Xt)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la curva di probabilità pluviometrica:

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

Tale metodo consente di definire le curve di probabilità pluviometrica C.P.P. mediante i soli valori dei due parametri a ed n , piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media corrispondenti alle durate di 1,3,6, 12 e 24 ore.

L'energia elettrica necessaria per la cantierizzazione dell'intervento sarà derivata dalle utenze già presenti nell'area o da gruppi elettrogeni.

2.2. Metodo VA.PI. Sicilia

In questo paragrafo viene illustrato il Progetto VAPI Sicilia per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno per il territorio insulare. Questa sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Sicilia* [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993].

I° Livello di regionalizzazione

L'applicazione della TCEV effettuata facendo ricorso ai massimi annuali delle altezze di pioggia di fissata durata misurati in stazioni localizzate nel territorio siciliano hanno evidenziato, al primo livello di regionalizzazione, la seguente dipendenza dei parametri Λ^* e Θ^* dalla durata t :

$$\Theta^* = 1.95 + 0.0284 \cdot t$$

$$\Lambda^* = 0.175 \cdot t^{0.301}$$

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è suddivisa in tre sottozone A, B e C come riportato nella figura seguente

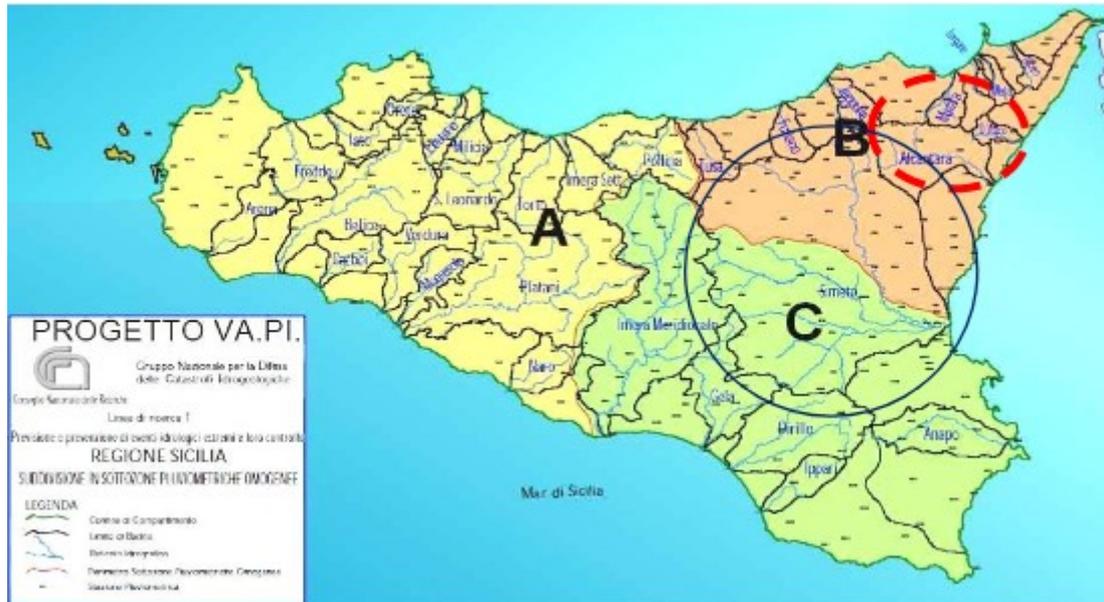


Figura 05: Regione Sicilia: mappa della suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee, con indicato il bacino del Simeto

A ciascuna zona è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro λ_1 , indicato con il simbolo \ominus_1 , che risulta dipendente dalla durata:

$$\text{Sottozona A} \quad \Lambda_1 = 14.55 \cdot t^{0.2419}$$

$$\text{Sottozona B} \quad \Lambda_1 = 12.40 \cdot t^{0.1802}$$

$$\text{Sottozona C} \quad \Lambda_1 = 11.96 \cdot t^{0.0960}$$

In ciascuna sottozona il parametro risulta anch'esso dipendente dalla durata:

$$\text{Sottozona A} \quad \alpha = 3.5208 \cdot t^{0.1034}$$

$$\text{Sottozona B} \quad \alpha = 3.3536 \cdot t^{0.0945}$$

$$\text{Sottozona C} \quad \alpha = 3.3081 \cdot t^{0.0765}$$

Pertanto al $h't$ risulta in ciascuna sottozona identicamente distribuita secondo la:

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico, denominato "Impianto Agrovoltaico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

$$P(h'_t) = \exp \left[-\lambda_1 \left(\exp \left(\frac{\mu}{\mathcal{G}_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta^*} \left(\exp \left(\frac{\mu}{\Theta^* \mathcal{G}_1} \right) \right)^{-h'_t} \right]$$

con i parametri stimati in accordo alle formulazioni delle diverse sottozone.

In ciascuna sottozona, per valori del tempo di ritorno $Tr \geq 10$ anni, la funzione inversa della $P(h'_t)$ assume la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr)$$

Essendo $h'_{t,Tr}$ i valori di h'_t di assegnato tempo di ritorno Tr e in cui i coefficienti b_0 e b_1 sono dipendenti dalla durata secondo le seguenti relazioni:

Sottozona A	$b_0(t) = 0.5391 - 0.001635 \cdot t$ $b_1(t) = 0.0002121 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966$
Sottozona B	$b_0(t) = 0.5135 - 0.002264 \cdot t$ $b_1(t) = 0.0001980 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508$
Sottozona C	$b_0(t) = 0.5015 - 0.003516 \cdot t$ $b_1(t) = 0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101$

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si otterrà moltiplicando la precedente relazione $h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr)$ con i coefficienti determinati per ciascuna sottozona mediante le (2), per la legge di variazione della media della legge TCEV con la durata, ovvero:

$$h_{t,Tr} = h'_{t,Tr} \cdot \mu(t)$$

In cui $h_{t,Tr}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e prefissato tempo di ritorno Tr .

III° Livello di regionalizzazione

Quest'ultima fase dell'indagine pluviografica aveva come obiettivo quello di individuare un criterio regionale per la stima di μ nei siti privi di stazioni di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la (3) in qualsiasi punto della regione. Confrontando le medie teoriche μ con le medie campionarie mc si è riscontrato che, per ciascuna durata, i

Relazione idrologica

parametri statistici Λ_1 e Θ_1 , possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:

$$m_C = a t^n$$

In questo modo è consentito, peraltro, di svincolare il terzo livello di regionalizzazione dalla procedura gerarchica, essendo l'aggiornamento della media campionaria indipendente dalle fasi precedenti.

Questo legame di tipo monomio è stato riconosciuto nelle 172 stazioni pluviografiche siciliane\ relativamente alle 5 durate di pioggia. Questo risultato consente di definire la curva di possibilità pluviometrica, piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media (mt per t=1, 3, 6, 12 e 24 ore), con i soli due parametri a ed n. Tali parametri sono riportati per ciascuna stazione pluviografica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993]. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a e n possono essere stimati sulla base della carta delle iso-a e delle iso-n, non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

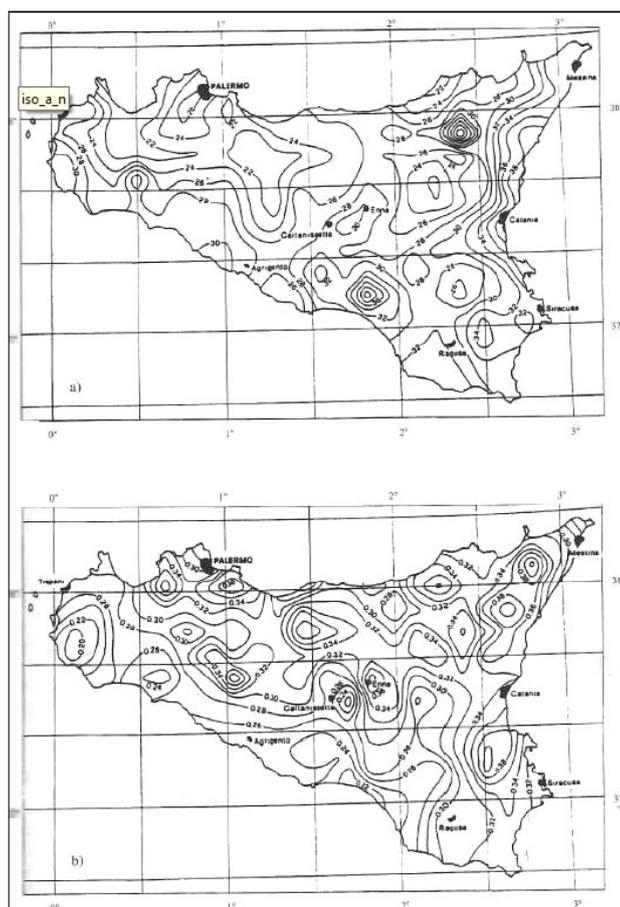


Figura 06: Carta iso-a (sopra) e delle iso-n (sotto) della Regione Sicilia

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Nella tabella I di “Un modello regionale per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica del territorio siciliano” (M.Cannarozzo, F. D’Asaro e V.Ferro) sono riportati i valori di a ed n delle stazioni pluviometriche siciliane. Se non tabellati, questi parametri sono stati ricavati dalle carte di Figura 7.

Di seguito vengono riportati i valori di a ed n per le stazioni pluviometriche utilizzate nello studio idrologico

Stazione	Sottozona	a	n
Caronia	B	28.2	0.3150
Cesarò	B	27.3	0.2578
Bronte	B	22.1	0.2777
Maletto	B	25.6	0.2288

Tab. 2: Parametri a ed n delle stazioni pluviometriche

2.3. Calcolo delle altezze di pioggia per ogni stazione pluviometrica

E’ possibile quindi calcolare le altezze di pioggia riferite alle stazioni pluviometriche appena descritte e per i diversi periodi di ritorno T di **50**, **100** e **300** anni.

Maletto			Bronte			Cesarò			Caronia		
t	h (mm)	T	t	h (mm)	T	t	h (mm)	T	t	h (mm)	T
1	58.94	50	1	50.88	50	1	62.86	50	1	64.93	50
3	76.09	50	3	69.32	50	3	83.77	50	3	92.15	50
6	89.91	50	6	84.72	50	6	100.99	50	6	115.58	50
12	107.90	50	12	105.19	50	12	123.67	50	12	147.25	50
24	136.26	50	24	137.41	50	24	159.34	50	24	197.40	50

Tab. 3: Altezze di pioggia per T 50 anni

Maletto			Bronte			Cesarò			Caronia		
t	h (mm)	T	t	h (mm)	T	t	h (mm)	T	t	h (mm)	T
1	67.07	100	1	57.90	100	1	71.52	100	1	73.88	100
3	86.62	100	3	78.91	100	3	95.36	100	3	104.90	100
6	102.42	100	6	96.51	100	6	115.05	100	6	131.67	100
12	123.13	100	12	120.03	100	12	141.11	100	12	168.03	100
24	156.09	100	24	157.41	100	24	182.53	100	24	226.13	100

Tab. 4: Altezze di pioggia per T 100 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Maletto			Bronte			Cesarò			Caronia		
t	h (mm)	T	t	h (mm)	T	t	h (mm)	T	t	h (mm)	T
1	79.94	300	1	69.01	300	1	85.25	300	1	88.06	300
3	103.31	300	3	94.11	300	3	113.73	300	3	125.10	300
6	122.25	300	6	115.20	300	6	137.33	300	6	157.16	300
12	147.25	300	12	143.55	300	12	168.77	300	12	200.96	300
24	187.53	300	24	189.11	300	24	219.29	300	24	271.67	300

Tab. 5: Altezze di pioggia per T 300 anni

2.4. Determinazione dei topoieti e definizione delle altezze di pioggia ragguagliate

Essendo il bacino oggetto di studio particolarmente esteso ed essendo presenti più stazioni pluviometriche, risulta necessario determinare i topoieti (Poligoni di Thiessen) per il successivo calcolo delle altezze di pioggia ragguagliate per ogni sottobacino considerato e per i periodi di ritorno T di 50, 100 e 300 anni.

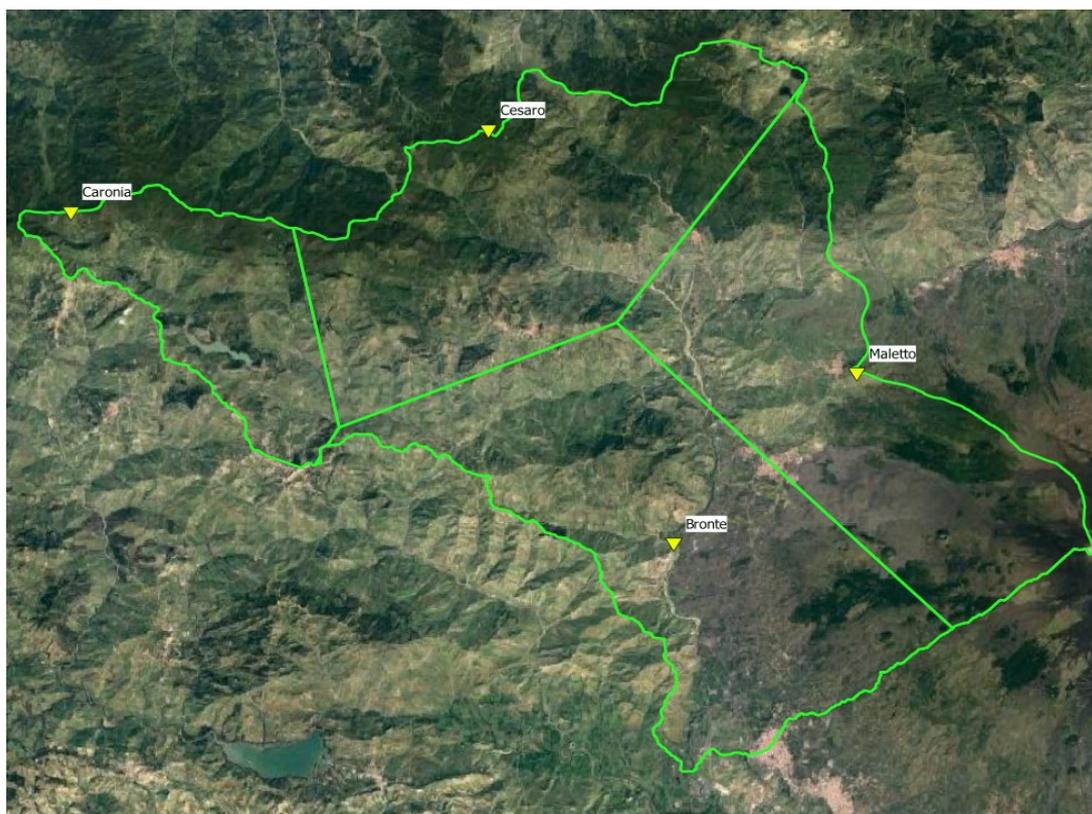


Figura 07: Topoieti considerati nello studio idrologico

ID Topoieto	Area (kmq)	Coeff. influenza
-------------	------------	------------------

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

<i>Maletto</i>	194.678	0.27592453
<i>Bronte</i>	224.201	0.3177686
<i>Cesarò</i>	199.624	0.282934683
<i>Caronia</i>	87.045	0.123372187
Area tot	705.548 kmq	1

Tab. 6: Area topoieta e relativo coefficiente di influenza

Applicando il metodo dei topoieta, il volume di pioggia (V_p) caduto all'interno del poligono di Thiessen è uguale all'altezza di precipitazione misurata nella relativa stazione pluviometrica per l'area del poligono. Questo volume V_p caduto sull'intero bacino sarà quindi fornito dalla somma dei prodotti di cui prima con l'avvertenza che, per i topoieta che parzialmente ricadono fuori dalla regione in esame, si dovrà considerare solo l'area della

$$V_p = \sum_{i=1}^N h_i (\Omega_i \cap S)$$

porzione del poligono o del topoieta che appartiene al bacino:

i = generico poligono di Thiessen;

N = numero di poligoni;

h_i = altezza di pioggia misurata della stazione;

Ω_i = area del topoieta;

S = superficie del bacino

Quindi l'altezza di pioggia (h) ragguagliata all'area può essere calcolata come $h = V_p/S$.

Utilizzando le curve di possibilità pluviometrica riportate all'interno del paragrafo 2.4 si determinano così le altezze di pioggia ragguagliate.

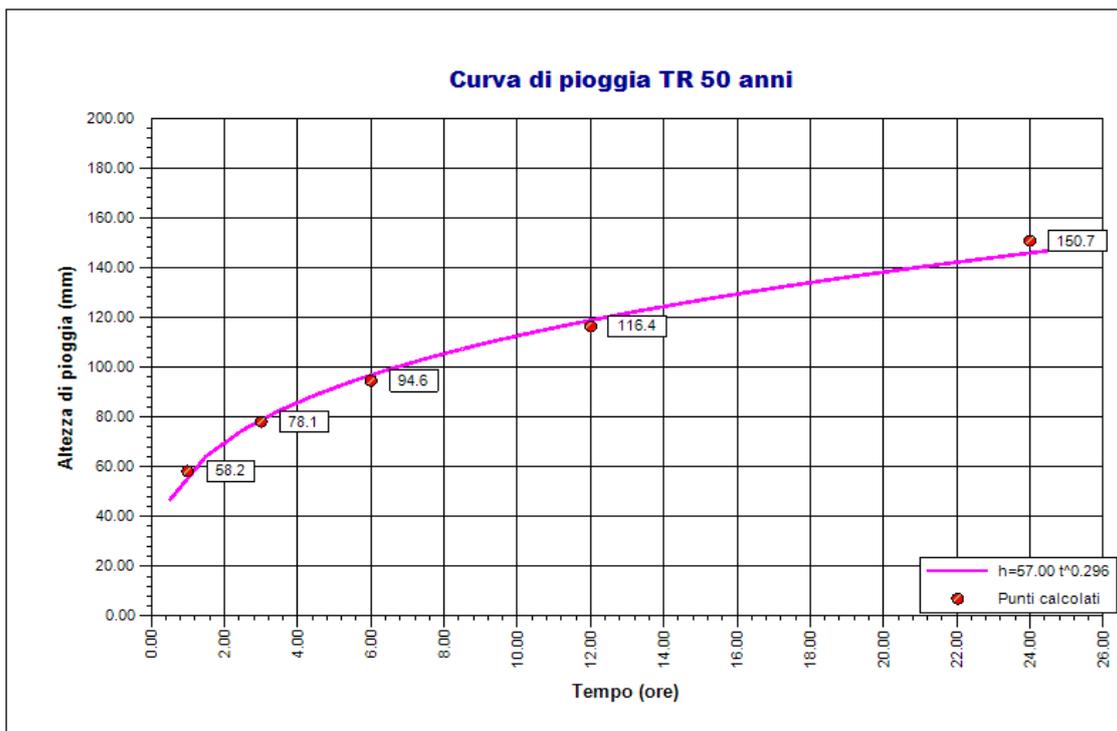


Figura 08: Curva di pioggia per T 50 anni

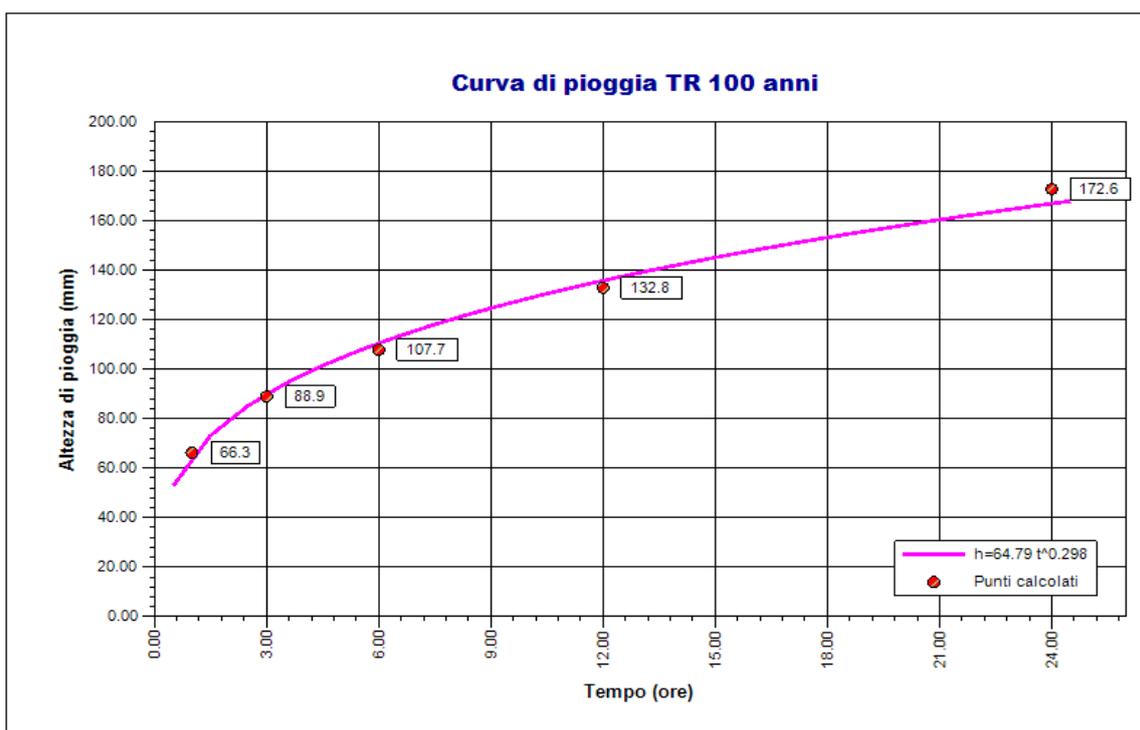


Figura 09: Curva di pioggia per T 100 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico, denominato "Impianto Agrovoltaico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

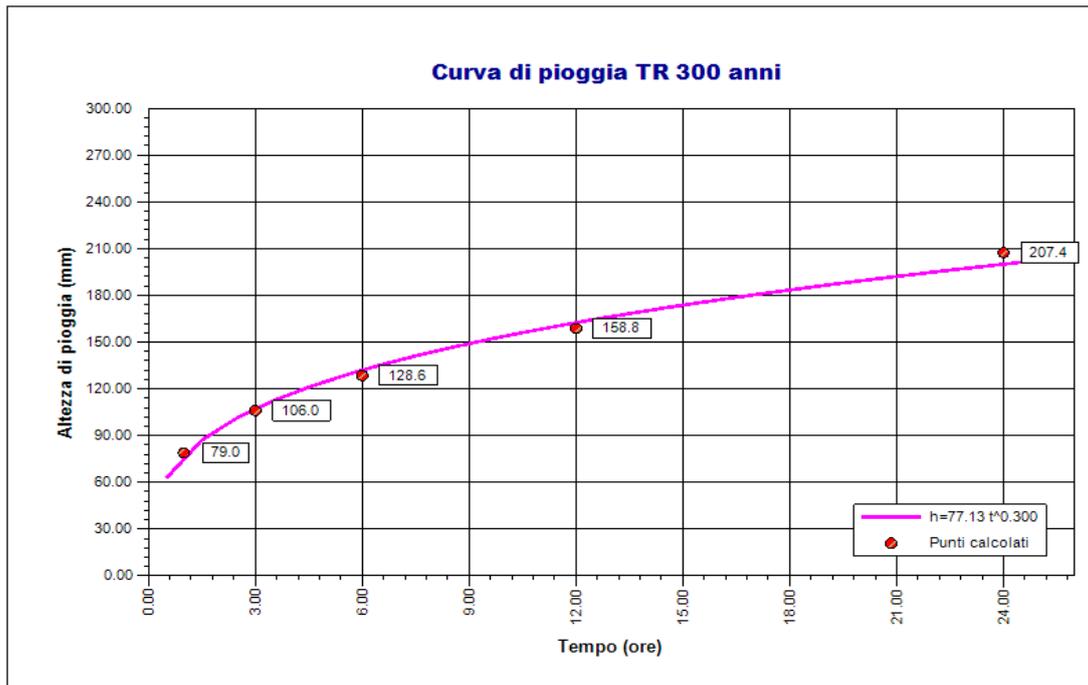


Figura 10: Curva di pioggia per T 300 anni

2.5. Tempo di corrivazione

Al fine di applicare i metodi di trasformazione afflussi-deflussi, un parametro fondamentale è il *tempo di corrivazione* che rappresenta il tempo impiegato da una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino dal punto idraulicamente più lontano dalla sezione stessa.

Il tempo di corrivazione di un bacino dipende da numerosi fattori:

- parametri relativi alla morfologia dei sottobacini, quali la superficie, la lunghezza e la pendenza dell'asta principale, la larghezza media del bacino, la distanza del baricentro del bacino dal punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, la pendenza media dei versanti;
- parametri che definiscono le caratteristiche della rete idrografica quali la densità della rete, la capacità d'invaso nella rete e in bacini naturali e artificiali, le scabrezze degli alvei;
- parametri relativi alla copertura vegetale che definiscono la maggiore o minore presenza di boschi, pascoli, seminativi o altra destinazione d'uso del suolo;
- parametri relativi alle caratteristiche geologiche e fisiche del suolo quali la permeabilità e la capacità di trattenuta dell'acqua.

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Relazione idrologica

Vista la difficoltà a considerare tutti questi parametri, il tempo di corrivazione si stima in genere utilizzando formule empiriche che derivano dall'analisi di molti casi reali e che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune altre grandezze caratteristiche del bacino e di facile determinazione. Il tempo di corrivazione del bacino del fiume Bormida di Millesimo e dei sottobacini in cui è suddiviso viene calcolato con le relazioni di Giandotti, SCS, Ven Te Chow $A = \pi r^2$, di seguito brevemente illustrate.

Per stimare il tempo di corrivazione per i bacini piemontesi, è molto usata la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H}}$$

dove:

T_c = tempo di corrivazione (ore);

S = area del bacino idrografico (km²);

L = lunghezza dell'asta principale (km);

H = altitudine media del sottobacino riferita alla sezione di chiusura (m).

Tale formulazione risulta generalmente valida per bacini idrografici con superficie S variabile fra 170 e 70.000 km².

Dove:

i_a = pendenza media dell'asta principale;

i_m = pendenza media del bacino.

La seconda formulazione utilizzata è quella proposta dall'SCS:

$$T_c = 0.00227 \cdot (1000 \cdot L_a)^{0.8} \cdot [(1000 \text{ CN}) - 9]^{0.7} \cdot i_b^{-0.5}$$

dove:

L_a = lunghezza dell'asta principale del bacino (km);

CN = Curve Number del Soil Conservation Service;

i_b = pendenza media del bacino.

La terza formulazione utilizzata è quella proposta da Ven De Te Chow

$$T_c = 0.1602 L_a^{0.64} i_b^{-0.32}$$

dove:

L_a = lunghezza dell'asta principale del bacino (km);

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

i_b = pendenza media del bacino.

Formula	tc (ore)	tc medio = 8.18 ore
Giandotti	7.52	
SCS	12.61	
Ven De Chow	8.18	

Tab. 7: Tempo di corrivazione

2.6. Calcolo ietogrammi di progetto

Una volta individuato il tempo di corrivazione per il bacino, il passo successivo consiste nell'andare a determinare gli ietogrammi di progetto tipo 'Chicago' per i diversi periodi di ritorno T.

Pluviogramma T 50 anni

Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia TR 50 anni

Durata: 16.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 129.350 mm

Intervallo di discretizzazione: 30 min

Curva di pioggia

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
57.00	0.30	$h(t) = 57.0 t^{0.296}$

Tab. 8: Curva di pioggia per T 50 anni

Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.500	0	30	1.208
2	0.500	1.000	30	60	1.265
3	1.000	1.500	60	90	1.329
4	1.500	2.000	90	120	1.402
5	2.000	2.500	120	150	1.485
6	2.500	3.000	150	180	1.581
7	3.000	3.500	180	210	1.694
8	3.500	4.000	210	240	1.828
9	4.000	4.500	240	270	1.991
10	4.500	5.000	270	300	2.195
11	5.000	5.500	300	330	2.457
12	5.500	6.000	330	360	2.812
13	6.000	6.500	360	390	3.323
14	6.500	7.000	390	420	4.137
15	7.000	7.500	420	450	5.702
16	7.500	8.000	450	480	10.559
17	8.000	8.500	480	510	46.446
18	8.500	9.000	510	540	7.257
19	9.000	9.500	540	570	4.769

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Relazione idrologica

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
20	9.500	10.000	570	600	3.676
21	10.000	10.500	600	630	3.042
22	10.500	11.000	630	660	2.620
23	11.000	11.500	660	690	2.317
24	11.500	12.000	690	720	2.087
25	12.000	12.500	720	750	1.905
26	12.500	13.000	750	780	1.758
27	13.000	13.500	780	810	1.635
28	13.500	14.000	810	840	1.531
29	14.000	14.500	840	870	1.442
30	14.500	15.000	870	900	1.364
31	15.000	15.500	900	930	1.296
32	15.500	16.000	930	960	1.236

Tab. 9: Tabella pluviogramma per T 50 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

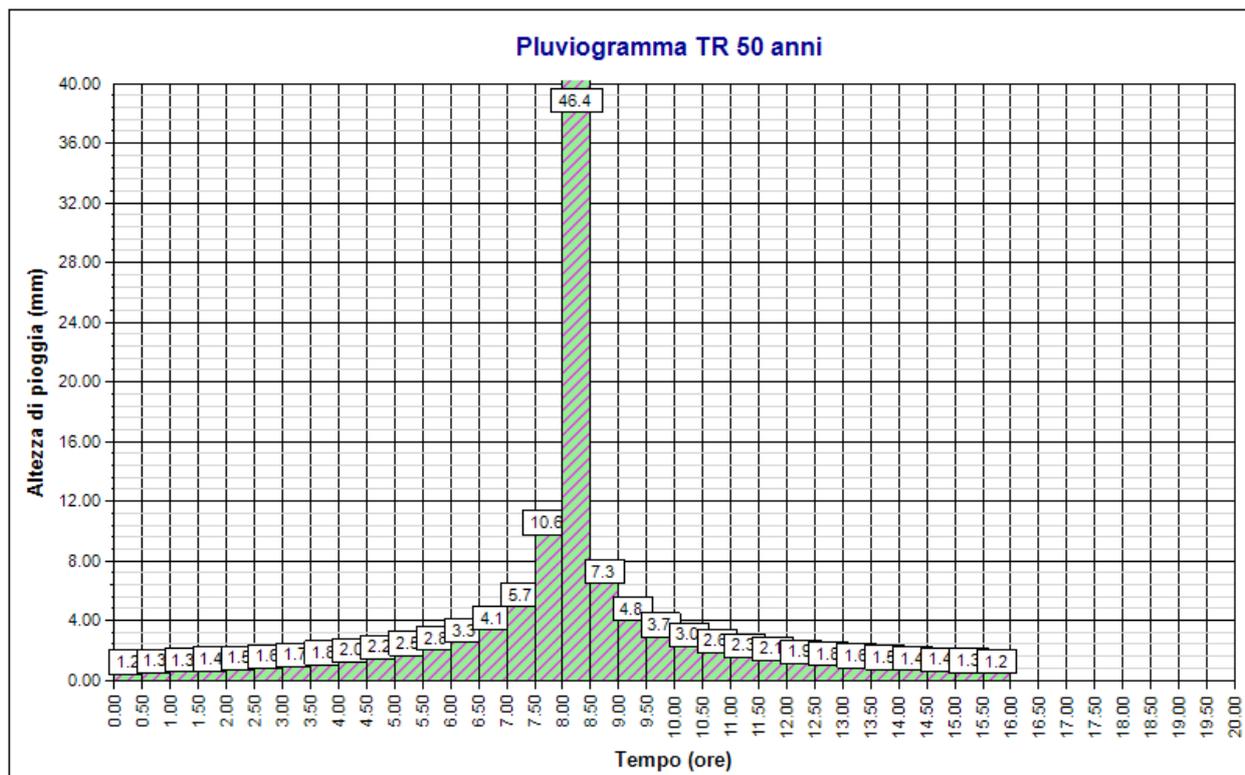


Figura 11: Pluviogramma per T 50 anni

Pluviogramma TR 100 anni

Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva di pioggia TR 100 anni

Durata: 16.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 147.819 mm

Intervallo di discretizzazione: 30 min

Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
64.79	0.30	$h(t) = 64.8 t^{0.298}$

Tab. 10: Curva di pioggia per T 100 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.500	0	30	1.390
2	0.500	1.000	30	60	1.455
3	1.000	1.500	60	90	1.529
4	1.500	2.000	90	120	1.612
5	2.000	2.500	120	150	1.707
6	2.500	3.000	150	180	1.817
7	3.000	3.500	180	210	1.946
8	3.500	4.000	210	240	2.100
9	4.000	4.500	240	270	2.287
10	4.500	5.000	270	300	2.521
11	5.000	5.500	300	330	2.821
12	5.500	6.000	330	360	3.227
13	6.000	6.500	360	390	3.811
14	6.500	7.000	390	420	4.743
15	7.000	7.500	420	450	6.531
16	7.500	8.000	450	480	12.073
17	8.000	8.500	480	510	52.717
18	8.500	9.000	510	540	8.306
19	9.000	9.500	540	570	5.465
20	9.500	10.000	570	600	4.216
21	10.000	10.500	600	630	3.490
22	10.500	11.000	630	660	3.008
23	11.000	11.500	660	690	2.661
24	11.500	12.000	690	720	2.397

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
25	12.000	12.500	720	750	2.189
26	12.500	13.000	750	780	2.020
27	13.000	13.500	780	810	1.879
28	13.500	14.000	810	840	1.760
29	14.000	14.500	840	870	1.658
30	14.500	15.000	870	900	1.569
31	15.000	15.500	900	930	1.491
32	15.500	16.000	930	960	1.421

Tab. 11: Tabella pluviogramma per T 100 anni

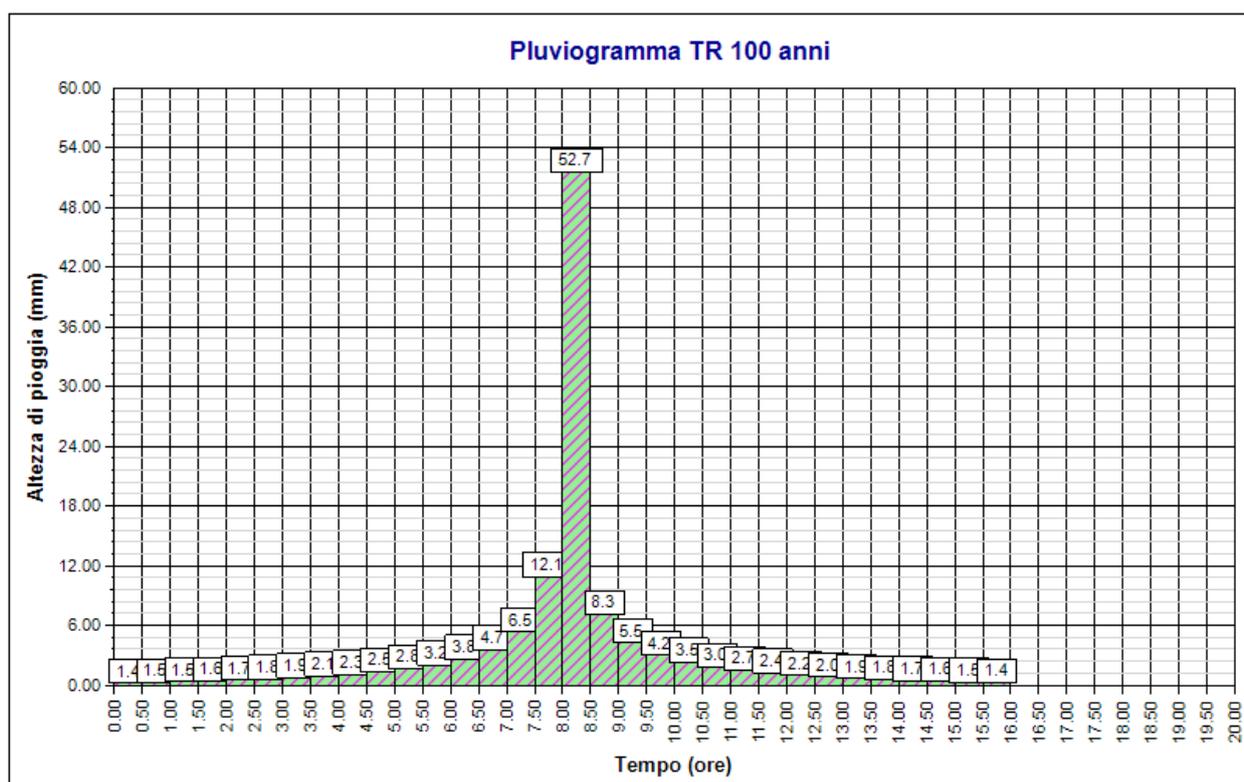


Figura 12: Pluviogramma per T 100 anni

Pluviogramma TR 300 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico, denominato “Impianto Agrovoltaico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico
Curva di pioggia: Curva di pioggia TR 300 anni
Durata: 16.000 ore
Altezza di pioggia complessiva: 177.091 mm
Intervallo di discretizzazione: 30 min

Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
77.13	0.30	$h(t) = 77.1 t^{0.300}$

Tab. 12: Curva di pioggia per T 300 anni

Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.500	0	30	1.678
2	0.500	1.000	30	60	1.756
3	1.000	1.500	60	90	1.845
4	1.500	2.000	90	120	1.945
5	2.000	2.500	120	150	2.060
6	2.500	3.000	150	180	2.192
7	3.000	3.500	180	210	2.347
8	3.500	4.000	210	240	2.532
9	4.000	4.500	240	270	2.757
10	4.500	5.000	270	300	3.037
11	5.000	5.500	300	330	3.398

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Relazione idrologica

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
12	5.500	6.000	330	360	3.885
13	6.000	6.500	360	390	4.586
14	6.500	7.000	390	420	5.703
15	7.000	7.500	420	450	7.845
16	7.500	8.000	450	480	14.472
17	8.000	8.500	480	510	62.657
18	8.500	9.000	510	540	9.969
19	9.000	9.500	540	570	6.569
20	9.500	10.000	570	600	5.071
21	10.000	10.500	600	630	4.200
22	10.500	11.000	630	660	3.622
23	11.000	11.500	660	690	3.205
24	11.500	12.000	690	720	2.889
25	12.000	12.500	720	750	2.639
26	12.500	13.000	750	780	2.435
27	13.000	13.500	780	810	2.266
28	13.500	14.000	810	840	2.123
29	14.000	14.500	840	870	2.000
30	14.500	15.000	870	900	1.893
31	15.000	15.500	900	930	1.799
32	15.500	16.000	930	960	1.716

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Tab. 13: Tabella pluviogramma per T 300 anni

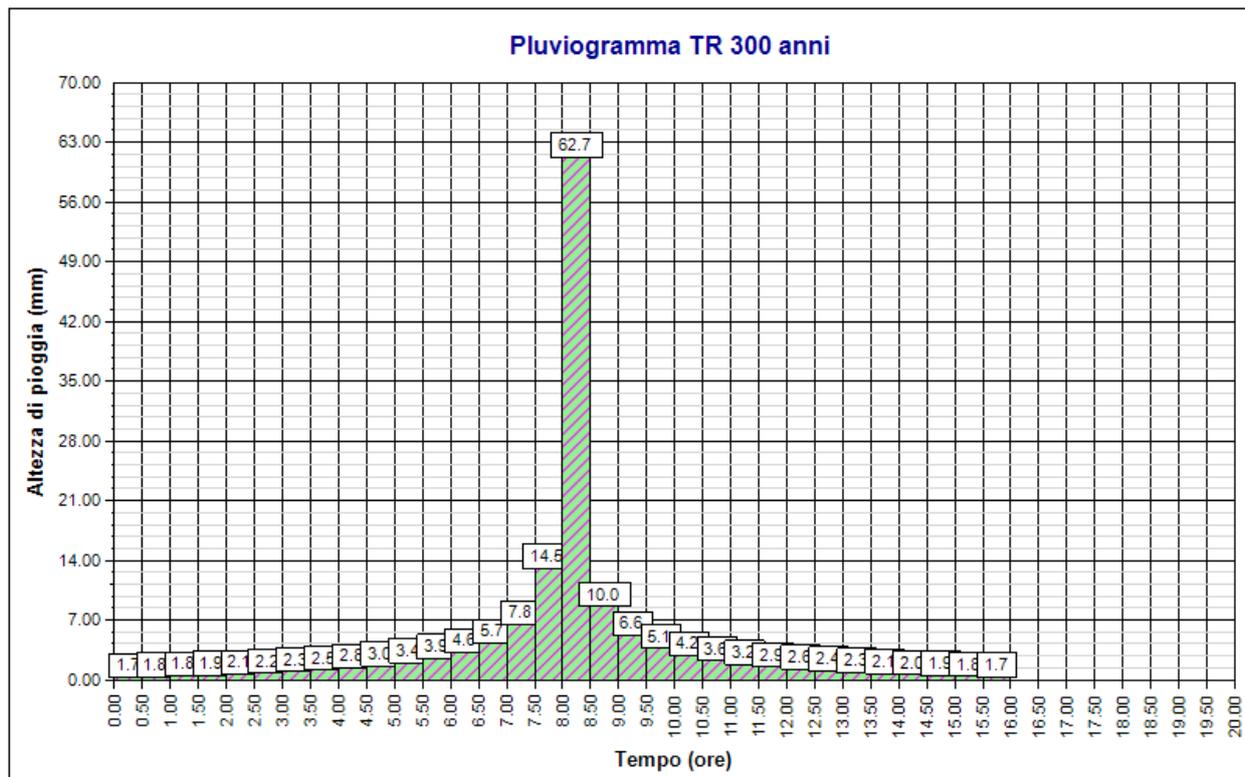


Figura 13: Pluviogramma per T 300 anni

3. Modello afflussi deflussi e determinazione delle portate

La determinazione delle portate per i diversi periodi di ritorno di 50, 100 e 200 anni, sono state ricavate mediante l'utilizzo del software HEC-HMS, applicando il metodo SCS-CN. E' importante sottolineare che, poiché il Fiume Dittaino confluisce nel Simeto in corrispondenza della zona oggetto di studio, sono state implementate due diverse modellazioni idrologiche, con le sezioni di chiusura dei bacini riportate nell'immagine seguente

Per ogni sottobacino vengono assegnati i parametri idrologici di calcolo delle perdite con l'applicazione del metodo del Soil Conservation Service e la trasformazione afflussi-deflussi viene effettuata con l'applicazione dell'idrogramma unitario SCS.

I parametri di calcolo sono il Curve Number CN ed il tempo di concentrazione T_{lag} . Il T_{lag} è proporzionale al tempo di corrivazione T_c . La determinazione del parametro CN si effettua considerando la tipologia di suolo, il drenaggio, e l'uso del suolo.

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Il metodo del Soil Conservation Service statunitense richiede la conoscenza del valore della perdita iniziale di pioggia (initial abstraction) e del numero di curva dimensionale *CN* (SCS Curve Number) definito dal Soil Conservation Service sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misure in campo. Spesso però, per la necessità di semplificazione o per la difficoltà che si incontra nel definire i vari parametri, le perdite vengono considerate facendo riferimento ad un'unica equazione, nonostante esistano numerosi metodi per il calcolo delle singole quote da attribuire a ciascun fenomeno. La ragione di tale semplificazione risiede nel fatto che le leggi che governano i singoli fenomeni fisici non sono tuttora ben conosciute e risulta pertanto molto difficile individuare i confini di competenza di ciascun processo.

Il calcolo di quota parte di precipitazione perse nel bacino è stato eseguito con il metodo SCS Curve Number. I parametri richiesti sono due ed il numero di curva adimensionale può essere valutato noti la litologia e l'uso del suolo.

Di più difficile determinazione è, invece, la stima delle perdite di pioggia I_a che si ha all'inizio dell'evento meteorico, perché è funzione delle caratteristiche geologiche e di saturazione del terreno stesso; tuttavia, tale parametro può essere calcolato, in funzione di *CN* (numero di curva adimensionale SCS curve number) definito dal Soil Conservation Service sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misura in campo, secondo la relazione proposta:

$$I_a = 0.2 \cdot \frac{(1000 - 10 \cdot CN)}{CN}$$

Il numero di curva adimensionale *CN* (Runoff curve number) è un indice di ritenzione potenziale del suolo, che dipende dalla pedologia, dal tipo e grado di copertura del suolo e dal grado di umidità iniziale del terreno.

Tale indice ha un valore compreso tra 0 e 100 e, per la sua determinazione, il Soil Conservation Service propone delle classificazioni, in modo da far rientrare la zona esaminata in una determinata categoria e ricavare da opportune tabelle il valore di *CN* corrispondente.

Nella seguente tabella è riportata la classificazione dei terreni secondo l'SCS che distingue quattro classi di suolo in base alla potenzialità di deflusso: da terreni altamente permeabili, con scarsa potenzialità di deflusso (classe A) a terreni impermeabili con alta potenzialità di deflusso (classe D).

CLASSE	TIPOLOGIA DI TERRENO
A	Scarsa potenzialità di deflusso: Comprende strati profondi di sabbia con scarsissimo limo e argilla, strati profondi di limo calcareo, limi aggregati. Si ha un tasso d'infiltrazione elevato anche quando i terreni sono completamente

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

	bagnati.
B	<u>Potenzialità di deflusso mediamente bassa</u> : Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi di quelli appartenenti al gruppo A, strati sottili di limo calcareo, loam (mistura di sabbia, limo, argilla e humus).
C	<u>Potenzialità di deflusso mediamente alta</u> : Comprende suoli sottili contenenti considerevoli quantità di argilla, loam argillosi, strati sottili di loam sabbiosi, terreni con ridotti contenuti organici.
D	<u>Potenzialità di deflusso molto alta</u> : Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, sabbie saline e suoli sottili con orizzonti impermeabili in vicinanza della superficie.

Tab. 14: Classi di permeabilità per il metodo SCS

Le diverse classi di uso del suolo sono state dedotte dalla carta in formato shapefile, scaricata dal S.T.R. della Regione Sicilia (dettagliatamente riportata in allegato).

È possibile prendere in considerazione anche situazioni di umidità del terreno all'inizio della precipitazione diversa da quella media; il metodo, infatti, classifica le condizioni di umidità in tre categorie:

- *AMC I*: potenziale di scorrimento superficiale minimo; i suoli del bacino sono sufficientemente asciutti da permettere un'aratura o coltivazione soddisfacente;
- *AMC II*: condizione media;
- *AMC III*: potenziale di scorrimento superficiale massimo; il bacino è stato praticamente saturato dalle piogge precedenti.

La categoria a cui fare riferimento si può individuare in base alla precipitazione totale dei 5 giorni precedenti quello dell'evento di pioggia e in base alla stagione (vegetativa o non vegetativa), come riportato nella seguente tabella.

Categori a	Precipitazione dei 5 gg antecedenti l'evento	
	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
AMC I	<12,7	<35,6
AMC II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
AMC III	>27,9	>53,3

Tab. 15: Condizioni di umidità

Relazione idrologica

I valori di CN corrispondenti alla categoria $AMC I$ e $AMC III$ si possono ricavare dal valore di quello

$$CN(I) = \frac{\alpha \cdot CN(II)}{10 - \beta \cdot CN(II)}$$

relativo ad una condizione $AMC II$ per mezzo delle seguenti relazioni (Chow et al., 1988):

$$CN(III) = \frac{\alpha \cdot CN(II)}{10 + \beta \cdot CN(II)}$$

dove α e β sono coefficienti sperimentali noti.

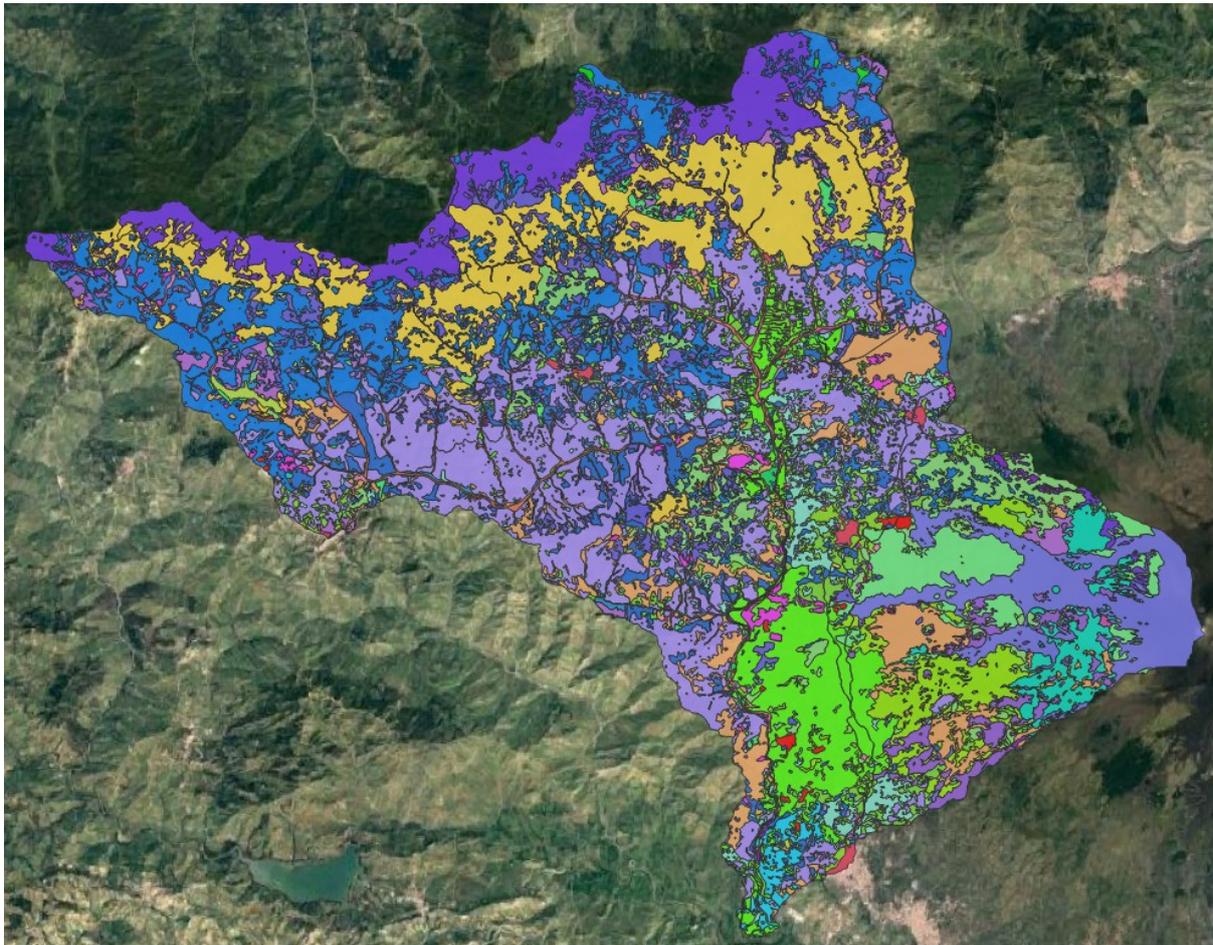


Figura 14: Uso del suolo per il bacino idrografico

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Relazione idrologica

Arbusteti spinosi montani	Frutteti (impianti arborei specializzati per la produzione di frutta)
Arbusteti termofili	Gariga
Aree con vegetazione rada (Comunità pioniere delle aree vulcaniche sommitali)	Ginestreti
Aree estrattive	Incolti
Aree ricreative e sportive	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi
Aree ruderali e discariche	Laghetto e pozze naturali
Aree verdi urbane	Laghi artificiali
Betulleti	Leccete termofile
Borghi e fabbricati rurali	Linee ferroviarie e spazi associati
Boschi di conifere	Macchia a lentisco (macchia termofila)
Boschi e boscaglie a sughera e/o a sclerofille mediterranee	Macchia bassa a cisto e rosmarino
Boschi e boscaglie ripariali	Macchia termofila
Cantieri	Oliveti
Castagneti dell'Italia meridionale	Piantagioni a latifoglie, impianti di arboricoltura (noce e/o rimboscimenti)
Cerrete dell'Italia meridionale	Pinete di pino laricio
Cimiteri	Pioppeti ripariali
Colture ortive in pieno campo	Praterie aride calcaree
Colture orto-floro-vivaistiche (serre)	Praterie mesofile
Eucalipteti impianti di eucalitti a uso produttivo e per alberature	Pruneti
Faggete (bosco a dominanza di Faggio)	Querceti (bosco termoelofilo)
Fiumi	Rimboscimenti a conifere
	Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti
	Seminativi semplici e colture erbacee estensive
	Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)
	Torrenti e greti alluvionali
	Viabilità stradale e sue pertinenze
	Vigneti
	Vigneti consociati (con oliveti, ecc.)
	Zone residenziale a tessuto compatto e denso
	Zone residenziale a tessuto discontinuo e rado
	Zone umide interne

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

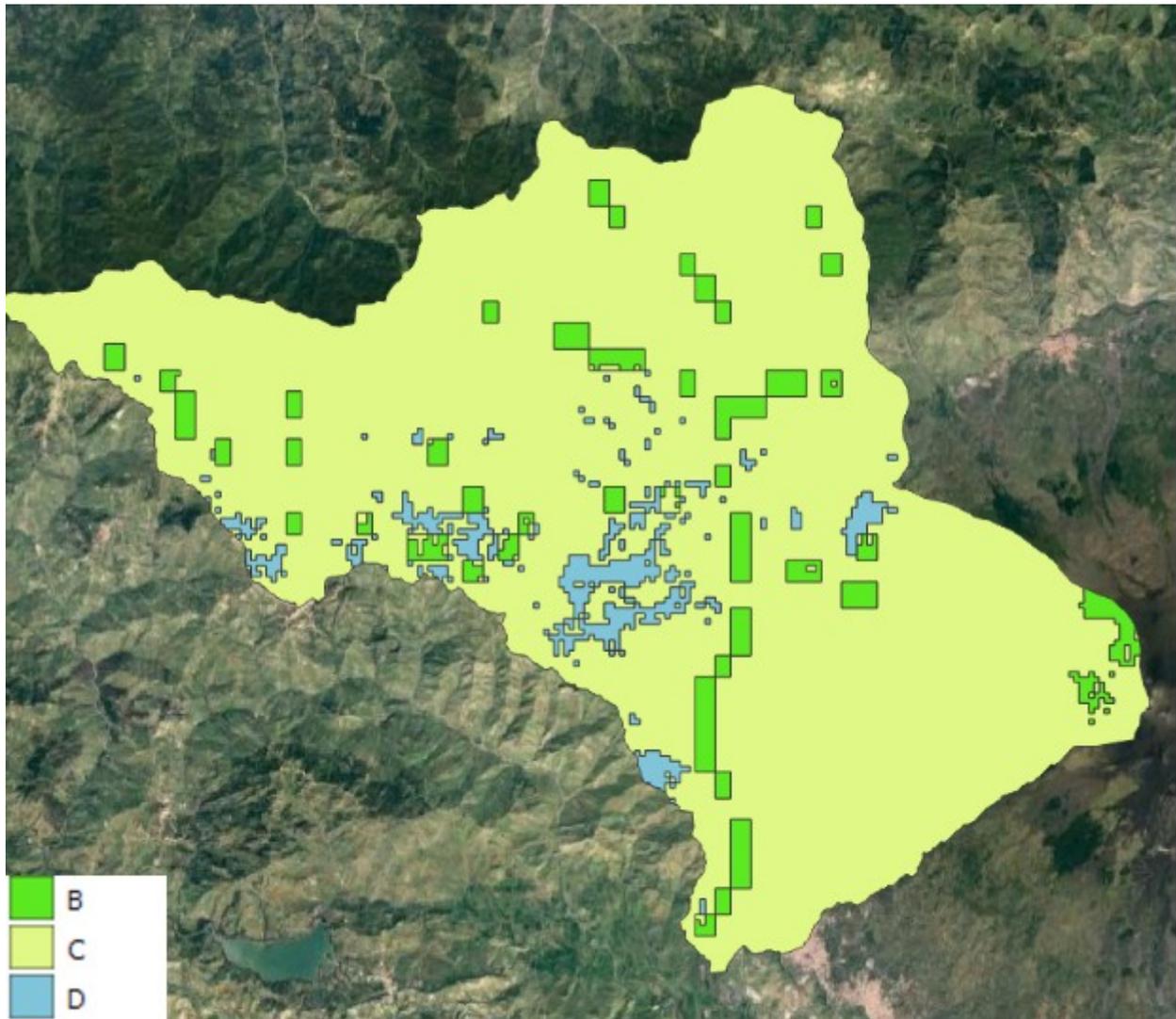


Figura 15: Classi di permeabilità per il bacino idrografico

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

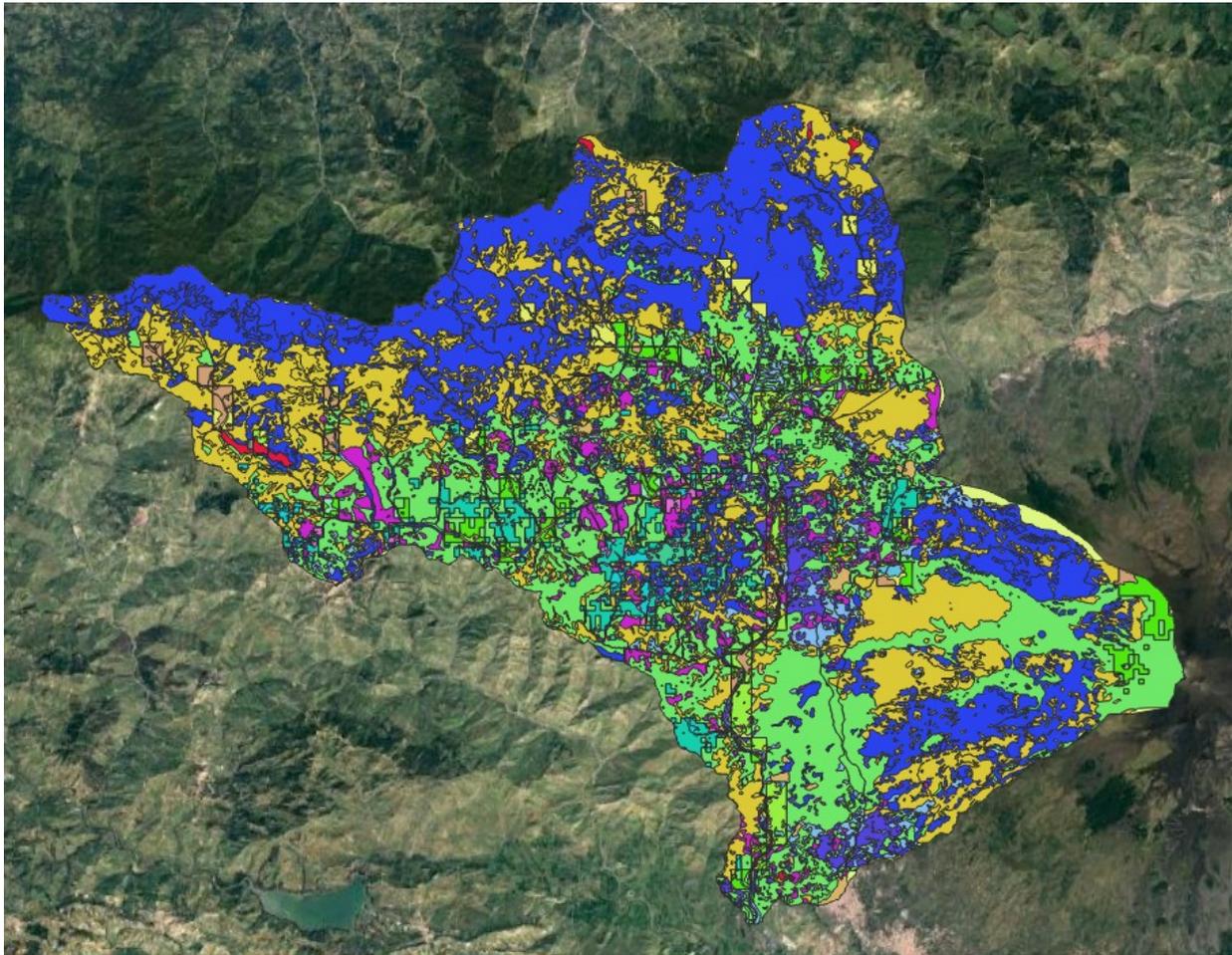
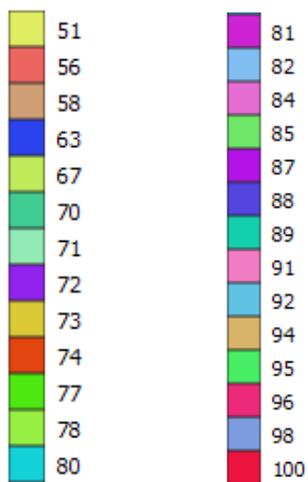


Figura 16: Valore del Curve Number per il bacino idrografico



Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato "Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

Relazione idrologica

Dalle analisi di post-processing in ambiente GIS di tutte le carte sopra-descritte è stato calcolato per l'intero bacino ambiente di studio, un valore di *Curve Number* CN_{II} pari a **74.50**.

Tuttavia a vantaggio di sicurezza per lo studio in oggetto si ritiene cautelativo utilizzare un valore di CN pari a **82**.

In HEC-HMS utilizzando il metodo SCS-CN appena dettagliato sono stati determinati gli idrogrammi di piena con periodi di ritorno T di **50**, **100** e **300** anni.

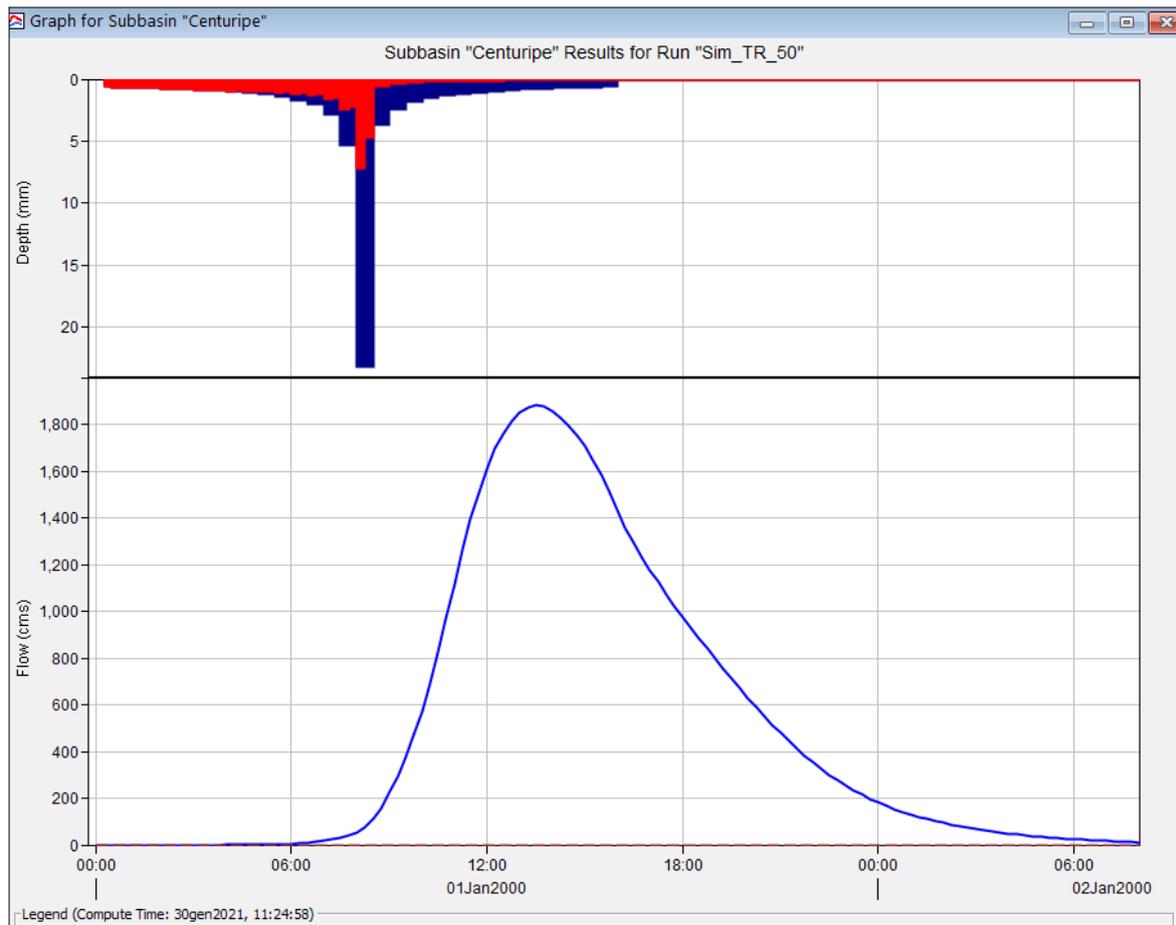


Figura 17: Idrogramma di piena per T 50 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, denominato “Impianto Agrovoltaiico Centuripe Piana di Mazza”, per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località “Piana di Mazza” e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.

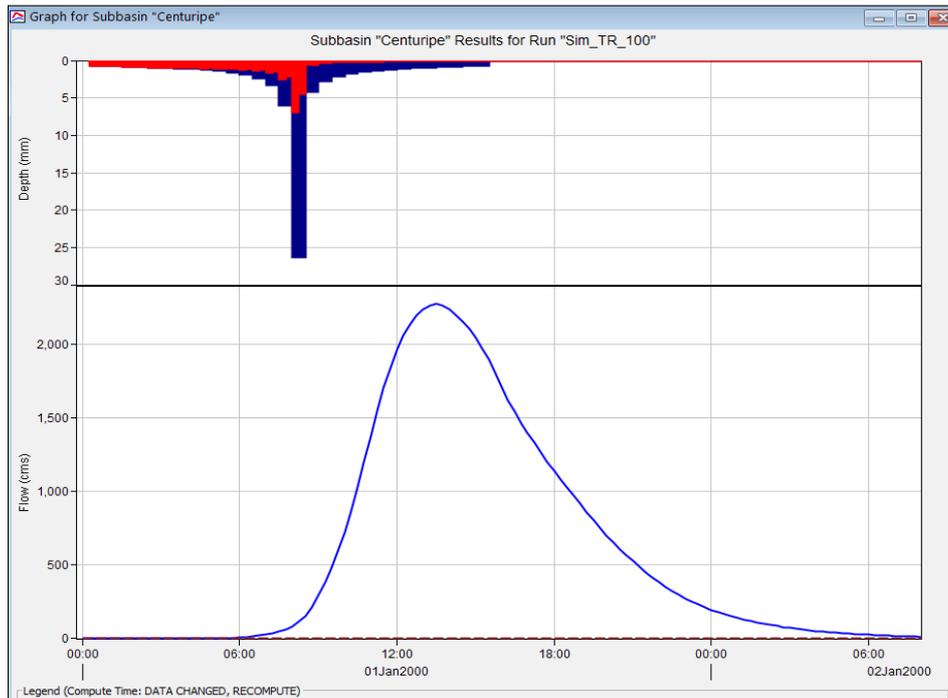


Figura 18: Idrogramma di piena per T 100 anni

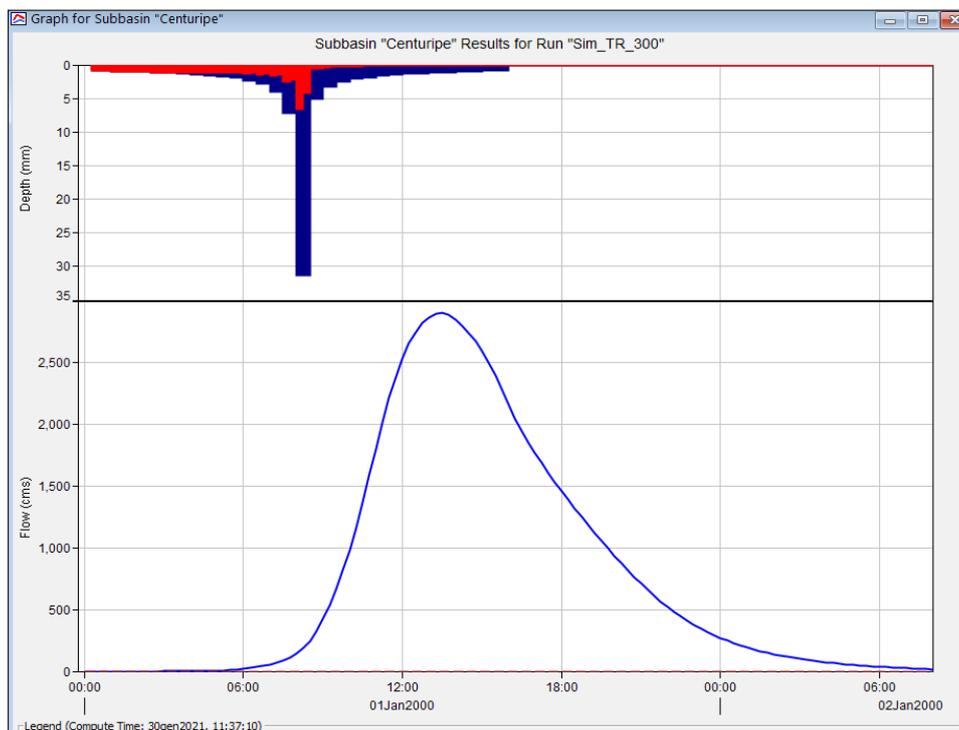


Figura 19: Idrogramma di piena per T 300 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico, denominato "Impianto Agrovoltaico Centuripe Piana di Mazza", per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 40MWp sito nel Comune di Centuripe in località "Piana di Mazza" e delle relative opere connesse ed infrastrutture nei comuni di Adrano (CT) e Biancavilla (CT) necessarie per la connessione alla RTN.