

S.S. n.626 della "Valle del Salso"

Lotti 7° e 8° e completamento della Tangenziale di Gela
Itinerario Gela – Agrigento – Castelvetro

PROGETTO DEFINITIVO

COD. PA83

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

Responsabile Integrazioni specialistiche Dott. Ing. Giovanni Piazza

Responsabile Tracciato stradale Dott. Ing. Massimo Capasso

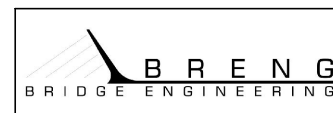
Responsabile Strutture Dott. Ing. Giovanni Piazza

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti Dott. Ing. Sergio Di Maio

Responsabile Ambiente e SIA Dott. Ing. Francesco Ventura



GRUPPO DI PROGETTAZIONE



GEOLOGO:

Geol. Enrico Curcuruto

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Maria Coppola

**IDROLOGIA E IDRAULICA
RELAZIONE IDROLOGICA**

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPPA0083 D 19

NOME FILE

T00ID00IDRRE01-A

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00ID00IDRRE01


A

-

D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	FEB 2020	D. DI LORENZO	S. DI MAIO	G. PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3.1	Identificazione dei bacini di intervento.....	7
4	IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	12
5	ANALISI IDROLOGICA	16
5.1	Caratterizzazione fisica e idrografica dei bacini tributari	16
5.2	Aggiornamento dati pluviometrici.....	20
5.3	Sezioni di controllo di particolare interesse.....	27
5.4	Uso del suolo e caratteristiche dei bacini nella stima della pioggia netta.....	28
5.5	Determinazione del tempo di corrivazione dei bacini	31
6	METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO.....	36
6.1	Criteri generali	36
6.2	Metodo SCS per la definizione delle portate al colmo.....	39
6.3	Metodo Razionale per la definizione delle portate al colmo.....	44
6.4	Sintesi dei risultati.....	47
7	ANALISI DEI RISULTATI IDROLOGICI.....	48
8	APPENDICE – DATI DI PIOGGIA STAZIONI PLUVIOMETRICHE GELA, DIGA COMUNELLI E DIGA DISUERI.....	56

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

1 PREMESSA

La presente relazione idrologica è stata redatta nell'ambito del progetto definitivo dei lavori per la realizzazione del collegamento tra la S.S.626 in corrispondenza dello svincolo di Butera e la S.S.117bis in prossimità della tangenziale di Gela realizzata dall'ASI di Gela.

L'intervento ricade nei Comuni di Butera e Gela. L'infrastruttura rappresenta un'opera strategica per la Sicilia meridionale tra le province di Agrigento, Caltanissetta e Ragusa, poiché si inserisce nel nodo stradale costituito dalla S.S.117bis e la S.S.626 Caltanissetta-Gela, recentemente ammodernata.

L'intervento è inserito, con codice PA 83, nel Contratto di Programma 2016-2020 sottoscritto tra Ministero delle Infrastrutture ed Anas, approvato con Delibera CIPE n. 65 del 7 agosto 2017, pubblicata sulla gazzetta Ufficiale n. 292 del 15 dicembre 2017.

Il tracciato della nuova viabilità di scorrimento si sviluppa per circa 15 km a Nord della SS 115, attraversa la piana di Gela con una successione di rettifili e curve, si allaccia ad Ovest alla S.S. 626 in corrispondenza dell'ultimo tratto realizzato e termina poco prima dell'intersezione con la S.S.117bis. Altimetricamente il tracciato prevede ampi tratti su rilevato che consentono la realizzazione delle opere di attraversamento idraulico ed una opportuna sopraelevazione del corpo stradale dalla piana alluvionale.

I tratti in rilevato sono intervallati da viadotti per il superamento delle incisioni più importanti. Tra le opere principali si segnalano dieci viadotti e una galleria artificiale. Sono anche previsti cinque svincoli in corrispondenza delle viabilità principali interferenti.

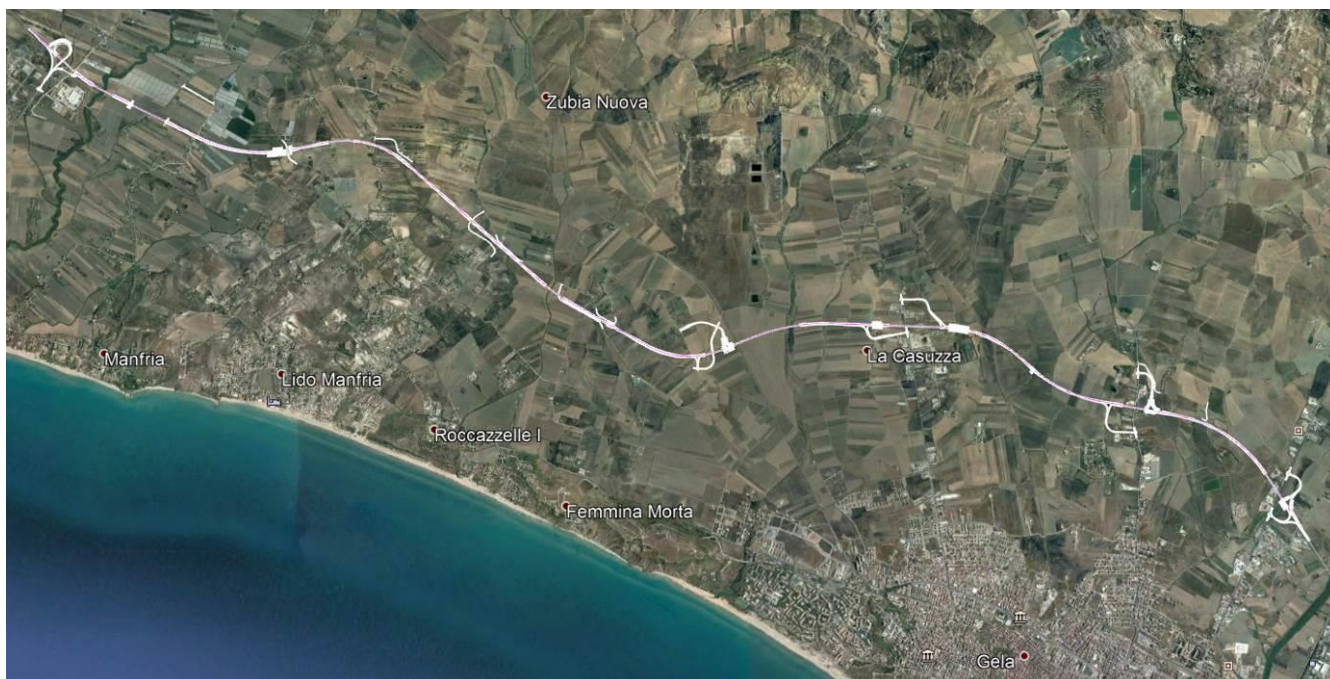



Fig. 1.1 – Inquadramento generale con indicazione dell'asse stradale

Nel presente studio idrologico è stata definita la soluzione progettuale prescelta che corrisponde a quella che garantisce le più opportune connessioni funzionali tra la viabilità esistente e consente nel contempo la minimizzazione delle interferenze idrauliche.

Lo studio idrologico sviluppato nell'ambito del progetto definitivo in questione ha riguardato l'analisi e l'elaborazione critica dei dati di pioggia; la caratterizzazione idrologica dei bacini interessati dall'opera; la definizione dei rapporti opere-reticolo idrografico e la quantificazione delle portate da questo trasportate per differenti tempi di ritorno.


Da un punto di vista idraulico l'area d'interesse per lo studio ricade all'interno dell'area territoriale del Torrente Comunelli (bacino 076 P.A.I.) e l'area territoriale tra il bacino del fiume Gela e il bacino del Torrente Comunelli (bacino 075 P.A.I.).

L'inquadramento normativo connesso alle attività idrauliche ha consentito di poter delimitare i vincoli attorno ai quali costruire/inserire l'intervento. Nel quadro complessivo, si porrà particolare attenzione alle norme regionali definite dal Distretto Idrografico (PAI e Direttiva Alluvioni). Lo studio idrologico sviluppato è coerente con i più recenti approcci consolidati in Regione Sicilia e ha previsto la preliminare definizione del reticolo

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

idrografico. Il reticolo è stato mappato mediante diversi livelli cartografici, che comprendono la carta IGM 25.000, la CTR 10.000, il rilievo DTM 1x1 m regionale.


Definito il reticolo, sono state individuate le interferenze con le nuove opere stradali che con quelle esistenti, oltre ai bacini ad esse sottesi, il tutto così come rappresentato per le quali nell'elaborato grafico PA83_T00ID00IDRCO01A che riporta la corografia dei bacini cui si rimanda.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le analisi sono state svolte nel rispetto della seguente normativa regionale e nazionale:

- R.D. n° 523 del 1904 e ss.mm.ii;
- Legge 18 maggio 1989, n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" integrata dalla Legge 7 agosto 1990, n. 253 "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989;
- D.Lgs. n°152 del 2006;
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 06/06/2001 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617. C.S.LL.PP.;
- NTC2018 Norme Tecniche per le Costruzioni;
- N.T.A. e Linee Guida del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, con valore di Piano Territoriale di Settore ;
- Piano di Gestione del Rischio di alluvioni. Direttiva 2007/60/CE del 23 ottobre 2007.


S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in studio ricade nei Comuni di Butera e Gela. In un'area geograficamente inquadrabile nel settore meridionale tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Torrente Comunelli tra le province di Agrigento, Caltanissetta e Ragusa.

Il contesto territoriale su cui si sviluppa l'infrastruttura in progetto è caratterizzato da deboli rilievi, per lo più sede di attività agricole più o meno intensive, e tra gli elementi localmente caratterizzanti l'ambito paesaggistico è da citare l'invaso artificiale Comunelli, nel territorio del comune di Butera, che interessa un'area subito a monte dell'infrastruttura. A valle dell'infrastruttura in progetto troviamo invece il centro urbano di Gela e l'ampia zona industriale del petrolchimico. Questa fascia costiera ha subito a partire dagli anni '70 uno sviluppo, a causa della rapidità con cui è avvenuto, disordinato e poco rispettoso del contesto naturale. Questo fenomeno emerge dall'esame del reticolo idrografico che attraversa il centro urbano gelese e che in molti casi è interessato da opere di regimazione e canalizzazione che non tengono conto delle vigenti normative e che risulta in molti casi del tutto disordinato e inadeguato a smaltire le portate di progetto imposte dalle normative che è stato necessario tenere conto nella progettazione delle opere idrauliche che interferiscono con la nuova infrastruttura stradale in progetto.

Tale aspetto è risultato particolarmente significativo nello svolgimento della progettazione idraulica. Infatti, a parte il caso dei tre principali corsi d'acqua che attraversano il territorio del centro abitato di Gela: Comunelli, Gattano (che assume denominazioni diverse: torrente Serpente, vallone Bruca) e Roccazzelle, il rimanente reticolo idraulico caratterizzato da piccoli torrenti, incisioni e fossi, si sviluppa a valle della strada in progetto, con caratteristiche geomorfologiche che ne fanno perdere in gran parte dei casi le vere e proprie caratteristiche di un reticolo di alvei di raccolta delle acque e che in quasi tutti i casi lo rendono assolutamente inidoneo allo smaltimento delle portate di progetto.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

In altri termini le opere di attraversamento idraulico della strada sono state dimensionate e verificate per garantire il passaggio della portata calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, non tenendo conto, poiché esula dall'oggetto dell'incarico e dagli oneri dell'ANAS, della assoluta inadeguatezza del reticolo idrografico di valle (e spesso anche di monte) allo smaltimento di tali portate.

3.1 Identificazione dei bacini di intervento

Sulla base di altri studi di settore (Piano di Gestione del Distretto Idrografico Sicilia), comunque collegati e pertinenti alle attività previste nel presente studio, il territorio interessato dall'opera è stato suddiviso in diciotto sub-bacini, ognuno dei quali caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche. Tali sub-bacini sono rappresentati nella seguente figura 3.1.1; PA83_T00ID00IDRCO01A.

Come può osservarsi dalla figura, percorrendo il tracciato stradale da ovest verso est, questo interferisce in generale con tre bacini principali di "livello 0", che sfociano a mare, denominati **Torrente Comunelli, Rio Roccazzelle e Vallone Bruca (Gattano)** – di cui solo per il primo e per il terzo il PAI ha individuato le zone di pericolosità idraulica, come si dirà in avanti - ed in particolare con i reticoli di vario livello dei suddetti bacini.



Figura 3.1.1 –Corografia dei bacini.

La fase preliminare dello studio ha previsto la definizione del reticolo idrografico, mappato mediante diverse basi cartografiche quali la carta IGM 1:25000 (L.68 2 Febbraio 1960) la CTR 1:10000, il rilievo DTM 2x2 m regionale e il rilievo speditivo di campagna. Attraverso questi strumenti è stato possibile individuare i diversi livelli di reticolo che interferiscono con le opere in progetto.

Definito il reticolo, sono state individuate le interferenze con le opere stradali esistenti e in progetto, oltre ai limiti di bacino idrografico afferenti a ciascuno dei corsi d'acqua.

Può affermarsi che la zona dove si inserisce l'infrastruttura è caratterizzata da interferenze con corsi d'acqua di grandi dimensioni in termini di lunghezze, portate o

dimensioni dell'alveo, sia anche da una serie di interferenze con corpi idrici minori, caratterizzati da deflusso a carattere stagionale, se non addirittura occasionale, che tuttavia, in non pochi casi, sono caratterizzati da portate anche piuttosto rilevanti, in occasione degli eventi imposti dalla normativa vigente più volte citata ($T_r = 200$ anni).

Tale reticolo idraulico si sviluppa nella piana che, in particolare a ridosso dell'abitato di Gela, è caratterizzata da un forte insediamento urbano con linee di deflusso di capacità molto modesta.

I principali corsi d'acqua interessati dal tracciato stradale sono (procedendo da Ovest verso Est): il torrente Burgio, il torrente Comunelli, il torrente Scozzarella, il Rio Rabbito, il Rio Roccazzelle, il Vallone Salito, il Vallone Bruca, il torrente Gattano, il Vallone Casalini, il Vallone Solera. Sono inoltre presenti numerosi corsi d'acqua minori, talvolta assimilabili a fossi. Qui di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle maggiori interferenze idrauliche e delle opere in progetto necessarie per risolverle. Come sarà illustrato in dettaglio nel seguito, nel presente studio saranno valutate le portate di progetto per ciascuna di esse.

Tabella 3-1 Riepilogo delle maggiori interferenze idrauliche del nuovo asse viario

BACINO PRINCIPALE	ID BACINO SOTTESO	Asta Fluviale	Superficie bacino sotteso alla sezione A [km ²]	Attraversamento		
				PK	tipologia	Opera
Torrente Comunelli	01	Torrente Burgio	4.2	0+613.00	Viadotto	VI01
	02	Torrente Comunelli	89.5	1+071.93	Viadotto	VI02
	03	Sx T. Comunelli	5.9	1+662.76	Viadotto	VI03
	04	Dx Scozzarella	1.2	2+991.13	Tombino	Scatolare 2x2
	05	Torrente Scozzarella	1.2	3+220.00	Tombino	Scatolare 4x3
Rio Roccazzelle	06	Rio Rabbito	1.4	5+649.47	Tombino	Scatolare 4x3
	07	Dx Rio Roccazzelle	0.8	6+384.04	Tombino	Scatolare 3x2.5
	08	Rio Roccazzelle	10.8	6+653.54	Viadotto	VI05
	09	Vallone Salito	2.2	8+517.61	Viadotto	VI06
Vallone Bruca (Gattano)	10	Vallone Bruca	27.3	9+483.60	Viadotto	VI11
	11	Torrente Gattano	1.1	9+805.28	Tombino	Scatolare 4x3
	12	Vallone Casalini	5.1	11+571.81	Tombino	Scatolare 5x3
	12 bis	Sx V. Casalini	0.3	12+188.00	Tombino	Scatolare 3x2.5
	13	Dx Vallone Solera	1.2	13+357.93	Viadotto	VI08
	14	Vallone Solera	7.8	13+615.85	Tombino	Scatolare 10x3
	15	Sx Vallone Solera	2.0	14+524.54	Tombino	Scatolare 3x2.5
	16	Fosso1	0.7	14+848.82	Tombino	Scatolare 3x2.5
17	Fosso2	1.0	15+378.17	Tombino	Scatolare 2x2	

É' opportuno mettere in evidenza che nell'ambito del PAI sono individuate due zone di pericolosità idraulica interferenti le opere in progetto: il Torrente Comunelli e il Torrente Bruca (Gattano), rispettivamente aventi un bacino di 104,8 km² e 44,6 km² alla foce.

Nelle Figure 3.1.2 e 3.1.3 sono riportati gli stralci del PAI con indicazione delle aree di pericolosità relative ai sopra citati torrenti, nell'area interessata dalla strada in progetto.

Nelle tavole di progetto PA83_T00ID00IDRPL17A/18A sono riportate nel dettaglio, a scala maggiore, le planimetrie delle aree di pericolosità idraulica indicati nel PAI con riferimento alle opere in progetto.

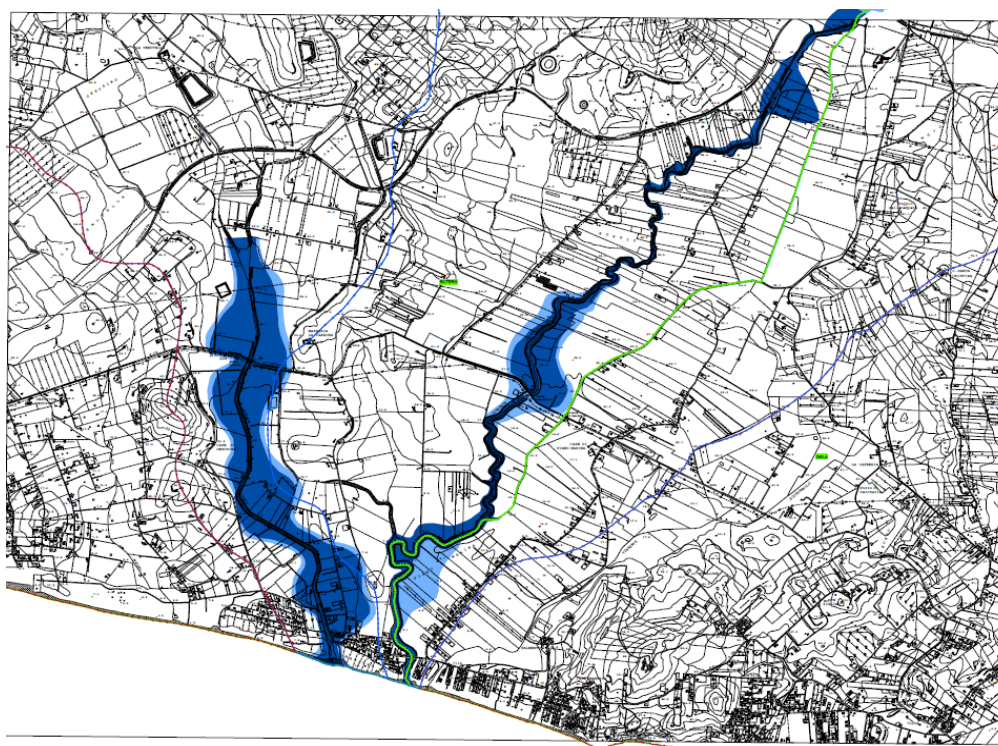


Figura 3.1.2: Carta pericolosità idraulica Torrente Comunelli.

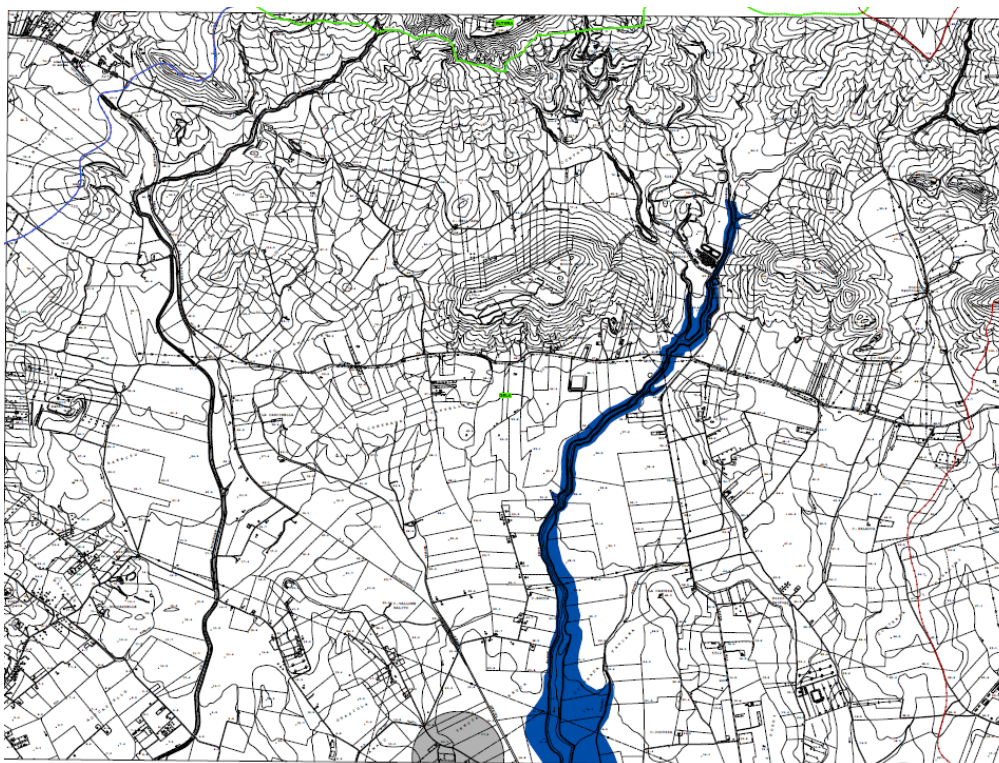



Figura 3.1.3: Carta pericolosità idraulica Torrente Bruca

Nello studio si è quindi proceduto alla caratterizzazione fisiografica dei suddetti 18 bacini e di questi sono state valutate le caratteristiche plano-altimetriche nonché fisiografiche. Tali informazioni verranno meglio esplicitate nei capitoli a seguire.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

4 IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico è stato redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

In particolare il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è stato approvato, ai sensi dell'articolo 130 della legge regionale 7 maggio 2001, n. 6, su proposta dell'Assessore regionale per il territorio e l'ambiente, con decreto del Presidente della Regione, previa delibera della Giunta Regionale che si è espressa sulla proposta tenuto conto del parere della Conferenza Programmatica, alla quale partecipano i comuni e le province interessati.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Il PAI ha definito pericolosità idraulica e rischio non a livello estensivo sul reticolo principale e secondario ma solo in tronchi potenzialmente critici ai fini dello smaltimento della portata di piena, individuati secondo le metodologie descritte nelle Linee Guida allegate alla Relazione generale di piano. In tali tratti sono state definite 4 classi di pericolosità idraulica corrispondenti a tempi di ritorno crescenti, come descritto nella tabella seguente.

Tabella 4-1 - PAI classi di pericolosità idraulica

Pericolosità		Frequenza (1/T)	Periodo di ritorno (T anni)
H_{i1}	bassa	0.002	500
H_{i2}	moderata	0.005	200
H_{i3}	alta	0.010	100
H_{i4}	molto alta	0.020	50

In corrispondenza di tali tratti critici sono quindi stati definiti gli elementi soggetti a rischio (E) di essere colpiti da eventi calamitosi; tali elementi sono stati suddivisi in coerenza con la normativa vigente, secondo le seguenti classi.

Tabella 4-2 - PAI classi elementi a rischio

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree escluse dalle definizioni E2, E3 ed E4. Zona boschiva. Zone di protezione ambientale con vincolo estensivo (p.e. vincolo Galasso). Zone falesie costiere con possibilità di frequentazione.	0,25
E2	Zona agricola generica. Infrastrutture puntuali per le telecomunicazioni. Zone di protezione ambientale con vincolo specifico ma non puntuale (p.e. parchi, riserve...).	0,50
E3	Infrastrutture pubbliche (altre infrastrutture viarie e fondo artificiale, ferrovie, oleodotti, elettrodotti, acquedotti, bacini artificiali). Zone per impianti tecnologici e discariche di R.S.U. ed assimilabili, zone di cava e zone minerarie attive e non, discariche minerarie di residui di trattamento, zona discarica per inerti. Beni naturali protetti e non, beni archeologici. Zona agricola irrigua o ad alta produttività, colture strategiche e colture protette. Specchi d'acqua con aree d'acquacoltura intensiva ed estensiva. Zona di protezione ambientale puntuale (monumenti naturali e assimilabili).	0,75
E4	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità; nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane poco abitate; edifici sparsi; nuclei urbani non densamente popolati; aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); Zona discarica rifiuti speciali o tossico nocivi. Zona impianti industriali ad elevato rischio potenziale. Aree di intensa frequentazione turistica. Beni architettonici, storici e artistici. Infrastrutture pubbliche strategiche (strade statali). Porti vari, aeroporti, stazioni.	1

In questo modo, posta cautelativamente la Vulnerabilità pari a 1, è stato possibile definire le diverse classi di rischio secondo l'usuale formula:

$$R_i = H_i \cdot E \cdot V$$

Le classi di rischio adottate nel PAI conformi alla normativa in materia sono descritte nella seguente tabella.


S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

Tabella 4-3 - PAI classi di rischio idraulico


Rischio idraulico			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
R ₁₁	Moderato	≤ 0,002	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R ₁₂	Medio	≤ 0,005	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
R ₁₃	Elevato	≤ 0,01	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
R ₁₄	Molto elevato	≤ 0,02	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

Dall'analisi del PAI della Regione Sicilia emergono come aree di pericolosità idraulica dei corsi d'acqua che interferiscono con la strada in progetto esclusivamente il Torrente Comunelli e il Vallone Bruca.


Le planimetrie di pericolosità idraulica dedotte dal PAI per i due torrenti sopracitati (Comunelli e Bruca), in corrispondenza delle opere stradali interferenti, sono riportate nelle tavole di progetto PA83_T00ID00IDRPL17A/18A.

In questa fase progettuale si è ritenuto necessario svolgere lo studio del rischio idraulico non solo per i due torrenti analizzati nel PAI, ma anche per il torrente Roccazzelle che presenta caratteristiche affini, relativamente a dimensioni e portate, a quelle del Vallone Bruca. A questi, che sono i maggiori, si è aggiunta lo studio del rischio idraulico per tutti i torrenti aventi portata con $T_r=200$ anni superiore a 50 mc/s. Questi sono il Torrente Burgio, il Torrente alla sinistra del Comunelli (Comunelli EST) e il Vallone Solera.

La valutazione delle aree interessate dalle acque, in corrispondenza dei sopracitati tre torrenti nelle aree interferenti l'intervento in progetto, è stata sviluppata, in accordo alle prescrizioni di capitolato nelle condizioni ante e post operam, con riferimento alla portata calcolata per un tempo di ritorno (T_r) di 200 anni.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

Inoltre, sui corsi d'acqua maggiori interferenti con l'opera con portata al colmo maggiore di 50 mc/s in corrispondenza del Tr 200 anni, sono state sviluppate le modellazioni idrauliche per l'identificazione delle aree di esondazione, i cui risultati sono illustrati nella Relazione Idraulica e nelle correlate specifiche tavole di progetto.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

5 ANALISI IDROLOGICA

In questa fase dello studio si è proceduto secondo i seguenti passi:

- Individuazione dei bacini tributari e loro caratterizzazione fisica e idrografica;
- Analisi e aggiornamento dei dati di pioggia (riportati in appendice)
- Individuazioni sezioni di controllo di particolare interesse;
- Valutazione dell'uso del suolo e caratteristiche dei bacini;
- Calcolo del Tempo di Corrivazione dei bacini e del CN.


5.1 Caratterizzazione fisica e idrografica dei bacini tributari

La caratterizzazione fisiografica dei bacini individuati è stata eseguita mediante le seguenti basi:

- DEM (maglia 2 x 2 m);
- CTR 1:10.000;
- Tavole IGM scala 1:25.000;
- Ortofoto.

Per ciascun bacino individuato, sono state valutate le seguenti grandezze:

- **Superficie del bacino S** [km²]: da elaborazione GIS; la superficie è calcolata sulla base del DEM, in relazione al poligono chiuso che individua ciascun singolo bacino idrografico;
- **Perimetro del bacino P** [km]: da elaborazione GIS; la linea è calcolata sulla base del DEM, in relazione al poligono chiuso che individua ciascun singolo bacino idrografico;
- **Altitudine massima H_{max}** [m.s.l.m.], **altitudine minima** (altitudine sezione di chiusura) **H_{min}** [m.s.l.m.]: da elaborazione GIS, direttamente dalla base del DEM, come risultato di un'analisi di tipo statistico (valore minimo e massimo) delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante il bacino analizzato;

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

- **Altitudine media H_{media}** [m.s.l.m.]: elaborazione numerica direttamente dal DEM, relativa al bacino indagato e riferita alla sezione di chiusura posta in corrispondenza del punto di interferenza del corso d'acqua con l'asse stradale;
- **Pendenza media del bacino i_v** [%]: da elaborazione GIS direttamente dalla base del DEM, come risultato dell'analisi delle pendenze medie delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante il bacino idrografico analizzato;
- **Lunghezza dell'asta L_{max}** [km]: calcolo automatico in GIS della lunghezza dei segmenti rappresentanti i corsi d'acqua digitalizzati, intesa come percorso idraulico più lungo all'interno del bacino idrografico analizzato.

I bacini idrografici individuati sono diciotto, di seguito denominati secondo una progressione numerica e rappresentati nella Corografia dei bacini idrografici principali (PA83_T00ID00IDRCO01A), cui si rimanda e rappresentata in figura 3.1.1.

Questi rappresentano la porzione di territorio che, in seguito alle precipitazioni, genera deflusso attraverso la sezione di chiusura coincidente con il punto di interferenza tra i corsi d'acqua individuati e l'infrastruttura stradale oggetto degli interventi. Per ogni bacino sono stati valutate le caratteristiche geomorfologiche elencate nel seguito.

In particolare, sono state calcolate le grandezze che descrivono l'orografia e la planimetria del luogo e tutti i parametri altimetrici necessari alla definizione del bacino, quali:

- Pendenza media dell'asta principale i [%], data dal rapporto tra il dislivello tra sorgente e sezione di chiusura del bacino e la lunghezza dell'asta;
- Altezza massima e minima del bacino H_{max} e H_{min} ;
- Altezza massima e minima dell'alveo h_{max} e h_{min} ;
- Altezza media del bacino H_{media} ,

I valori delle grandezze elencate sono riportati nelle Tabella seguente.

Tabella 5-1 Caratteristiche dei bacini idrografici

BACINO		ASTA FLUVIALE				BACINO IDROGRAFICO					
ID	Denominazione	L [km]	H _{max} [m]	H _{min} [m]	i [%]	A [km ²]	H _{max} [m]	H _{min} [m]	H _{media} [m]	i [%]	P [km]
01	T.Burgio	3.3	83.1	25.4	2.8	4.2	319.8	24.9	103.9	17.4	16.1
02	Torrente Comunelli	30.8	418.7	21.4	2.9	89.5	603.9	20.7	303.0	21.1	92.9
03	SX T. Comunelli	5.2	97.6	25.1	1.8	5.9	239.6	24.2	85.9	9.1	20.2
04	Dx Scozzarella	1.4	47.2	26.8	2.0	1.2	122.4	26.4	57.7	5.4	9.7
05	Torrente Scozzarella	1.3	54.8	29.1	2.9	1.2	121.6	27.3	65.0	7.8	8.8
06	Rio Rabbito	2.6	81.7	21.3	2.7	1.4	118.9	19.5	50.1	10.3	9.2
07	DX Rio Roccazzelle	2.9	56.4	15.5	1.8	0.8	116.7	15.5	38.1	4.5	10.0
08	Rio Roccazzelle	6.4	157.4	14.2	3.6	10.8	256.7	14.2	83.0	13.0	23.7
09	Vallone Salito	3.4	127.8	19.9	4.0	2.2	200.5	20.1	43.9	6.2	12.3
10	Vallone Bruca	19.0	382.7	21.3	3.2	27.3	451.0	21.5	199.5	20.1	66.0
11	Torrente Gattano	0.8	30.6	22.4	1.7	1.1	78.4	22.4	38.6	5.9	8.3
12	Vallone Casalini	3.6	95.5	22.8	3.0	5.1	251.8	22.6	85.8	11.6	18.3
12 bis	SX V. Casalini	0.8	44.0	22.5	3.1	0.3	51.9	22.5	37.3	5.5	1.2
13	DX Vallone Solera	2.0	35.4	14.4	3.4	1.2	57.2	14.3	29.0	5.5	6.0
14	Vallone Solera	6.2	242.8	13.9	6.1	7.8	311.0	13.2	119.2	11.5	21.7
15	SX Vallone Solera	3.1	31.4	20.0	2.8	2.0	80.6	18.1	37.1	8.0	7.2
16	Fosso1	2.0	27.4	17.8	3.3	0.7	29.8	17.4	21.4	2.3	5.1
17	Fosso2	2.0	25.6	17.5	2.3	1.0	32.2	16.7	22.6	2.4	7.4

Partendo dalle informazioni di carattere planimetrico è stata caratterizzata la forma del bacino attraverso i seguenti indici:

- **Fattore di circolarità:** esprime la somiglianza con un bacino di forma circolare avente lo stesso perimetro P

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

$R_c \rightarrow 1$ forma tondeggiante;

$0.4 < R_c < 0.5$ forme ovali;

$R_c < 0.4$ forme allungate.

- **Fattore di uniformità:** è dato dal rapporto tra il perimetro del bacino e quello di un cerchio di uguale area.

$$R_u = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

- **Fattore di allungamento:** è il rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area A e la lunghezza L dell'asta principale:

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

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti:


Tabella 5-2 Parametri di forma dei bacini idrografici

ID BACINO	Asta Fluviale	A [km ²]	P [km]	L [km]	R _c	R _u	E
01	T.Burgio	4.2	16.1	3.3	0.2	2.2	0.7
02	Torrente Comunelli	89.5	92.9	30.8	0.1	2.8	0.3
03	SX T. Comunelli	5.9	20.2	5.2	0.2	2.3	0.5
04	Dx Scozzarella	1.2	9.7	1.4	0.2	2.5	0.9
05	Torrente Scozzarella	1.2	8.8	1.3	0.2	2.3	1.0
06	Rio Rabbito	1.4	9.2	2.6	0.2	2.2	0.5
07	DX Rio Roccazzelle	0.8	10.0	2.9	0.1	3.2	0.3
08	Rio Roccazzelle	10.8	23.7	6.4	0.2	2.0	0.6
09	Vallone Salito	2.2	12.3	3.4	0.2	2.3	0.5
10	Vallone Bruca	27.3	66.0	19.0	0.1	3.6	0.3
11	Torrente Gattano	1.1	8.3	0.8	0.2	2.2	1.4
12	Vallone Casalini	5.1	18.3	3.6	0.2	2.3	0.7
12 bis	SX V. Casalini	0.3	1.2	0.8	2.3	0.7	0.7
13	DX Vallone Solera	1.2	6.0	2.0	0.4	1.6	0.6
14	Vallone Solera	7.8	21.7	6.2	0.2	2.2	0.5
15	SX Vallone Solera	2.0	7.2	3.1	0.5	1.4	0.5
16	Fosso1	0.7	5.1	2.0	0.3	1.7	0.5
17	Fosso2	1.0	7.4	2.0	0.2	2.1	0.6

5.2 Aggiornamento dati pluviometrici

La zona interessata dal bacino imbrifero è caratterizzata da un regime pluviometrico di tipo mediterraneo, con addensamento delle piogge nel semestre invernale-primaverile (da ottobre a marzo).

Nell'area di influenza del bacino imbrifero delle sezioni considerate ricadono le stazioni pluviometriche di "Diga Comunelli", "Diga Disueri" e "Gela" come si evince nella corografia dei bacini PA83_T00ID00IDRCO01A.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

Di tali stazioni si riportano in allegato le serie storiche delle altezze di pioggia massime annuali relative ad intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.


I dati di pioggia utilizzati nel PAI della regione Sicilia, redatto nel 2003 si fermano al 1998. Tali dati sono stati elaborati sotto forma di mappe dei parametri della curva di possibilità pluviometrica ottenuta dall'interpolazione spaziale (tipo kriging) dei dati di pioggia registrati dalle stazioni pluviografiche ricadenti nel territorio regionale siciliano ed aventi almeno dieci anni di funzionamento anche non consecutivo (relativi al periodo 1929-1998). con questi dati di pioggia le altezze di pioggia sono state ottenute mediante l'elaborazione delle carte iso-a iso-n del PAI tramite il software QGIS.

In questa sede si è effettuato l'aggiornamento dei dati di pioggia partendo dalle analisi statistiche sui dati fino al 2015.

In particolare, gli aggiornamenti apportati alle tre stazioni pluviometriche sono i seguenti:

- Stazione pluviometrica "Gela" gli anni di osservazione sono 46 fino al 1998 a cui si aggiungono altri 12 anni fino al 2015 per un totale di 58 anni di osservazioni.
- Stazione pluviometrica "diga Comunelli" i dati disponibili fino al 1998 sono 21 a cui si aggiungono altri 10 anni di osservazioni fino al 2015, per un totale di 31 anni di osservazioni.
- Stazione pluviometrica "diga Disueri" fino al 1998 gli anni osservati sono 25 dal 1952 al 1998 a cui si aggiungono 11 anni dal 1999 al 2015 per un totale di 36 anni di osservazioni.

Aggiungendo pertanto le osservazioni dal 1998 al 2015 si ha quindi una variazione sostanziale alla stima dei valori di pioggia come si vede dal confronto tra le altezze di pioggia ricavate dalle curve di possibilità pluviometrica ottenute. In particolare, per le ultime due stazioni l'analisi statistica si basa ora su un campione di dati molto maggiore

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

rispetto a quella disponibile all'atto di predisposizione del PAI e quindi come era lecito attendersi, ciò conduce a diversi e maggiormente attendibili valori.

Le CPP (Curve di Possibilità Pluviometrica), caratteristiche per ogni stazione pluviometrica permettono di determinare per ogni durata dell'evento l'altezza di pioggia temibile. Esse sono state costruite sia sulla base dati di pioggia utilizzati dal PAI (sino al 1998), sia con riferimento ai dati attualmente disponibili (sino al 2015), per tempi di ritorno T di piena ordinaria, pari a 5, 10 e 25 anni, e tempi di ritorno T più elevati, pari a 50,100,200, 300 e 500 anni, per poter definire al meglio il rischio idrogeologico seguendo le procedure del PAI. La distribuzione di probabilità di Gumbel adattata ai dati di pioggia trova vasta applicazione nel caso di serie di dati estremi. Secondo Gumbel la funzione di distribuzione limite, ossia di distribuzione cumulata, CDF, definita per $x > 0$, è:

$$F_x(x) = \exp [- e^{-(x-v)/\alpha}]$$


La distribuzione Gumbel è una distribuzione biparametrica, dove il parametro di locazione v coincide con la moda della distribuzione, poiché $df(x)/dx=0$, mentre il parametro di scala α rappresenta una misura di dispersione. Entrambi i parametri si possono stimare con il metodo dei momenti, ossia eguagliando i momenti della popolazione a quelli del campione; in tal caso, essendo due i parametri da stimare, si sono eguagliati solo i momenti del primo (media) e del secondo ordine (varianza).

Per la distribuzione di Gumbel, applicando il metodo dei momenti, si sono calcolati α e v con le seguenti relazioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{s} \quad v = \bar{x} - \frac{0.5772}{\alpha}$$

Dove \bar{x} e s sono rispettivamente pari a media e scarto quadratico medio della distribuzione per ogni durata, determinati con le seguenti formule:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{v=1}^N x_v}{N} \quad s = \frac{\sum_{v=1}^N (x_n - \bar{x})}{N-1}$$

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

Nell'applicare il metodo descritto, si sono considerati per le stazioni pluviometriche di Gela, diga Comunelli e diga Disueri le piogge di massima intensità, per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore, nel periodo fino al 2015 (vedi Tabelle in Appendice). Si sono determinati i valori di media, scarto quadratico medio, α e v per ciascuna durata di pioggia.

Fissati i tempi di ritorno per determinare la CPP, ovvero le altezze di precipitazione per le varie durate di pioggia ed in riferimento ai tempi di ritorno sono usate delle leggi teoriche (con espressione analitica nota) che ben si sono adattate alla curva empirica di distribuzione di probabilità costruita con i dati campionari qui usati. L'espressione analitica della legge di Gumbel in forma esplicita è:

$$h_{d,T} = v_d - (1/\alpha_d) * \ln [\ln (T / (T-1))]$$

Calcolati, α e v si sono ricavate le altezze di precipitazione per ogni tempo di ritorno ($T = 5, 10, 25, 50, 100, 200, 300$ e 500 anni).

Noti i quantili per le varie durate di pioggia si sono disposti questi valori su un diagramma (h, d). Si sono calcolati, allora, una serie di punti interpolabili da una curva con equazione del tipo:

$$h = a * d^n$$

che rappresenta la Curva di Probabilità Pluviometrica, per fissato tempo di ritorno. Questa curva fornisce, per fissato tempo di ritorno e per fissata durata, la massima altezza di pioggia complessiva dell'evento. Tuttavia, in genere la CPP si costruisce su scala logaritmica, ovvero i quantili sono regolarizzati tramite diagrammi del tipo ($\log h, \log d$), poiché dal grafico ottenuto si estrapolano la pendenza della retta che corrisponde al valore di nT ed il valore dell'intercetta di cui si è fatto l'esponenziale, corrispondente ad aT . Qui di seguito si è scelto di riportare nel grafico le CPP solo per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 300 in quanto questi sono i dati di maggior interesse per effettuare il raffronto col PAI.

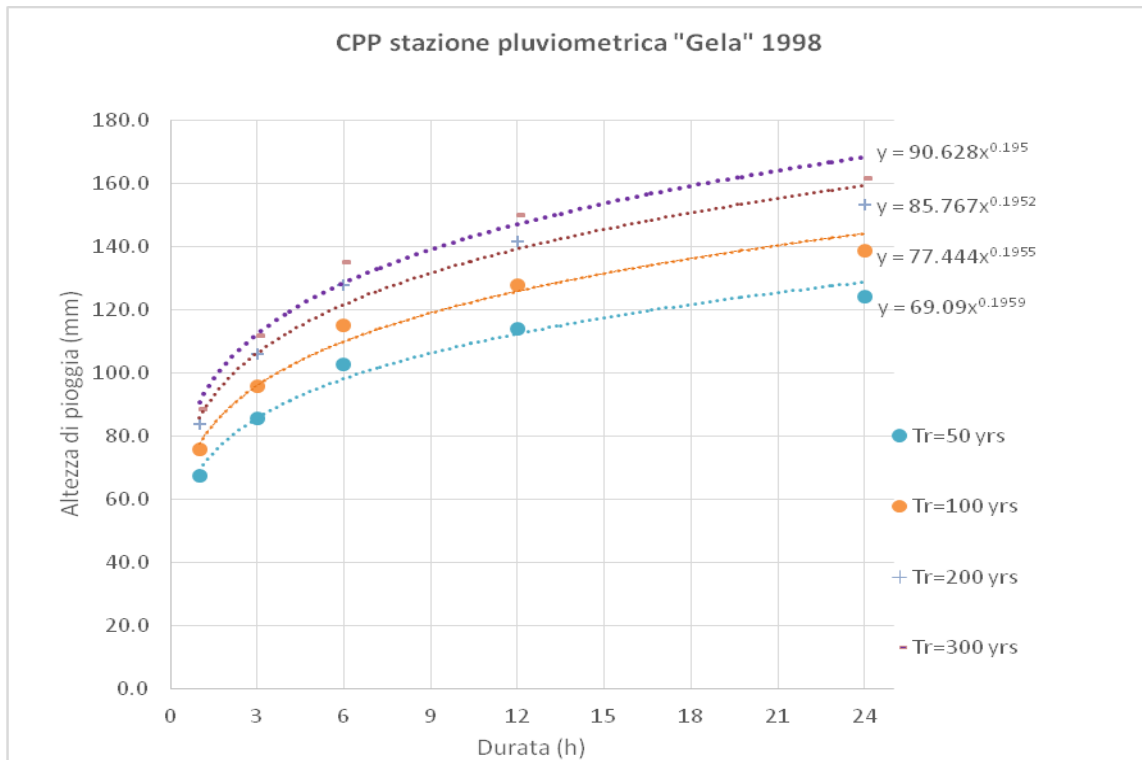


Figura: 5.2.1 – CPP stazione Gela dati fino al 1998

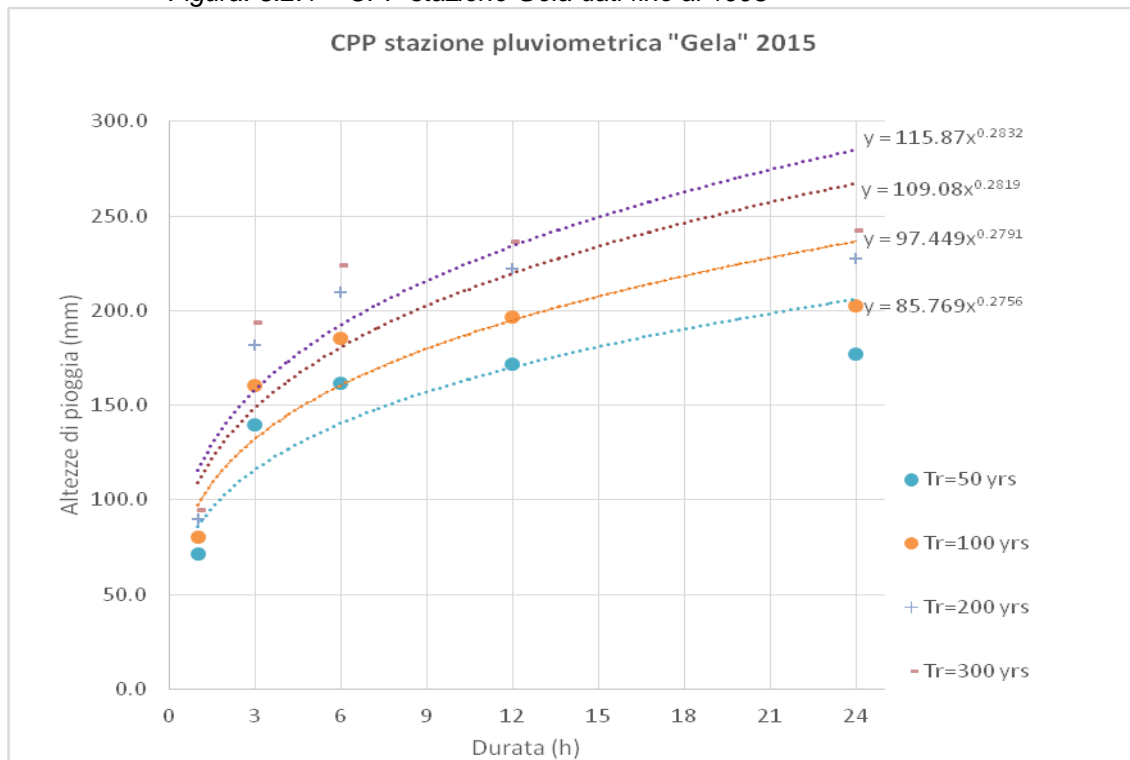


Figura: 5.2.2 – CPP stazione Gela dati aggiornati al 2015

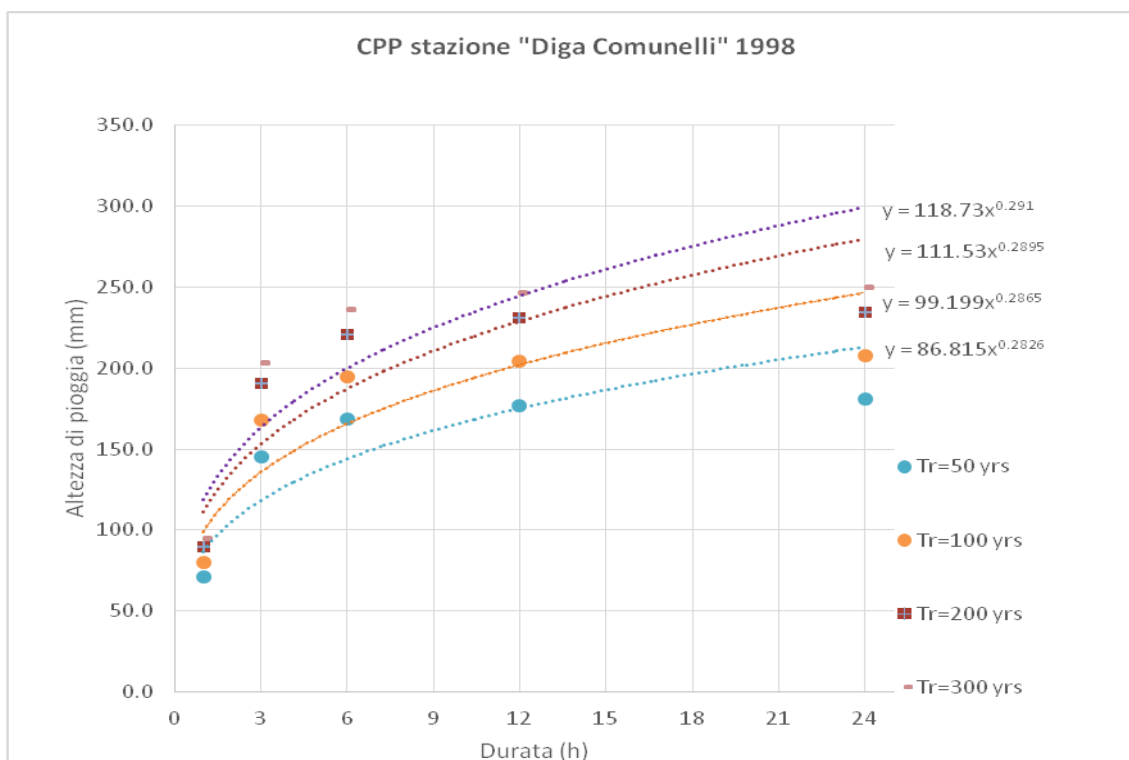


Figura: 5.2.3– CPP stazione diga Comunelli dati fino al 1998

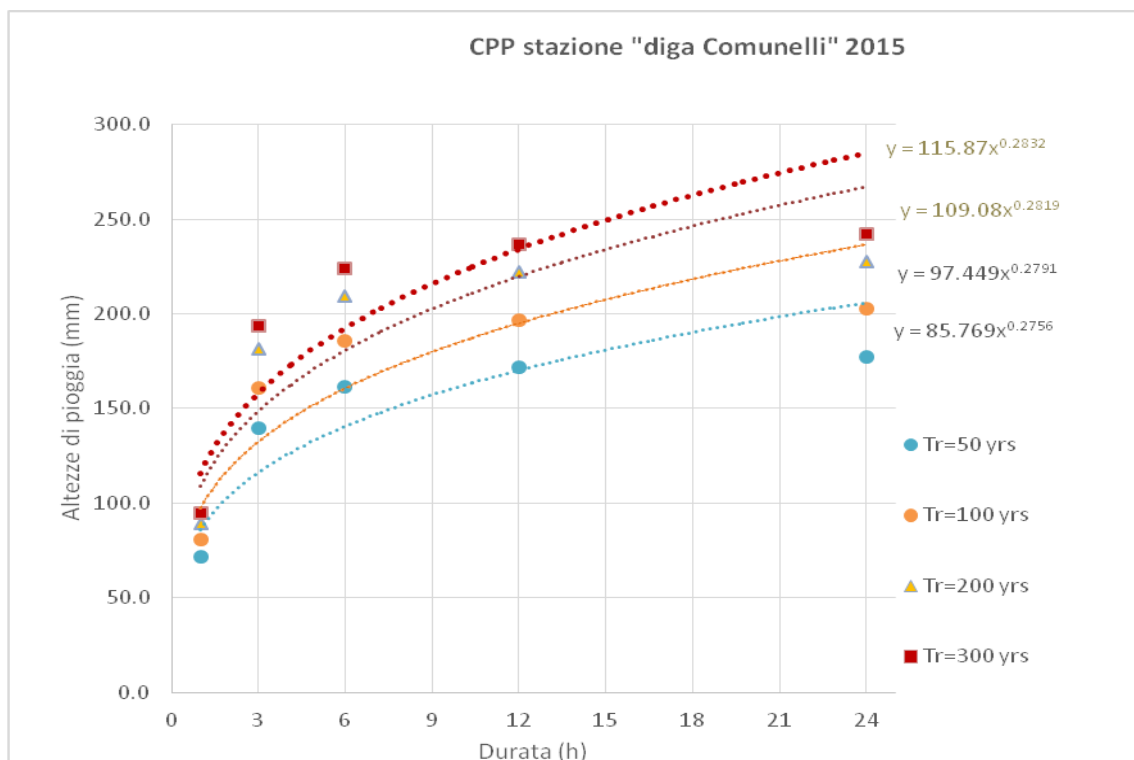


Figura: 5.2.4– CPP stazione diga Comunelli dati fino al 2015

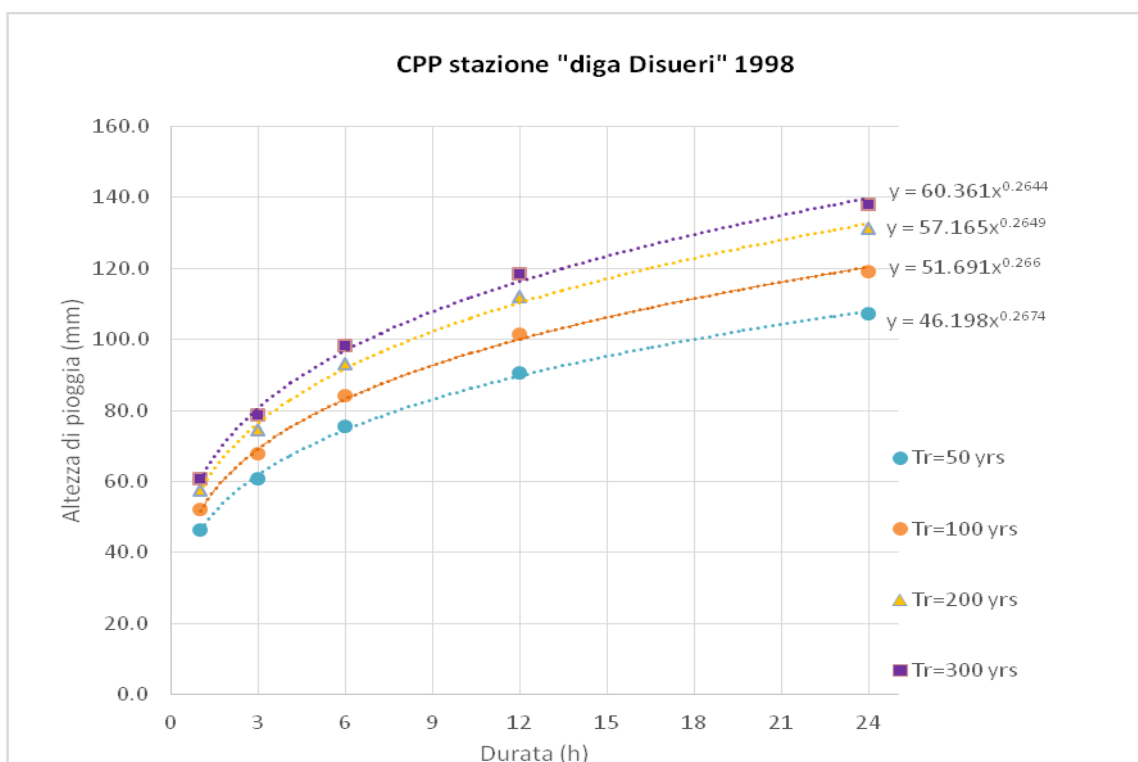


Figura: 5.2.5 – CPP stazione diga Disueri dati fino al 1998

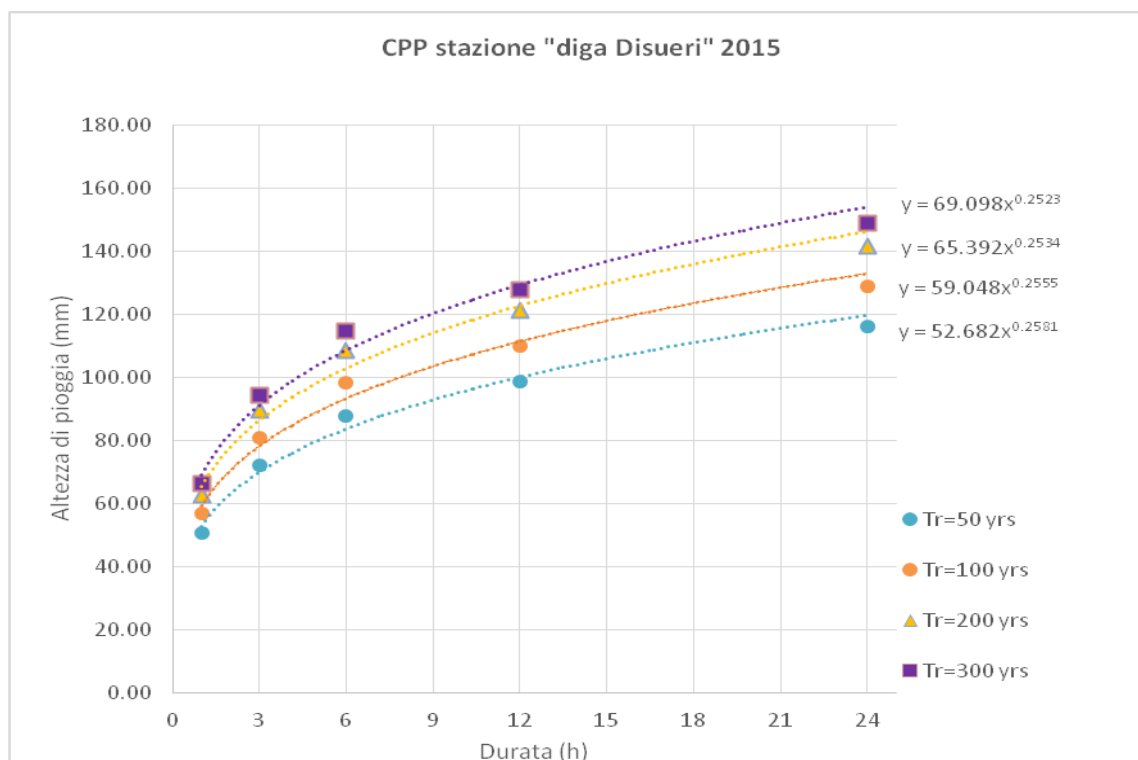



Figura: 5.2.6 – CPP stazione diga Disueri dati fino al 2015

Dai grafici sopra riportati si può osservare che per la stazione pluviometrica "Gela" e per la stazione pluviometrica "diga Desueri" i valori delle altezze di pioggia (per i tempi di

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

ritorno esaminati 50, 100, 200, 300 anni) sono più alti di quelli relativi alle piogge registrate fino al 1998. Mentre per la stazione Comunelli si è registrata, a fronte degli stessi intervalli di tempo, una diminuzione delle altezze di pioggia.

Di seguito si riportano i parametri calcolati per tutti i tempi di ritorno

Tabella 5-3 - Parametri CPP

Tr	STAZIONE COMUNELLI		STAZIONE DISUERI		GELA	
	a	n	a	n	a	n
2	26.155	0.2111	20.489	0.2926	26.048	0.2126
5	45.691	0.248	30.796	0.2743	45.427	0.2501
10	58.446	0.2594	37.63	0.2674	58.076	0.2618
25	74.493	0.2684	46.27	0.2613	73.99	0.271
50	86.372	0.273	52.682	0.2581	85.769	0.2756
100	98.151	0.2764	59.048	0.2555	97.449	0.2791
200	109.88	0.2791	65.392	0.2534	109.08	0.2819
300	116.73	0.2805	69.098	0.2523	115.87	0.2832
500	125.34	0.282	73.763	0.2512	124.41	0.2847

L'analisi idrologica e idraulica si è quindi svolta a partire sia da i dati derivanti dal PAI sia a partire dalle informazioni delle stazioni pluviometriche. Una volta ottenute le portate di progetto con tutte le metodologie si sono scelte le portate a cui corrispondevano le condizioni più cautelative per un $Tr= 200$ e per la loro validazione è stato effettuato un confronto con i risultati del PAI.

5.3 Sezioni di controllo di particolare interesse

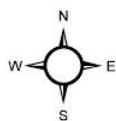
L'analisi idrologica e idraulica si è focalizzata su alcune sezioni individuate nello studio come di particolare interesse, che sono elencate di seguito:

Bacini di progetto			Sezione di chiusura	A	L
NOME	ID	Superficie sottesa alla sezione [km ²]	PK asse stradale	[km ²]	km
Torrente Burgio	01	4.20	0+610	4.20	3.28
Torrente Comunelli	02	89.54	1+060	89.54	30.82
Sx T. Comunelli	03	5.89	1+620	5.89	5.25
Rio Roccazzelle	08	10.76	6+660	10.76	6.44
Vallone Bruca	10	27.25	9+480	27.25	18.96
Vallone Solera	14	7.81	13+615.85	7.81	6.21

Tali sezioni idrografiche, anche in relazione a particolari situazioni di criticità documentate nell'analisi della situazione attuale, sono state più approfonditamente indagate con l'ausilio del software HEC-RAS per un evento con tempo di ritorno di 200 anni, utilizzato nella successiva verifica della funzionalità idraulica delle opere in progetto, con la verifica dimensionale e del franco netto, sulle quali si riferirà in dettaglio nella relazione idraulica.

5.4 Uso del suolo e caratteristiche dei bacini nella stima della pioggia netta

Per quanto attiene l'uso del suolo, l'area territoriale tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Torrente Comunelli è stata analizzata nel suo complesso, utilizzando la carta realizzata dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio ed Ambiente, in scala 1:250.000 nel 1994 riportata nella Figura 5.4.1.



TIPOLOGIA

-  agumeto
-  aree archeologiche
-  aree verdi urbane
-  bosco degradato
-  bosco misto
-  colture in serra e tendoni
-  conifere
-  frutteto
-  incolto roccioso
-  latifoglie
-  legnose agrarie miste
-  macchia
-  mandorletto
-  mosaici culturali
-  oliveto
-  pascolo
-  seminativo arborato
-  seminativo semplice
-  spiagge
-  urbanizzato
-  vigneto
-  zone umide

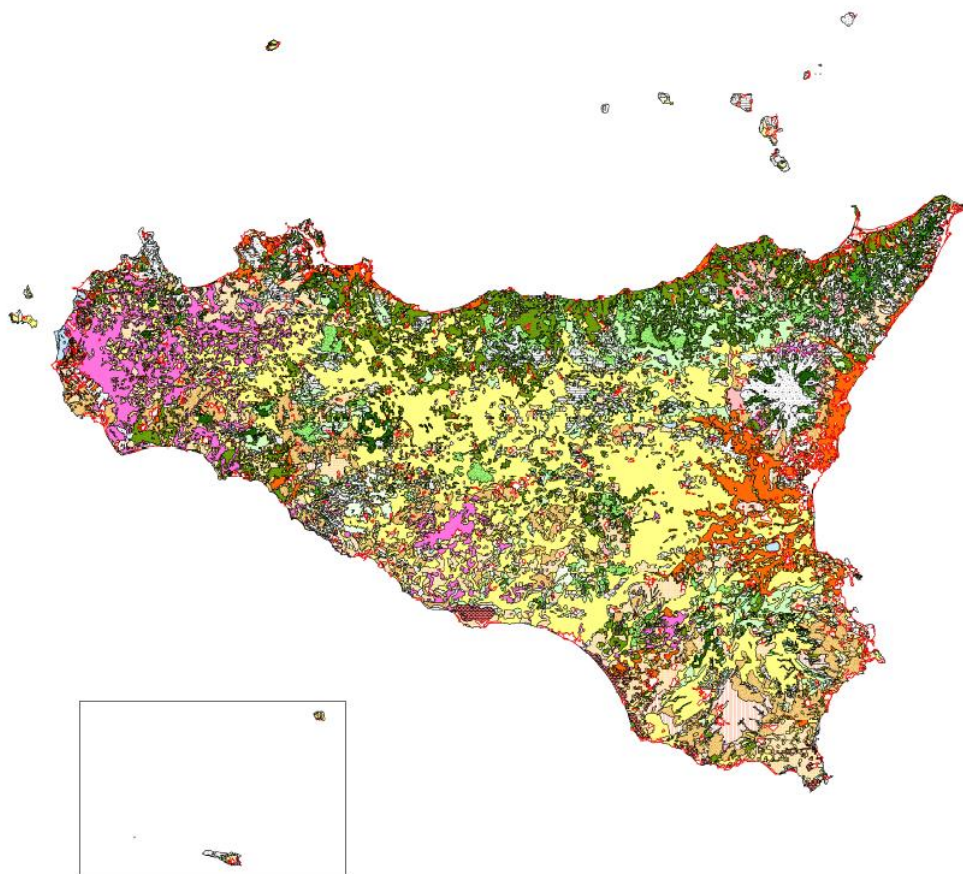


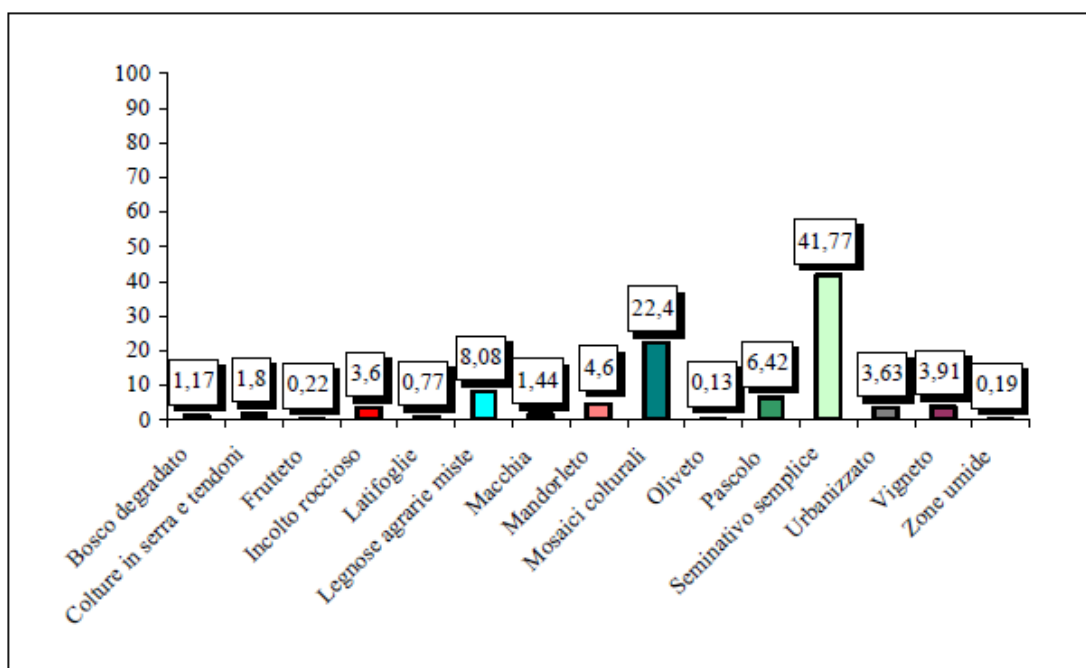
Figura.5.4.1 – Carta Uso Suolo PAI

Il quadro vegetazionale dell'area in esame si presenta abbastanza vario, ma caratteristico di un'area a prevalente vocazione agricola. Infatti l'85,28% del territorio è dedicato a colture agricole, prevalentemente al seminativo semplice (41,77%), ai mosaici colturali e a colture specializzate quali legnose agrarie miste, mandorleti, vigneti, colture in serra, frutteti e oliveti. Una piccola parte del territorio è dedicata al pascolo (6,42%), mentre soltanto il 3,63% risulta urbanizzato. Nella tabella e nel grafico a seguire viene riassunto il quadro vegetazionale dell'intera area.

Tabella 5-4 – Caratteristiche suolo dei bacini idrografici da P.A.I.

COLTURA	%
Bosco degradato	1,17
Culture in serra e tendoni	1,67
Frutteto	0,22
Incolto roccioso	3,60
Latifoglie	0,77
Legnose agrarie miste	8,08
Macchia	1,44
Mandorleto	4,60
Mosaici culturali	22,40
Oliveto	0,13
Pascolo	6,42
Seminativo semplice	41,77
Urbanizzato	3,63
Vigneto	3,91
Zone umide	0,19
TOTALE	100%

Tabella 5-5 - Caratteristiche dei bacini idrografici



5.5 Determinazione del tempo di corrivazione dei bacini

Ai fini di un confronto critico, il tempo di corrivazione relativo a ciascun bacino idrografico indagato è stato calcolato sia con le note formule sottostanti presenti in letteratura:

Formula di Giandotti	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m - H_{\min}}}$	Per tutte le formule precedenti si ha che: t_c = tempo di corrivazione (ore) A = area del bacino L = lunghezza dell'asta principale H_{\max} = quota massima del bacino H_{\min} = quota della sezione di chiusura h_m = quota media del bacino s = pendenza media dell'alveo
Formula di Kirpich	$t_c = 0,066L^{0,77} \cdot s^{-0,385}$	
Formula di Pasini	$t_c = \frac{0,0045}{\sqrt{s}} \sqrt[3]{A \cdot L}$	
Formula di Pezzoli	$t_c = \frac{0,055L}{\sqrt{s}}$	
Formula di Ventura	$t_c = 0,315\sqrt{A}$	

sia sulla base di quanto indicato dalle Linee Guida regionali, avvalendosi della formulazione SCS [h], secondo cui:

$$T_C = 0.571 \cdot \frac{L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{\sqrt{i_v}}$$

Dove: L = lunghezza dell'asta principale [Km]

i_v = pendenza media del bacino [%]

La stima del tempo di crescita dell'onda di piena è stata invece ricavata con la seguente formula:

$$T_P = \frac{D}{2} + T_{lag}$$

Dove: D = durata della pioggia che genera deflusso [h] = $0.133 T_C$

T_{lag} = intervallo tra il centroide della pioggia ed il colmo = $0.6 T_C$

I valori del parametro di assorbimento CN sono stati ricavati secondo la metodologia elaborata dal CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento con la Protezione Civile Nazionale.

La carta del CN è costruita sulla base delle informazioni sull'uso del suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. La procedura prevede inizialmente l'associazione a ogni tipologia di copertura del territorio di un valore di CN secondo la classificazione riportata nella seguente tabella.

Tabella 5-6 CN per tipologie di uso suolo

DESCRIZIONE	CN	DESCRIZIONE	CN
1111 - TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	95	3111 - BOSCHI DI LATIFOGIE	50
1112 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO	95	31121 - PIOPPETI SALICETI EUCALITTETI	50
1121 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	95	31122 - SUGHERETE	65
1122 - FABBRICATI RURALI	95	31123 - CASTAGNETI DA FRUTTO	50
1211 - INSEDIAMENTO INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	95	31124 - ALTRO	50
1212 - INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	95	3121 - BOSCHI DI CONIFERE	70
1221 - RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI	95	3122 - CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	70
1222 - RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI	95	313 - BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	60
1223 - GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI	99	321 - AREE A PASCOLO NATURALE	75
1224 - IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	95	3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	65
123 - AREE PORTUALI	95	3222 - FORMAZIONI DI RIPANON ARBOREE	65
124 - AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	95	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	65
131 - AREE ESTRATTIVE	75	3232 - GARIGA	65
1321 - DISCARICHE	75	3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	70
1322 - DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	75	3242 - AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	70
133 - CANTIERI	95	3311 - SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
141 - AREE VERDI URBANE	70	3312 - AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
1421 - AREE RICREATIVE E SPORTIVE	95	3313 - AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
1422 - AREE ARCHEOLOGICHE	75	3315 - LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	99
143 - CIMITERI	95	332 - PARETI ROCCIOSE E FALESIE	75
2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	60	333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA > 5% E<40%	75
2112 - PRATI ARTIFICIALI	75	411 - PALUDI INTERNE	99
2121 - SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	60	421 - PALUDI SALMASTRE	99
2122 - RISAIE	99	422 - SALINE	75
2123 - VIVAI	70	423 - ZONE INTERTIDALI	99

DESCRIZIONE	CN	DESCRIZIONE	CN
2124 - COLTURE IN SERRA	75	5111 - FIUMI, TORRENTI E FOSSI	99
221 - VIGNETI	60	5112 - CANALI E IDROVIE	99
222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	60	5121 - BACINI NATURALI	99
223 - OLIVETI	60	5122 - BACINI ARTIFICIALI	99
231 - PRATI STABILI	75	5211 - LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	99
2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	60	5212 - ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	99
2412 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	99	522 - ESTUARI E DELTA	99
2413 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI	60	5231 - AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	99
242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	60	5232 - ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	99
243 - AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	70		
244 - AREE AGROFORESTALI	70		

Come indicato dalla metodologia CIMA - Protezione Civile Nazionale, si è proceduto ad analizzare le informazioni presenti nella Carta geologica, al fine di ottenere fattori correttivi per il calcolo definitivo dei valori di CN a scala regionale.

Ogni classe è stata indagata e, in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità proprie, sono stati stimati i coefficienti di variazione del CN da attribuire a ogni tipo litologico.

Infine, un ulteriore incremento del CN avviene per ogni sottobacino nel valutare elevate le condizioni di umidità antecedenti l'evento. Per ogni sottobacino viene quindi incrociato in ambiente GIS il tematismo della carta dei CN con quello della perimetrazione dell'area in esame e definito il valore di CN da utilizzare. Per quanto riguarda, invece, il metodo SCS il parametro Curve Number è stato calcolato come valore medio sull'intera superficie del generico bacino riferito alle condizioni di umidità del terreno relative alla classe AMC III, utilizzando le informazioni contenute nella Carta del Curve Number della Regione Sicilia disponibile in formato digitale sul GeoPortale della Regione.

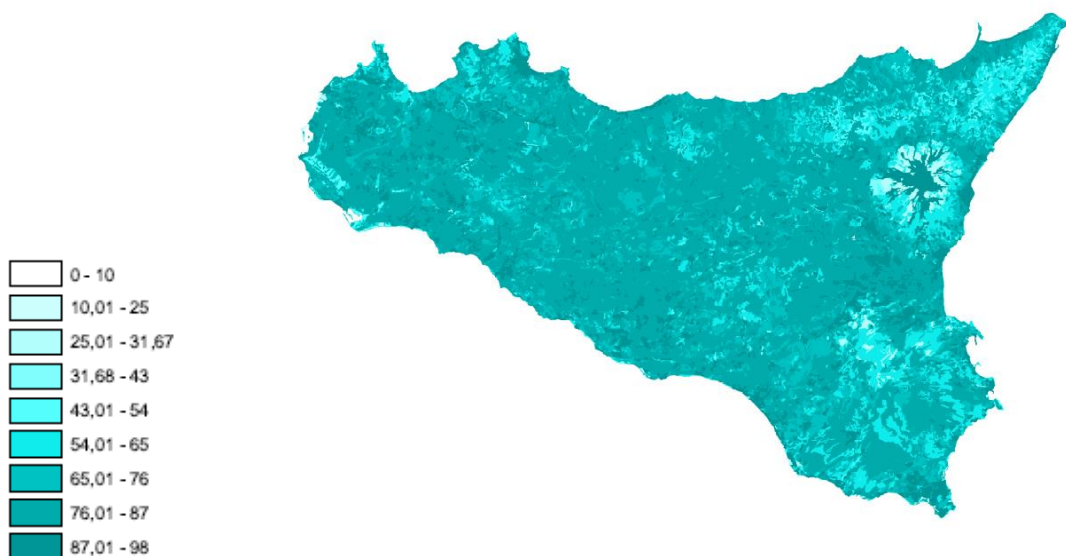


Figura:5.5.1 – Carta Valori di CN da PAI

Nella tabella sottostante si riassumono i parametri ottenuti dall'elaborazione in ambiente GIS ed utilizzati per ogni bacino nella metodologia SCS.

Tabella 5-7 – Valori di CN per ciascun bacino

ID BACINO	A [km ²]	Asta Fluviale	CN
01	4.2	Torrente Burgio	79.5
02	89.5	Torrente Comunelli	77.0
03	5.9	Sx T. Comunelli	83.6
04	1.2	Dx Scozzarella	80.8
05	1.2	Torrente Scozzarella	79.8
06	1.4	Rio Rabbito	81.0
07	0.8	Dx Rio Roccazzelle	83.0
08	10.8	Rio Roccazzelle	81.0
09	2.2	Vallone Salito	81.0
10	27.3	Vallone Bruca	80.4
11	1.1	Torrente Gattano	83.0
12	5.1	Vallone Casalini	81.0
12 bis	0.3	Sx V. Casalini	83.0
13	1.2	Dx Vallone Solera	80.6
14	7.8	Vallone Solera	79.0
15	2.0	Sx Vallone Solera	80.0
16	0.7	Fosso1	82.5
17	1.0	Fosso2	81.6

Sulla scorta di quanto sopra esposto, per i 3 bacini maggiori evidenziati in tabella (il Torrente Comunelli (ID 02), il Vallone Bruca (ID 10) e il Rio Roccazzelle (ID 08)), il tempo

di corrivazione è stato calcolato con la formula di Giandotti e con la formula dello SCS, riportati nella tabella che segue.

Tabella 5-8 - Tempi di corrivazione bacini maggiori

tc [h]	Torrente Comunelli	Rio Roccazzelle	Vallone Bruca
Giandotti	6.038	3.126	4.365
SCS	5.086	1.633	3.179


Il valore scelto è stato quello più cautelativo tra i due, che è risultato essere quello calcolato secondo il metodo di Giandotti.

Per i restanti bacini si sono calcolati i tempi di corrivazione con tutte le formule sopracitate, i cui risultati sono riportati nella tabella seguente

Tabella 5-9 - Tempi di corrivazione bacini idrografici minori

ID BACINO	01	03	04	05	06	07	09	11	12	12 bis	13	14	15	16	17
Asta Fluviale	Torrente Burgio	SX T. Comunelli	Dx Scozzarella	Torrente Scozzarella	Rio Rabbito	DX Rio Roccazzelle	Vallone Salito	Torrente Gattano	Vallone Casalini	SX Vallone Casalini	DX Vallone Solera	Vallone Solera	SX Vallone Solera	Fosso1	Fosso2
Giandotti	1.61	2.37	0.96	0.81	1.15	1.31	1.37	1.10	1.84	0.54	1.52	2.07	2.10	1.61	1.85
Kirpich	0.78	1.24	0.43	0.36	0.59	0.78	0.64	0.35	0.79	0.22	0.67	0.96	1.35	0.86	0.95
Pasini	0.86	2.58	0.98	0.81	1.07	1.21	1.17	1.07	1.80	0.39	1.42	2.05	2.80	1.63	1.96
Pezzoli	1.36	2.45	0.62	0.49	0.93	1.26	1.04	0.47	1.38	0.27	1.10	1.78	2.75	1.53	1.46
Ventura	1.67	2.56	1.04	0.83	0.97	0.96	1.05	1.09	1.85	0.40	1.36	1.85	2.77	1.54	1.92
SCS	1.68	1.52	0.74	0.59	0.89	1.29	1.11	0.45	1.08	0.44	1.01	1.74	1.19	1.43	1.46
Tempo di Corrivazione medio	1.34	2.12	0.80	0.65	0.93	1.13	1.06	0.76	1.46	0.38	1.18	1.74	2.16	1.43	1.60
Tempo di Corrivazione Scelto	1.68	2.58	1.04	0.83	1.15	1.31	1.37	1.10	1.85	0.54	1.52	2.07	2.80	1.63	1.96

Nel testo della tabella sono evidenziati i valori maggiormente cautelativi, riportati nell'ultima riga della stessa, che sono stati quindi adottati nel seguito.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

6 METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

6.1 Criteri generali

Ai fini della modellazione idrologica, per poter fare un modello di trasformazione delle piogge in portate nelle sezioni di attraversamento del rilevato stradale delle aste principali, per differenti tempi di ritorno, sono state utilizzate due metodologie e per una delle metodologie sono stati usati come input una volta le altezze di pioggia ottenute dai valori i e n riportati dalle carte del PAI (che si riferiscono ai dati di pioggia a tutto il 1998) una volta mediante i valori di i e n ricavate dalle CPP aggiornate coi dati di pioggia fino al 2015. Per i bacini minori si è scelto come valore di progetto il più gravoso, e quindi più cautelativo, tra i tre. Per quanto riguarda i bacini maggiori si è aggiunto inoltre un raffronto con le portate del PAI come riportato nella Tabella 7.1.


In definitiva, per calcolare le portate dei corsi d'acqua in corrispondenza delle sezioni interessate dal nuovo asse stradale, sono stati seguiti i seguenti due metodi.

Il primo metodo è quello del Soil Conservation Service (CN) che consiste, in breve, nelle seguenti fasi:

- calcolo del tempo di corrivazione;
- calcolo dell'altezza di precipitazione in corrispondenza dalla curva di possibilità pluviometrica per dato tempo di corrivazione e tempo di ritorno;
- calcolo del K_T coefficiente di crescita della pioggia che cresce al crescere dei tempi di ritorno;
- calcolo della Perdita di Volume di pioggia iniziale e Calcolo della capacità di ritenzione potenziale (entrambi funzione del Curve Number);
- calcolo della pioggia netta e della portata di piena defluita.

Il secondo metodo è il Metodo Razionale che può essere brevemente sintetizzato nei seguenti passaggi:

- Calcolo del tempo di corrivazione del bacino;

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

- Calcolo dell'intensità di precipitazione i [mm/h] per dato tempo di corrivazione sulla curva di possibilità pluviometrica della zona omogenea d'interesse
- Calcolo del K_T e moltiplico per l'intensità di precipitazione;
- Calcolo della portata defluita mediante la formula razionale.

Per le sezioni idrauliche di maggiore interesse indicate al par 5.3 sono state valutate le portate al colmo per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, e per le restanti si è calcolato il solo valore di portata per T_r 200, il tutto sulla base di quanto indicato nelle "Linee guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia".

Per i bacini con superficie superiore ai 60 km², e cioè il solo Torrente Comunelli (ID 02), viene fatto riferimento al metodo diretto della regionalizzazione VAPI delle portate al colmo per la Sicilia secondo la distribuzione TCEV, riportato nelle sopraccitate Linee guida e descritto in dettaglio nella "Valutazione delle piene in Sicilia".


Per i restanti bacini aventi tutti superficie inferiore ai 60 km², si è proceduto con metodo indiretto mediante applicazione del metodo razionale, in particolare si fa riferimento alla formula empirica del Soil Conservation Service Method, di seguito definito SCS.

Nella tabella seguente sono riportati tutti i valori dei parametri utilizzati per il calcolo delle portate al colmo dei bacini sottesi alle sezioni in corrispondenza dell'interferenza con il nuovo asse stradale.

Tabella 6-1- Parametri idrologia dei bacini di progetto

Dati Bacino									
Bacini di progetto		A [km ²]	L	CN	a*	n	cv	Γ coeff ragg areale	tc scs
NOME	ID	[km ²]	[km]	-	-	-	-	-	[h]
T.Burgio	01	4.20	3.28	79.50	28.63	0.21	0.92	0.947	1.68
Torrente Comunelli	02	89.54	30.82	76.95	27.38	0.24	0.71	0.927	6.03
SX T. Comunelli	03	5.89	5.25	83.60	27.59	0.20	1.04	0.948	2.58
Dx Torrente Scozzarella	04	1.20	1.37	80.75	27.80	0.20	1.01	0.957	1.04
Torrente Scozzarella	05	1.19	1.26	79.84	27.86	0.21	0.97	0.955	0.83
Rio Rabbito	06	1.35	2.59	81.00	27.84	0.21	0.91	0.958	1.15
DX Rio Roccazzelle	07	0.79	2.92	83.00	27.79	0.21	0.88	0.967	1.31
Rio Roccazzelle	08	10.76	6.44	81.00	27.47	0.22	0.84	0.934	3.12
Vallone Salito	09	2.18	3.37	81.00	27.43	0.22	0.72	0.953	1.40
Vallone Bruca	10	27.25	18.96	80.38	25.36	0.24	0.63	0.935	4.36
Torrente Gattano	11	1.10	0.85	83.00	27.23	0.22	0.65	0.959	1.1
Vallone Casalini	12	5.08	3.58	81.00	26.24	0.23	0.61	0.944	1.82
SX V. Casalini	12 bis	0.27	0.80	83.00	27.49	0.22	0.58	0.967	0.54
DX Vallone Solera	13	1.18	2.04	80.64	26.72	0.22	0.58	0.963	1.52
Vallone Solera	14	7.81	6.21	79.00	25.66	0.23	0.56	0.937	2.07
SX Vallone Solera	15	2.01	3.05	80.00	27.07	0.22	0.54	0.965	2.80
Fosso1	16	0.72	1.95	82.48	27.69	0.21	0.53	0.971	1.63
Fosso2	17	0.52	2.00	81.55	27.56	0.21	0.53	0.975	1.96

La valutazione delle portate al colmo è stata effettuata sia mediante la metodologia del SCS sia mediante il metodo razionale.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

6.2 Metodo SCS per la definizione delle portate al colmo

La stima delle portate al colmo con il metodo SCS, si basa sui seguenti criteri:

- le precipitazioni intense vengono desunte in due differenti modi:
 1. dalla regionalizzazione VAPI da carte PAI iso-a iso-n e iso-cv e ;
 2. dalle CPP aggiornate ai dati del 2015.

A partire da questi due diversi input del sistema si è effettuato un calcolo delle portate al colmo con entrambi i metodi. Il bacino scolante è stato modellato alla stessa maniera attraverso i seguenti parametri:

- i tempi di corrivazione vengono valutati a partire dai parametri morfometrici definiti come specificato, secondo le espressioni empiriche più rispondenti alle tipologie dei bacini in esame, come indicato nella tabella sopra riportata;
- i coefficienti di deflusso derivano dall'analisi secondo il metodo SCS Curve Number, raffrontato con i dati disponibili da studi pregressi e da eventuali misure idrologiche relative a eventi di piena storici. Nell'utilizzazione del metodo si è assunta una pioggia di durata pari a quella della pioggia critica, che è stata assunta coincidente con il tempo di corrivazione calcolato come detto.

In queste condizioni il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_c = 0.208 * R_0 * S / T_c$$

dove:

R_0 = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);

S = superficie del bacino (km²);

T_c = tempo di corrivazione (h).

Vengono nel seguito descritte le assunzioni e le metodologie di stima di tali parametri.

Per la definizione delle precipitazioni è innanzi tutto necessario definire la sottozona omogenea SZO C della Regione Sicilia di appartenenza del bacino in esame, secondo la divisione riportata in figura 6.3.1.

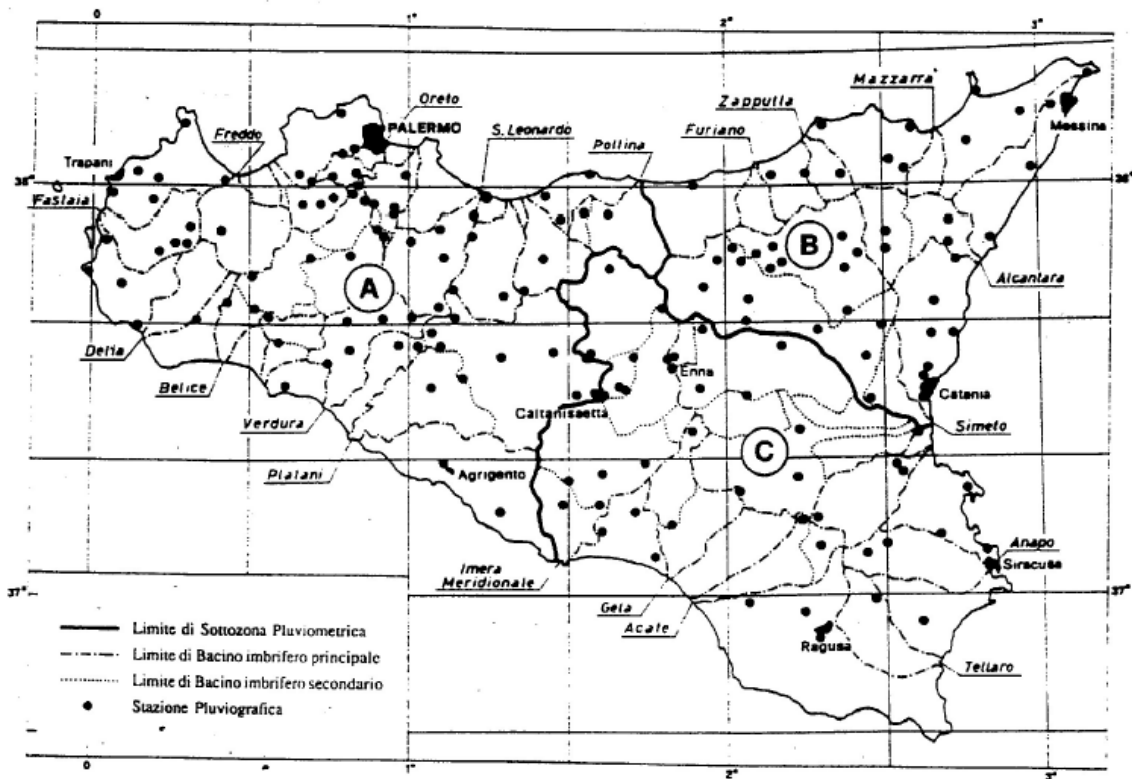


Figura 6.3.1 – Sottozone Omogenee Regione Sicilia

La pioggia indice $\mu(t)$ di durata t (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata t) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu(t) = a_1 \cdot t^{n_1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 possono determinarsi in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g che viene stimata sulla base della carta delle iso a ed iso n riportata in Figura 6.3.2 e in Figura 6.3.3.

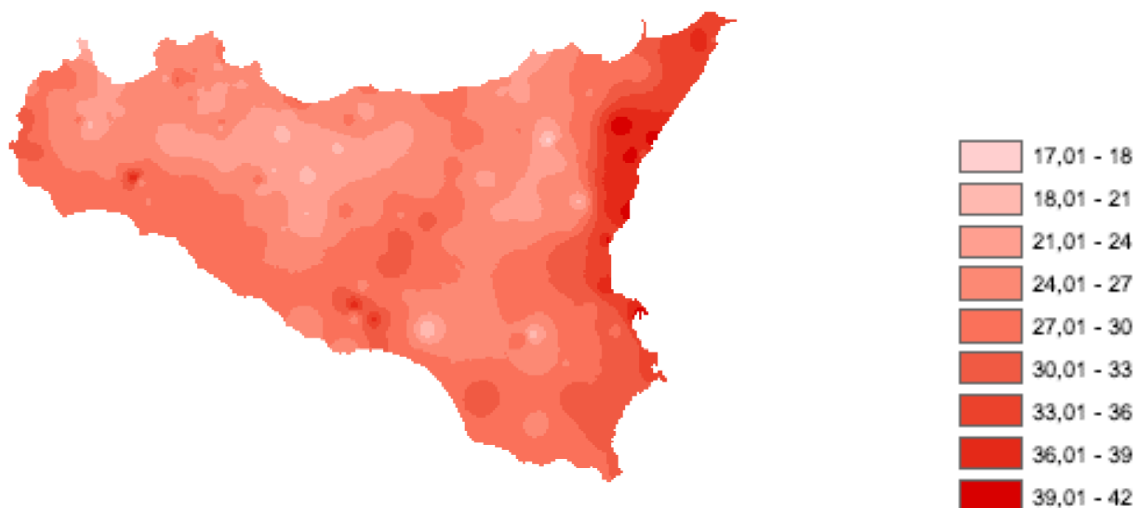


Figura 6.3.2 – Carta dei valori di "a" da PAI

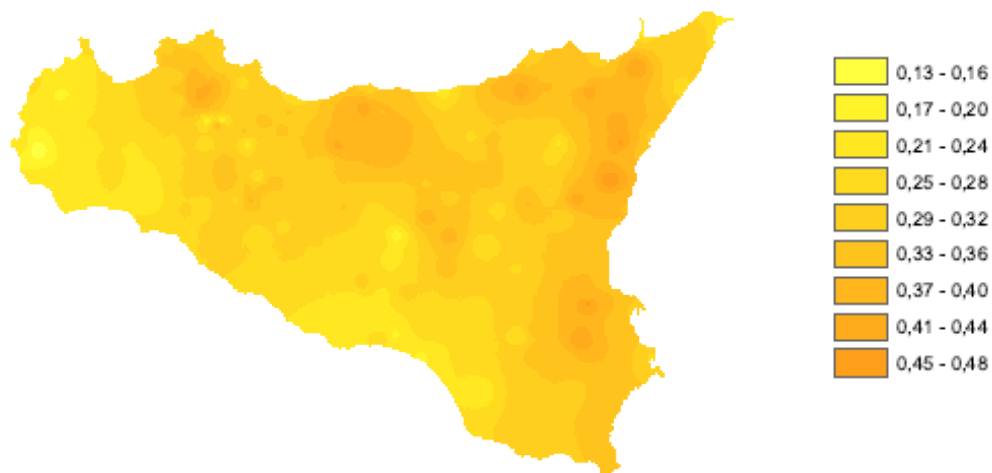



Figura.6.3.3 – Carta dei valori di "n" da PAI

L'altezza di pioggia $h_{Tr(t)}$ di durata t con assegnato tempo di ritorno T_r in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(t)$ per un coefficiente di crescita $K_{Tr(t)}$ dato da:

$$K_{Tr}(t) = a_2 \cdot t^{n_2}$$

Per cui:

$$h_{Tr}(t) = \mu(t) \cdot K_{Tr}(t)$$

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8° e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

dove il coefficiente $K_{Tr}(t)$ si determina con la seguente relazione, per differenti tempi di ritorno T_r e durate di pioggia t .

$$K_{T_r} = 1 - CV \left\{ 0.45 + 0.779 \ln \left(\ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right) \right\}$$

La pioggia ottenuta viene quindi ragguagliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

$$r = 1 - (0.0394 \cdot S^0.354) \cdot \theta_c^{(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(S)))} \quad \text{per } S \leq 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 \cdot S^0.354) \cdot \theta_c^{(-0.40 + 0.003832 \ln(4.6 - \ln(S)))} \quad \text{per } S > 20 \text{ km}^2$$

Dove: C = durata della pioggia critica;

S = superficie del bacino in km^2

Da cui si ottiene l'altezza di pioggia ragguagliata all'area del bacino:

$$h_r = h_{Tr}(t) \cdot r$$

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie R_0 , che coincide con la pioggia netta h_n :

$$R_0 = \frac{(h_r - I_a)^2}{h - I_a + S_{POT}} = h_n$$

dove:

h_r = precipitazione meteorica ragguagliata [mm]

I_a = perdita iniziale [mm]

$S_{POT} = 25.4 ((1000/CN) - 10)$ = capacità di ritenzione potenziale [mm].

Qui di seguito vengono riportati nelle tabelle i parametri utilizzati per valutare le portate al colmo sia per la metodologia VAPI che per la metodologia CPP.

Tabella 6-2 Dati riepilogativi per il calcolo delle portate al colmo - metodologia VAPI SCS - dati di pioggia a tutto il 1998


Dati Bacino			Dati usati per metodologia VAPI SCS Tr=200			
Bacini di progetto			$h_{t,Tr=200}$	$S_{\text{massimo invaso}}$	coeff SCS	Q
NOME	ID	[km2]	[mm]	-	-	[m ³ /s]
T.Burgio	01	4.20	140.9	67.52	0.575	58.5
Torrente Comunelli	02	89.54	146.1	75.87	0.612	455.9
SX T. Comunelli	03	5.89	161.3	48.38	0.700	76.3
Dx Scozzarella	04	1.20	140.6	59.58	0.550	23.1
Torrente Scozzarella	05	1.19	136.8	63.50	0.470	19.0
Rio Rabbito	06	1.35	124.2	59.58	0.578	25.9
DX Rio Roccazzelle	07	0.79	124.3	52.02	0.620	14.4
Rio Roccazzelle	08	10.76	134.6	59.58	0.657	118.8
Vallone Salito	09	2.18	106.2	59.58	0.571	29.6
Vallone Bruca	10	27.25	111.4	63.50	0.518	144.4
Torrente Gattano	11	1.10	92.3	52.02	0.530	16.1
Vallone Casalini	12	5.08	97.6	59.58	0.500	39.8
SX V. Casalini	12 bis	0.27	92.3	52.02	0.336	3.2
DX Vallone Solera	13	1.18	89.9	59.58	0.480	10.9
Vallone Solera	14	7.81	91.7	67.52	0.436	45.5
SX Vallone Solera	15	2.01	101.0	63.50	0.497	11.0
Fosso1	16	0.72	90.6	55.76	0.506	6.1
Fosso2	17	0.52	93.3	55.76	0.517	3.9

Tabella 6-3 - Dati riepilogativi per il calcolo delle portate al colmo metodologia CPP SCS - - dati di pioggia a tutto il 2015

Dati Bacino			Metodologia CPP SCS Tr=200 anni			
Bacini di progetto			$h_{\text{progetto, Tr=200}}$	t_a	coeff SCS	Q
NOME	ID	[km ²]	[mm]	[h]	-	[m ³ /s]
T.Burgio	01	4.20	105.4	1.147	0.480	35.1
Torrente Comunelli	02	89.54	154.5	3.390	0.553	420.8
SX T. Comunelli	03	5.89	123.6	1.721	0.630	51.4
Dx Scozzarella	04	1.20	140.57	0.646	0.550	17.5
Torrente Scozzarella	05	1.19	136.83	0.550	0.470	14.7
Rio Rabbito	06	1.35	94.7	0.747	0.491	16.3
DX Rio Roccazzelle	07	0.79	102.6	0.855	0.562	10.6
Rio Roccazzelle	08	10.76	126.0	1.558	0.572	94.8
Vallone Salito	09	2.18	96.8	0.888	0.495	33.5
Vallone Bruca	10	27.25	118.6	2.119	0.533	155.0
Torrente Gattano	11	1.10	87.7	0.668	0.509	14.3
Vallone Casalini	12	5.08	78.1	1.221	0.423	23.2
SX V. Casalini	12 bis	0.27	92.251	0.288	0.336	4.6
DX Vallone Solera	13	1.18	109.5	0.934	0.540	10.4
Vallone Solera	14	7.81	102.6	1.338	0.492	39.3
SX Vallone Solera	15	2.01	114.4	1.842	0.532	9.4
Fosso1	16	0.72	120.7	1.084	0.593	6.3
Fosso2	17	0.52	121.3	1.294	0.595	3.9

6.3 Metodo Razionale per la definizione delle portate al colmo

La seconda metodologia utilizza la formula razionale, valida nel caso di bacini aventi dimensioni contenute, consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno. In questa metodologia hanno particolare importanza i parametri che tengono conto della regionalizzazione e permettono di spiegare il comportamento di un dato bacino descrivendone le caratteristiche morfologiche, tessiturali e di copertura vegetale.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

Anche con questa metodologia si sono calcolati i tempi di corrivazione e di questi si è scelto di adottare il valore medio tra quelli ottenuti con le formule che meglio si adattano alla forma del bacino.

Si è passati poi al calcolo dell'intensità di pioggia critica i_{Tr} di dato tempo di ritorno T_r espressa in mm/h a partire dal valore di altezza di pioggia precedentemente calcolato. Tale intensità critica è quel valore, anche costante, che ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

L'intensità di pioggia critica così calcolata andrà moltiplicata per un fattore K_T dato dalla relazione sottostante

$$k(T, t) = \frac{b + c \log T}{d + et + (ft^2 + gt + h) \log T}$$

K_T dipende sia del T_r che dal t_c e dai seguenti coefficienti adimensionali di regionalizzazione.

Nel nostro caso le stazioni pluviometriche di Gela, Desucri e Comunelli utilizzate per le analisi delle piogge ricadono nella sottozona C come già detto

Tabella 6-4 - Parametri sottozone

sottozona	b	c	d	e	f	g	h
A	0.3232	1.6171	0.5391	-0.00164	0.000221	0.00117	0.9966
B	0.267	1.7503	0.5135	-0.00226	0.000198	0.00329	1.0508
C	0.1785	1.9611	0.5015	-0.00352	0.000372	0.00102	1.1014

L'ultimo parametro da valutare è ϕ per il quale esistono delle apposite tabelle.

Raccolti tutti questi dati si è passati alla valutazione delle portate al colmo con la seguente formula:

$$Q = \frac{\phi \cdot h_{ic,T} \cdot S}{3,6 \cdot t_c} = \frac{K(T, t) \cdot \psi \cdot h_{ic,T} \cdot S}{3,6 \cdot t_c}$$

In cui:

Q =portata di deflusso [m^3/s];

Φ = Coefficiente di deflusso della Formula razionale [-];

$h_{tc,Tr}$ = Altezza di pioggia critica per data Tr [mm];

S = Superficie del bacino [m^2];

t_c = Tempo di corrivazione [h];

3.6 = Fattore di conversione

Qui di seguito si riportano in tabella i valori dei parametri utilizzati per il calcolo e i risultati di portata ottenuti per ogni bacino di progetto.

Tabella 6-5 - *Dati riepilogativi per il calcolo delle portate al colmo con la formula Razionale*

Dati Bacino		Metodo Razionale				
Bacini di progetto			$h_{progetto,Tr=200}$	k fattore di frequenza	Ψ coeff. SCS	Q
NOME	ID	[km^2]	[mm]	-	-	[m^3/s]
T.Burgio	01	4.20	101.8	1.545	0.575	60.7
Torrente Comunelli	02	89.54	130.9	1.501	0.612	272.9
SX T. Comunelli	03	5.89	110.4	1.544	0.700	75.6
Dx Scozzarella	04	1.20	91.2	1.545	0.550	26.8
Torrente Scozzarella	05	1.19	85.7	1.545	0.470	25.0
Rio Rabbito	06	1.35	93.4	1.545	0.578	27.9
DX Rio Roccazzelle	07	0.79	96.0	1.545	0.620	15.8
Rio Roccazzelle	08	10.76	108.2	1.544	0.657	140.4
Vallone Salito	09	2.18	96.7	1.545	0.571	38.8
Vallone Bruca	10	27.25	105.2	1.536	0.518	117.5
Torrente Gattano	11	1.10	91.4	1.545	0.530	22.8
Vallone Casalini	12	5.08	86.1	1.545	0.500	49.1
SX V. Casalini	12 bis	0.27	77.5	1.545	0.336	6.9
DX Vallone Solera	13	1.18	96.3	1.545	0.480	17.2
Vallone Solera	14	7.81	82.7	1.545	0.436	58.6
SX Vallone Solera	15	2.01	109.2	1.544	0.497	18.5
Fosso1	16	0.72	99.0	1.545	0.506	9.5
Fosso2	17	0.52	102.3	1.545	0.517	6.1

6.4 Sintesi dei risultati

Nella tabella che segue si riporta la sintesi dei valori di calcolo delle portate Tr 200 anni, con i diversi metodi sopra enunciati, per le varie sezioni dei bacini considerati.

Dati Bacino			Q		
			[m ³ /s]		
NOME	ID	[km ²]	VAPI SCS (dati di pioggia a tutto il 1998)	CPP SCS (dati di pioggia a tutto il 2015)	Metodo Razionale (dati di pioggia a tutto il 2015)
T.Burgio	01	4.20	58.5	35.1	60.7
Torrente Comunelli	02	89.54	455.9	420.8	272.9
SX T. Comunelli	03	5.89	76.3	51.4	75.6
Dx Scozzarella	04	1.20	23.1	17.5	26.8
Torrente Scozzarella	05	1.19	19.0	14.7	25.0
Rio Rabbito	06	1.35	25.9	16.3	27.9
DX Rio Roccazzelle	07	0.79	14.4	10.6	15.8
Rio Roccazzelle	08	10.76	118.8	94.8	140.4
Vallone Salito	09	2.18	29.6	33.5	38.8
Vallone Bruca	10	27.25	144.4	155.0	117.5
Torrente Gattano	11	1.10	16.1	14.3	22.8
Vallone Casalini	12	5.08	39.8	23.2	49.1
SX V. Casalini	12 bis	0.27	3.2	4.6	6.9
DX Vallone Solera	13	1.18	10.9	10.4	17.2
Vallone Solera	14	7.81	45.5	39.3	58.6
SX Vallone Solera	15	2.01	11.0	9.4	18.5
Fosso1	16	0.72	6.1	6.3	9.5
Fosso2	17	0.52	3.9	3.9	6.1

7 ANALISI DEI RISULTATI IDROLOGICI


Determinate le portate come sopra, nel caso dei bacini minori si è deciso di utilizzare i valori più cautelativi e cioè i valori maggiori di portata come da tabella che segue.

Tabella 7-1 - *Riepilogo portate di progetto per i bacini minori*

Bacini di progetto			Sezione di chiusura	A	L	Q adottata In progetto	Metodo di calcolo
NOME	ID	[km ²]	PK asse stradale	[km ²]	km	(m ³ /s)	
T. Burgio	01	4.20	0+610	4.20	3.28	60.7	Razionale
Sx T. Comunelli	03	5.89	1+620	5.89	5.25	76.3	VAPI SCS
Dx Scozzarella	04	1.20	2+990	1.20	1.37	26.8	Razionale
Torrente Scozzarella	05	1.19	3+260	1.19	1.26	25.0	Razionale
Rio Rabbito	06	1.35	5+649	1.35	2.59	27.9	Razionale
Dx Rio Roccazzelle	07	0.79	6+384	0.79	2.92	15.8	Razionale
Vallone Salito	09	2.18	8+550	2.18	3.37	38.8	Razionale
Torrente Gattano	11	1.10	9+805.15	1.10	0.85	22.8	Razionale
Vallone Casalini	12	5.08	11+571.81	5.08	3.58	49.1	Razionale
Sx V. Casalini	12 bis	0.27	12+195.72	0.27	0.80	6.9	Razionale
Dx Vallone Solera	13	1.18	13+400	1.18	2.04	17.2	Razionale
Vallone Solera	14	7.81	13+615.85	7.81	6.21	58.6	Razionale
Sx Vallone Solera	15	2.01	14+524.54	2.01	3.05	18.5	Razionale
Fosso1	16	0.72	14+848.82	0.72	1.95	9.5	Razionale
Fosso2	17	0.52	15+378.17	0.52	2.00	6.1	Razionale

Per i tre bacini maggiori, (Torrente Comunelli (ID 02), Rio Roccazzelle (ID 08), e Vallone Bruca (ID 10)), si è fatto un confronto con i valori del PAI a parità di sezione di chiusura del bacino, area scolante ed aste partecipanti alla portata di colmo.

La tabella che segue permette il raffronto tra i risultati riportati nel PAI e i valori calcolati in questa sede, con la stessa metodologia ma basandosi sui dati di pioggia aggiornati.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA. Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.		
PA83	<i>Relazione Idrologica</i>	

Nella tabella sono riportati nelle prime tre colonne i dati estrapolati dal PAI o, nel caso delle portate, interpolati (in quanto il PAI riporta soltanto i valori aventi tempi di ritorno 50, 100 e 300 anni) dei tre macro-bacini del Torrente Comunelli, del Rio Roccazzelle e del Vallone Bruca (Gattano). Dalla quarta alla settima colonna sono invece stati riportati i dati di calcolo e le portate ottenute con l'aggiornamento dei dati di pioggia.

Nella fattispecie sono state riportate le aree scolanti riferite ad ogni sub-bacino, le sezioni di chiusura e le portate in queste calcolate per un tempo di ritorno pari a 200 anni. Nell'ultima parte della tabella si è fatto un confronto tra i due casi a parità di condizioni, ovvero considerando le stesse aree scolanti, lo stesso numero di aste partecipanti e la stessa sezione di chiusura alla foce.

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA.
Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.



PA83

Relazione Idrologica

Tabella 7.1– Raffronto tra le portate del PAI e quelle di progetto per i corsi d'acqua Comunelli, Roccazzelle e Gattano (Bruca)- Tr 200 anni

PAI			PROGETTO							DATI CONFRONTO (PAI – PROGETTO)					
Bacino Principale di appartenenza	Superficie scolante (considerata fino alla foce)	Q SCS Tr=200 con Analisi piogge fino al1998	Denominazione Bacino di progetto		Sezione di chiusura	A Superficie scolante alla sez. di interesse	A _{totali} Superficie scolante totale Macro bacino	Q SCS Tr=200 con Analisi piogge fino al 2015	Q somma per Macro bacino	Differenza tra superfici scolanti	Differenza tra le portate	Coef udometrico adottato	Q Contributo bacini mancanti fino alla sezione di foce	Q dei bacini confrontabili con i valori PAI	NOTE
NOME	[km ²]	(m ³ /s)	NOME	ID	PK asse str.	[km ²]	[km ²]	(m ³ /s)	(m ³ /s)	[km ²]	(m ³ /s)	m ³ /sec/km ²	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
Torrente Comunelli	104.80	519.7	T.Burgio	1	0+613	4.20	99.63	35.1	507.3	5.17	12.32	10.66	55.06	562.38	Il coefficiente udometrico è stato considerato come una media dei valori dei bacini facenti parte del Macrobacino
			Torrente Comunelli	02	1+060	89.54		420.8							
			Sx T. Comunelli	03	1+620	5.89		51.4							
Rio Roccazzelle	24.2	156.9	Rio Rabbito	06	5+649	1.35	15.09	16.3	155.2	9.11	1.7	15.5	140.9	296.2	
			Dx Rio Roccazzelle	07	6+384	0.79		10.6							
			Rio Roccazzelle	08	6+660	10.76		94.8							
			Vallone Salito	09	8+550	2.18		33.5							
Torrente Gattano (Bruca)	44.6	281.0	Vallone Bruca	10	9+480	27.25	33.43	155.0	192.5	11.17	88.53	9.1	102.2	294.6	
			Torrente Gattano	11	9+805.15	1.10		14.3							
			Vallone Casalini	12	11+571.81	5.08		23.2							

Come si può vedere dalla precedente tabella, usando la stessa metodologia di stima della portata, parità di tempo di ritorno, superficie scolante, sezione di chiusura e aste partecipanti il calcolo effettuato con i dati di pioggia aggiornati al 2015 garantisce non soltanto il rispetto dei valori del PAI ma va in sicurezza per tutti e tre i bacini maggiori.

Per i tre bacini maggiori (Torrente Comunelli (ID 02), Rio Roccazzelle (ID 08), e Vallone Bruca (ID 10)), si sono scelti i valori di portata ottenuti tenendo conto dell'aggiornamento dei dati di pioggia, (rispettivamente 420.8 mc/s, 94.8 mc/s e 155 mc/s), dopo che si è constatato che essi sono cautelativamente coerenti (maggiori) rispetto ai valori di portata adottati dal PAI.

Sulla scorta di quanto sopra si riassumono nella tabella sottostante i valori di portata adottati per la progettazione degli attraversamenti idraulici.

Tabella 7.2- Valori delle portate di progetto

Bacini di progetto			Sezione di chiusura	A	L	Q adottata In progetto	Metodo di calcolo
NOME	ID	[km ²]	PK asse stradale	[km ²]	km	(m ³ /s)	
T. Burgio	01	4.20	0+610	4.20	3.28	60.7	Razionale (dati 2015)
Torrente Comunelli	02	89.54	1+060	89.54	30.82	420.8	CPP (dati 2015)
Sx T. Comunelli	03	5.89	1+620	5.89	5.25	76.3	VAPI (dati 1998)
Dx Scozzarella	04	1.20	2+990	1.20	1.37	26.8	Razionale (dati 2015)
Torrente Scozzarella	05	1.19	3+260	1.19	1.26	25.0	
Rio Rabbito	06	1.35	5+649	1.35	2.59	27.9	
Dx Rio Roccazzelle	07	0.79	6+384	0.79	2.92	15.8	
Rio Roccazzelle	08	10.76	6+660	10.76	6.44	94.8	CPP (dati 2015)
Vallone Salito	09	2.18	8+550	2.18	3.37	38.8	Razionale (dati 2015)
Vallone Bruca	10	27.25	9+480	27.25	18.96	155	CPP (dati 2015)
Torrente Gattano	11	1.10	9+805.15	1.10	0.85	22.8	Razionale (dati 2015)
Vallone Casalini	12	5.08	11+571.81	5.08	3.58	49.1	
Sx V. Casalini	12 bis	0.27	12+195.72	0.27	0.80	6.9	
Dx Vallone Solera	13	1.18	13+400	1.18	2.04	17.2	
Vallone Solera	14	7.81	13+615.85	7.81	6.21	58.6	
Sx Vallone Solera	15	2.01	14+524.54	2.01	3.05	18.5	
Fosso1	16	0.72	14+848.82	0.72	1.95	9.5	
Fosso2	17	0.52	15+378.17	0.52	2.00	6.1	

Per i corsi d'acqua con portata duecentennale superiore a 50 mc/sec, evidenziati nella tabella di cui sopra, in corrispondenza delle sezioni di progetto, in seno alla

relazione idraulica, cui si rimanda, è stata effettuata la modellazione in moto permanente. E per questi si riportano a seguire gli idrogrammi di piena.

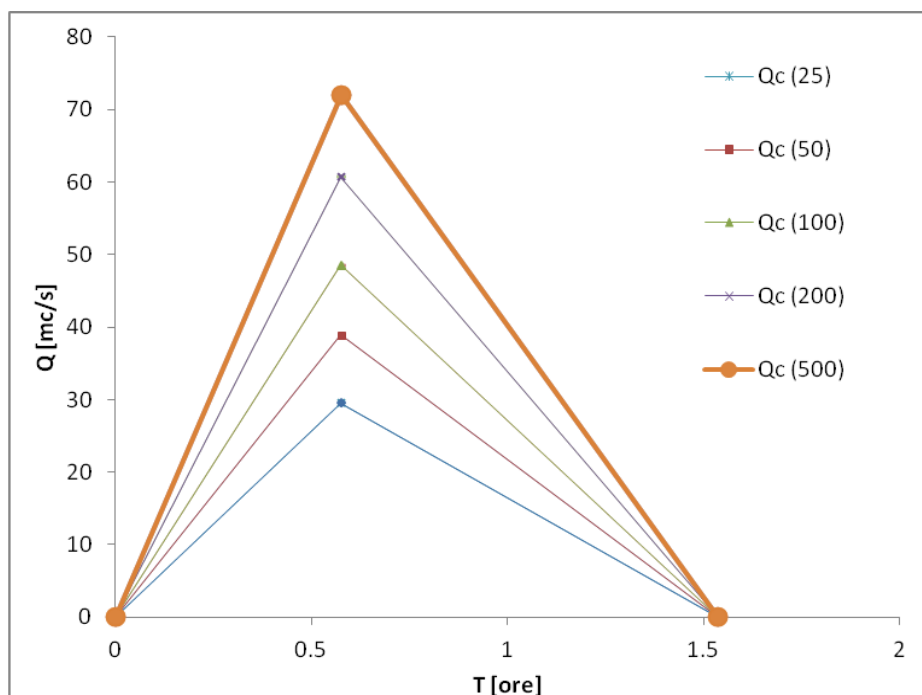


Figura 7.1 Idrogramma di piena Torrente Burgio

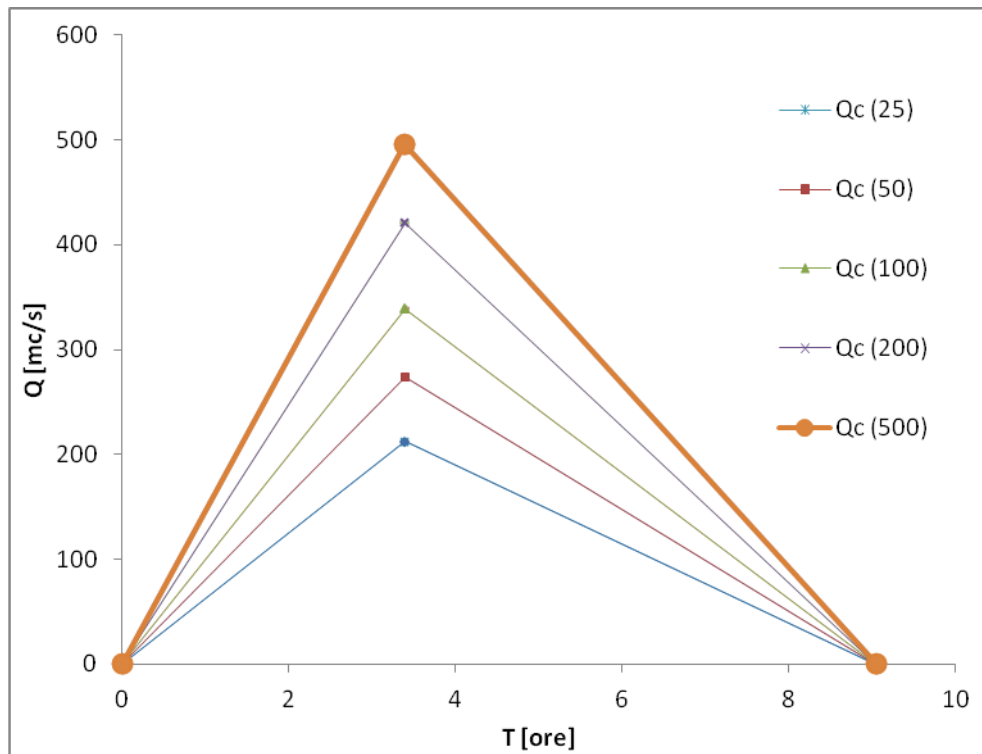


Figura 7.2 Idrogramma di piena Torrente Comunelli

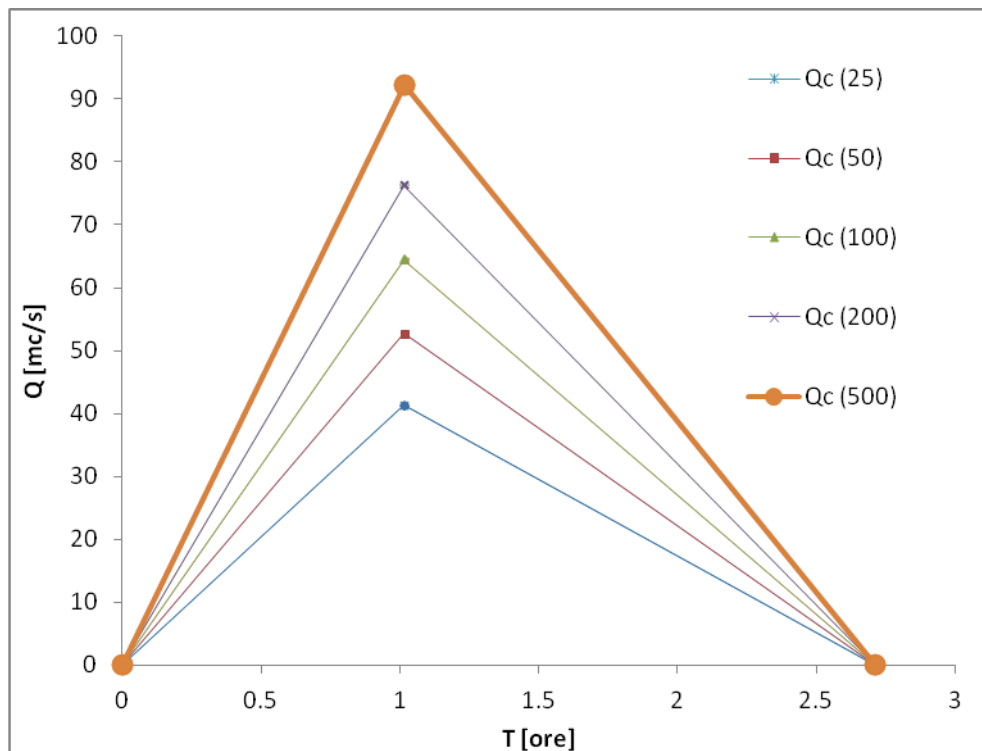


Figura 7.3 Idrogramma di piena Torrente Comunelli EST

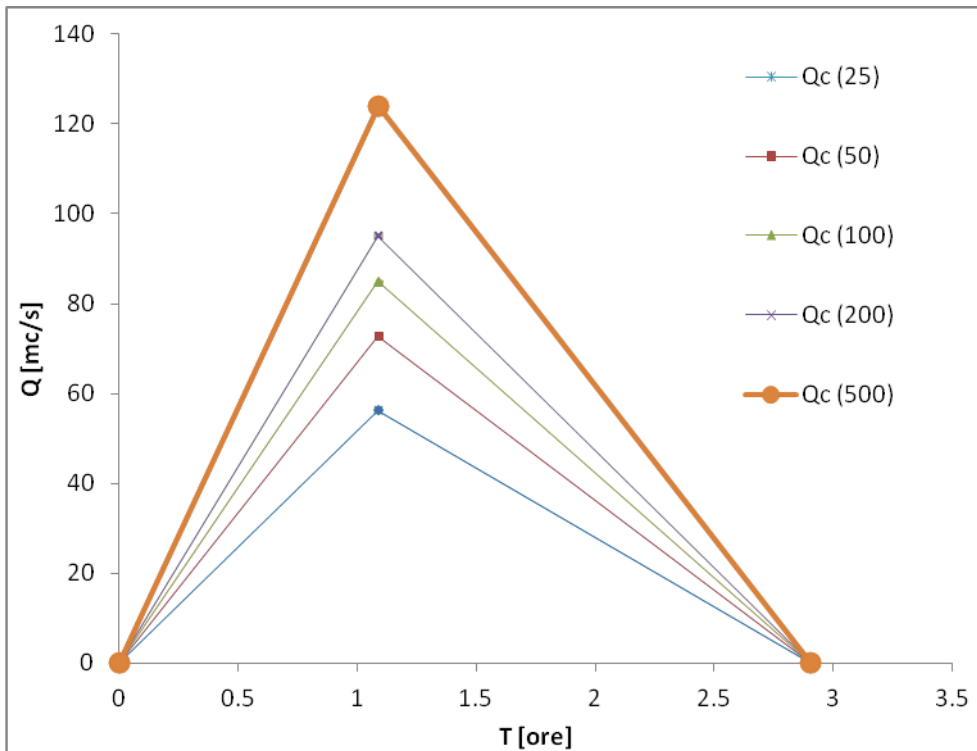


Figura 7.4 Idrogramma di piena Torrente Roccazzelle

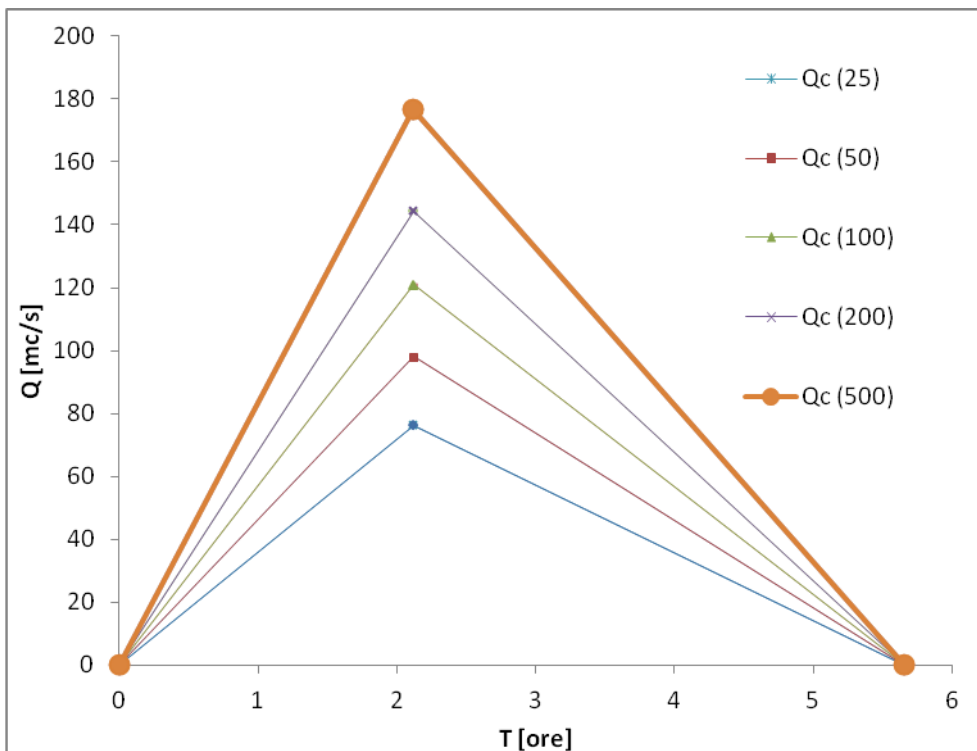


Figura 7.5 Idrogramma di piena Torrente Bruca

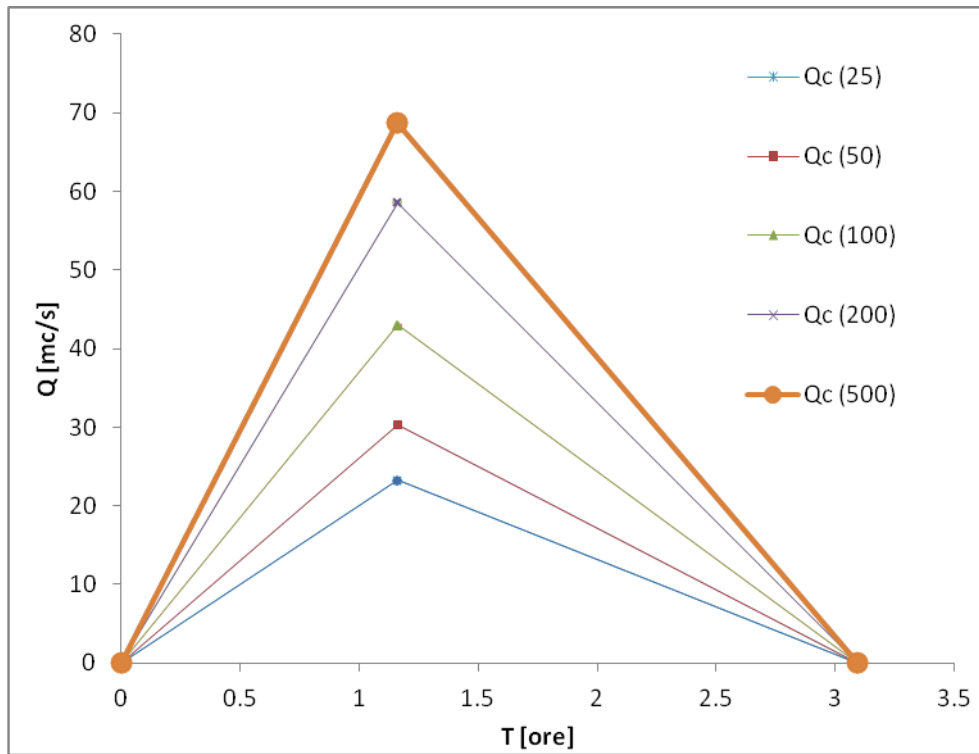


Figura 7.6 Idrogramma di piena Torrente Solera

8 APPENDICE - DATI DI PIOGGIA STAZIONI PLUVIOMETRICHE GELA, DIGA COMUNELLI E DIGA DISUERI

Osservazioni delle altezze di pioggia da tabella III degli Annali Idrologici della stazione pluviometrica "Gela"					
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1952	30,2	38,4	40,4	40,4	40,4
1953	21,6	40,2	44,2	48,8	72,8
1954	37,6	40,6	40,6	40,6	60,8
1955	35,2	37,8	37,8	47,8	49,4
1956	36,8	50	57	59,8	102,2
1957	31,4	41	42,4	42,4	69
1958	32	48,8	69,4	76,6	79,8
1959	30,2	31,8	32,4	32,8	36
1960	13,6	26	26	26	29,6
1961	36,2	39,2	39,2	39,2	39,2
1962	24	36	31,2	43	66,8
1963	25,6	25,6	25,6	30,6	30,6
1964	60,2	63,4	64	68	81,6
1965	35	47,8	48	48	48
1966	36,2	73,8	83	83	84,2
1967	15,4	15,8	16	24,4	37,6
1968	17,8	24	25,2	25,4	25,4
1969	10,2	12	14,4	22	36,2
1970	48	51,6	51,6	51,6	52
1971	85,2	94,2	94,2	94,2	94,2
1972	42,4	88,6	98,4	98,4	98,4
1973	25,2	35,2	37,4	39,2	73,2
1974	16	21,2	23,4	23,4	23,4
1975	31,8	53,6	65	81,6	82,4
1976	31,2	44,2	44,2	46,6	52,8
1977	6,8	8,4	11,6	14,6	15
1979	11,8	24	26	26	40,8
1980	10,6	14	21	21	23,2
1981	15,6	19,8	20,2	21,6	29,2
1982	18,4	25	28,8	30,8	39,6

PA83

Relazione Idrologica

Osservazioni delle altezze di pioggia da tabella III degli Annali Idrologici della stazione pluviometrica "Gela"					
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1983	25,6	42,6	52,6	52,6	52,6
1984	46,2	50,8	58,4	74,4	76,4
1985	33,4	33,4	45,6	63,2	71,8
1986	27	27,8	34,6	49,6	49,6
1987	8	13,8	14	14,4	24,4
1988	17,4	18,6	36,4	52,2	53,2
1989	16,2	19,4	23	30,6	39,4
1990	48	48,2	57,2	63,2	63,2
1991	32	32,2	32,2	33,4	38,6
1992	27,4	27,8	31	42,8	60
1993	32,4	32,6	32,8	32,8	32,8
1994	24	31,4	35,4	37,8	39,8
1995	18,4	30	31,4	37	37,8
1996	55	68,6	123,2	148	154,2
1997	22	32,6	35,6	40,4	44
1998	16	42	60,4	74	81,6
1999	16	24	45	74	98,2
2000	20,2	27,6	31,6	32,2	32,2
2001	10	13,8	20	31,8	35
2004	35	61,6	82,8	91,6	114,4
2005	15	21	35,2	51,4	67
2006	31,6	38,8	39,8	44,6	53
2008	14,2	37	50,2	50,4	53,2
2009	16	29,6	48	48	53,2
2011	27	32,4	45	53	56,8
2012	32,6	47,4	49,8	55	57,8
2013	36,8	44,6	48,2	48,8	61,4
2014	35,4	36,6	37	39,4	39,4

PA83

Relazione Idrologica

Osservazioni delle altezze di pioggia da tabella III degli Annali Idrologici della stazione pluviometrica "diga Comunelli"					
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1967	25,4	25,4	25,6	27,8	32,8
1968	13,4	15,4	16,2	17	18,4
1969	11,6	12,2	12,2	15	23,8
1970	10,8	14,4	14,8	16	19,4
1971	83	212,4	230,2	230,6	230,6
1972	52,6	66,2	86,4	88,6	88,6
1974	23,8	24,4	24,8	29,8	39,4
1976	36,6	48,6	50,4	53,8	64,8
1977	11,4	12,8	13,4	15,6	20,4
1978	27,8	36	37,8	42,2	46,4
1979	17	18,4	25,4	27,4	31,4
1980	12,4	17	17	17,2	18,4
1986	18,4	24,6	25,2	25,2	30
1987	13,6	18,8	26,2	26,2	26,2
1988	30	31	31	31,6	32
1989	12,4	17,6	20,2	22,8	37,8
1992	17,2	20	25,4	37	38,2
1994	16,4	25	31	36,2	37,8
1995	24,6	25,8	25,8	39	39
1996	54	81	129,6	154,6	159
1997	34,4	34,4	34,4	34,4	36,4
1999	28	38	48,4	55	80
2000	17	24	24,4	38,4	40,4
2008	38	52,6	73,4	77,4	80,2
2009	46	52,8	54,2	55,2	55,2
2010	52,4	70,4	73,4	73,4	104,2
2011	31,6	37	41,6	50,2	53
2012	11	14	18	29	43,8
2013	26,2	28,4	28,4	28,4	33,4
2014	44	100	105,2	110	110,6
2015	29	42	71	104,6	109,6

PA83

Relazione Idrologica

Osservazioni delle altezze di pioggia da tabella III degli Annali Idrologici della stazione pluviometrica "diga Disueri"					
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1935	31,6	31,6	31,6	43,6	61,4
1967	20,4	22,6	30,2	32	61,2
1968	17,6	19,6	19,8	19,8	27,4
1969	15,6	20,6	25,2	30,6	43,2
1970	6,6	16,8	26,6	30	33,8
1971	24,6	47,2	56	56	56
1972	17,8	18,2	18,2	25,6	31,4
1973	15,4	37,2	41,8	49,4	97,2
1974	8,2	14,2	20,6	29,2	31,4
1975	20	29,2	35,6	44,6	49
1976	16	21	27	36,4	49
1977	6,6	9	13,8	16,6	21
1978	7,8	15,2	18,6	19,2	32,4
1979	13,4	27	27,4	28	55,4
1982	31,8	44,6	44,6	44,6	49,6
1985	14,8	28	28,2	30,2	43,2
1986	13	18,4	19,4	30	35,2
1989	23,8	24	24	24,8	24,8
1990	44	55	57,2	63,2	63,2
1991	32	32	32	34,8	49,4
1992	17,2	25,4	36,2	42,2	65,2
1994	18,8	30,4	35,6	39	40,6
1995	17,4	19,8	30,2	36,2	50,2
1996	46	63	94,4	119,4	126,2
1997	29,8	36,2	39,8	41,6	43,2
2001	14,8	17,6	24,6	43,2	48,4
2002	13,8	26,8	40	57	63,6
2003	28,2	33,4	43,4	47	51,2
2005	17,4	20,6	33,8	61,4	84,6
2008	36	51,2	77	78,4	81,2
2009	20,2	34	54,6	70	83,2
2010	47,4	50,8	53,8	53,8	84,6
2012	17,6	19,6	28	41,6	62

S.S. 626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8°e completamento della TANGENZIALE DI GELA.
Itinerario Gela-Agrigento-Castelvetrano.



PA83

Relazione Idrologica

Osservazioni delle altezze di pioggia da tabella III degli Annali Idrologici della stazione pluviometrica "diga Disueri"					
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2013	17,6	30	45	45	45
2014	26	57,2	57,6	57,6	69
2015	43,8	81	89,4	89,6	100,8