

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte"  
con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"  
LOTTO 1 - Dallo svincolo n. 1 sulla S.S. 115 (compreso) allo svincolo n. 3 sulla S.P. 5 (escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA895**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco Leonardi

Ordine dei Geologi della Regione Lazio n° 1541

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Ambrogio Signorelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° A35111

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglioni

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlacchini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**IDROLOGIA E IDRAULICA**

**Relazione Idrologica**

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L O 4 0 8 Z

E

2 1 0 1

NOME FILE

T01ID00IDRRE01C

CODICE ELAB.

T 0 1 I D 0 0 I D R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

C

D

C

B

A

REV.

REVISIONE A SEGUITO DI RAPPORTO DI VERIFICA

REVISIONE A SEGUITO OSSERVAZIONI AdB REGIONE SICILIA

EMISSIONE

DESCRIZIONE

NOVEMBRE 2021

SETTEMBRE 2021

GIUGNO 2021

DATA

A. Signorelli

A. Signorelli

A. Signorelli

REDATTO

G. Guiducci

G. Guiducci

G. Guiducci

VERIFICATO

A. Granieri

N. Granieri

N. Granieri

APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....</b>	<b>4</b>
2.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN RELAZIONE ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	4
2.2	CARATTERISTICHE GENERALI DEI BACINI INTERESSATI DAL TRACCIATO .....	4
2.2.1	Bacino del Fiume Acate (o Dirillo).....	4
<b>3</b>	<b>PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA .....</b>	<b>14</b>
4.1	PREMESSA .....	14
4.2	PROCEDURA VA.PI.....	15
4.2.1	Metodologia di calcolo .....	15
4.2.2	Stima delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora.....	19
4.3	PROCEDURA P.A.I. REGIONE SICILIA.....	21
4.3.1	Metodologia di calcolo .....	21
4.3.2	Stima delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora.....	26
4.4	ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI .....	28
4.4.1	Analisi delle precipitazioni .....	30
4.4.2	Definizione delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora.....	32
4.5	SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI PROGETTO .....	33
4.5.1	Reticolo idrografico.....	35
4.5.2	Sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante .....	36
<b>5</b>	<b>STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO .....</b>	<b>38</b>
5.1	PREMESSA .....	38
5.2	METODO RAZIONALE.....	38
5.2.1	Metodologia di calcolo .....	38

---

**RELAZIONE IDROLOGICA**

5.2.2 Parametri morfologici .....	39
5.2.3 Tempo di corrivazione .....	40
5.2.4 Altezza di pioggia e coefficiente di riduzione areale .....	42
5.2.5 Coefficiente di deflusso .....	44
5.2.6 Risultati delle elaborazioni.....	51
<b>5.3 PROCEDURA VA.PI.....</b>	<b>52</b>
5.3.1 Metodologia di calcolo .....	52
5.3.2 Risultati delle elaborazioni.....	53
<b>5.4 DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO .....</b>	<b>53</b>

## 1 PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di fornire l'inquadramento idrologico del territorio interessato dal Lotto 1 del progetto Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 di "Chiaromonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della "Ragusana", nonché di definire le caratteristiche del reticolo idrografico interferito dalle opere in studio.

In particolare lo studio è finalizzato alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante differenti metodologie ed alla stima delle portate al colmo di eventi di piena, in corrispondenza delle sezioni di attraversamento ed in generale, di interferenza con il reticolo idrografico, tramite le quali si dimensioneranno e verificheranno:

- sia le opere di risoluzione delle interferenze del reticolo idraulico naturale esistente con il tracciato di progetto;
- sia gli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio stradale, interna ed esterna.

## 2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

### 2.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN RELAZIONE ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Nell'ambito del Collegamento stradale tra la S.S. n.514 Chiramonte e la S.S. n. 514 Ragusana, il Lotto 1 oggetto del presente studio, risulta interferito, nel suo sviluppo verso nord a partire dallo svincolo con la S.S. 115, da una serie di corsi d'acqua con bacini idrografici di piccola estensione a carattere prevalentemente torrentizio.

Il principale bacino idrografico interessato dall'infrastruttura in studio è quello del fiume Acate (o Dirillo). Si riportano di seguito in formato tabellare i principali corpi idrici interferiti

Corso d'acqua	Progressiva di attraversamento
	(km)
Vallone delle Coste	4+500
Cava San Marco	7+157
Fosso Contrada Cassarella	10+650
Fosso Contrada Coffa	10+853
Torrente Para	1+390
Torrente Sugarello	4+762
Torrente Sperlinga	5+304

### 2.2 CARATTERISTICHE GENERALI DEI BACINI INTERESSATI DAL TRACCIATO

#### 2.2.1 Bacino del Fiume Acate (o Dirillo)

Il fiume Acate-Dirillo, la cui lunghezza dell'asta principale è di 54 Km, trae origine dalla confluenza di alcuni torrenti che incidono le loro vallate nel territorio immediatamente a Sud ed a Est di Vizzini (CT) ed è proprio a partire dalla confluenza dei fiumi di Vizzini e Amerillo che il corso d'acqua prende il nome di Dirillo e lo conserva fino alla foce, con un'asta principale orientata all'incirca Nord Est – Sud Ovest.

Durante il suo corso il fiume Acate-Dirillo non riceve affluenti di un certo rilievo fino alla contrada Mazzarronello (appartenente al comune di Chiaromonte Gulfi), ove riceve il fiume Para. Alcuni chilometri più a valle riceve il torrente Terrana, affluente di destra.

Il primo raccoglie le acque dei torrenti Sperlinga e Scirò, che incidono il territorio che si trova a Nord-Est e ad Ovest dell'abitato di Chiaromonte Gulfi; il secondo raccoglie, invece, le acque della porzione occidentale del bacino, a Sud della displuviale passante tra Caltagirone e Grammichele e precisamente dei valloni di Granirei, Cugnalongo e grotta dei Panni (che insieme formano il torrente Ficuzza), del torrente S. Basilio e di suoi affluenti minori.

I corsi d'acqua citati presentano tutti un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi di magra molto modesti o esigui per il corso principale o addirittura nulli per gli altri.

Ad essi si aggiunge una rete idrografica minore data da torrenti e fossi che si articolano con un pattern di tipo dendritico.

A Sud dell'abitato di Licodia Eubea (CT), lungo l'asta principale del fiume Dirillo, è stato realizzato, mediante uno sbarramento murario alto circa 60 metri ed ubicato 500 m a monte del ponte Ragoleti, l'invaso artificiale della Diga Ragoleti che, raccogliendo i deflussi del bacino, consente l'accumulo di risorse idriche, utilizzate per scopi industriali prevalentemente dall'AGIP Petroli – Raffineria di Gela e, secondariamente, utilizzate per scopi irrigui. Svolge inoltre, la funzione di laminare le piene, a salvaguardia del territorio sotteso al bacino.

Una seconda opera idraulica per l'uso delle risorse idriche è costituita dalla traversa di derivazione delle acque dal Torrente Mazzarronello (o Para), utilizzate a scopo irriguo, in località Mulino Paratore (Consorzio di Bonifica dell'Acate). L'acqua viene accumulata in una vasca di compensazione della capacità di circa 500.000 m<sup>3</sup>.

La zona prefociale del bacino dell'Acate-Dirillo è caratterizzata principalmente dalla presenza di due corsi d'acqua, entrambi parzialmente canalizzati: il Torrente Ficuzza ad Ovest ed il Fiume Acate-Dirillo ad Est, che confluiscono, dando luogo ad un unico corpo idrico di modesta entità, a circa 2 km dal loro sbocco a mare.

### 3 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico dell'area interessata dall'infrastruttura in progetto è regolamentato dal "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (di seguito P.A.I.), redatto dall'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente della Sicilia 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.

Esso 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.

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

- 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;
- 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;
- 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 riferimento territoriale del P.A.I. è la Regione Sicilia che costituisce un unico bacino di rilievo regionale. La Sicilia, estesa complessivamente 25.707 kmq, è stata suddivisa in 102 bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle isole minori. Per ogni bacino idrografico è stato realizzato un piano stralcio. I piani sono pubblicati singolarmente, nel caso dei bacini idrografici di maggiore estensione e le isole minori, o raggruppando i bacini idrografici meno estesi e le aree territoriali intermedie.

Nell'ambito delle attività svolte per la redazione del P.A.I., lo studio idraulico è stato finalizzato sia alla valutazione delle capacità di convogliamento dei diversi tratti d'alveo nelle loro condizioni attuali, sia all'individuazione dell'estensione delle aree di allagamento, nei tratti soggetti ad esondazione.

Necessaria è stata la costruzione di un quadro conoscitivo di base dell'ambiente fisico oggetto di studio; pertanto, oltre alla definizione del reticolo idrografico, dei limiti del bacino principale e dei sottobacini, è stata effettuata una prima caratterizzazione delle aste fluviali. Parallelamente a tale attività, sono stati acquisiti tutti gli elementi conoscitivi utili all'individuazione delle aree potenzialmente inondabili attraverso informazioni storiche e analisi di tipo territoriale.

Si è proceduto, così, allo studio idrologico dei vari bacini e sono state stimate le massime portate relative alle sezioni di interesse del corso d'acqua (in dipendenza delle aree potenzialmente inondabili prima individuate) e la probabilità associata che tali portate vengano raggiunte o superate.

Nella fase successiva, attraverso lo studio idraulico, sono state determinate, in ogni sezione scelta, i livelli idrici associati agli eventi di piena precedentemente definiti e, conseguentemente, sono state perimetrate le aree inondabili.

**RELAZIONE IDROLOGICA**

Infine, sono stati valutati la pericolosità ed il rischio. Si sottolinea che, nella metodologia adottata per determinare il rischio per inondazione, poiché la valutazione quantitativa del danno richiede, oltre ad una conoscenza dettagliata degli elementi esposti al rischio sul territorio, anche la stima della vulnerabilità, valutabile tramite analisi territoriali, sociali ed economiche da svolgersi ad un livello di dettaglio che trascende le scale proprie della pianificazione di bacino, nell'ambito del P.A.I. il rischio è stato valutato considerando soltanto due fattori. In particolare si è tenuto conto del valore degli elementi a rischio presenti nell'area in esame (E) e della pericolosità idraulica (P).

$$R = P \times E$$

Classe di pericolosità	
P4	Aree a pericolosità molto elevata
P3	Aree a pericolosità elevata
P2	Aree a pericolosità moderata
P1	Aree a pericolosità bassa

Classi di pericolosità idraulica

Classe	Descrizione
<b>E1</b>	Case sparse - Impianti sportivi e ricreativi - Cimiteri - Insediamenti agricoli a bassa tecnologia - Insediamenti zootecnici.
<b>E2</b>	Reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza e/o a servizio di ambiti territoriali ristretti (acquedotti, fognature, reti elettriche, telefoniche, depuratori, ...) - Viabilità secondaria (strade provinciali e comunali che non rappresentino vie di fuga) - Insediamenti agricoli ad alta tecnologia - Aree naturali protette, aree sottoposte a vincolo ai sensi del D. L.vo 490/99.
<b>E3</b>	Nuclei abitati - Ferrovie - Viabilità primaria e vie di fuga - Aree di protezione civile (attesa, ricovero e ammassamento) - Reti e infrastrutture tecnologiche di primaria importanza (reti elettriche e gasdotti) - Beni culturali, architettonici e archeologici sottoposti a vincolo - Insediamenti industriali e artigianali - Impianti D.P.R. 175/88.
<b>E4</b>	Centri abitati - Edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.).

Elementi a rischio

**RELAZIONE IDROLOGICA**

<b>R1</b>	<b>RISCHIO MODERATO:</b> per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.
<b>R2</b>	<b>RISCHIO MEDIO:</b> per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
<b>R3</b>	<b>RISCHIO ELEVATO:</b> per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
<b>R4</b>	<b>RISCHIO MOLTO ELEVATO:</b> per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

Classi di rischio

Gli studi suddetti, condotti per i tempi di ritorno  $T = 50, 100$  e  $300$  anni, si possono pertanto articolare nelle seguenti fasi fondamentali:

- individuazione e caratterizzazione dell'ambiente fisico oggetto di studio;
- analisi storico-inventariale (raccolta dati) e analisi territoriale;
- studio idrologico;
- studio idraulico;
- perimetrazione delle aree a diversa pericolosità di inondazione e valutazione del rischio idraulico.

La stima della pericolosità costituisce il presupposto essenziale per la valutazione del rischio sul territorio. Essa è stata valutata in maniera differente a seconda delle informazioni disponibili e dell'affidabilità della ricostruzione delle aree inondabili.

Nel caso in cui la scala della cartografia disponibile e le connesse sezioni trasversali della valle fluviale non consentissero di ottenere un'affidabile distribuzione spaziale delle altezze idriche all'interno dell'area inondata (ottenuta peraltro utilizzando modelli monodimensionali, oppure bidimensionali semplificati), si è fatto riferimento ad una metodologia, cosiddetta "semplificata", che valuta la pericolosità soltanto in funzione del tempo di ritorno.

<b>T</b>	<b>P</b>
<b>50</b>	P3
<b>100</b>	P2
<b>300</b>	P1

Calcolo della pericolosità idraulica secondo la metodologia semplificata

Le classi di rischio sono dunque determinate dalla sovrapposizione della carta della pericolosità con gli elementi a rischio risultanti dalle informazioni derivate dalla CTR in scala 1:10.000 e dalle ortofotocarte

**RELAZIONE IDROLOGICA**

alla medesima scala. Mediante l'incrocio del dato relativo all'elemento con quello della classe di pericolosità, si può pertanto risalire agevolmente al grado di rischio.

Rischio	E1	E2	E3	E4
P1	R1	R1	R2	R3
P2	R1	R2	R3	R4
P3	R2	R2	R4	R4

Valutazione del rischio idraulico secondo la metodologia semplificata.

Nel caso in cui, invece, i risultati della modellazione idraulica fossero supportati da elementi conoscitivi di dettaglio (cartografia 1:2000 e/o sezioni trasversali rilevate in loco), atti a consentire una notevole affidabilità relativa al calcolo della distribuzione spaziale delle grandezze idrauliche (ottenute tramite l'uso di modelli mono/bidimensionali o quasi-bidimensionali), si è fatto ricorso ad una metodologia "completa" che valuta la pericolosità incrociando le informazioni relative al tempo di ritorno con quelle relative alla distribuzione spaziale delle altezze idriche.

Battente Idraulico	Tempo di Ritorno		
	50	100	300
H<0.3 m	P1	P1	P1
0.3<H<1 m	P2	P2	P2
1<H<2 m	P4	P3	P2
H>2 m	P4	P4	P3

Calcolo della pericolosità idraulica secondo la metodologia completa

Rischio	E1	E2	E3	E4
P1	R1	R1	R2	R2
P2	R1	R2	R3	R3
P3	R2	R2	R3	R4
P4	R2	R3	R4	R4

Valutazione del rischio idraulico secondo la metodologia completa.

I piani di riferimento per il tracciato in progetto sono relativi a:

- Bacino Idrografico del Fiume Ippari (080) ed aree comprese tra il bacino del F. Acate –Dirillo (079) e il bacino del F. Irminio (081) – Giugno 2004;
- Bacino Idrografico Acate Dirillo (078) – Giugno 2004;



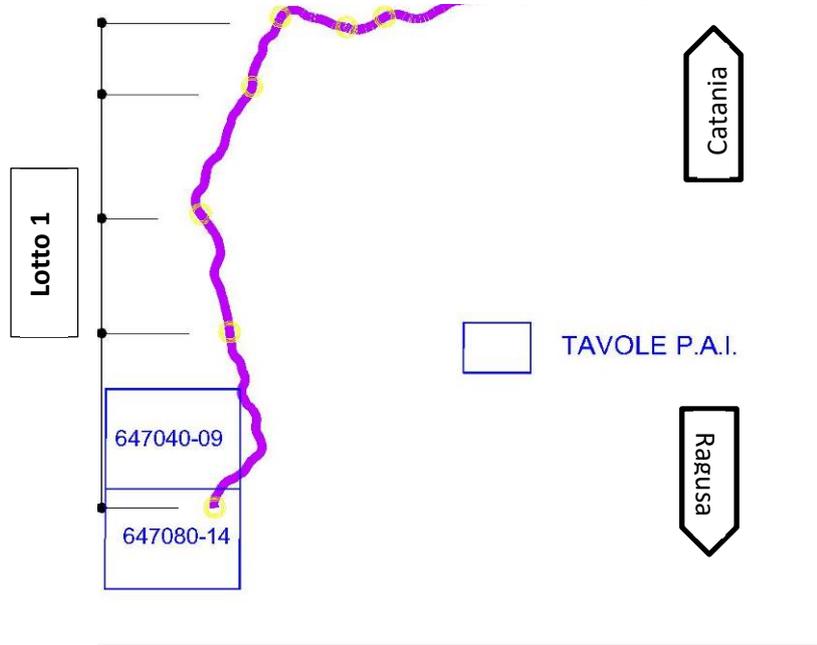
P.A.I. Sicilia – bacini idrografici di interesse per l'infrastruttura in progetto

In particolare, il tracciato è ricompreso nelle seguenti cartografie di pericolosità e rischio idraulico alla scala 1:10.000.

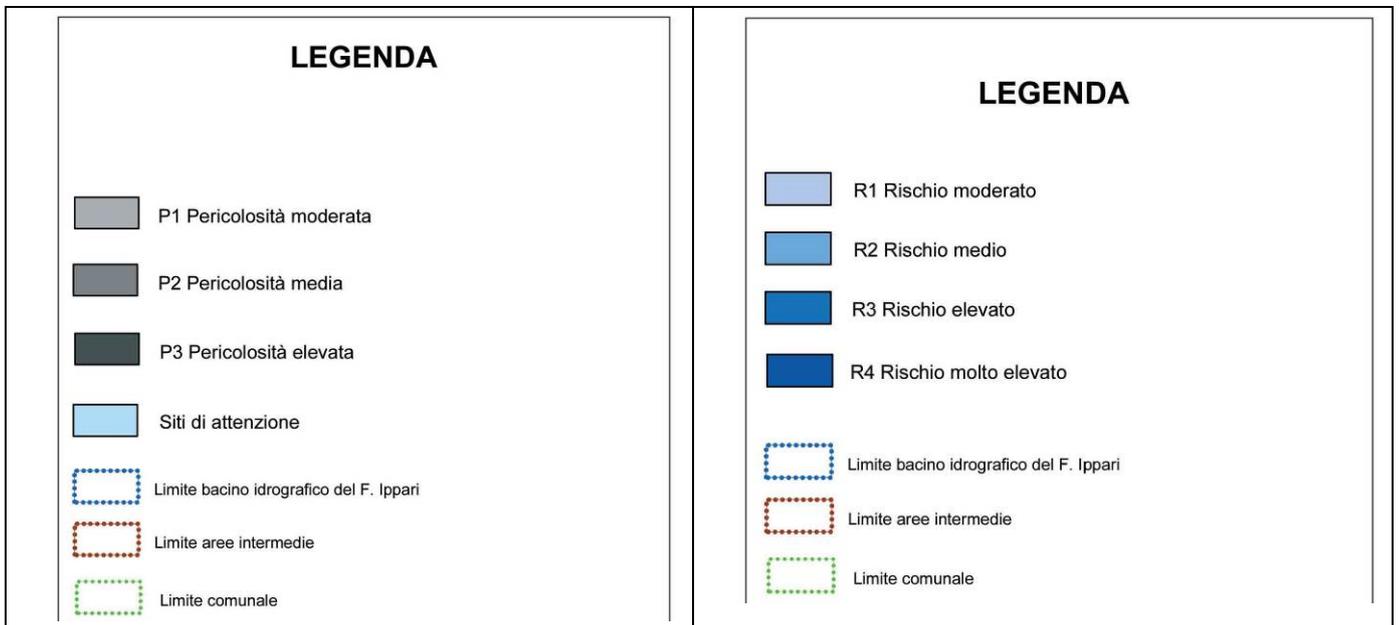
- Bacino idrografico del Fiume Ippari (080) ed aree comprese tra il bacino del F. Acate-Dirillo (079) e il bacino del F. Irmino (081):
  - IP\_P-IDR\_647040-09 – Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n°09;
  - IP\_R-IDR\_647040-09 – Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione n°09;
  - IP\_P-IDR\_647080-14 – Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n°14;
  - IP\_R-IDR\_647080-14 – Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione n°14;

**RELAZIONE IDROLOGICA**

Si riportano di seguito le suddette carte in cui è stato sovrapposto il tracciato in progetto; è evidente come l'infrastruttura non interessi né aree a pericolosità idraulica né a rischio.

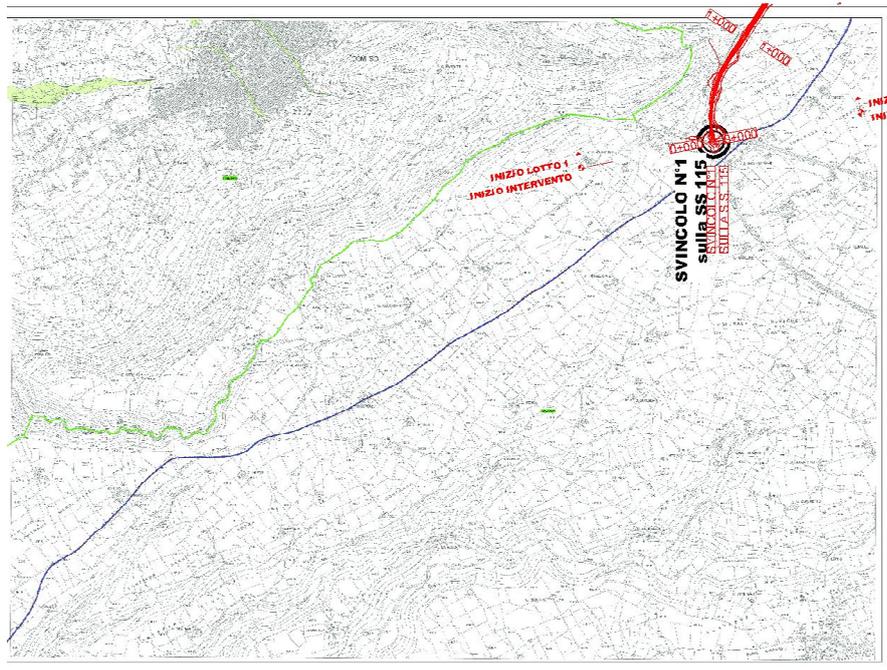


key-plan "Carte della pericolosità e del rischio idraulico – P.A.I." con sovrapposizione del tracciato in progetto

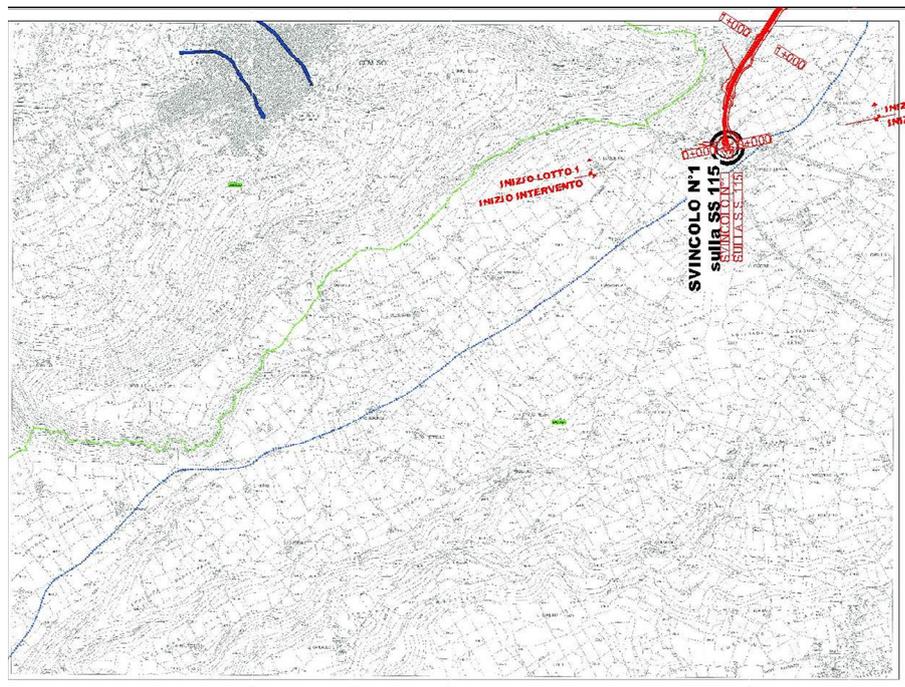


Legende "Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione" e "Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione" - Bacino idrografico del Fiume Ippari (080) ed aree comprese tra il bacino del F.Acate-Dirillo (079) e il bacino del F. Irmino (081)

**RELAZIONE IDROLOGICA**



IP\_P-IDR\_647080-14 – Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n°14 con sovrapposizione del tracciato in progetto



IP\_R-IDR\_647080-14 – Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione n°14 con sovrapposizione del tracciato in progetto

**RELAZIONE IDROLOGICA**

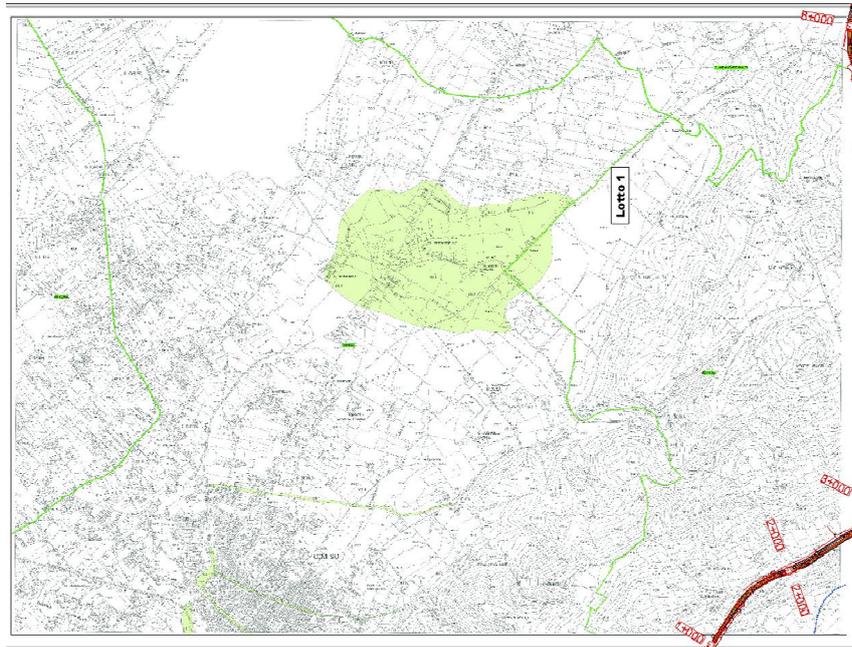


Figura 3.1: IP\_P-IDR\_647040-09 – Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n°09” con sovrapposizione del tracciato in progetto

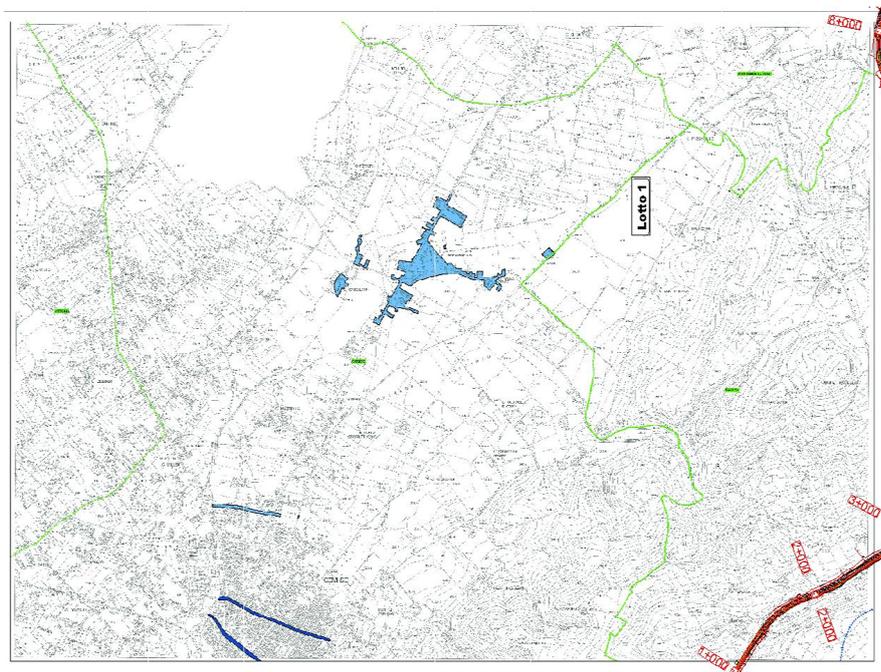


Figura 3.2: IP\_R-IDR\_647040-09 – Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione n°09 con sovrapposizione del tracciato in progetto

## 4 STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

### 4.1 PREMESSA

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) relative al territorio di interesse per l'infrastruttura in progetto è eseguita attraverso tre distinte procedure:

- la prima è derivata dal progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia, sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche; esso ha per obiettivo la regionalizzazione delle piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei. In particolare è stato preso a riferimento lo studio condotto nella Regione Sicilia (Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V. "Valutazione delle piene in Sicilia" CNR-GNDICI, Palermo, 1993);
- la seconda è stata sviluppata dall'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente della Sicilia nell'ambito della redazione del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico delle Regione Siciliana" (2004);
- Analisi statistica tramite il modello probabilistico di Gumbel dei dati osservati ai pluviografi dagli Annali Idrologici forniti dall'Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia la cui area di influenza interessa il tracciato di progetto

Nei successivi paragrafi sono riportati gli elementi utili alla definizione delle curve di possibilità climatica secondo ciascuno dei metodi adottati, i quali utilizzano relazioni monomie a due parametri del tipo:

$$h = a d^n$$

con  $h$  = altezza di precipitazione;  
 $d$  = durata;  
 $a, n$  = parametri caratteristici della curva.

Tali relazioni presentano l'inconveniente di fornire valori di intensità di pioggia tendenti all'infinito per le basse durate. A questa incongruenza si è ovviato considerando per  $a$  valori diversi per i vari campi di applicazione: un valore per l'intervallo 1-24 ore e un altro, maggiore, per durate inferiori all'ora.

Nella stima delle portate utili alle verifiche di compatibilità idraulica ed al dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante, a favore di sicurezza, è stata assunta quale curva di caso critico di progetto quella derivante dall'applicazione di ciascuna metodologia a cui corrispondono le maggiori altezze di pioggia.

## 4.2 PROCEDURA VA.PI.

### 4.2.1 Metodologia di calcolo

In base alla procedura VA.PI., il "processo" dei massimi annuali delle piogge giornaliere (valore cumulato di precipitazione tra le ore 9 antimeridiane del giorno di registrazione e la stessa ora del giorno precedente) e delle piogge di breve durata e forte intensità è schematizzato con il modello probabilistico TCEV (Two-Component Extreme Value). Tale modello ipotizza che i massimi annuali provengano da una miscela di due popolazioni di eventi: una per così dire "ordinaria" (in seguito indicata con il pedice b) e l'altra "straordinaria", rappresentata dai valori campionari più elevati (in seguito indicata col pedice s). Questa ipotesi si basa sul fatto che nelle serie storiche dei massimi annuali delle piogge esistono valori nettamente superiori agli altri (outliers), tali da non sembrare appartenenti alla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La TCEV si rappresenta con una funzione di probabilità cumulata del tipo:

$$P(h_d) = e^{-e^{-\alpha_{b,d}(h_d - \varepsilon_{b,d})} - e^{-\alpha_{s,d}(h_d - \varepsilon_{s,d})}}$$

equivalendo formalmente al prodotto di due funzioni di distribuzione cumulata di Gumbel.

La funzione di probabilità cumulata è esprimibile in un'altra forma effettuando la seguente trasformazione di variabili:

$$\alpha_{b,d} = \frac{1}{\Theta_{b,d}} \quad \alpha_{s,d} = \frac{1}{\Theta_{s,d}} \quad \varepsilon_{b,d} = \Theta_{b,d} \ln \Lambda_b \quad \varepsilon_{s,d} = \Theta_{s,d} \ln \Lambda_s$$

e:

$$\Theta^* = \frac{\Theta_{s,d}}{\Theta_{b,d}} \quad \Lambda^* = \frac{\Lambda_s}{\Lambda_b^{1/\Theta^*}}$$

In questo caso, in modo del tutto equivalente, l'espressione precedente si scrive:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta_{b,d}}\right)} - \Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta^* \Theta_{b,d}}\right)}}$$

e i quattro parametri che caratterizzano il modello diventano  $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$ .

Si può dimostrare che:

- il coefficiente di asimmetria  $\xi(h_d)$  dipende soltanto dai parametri  $\Theta^* e \Lambda^*$ ;
- il coefficiente di variazione  $\gamma(h_d)$  dipende dai parametri  $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*$ ;
- la media dipende da tutti e quattro i parametri  $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$ :

$$\mu_{h_d} = \left[ \ln \Lambda_b + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \cdot \Theta_{b,d} = \beta \cdot \Theta_{b,d}$$

Grazie a tale formulazione della media, la distribuzione di probabilità può essere espressa come segue:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{-\beta \left( \frac{h_d}{\mu_{h_d}} \right)}} e^{-\Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left( \frac{\beta}{\Theta^*} \frac{h_d}{\mu_{h_d}} \right)}}$$

Introducendo il coefficiente di crescita:

$$K = \frac{h_d}{\mu_{h_d}}$$

si ottiene

$$P(K) = e^{-\Lambda_b e^{-\beta K}} e^{-\Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left( \frac{\beta}{\Theta^*} K \right)}}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita  $K(T)$  della variabile  $h_d$ , dove  $T$  è il tempo di ritorno di  $h_d$ :

$$T = \frac{1}{1 - P(K)}$$

Da quanto detto precedentemente, i parametri della TCEV sono quattro ( $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$ ) per cui è elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche in genere disponibili la cui dimensione campionaria è spesso limitata.

Per ridurre l'incertezza si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La procedura VA.PI. considera tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al 1° livello, regioni omogenee rispetto ai due parametri di forma  $\Lambda^*, \Theta^*$ , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di asimmetria  $\xi(h_d)$ ;
- al 2° livello, zone omogenee anche rispetto al parametro di scala  $\Lambda_b$  (e quindi a  $\xi$  e a  $K(T)$ ), da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione  $\gamma(h_d)$ ;
- al 3° livello, sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro  $\Theta_{b,d}$ , e quindi della media  $\mu_{h_d}$ , da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti). Tra queste viene normalmente scelta la quota geodetica  $H$  facendo ricorso a relazioni del tipo:

$$\ln \mu_{h_d} = aH + b \quad H_1 \leq H \leq H_2$$

con  $H_1, H_2$  i limiti di quota entro i quali ricade il campo di validità.

Nello studio preso a riferimento, al 1° livello di regionalizzazione, è stata identificata una dipendenza unica per tutta la regione dei parametri di forma  $\Lambda^*, \Theta^*$  dalla durata  $d$ :

$$\Theta^*(d) = 1,95 + 0,0284 d$$

**RELAZIONE IDROLOGICA**

$$\Lambda^*(d) = 0,175d^{0,301}$$

Al 2° livello, è stata effettuata una suddivisione dell'isola in 3 sottozone omogenee, in cui il parametro di scala  $\Lambda_b$  varia con la durata  $d$  secondo le seguenti espressioni:

SZO A:  $\Lambda_b = 14,55d^{0,2419}$

SZO B:  $\Lambda_b = 12,40d^{0,1802}$

SZO C:  $\Lambda_b = 11,96d^{0,0960}$

La curva di crescita  $K_T(d)$ , valida per  $T \geq 10$  anni, assume la seguente espressione approssimata:

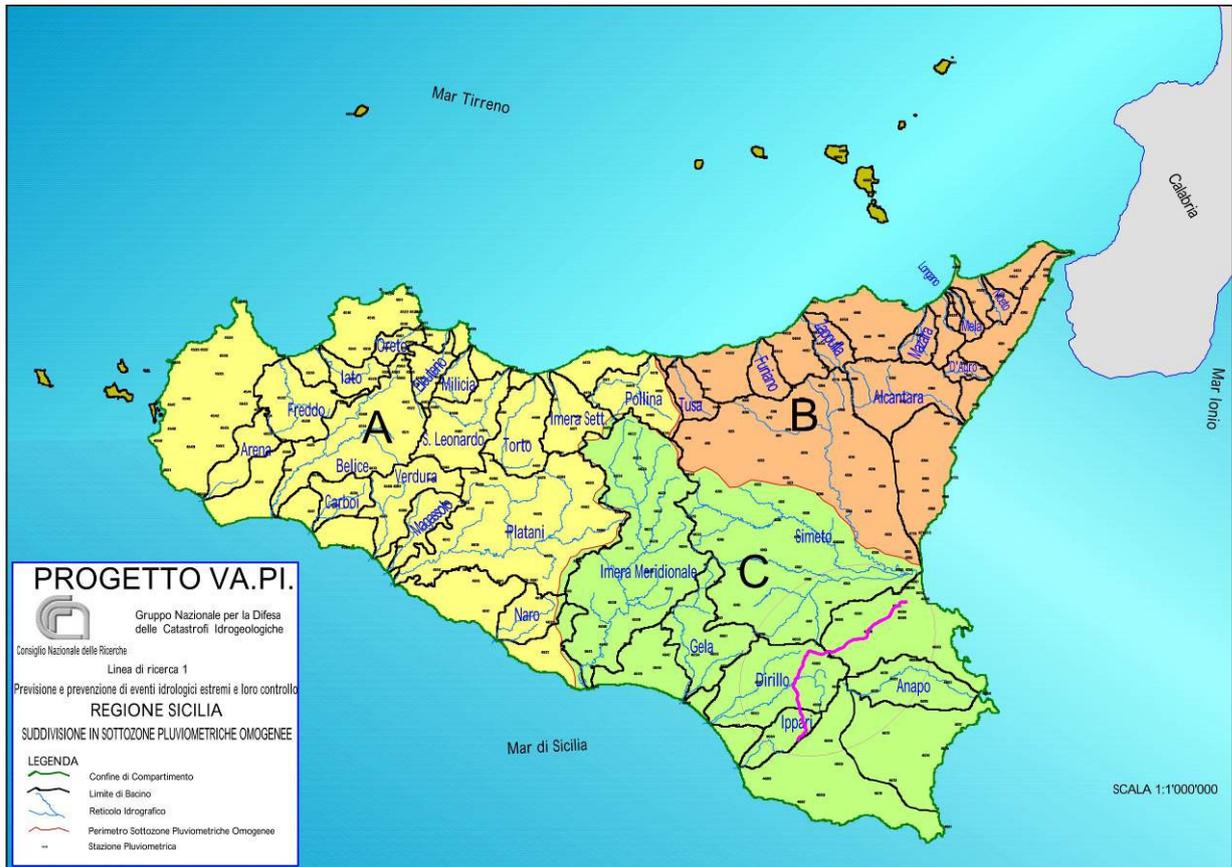
SZO A:  $K_T(d) = 0,5391 - 0,001635d + (0,0002212d^2 + 0,00117d + 0,9966) \log T$

SZO B:  $K_T(d) = 0,5135 - 0,002264d + (0,0001980d^2 + 0,00329d + 1,0508) \log T$

SZO C:  $K_T(d) = 0,5015 - 0,003516d + (0,0003720d^2 + 0,00102d + 1,0101) \log T$

Come evidente dalla figura sottostante, l'infrastruttura in progetto ricade all'interno della SZO C.

Figura 4.1: progetto VA.PI. - 2° livello di regionalizzazione - suddivisione in sottozone omogenee (in magenta è evidenziata l'infrastruttura in progetto)



Al 3° livello di regionalizzazione, per il calcolo della precipitazione indice  $\mu_{h_d}$  sono state definite le seguenti relazioni, distinte per durate di pioggia superiori o inferiori ad 1 ora:

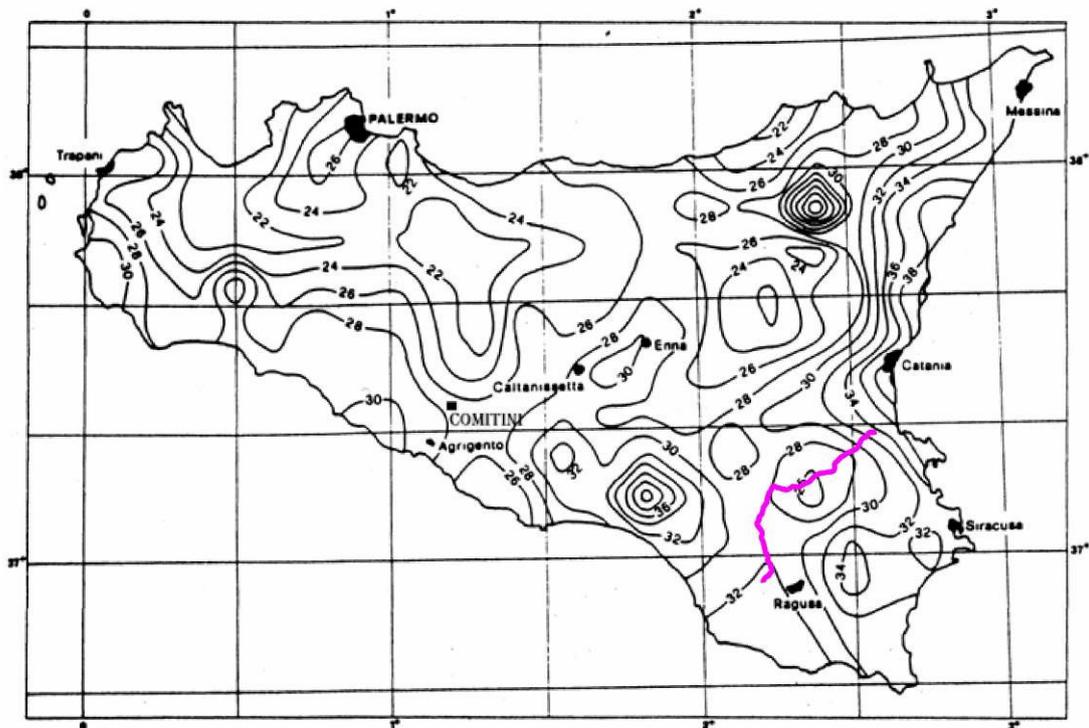
- per  $d \geq 1$  ora  $\mu_{h_d} = \mu_{h_1} \cdot d^n$  in cui  $d$  è espressa in ore

I parametri  $a$  ed  $n$  sono stati valutati nelle 155 stazioni di misura pluviografiche mediante regressione ai minimi quadrati in campo logaritmico. Per la loro stima sono fornite delle mappe isoparametriche (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e Progetto VA.PI. – 3° livello di regionalizzazione – mappe isoparametriche " $\mu_{h1}$ " (in magenta è evidenziata l'infrastruttura in progetto)

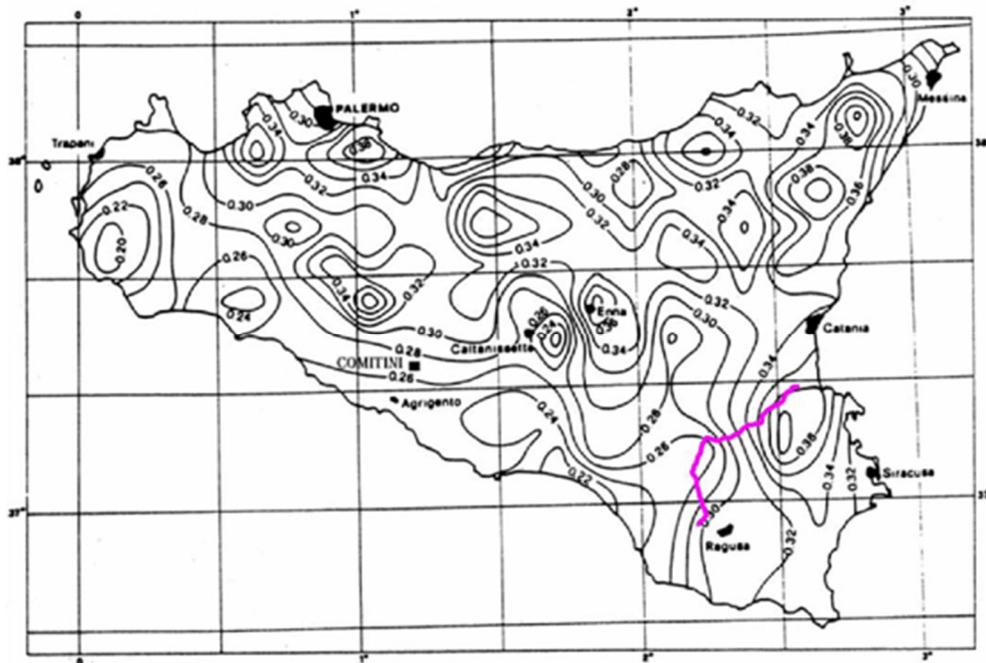
)

- per  $d < 1$  ora  $\mu_{hd} = 0,208\mu_h \cdot d^{0,386}$  in cui  $d$  è espressa in minuti

Tale espressione è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità, che costituiscono un complesso di 191 stazioni con 354 dati.



Progetto VA.PI. – 3° livello di regionalizzazione – mappe isoparametriche " $\mu_{h1}$ " (in magenta è evidenziata l'infrastruttura in progetto)



Progetto VA.PI. – 3° livello di regionalizzazione – mappe isoparametriche "n" (in magenta è evidenziata l'infrastruttura in progetto)

Il calcolo delle altezze di pioggia viene effettuato, dunque, mediante la relazione:

$$h(T,d) = K_T(d) \cdot \mu_{h_d}$$

#### 4.2.2 Stima delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora

Per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante, in ragione dei modesti tempi di corrivazione (sempre inferiori ad 1 ora) risultano di interesse le curve di possibilità pluviometrica relative a brevi durate ( $d < 1$  ora).

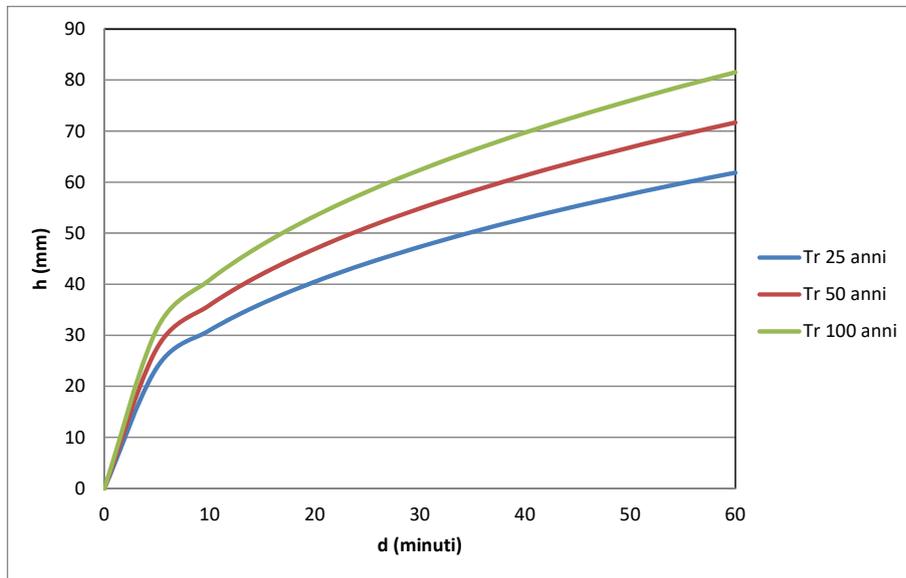
RELAZIONE IDROLOGICA

Per tale motivo è stato discretizzato il tracciato in 2 tratti all'interno delle quali non si presentano significative variazioni del parametro " $\mu_{h1}$ "; il valore di n risulta costante per l'intero tracciato e pari a 0.386. Il fattore di crescita K(T,d) è stato assunto costante rispetto alla durata d, considerando, in sicurezza, il valore corrispondente a d=10 minuti.

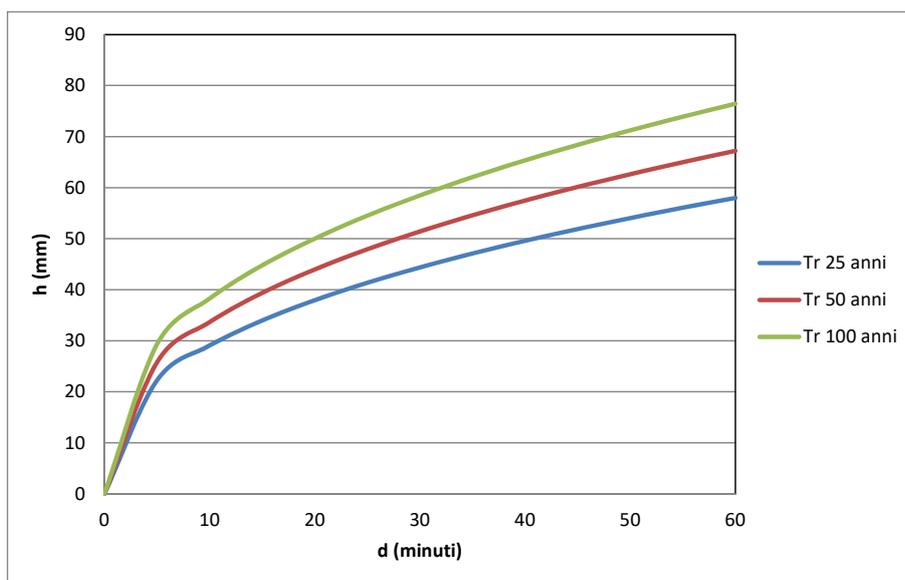
Per ciascuna tratta sono state definite le curve di possibilità pluviometrica corrispondenti a tempo di ritorno pari a 25, 50 e 100 anni.

Tratto	Progr. Iniz.	Progr. Fin.	$\mu_{h1}$	K(25)	K(50)	K(100)	a(25)	a(50)	a(100)	n (d ≤ 1 ora)
	(km)	(km)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	L.1 - 0+000	L.1 - 7+600	32	1,913	2,217	2,521	61,22	70,96	80,69	0,386
2	L.1 - 7+600	Fine Lotto 1	30	1,913	2,217	2,521	57,40	66,52	75,64	0,386

Metodologia VA.PI. – curve di possibilità pluviometrica per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante



Tratto 1– curve di possibilità pluviometrica per Tr = 25, 50, 100 anni



Tratto 2 – curve di possibilità pluviometrica per Tr = 25, 50, 100 anni

### 4.3 PROCEDURA P.A.I. REGIONE SICILIA

#### 4.3.1 Metodologia di calcolo

Nell'ambito dell'analisi idraulica per la valutazione del rischio per inondazione, l'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente della Sicilia ha condotto uno studio idrologico sull'intera regione definendo una metodologia di calcolo delle curve di possibilità pluviometrica (si veda il capitolo 7 della "Relazione generale" del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico delle Regione Siciliana").

Per la loro costruzione, si è fatto riferimento alle stazioni pluviografiche ricadenti nel territorio regionale siciliano ed aventi almeno dieci anni di funzionamento anche non consecutivo.

Per ciascuna di queste stazioni si è proceduto alla raccolta delle altezze di pioggia massime annuali per assegnate durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore dalla parte I degli Annali del Servizio Idrografico della Regione Siciliana relativi al periodo 1929-1998. Per ciascuna stazione e per ogni durata si è provveduto al calcolo della media e dello scarto quadratico medio. Inoltre, sempre per ogni stazione, si è calcolato il valore dei coefficienti  $\mu_{h1}$  ed n della relazione:

$$\mu_{h_d} = \mu_{h_1} \cdot d^n$$

dove  $\mu_{h_d}$  è la media della precipitazione osservata per una durata di d ore. Infine si è anche calcolato il coefficiente di variazione rappresentativo della stazione (CVS), nell'ipotesi di invarianza di scala delle distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia relative alle diverse durate utilizzando la seguente formula:

$$CVS = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{tot}} \frac{1}{N_{tot}-1} (1-w_i)^2}$$

dove  $N_{tot}$  è pari al prodotto della numerosità campionaria per il numero di durate osservate (di solito pari a 5) e  $w_i$  è l'altezza di pioggia adimensionalizzata rispetto alla media della durata corrispondente.

L'ipotesi di invarianza di scala per le precipitazioni estreme esprime il concetto che le distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia di due diverse durate coincidono a meno di un fattore di scala pari al rapporto tra le due durate elevato ad  $n$ . Studi condotti da Supino e da Rosso e Burlando hanno dimostrato, sulla base della verifica condotta su una lunga serie di eventi storici, che i nubifragi sono caratterizzati da questa proprietà, che risulta sostanzialmente ancora verificata qualora si prendano in esame i casi critici, vale a dire i massimi relativi delle osservazioni sperimentali di pioggia ottenuti da eventi anche diversi.

Per la determinazione delle CPP si è utilizzata la legge di distribuzione di probabilità del massimo valore EV1, meglio nota come legge di Gumbel. Nell'ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale, le CPP, espresse attraverso la legge di Gumbel, si possono scrivere nella seguente forma:

$$h_{d,T} = K_T \mu_{h_1} \cdot d^n$$

in cui  $h_{d,T}$  è l'altezza di pioggia di durata  $d$  e tempo di ritorno  $T$ , mentre  $K_T$  è il coefficiente di scala, detto coefficiente di crescita, che dipende dal tempo di ritorno  $T$  e dal coefficiente di variazione della stazione CVS attraverso la seguente relazione:

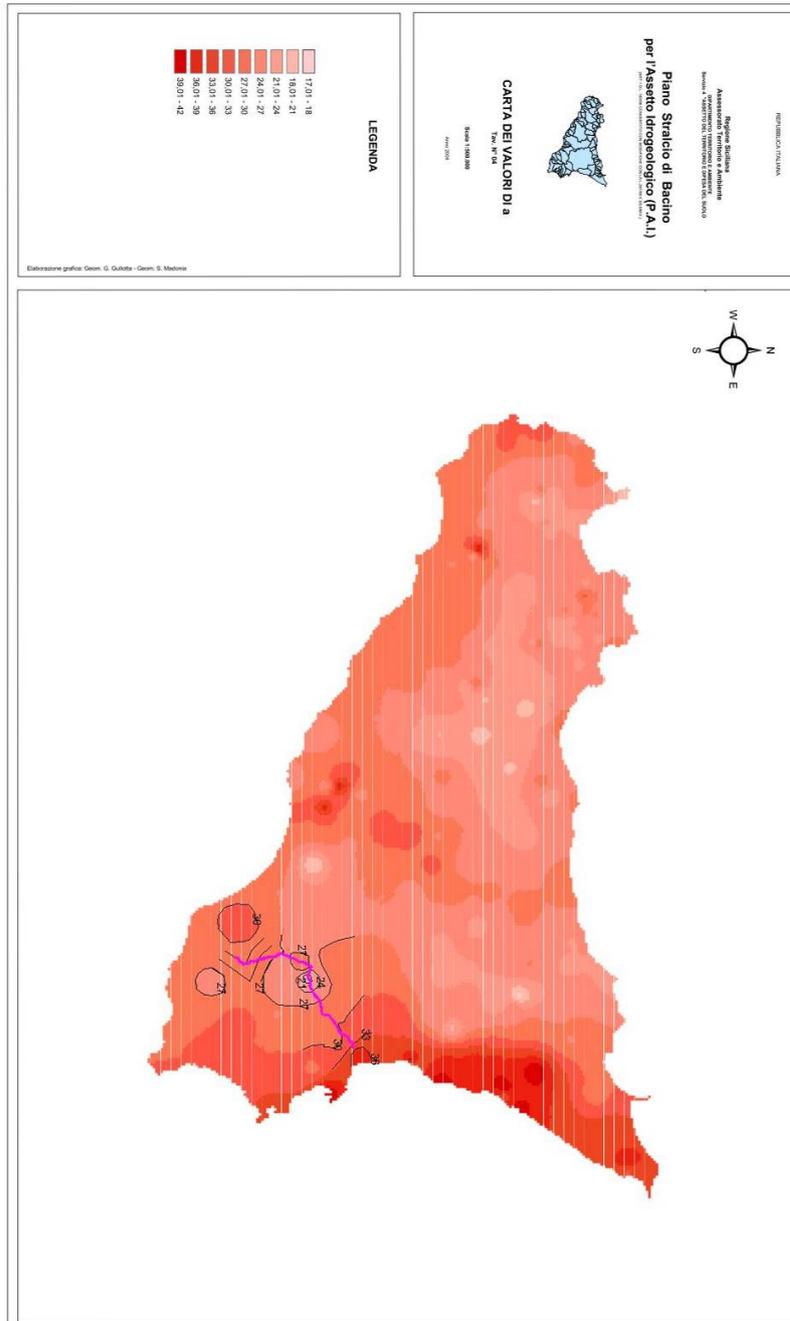
$$K_T = 1 - CVS \left\{ 0.450 + 0.779 \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

I valori di  $\mu_{h_1}$ ,  $n$  e CV sopra riportati sono stati interpolati tramite kriging su tutto il territorio regionale creando delle carte dei valori di  $\mu_{h_1}$ ,  $n$  e CV (vedi figure seguenti).

Poiché, come detto, la metodologia di calcolo messa a punto nel P.A.I trae origine da dati di altezze di pioggia di durata non inferiori ad 1 ora, non risulta corretto estrapolare le curve di possibilità pluviometrica sopra definite per durate brevi. In analogia a quanto previsto dalla metodologia VA.PI., dunque, sarà utilizzata la seguente espressione per il calcolo delle piogge di durata inferiore ad 1 ora

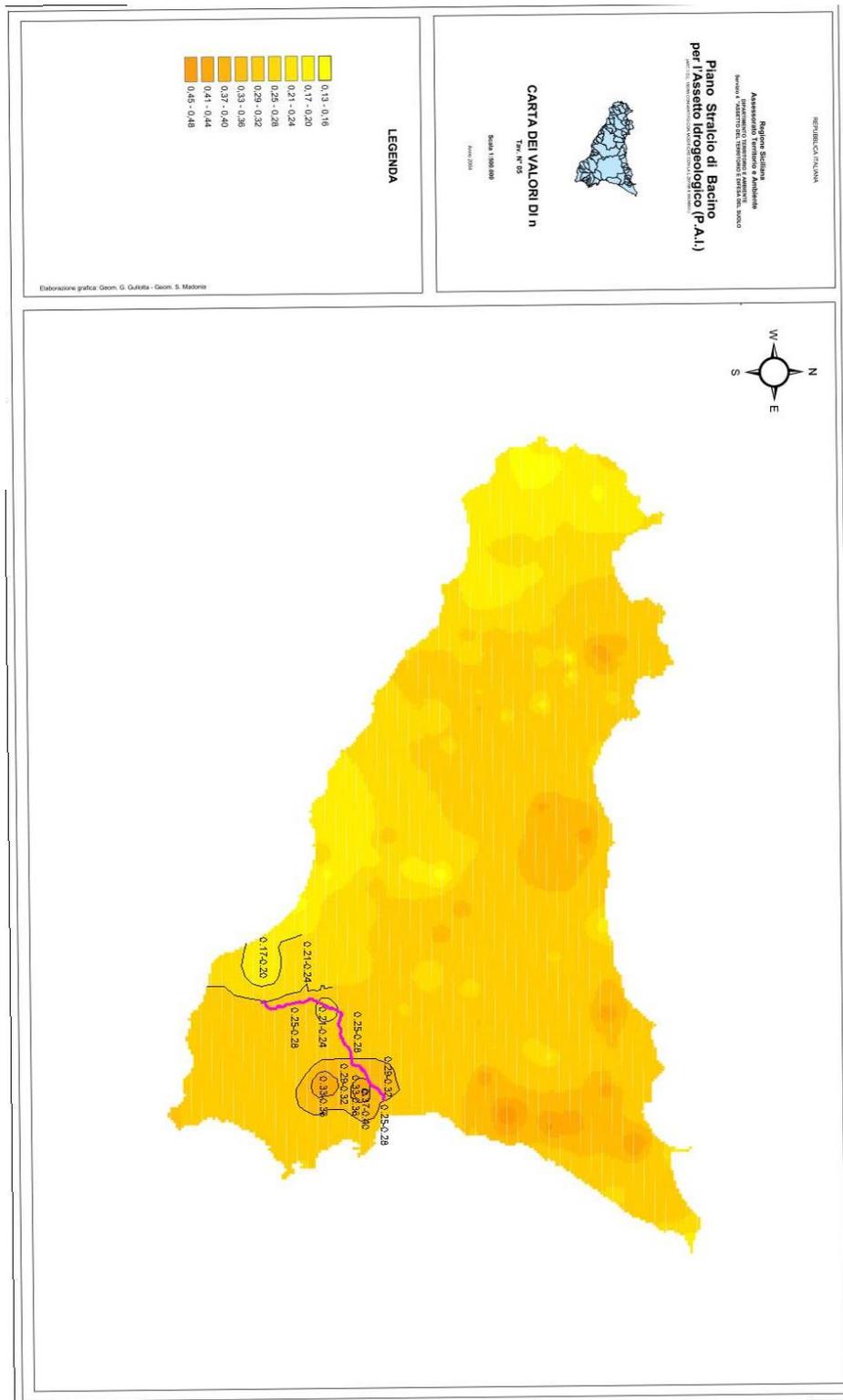
$$h_{d,T} = K_T 0,208 \mu_{h_1} \cdot d^{0,386} \text{ in cui } d \text{ è espressa in minuti}$$

**RELAZIONE IDROLOGICA**



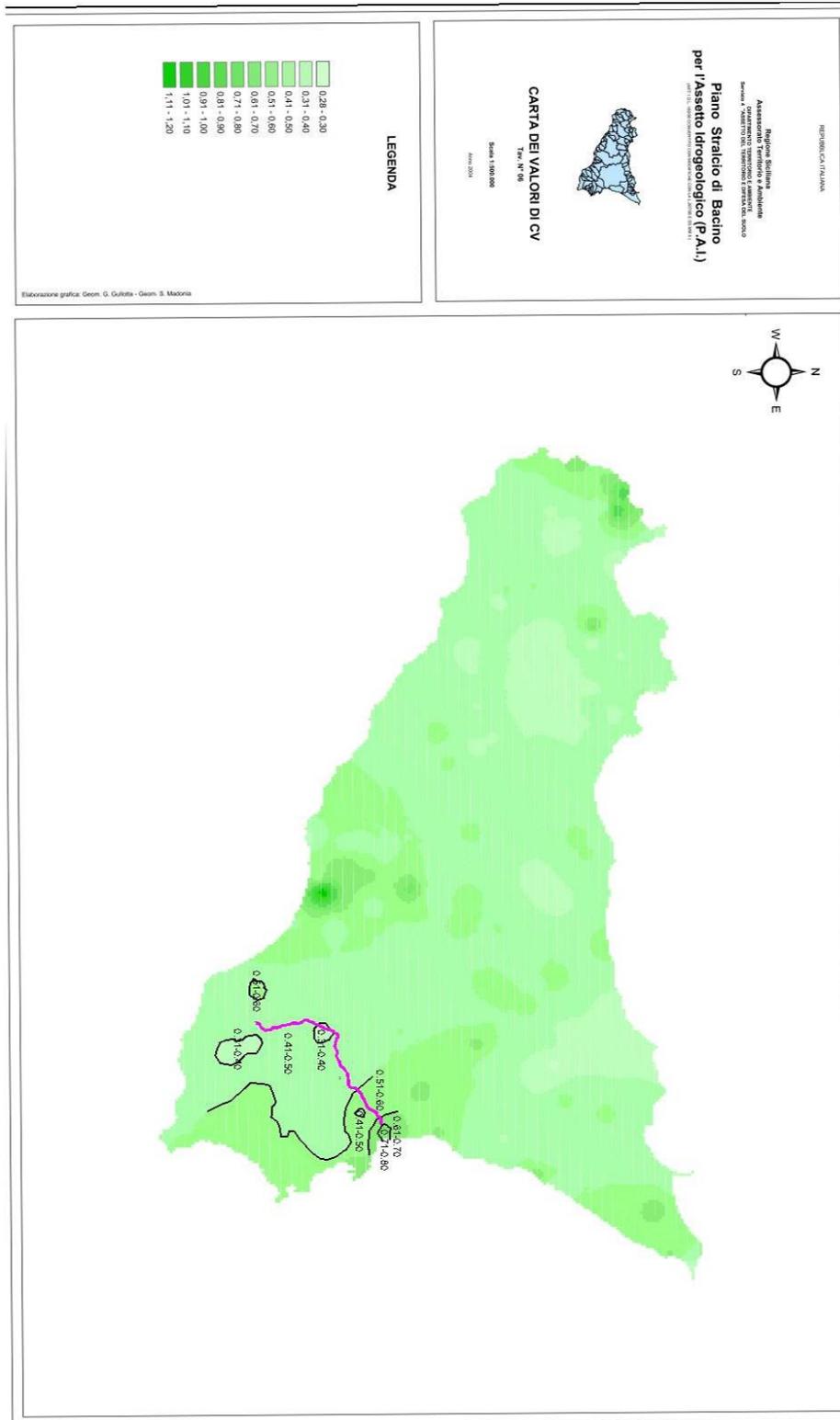
PAI Sicilia – “Carta dei valori di  $\mu_{h1}$ ” con sovrapposizione del tracciato in progetto

**RELAZIONE IDROLOGICA**



PAI Sicilia – “Carta dei valori di n” con sovrapposizione del tracciato in progetto

**RELAZIONE IDROLOGICA**



PAI Sicilia – “Carta dei valori del CV” con sovrapposizione del tracciato in progetto

#### 4.3.2 Stima delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora

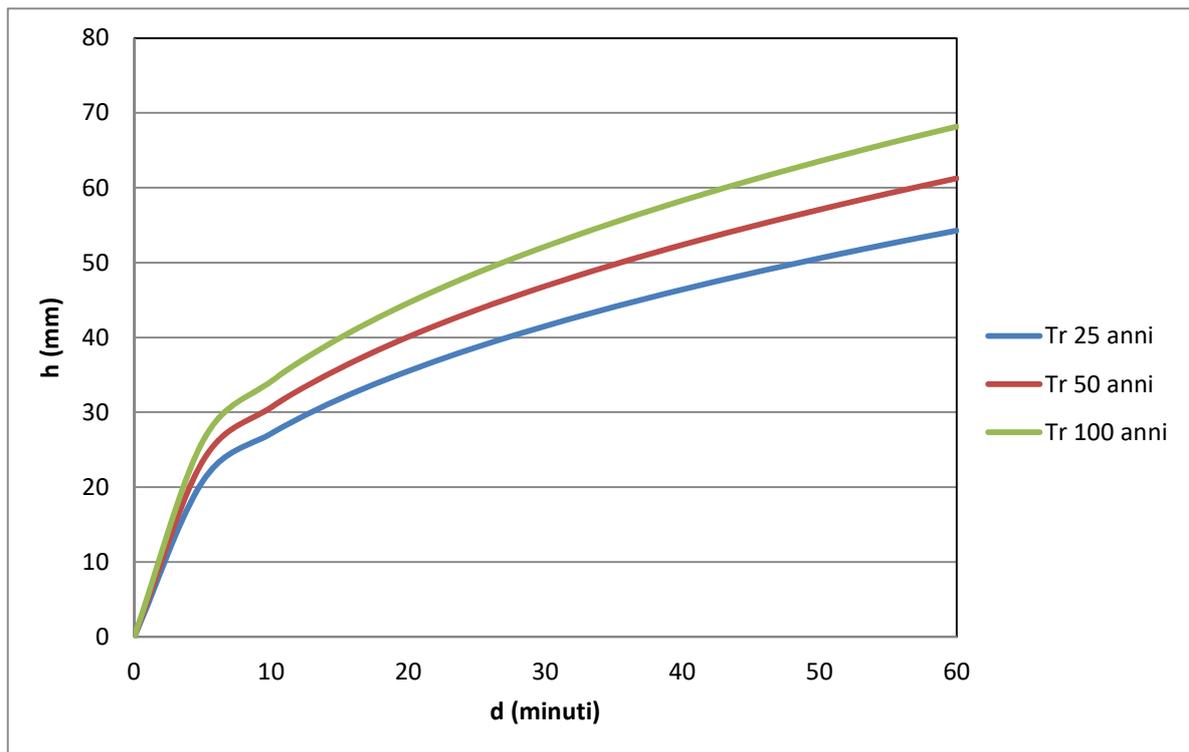
Per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante, in ragione dei modesti tempi di corrivazione (sempre inferiori ad 1 ora) risultano di interesse le curve di possibilità pluviometrica relative a brevi durate ( $d < 1$  ora).

Per tale motivo è stato discretizzato il tracciato del lotto 1 in 2 tratti all'interno delle quali non si presentano significative variazioni dei parametri " $\mu_{h1}$ " e " $CV$ "; il valore di  $n$  risulta costante per l'intero tracciato e pari a 0,386.

Per ciascuna tratta sono state definite le curve di possibilità pluviometrica corrispondenti a tempo di ritorno pari a 25, 50 e 100 anni.

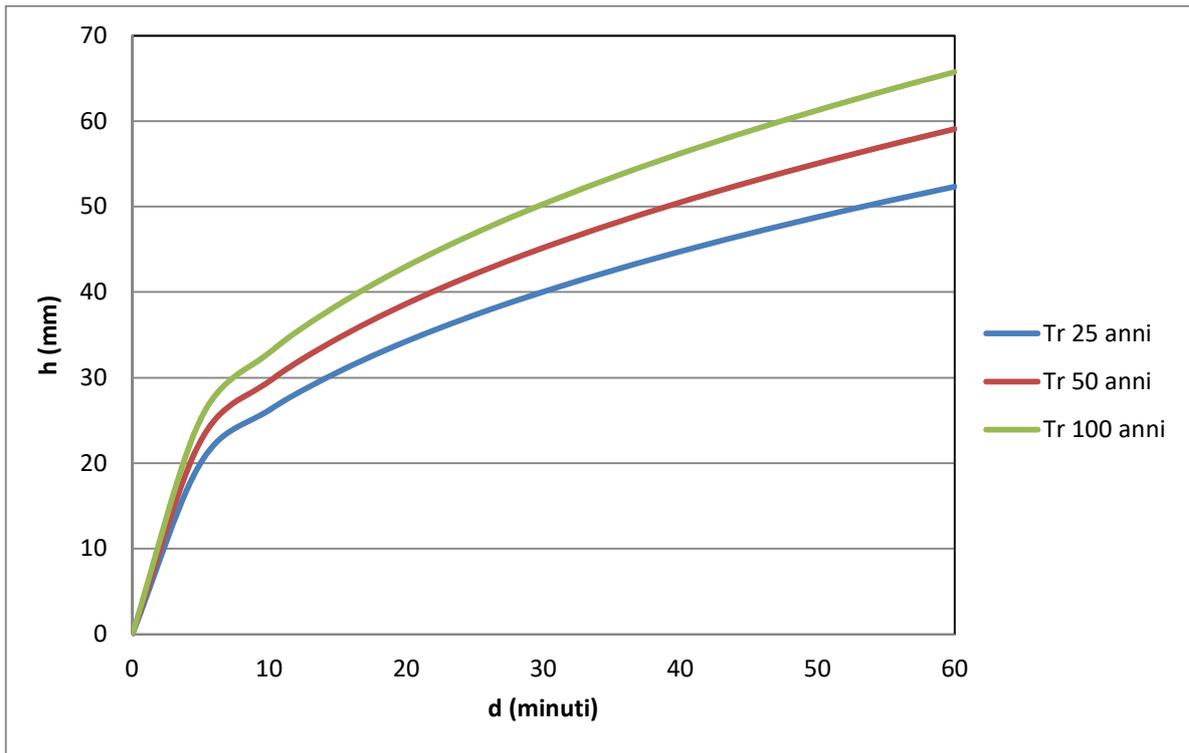
Tratto	Progr. Iniz.	Progr. Fin.	$\mu_{h1}$	CV	K(25)	K(50)	K(100)	a(25)	a(50)	a(100)	$n$ ( $d \leq 1$ ora)
	(km)	(km)	(mm)		(-)	(-)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	L.1 - 0+000	L.1 - 10+500	28	0,45	1,919	2,165	2,410	53,72	60,63	67,48	0,386
2	L.1 - 10+500	Fine Lotto 1	27	0,45	1,919	2,165	2,410	51,81	58,46	65,07	0,386

Metodologia P.A.I. – curve di possibilità pluviometrica per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante



Tratto 1 – curve di possibilità pluviometrica per Tr = 25, 50, 100 anni

**RELAZIONE IDROLOGICA**



Tratto 2 – curve di possibilità pluviometrica per Tr = 25, 50, 100 anni

#### 4.4 ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI

Le curve di caso critico, pur fornendo alcune informazioni sul carattere degli eventi pluviometrici, non danno modo di marcare in forma esplicita ogni evento registrato con il valore della sua frequenza probabile: cioè non consentono di valutare quale sia la ricorrenza media del suo verificarsi. L'analisi statistica degli eventi osservati consente invece di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione e di associare ad ogni evento un tempo di ritorno  $T_r$ , inteso come periodo, espresso in anni, nel quale mediamente l'evento viene eguagliato o superato. Il metodo utilizzato per l'analisi statistica dei dati di pluviometrici è il cosiddetto metodo di Gumbel.

Il metodo di Gumbel, prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta

$$y = \alpha(x - u)$$

Si ha la forma canonica

$$F = e^{-e(y)}$$

I parametri  $\alpha$  e  $u$  sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione. Per una durata di precipitazione si ordinano le  $N$  altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 a  $N$ . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento calcolata con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N + i}$$

Al denominatore si ha  $N+1$  in luogo di  $N$  per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè:

$$F(h_i) \cong F_i$$

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e(y)}$$

e

$$F_i = \frac{i}{N + i}$$

$$y_i = -\ln [-\ln(1/N+1)]$$

Con questa assunzione la variabile ridotta dipende solamente da  $h$  con la relazione lineare:

$$y = \alpha(h - u)$$

La stima dei parametri  $\alpha$  e  $u$  si ottiene applicando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria della distribuzione della popolazione.

Si ottengono quindi per  $\alpha$  e  $u$  le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_u}$$

$$u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Introducendo il concetto di Tempo di Ritorno  $T_r$  cioè il tempo che mediamente trascorre tra l'accadimento di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T(h) = \frac{1}{1-F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(x-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[ -\ln \left( \frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

Grazie all'espressione del metodo di Gumbel è stata ricavata un'espressione analitica della funzione che fornisce il valore di  $h$  in funzione di  $T_r$  per una prefissata precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che per un dato tempo di ritorno fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo si assegna alla funzione  $h(T_r, \tau)$  la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a (T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica.

L'intensità di pioggia è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$i(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \cdot \tau^{n-1}$$

I parametri  $a$  e  $n$  sono elaborati statisticamente al fine di trovare una funzione di distribuzione di probabilità in grado di associare un parametro  $a(T_r)$  al tempo di ritorno.

Il metodo utilizzato per la regolarizzazione statistica dei dati raccolti può essere riassunto nei seguenti passi:

a) ordinamento delle altezze di pioggia, corrispondenti a ciascuna durata, in senso decrescente;

b) regolarizzazione delle curve così ottenute mediante il metodo dei minimi quadrati, assumendo una relazione tra altezza di pioggia  $h$  e durata della precipitazione  $t$  del tipo:

$$h = a t^n$$

In base a tale assunzione, la funzione da minimizzare  $\Psi$  è data da

$$\Psi = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\log h_{ij} - \log a_i - n \log t_j)^2 = \min$$

i pedici  $i$  e  $j$  identificano le grandezze relative al singolo caso critico ( $i = 1, \dots, N$ ) ed alla generica durata ( $j = 1, \dots, M$ ). Dalla risoluzione di questo problema di minimo si ottiene l'espressione necessaria alla definizione del parametro  $n$  e dei corrispondenti parametri  $a_i$ .

$$n = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\log t_j - \log \tau) \log h_{ij}}{N \sum_{j=1}^M (\log t_j - \log \tau)^2}$$

dove  $\log \tau$  è il valor medio delle grandezze  $\log t_j$

$$\log a_i = \log H_i - n \log \tau$$

dove  $\log H_i$  è il valor medio delle grandezze  $\log h_{ij}$ , relative all'ordine  $i$ .

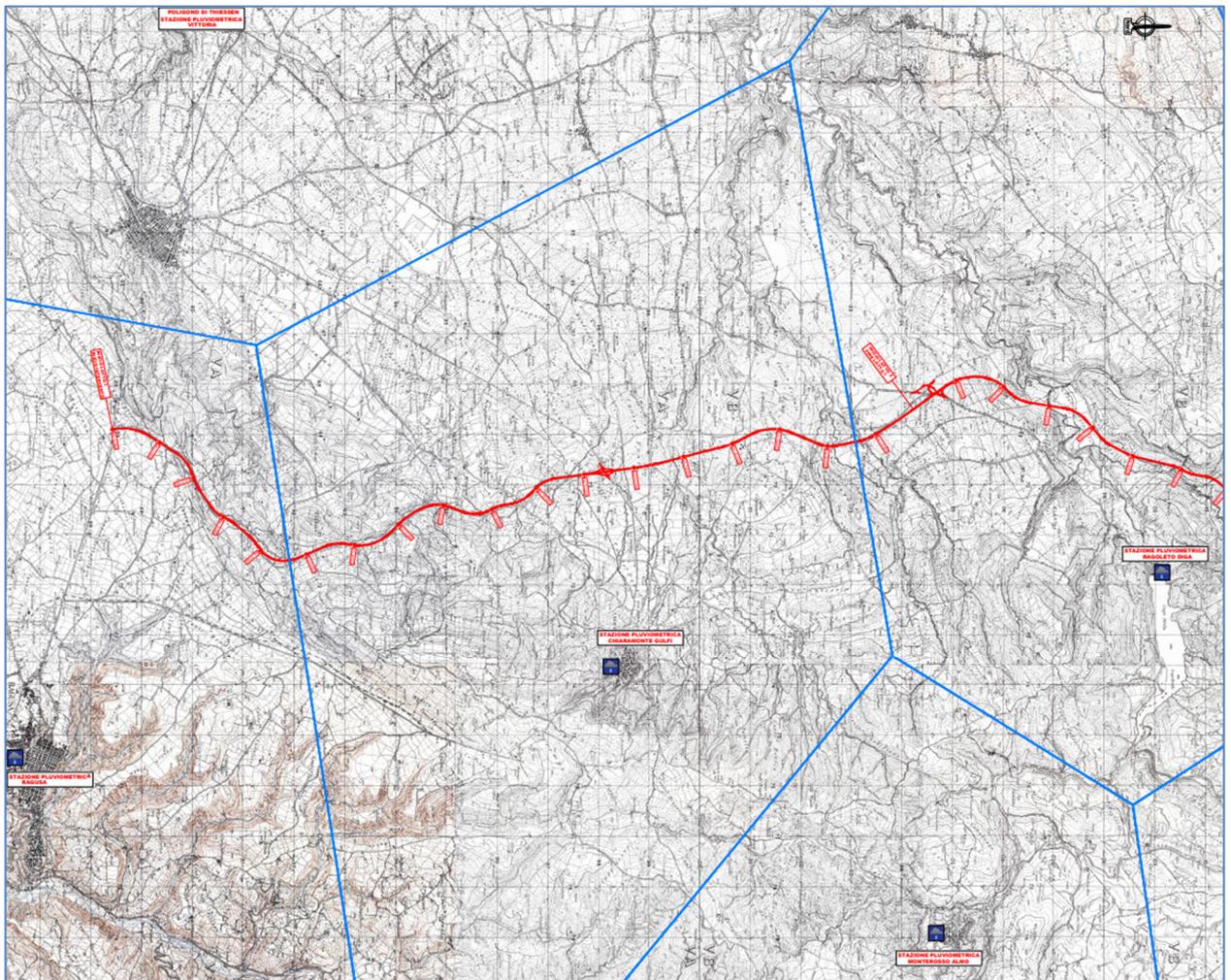
#### 4.4.1 Analisi delle precipitazioni

Per sviluppare l'analisi statistica sopra descritta sono stati considerati i dati di pioggia registrati nelle stazioni pluviometriche più vicine al tratto stradale di progetto. Le stazioni più vicine all'area di interesse vengono riportate di seguito in forma tabellare,

Stazione pluviometrica	X	Y	Altitudine (m s.l.m.)	Numero osservazioni	Periodo osservazioni (anni)
RAGUSA	2495775	4086251	515	68	1931-2015
CHIARAMONTE DIGA	2493592	4104490	672	37	1974-2015
MONTEROSSO ALMO	2498875	4104490	658	40	1958-2002
RAGOLETO DIGA	2491730	408942	691	34	1977-2015

Si è quindi, proceduto a ripartire il territorio ed in particolare il Lotto 1 in studio, in aree di competenza relative alle stazioni vicine. Per questo scopo, è stato utilizzato il metodo geometrico dei reticoli di Thiessen. Con questo approccio si definisce il punto di mezzo dei segmenti che collegano una stazione con quella contigua e da questo punto si traccia la normale fino ad incontrare la normale relativa ad un'altra congiungente. L'area così delimitata è associata agli eventi che si sono verificati nella stazione posta all'interno del poligono. I dati idrologici disponibili per l'analisi pluviometrica sono quelli degli Annali Idrologici forniti dall'Autorità di Bacino della Regione Sicilia.

I dati di interesse sono i valori storici del massimo annuo giornaliero della pioggia per le durate di precipitazione di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Si riportano di seguito sotto forma tabellare i parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica stimate puntualmente in corrispondenza delle stazioni di riferimento Ragusa, Chiaromonte Gulfi, Monterosso Almo e Ragoletto Diga per diversi tempi di ritorno.



Stralcio asse di progetto lotto 1 con poligoni di Thiessen e stazioni pluviometriche

**RAGUSA**

$T_R$ (anni)	25	50	100	200	300	500
a	49.64	57.51	63.41	69.26	72.68	77.05
n	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284

**CHIARAMONTE GULFI**

$T_R$ (anni)	25	50	100	200	300	500
a	54.63	60.88	67.06	73.32	77.07	81.54
n	0.311	0.311	0.311	0.311	0.311	0.311

**MONTEROSSO ALMO**

$T_R$ (anni)	25	50	100	200	300	500
a	47.92	53.76	59.60	65.30	68.60	72.89
n	0.318	0.318	0.318	0.318	0.318	0.318

**RAGOLETO DIGA**

$T_R$ (anni)	25	50	100	200	300	500
a	51.56	57.90	64.17	70.43	74.08	78.72
n	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260

**4.4.2 Definizione delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora**

Gli eventi di pioggia aventi durata inferiore all'ora vengono denominati eventi brevi; gli eventi brevi e quelli lunghi, precedentemente esposti, seguono differenti dinamiche meteorologiche e non possono essere trattati in egual modo. E' stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia h, con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia h di durata 60 minuti, a parità di tempo di ritorno T, è dipendente solo dalla durata t espressa in minuti:

$$\frac{h_{t.T}}{h_{60.T}} = f(t)$$

Avendo indicato con f un simbolo funzionale, studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale può essere espresso nella semplice forma:

$$\frac{h_{t.T}}{h_{60.T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^s$$

In cui  $t$  è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti,  $s$  è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame. Nel caso in oggetto, per la Sicilia il coefficiente assume il valore di 0.345 (Ferreri e Ferro, 1989). L'equazione precedente assume quindi la forma:

$$h_{t,T} = h_{60,T} \left( \frac{t}{60} \right)^{0.345}$$

Nel presente studio si assumono le piogge sub orarie relative ad un  $T_R$  venticinquennale per il dimensionamento e verifica degli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio stradale.

Si riportano di seguito per ogni stazione interessata dall'intervento infrastrutturale in progetto i valori stimati con la metodologia adottata:

Ragusa		Chiaromonte Gulfi		Monterosso Almo		Ragoletto Diga	
t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)
5	21.06	5	23.18	5	20.33	5	15.85
10	26.75	10	29.44	10	25.83	10	23.73
20	33.98	20	37.40	20	32.80	20	33.10
30	39.08	30	43.01	30	37.73	30	39.38
40	43.16	40	47.50	40	41.67	40	44.24
50	46.62	50	51.30	50	45.00	50	48.26
60	49.64	60	54.63	60	47.92	60	51.56

#### 4.5 SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI PROGETTO

Al fine di poter determinare quale procedura per la determinazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica da adottare nel presente studio, sono stati messi a confronto i risultati delle elaborazioni delle diverse metodologie di calcolo illustrate nei paragrafi precedenti:

1. Metodologia VAPI;
2. Metodologia PAI;
3. Applicazione del metodo di Gumbel ai dati ricavati dagli Annali Idrologici forniti dall'Autorità di Bacino della regione Sicilia.

Il metodo VAPI è stato sviluppato dal CNR, basandosi su un campione molto numeroso, quindi molto affidabile da un punto di vista statistico e idoneo per estrapolazioni probabilistiche. Tuttavia il campione di dati sulla quale si basa tale metodologia è aggiornato alla fine degli anni '90.

La metodologia proposta all'interno della relazione generale del PAI in cui per la stima delle CPP si fa riferimento alle stazioni pluviografiche ricadenti nel territorio regionale siciliano ed aventi almeno dieci anni di funzionamento anche non consecutivo. In questo caso il campione di dati per l'elaborazione

**RELAZIONE IDROLOGICA**

statistica è ricavato dalla parte I degli Annali del Servizio Idrografico della Regione Sicilia (Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi) relativi al periodo 1929-1998.

Per quello che concerne invece la determinazione delle CPP con l'applicazione del metodo di Gumbel si è potuto far affidamento su un numero di dati di pioggia registrati alle stazioni pluviometriche di Ragusa. Chiaromonte Gulfi. Monterosso Almo e Ragoletto diga. ricavati dagli annali idrologici forniti dall' AdB della regione Sicilia aggiornati sino al 2015.

Si mettono di seguito a confronto :

- le altezze di pioggia orarie relative a diversi tempi di ritorno calcolate mediante l'applicazione delle metodologie adottate e quelle sub orarie per un  $T_R$  venticinquennale adottato nel dimensionamento e verifica degli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio stradale. ricavate dall'applicazione delle metodologie precedentemente esposte:

Metodo		Tr (anni)	25	50	100	200	300	500	n (-)
VAPI		h (mm)	57.36	66.49	75.63	84.76	90.11	96.84	0.31
PAI		h (mm)	53.34	60.20	67.00	73.78	77.74	82.77	0.27
Metodo di Gumbel Annali Idrologici	Pluviometro Ragusa	h (mm)	49.64	57.51	63.41	69.26	72.68	72.68	0.284
Metodo		Tr (anni)	25	50	100	200	300	500	n (-)
VAPI		h (mm)	59.27	68.71	78.15	87.59	93.11	100.06	0.28
PAI		h (mm)	53.34	60.20	67.00	73.78	77.74	82.77	0.26
Metodo di Gumbel Annali Idrologici	Pluviometro Chiaromonte Gulfi	h (mm)	54.63	60.88	67.06	73.32	77.07	77.07	0.311
Metodo		Tr (anni)	25	50	100	200	300	500	n (-)
VAPI		h (mm)	54.49	63.17	71.85	80.52	85.60	91.99	0.29
PAI		h (mm)	53.34	60.20	67.00	73.78	77.74	82.77	0.26
Metodo di Gumbel Annali Idrologici	Pluviometro Monterosso Almo	h(mm)	47.92	53.76	59.60	65.30	68.60	68.60	0.318
Metodo		Tr (anni)	25	50	100	200	300	500	n (-)
VAPI		h (mm)	54.11	62.73	71.34	79.96	85.00	91.35	0.26
PAI		h (mm)	51.81	58.46	65.07	71.66	75.50	80.39	0.26
Metodo di Gumbel Annali Idrologici	Pluviometro Ragoletto Diga	h (mm)	51.56	57.90	64.17	70.43	74.08	74.08	0.26

- le altezze di pioggia quelle sub orarie ricavate dall'applicazione delle metodologie precedentemente esposte. per un  $T_R$  venticinquennale (valore adottato nel dimensionamento e verifica degli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio stradale).

RELAZIONE IDROLOGICA

Ragusa		Chiaromonte Gulfi					
Gumbel		VAPI - PAI		Gumbel		VAPI - PAI	
t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)
5	21.06	5	22.21	5	23.18	5	22.95
10	26.75	10	29.02	10	29.44	10	29.99
20	33.98	20	37.92	20	37.40	20	39.18
30	39.08	30	44.34	30	43.01	30	45.82
40	43.16	40	49.55	40	47.50	40	51.20
50	46.62	50	54.01	50	51.30	50	55.81
60	49.64	60	57.36	60	54.63	60	59.27

Monterosso Almo		Ragoletto Diga					
Gumbel		VAPI - PAI		Gumbel		VAPI - PAI	
t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)	t (minuti)	h(t)
5	20.33	5	21.10	5	15.85	5	20.95
10	25.83	10	27.57	10	23.73	10	27.37
20	32.80	20	36.02	20	33.10	20	35.77
30	37.73	30	42.13	30	39.38	30	41.83
40	41.67	40	47.07	40	44.24	40	46.74
50	45.00	50	51.31	50	48.26	50	50.95
60	47.92	60	54.49	60	51.56	60	54.11

Il confronto tra i valori orari delle altezze di pioggia e di quelle sub orarie ottenuti mediante l'applicazione delle tre metodologie evidenzia come il metodo VAPI sia più cautelativo rispetto al metodo di Gumbel e alla metodologia proposta nel PAI Regione Sicilia. unica eccezione è rappresentata dalla stazione pluviometrica di Grammichele, che fornisce valori di altezza pioggia superiori, nell'applicazione di tale metodologia, rispetto ai valori ottenuti con le altre due procedure considerate, con differenze quantificabili nell'ordine di qualche millimetro.

Nel prosieguo del presente studio pertanto, anche a fronte del vantaggio nell'utilizzo di una uniforme metodologia di verifica e dimensionamento, successivamente ad un confronto tra i risultati delle elaborazioni ottenuti dall'applicazione delle procedura VAPI.

#### 4.5.1 Reticolo idrografico

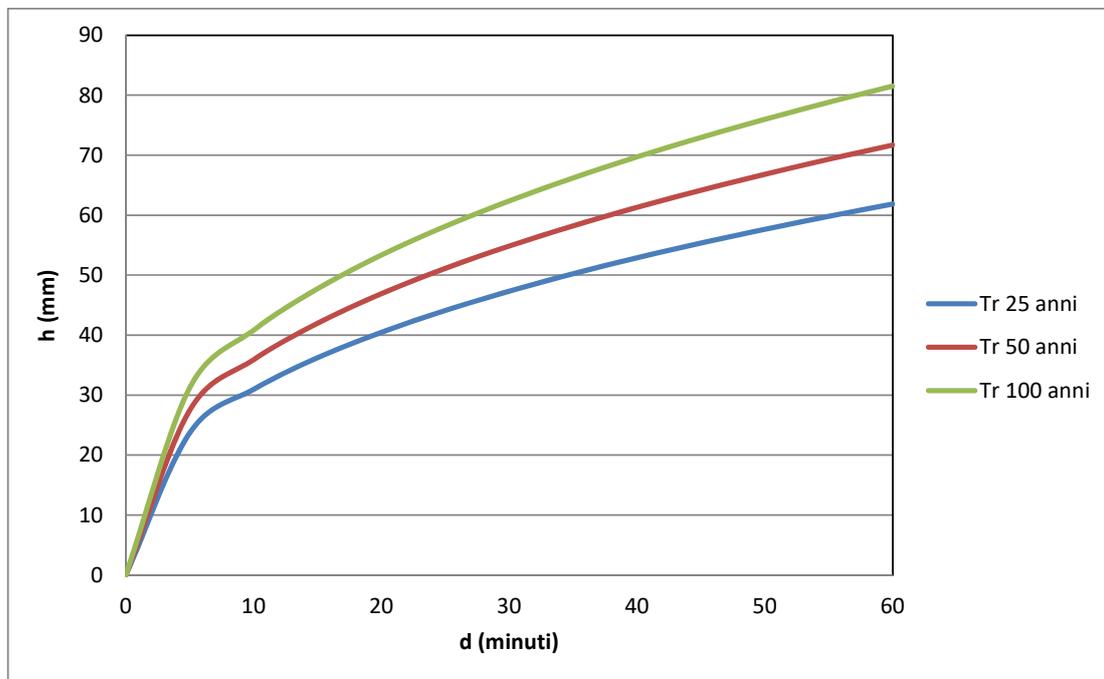
Per la stima delle portate dei corsi d'acqua interferenti con l'asse di progetto per tutto lo sviluppo del Lotto 1 verranno utilizzate le curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'applicazione della metodologia VA.PI.

#### 4.5.2 Sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante

Per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante, vengono per tutto lo sviluppo del Lotto 1 vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'applicazione della metodologia VA.PI.

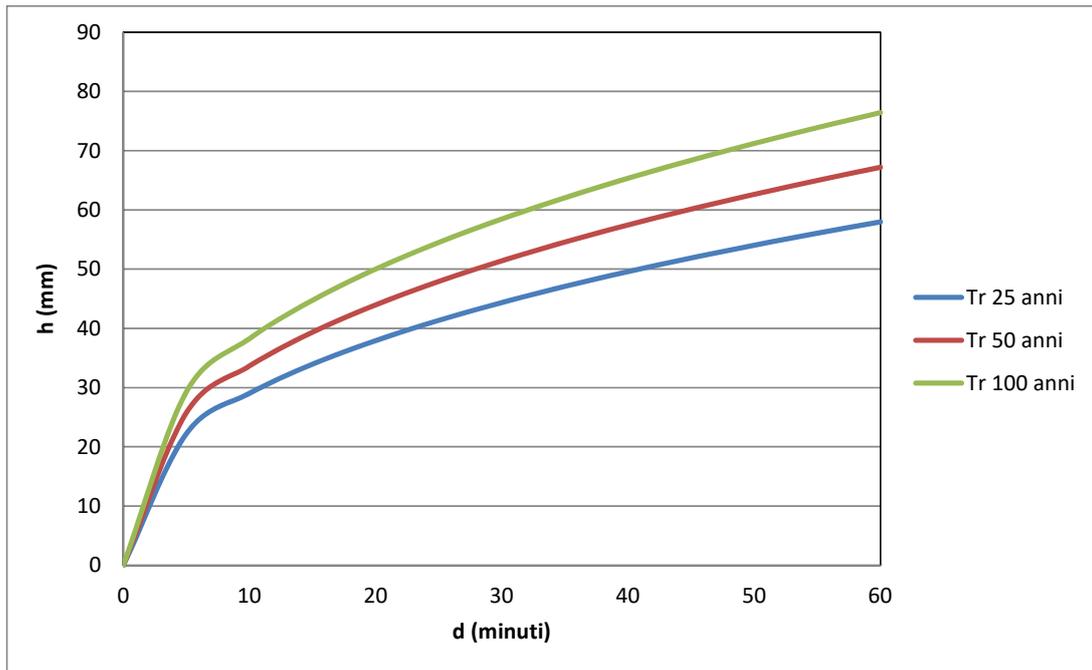
Tratto	Progr. Iniz.	Progr. Fin.	a(25)	a(50)	a(100)	n ( d ≤ 1 ora )
	(km)	(km)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	L.1 - 0+000	L.1 - 7+600	61.22	70.96	80.69	0.386
2	L.1 - 7+600	Fine Lotto1	57.40	66.52	75.64	0.386

Curve di possibilità pluviometrica per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma e di versante



Tratto 1 – curve di possibilità pluviometrica per Tr = 25. 50. 100 anni

**RELAZIONE IDROLOGICA**



Tratto 2 – curve di possibilità pluviometrica per Tr = 25. 50. 100 anni

## 5 STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

### 5.1 PREMESSA

Scopo del presente capitolo è la definizione, per ciascun corso d'acqua interferito, delle portate di piena corrispondenti a tempo di ritorno pari a 10, 25, 50, 100, 200, 300 e 500 anni.

Tale operazione sarà condotta grazie all'utilizzo del metodo razionale.

Nel caso dei corsi d'acqua caratterizzati da bacini di elevata estensione (maggiore di 20 km<sup>2</sup>), i valori così ottenuti sono confrontati con quelli derivanti dall'applicazione della metodologia VA.PI, sviluppata dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V. "Valutazione delle piene in Sicilia" CNR-GNDI, Palermo, 1993), la quale, come meglio descritto nel par.5.3.1, si basa su dati di portata misurati da stazioni idrometrografiche di importanti corsi d'acqua e, quindi, a rigore non risulta applicabile per bacini di ridotte dimensioni. Si assume quale portata di progetto il valore maggiore derivante dall'applicazione delle due metodologie.

### 5.2 METODO RAZIONALE

#### 5.2.1 Metodologia di calcolo

Alla base della procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{\varphi h S}{3.6 t_c} (m^3/s)$$

dove:

- $\varphi$  = coefficiente di deflusso del bacino;
- $h$  = altezza massima di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm);
- $S$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);
- $t_c$  = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La procedura si articola nei seguenti passi:

- delimitazione del bacino idrografico di interesse su una base cartografica in opportuna scala;

RELAZIONE IDROLOGICA

- definizione dei parametri morfologici e fisiografici (superficie del bacino sotteso. lunghezza e pendenza dell'asta principale. quota massima ( $H_{max}$ ) minima ( $H_{min}$ ) e media ( $H_{med}$ ) del bacino. copertura vegetale. uso del suolo);
- definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
- definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (vedi cap. 4);
- analisi dei dati di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
- calcolo della portata di massima piena per diversi tempi di ritorno.

### 5.2.2 Parametri morfologici

Si riportano di seguito i parametri morfologici dei bacini interferenti l'asse di progetto:

ID	Corso d'acqua	PK	Area	Lungh. asta	i pendenza media	Altitudine max	Altitudine min	Altitudine med
						$H_{max}$	$H_{sez}$	$H_{med}$
-	-	Km	(km <sup>2</sup> )	(km)	(m/m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)
0	-	-0+065	0.191	0.84	0.029	654	630	641
1	-	0+677	0.247	0.65	0.055	666	630	648
2	-	1+916	0.406	1.61	0.065	690	586	650
3	-	2+912	0.631	1.25	0.138	718	545	642
4	-	3+408	0.158	0.85	0.205	719	545	615
5	-	3+556	0.173	0.82	0.217	720	542	631
6	-	3+835	0.132	0.87	0.224	720	525	611
7	Affluente Vallone delle Coste	4+336	0.636	1.27	0.183	722.3	490	628
8	Vallone delle Coste	4+500	6.594	8.145	0.051	889	471	724
9	-	5+697	0.251	0.95	0.136	599	470	512
10	Fosso Sorgente Sciannapurali	6+130	1.877	1.977	0.177	778	428	590
11	-	6+540	0.173	0.5	0.288	566	422	477
12	Fosso S.N.	6+788	0.238	0.688	0.250	576	404	482
13	Cava San Marco	7+157	4.304	5.154	0.089	840	379	648
14	-	7+319	0.032	0.4	0.163	461	396	433
15	Fosso S.N.	7+836	0.365	1.408	0.136	553	362	469
16	-	8+263	0.233	0.63	0.254	511	351	418
17	Fosso S.N.	8+778	0.627	1.449	0.136	553	356	456
18	-	9+086	0.071	0.3	0.170	412	361	378
19	-	9+434	0.193	0.85	0.105	443	354	392
20	Fosso S.N.	9+565	0.326	0.93	0.072	416	349	373

RELAZIONE IDROLOGICA

ID	Corso d'acqua	PK	Area	Lungh. asta	i pendenza media	Altitudine max	Altitudine min	Altitudine med
						H <sub>max</sub>	H <sub>sez</sub>	H <sub>med</sub>
-	-	Km	(km <sup>2</sup> )	(km)	(m/m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)
21	Fosso Contrada Cassarella	10+651	2.926	4.03	0.086	687	339	496
22	Fosso Contrada Coffa	10+853	5.327	5.963	0.092	882	335	593
23	Fosso Contrada Pezze	11+640	2.901	4.875	0.069	662	328	424
24	-	12+269	0.288	1.27	0.044	380	324	342
25	Torrente Para	12+751	29.868	10.647	0.056	903	312	546
26	-	13+578	1.719	1.16	0.041	372	324	339
27	-	14+001	0.259	2.32	0.019	372	329	345
28	Affluente Torrente Para	14+270	1.494	2.027	0.043	418	330	368
29	Fosso Contrada Chiavola	15+715	1.573	2.978	0.062	516	331	412
30	Torrente Sugarello	16+123	6.552	8.073	0.048	707	322	486
31	Torrente Sperlinga	16+665	5.643	7.544	0.050	700	322	491
32	-	17+517	0.701	1.44	0.035	379	329	351

### 5.2.3 Tempo di corrivazione

La determinazione del valore del tempo di corrivazione, in funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini, è effettuata:

- per bacini con estensione areale superiore ai 20 km<sup>2</sup> – calcolo della media tra i valori derivanti dalla formula di Giandotti e quelli derivanti dalla relazione definita per i corsi d'acqua della regione Sicilia nell'ambito degli studi del Progetto VA.PI.

- Giandotti

$$t_c = (4\sqrt{A} + 1,5L) / (0,8\sqrt{(\Delta H)})$$

- VA.PI.

$$t_c = 0,35\sqrt{A}$$

dove:

A = superficie del bacino sotteso dall'attraversamento [kmq];

L = lunghezza dell'asta principale [km];

$\Delta H$  = dislivello medio del bacino imbrifero [m];

- per bacini con estensione areale inferiore ai 20 km<sup>2</sup> – calcolo dei tempi di corrivazione mediante le seguenti formule

- Pezzoli

$$t_c = 0,055L/\sqrt{i}$$

- Kirpich

$$t_c = 0,0662 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

- Ventura

$$t_c = 0,127\sqrt{A/i}$$

- Viparelli

$$t_c = \frac{L}{v \cdot 3,6}$$

dove:

A = superficie del bacino sotteso dall'attraversamento [kmq];

L = lunghezza dell'asta principale [km];

i = pendenza media dell'asta principale [m/m];

v = velocità della corrente [m/m]; si assume pari a 1.5 m/s.

Al fine di effettuare una valutazione più "robusta". non prendendo in considerazione eventuali outlier. il tempo di corrivazione di progetto è calcolato come la media dei valori contenuti nell'intervallo ( $\bar{x} - \sigma$ ;  $\bar{x} + \sigma$ ). dove  $\bar{x}$  è il valore medio dei risultati ottenuti dalle 4 espressioni sopra riportate e  $\sigma$  lo scarto quadratico medio.

E' stato assunto quale limite inferiore il valore di 5 minuti. essendo tempi inferiori non rappresentativi della realtà dei fenomeni fisici in esame. in considerazione della presenza di capacità di accumulo e trattenimento naturali degli afflussi.

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni.

Corso d'acqua	Progr.	A	L	H <sub>sez</sub>	H <sub>med</sub>	Giandotti	VA.PI.	Media
	(km)	(km <sup>2</sup> )	(km)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(ore)	(ore)	(ore)
Torrente Para	1+390	29.868	10.647	312.00	546.00	3.09	1.91	<b>2.50</b>

Bacini con estensione areale superiore ai 20 km<sup>2</sup> – Lotto 1 - calcolo del tempo di corrivazione

**RELAZIONE IDROLOGICA**

ID	Corso d'acqua	Pezzoli	Kirpich	Ventura	Viparelli	Media	sqm	media-sqm	media+sqm	Pezzoli	Kirpich	Ventura	Viparelli	Media	Media
		(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
0	-	0.273	0.228	0.329	0.156	0.246	0.073	0.173	0.320	0.273	0.228	outlier	outlier	0.25	<b>15.03</b>
1	-	0.152	0.145	0.268	0.120	0.171	0.066	0.105	0.237	0.152	0.145	outlier	0.120	0.17	<b>10.00</b>
2	-	0.348	0.274	0.319	0.298	0.310	0.031	0.278	0.341	outlier	outlier	0.319	0.298	0.31	<b>18.51</b>
3	-	0.185	0.168	0.272	0.231	0.214	0.047	0.167	0.261	0.185	0.168	outlier	0.231	0.19	<b>11.69</b>
4	-	0.103	0.108	0.112	0.157	0.120	0.025	0.095	0.145	0.103	0.108	0.112	outlier	0.17	<b>10.00</b>
5	-	0.097	0.102	0.114	0.152	0.116	0.025	0.091	0.141	0.097	0.102	0.114	outlier	0.17	<b>10.00</b>
6	-	0.101	0.106	0.098	0.161	0.116	0.030	0.086	0.146	0.101	0.106	0.098	outlier	0.17	<b>10.00</b>
7	Affluente Vallone delle Coste	0.163	0.153	0.237	0.235	0.197	0.045	0.152	0.242	0.163	0.153	0.237	0.235	0.20	<b>11.83</b>
8	Vallone delle Coste	1.98	1.04	1.44	1.51	1.49	0.383	1.110	1.876	outlier	outlier	1.442	1.508	1.48	<b>88.51</b>
9	-	0.14	0.14	0.17	0.18	0.16	0.020	0.137	0.177	0.142	0.137	0.173	0.176	0.17	<b>10.00</b>
10	Fosso Sorgente Sciannapurali	0.26	0.22	0.41	0.37	0.31	0.091	0.223	0.406	0.258	outlier	outlier	0.366	0.31	<b>18.74</b>
11	-	0.05	0.06	0.10	0.09	0.08	0.023	0.053	0.099	outlier	0.063	0.099	0.093	0.17	<b>10.00</b>
12	Fosso S.N.	0.08	0.08	0.12	0.13	0.10	0.027	0.076	0.130	outlier	0.085	0.124	0.127	0.17	<b>10.00</b>
13	Cava San Marco	0.95	0.59	0.88	0.95	0.84	0.171	0.673	1.015	0.948	outlier	0.882	0.954	0.93	<b>55.69</b>
14	-	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.009	0.054	0.072	0.055	0.066	0.057	outlier	0.17	<b>10.00</b>
15	Fosso S.N.	0.21	0.19	0.21	0.26	0.22	0.032	0.185	0.248	0.210	0.186	0.209	outlier	0.20	<b>12.10</b>
16	-	0.07	0.08	0.12	0.12	0.10	0.027	0.070	0.123	outlier	0.079	0.122	0.117	0.17	<b>10.00</b>
17	Fosso S.N.	0.22	0.19	0.27	0.27	0.24	0.041	0.196	0.277	0.216	outlier	0.273	0.268	0.25	<b>15.15</b>
18	-	0.04	0.05	0.08	0.06	0.06	0.018	0.040	0.075	0.040	0.052	outlier	0.056	0.17	<b>10.00</b>
19	-	0.14	0.14	0.17	0.16	0.15	0.015	0.139	0.168	0.144	0.139	outlier	0.157	0.17	<b>10.00</b>
20	Fosso S.N.	0.19	0.17	0.27	0.17	0.20	0.047	0.155	0.248	0.191	0.172	outlier	0.172	0.18	<b>10.70</b>
21	Fosso Contrada Cassarella	0.75	0.50	0.74	0.75	0.68	0.125	0.559	0.810	0.754	outlier	0.740	0.746	0.75	<b>44.82</b>
22	Fosso Contrada Coffa	1.08	0.66	0.97	1.10	0.95	0.206	0.747	1.160	1.083	outlier	0.969	1.104	1.05	<b>63.13</b>
23	Fosso Contrada Pezze	1.02	0.63	0.83	0.90	0.85	0.166	0.680	1.012	outlier	outlier	0.828	0.903	0.87	<b>51.92</b>
24	-	0.33	0.26	0.33	0.24	0.29	0.047	0.242	0.337	0.333	0.265	0.325	outlier	0.31	<b>18.45</b>
26	-	0.31	0.25	0.82	0.21	0.40	0.283	0.118	0.683	0.314	0.253	outlier	0.215	0.26	<b>15.63</b>
27	-	0.94	0.59	0.48	0.43	0.61	0.230	0.378	0.837	outlier	0.588	0.475	0.430	0.50	<b>29.85</b>
28	Affluente Torrente Para	0.54	0.38	0.75	0.38	0.51	0.174	0.335	0.684	0.535	0.382	outlier	0.375	0.43	<b>25.84</b>
29	Fosso Contrada Chiavola	0.66	0.45	0.64	0.55	0.57	0.096	0.478	0.670	0.657	outlier	0.640	0.551	0.62	<b>36.97</b>
30	Torrente Sugarello	2.03	1.07	1.49	1.50	1.52	0.396	1.126	1.917	outlier	outlier	1.491	1.495	1.49	<b>89.58</b>
31	Torrente Sperlinga	1.85	0.99	1.35	1.40	1.40	0.353	1.046	1.751	outlier	outlier	1.350	1.397	1.37	<b>82.41</b>
32	-	0.43	0.32	0.57	0.27	0.40	0.134	0.261	0.530	0.425	0.320	outlier	0.267	0.34	<b>20.23</b>

Bacini con estensione areale inferiore ai 20 km<sup>2</sup> – Lotto 1- calcolo del tempo di corrivazione

**5.2.4 Altezza di pioggia e coefficiente di riduzione areale**

E' comune esperienza che le piogge di elevata intensità si concentrino in aree piccole. e che. a parità di durata e a parità di tempo di ritorno. l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area.

RELAZIONE IDROLOGICA

Al fine di tenere conto di tale fenomeno, per i bacini di estensione superiore ad 1 km<sup>2</sup>, l'altezza di pioggia di progetto è stata calcolata moltiplicando le altezze di pioggia puntuali (vedi Cap. 4) per il coefficiente di riduzione areale definito dalla seguente relazione (U.S. Weather Bureau -Eagleson 1978):

$$ARF = 1 - e^{(-1.1 \cdot t^{0.25})} + e^{(-1.1 \cdot t^{0.25} - 0.00386 \cdot A)}$$

dove t = durata di pioggia [ore];  
A = area del bacino [km<sup>2</sup>]

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni

ID	Corso d'acqua	Progr.	A	Tempo di corrivazione	ARF
		(Km)	(km <sup>2</sup> )	(ore)	-
0	-	-0-065	0.191	0.25	1.000
1	-	0+677	0.247	0.17	1.000
2	-	1+916	0.406	0.31	0.999
3	-	2+912	0.631	0.19	0.999
4	-	3+408	0.158	0.17	1.000
5	-	3+556	0.173	0.17	1.000
6	-	3+835	0.132	0.17	1.000
7	Affluente Vallone delle Coste	4+336	0.636	0.20	0.999
8	Vallone delle Coste	4+500	6.594	1.48	0.993
9	-	5+697	0.251	0.17	1.000
10	Fosso Sorgente Sciannapurali	6+130	1.877	0.31	0.997
11	-	6+540	0.173	0.17	1.000
12	Fosso S.N.	6+788	0.238	0.17	1.000
13	Cava San Marco	7+157	4.304	0.93	0.994
14	-	7+319	0.032	0.17	1.000
15	Fosso S.N.	7+836	0.365	0.20	0.999
16	-	8+263	0.233	0.17	1.000
17	Fosso S.N.	8+778	0.627	0.25	0.999
18	-	9+086	0.071	0.17	1.000
19	-	9+434	0.193	0.17	1.000
20	Fosso S.N.	9+565	0.326	0.18	0.999
21	Fosso Contrada Cassarella	10+651	2.926	0.75	0.996
22	Fosso Contrada Coffa	10+853	5.327	1.05	0.993
23	Fosso Contrada Pezze	11+640	2.901	0.87	0.996
24	-	12+269	0.288	0.31	1.000
25	Torrente Para	12+751	29.868	2.50	0.891
26	-	13+578	1.719	0.26	0.997
27	-	14+001	0.259	0.50	1.000

ID	Corso d'acqua	Progr.	A	Tempo di corrivazione	ARF
		(Km)	(km <sup>2</sup> )	(ore)	-
28	Affluente Torrente Para	14+270	1.494	0.43	0.998
29	Fosso Contrada Chiavola	15+715	1.573	0.62	0.998
30	Torrente Sugarello	16+123	6.552	1.49	0.993
31	Torrente Sperlinga	16+665	5.643	1.37	0.993
32	-	17+517	0.701	0.34	0.999

Coefficiente di ragguglio bacini Lotto 1

### 5.2.5 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace)  $P_{net}$  risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$  (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \text{ [mm]}$$

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed  $I_a$  è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro  $S$  corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha  $P > I_a$ ; fino all'istante in cui non si ha  $P < I_a$  il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di  $I_a$  si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S \text{ [mm]}$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di  $S$  può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \text{ [mm]}$$

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico. Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A - Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.

**RELAZIONE IDROLOGICA**

- Gruppo B – Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A. ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo C – Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Gruppo D - Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento. ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Metodo SCS-CN; valori del "Curve Number" CN per i diversi tipi di suolo in funzione dell'uso del suolo per condizioni di umidità iniziale (antecedent moisture conditions – AMC) medie (classe II)

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

I valori del CN riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard. precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

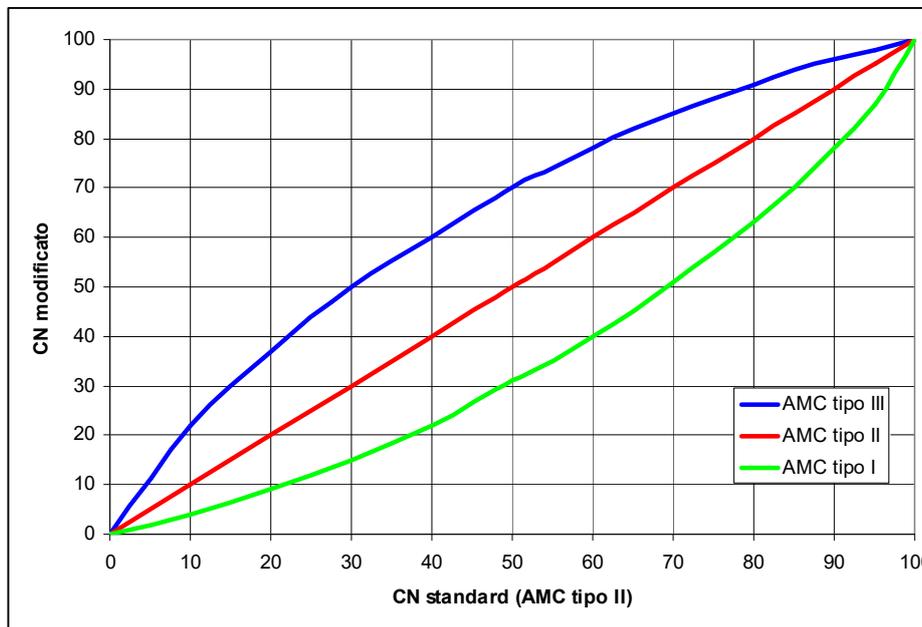
Poiché il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico. che dipende dallo stato del sistema. ovvero dallo stato di imbibimento del bacino. si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso. in modo qualitativo. in base ad un indice di pioggia. dato dall'altezza totale di pioggia caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena. API<sub>5</sub>. a seconda del valore di API<sub>5</sub>. vengono identificate le tre classi AMC I. II e III. che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto. mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Definizione della classe di umidità in base al parametro API<sub>5</sub>

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

Noto il valore di CN per le condizioni medie di imbibimento. per passare a condizioni di umidità iniziale asciutte (classe AMC I) o umide (classe AMC III). si utilizzano le curve riportate di seguito.

Curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento



Tali curve possono essere interpolate mediante le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

RELAZIONE IDROLOGICA

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

Nel caso di terreni variegati possono essere identificate alcune categorie fondamentali per definire un valore globale del CN. pesato in ragione dell'estensione delle sottozone con le quali si è suddiviso il bacino.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace)  $P_{net}$ . il coefficiente di deflusso è pari a:

$$c = \frac{P_{net}}{P}$$

Nel caso in esame. al fine di definire il CN per le varie porzioni dei bacini in studio. sono stati analizzati i seguenti documenti:

- "Carta dei suoli della Regione Siciliana" edizione 1994. Scala 1:250.000 fornita dal S.I.T.R. della Regione Sicilia – Assessorato Territorio ed Ambiente;
- "Carta dell'uso del suolo" – "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" a cura dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente della Sicilia (2004-2005)
- Foto satellitari anni 2010 – 2012. al fine di valutare eventuali variazioni significative rispetto a quanto riportato nelle suddette carte;
- "Carta litologica" – "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" a cura dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente della Sicilia (2004-2005)

Per tutti i bacini si è supposta. in sicurezza. una condizione iniziale "umida" cosicché i valori di CN (II) sono stati convertiti in CN (III).

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni

ID	Corso d'acqua	Progr. (Km)	h10 (mm)	h25 (mm)	h50 (mm)	h100 (mm)	h200 (mm)	h300 (mm)	h500 (mm)
0	-	-0-065	27.71	35.09	40.67	46.25	51.82	55.09	59.20
1	-	0+677	23.69	29.99	34.75	39.52	44.29	47.08	50.59
2	-	1+916	30.04	38.03	44.08	50.12	56.17	59.71	64.16
3	-	2+912	25.16	31.85	36.92	41.98	47.04	50.00	53.74
4	-	3+408	23.69	29.99	34.75	39.52	44.29	47.08	50.59
5	-	3+556	23.69	29.99	34.75	39.52	44.29	47.08	50.59
6	-	3+835	23.69	29.99	34.75	39.52	44.29	47.08	50.59
7	Affluente Vallone delle Coste	4+336	25.27	32.00	37.09	42.17	47.26	50.23	53.98
8	Vallone delle Coste	4+500	52.96	67.10	77.80	88.50	99.20	105.46	113.34
9	-	5+697	23.69	29.99	34.75	39.52	44.29	47.08	50.59

**RELAZIONE IDROLOGICA**

ID	Corso d'acqua	Progr.	h10	h25	h50	h100	h200	h300	h500
		(Km)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10	Fosso Sorgente Sciannapurali	6+130	30.85	39.06	45.27	51.48	57.69	61.33	65.90
11	-	6+540	24.22	30.66	35.53	40.41	45.28	48.13	51.72
12	Fosso S.N.	6+788	24.22	30.66	35.53	40.41	45.28	48.13	51.72
13	Cava San Marco	7+157	46.20	58.52	67.84	77.16	86.48	91.93	98.80
14	-	7+319	24.22	30.66	35.53	40.41	45.28	48.13	51.72
15	Fosso S.N.	7+836	26.06	33.00	38.24	43.49	48.73	51.80	55.67
16	-	8+263	24.22	30.66	35.53	40.41	45.28	48.13	51.72
17	Fosso S.N.	8+778	28.20	35.71	41.38	47.06	52.74	56.06	60.24
18	-	9+086	24.03	30.42	35.25	40.09	44.92	47.75	51.32
19	-	9+434	24.03	30.42	35.25	40.09	44.92	47.75	51.32
20	Fosso S.N.	9+565	24.55	31.08	36.02	40.96	45.90	48.79	52.43
21	Fosso Contrada Cassarella	10+651	42.36	53.65	62.19	70.73	79.27	84.27	90.56
22	Fosso Contrada Coffa	10+853	48.09	60.91	70.61	80.31	90.01	95.69	102.84
23	Fosso Contrada Pezze	11+640	44.83	56.78	65.82	74.86	83.90	89.18	95.85
24	-	12+269	30.09	38.10	44.16	50.22	56.28	59.82	64.29
25	Torrente Para	12+751	60.50	76.58	98.26	100.92	125.21	120.21	143.02
26	-	13+578	27.60	34.94	40.50	46.05	51.61	54.86	58.95
27	-	14+001	35.42	44.85	51.98	59.12	66.25	70.42	75.68
28	Affluente Torrente Para	14+270	33.50	42.42	49.17	55.92	62.66	66.61	71.58
29	Fosso Contrada Chiavola	15+715	38.08	48.23	55.90	63.58	71.25	75.74	81.39
30	Torrente Sugarello	16+123	50.44	63.91	74.10	84.29	94.48	100.44	107.95
31	Torrente Sperlinga	16+665	49.16	62.28	72.21	82.14	92.06	97.87	105.19
32	-	17+517	29.79	37.72	43.71	49.71	55.71	59.22	63.64

Lotto 1 – altezze di pioggia lorde

**RELAZIONE IDROLOGICA**

ID	Corso d'acqua	Progr. (Km)	CN II	CN III	h10 (mm)	h25 (mm)	h50 (mm)	h100 (mm)	h200 (mm)	h300 (mm)	h500 (mm)
0	-	-0-065	72.00	85.54	5.89	10.11	13.72	17.59	21.69	24.17	27.38
1	-	0+677	72.00	85.54	3.93	7.12	9.91	12.95	16.20	18.19	20.77
2	-	1+916	70.80	84.79	6.59	11.23	15.19	19.43	23.91	26.63	30.13
3	-	2+912	72.00	85.54	4.61	8.17	11.26	14.60	18.17	20.33	23.14
4	-	3+408	68.94	83.62	2.97	5.75	8.25	11.02	14.02	15.86	18.27
5	-	3+556	68.97	83.64	2.98	5.77	8.27	11.04	14.04	15.89	18.29
6	-	3+835	68.64	83.43	2.89	5.63	8.10	10.84	13.81	15.64	18.03
7	Affluente Vallone delle Coste	4+336	52.56	71.82	0.27	1.30	2.52	4.06	5.88	7.06	8.67
8	Vallone delle Coste	4+500	70.33	84.50	21.11	31.99	40.76	49.85	59.20	64.76	71.85
9	-	5+697	72.00	85.54	3.93	7.12	9.91	12.95	16.20	18.19	20.77
10	Fosso Sorgente Sciannapurali	6+130	68.92	83.61	6.17	10.73	14.65	18.88	23.36	26.08	29.60
11	-	6+540	72.25	85.69	4.26	7.61	10.53	13.71	17.09	19.15	21.83
12	Fosso S.N.	6+788	61.70	78.75	1.40	3.36	5.27	7.48	9.95	11.50	13.56
13	Cava San Marco	7+157	60.60	77.96	4.37	9.10	13.49	18.42	23.83	27.18	31.57
14	-	7+319	45.79	66.02	0.03	0.15	0.63	1.40	2.44	3.16	4.18
15	Fosso S.N.	7+836	58.05	76.09	1.13	3.00	4.86	7.06	9.54	11.11	13.19
16	-	8+263	46.61	66.76	0.01	0.22	0.77	1.61	2.73	3.49	4.57
17	Fosso S.N.	8+778	59.52	77.18	1.97	4.47	6.85	9.58	12.61	14.50	17.00
18	-	9+086	72.00	85.54	4.08	7.36	10.21	13.33	16.65	18.68	21.31
19	-	9+434	72.00	85.54	4.08	7.36	10.21	13.33	16.65	18.68	21.31
20	Fosso S.N.	9+565	72.00	85.54	4.32	7.73	10.69	13.91	17.35	19.44	22.15
21	Fosso Contrada Cassarella	10+651	64.04	80.38	9.76	16.48	22.17	28.27	34.69	38.58	43.58
22	Fosso Contrada Coffa	10+853	60.62	77.98	10.79	18.33	24.73	31.60	38.84	43.22	48.87
23	Fosso Contrada Pezze	11+640	72.36	85.76	16.86	25.82	33.07	40.62	48.40	53.04	58.96
24	-	12+269	72.00	85.54	7.17	12.02	16.12	20.49	25.09	27.87	31.45
25	Torrente Para	12+751	65.24	81.19	22.07	33.97	51.48	53.71	74.70	70.30	90.63
26	-	13+578	43.00	63.44	0.02	0.21	0.80	1.72	2.96	3.80	5.00
27	-	14+001	43.00	63.44	0.25	1.50	3.05	5.05	7.45	9.03	11.17
28	Affluente Torrente Para	14+270	72.00	85.54	9.15	14.91	19.71	24.81	30.14	33.34	37.46
29	Fosso Contrada Chiavola	15+715	72.00	85.54	12.01	19.03	24.80	30.87	37.18	40.96	45.79

**RELAZIONE IDROLOGICA**

ID	Corso d'acqua	Progr. (Km)	CN II	CN III	h10 (mm)	h25 (mm)	h50 (mm)	h100 (mm)	h200 (mm)	h300 (mm)	h500 (mm)
30	Torrente Sugarello	16+123	57.44	75.64	10.02	17.48	23.89	30.81	38.15	42.61	48.37
31	Torrente Sperlinga	16+665	54.16	73.10	7.49	13.86	19.48	25.65	32.26	36.31	41.56
32	-	17+517	70.05	84.32	6.12	10.59	14.41	18.53	22.89	25.54	28.96

Lotto 1 – altezze di pioggia nette

ID	Corso d'acqua	Progr. (Km)	CN II	CN III	φ 10	φ 25	φ 50	φ 100	φ 200	φ300	φ500
0	-	-0-065	72.00	85.54	0.213	0.229	0.337	0.380	0.419	0.439	0.462
1	-	0+677	72.00	85.54	0.166	0.181	0.285	0.328	0.366	0.386	0.410
2	-	1+916	70.80	84.79	0.219	0.236	0.345	0.388	0.426	0.446	0.470
3	-	2+912	72.00	85.54	0.183	0.199	0.305	0.348	0.386	0.407	0.431
4	-	3+408	68.94	83.62	0.125	0.139	0.237	0.279	0.317	0.337	0.361
5	-	3+556	68.97	83.64	0.126	0.140	0.238	0.279	0.317	0.337	0.362
6	-	3+835	68.64	83.43	0.122	0.135	0.233	0.274	0.312	0.332	0.356
7	Affluente Vallone delle Coste	4+336	52.56	71.82	0.011	0.016	0.068	0.096	0.124	0.141	0.161
8	Vallone delle Coste	4+500	70.33	84.50	0.399	0.416	0.524	0.563	0.597	0.614	0.634
9	-	5+697	72.00	85.54	0.166	0.181	0.285	0.328	0.366	0.386	0.410
10	Fosso Sorgente Sciannapurari	6+130	68.92	83.61	0.200	0.216	0.324	0.367	0.405	0.425	0.449
11	-	6+540	72.25	85.69	0.176	0.191	0.296	0.339	0.377	0.398	0.422
12	Fosso S.N.	6+788	61.70	78.75	0.058	0.068	0.148	0.185	0.220	0.239	0.262
13	Cava San Marco	7+157	60.60	77.96	0.212	0.228	0.337	0.380	0.418	0.438	0.462
14	-	7+319	45.79	66.02	0.001	0.000	0.018	0.035	0.054	0.066	0.081
15	Fosso S.N.	7+836	58.05	76.09	0.044	0.053	0.127	0.162	0.196	0.214	0.237
16	-	8+263	46.61	66.76	0.000	0.000	0.022	0.040	0.060	0.073	0.088
17	Fosso S.N.	8+778	59.52	77.18	0.070	0.081	0.166	0.204	0.239	0.259	0.282
18	-	9+086	72.00	85.54	0.170	0.185	0.290	0.332	0.371	0.391	0.415
19	-	9+434	72.00	85.54	0.170	0.185	0.290	0.332	0.371	0.391	0.415
20	Fosso S.N.	9+565	72.00	85.54	0.176	0.191	0.297	0.340	0.378	0.398	0.422
21	Fosso Contrada Cassarella	10+651	64.04	80.38	0.230	0.247	0.357	0.400	0.438	0.458	0.481
22	Fosso Contrada Coffa	10+853	60.62	77.98	0.224	0.241	0.350	0.393	0.431	0.452	0.475
23	Fosso Contrada Pezze	11+640	72.36	85.76	0.376	0.393	0.502	0.543	0.577	0.595	0.615
24	-	12+269	72.00	85.54	0.238	0.255	0.365	0.408	0.446	0.466	0.489

**RELAZIONE IDROLOGICA**

ID	Corso d'acqua	Progr.	CN II	CN III	$\phi$ 10	$\phi$ 25	$\phi$ 50	$\phi$ 100	$\phi$ 200	$\phi$ 300	$\phi$ 500
		(Km)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Torrente Para	12+751	65.24	81.19	0.365	0.416	0.492	0.563	0.567	0.614	0.634
26	-	13+578	43.00	63.44	0.001	0.000	0.020	0.037	0.057	0.069	0.085
27	-	14+001	43.00	63.44	0.007	0.011	0.059	0.085	0.113	0.128	0.148
28	Affluente Torrente Para	14+270	72.00	85.54	0.273	0.290	0.401	0.444	0.481	0.501	0.523
29	Fosso Contrada Chiavola	15+715	72.00	85.54	0.315	0.333	0.444	0.486	0.522	0.541	0.563
30	Torrente Sugarello	16+123	57.44	75.64	0.199	0.215	0.322	0.366	0.404	0.424	0.448
31	Torrente Sperlinga	16+665	54.16	73.10	0.152	0.167	0.270	0.312	0.350	0.371	0.395
32	-	17+517	70.05	84.32	0.206	0.222	0.330	0.373	0.411	0.431	0.455

Lotto 1 – calcolo del coefficiente di deflusso

**5.2.6 Risultati delle elaborazioni**

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni:

ID	Corso d'acqua	Progr.	$Q_{TR10}$	$Q_{TR250}$	$Q_{TR50}$	$Q_{TR100}$	$Q_{TR200}$	$Q_{TR300}$	$Q_{TR500}$
		(Km)	(m <sup>3</sup> /s)						
0	-	-0-065	<b>1.25</b>	<b>2.15</b>	<b>2.91</b>	<b>3.73</b>	<b>4.60</b>	<b>5.13</b>	<b>5.81</b>
1	-	0+677	1.61	2.92	4.07	5.32	6.66	7.48	8.53
2	-	1+916	2.41	4.10	5.55	7.10	8.74	9.73	11.01
3	-	2+912	4.14	7.34	10.11	13.12	16.32	18.27	20.79
4	-	3+408	0.78	1.51	2.17	2.90	3.69	4.18	4.81
5	-	3+556	0.86	1.66	2.38	3.18	4.05	4.58	5.27
6	-	3+835	0.63	1.23	1.78	2.38	3.03	3.43	3.96
7	Affluente Vallone delle Coste	4+336	0.24	1.17	2.25	3.63	5.26	6.32	7.76
8	Vallone delle Coste	4+500	26.02	39.43	50.23	61.44	72.96	79.81	88.55
9	-	5+697	1.64	2.98	4.15	5.42	6.78	7.61	8.69
10	Fosso Sorgente Sciannapurali	6+130	10.27	17.86	24.38	31.42	38.87	43.40	49.25
11	-	6+540	1.23	2.20	3.04	3.96	4.94	5.53	6.31
12	Fosso S.N.	6+788	0.55	1.33	2.09	2.96	3.94	4.56	5.37
13	Cava San Marco	7+157	12.53	21.54	29.24	37.52	46.28	51.59	58.44
14	-	7+319	0.00	0.01	0.03	0.07	0.13	0.17	0.22
15	Fosso S.N.	7+836	0.57	1.51	2.44	3.55	4.80	5.58	6.63
16	-	8+263	0.00	0.08	0.30	0.63	1.06	1.35	1.77
17	Fosso S.N.	8+778	1.35	3.08	4.72	6.60	8.68	9.98	11.70
18	-	9+086	0.48	0.87	1.21	1.57	1.97	2.21	2.52
19	-	9+434	1.31	2.37	3.29	4.29	5.36	6.01	6.86

**RELAZIONE IDROLOGICA**

ID	Corso d'acqua	Progr.	Q <sub>TR10</sub>	Q <sub>TR250</sub>	Q <sub>TR50</sub>	Q <sub>TR100</sub>	Q <sub>TR200</sub>	Q <sub>TR300</sub>	Q <sub>TR500</sub>
		(Km)	(m <sup>3</sup> /s)						
20	Fosso S.N.	9+565	2.19	3.92	5.43	7.06	8.81	9.87	11.24
21	Fosso Contrada Cassarella	10+651	10.58	17.86	24.03	30.64	37.60	41.81	47.23
22	Fosso Contrada Coffa	10+853	15.08	25.60	34.55	44.15	54.26	60.38	68.27
23	Fosso Contrada Pezze	11+640	15.64	23.95	30.68	37.69	44.91	49.21	54.70
24	-	12+269	1.87	3.13	4.19	5.33	6.53	7.25	8.19
26	-	13+578	0.04	0.39	1.46	3.15	5.40	6.95	9.14
27	-	14+001	0.04	0.22	0.44	0.73	1.08	1.30	1.61
28	Affluente Torrente Para	14+270	8.79	14.33	18.95	23.85	28.97	32.05	36.01
29	Fosso Contrada Chiavola	15+715	8.49	13.46	17.54	21.84	26.30	28.97	32.39
30	Torrente Sugarello	16+123	12.12	21.15	28.90	37.28	46.17	51.56	58.53
31	Torrente Sperlinga	16+665	8.49	15.71	22.09	29.08	36.58	41.16	47.12
32	-	17+517	3.53	6.11	8.31	10.69	13.21	14.73	16.71

Lotto1- Metodo razionale – definizione delle portate di massima piena al variare del Tr

### 5.3 PROCEDURA VA.PI.

#### 5.3.1 Metodologia di calcolo

Tale metodologia risulta del tutto analoga a quella per la stima delle curve di possibilità pluviometriche, già descritta nel paragrafo 4.2.1 (a cui si rimanda pertanto per la sua descrizione analitica).

I dati di base utilizzati sono massimi annuali delle portate istantanee; si tratta complessivamente di 27 stazioni idrometrografiche con numerosità superiore a 10 anni di osservazione. Complessivamente si hanno 588 valori di massimo annuale della portata al colmo di piena, per una numerosità media di 22 anni per stazione, ottenuti integrando i dati riportati nella Pubbl. n. 17 del SIMN con informazioni originali messe a disposizione dal Compartimento di Palermo, fino al 1982.

Al 1° livello di regionalizzazione, i redattori dello studio preso a riferimento hanno mostrato che l'Italia Appenninica, inclusa la Sicilia ed esclusa parte della Liguria, può essere considerata una zona omogenea. Particolarizzando l'analisi alla sola regione Sicilia, ed assumendo che essa sia un'unica zona idrometrica omogenea, ne risultano i seguenti parametri di forma:

$$\Lambda^* = 0,9918 \quad \Theta^* = 2,7998$$

Al secondo livello, si è suddiviso il territorio regionale in 3 sottozone omogenee, seguendo il criterio di omogeneità spaziale pluviometrico (vedi Figura 4.1).

Si riportano di seguito i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente per alcuni valori del periodo di ritorno.

**RELAZIONE IDROLOGICA**

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
KT (SZO A)	0.85	1.45	1.91	2.36	2.51	2.82	2.97	3.42	3.87	4.46	4.91
KT (SZO B)	0.83	1.51	2.04	2.57	2.74	3.1	3.26	3.78	4.3	4.99	5.51
KT (SZO C)	0.82	1.54	2.1	2.66	2.83	3.21	3.38	3.93	4.48	5.2	5.75

Valori del coefficiente di crescita  $K_T$  per le portate in Sicilia, per alcuni valori del tempo di ritorno  $T_r$

Si ricorda che l'infrastruttura in progetto ricade nella sottozona omogenea C.

Al 3° livello di regionalizzazione, per il calcolo della portata al colmo di piena istantanea viene proposta la seguente relazione:

$$\mu_Q = 3.09 \cdot A^{0.736} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

in cui con A si intende l'area del bacino, espressa in  $\text{km}^2$ .

### 5.3.2 Risultati delle elaborazioni

Come detto in precedenza la metodologia VA.PI. è stata utilizzata per la stima delle portate di piena dei corsi d'acqua maggiori (estensione del bacino maggiore di  $20 \text{ km}^2$ ) in quanto la procedura è a rigore applicabile esclusivamente a corsi d'acqua di caratteristiche simili a quelli da cui sono stati tratti i dati di base utili alla definizione della procedura stessa.

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni.

ID	Corso d'acqua	Progr.	A	$Q_{TR10}$	$Q_{TR250}$	$Q_{TR50}$	$Q_{TR100}$	$Q_{TR200}$	$Q_{TR300}$	$Q_{TR500}$
		(Km)	( $\text{km}^2$ )	( $\text{m}^3/\text{s}$ )						
25	Torrente Para	12+751	29.868	79.40	106.99	127.79	148.58	168.65	173.17	195.75

Lotto1 - Metodologia VA.PI. - definizione delle portate di massima piena al variare del  $T_r$

### 5.4 DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

Nel dimensionamento delle opere e nelle verifiche di compatibilità idraulica dei corsi d'acqua principali (estensione bacino maggiore di  $20 \text{ km}^2$ ) sono assunte quali portate di progetto i valori massimi tra quelli derivanti dall'applicazione del metodo razionale e quelli calcolati mediante la procedura VA.PI.

Per i corsi d'acqua caratterizzati da bacino inferiore a  $20 \text{ km}^2$  le portate di progetto derivano dall'applicazione del metodo razionale.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle portate ricordando che ai fini progettuali per il dimensionamento e verifica delle opere di risoluzione delle interferenze idrauliche con il tracciato id progetto si farà riferimento alle  $Q_{200}$  e  $Q_{300}$ .

ID	Corso d'acqua	Progr.	$Q_{TR10}$	$Q_{TR250}$	$Q_{TR50}$	$Q_{TR100}$	$Q_{TR200}$	$Q_{TR300}$	$Q_{TR500}$
		(Km)	( $\text{m}^3/\text{s}$ )						
0	-	-0-065	1.25	2.15	2.91	3.73	4.60	5.13	5.81
1	-	0+677	1.61	2.92	4.07	5.32	6.66	7.48	8.53
2	-	1+916	2.41	4.10	5.55	7.10	8.74	9.73	11.01
3	-	2+912	4.14	7.34	10.11	13.12	16.32	18.27	20.79
4	-	3+408	0.78	1.51	2.17	2.90	3.69	4.18	4.81
5	-	3+556	0.86	1.66	2.38	3.18	4.05	4.58	5.27

**RELAZIONE IDROLOGICA**

ID	Corso d'acqua	Progr.	Q <sub>TR10</sub>	Q <sub>TR250</sub>	Q <sub>TR50</sub>	Q <sub>TR100</sub>	Q <sub>TR200</sub>	Q <sub>TR300</sub>	Q <sub>TR500</sub>
		(Km)	(m <sup>3</sup> /s)						
6	-	3+835	0.63	1.23	1.78	2.38	3.03	3.43	3.96
7	Affluente Vallone delle Coste	4+336	0.24	1.17	2.25	3.63	5.26	6.32	7.76
8	Vallone delle Coste	4+500	26.02	39.43	50.23	61.44	72.96	79.81	88.55
9	-	5+697	1.64	2.98	4.15	5.42	6.78	7.61	8.69
10	Fosso Sorgente Sciannapurali	6+130	10.27	17.86	24.38	31.42	38.87	43.40	49.25
11	-	6+540	1.23	2.20	3.04	3.96	4.94	5.53	6.31
12	Fosso S.N.	6+788	0.55	1.33	2.09	2.96	3.94	4.56	5.37
13	Cava San Marco	7+157	12.53	21.54	29.24	37.52	46.28	51.59	58.44
14	-	7+319	0.00	0.01	0.03	0.07	0.13	0.17	0.22
15	Fosso S.N.	7+836	0.57	1.51	2.44	3.55	4.80	5.58	6.63
16	-	8+263	0.00	0.08	0.30	0.63	1.06	1.35	1.77
17	Fosso S.N.	8+778	1.35	3.08	4.72	6.60	8.68	9.98	11.70
18	-	9+086	0.48	0.87	1.21	1.57	1.97	2.21	2.52
19	-	9+434	1.31	2.37	3.29	4.29	5.36	6.01	6.86
20	Fosso S.N.	9+565	2.19	3.92	5.43	7.06	8.81	9.87	11.24
21	Fosso Contrada Cassarella	10+651	10.58	17.86	24.03	30.64	37.60	41.81	47.23
22	Fosso Contrada Coffa	10+853	15.08	25.60	34.55	44.15	54.26	60.38	68.27
23	Fosso Contrada Pezze	11+640	15.64	23.95	30.68	37.69	44.91	49.21	54.70
24	-	12+269	1.87	3.13	4.19	5.33	6.53	7.25	8.19
25	Torrente Para	12+751	79.40	106.99	127.79	148.58	168.65	173.17	195.75
26	-	13+578	0.04	0.39	1.46	3.15	5.40	6.95	9.14
27	-	14+001	0.04	0.22	0.44	0.73	1.08	1.30	1.61
28	Affluente Torrente Para	14+270	8.79	14.33	18.95	23.85	28.97	32.05	36.01
29	Fosso Contrada Chiavola	15+715	8.49	13.46	17.54	21.84	26.30	28.97	32.39
30	Torrente Sugarello	16+123	12.12	21.15	28.90	37.28	46.17	51.56	58.53
31	Torrente Sperlinga	16+665	8.49	15.71	22.09	29.08	36.58	41.16	47.12
32	-	17+517	3.53	6.11	8.31	10.69	13.21	14.73	16.71

Lotto 1 - definizione delle portate di massima piena al variare del Tr