

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## S.O. OPERE CIVILI

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

#### LINEA COSENZA – PAOLA / S. LUCIDO

#### NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA

#### RADDOPPIO COSENZA – PAOLA/ S. LUCIDO

#### IDROLOGIA E IDRAULICA

#### Relazione idrologica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RC1C 03 R 09 RI ID0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	Emissione esecutiva	L. Nani	Novembre 2021	A.Cappelli	Novembre 2021	I. D'Amore	Novembre 2021	A. Vitozzi Giugno 2022 ITALFERR S.p.A. Ufficio Opere Civili e Gestione delle varianti Esst. Ing. Angelo Vitozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° 420782
B	Emissione a seguito di richiesta integrazioni CSLPP - Parere n°5/2022	G. Giannetta	Giugno 2022	A.Cappelli	Giugno 2022	I. D'Amore	Giugno 2022	
File: RC1C.03.R.09.RI.ID0001001.B								n. Elab:

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	4
3	DATI DI BASE .....	5
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	6
5	PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA DI STUDIO .....	8
6	ANALISI MORFOMETRICA DEL RETICOLO E DEL BACINO IDROGRAFICO .....	12
6.1	IDENTIFICAZIONE DEI BACINI E DEL RETICOLO IDROGRAFICO .....	12
6.2	RISULTATI DELL'ANALISI MORFOMETRICA .....	15
6.3	TEMPI DI CORRIVAZIONE .....	16
7	LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA .....	19
7.1	TEMPI DI RITORNO .....	19
7.2	IL METODO PROBABILISTICO DI GUMBEL .....	20
7.3	IL METODO TCEV DEL METODO VA.PI. CALABRIA .....	24
7.4	CCP PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL'ORA .....	29
7.5	CPP DI PROGETTO .....	29
8	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI .....	32
8.1	METODO SCS .....	32
8.2	METODO CINEMATICO O RAZIONALE .....	41
8.3	IDROGRAMMI DI PIENA PER IL TORRENTE SETTIMO .....	44
8.4	PORTATE DI PROGETTO .....	46
9	EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRECIPITAZIONI .....	48
10	CALCOLO DELLE PORTATE DI CANTIERE .....	52
11	IDROGRAMMI DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE IDRAULICHE .....	54
	APPENDICE A – CODICI USO DEL SUOLO .....	59

## 1 PREMESSA

Il presente documento è parte del progetto di fattibilità economica della nuova linea AV Salerno-Reggio Calabria raddoppio Cosenza-Paola S.Lucido e descrive lo studio idrologico eseguito al fine di determinare gli idrogrammi di progetto per il dimensionamento delle nuove opere di attraversamento delle nuove opere di attraversamento e delle opere di difesa e protezione idraulica del corpo ferroviario, e da assumere come valori di riferimento nell'analisi della compatibilità idraulica dell'intervento proposto.

Il tracciato ferroviario in progetto che, per un lungo tratto si sviluppa in galleria, presenta nei due tratti allo scoperto, a monte ed a valle della galleria suddetta, diverse interferenze con il reticolo idrografico.

In particolare, lato Cosenza l'opera interferisce con:

- Il torrente Settimo, un affluente in sponda sinistra del Crati ed il corso d'acqua interferente di maggiore importanza;
- Un affluente dello stesso torrente Settimo, in corrispondenza della stazione di Rende;
- Alcuni piccoli fossi afferenti al fiume Crati che intercettano il tracciato a sud dello scavalco dell'autostrada A3, andando verso Cosenza.

In prossimità della costa tirrenica (lato Paola - San Lucido), invece, la linea interferisce, da nord a sud, con:

- Torrente Zio Petruzzo;
- Torrente Licciardo;
- Fosso Scorza;
- Fosso Siviglia;
- Torrente Varco Le Chianche

	SITO	WBS	pk
Area costiera	Torrente Zio Petruzzo	VI07	2+808.97
	Torrente Licciardo	VI06	2+576.00
	Deviazione fosso Scorza	IN08	2+305.00
	Fosso Siviglia	VI03	20+030.00
	Torrente Varco Le Chianche	VI05	20+551.00
	Tombino di trasparenza	IN05	20+330.00
	Tombino di trasparenza	IN06	2+686.00
	Tombino di trasparenza	IN07	2+938.00

	SITO	WBS	pk
Area interna	Torrente Settimo	VI02	1+858.00
	Fosso stazione di Rende	IN04	4+345.00
		IN01	0+365.00
		IN02	0+865.00
		IN09	0+660.00
		IN10	1+495.00

	<p style="text-align: center;">NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA</p> <p style="text-align: center;">RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO</p>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 3 di 60

Nel dettaglio l'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- studio della cartografia, della topografia e individuazione delle principali interferenze tra le opere in progetto e l'idrografia superficiale;
- perimetrazione dei bacini idrografici sottesi in prossimità delle opere da realizzare e studio delle loro caratteristiche geomorfologiche;
- valutazione delle caratteristiche dei bacini e calcolo dei tempi di corrivazione mediante l'utilizzo di diverse equazioni disponibili in letteratura;
- analisi pluviometrica per la stima delle precipitazioni di progetto secondo il metodo VA.PI. e quello di Gumbel;
- calcolo delle massime portate idrologiche mediante l'uso di due metodi per gli interventi per cui si prevede una modellazione idraulica monodimensionale; per i siti in cui si rende necessaria una modellazione idraulica bidimensionale si esegue la stima degli idrogrammi mediante il modulo HEC-HMS oltre ai metodi razionale e SCS.

## 2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

DESCRIZIONE ELABORATO	SCALA	CODIFICA
Corografia dei Bacini idrografici –Tavola 1 di 2	1:10.000	RC1C03R09C4ID0001001A
Corografia dei Bacini idrografici –Tavola 2 di 2	varie	RC1C03R09CZID0001002A
Stralcio planimetrico della mappa di pericolosità idraulica	1:5.000	RC1C03R09P5ID0002001A

	<p style="text-align: center;">NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA – PAOLA/S. LUCIDO</p>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 5 di 60

### 3 DATI DI BASE

La base dati necessaria per lo svolgimento dello studio è stata acquisita dai vari enti territoriali. In particolare sono stati reperiti:

- Il modello digitale del terreno da rilievo LiDAR del MATTM con risoluzione a terra 1mx1m nell'entroterra;
- Il modello digitale del terreno da rilievo LiDAR del MATTM con risoluzione a terra 2mx2m per la fascia costiera;
- Il modello digitale del terreno con risoluzione a terra 5mx5m disponibile sul sito del geoportale della regione Calabria;
- Cartografia tecnica regionale in formato dwg.
- Lo shapefile relativo all'uso del suolo del 2012 (Corine land cover 2012 ISPRA)  
<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover>
- Gli shapefile relativi alla pericolosità idraulica connessa al PAI e al PGRA  
<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/varianti-di-aggiornamento-mappe-pai-alle-mappe-pgra-menu/misure-di-salvaguardia-menu>

Sono stati considerati anche i rilievi effettuati da Italferr nell'ambito del presente progetto:

- Rilievi celerimetrici dell'area

## 4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Gli interventi in progetto ricadono nella provincia di Cosenza, in parte lungo la costa compresa tra Paola e S. Lucido, ed in parte nella zona interna in direzione Cosenza.

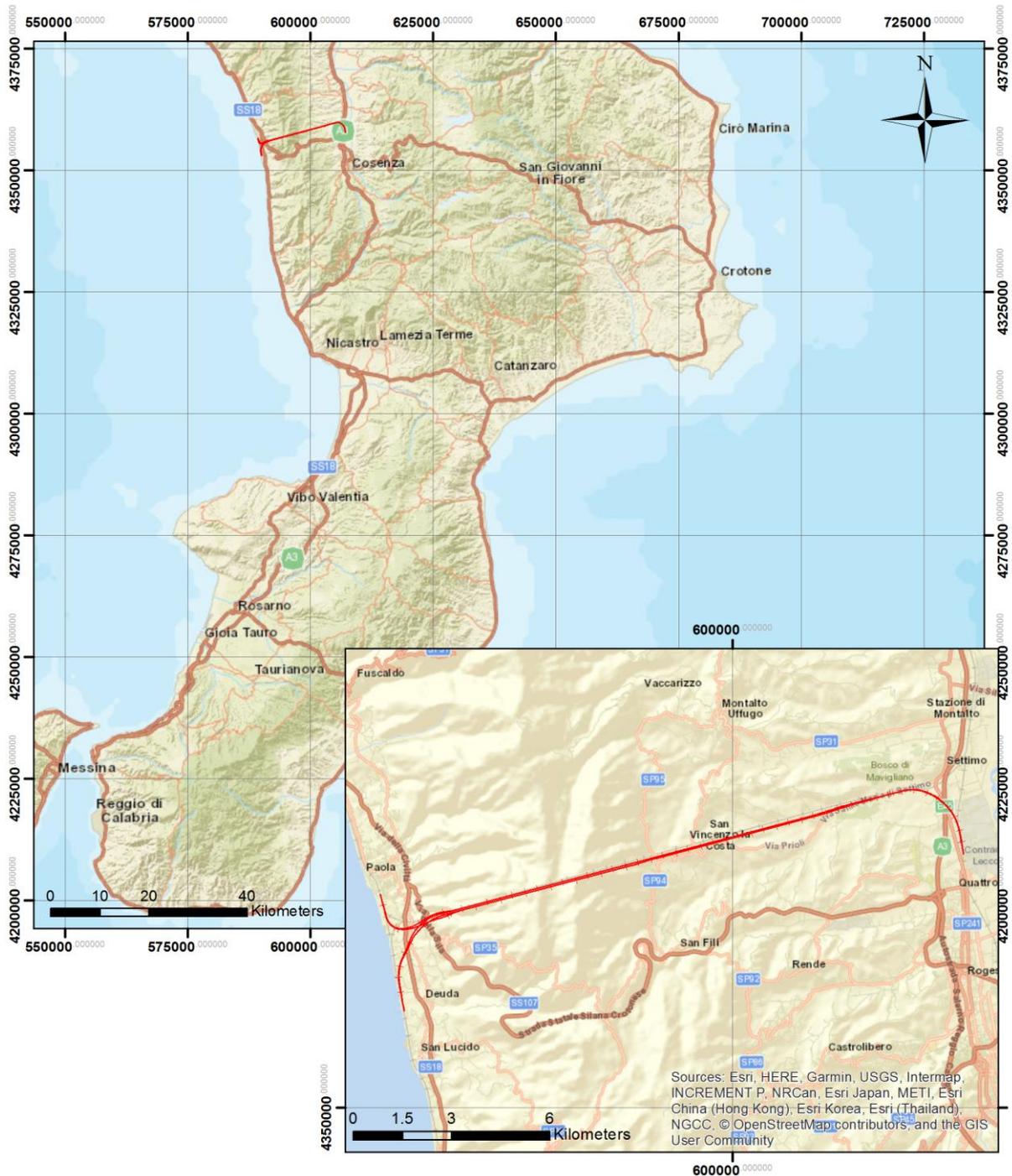


Figura 1. Inquadramento dei siti su Street Map

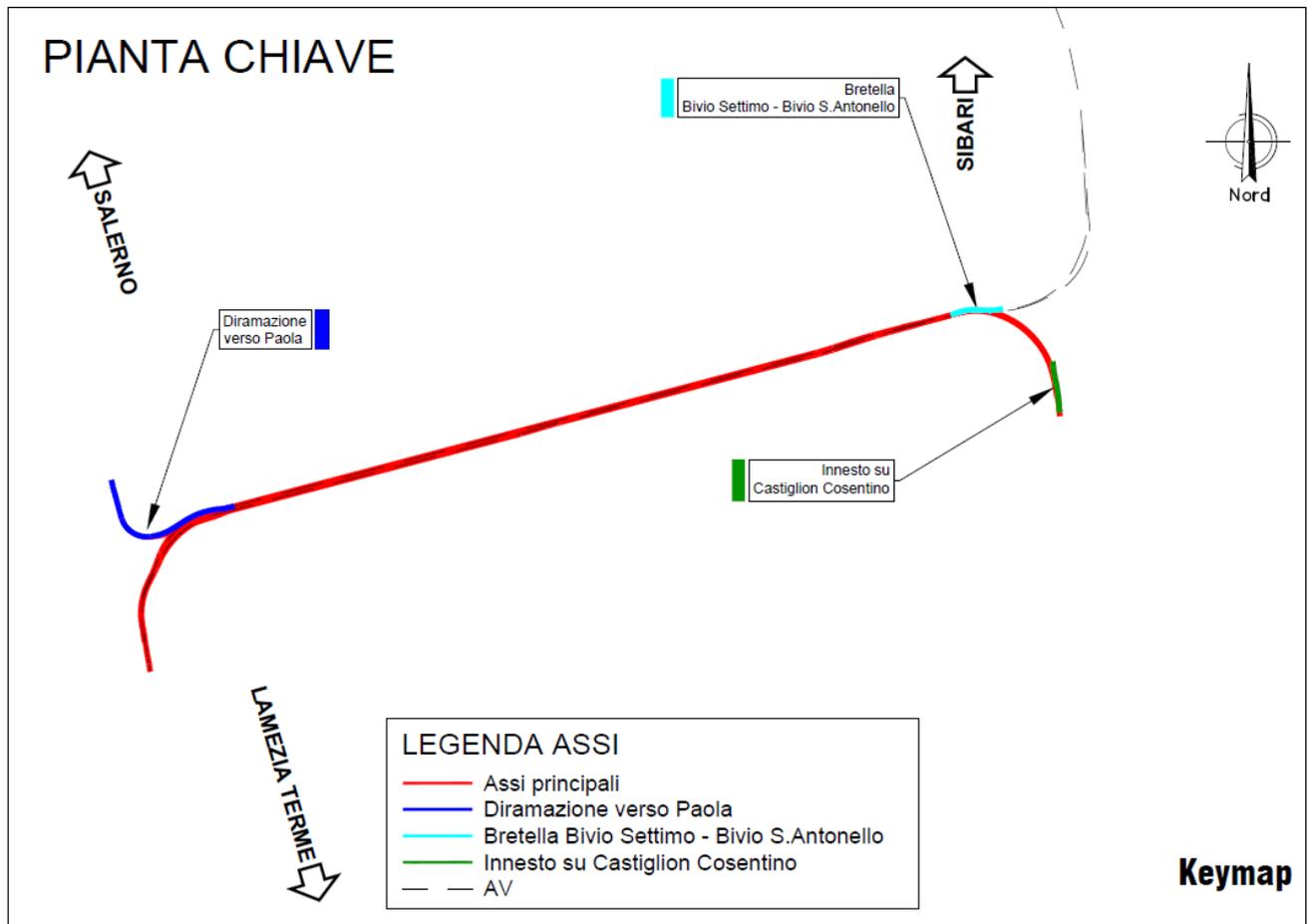


Figura 2. Keymap dell'intervento in progetto

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 8 di 60

## 5 PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA DI STUDIO

L'autorità competente sul territorio in cui si localizzano gli interventi in progetto è l'Autorità del Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Essa ha adottato, con DS n. 540 del 13.10.2020, le *Misure di salvaguardia* collegate all'adozione dei progetti di variante predisposti in attuazione degli aggiornamenti mappe PAI/PGRA di cui alla delibera CIP n. 1 del 20.12.2019 (cfr. allegato n.1 al DS), con efficacia a decorrere dal 14.10.2020.

Accanto alle Misure di Salvaguardia vi sono le Norme Tecniche del PAI e le Norme di Attuazione del P.S.E.C. (Piano stralcio di erosione costiera) che insieme definiscono il quadro di prescrizioni per gli interventi ricadenti in aree caratterizzate da criticità idraulica.

Tra queste ultime ricadono non solo le aree perimetrare per mezzo studi idraulici ma anche quelle individuate secondo criteri geomorfologici: le aree, le linee e i punti di attenzione rappresentano di fatto le aree storicamente inondate e/o localizzate dai Piani di Protezione Civile, i tratti e punti critici rilevati quali ad esempio riduzioni di sezioni, ostruzioni, rotture arginali.

Le *Misure di salvaguardia* predispongono che, per qualsiasi trasformazione territoriale il professionista verifichi che il sito rientri o meno nelle aree classificate a rischio PAI e nelle aree di attenzione del PGRA.

Tra gli interventi consentiti nelle aree di attenzione PGRA si hanno quelli relativi alla manutenzione, all'ampliamento o alla ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché quelli di realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area (lettera d).

Gli interventi di cui alla lettera d), a esclusione di quelli di manutenzione, devono essere corredati da uno studio di compatibilità idraulica, predisposto nel rispetto delle disposizioni del Piano Stralcio territorialmente competente che valuti i livelli di pericolosità e/o rischio della zona d'interesse ante e post operam e garantisca la compatibilità degli interventi con le disposizioni della normativa del Piano Stralcio.

Le aree soggette ad erosione costiera sono disciplinate dal Piano Stralcio Erosione Costiera che unitamente al PAI concorre alla composizione del Piano di Bacino. L'art. 7 comma 1 delle citate norme stabilisce che in tutte le zone delimitate dal presente Piano, tutti i provvedimenti che autorizzano interventi o attività lungo la costa devono essere basati su preventive valutazioni degli effetti che essi possono produrre sulle condizioni di pericolosità e rischio di erosione costiera e sulla tutela degli ecosistemi.

Da un'analisi eseguita in ambiente GIS in base agli shapefile aggiornati della pericolosità idraulica PAI, PGRA e PSEC, si osserva che quattro siti ricadono in area d'attenzione del PGRA, uno in area a rischio PAI.

N	SITO	Pk	WBS	Aree PAI 2020
1	Torrente Zio Petruzzo	km 2+938.00	VI07	AREA ATT_PGRA
2	Torrente Licciardo	km 2+591.00	VI06	AREA ATT_PGRA
3	Fosso Scorza	km 2+441.18	IN08	AREA ATT_PGRA
4	Fosso Siviglia	km 20+030.00	VI03	AREA ATT_PGRA
5	Torrente Varco Le Chianche	km 20.551.00	VI05	AREA ATT_PGRA
6		km 20+330.00	IN05	-
7		km 2+686.00	IN06	-
8		km 2+938.00	IN07	-
9		km 0+360.00	IN01	AREA ATT_PGRA
10		km 0+865.00	IN02	AREA ATT_PGRA
11	Fosso stazione Rende	km 2+305.00	IN04	AREA ATT_PGRA
12	Torrente Settimo	km 1+858.00	VI02	Area ATT_PAI AREA ATT_PGRA
13		km 0+660.00	IN09	-
14		km 1+495.00	IN10	AREA ATT_PGRA

Tabella 1. Pericolosità idraulica dei siti

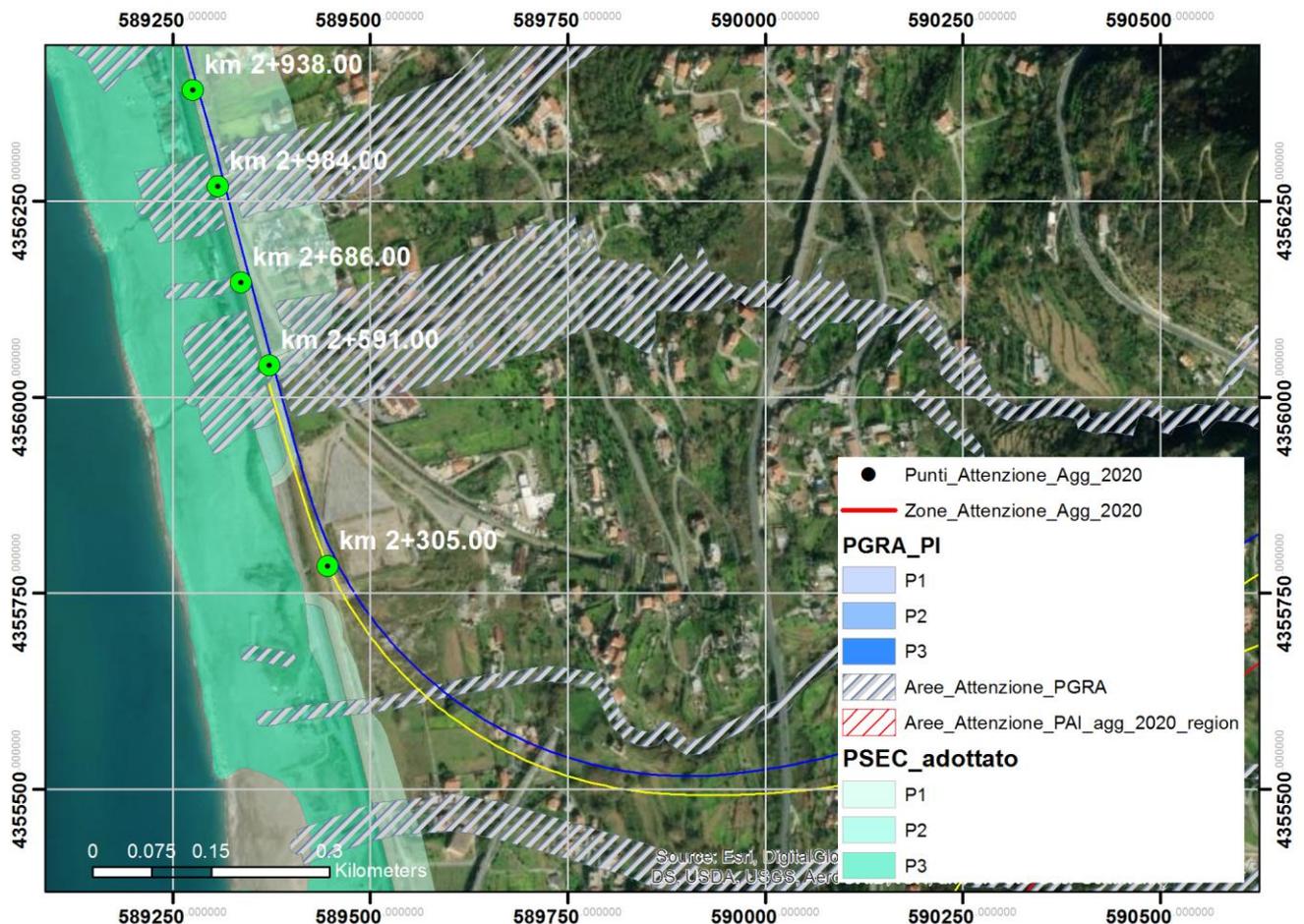


Figura 3. Pericolosità idraulica dei siti secondo il PAI 2020, il PGRA e il PSEC – Costa nord

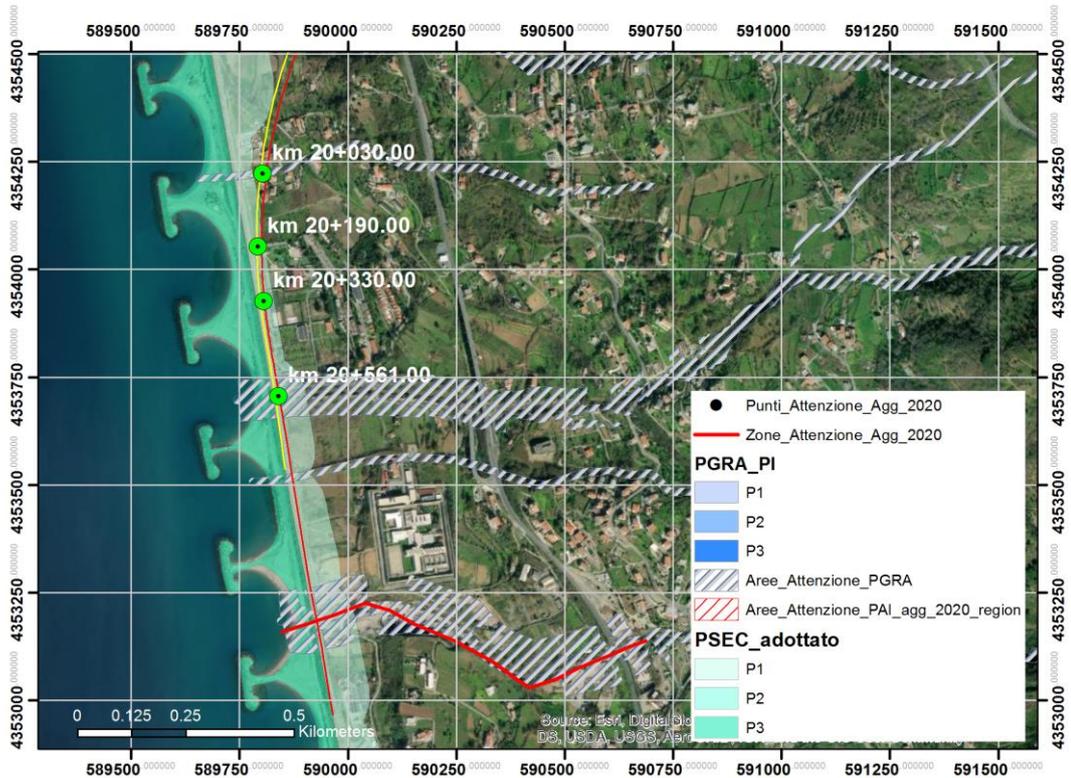


Figura 4. Pericolosità idraulica dei siti secondo il PAI 2020 e il PGRA e il PSEC- Costa sud

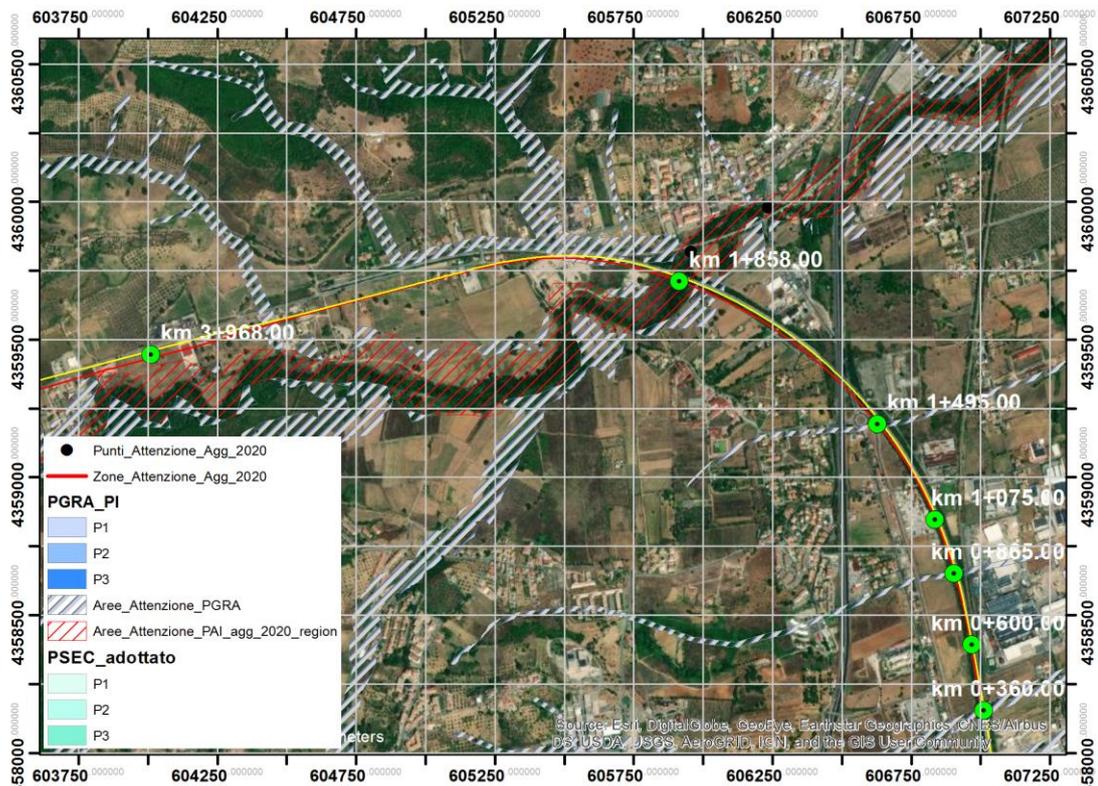


Figura 5. Pericolosità idraulica dei siti secondo il PAI 2020 e il PGRA – Area interna

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. FOGLIO A 11 di 60

Lungo la costa le interferenze che ricadono sia in area di attenzione PGRA che in fascia P1 del PSEC sono VI03, VI05, VI06, VI07 e IN08. L'interferenza con il torrente Settimo (VI02) interessa aree d'attenzione segnalate sia dal PAI che del PGRA. Il fosso affluente al torrente Settimo che sarà oggetto di deviazione dalla progressiva 4+345.00 alla 3+968.00 (denominato da qui in poi fosso Rende), ricade in area d'attenzione PGRA; lo stesso si osserva per le interferenze IN01-IN02 e IN10. In prossimità di quest'ultima interferenza non si riscontra tuttavia l'esistenza di un reticolo idrografico.

Il Piano Stralcio di Erosione costiera contempla (cfr. artt.11 e 9 k) *l'ampliamento delle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la sola realizzazione di nuove infrastrutture lineari di trasporto (strade, ferrovie, canali) a condizione che non costituiscano condizione di innesco o di accelerazione del processo di erosione e che venga salvaguardata la spiaggia emersa così come definita al precedente art. 2.*

Le disposizioni per le aree di attenzione PGRA sono contenute all'interno delle Misure di Salvaguardia all'articolo 4. Al punto d) è contemplata la realizzazione di interventi d'ampliamento o di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area; per questi interventi è prescritto lo studio di compatibilità idraulica al fine di individuare i livelli di pericolosità e/o rischio della zona d'interesse e la compatibilità degli interventi a farsi con le disposizioni delle norme di attuazione.

In conclusione, l'analisi idrologica riguarderà i bacini idrografici dei seguenti corsi d'acqua:

1. Area interna: torrente Settimo e un suo affluente; bacini affluenti al fiume Crati, chiusi alle progressive km 0+007, 0+506.00 (asse BD)
2. Area costiera: torrente Zio Petruzzo, torrente Licciardo, fosso Scorza, fosso Siviglia e torrente Varco Le Chianche.

Sono esclusi dalla modellazione idrologica le aree drenate dai tombini di trasparenza IN05-IN06-IN07-IN09-IN10.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

## 6 ANALISI MORFOMETRICA DEL RETICOLO E DEL BACINO IDROGRAFICO

### 6.1 Identificazione dei bacini e del reticolo idrografico

L'identificazione del bacino e del reticolo idrografico può essere eseguita in maniera automatica in ambiente GIS avvalendosi di un modello digitale del terreno, in breve DTM (*Digital Terrain Model*). Gli strumenti informatici presenti nelle piattaforme GIS consentono di estrarre le direzioni di drenaggio assegnando ad ogni cella del DTM la cella delle 8 ad essa limitrofe caratterizzata dalla quota altimetrica più bassa e di individuare al contempo il numero complessivo delle celle drenanti in ognuna di esse.

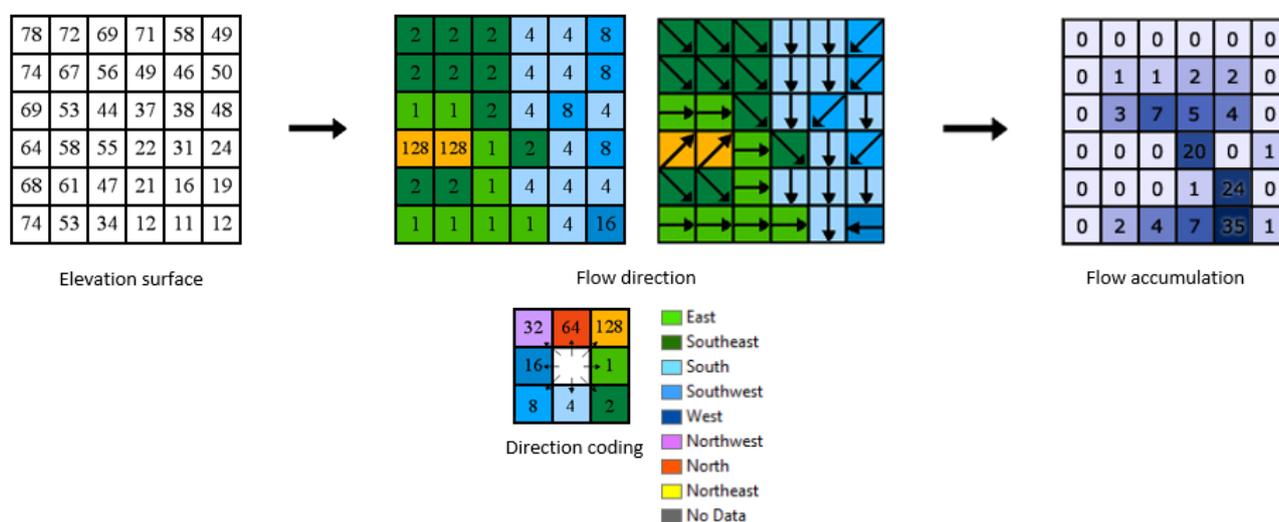


Figura 6. Codice di definizione delle linee di drenaggio implementato in GIS

L'applicazione del metodo deve essere tuttavia preceduta da un'operazione automatica di rimozione delle depressioni artificiali: i DTM contengono numerose celle non idrologicamente connesse a quelle adiacenti che nella maggior parte dei casi sono riconducibili ad errori di interpolazione dei dati sorgente nell'elaborazione del modello. La delineazione del reticolo e del bacino richiede, oltre alle coordinate della sezione di chiusura, la definizione dell'area di soglia di innesco del canale che deve essere svolta con attenzione poiché da essa deriva la stima del tempo di corrivazione. Non avendo a disposizione informazioni inerenti rilievi specifici è stato adottato un valore di riferimento per l'area soglia di 1 kmq.

La procedura di ricostruzione automatica del bacino e del reticolo descritta consente di ottenere risultati affidabili quanto più il bacino è pendente e quanto più basso è il grado di antropizzazione dello stesso.

Sono stati dunque estratti 10 bacini idrografici la cui rappresentazione è riportata nelle immagini sottostanti. Per maggiori dettagli si rimanda all'inquadramento riportato nelle tavole RC1C03R09C4ID0001001 e RC1C03R09C4ID0001002.

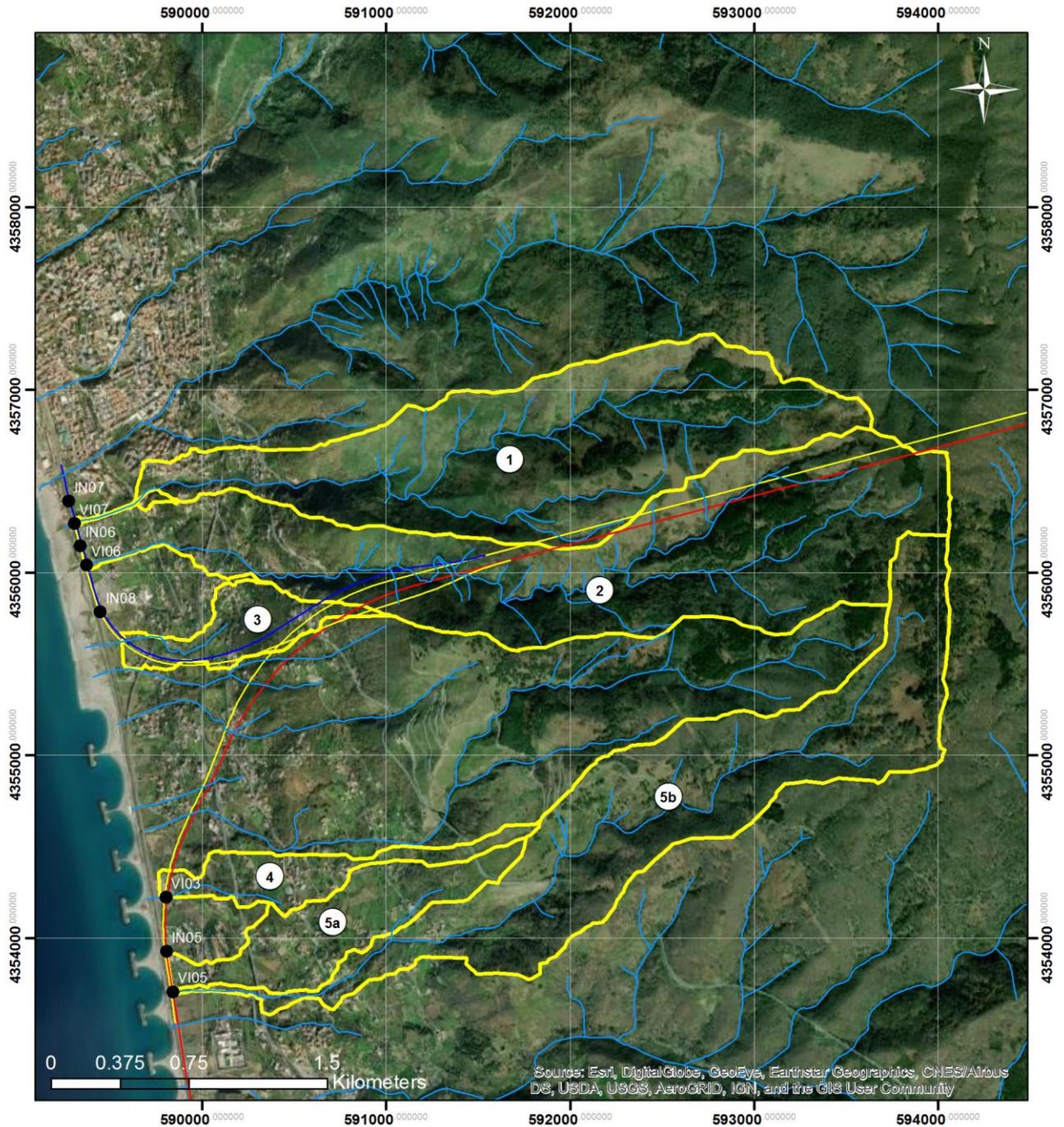


Figura 7. Inquadramento su ortofoto e dei bacini costieri

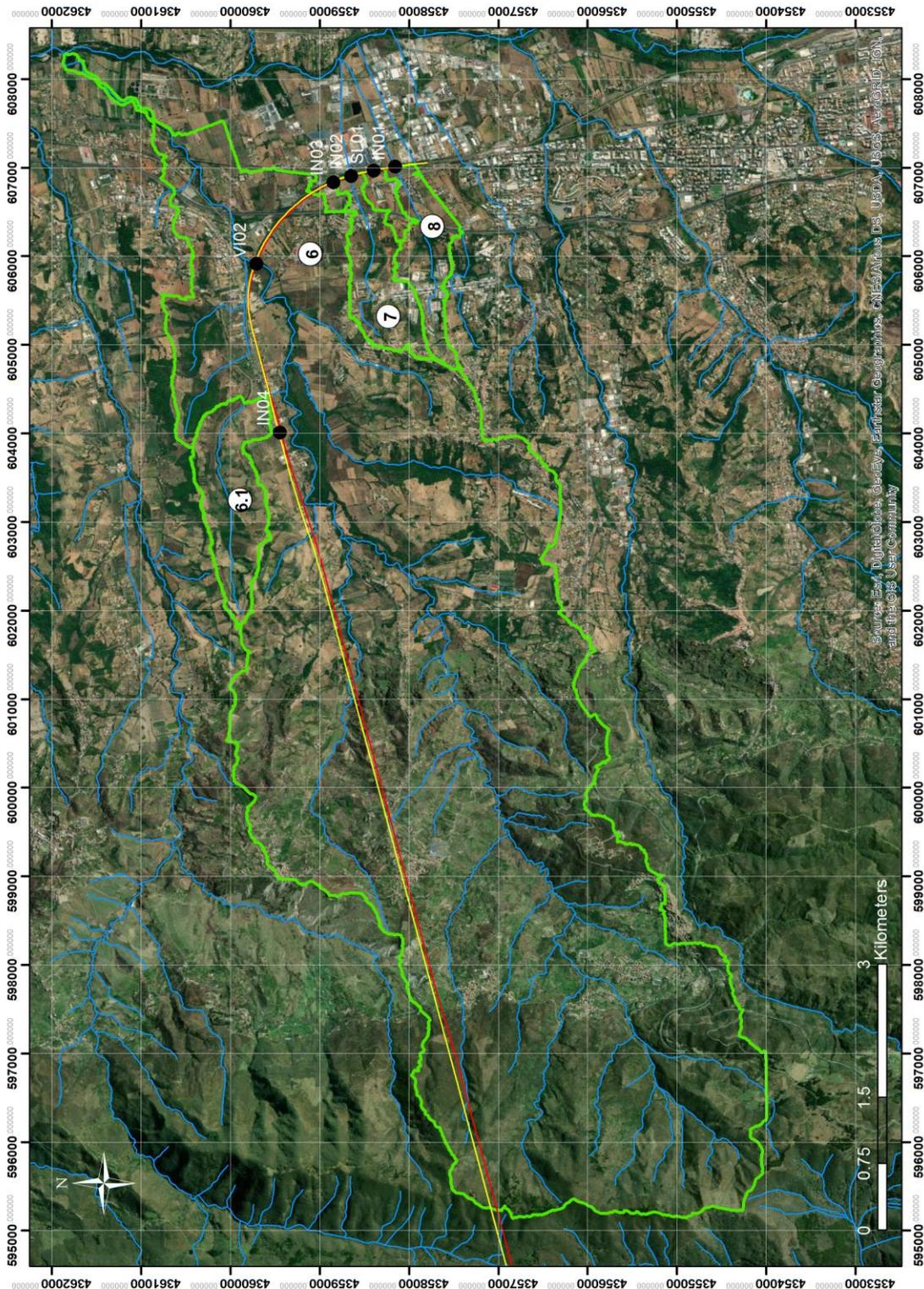


Figura 8. Inquadramento su ortofoto dei bacini nell'area interna

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

## 6.2 Risultati dell'analisi morfometrica

Una volta individuati i bacini idrografici sono stati ricavati i parametri morfometrici caratteristici necessari per la stima del tempo di corrivazione e per la modellazione idrologica afflussi-deflussi.

I parametri morfometrici ricavati sono i seguenti:

- $A_b$  : area del bacino idrografico (km<sup>2</sup>)
- $L_b$  : lunghezza dell'asta principale (km)
- $y_{max}$  : quota massima del bacino idrografico (m s.l.m.)
- $y_{min}$  : quota minima del bacino idrografico
- $y_m$  : quota media del bacino idrografico (m s.l.m.)
- $h_m$  : quota massima dell'asta principale
- $h_v$  : quota minima dell'asta principale.

Nella tabella seguente vengono riassunti i valori delle grandezze analizzate per ciascun bacino.

ID	Corso d'acqua	Area	$L_b$	$y_{max}$	$y_{min}$	$Y_{media}$	$h_m$	$h_v$
-	-	kmq	km	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.
1	Torrente Zio Petruzzo	2.26	4.1	1063.54	5.65	600.02	813.63	5.65
2	Torrente Licciardo	2.73	4.87	1151.6	4.93	669.72	918.93	4.93
3	Fosso Scorza	0.30	0.29	472	5.46	138.71	33.59	5.46
4	Fosso Siviglia	0.31	0.29	558.32	5.36	159.06	50.31	5.36
5 a	Affl. Varco Le Chianche	0.55	0.77	529.94	5.23	165.93	85.33	5.23
5 b	Torrente Varco Le Chianche	2.08	2.08	1143.1	4.7	680.12	970.72	4.7

Tabella 2- Interferenze idrauliche e caratteristiche dei bacini costieri

ID	Corso d'acqua	Area	$L_b$	$y_{max}$	$y_{min}$	$Y_{media}$	$h_m$	$h_v$
-	-	kmq	km	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.
6	Torrente Settimo	43.93	19.55	1256.16	128.87	405.37	907	128.87
6.1	Fosso "Rende"	1.45	2.86	363.88	188.79	258.95	252	188.79
7		1.064	2.22	273.9	168.5	209.29	218.78	168.5
8		0.92	2.07	288.92	168.6	204.03	223.32	168.6

Tabella 3 – Interferenze idrauliche e caratteristiche dei bacini area interna

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

### 6.3 Tempi di corrivazione

Per la stima del tempo di corrivazione caratteristico di ogni bacino idrografico estratto si è fatto ricorso a varie formule empiriche presenti in letteratura.

#### Formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4S^{0.5} + 1.5 L}{0.8 (y_m - y_{min})} \quad con$$

- S è la superficie complessiva del bacino idrografico espressa in km<sup>2</sup>;
- L è la lunghezza dell'asta principale espressa in km;
- $y_{min}$  è la quota minima del bacino (m s.l.m.)
- $y_m$  è la quota media del bacino (m s.l.m.).

#### Formula di Viparelli

$$t_c = \frac{L}{v} \quad con$$

- L è la lunghezza dell'asta principale a partire dallo spartiacque (m);
- V è la velocità di scorrimento dell'acqua su versante e nel reticolo idrografico pari a 1.5 m/s.

Sono state prese in considerazione anche altre formulazioni al fine di effettuare un confronto più robusto, anche se ricavate per lo più per bacini di pianura (eccezion fatta per Pezzoli).

#### Formula di Puglisi

$$t_c = 6 L^{2/3} (y_{max} - y_{min})^{-1/3} \quad con$$

- L è la lunghezza dell'asta principale espressa in km;
- $y_{min}$  è la quota minima del bacino (m s.l.m.)
- $y_m$  è la quota massima del bacino (m s.l.m.).

#### Formula di Pasini

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{L A}}{\sqrt{i}} \quad con$$

- L è la lunghezza dell'asta principale espressa in km;
- A è la superficie del bacino idrografico espressa in km<sup>2</sup>;

- $i$  è la pendenza media della rete di drenaggio.

#### Formula di Pezzoli

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_m}} \quad \text{con}$$

- $L$  è la lunghezza dell'asta principale espressa in km;
- $i$  è la pendenza media della rete di drenaggio.

#### Formula di Kirpich (per bacini con $A < 1$ kmq)

$$t_{cK} = 0.93 \left( \frac{L}{\sqrt{(y_{max} - y_{min})/L}} \right)^{0.77} \quad \text{con}$$

- $L$  è la lunghezza dell'asta principale espressa in km;
- $y_{min}$  è la quota minima del bacino (m s.l.m.);
- $y_{max}$  è la quota massima del bacino (m s.l.m.).

ID	Fiume	$t_{Giandotti}$	$t_{Puglisi}$	$t_{Kirpich}$	$t_{Ventura}$	$t_{Pasini}$	$t_{Pezzoli}$	$t_{Viparelli}$	$t_{calcolo}$
-	-	min	min	min	min	min	min	min	min
1	Torrente Zio Petruzzo	37.44	93.1		25.9	30.7	<b>30.5</b>	45.6	30.5
2	Torrente Licciardo	40.47	101.7		29.1	35.4	<b>37.1</b>	54.1	37.1
3	Fosso Scorza	17.16	20.8	1.3	13.5	9.3	3.1	3.2	<b>15</b>
4	Fosso Siviglia	16.07	19.5	1.2	10.8	7.3	2.4	3.2	<b>15</b>
5 a	Affl. Varco Le Chianche	24.5	38.4	3.7	17.7	15.2	7.9	8.6	<b>15</b>
5 b	Torrente Varco Le Chianche	37.59	101.5		24.6	31.3	<b>35.7</b>	53.7	35.7

Tabella 4. Tempi di corrvazione dei bacini costieri stimati con le varie formule empiriche

ID	Fiume	$t_{Giandotti}$	$t_{Puglisi}$	$t_{Kirpich}$	$t_{Ventura}$	$t_{Pasini}$	$t_{Pezzoli}$	$t_{Viparelli}$	$t_{calcolo}$
-	-	$h$	min	min	min	min	min	min	min
6	Torrente Settimo	4.19	251.85	259.5		253.6	308.7	323.4	<b>217.2</b>
6.1	Fosso Rende	1.35	81.57	132.4		61.9	70.1	63.5	<b>31.8</b>
7		1.46	87.6	132.2	<b>23.4</b>	52.3	57.4	48.7	<b>23.4</b>
8		1.46	87.63	120.9	<b>20.5</b>	45.1	49.6	42.2	<b>20.5</b>

Tabella 5. Tempi di corrvazione dei bacini interni stimati con le varie formule empiriche

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: left; width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">LOTTO</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">REV.</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RC1C</td> <td>03</td> <td>R09RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>18 di 60</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC1C	03	R09RI	ID0001 001	A	18 di 60
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC1C	03	R09RI	ID0001 001	A	18 di 60								

Per i bacini costieri a seguito del confronto si è scelto di adottare:

- la formula di Pezzoli per i bacini 1,2 e 5b, a scapito di Pasini e Ventura, essendo la prima ricavata per bacini montani e quindi più adatta a rappresentare il comportamento dei siti in oggetto;
- la durata di 15 minuti per i bacini 3, 4 e 5 a. Essendo molto basse le stime fornite dalle varie formule, è stato adottato un valore convenzionale (15 min) compreso tra un minimo di 5 ed un massimo di 15 minuti ovvero valori generalmente considerati per il tempo di accesso alla rete al fine di tenere conto dell'effetto di invaso che si ha all'inizio della precipitazione (Da Deppo et al. 1994).

Per quanto riguarda i bacini interni la formula di Viparelli è risultata la più cautelativa per il bacino del torrente Settimo e del suo affluente; per i sottobacini del Fiume Crati è stata assunta la formula di Kirpich.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

**RELAZIONE IDROLOGICA**

## 7 LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La stima delle precipitazioni di progetto è stata effettuata confrontando le curve di possibilità pluviometrica ricavate mediante il metodo VA.PI. Calabria e quelle costruite con il metodo probabilistico di Gumbel. La scelta tra i due metodi è stata condotta secondo il principio della massima cautela, assumendo come durata dell'evento di progetto il tempo di corrivazione del bacino.

### 7.1 Tempi di ritorno

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi è stata effettuata in conformità con quanto previsto dal Manuale di Progettazione ferroviaria e dall'Aggiornamento delle Norme tecniche delle Costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Si è tenuto conto inoltre delle prescrizioni riportate nelle “Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree d'attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio inondazione”, contenute nel PAI della regione Calabria.

La tabella seguente sintetizza la scelta effettuata per tipologia di opere:

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2018 e relativa circolare applicativa	Linee Guida PAI Calabria
<b>Manufatti di attraversamento (ponti e tombini)</b>	<i>linea ferroviaria <math>Tr=200</math> anni per <math>S &gt; 10 \text{ km}^2</math></i> <i>linea ferroviaria <math>Tr=200</math> anni per <math>S \leq 10 \text{ km}^2</math></i> <i>Deviazioni stradali <math>Tr=200</math> anni</i>	<i><math>Tr = 200</math> anni</i>	<i><math>Tr = 200</math> anni</i>
<i>S superficie del bacino</i>			

Tabella 6 – Tempi di ritorno di progetto

Le stesse Linee Guida forniscono le indicazioni per la verifica idraulica delle aree d'attenzione: lo studio deve essere condotto su un tratto del corso d'acqua di interesse sufficientemente ampio da garantire che l'area non venga inondata da monte e che gli effetti di opere e restringimenti a monte o a valle siano trascurabili. I tempi di ritorno da assumere per le verifiche sono i seguenti: 50, 200 e 500 anni per il torrente Settimo e 200 anni per i restanti corsi d'acqua per i quali dimensionare i nuovi attraversamenti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

## 7.2 Il metodo probabilistico di Gumbel

La funzione di probabilità di Gumbel è del tipo a doppio-esponenziale:

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

con  $\alpha$  ed  $\varepsilon$  parametri della legge di Gumbel; di solito stimati attraverso il metodo dei momenti e legati alla media  $\mu$  ed allo scarto quadratico medio  $\sigma$  dei dati campionari dalle seguenti relazioni:

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6} * \sigma}$$

$$\varepsilon = \mu - 0.45 * \sigma$$

Essendo  $T_r=1/p$  la relazione esistente tra il tempo di ritorno  $T_r$ , ossia il numero di anni  $T$  in cui la variabile  $x$  è raggiunta o superata mediamente una sola volta, e la probabilità di superamento  $p=P(X>x)$ , vale la relazione:

$$T_r = \frac{1}{1 - F(X)} \rightarrow \frac{T_r - 1}{T_r} = F(X) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

Invertendo questa relazione, considerando le espressioni di  $\alpha$  ed  $\varepsilon$  soprariportate e ponendo  $x=ht, T_r$  (altezza di pioggia di durata  $t$  e tempo di ritorno  $T_r$ ), si ottiene la relazione:

$$h_{t,T_r} = \varepsilon - \frac{1}{\alpha} * \ln \ln \left( \frac{T_r}{T_r - 1} \right) = \mu(h_t) - \sigma(h_t) * \left[ 0.45 + 0.78 * \ln \ln \left( \frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right]$$

Tramite questa relazione, per ciascun valore di  $T_r$ , si ottengono  $n$  valori corrispondenti alle  $n$  durate considerate ( $n=5$  essendo  $t=1, 3, 6, 12, 24$  h). Questi valori, in un piano bi-logartimico ( $t, h_t$ ) individuano una curva detta curva di possibilità pluviometrica (CPP) che può essere rappresentata da un'equazione del tipo:

$$h_{t,T_r} = a * t^n$$

Dove i parametri  $a$  ed  $n$  possono essere stimati, per ciascun tempo di ritorno, tramite regressione lineare ai minimi quadrati.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

Per determinare poi l'altezza di pioggia ragguagliata all'area dei singoli bacini studiati si è poi applicato il metodo dei poligoni di Thiessen o dei topoieti.

Per prima cosa, quindi, si sono costruiti i poligoni; successivamente si è fatta l'intersezione tra i poligoni stessi e l'area dei bacini in modo da ottenere la porzione di superficie di ciascun poligono ricadente all'interno di ogni singolo bacino considerato (v. Figura 6).

Dal sito del Centro Funzionale sono state reperite le posizioni delle stazioni pluviometriche in base alle quali definire i topoieti mediante il metodo dei poligoni di Thiessen (v. Tabella 8). La procedura è stata eseguita in ambiente GIS.

Dall'analisi in GIS emerge che i pluviometri di influenza sono quattro: Paola, Montalto Uffugo, San Pietro in Guarano e Cosenza (rispettivamente con 47, 63, 23 e 66 anni di misure).

L'altezza di pioggia ragguagliata sull'intera area del bacino sarà quindi pari alla media, pesata rispetto alle aree, delle altezze di pioggia relative a ciascuna stazione:

$$h = \frac{1}{S} \sum_i h_i * S_i$$

Dove S rappresenta la superficie totale del bacino mentre  $S_i$  la superficie del singolo i-esimo topoieto ricadente all'interno del bacino stesso.

L'estensione delle serie pluviometriche analizzate, reperite sul sito internet del Centro Funzionale Multirischi della Protezione Civile Regione Calabria ed elaborate mediante legge di Gumbel, è rappresentata nella tabella sottostante. Sono state escluse le stazioni aventi un numero di anni di misure inferiore a 20.

Stazione	N° di anni disponibili	Anno Inizio	Anno Fine
Paola	47	1945	2005
Montalto Uffugo	70	1928	2021
San Pietro in Guarano	30	1988	2021
Cosenza	75	1923	2021

Tabella 7. Stazioni utilizzate: numero di anni disponibili

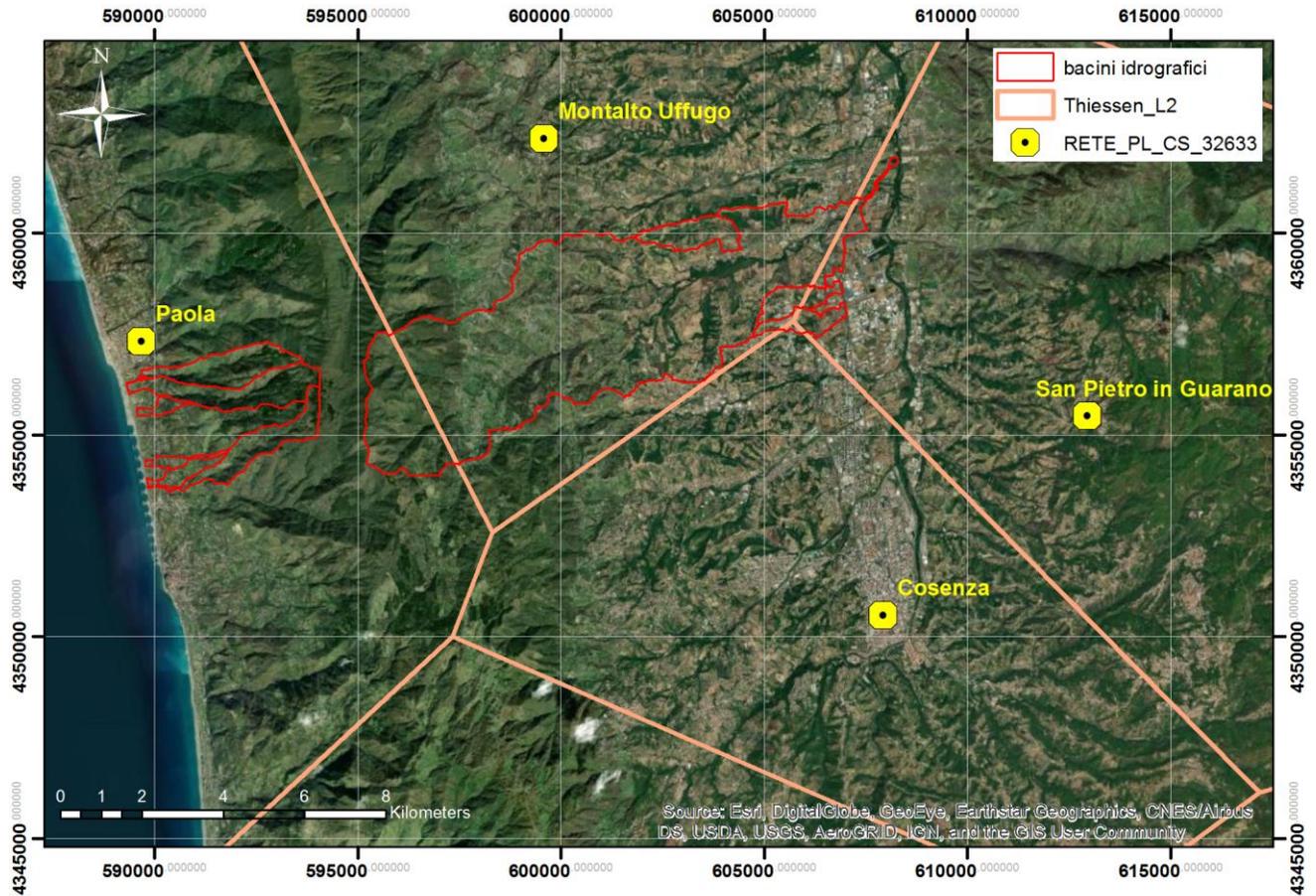


Figura 6. Poligoni di Thiessen

Stazione / ID Bacino	1	2	3	4	5 a	5 b	6	6.1	7	8
	T. Zio Petruzzo	T. Licciardo	F. Scorza	F. Siviglia	Affl. V. le Chianche	T. V. le Chianche	T. Settimo	F. "Rende"		
Paola	2.26	2.73	0.3	0.31	0.55	2.08	4.91	0	0	0
Montalto Uffugo	0	0	0	0	0	0	35.83	1.45	0.71	0.25
San Pietro in Guarano	0	0	0	0	0	0	2.47	0	0.35	0.59
Cosenza	0	0	0	0	0	0	0.71	0	0	0.08
Totale area dell'intero bacino	2.26	2.73	0.3	0.31	0.55	2.08	43.93	1.45	1.06	0.92

Tabella 8. Superficie dei singoli topiети o poligoni di Thiessen ricadenti all'interno dei bacini considerati.

	$\delta$	1	3	6	12	24
Media e deviazione standard	$\mu$	26.74	35.21	42.20	52.49	65.24
	$\sigma$	11.78	14.24	14.88	17.35	15.97
Parametri della distrib. Di Gumbel	$\alpha$	0.11	0.09	0.09	0.07	0.08
	$\varepsilon$	21.45	28.81	35.51	44.69	58.06

Tabella 9. Parametri della distribuzione di Gumbel –stazione di Paola

$T_r$	$h_{\delta=1}$	$h_{\delta=3}$	$h_{\delta=6}$	$h_{\delta=12}$	$h_{\delta=24}$	a	n
anni	mm	mm	mm	mm	mm	mm/h	
5	35.22	45.46	52.90	64.97	76.73	<b>34.835</b>	<b>0.246</b>
50	52.78	72.13	80.76	97.47	106.64	<b>57.496</b>	<b>0.200</b>
200	70.08	87.61	96.93	116.33	123.99	<b>70.715</b>	<b>0.185</b>
500	78.51	97.8	107.58	128.74	135.42	<b>79.434</b>	<b>0.177</b>

Tabella 10. Stima dei parametri della CPP di Paola

	$\delta$	1	3	6	12	24
Media e deviazione standard	$\mu$	25.19	40.62	57.61	75.96	93.88
	$\sigma$	10.19	14.18	18.67	24.43	34.05
Parametri della distrib. Di Gumbel	$\alpha$	0.13	0.09	0.07	0.05	0.04
	$\varepsilon$	20.61	34.24	49.21	63.62	78.55

Tabella 11. Parametri della distribuzione di Gumbel –stazione di Montalto Uffugo

$T_r$	$h_{\delta=1}$	$h_{\delta=3}$	$h_{\delta=6}$	$h_{\delta=12}$	$h_{\delta=24}$	a	n
anni	mm	mm	mm	mm	mm	mm/h	
5	32.52	50.82	71.05	95.69	118.38	<b>32.786</b>	<b>0.416</b>
50	51.61	77.37	106.01	147.06	182.15	<b>51.035</b>	<b>0.408</b>
200	62.68	92.78	126.30	176.86	219.16	<b>61.616</b>	<b>0.405</b>
500	69.97	102.92	139.66	196.49	243.53	<b>68.851</b>	<b>0.404</b>

Tabella 12. Stima dei parametri della CPP di Montalto Uffugo

	$\delta$	1	3	6	12	24
Media e deviazione standard	$\mu$	21.61	30.44	41.39	52.67	65.31
	$\sigma$	8.20	9.79	13.53	16.63	17.18
Parametri della distrib. Di Gumbel	$\alpha$	0.16	0.13	0.09	0.08	0.07
	$\varepsilon$	17.92	26.03	35.30	45.18	57.58

Tabella 13. Parametri della distribuzione di Gumbel –stazione di Cosenza

$T_r$	$h_{\delta=1}$	$h_{\delta=3}$	$h_{\delta=6}$	$h_{\delta=12}$	$h_{\delta=24}$	a	n
anni	mm	mm	mm	mm	mm	mm/h	
5	27.51	37.48	51.12	64.63	77.67	<b>27.152</b>	<b>0.337</b>
50	42.87	55.82	76.46	95.78	109.85	<b>42.204</b>	<b>0.312</b>

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

<b>200</b>	51.78	66.46	91.16	113.85	128.52	<b>50.950</b>	<b>0.303</b>
<b>500</b>	57.64	73.47	100.84	125.75	140.81	<b>56.711</b>	<b>0.299</b>

Tabella 14. Stima dei parametri della CPP di Cosenza

	$\delta$	1	3	6	12	24
Media e deviazione standard	$\mu$	21.72	28.51	36.46	44.25	56.27
	$\sigma$	8.15	9.33	12.14	13.16	14.35
Parametri della distrib. Di Gumbel	$\alpha$	0.16	0.14	0.11	0.10	0.09
	$\varepsilon$	18.05	24.31	31.00	38.33	49.81

Tabella 15. Parametri della distribuzione di Gumbel – stazione di S. Pietro in Guarano

$T_r$	$h_{\delta=1}$	$h_{\delta=3}$	$h_{\delta=6}$	$h_{\delta=12}$	$h_{\delta=24}$	a	n
anni	mm	mm	mm	mm	mm	mm/h	
<b>5</b>	27.58	35.23	45.19	53.72	66.60	<b>26.968</b>	<b>0.281</b>
<b>50</b>	42.85	52.70	67.93	78.36	93.49	<b>42.018</b>	<b>0.251</b>
<b>200</b>	51.70	62.84	81.13	92.66	109.09	<b>50.769</b>	<b>0.242</b>
<b>500</b>	57.54	69.52	89.81	102.08	119.36	<b>56.534</b>	<b>0.237</b>

Tabella 16. Stima dei parametri della CPP di San Pietro in Guarano

### 7.3 Il metodo TCEV del metodo VA.PI. Calabria

Il metodo VA.PI. è stato sviluppato scala regionale e nazionale dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare, viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV), che interpreta gli eventi massimi annuali come risultato di una miscela di due popolazioni distinte di eventi (eventi massimi ordinari ed eventi massimi straordinari).

Le elaborazioni relative all'applicazione di tale modello fanno riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica in cui i parametri vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico.

Di fatto il modello TCEV adottato costituisce una generalizzazione del modello di Gumbel, il quale tende a sottostimare i valori più elevati registrati. Esso risulta costituito dal prodotto di due leggi di Gumbel, la prima delle quali destinata ad interpretare e descrivere, in chiave probabilistica i massimi valori ordinari e, la seconda, quelli straordinari (outliers) (aventi secondo il classico modello di Gumbel una probabilità di superamento inferiore del 5% e, quindi, tali da potersi ritenere straordinari).

Per la definizione del primo livello di regionalizzazione in Calabria sono state prese in considerazione tutte le serie dei massimi annuali delle piogge giornaliere con dimensione  $N \geq 48$ . Dal gruppo di stazioni così considerato sono state escluse le serie di S. Sosti, che mostra un andamento irregolare delle frequenze storiche cumulate, e di Vibo Valentia, che presenta un valore eccezionale che non trova contemporanea corrispondenza nelle stazioni limitrofe. Si tratta in definitiva di 53 stazioni ben distribuite spazialmente, per un totale di 2624 anni stazione.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

Nella ipotesi che la Calabria possa essere considerata come una unica zona pluviometrica omogenea, si sono ottenute le seguenti stime TCEV-ML:

$$g^* = 0.418$$

$$\Lambda^* = 2.154$$

La probabilità che un massimo annuale delle piogge giornaliere possa provenire dalla componente straordinaria è:

$$p_2 = 0.298$$

Al secondo livello di regionalizzazione è stato verificato che la Calabria può essere suddivisa in 3 sottozone omogenee, denominate rispettivamente: Tirrenica, Centrale, Jonica e caratterizzate dai valori di  $\Lambda_1$  riportati nella seguente tabella:

Sottozona	$g^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$	$\eta$
Tirrenica			48.914	5.173
Centrale	2.154	0.418	22.878	4.414
Jonica			10.987	3.681

*Tabella 17 Secondo livello di regionalizzazione. Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Calabria.*

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno  $T$  e valore del coefficiente di crescita  $K_T$ :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-nk} - \Lambda \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\frac{nk}{\theta_*}})}$$

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della per cui, fissato un valore  $T$  del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita  $K_T$ . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalla per alcuni valori del periodo di ritorno.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A 26 di 60

$T_r$	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
$K_T$ -Tirreno	0.92	1.22	1.45	1.69	1.78	1.95	2.04	2.32	2.6	2.98	3.27
$K_T$ -Centrale	0.91	1.26	1.53	1.81	1.91	2.12	2.22	2.54	2.87	3.32	3.65
$K_T$ -Ionio	0.89	1.31	1.63	1.97	2.09	2.34	2.46	2.85	3.25	3.78	4.18

Tabella 18. Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita  $K_t$  per le piogge in Calabria per alcuni valori del tempo di ritorno  $T$

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nella individuazione di legami tra valori medi delle serie storiche ed i parametri geografici che caratterizzano le località in cui sono installate le stazioni di misura. Nel caso della Calabria si è stata osservata, all'interno di aree omogenee, una buona relazione tra la media annuale dei massimi giornalieri e la quota. Si è pertanto ipotizzato che l'intera regione possa essere suddivisa in aree omogenee in ciascuna delle quali esiste una correlazione tra i valori della media del massimo annuale dell'altezza di precipitazione giornaliera  $m$ [hg] e la quota sul mare  $Z$ ,  $h$ , del tipo:

$$m_{h_g} = C Z + D$$

in cui  $C$  e  $D$  sono due parametri variabili da area ad area. Nel caso della Calabria sono state individuate 13 aree pluviometriche omogenee (APO) i cui coefficienti sono riportati in tab. 15. Se si analizzano i valori delle medie del massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata  $d$ ,  $m[h(d)]$ , relative alle diverse stazioni che ricadono in un'APO, si nota che per ogni stazione esista, per  $d$  compreso tra 1 e 24 ore un legame del tipo:

$$m_{h(t)} = at^n$$

essendo  $a$  ed  $n$  due parametri variabili da sito a sito.

Si è notato, inoltre, che il rapporto:

$$r = m_{h_g}/m_{h(24)}$$

relative ad uno stesso periodo di funzionamento, comprendente cioè solo gli anni per cui sono disponibili entrambi i valori, varia molto poco passando da una stazione all'altra. Nel caso della Calabria  $r$  è distribuito normalmente con media 0.875 e scarto quadratico medio 0.031.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

Si può quindi utilizzare l'informazione ben più ampia disponibile sulle precipitazioni giornaliere anche per sviluppare il terzo livello dell'analisi regionale delle piogge brevi. Più precisamente:

- assumendo che  $m[h(1)]$  e quindi il parametro "a" è costante in ciascuna delle aree omogenee e pari al valor medio pesato con gli anni di funzionamento degli  $x_1$  relativi alle serie con  $N > 20$ .
- assumendo che il rapporto  $r$  sia costante in tutta la regione e pari a 0.875;
- assumendo che in ogni stazione vale la relazione  $r = \frac{m_{hg}}{m_{h(24)}} = 0.031$  ;
- ricordando che in ciascuna area omogenea è nota la relazione  $m_{hg} = CZ + D$ .

si ottiene:

$$n = \frac{CZ + D + \text{Log } r - \text{Log } a}{\text{Log } 24}$$

I valori dei parametri necessari alla caratterizzazione delle sono riportati, per ogni APO, nella seguente tabella.

Area pluviometrica omogenea		a	c	d
T1	Pollino	27.79	0.00014	1.907
T2	Sila grande- sottozona tirrenica	23.75	0.00021	1.683
T3	Alto e medio tirreno	26.61	0.00022	1.769
T4	Stretto	26.73	0.00028	1.736
C1	Basso Crati	21.73	0.00049	1.69
C2	Sila grande- sottozona cnetrale	23.75	0.00021	1.683
C3	Sila greca	31.02	0.00016	1.951
C4	Sila piccola	33.22	0.00032	1.84
C5	Serre orientali	34.99	0.00036	1.815
I1	Alto Ionio	24.37	0.00026	1.778
I2	Marchesato	30.97	0.00025	1.922
I3	Medio e basso Ionio	39.58	0.00043	1.953
I4	Aspromonte merid.	34.13	0.00027	1.817

Tabella 19. Regionalizzazione delle piogge orarie. Elementi caratteristici delle aree pluviometriche omogenee

Per ricostruire le CPP di un'APO è necessario quindi ricavare:

- il parametro  $n$  secondo la relazione precedentemente indicata funzione dei parametri  $C$ ,  $D$ ,  $r$ ,  $a$  e dell'altitudine media del bacino;
- il parametro  $a(Tr)$  moltiplicando il parametro  $a$  caratteristico dell'APO per il fattore di crescita  $K(Tr)$ .

I siti per i quali è necessario effettuare una verifica di compatibilità idraulica ricadono nella zona T3 “Alto e medio Tirreno”, come si può osservare dall’immagine sottostante.

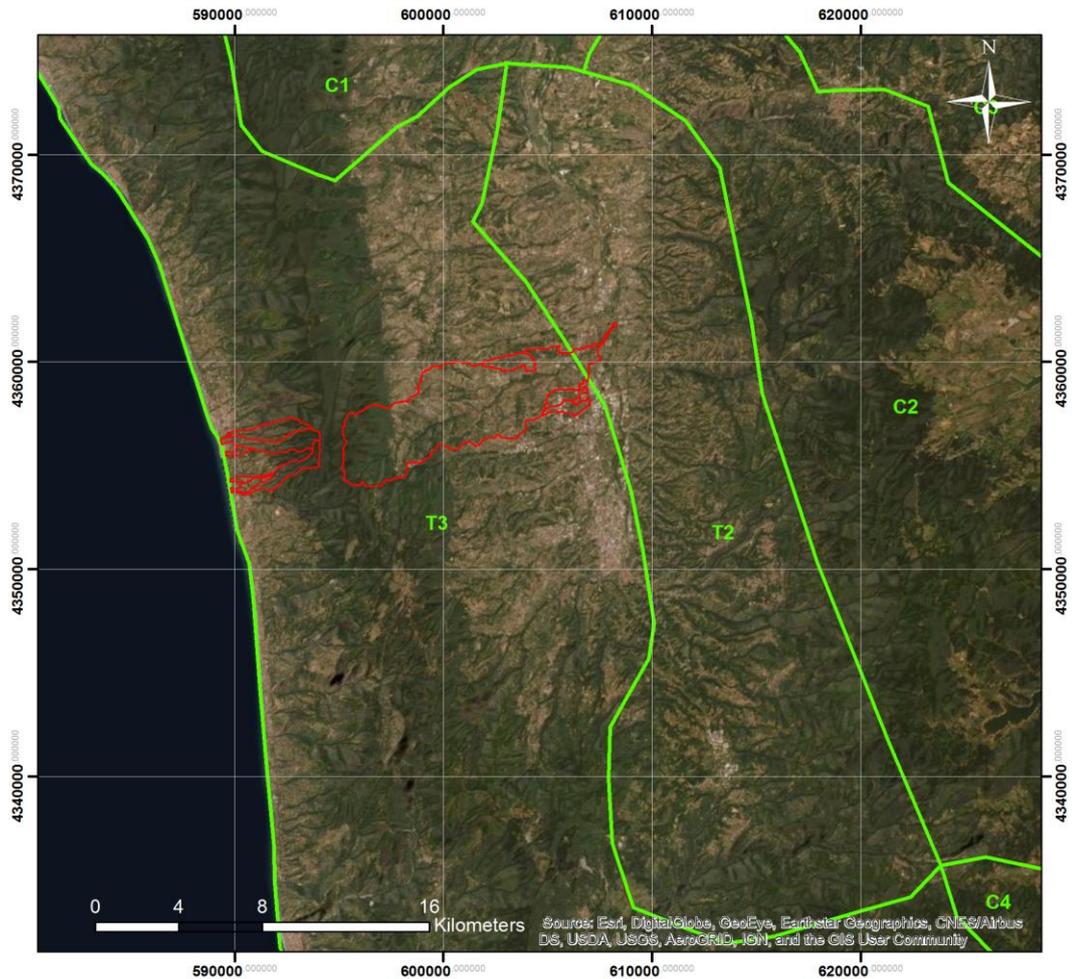


Figura 7. Aree pluviometriche omogenee Calabria

ID	APO		z	r	n	a	c	d
1	T3	Alto e medio tirreno	600.02	0.875	0.302	26.61	0.00022	1.769
2			669.72	0.875	0.313			
3			138.71	0.875	0.229			
4			159.06	0.875	0.232			
5 a			165.93	0.875	0.233			
5 b			680.12	0.875	0.315			

Tabella 20. Parametri della TECV per i bacini costieri

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

ID	APO		z	r	n	a	c	d
6	T3	Alto e medio tirreno	<b>405.37</b>	0.875	0.271	26.61	0.00022	1.769
6.1			<b>258.95</b>	0.875	0.248			
7			<b>209.29</b>	0.875	0.240			
8			<b>288.92</b>	0.875	0.235			

Tabella 21. Parametri della TECV per i bacini interni

## 7.4 CCP per eventi con 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. È 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:

$$h_{t,T} / h_{60,T} = f(t) \quad (1)$$

avendo indicato con  $f$  un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale della (1) può essere espresso nella semplice forma:

$$h_{t,T} / h_{60,T} = (t / 60)^s \quad (2)$$

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 Calabria il coefficiente assume il valore di 0.500 (Ferreri e Ferro, 1989). L'equazione precedente assume quindi la forma:

$$h_{t,T} / h_{60,T} = (t / 60)^{0.500} \quad (3)$$

Si ricavano dunque per tutti i siti ad eccezione del torrente Settimo.

## 7.5 CPP di progetto

Nel presente paragrafo si riporta il confronto tra le curve di possibilità pluviometrica ricavate con i due metodi precedentemente illustrati ai paragrafi 7.2 "Il metodo probabilistico di Gumbel" e 7.3 "Il metodo TCEV del metodo VA.PI. Calabria". Per tutti i siti, ad eccezione del Torrente Settimo, le altezze di precipitazione inferiori all'ora sono state calcolate applicando la correzione proposta da V. Ferro (1989) riportata al paragrafo 7.4 "CCP per eventi con durata inferiore all'ora".

Nella tabella sottostante è riportato il confronto tra le altezze di precipitazione stimate con il metodo di Gumbel e il metodo VA.PI., considerando i tempi di corruzione di calcolo.

ID	tc			$h_{TR\ 50}$	$h_{TR\ 200}$	$h_{TR\ 500}$	$h_{TR\ 50\ VAPI}$	$h_{TR\ 200\ VAPI}$	$h_{TR\ 500\ VAPI}$
		min	h	Gumbel	Gumbel	Gumbel		VAPI	VAPI
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 (T. Zio Petruzzo)	Pezz.	30.53	0.51	<b>41.02</b>	<b>50.45</b>	<b>56.66</b>	38.72	49.35	56.57
2 (T. Licciardo)	Pezz.	37.11	0.62	<b>45.22</b>	<b>55.62</b>	<b>62.47</b>	42.69	54.41	62.36
3 (F. Scorza)	-	15	0.25	<b>28.75</b>	<b>35.36</b>	<b>39.72</b>	27.14	34.59	39.65
4 (F. Siviglia)	-	15	0.25	<b>28.75</b>	<b>35.36</b>	<b>39.72</b>	27.14	34.59	39.65
5 a (Affl. T. VIC)	-	15	0.25	<b>28.75</b>	<b>35.36</b>	<b>39.72</b>	27.14	34.59	39.65
5 b (T. VIC)	Pezz.	36	0.59	<b>44.35</b>	<b>54.55</b>	<b>61.28</b>	41.87	53.37	61.17

Tabella 22. Confronto tra le precipitazioni massime stimate con i due metodi: TCEV e Gumbel per i bacini costieri

ID	tc			$h_{TR\ 50\ Gumbel}$	$h_{TR\ 200\ Gumbel}$	$h_{TR\ 500\ Gumbel}$	$h_{TR\ 50\ VAPI}$	$h_{TR\ 200\ VAPI}$	$h_{TR\ 500\ VAPI}$
		min	h	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6 (T. Settimo)	Vip.	217.2	3.62	<b>83.23</b>	<b>100.15</b>	<b>112.60</b>	77.01	98.15	112.49
6.1 (F. Rende)	Vip.	31.8	0.53	37.15	44.86	49.93	<b>39.52</b>	<b>50.37</b>	<b>57.73</b>
7	Kirp.	23.4	0.39	30.07	36.31	40.41	<b>33.90</b>	<b>43.21</b>	<b>49.52</b>
8	Kirp.	20.5	0.34	26.08	31.49	35.05	<b>31.73</b>	<b>40.44</b>	<b>46.35</b>

Tabella 23. Confronto tra le precipitazioni massime stimate con i due metodi: TCEV e Gumbel per i bacini interni

Si osserva che lungo la costa, il metodo probabilistico di Gumbel fornisce, per le brevi durate, dei valori di precipitazioni più cautelativi rispetto a quelli ricavati mediante il metodo VA.PI. All'interno si ha un comportamento contrario: per le durate maggiori (T. Settimo) risulta più cautelativo Gumbel che il VAPI.

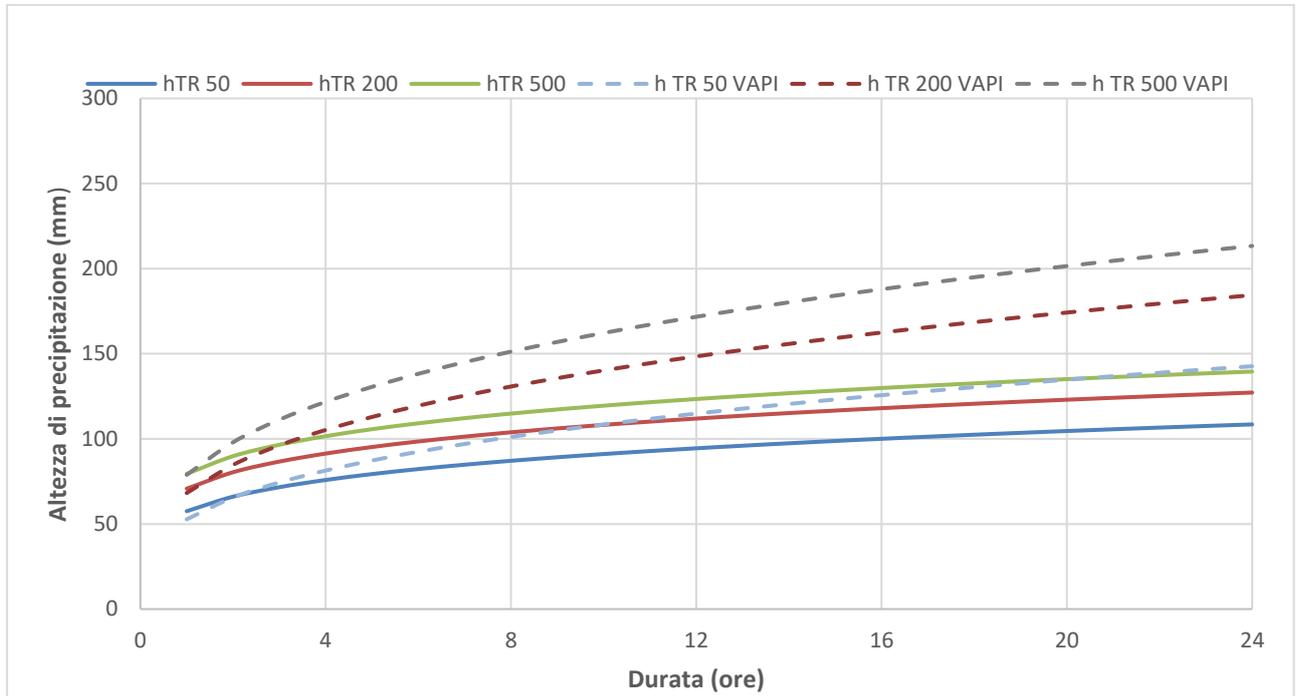


Figura 11. CPP ADF – Bacini costieri

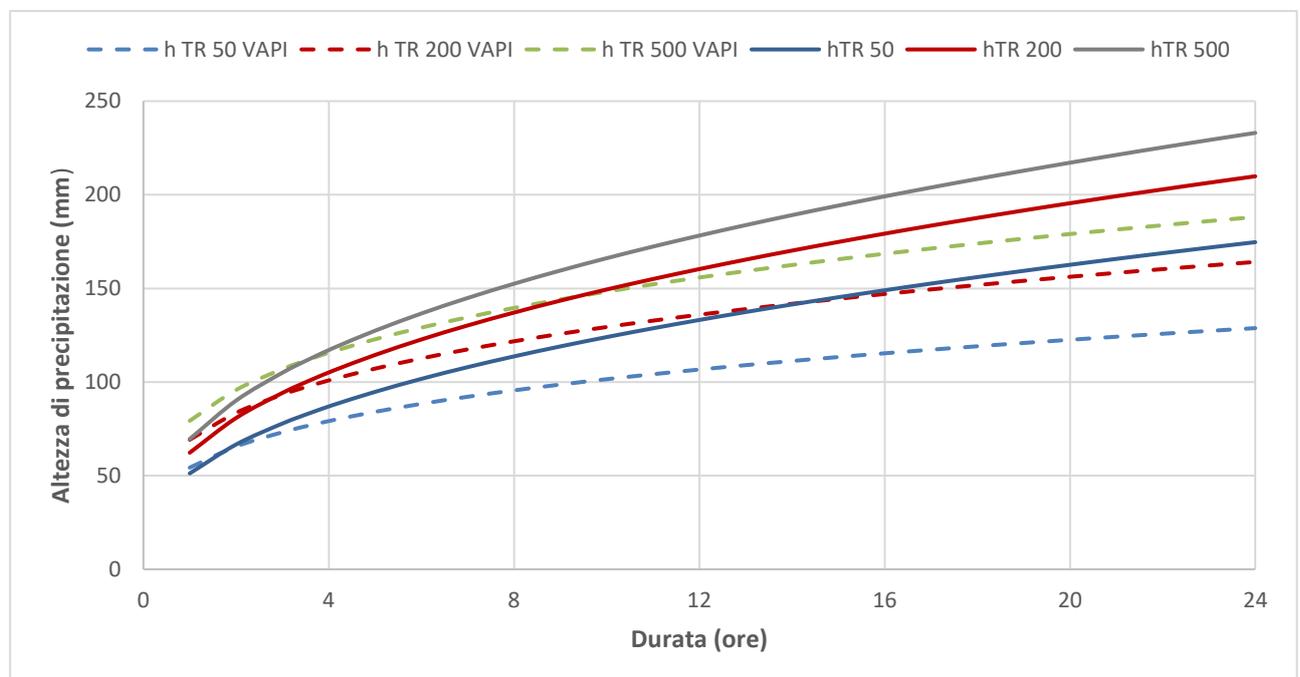


Figura 8. CPP ADF- Bacino torrente Settimo

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: left;">PROGETTO</td> <td style="text-align: left;">LOTTO</td> <td style="text-align: left;">CODIFICA</td> <td style="text-align: left;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: left;">REV.</td> <td style="text-align: left;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RC1C</td> <td>03</td> <td>R09RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>32 di 60</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC1C	03	R09RI	ID0001 001	A	32 di 60
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC1C	03	R09RI	ID0001 001	A	32 di 60								

## 8 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI

In questo paragrafo vengono illustrati due metodi di trasformazione afflussi-deflussi che sono stati adottati nel presente studio: il metodo SCS e il metodo razionale. Per il bacino del Settimo si è fatto ricorso anche all'uso del software HEC-HMS.

### 8.1 Metodo SCS

Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento). L'espressione che fornisce  $Q_p$  è la seguente:

$$Q_p = 0.278 \frac{h A}{t_a}$$

E' stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale  $V$  di deflusso; ne consegue dunque, che la durata della fase crescente è pari a 0.375 volte la durata dell'evento di piena ovvero che la durata complessivo dell'idrogramma è pari a:

$$t_b = 2.67 t_a$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $\delta$  pari al tempo di corrivazione del bacino idrografico, si effettua considerando il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello ietogramma e il picco dell'idrogramma triangolare):

$$t_a = 0.5 \delta + t_L$$

Il SCS ha dedotto empiricamente che il rapporto tra il tempo di ritardo e il tempo di corrivazione è pari a 0.6 per cui si ha:

$$t_a = 0.5 \delta + 0.6 t_c$$

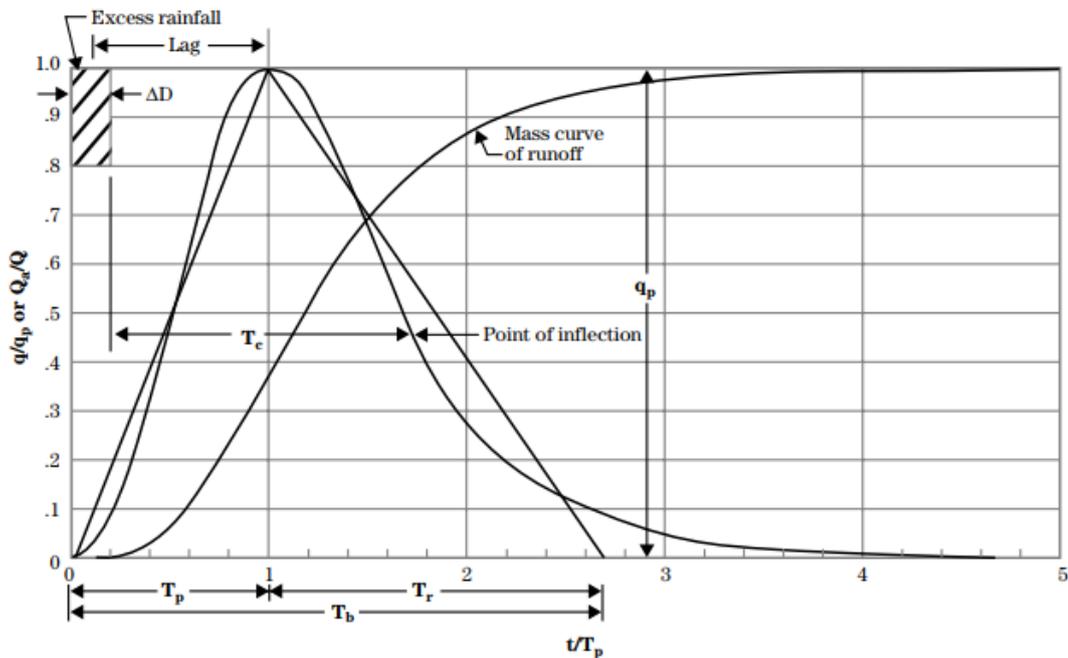


Figura 9. UH ed equivalente idrogramma triangolare (fonte NCRS)

Nel calcolo dell'idrogramma di piena è da assumersi l'altezza di precipitazione netta, stimata mediante il metodo del Cuve Number, sviluppato sempre dal *U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service (SCS)*, ora denominato *Natural Resources Conservation Service (NRCS)*, nel 1956. Tale metodologia rappresenta uno degli approcci più diffusi per la stima delle perdite idrologiche. L'equazione generale alla base del metodo è la seguente:

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \text{ per } P \geq I_a$$

$$P_n = 0 \text{ per } P < I_a$$

dove  $P_n$  è l'altezza di precipitazione netta,  $P$  è l'altezza di precipitazione lorda,  $I_a$  indica le perdite iniziali ed  $S$  la capacità di campo di facile determinazione grazie alla correlazione con il CN.

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \text{ con } S \text{ in pollici}$$

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

Il Curve Number è un indice, variabile da 0 a 100, che ingloba al suo interno fattori come la tipologia, l'uso del suolo, e le condizioni idrologiche. L'attribuzione del valore all'indice è stata eseguita definendo in primo luogo la classe di suolo (Tipo A) ed individuando successivamente macro categorie di uso del suolo.

Le perdite iniziali  $I_a$ , definite come funzione di S attraverso un parametro  $\lambda$ , giocano un ruolo importante nella stima dell'altezza netta di pioggia, della posizione del picco di piena e del tempo di formazione della piena.

Il valore originale del rapporto  $I_a/S$  ( $\lambda$ ) era stato fissato a 0.2, ma diversi studi confermano essere troppo elevato. Nel 2003 Woodward (del NRCS) e Hawkins (dell'Università dell'Arizona) hanno suggerito di adottare un coefficiente pari a 0.05 adottando la seguente relazione correttiva di S.<sup>1</sup>

$$S_{0.05} = 1.33(S_{0.20})^{1.15} \quad \text{con S espressa in pollici}$$

I valori del CN sono stati desunti in ambiente GIS in base all'uso del suolo e alla geologia<sup>2</sup> secondo le tabelle riportate nel capitolo 9 del *Hydrologic Soil-Cover Complexes*.

Per ogni campo individuato è stato calcolato il valore medio attribuibile ad una categoria AMC II e di conseguenza il valore di CN medio di ogni bacino.

I bacini costieri 2,3,4 e 5b sono interessati prevalentemente da formazioni poco permeabili quali granuliti, gneiss con marmi e anfiboliti, micascisti e paragneiss; solo nella parte valliva presentano una permeabilità maggiore essendovi sabbie e conglomerati. Sempre lungo la costa, sui bacini più piccoli come il bacino 3, 4 e 5a predominano sabbie conglomerati.

Nell'area interna nei bacini minori predominano formazioni con buona permeabilità come detriti alluvionali, sabbie e conglomerati. Il bacino idrografico del Settimo è interessato da diverse formazioni, dalle argille, agli gneiss ai detriti come evidente nella figura 17.

Nella seguente tabella si riassumono i valori caratteristici del Curve Number di II e III categoria.

	CN II	CN III
1	85.26	<b>93</b>
2	80.6	<b>90.6</b>
3	83.56	<b>92.2</b>
4	84.8	<b>92.85</b>
5 a	85.78	<b>93.35</b>
5 b	83.05	<b>91.93</b>

Tabella 24. Curve Number dei bacini costieri

<sup>1</sup> Hawkins R. et al. (2003)- *Runoff Curve Number Method: examination of the initial abstraction ratio*  
<sup>2</sup> [http://wms.pcn.minambiente.it/oqc?map=ms\\_ogc/WMS\\_v1.3/Vettoriali/Carta\\_geologica.map](http://wms.pcn.minambiente.it/oqc?map=ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/Carta_geologica.map)

1 - Torrente Zio Petruzzo												
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	t <sub>l</sub>	t <sub>a</sub>	Q <sub>c scs</sub>
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.51	2.26	41.02	93	0.75	0.96	0.05	1.22	24.68	0.306	0.561	27.82
200			50.45						32.93			37.08
500			56.66						38.52			43.36

Tabella 25. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS- Zio Petruzzo

2 - Torrente Licciardo												
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	t <sub>l</sub>	t <sub>a</sub>	Q <sub>c scs</sub>
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.62	2.73	45.22	90.6	1.04	1.39	0.05	1.76	24.00	0.371	0.680	26.72
200			55.62						32.55			36.24
500			62.47						38.41			42.77

Tabella 26. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-Torrente Licciardo

3 - Fosso Scorza												
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	t <sub>l</sub>	t <sub>a</sub>	Q <sub>c scs</sub>
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.25	0.30	28.75	92.20	0.85	1.10	0.05	1.39	13.55	0.15	0.275	4.15
200			35.36						18.66			5.72
500			39.72						22.19			6.80

Tabella 27. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-Fosso Scorza

4 - Fosso Siviglia												
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	t <sub>l</sub>	t <sub>a</sub>	Q <sub>c scs</sub>
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.25	0.31	28.75	92.84	0.77	0.99	0.05	1.25	14.39	0.15	0.275	4.50
200			35.36						19.67			6.15
500			39.72						23.30			7.28

Tabella 28. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-Fosso Siviglia

5 a - Affl. T. Varco le Chianche												
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	t <sub>l</sub>	t <sub>a</sub>	Q <sub>c scs</sub>
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.25	0.55	28.75	93.35	0.71	0.90	0.05	1.14	15.09	0.15	0.275	8.45
200			35.36						20.50			11.47
500			39.72						24.21			13.55

Tabella 29. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-5 a

5 b - T. Varco le Chianche												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$t_l$	$t_a$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.59	2.08	44.35	91.93	0.88	1.14	0.05	1.45	25.57	0.357	0.654	22.64
200			54.55						34.31			30.37
500			61.28						40.26			35.64

Tabella 30. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-Fosso Varco le Chianche

Si riportano tabelle analoghe per i bacini dell'entroterra.

	CN II	CN III
6	73	<b>86.28</b>
6.1	64.8	<b>81.1</b>
7	60	<b>77.7</b>
8	55	<b>73.97</b>

Tabella 31. Curve Number dei bacini interni

6 - Settimo												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$t_l$	$t_a$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	3.62	43.93	83.23	86.28	1.59	2.27	0.05	2.88	46.80	2.172	3.982	143.53
200			100.15						61.09			187.35
500			112.60						71.95			220.64

Tabella 31. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS- Torrente Settimo

6.1 - Fosso Rende												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$t_l$	$t_a$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.53	1.45	39.52	81.10	2.33	3.52	0.05	4.47	9.87	0.318	0.583	6.84
200			50.37						15.57			10.79
500			57.73						19.89			13.78

Tabella32. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-Fosso Rende

7												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$t_l$	$t_a$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.39	1.06	33.90	77.72	2.87	4.47	0.05	5.67	5.63	0.234	0.428	3.89
200			43.21						9.33			6.45
500			49.52						12.23			8.45

Tabella 32. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-bacino 7

8												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	$l_a$	$h_{netta}$	$t_i$	$t_a$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	h	h	mc/s
50	0.34	0.92	31.73	73.97	3.52	5.65	0.05	7.18	4.19	0.205	0.376	2.45
200			40.44						7.23			4.27
500			46.35						9.65			5.73

Tabella 33. Portate al colmo ricavate con il metodo SCS-bacino 8

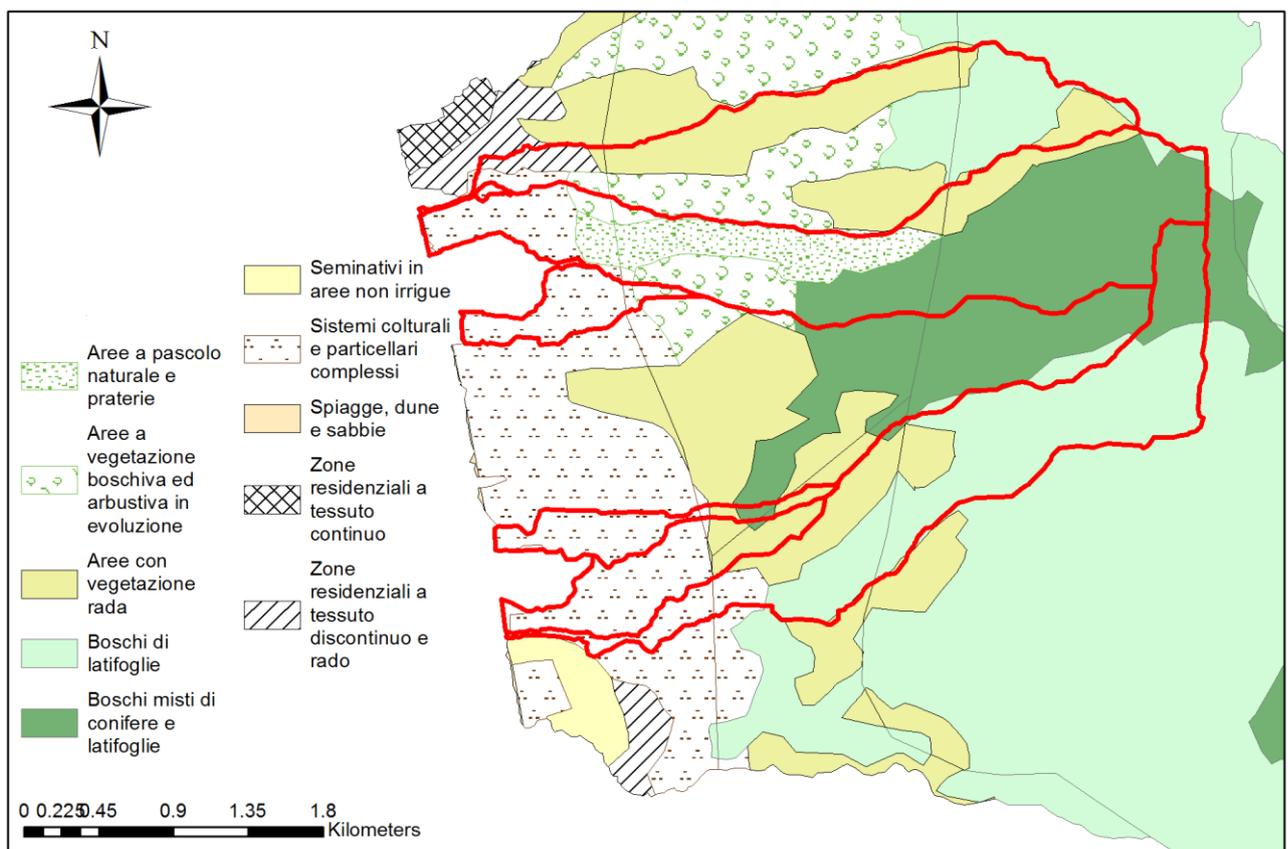


Figura 10. Uso del suolo dei bacini costieri

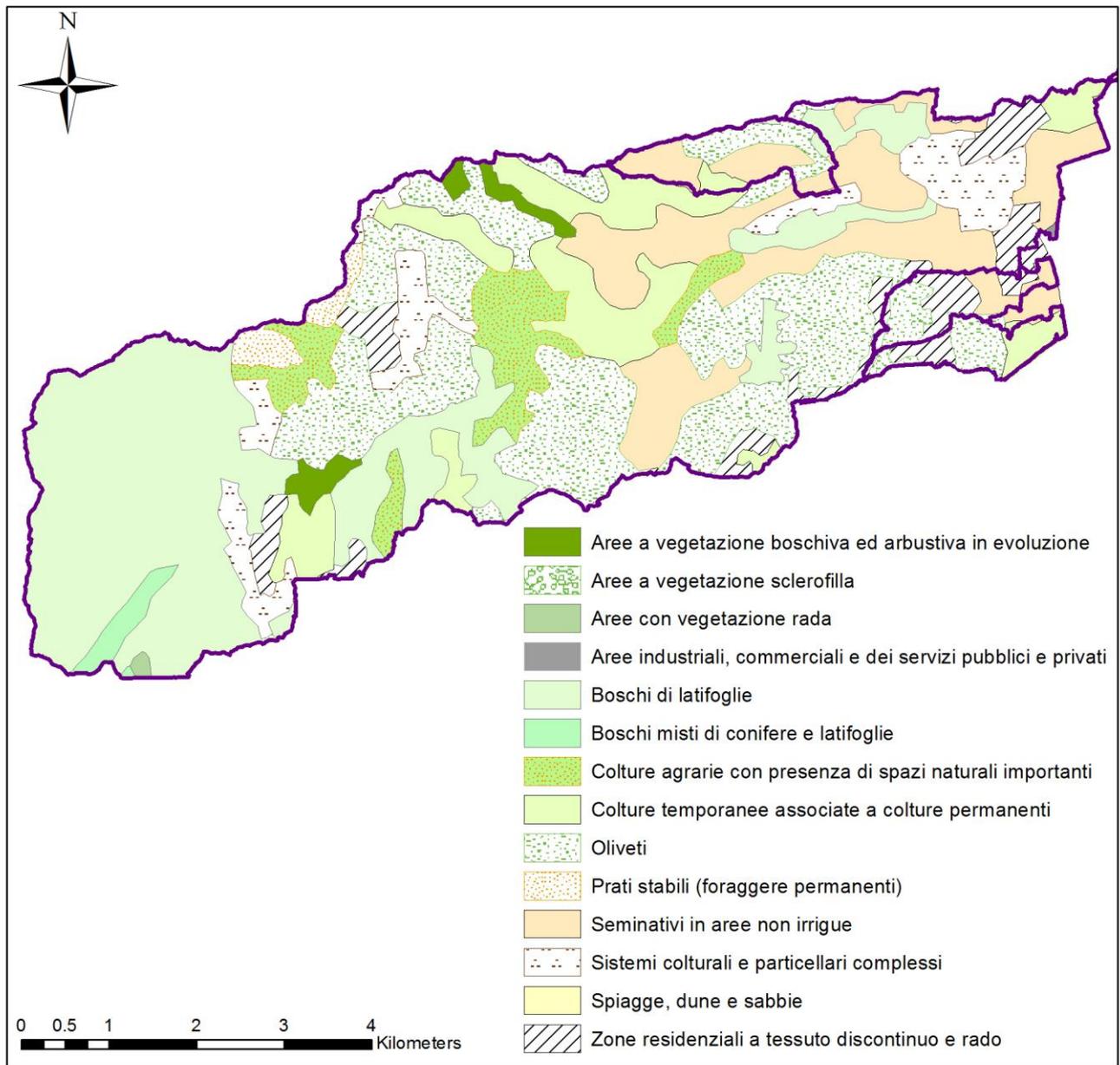
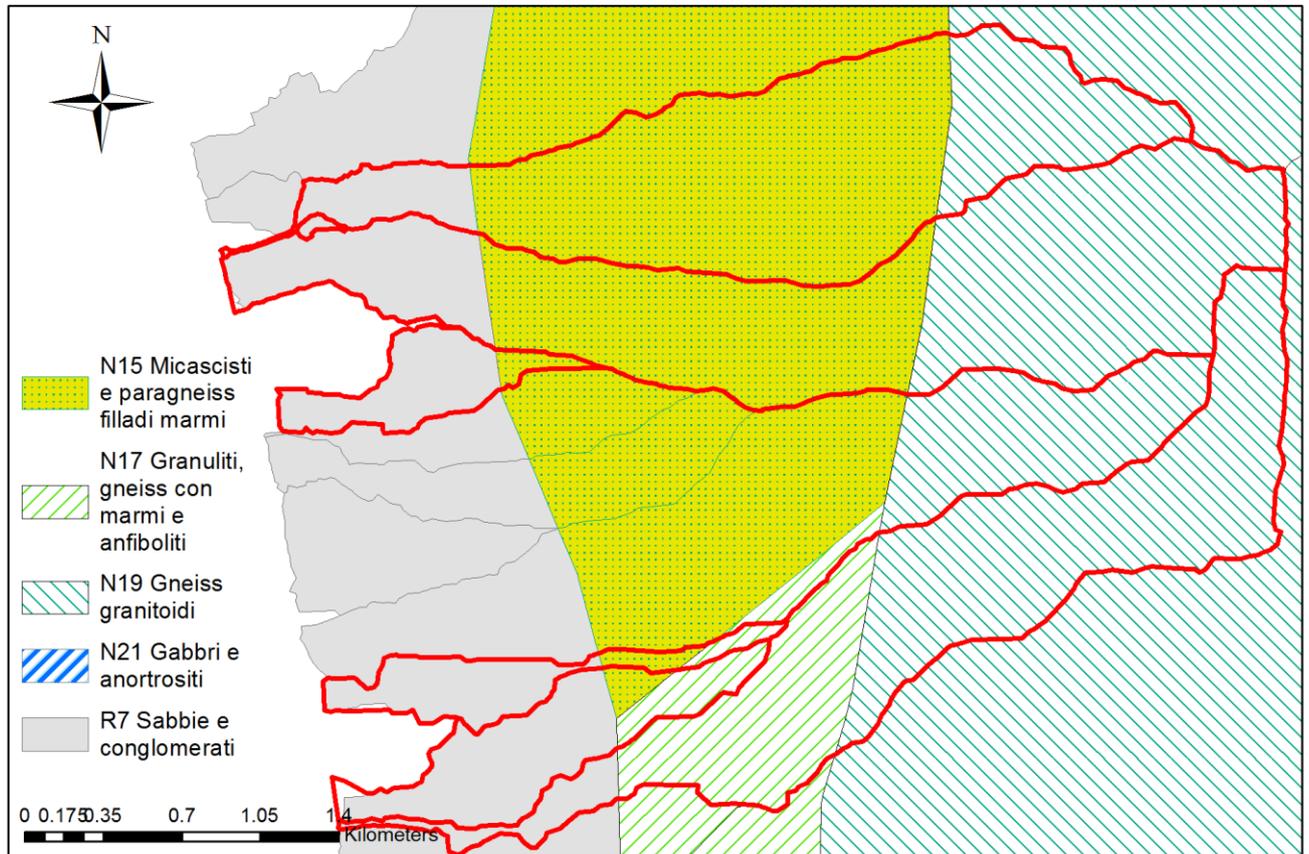
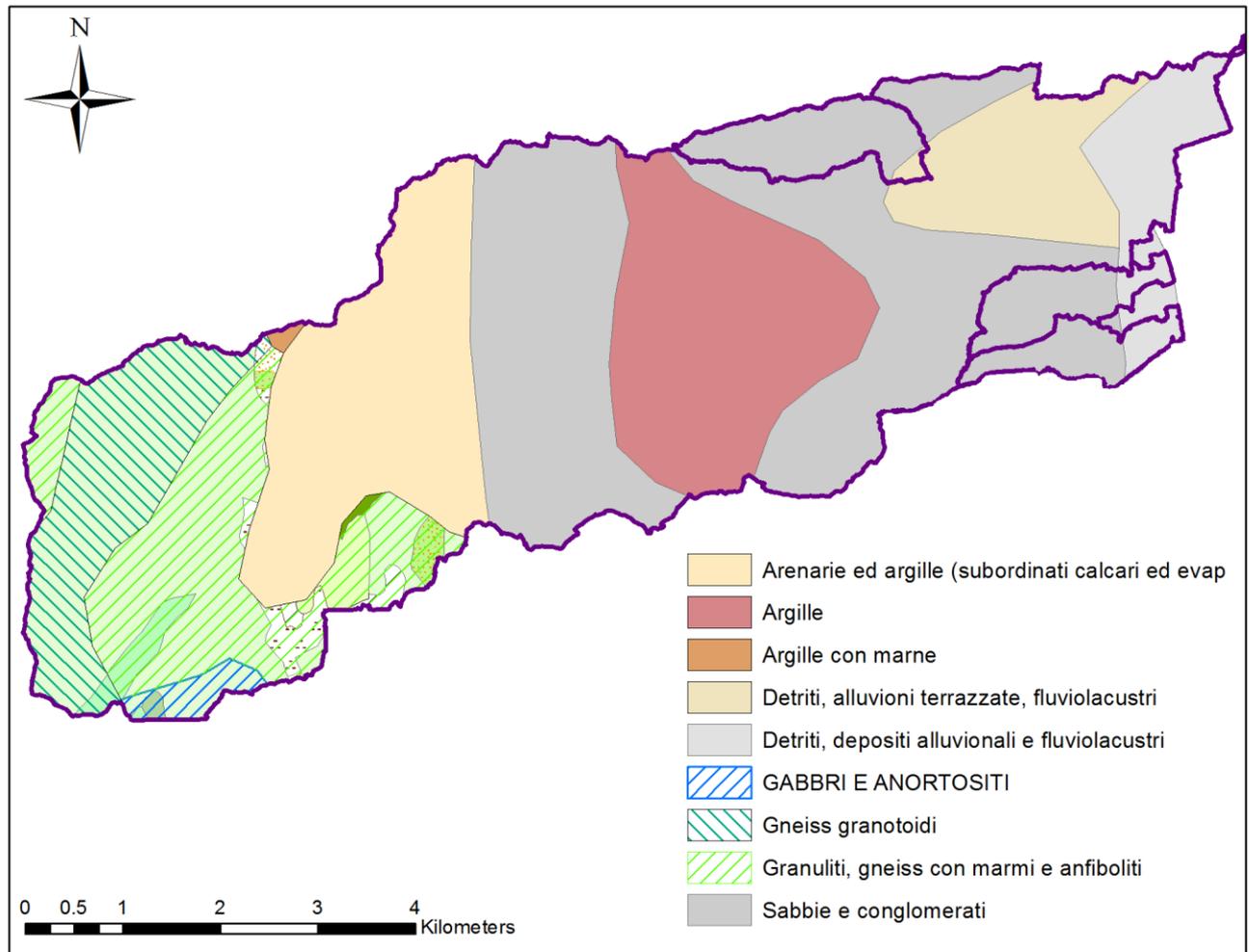


Figura 11. Uso del suolo dei bacini interni



*Figura 12. Geologia dei bacini costieri*



*Figura 13. Geologia dei bacini interni*

## 8.2 Metodo cinematico o razionale

La schematizzazione alla base del metodo si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

Il calcolo della portata si effettua con la formula seguente:

$$Q_c = \frac{h_{d,t} \varphi A}{3.6 t_c} \quad \text{con}$$

- A area del bacino [km<sup>2</sup>];
- $h_{d,t}$  precipitazione caduta per un tempo pari alla durata critica [mm];
- $\varphi$  coefficiente di deflusso superficiale;
- $t_c$  tempo di corrivazione (ore).

Il valore di  $h$  rappresenta l'altezza di pioggia che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione  $t_c$ : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo  $t_c$  solo una parte del bacino contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa, se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella figura seguente è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.

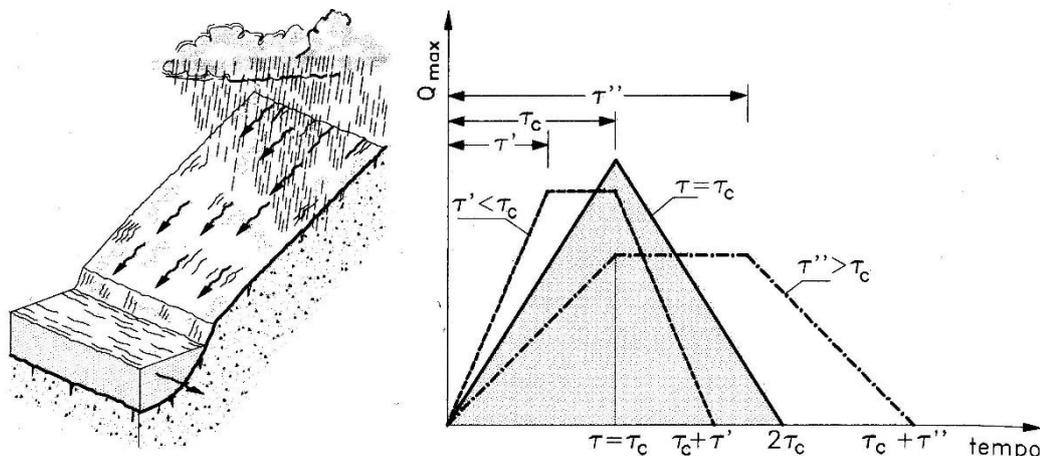


Figura 14 - Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione è funzione essenzialmente delle caratteristiche morfometriche del bacino e per la sua stima possono essere utilizzate diverse formulazioni, in funzione della grandezza del bacino esaminato

Il coefficiente di deflusso può essere desunto dal metodo CN-SCS sopra illustrato, come rapporto tra l'altezza di precipitazione lorda e quella netta. Nel presente studio si è verificato che i valori così ricavati non siano inferiori a 0.45.

1 - Torrente Zio Petruzzo												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$\varphi$	$i_{netta}$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s
50	0.51	2.26	41.02	93.08	0.74	0.95	0.05	1.20	24.83	0.61	48.69	30.58
200			50.45						33.10		64.90	40.75
500			56.66						38.70		75.89	47.65

Tabella 34. Portate al colmo stimate con il metodo razionale – 1 T. Zio Petruzzo

2 - Torrente Licciardo												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$\varphi$	$i_{netta}$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s
50	0.62	2.73	45.22	90.62	1.03	1.38	0.05	1.76	24.03	0.53	38.76	29.37
200			55.62						32.59		52.57	39.84
500			62.47						38.46		62.03	47.00

Tabella 35. Portate al colmo stimate con il metodo razionale – 2 T. Licciardo

3 - Fosso Scorza												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$\varphi$	$i_{netta}$	$Q_c$ scs
anni	ore	Km2	mm	-	Inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s
50	0.25	0.30	28.75	92.20	0.85	1.10	0.05	1.39	13.55	0.47	54.20	4.57
200			35.36						18.66		74.63	6.29
500			39.72						22.19		88.75	7.48

Tabella 35. Portate al colmo stimate con il metodo razionale – 3 Fosso Scorza

4 - Fosso Siviglia														
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	φ	i <sub>netta</sub>	Q <sub>c scs</sub>		
anni	ore	Km2	mm	-	Inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s		
50	0.25	0.31	28.75	92.84	0.77	0.99	0.05	1.25	14.39	0.50	57.57	4.94		
200			35.36						19.67				78.67	6.75
500			39.72						23.30				93.20	8.00

Tabella 36. Portate al colmo ricavate con il metodo razionale-4 Fosso Siviglia

5 a - Affl. T. Varco le Chianche														
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	φ	i <sub>netta</sub>	Q <sub>c scs</sub>		
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s		
50	0.25	0.55	28.75	93.35	0.71	0.90	0.05	1.14	15.09	0.52	60.37	9.28		
200			35.36						20.50				82.00	12.61
500			39.72						24.21				96.84	14.89

Tabella 377. Portate al colmo ricavate con il metodo razionale-5 a

5 b - T. Varco le Chianche														
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	φ	i <sub>netta</sub>	Q <sub>c scs</sub>		
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s		
50	0.59	2.08	44.35	91.93	0.88	1.14	0.05	1.45	25.57	0.58	42.98	24.88		
200			54.55						34.31				57.67	33.39
500			61.28						40.26				67.66	39.17

Tabella 38. Portate al colmo ricavate con il metodo razionale-5 b

6-Settimo														
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	φ	i <sub>netta</sub>	Q <sub>c scs</sub>		
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s		
50	3.62	43.93	83.23	86.28	1.59	2.27	0.05	2.88	46.80	0.56	12.93	157.76		
200			100.15						61.09				16.87	205.92
500			112.60						71.95				19.87	242.51

Tabella 39. Portate al colmo ricavate con il metodo razionale-6 Settimo

6.1 - Fosso Rende														
T <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>	A	h <sub>lorda</sub>	CN	S <sub>0.2</sub>	S <sub>0.05</sub>	λ	la	h <sub>netta</sub>	φ	i <sub>netta</sub>	Q <sub>c scs</sub>		
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s		
50	0.53	1.45	39.52	81.10	2.33	3.52	0.05	4.47	9.87	0.45	33.58	13.54		
200			50.37						15.57				42.80	17.26
500			57.73						19.89				49.05	19.78

Tabella 39. Portate al colmo ricavate con il metodo razionale-6.1

7												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$\varphi$	$i_{netta}$	$Q_c$ SCS
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s
50	0.39	1.06	33.90	77.72	2.87	4.47	0.05	5.67	5.63	0.45	39.20	11.58
200			43.21						9.33		49.96	14.76
500			49.52						12.23		57.26	16.92

Tabella 40. Portate al colmo ricavate con il metodo razionale-7

8												
$T_r$	$t_c$	A	$h_{lorda}$	CN	$S_{0.2}$	$S_{0.05}$	$\lambda$	la	$h_{netta}$	$\varphi$	$i_{netta}$	$Q_c$ SCS
anni	ore	Km2	mm	-	inch	inch		mm	mm	-	mm	mc/s
50	0.34	0.92	31.73	73.97	3.52	5.65	0.05	7.18	3.59	0.45	41.77	10.70
200			40.44						6.26		53.24	13.64
500			46.35						8.40		61.02	15.63

Tabella 42. Portate al colmo ricavate con il metodo razionale-8

### 8.3 Idrogrammi di piena per il Torrente Settimo

Al fine di individuare gli idrogrammi di piena del torrente Settimo, per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 da inserire nel modello bidimensionale, è stata effettuata una specifica modellazione idrologica tramite il software HEC-HMS, sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, ideato per simulare i processi di afflussi e deflussi all'interno di un bacino idrografico, applicabile nelle più generali condizioni geografiche e per diversi problemi di natura idrologica. In particolare, il software consente, a partire da una precipitazione nota o da una curva di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, di ricavare attraverso la "convoluzione" dell'idrogramma unitario istantaneo del bacino l'intera onda di piena e la relativa portata al colmo alla sezione di chiusura.

In particolare, si è assunto che la portata abbia il medesimo tempo di ritorno della pioggia che l'ha generata (linearità della trasformazione) e si sono utilizzati i parametri morfologici, i valori del CN ed i parametri di pioggia del T. Settimo, riportati nei paragrafi precedenti.

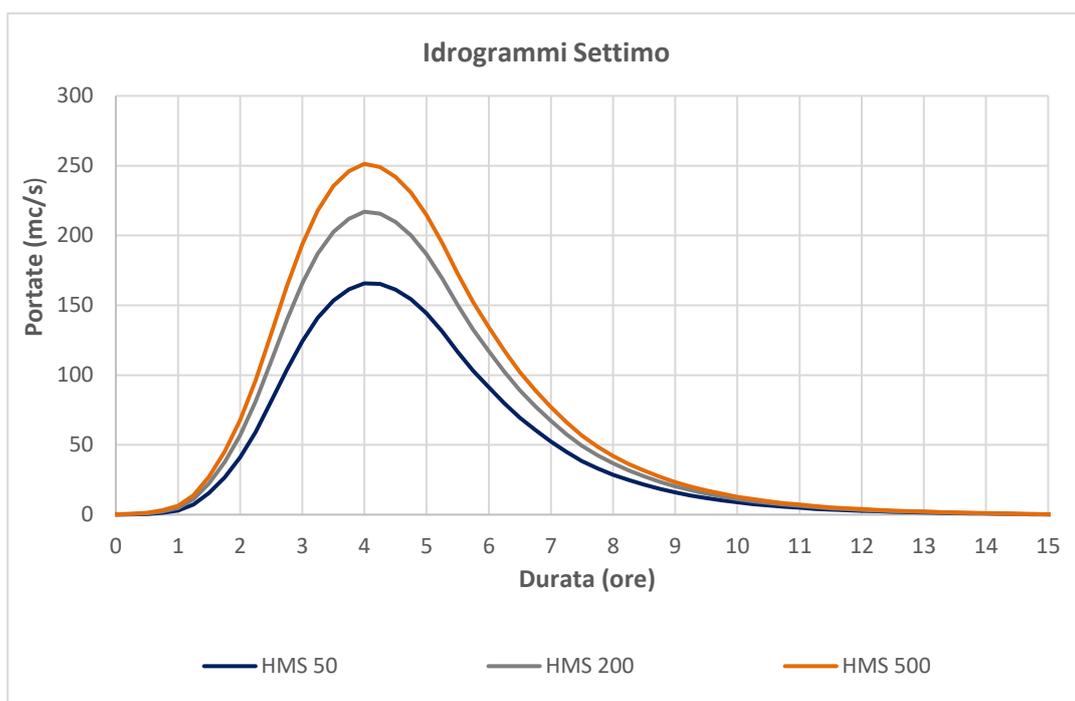
Tra i metodi disponibili, è stato usato il metodo "Frequency Storm" che produce una pioggia sintetica a partire dai dati statistici sulle precipitazioni (altezza di pioggia associata ad una durata ed un tempo di ritorno specifici: questo tipo di idrogramma presenta per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione coerente con quella definita dall'analisi statistica o dalla curva di possibilità pluviometrica. La posizione della maggiore intensità può essere posizionata al 25%, 33%, 50%, 67% o 75% della durata. La posizione non cambia l'altezza di precipitazione totale, ma cambia il modo in cui questa è distribuita nel tempo. Nel caso in esame è stato scelto di posizionare il picco di intensità al 50% della durata.

La modellazione idrologica è stata eseguita utilizzando il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo – SCS.

I parametri più significativi inseriti nel modello idrologico e le portate al colmo ottenute riportate nella seguente tabella, mentre gli idrogrammi di piena calcolati secondo la metodologia descritta sono riportati nella figura successiva.

Parametro	Fiume Sele
Area (km <sup>2</sup> )	44.211
CN	86.28
Lag Time (min)	158
Peak rate factor	484
Q max TR50 (m <sup>3</sup> /s)	165.7
Q max TR200 (m <sup>3</sup> /s)	217.0
Q max TR500 (m <sup>3</sup> /s)	251.3

Tabella 41 – Parametri di calcolo più significativi inseriti in HEC HMS per la definizione degli idrogrammi di piena del torrente Settimo e portate al colmo ottenute.



## 8.4 Portate di progetto

Dal confronto dei risultati riportati nei paragrafi precedenti, si osserva come il metodo razionale fornisca dei valori di portata più cautelativi, che saranno utilizzati quali portate di progetto nei modelli di calcolo per valutare la compatibilità idraulica delle opere in progetto.

Per quanto riguarda il Torrente Settimo, invece, è stato adottato l'idrogramma ricavato mediante HEC-HMS.

Nella tabella seguente di riepilogo si riportano le portate al colmo di progetto duecentennali per i vari corsi d'acqua, espresse anche in termini di portata specifica.

ID	Corso d'acqua	Area kmq	Q <sub>c</sub> [mc/s]			q <sub>c</sub> [(mc/s)/kmq]			Camilab Liv. B: Tr 200 & CN III
			Tr 50	Tr 200	Tr 500	Tr 50	Tr 200	Tr 500	
-	-	kmq	Tr 50	Tr 200	Tr 500	Tr 50	Tr 200	Tr 500	17.15 per bacini di A<5km <sup>2</sup>
1	Torrente Zio Petruzzo	2.26	30.58	40.75	47.65	13.53	18.03	21.09	
2	Torrente Licciardo	2.73	29.37	39.84	47.00	10.76	14.59	17.22	
3	Fosso Scorza	0.3	4.57	6.29	7.48	15.22	20.96	24.92	
4	Fosso Siviglia	0.31	4.94	6.75	8.00	15.94	21.79	25.81	
5 b	Affl. Varco Le Chianche	0.55	9.28	12.61	14.89	16.88	22.93	27.07	
5 b	Torrente Varco Le Chianche	2.08	24.88	33.39	39.17	11.96	16.05	18.83	

ID	Corso d'acqua	Area kmq	Q <sub>c</sub> [mc/s]			q <sub>c</sub> [(mc/s)/kmq]			Camilab Liv. B: Tr 200 & CN III
			Tr 50	Tr 200	Tr 500	Tr 50	Tr 200	Tr 500	
-	-	kmq	Tr 50	Tr 200	Tr 500	Tr 50	Tr 200	Tr 500	7.51  17.53 per bacini di A<5km <sup>2</sup>
6	Torrente Settimo	43.93	165.70	217.00	251.30	3.77	4.94	5.72	
6.1	Fosso "Rende"	1.45	13.54	17.26	19.78	9.34	11.90	13.64	
7	-	1.06	11.58	14.76	16.92	10.93	13.93	15.96	
8	IN01	0.92	10.70	13.64	15.63	11.63	14.83	16.99	

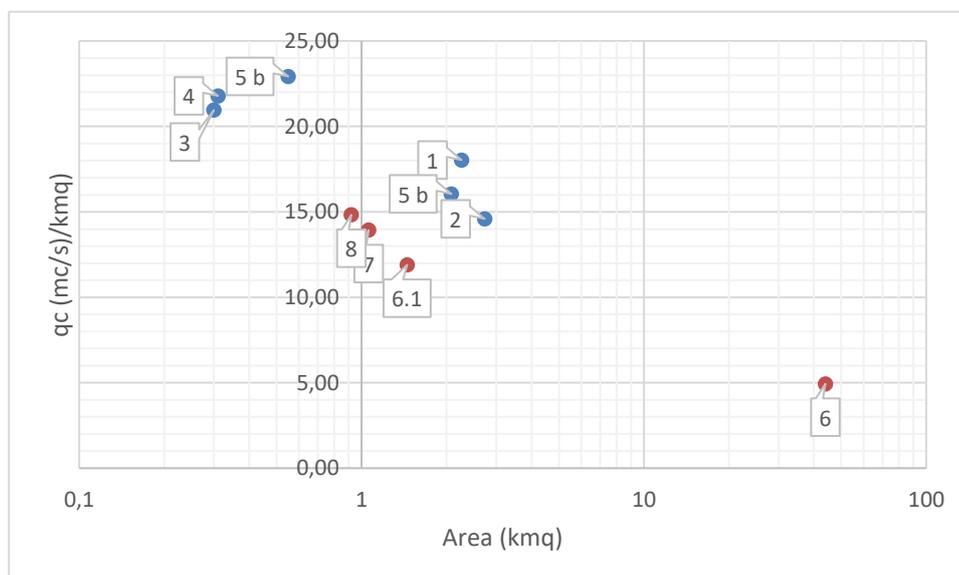


Tabella 42 – Portate al colmo di progetto per Tr200

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 47 di 60

Come valori di confronto si sono utilizzati quelli ricavabili dal Web GIS “POR Calabria 2000 - 2006, Asse 1 misura 1.4 - Lotto n. 7 - Stima delle massime portate al colmo di piena” del CamiLab ([CamiLAB](#)) che fornisce anche i valori del coefficiente udometrico espresso in mc/s/kmq per il livello 1/B corrispondente a Tr200 e CN III.

Come si può osservare in tabella i valori ottenuti sono in linea con quelli di letteratura.

In particolare, per i bacini costieri si ottengono dei risultati leggermente più alti, in termini di portata specifica, rispetto ai valori forniti dal CamiLAB.

Per i bacini dell'entroterra, invece, si ottengono dei valori leggermente più bassi ma comunque in linea con quelli forniti dal CamiLAB, ovvero stime effettuate con la “Procedura Indiretta”, tramite delle relazioni tarate sul Crati e quindi su un bacino di dimensioni ampiamente maggiore rispetto a quelli studiati, che *“rappresentano una valutazione speditiva e immediata del coefficiente udometrico...omissis...In generale, i valori ottenuti di coefficiente udometrico tramite gli approcci proposti possono essere ulteriormente investigati tramite procedure di calcolo più dettagliate.”* (Rif. “Studio e sperimentazione di metodologie e tecniche per la mitigazione del rischio idrogeologico”Lotto Progettuale n 7 - Stima delle massime portate al colmo di piena PORCalabria2000-2006Misura1.4-Sistemi insediativi Azione1.4.c, Attività A livello 1 “Definizione del coefficiente udometrico” A cura di: Prof. Ing. Pasquale Versace, Ing. Davide Luciano De Luca, Ing. Francesco Cruscomagno)

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 48 di 60

## 9 EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRECIPITAZIONI

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici.

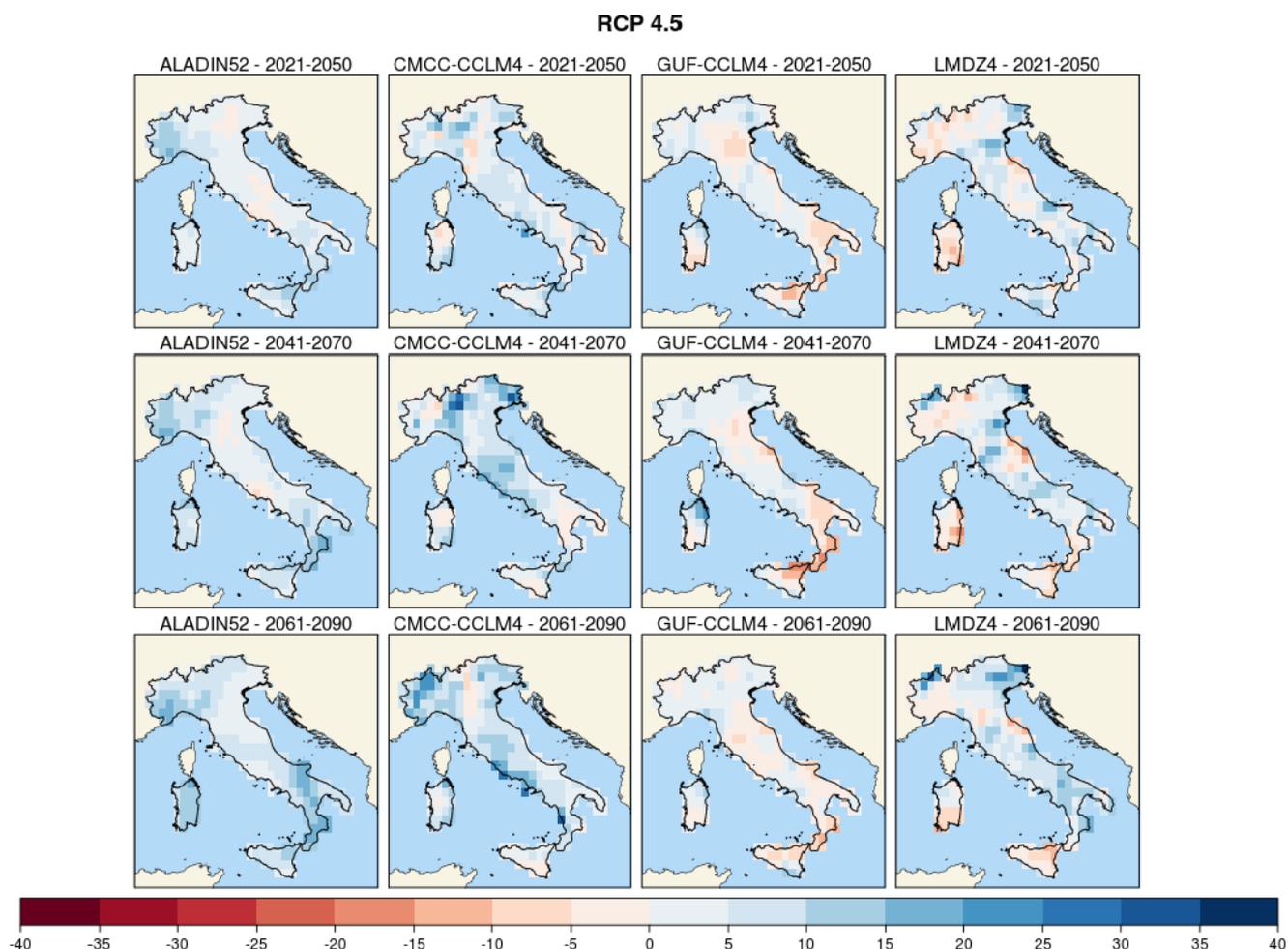
Secondo la definizione della *World Meteorological Organization (WMO)*, le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale. Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'*Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC)* ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (*Representative Concentration Pathways – RCP*), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici. Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello *Special Report on Emission Scenarios (SRES)*. I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 ( $2.6 \text{ W/m}^2$  - RCP2.6), due scenari intermedi ( $4.5 \text{ W/m}^2$  - RCP4.5 e  $6 \text{ W/m}^2$  - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa ( $8.5 \text{ W/m}^2$  - RCP8.5).

Proprio l'IPCC ha introdotto una definizione più specifica del termine "proiezione climatica", riferendola alla stima delle variazioni del clima futuro che viene fornita dai modelli climatici. Questi ultimi possono essere classificati in due categorie, globali e regionali, che contraddistinguono la diversa scala spaziale delle simulazioni del clima futuro. I modelli regionali (*"Regional Climate Models", RCM*) rispondono alla necessità di fornire una migliore rappresentazione dei fenomeni a scala locale. Tali modelli, innestandosi su un modello globale da cui vengono acquisite le condizioni iniziali e al contorno, producono le proiezioni climatiche su una specifica area di interesse, ad una risoluzione più elevata (fino a una massima risoluzione orizzontale di 10-50 km).

Recentemente l'ISPRA (rif. *"Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali", 2015*) ha condotto l'analisi e il confronto tra le proiezioni climatiche in Italia più aggiornate prodotte da diversi modelli.

Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5. Nello specifico, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale e per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2060 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di precipitazione.

Nelle figure seguenti, si riportano le mappe delle variazioni della precipitazione massima giornaliera (in 24 ore) previste da quattro modelli climatici (ALADIN, GUF, CMCC, LMD) con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5.



*Figura 15 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5.*

*Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).*

In entrambi gli scenari, due modelli climatici indicano un aumento delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10 mm) e punte superiori a 20 mm in alcune zone.

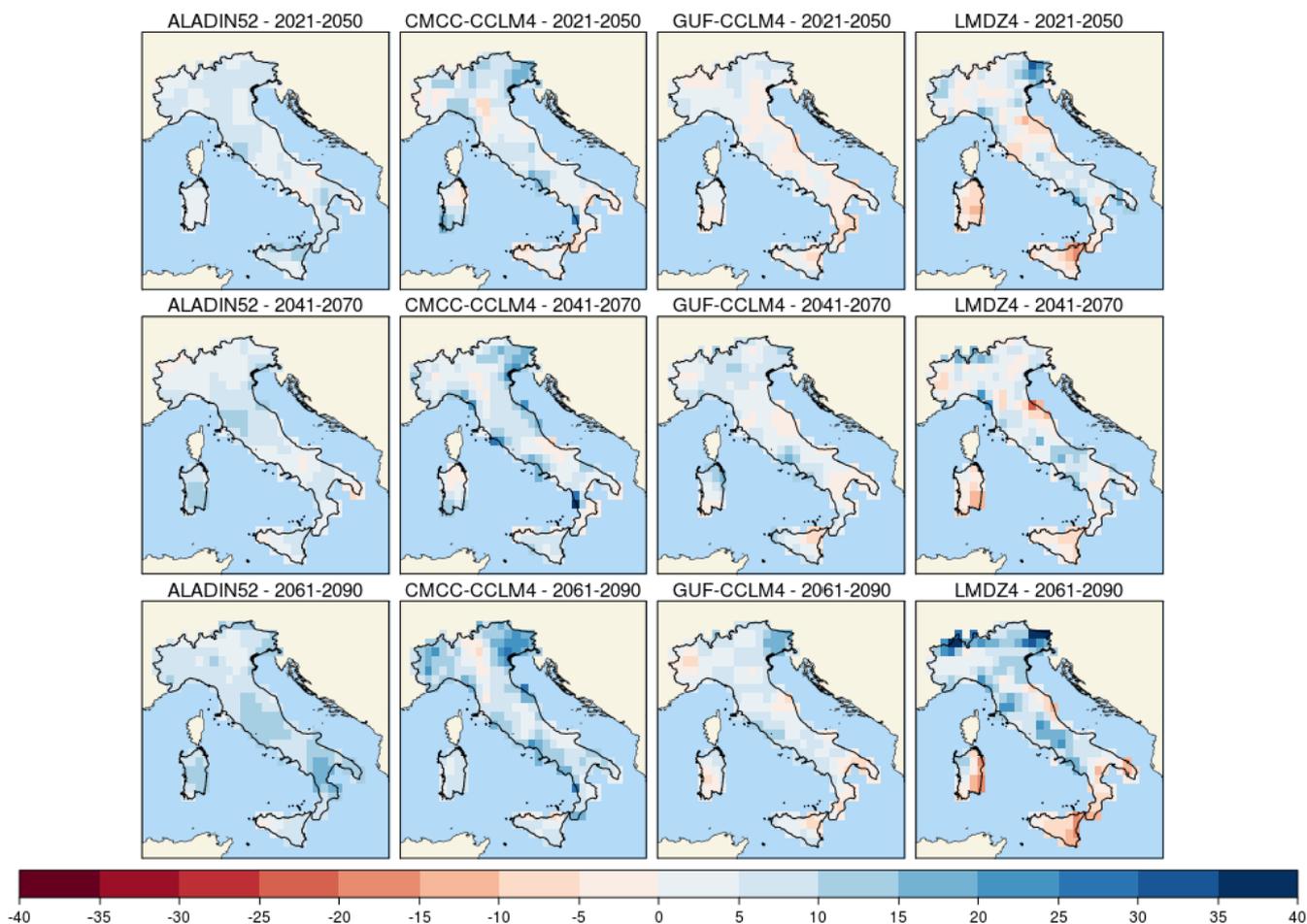
**RCP 8.5**


Figura 16 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5.

Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

Nella tabella seguente si riportano le variazioni di precipitazione massima giornaliera ( $h_{24}$ ) (rispetto al valore nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000), previste nell'area di intervento, per i tre orizzonti temporali: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, con riferimento ai due scenari RCP4.5 e RCP8.5, dedotte dalle mappe sopra descritte.

Periodo	Variazione $max_{h_{24}}$ (RCP4.5)	Variazione $max_{h_{24}}$ (RCP8.5)
2021-2050	+5-10 mm (LMDZ4)	+10-15 mm (ALADIN52)
2041-2070	+0-5 mm (ALADIN52)	+5-10 mm (ALADIN52)
2061-2090	+15-20 mm (ALADIN52)	+20-25 mm (ALADIN52)

Tabella 43 – Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste nell'area di intervento (ISPRA, 2015).

Con riferimento all'analisi idrologica effettuata, ed in particolare ai dati di pioggia registrati presso le stazioni pluviometriche analizzate, il valore massimo di precipitazione massima giornaliera (h24), nel periodo climatologico 1971-2000, ammonta a 141 mm (Montalto Uffugo, 1998). Prendendo tale valore come riferimento, la variazione massima prevista, ossia +20-25 mm nel trentennio 2061-2090, corrisponderebbe ad un incremento della precipitazione massima giornaliera del 17-18% circa.

Pertanto, applicando tale incremento alle altezze di pioggia di progetto, ne deriva (adottando la formula razionale) un contestuale aumento delle portate al colmo, della medesima entità (+17-18%). Si ottengono, in questo, le seguenti variazioni in termini di portata.

ID	Corso d'acqua	Area		Q <sub>c</sub> [mc/s]
-	-	kmq	Tr 200	Cambiamenti climatici (+18%)
1	Torrente Zio Petruzzo	2.26	40.75	<b>48.09</b>
2	Torrente Licciardo	2.73	39.84	<b>47.01</b>
3	Fosso Scorza	0.3	6.29	<b>7.42</b>
4	Fosso Siviglia	0.31	6.75	<b>7.97</b>
5 b	Affl. Varco Le Chianche	0.55	12.61	<b>14.88</b>
5 b	Torrente Varco Le Chianche	2.08	33.39	<b>39.40</b>
6	Torrente Settimo	43.93	217.00	<b>256.06</b>
6.1	Fosso "Rende"	1.45	17.26	<b>20.36</b>
7		1.06	14.76	<b>17.42</b>
8		0.92	13.64	<b>16.09</b>

Tabella 44 – Potenziale incremento di portata dovuto ai cambiamenti climatici (+18%).

Le considerazioni sopra esposte sono prese come riferimento negli studi idraulici a corredo del presente progetto per lo sviluppo di ulteriori verifiche di compatibilità sia delle opere di attraversamento (ponti/viadotti/tombini) sia dei sistemi di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria, nei confronti quindi anche di eventuali variazioni (nello, specifico incrementi) delle precipitazioni per effetto dei cambiamenti climatici.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

**RELAZIONE IDROLOGICA**

## 10 CALCOLO DELLE PORTATE DI CANTIERE

La presenza di un cantiere in alveo è strettamente connessa alla possibilità che durante l'esecuzione dei lavori si verifichi una piena con un colmo di portata superiore alla capacità di deflusso della sezione adottata, ciò comporterebbe un allagamento del cantiere.

In relazione al tempo di ritorno della piena di progetto, il criterio da utilizzare è che la probabilità che tale piena venga raggiunta o superata nel periodo di realizzazione dell'opera non sia superiore alla probabilità che tale portata venga raggiunta o superata durante l'intera vita utile dell'opera. Tale definizione richiama il concetto di "rischio idraulico". Il rischio idraulico, all'interno dell'orizzonte temporale stabilito, è espresso come segue:

$$R_i = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^N$$

In cui

- $R_i$  = rischio idraulico;
- $T_R$  = tempo di ritorno in anni;
- $N$  = orizzonte temporale di riferimento in anni.

Con riferimento alle NTC 2018, per tutti i viadotti oggetti di studio si fa riferimento ad una vita utile di 75 anni ed a una classe d'uso IV, al quale corrisponde un coefficiente d'uso  $C_u=2$ ; la vita utile di riferimento è quindi assunta pari a 150 anni. Le prescrizioni ITALFERR, prevedono che la verifica idraulica sia condotta per un tempo di ritorno pari a 200 anni ovvero con un rischio pari a  $R_i = 0.529$ .

Imponendo per le opere provvisorie lo stesso rischio definito per l'opera, è possibile determinare il tempo di ritorno per la fase transitoria del cantiere in funzione del periodo di permanenza di quest'ultimo secondo la seguente formula:

$$T_r = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^{\frac{N}{C}}}$$

Nella quale

$C$  = durata di costruzione in anni;

$N$  = durata dell'opera;

$T_R$  = tempo di ritorno di progetto

Considerando che il tempo necessario a realizzare le opere sia al massimo pari a 1 anno (0.5 anni), si ottiene un valore del tempo di ritorno per la fase di cantiere  $T_R$  pari a 1.90 anni, approssimato per eccesso a 5 anni.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	PROGETTO RC1C	LOTTO 03	CODIFICA R09RI	DOCUMENTO ID0001 001

Determinata per ciascun bacino l'altezza di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione  $\tau_c$  associata al tempo di ritorno di cantiere (5 anni) con i metodi sopra esposti (Gumbel e VAPI), scegliendo per ciascun bacino quello più cautelativo come precedentemente fatto, si è calcolata la portata al colmo utilizzando la nota formula del metodo razionale (si faccia riferimento al paragrafo 8.2 "Metodo cinematico o razionale"). La relazione che esprime la portata di piena in funzione del tempo di ritorno, per mezzo della pioggia critica, e delle caratteristiche del bacino è quindi:

$$Q_{max} = \frac{\varphi * S * h}{3.6 * \tau_c}$$

In cui:

- $Q_{max}$  è la portata di piena espressa in  $m^3/s$ ;
- $\varphi$  è il coefficiente di deflusso;
- $S$  è la superficie del bacino, espressa in  $km^2$ ;
- $h$  è l'altezza di pioggia critica in mm;
- $\tau_c$  è il tempo di corrivazione del bacino in ore.

I parametri  $S$  e  $\tau_c$  sono riportati sempre ai precedenti paragrafi 6.2 "Risultati dell'analisi morfometrica" e 6.3 "Tempi di corrivazione".

I valori delle portate di cantiere così ottenuti sono riportati nella tabella seguente. Ulteriori e più approfondite analisi a riguardo verranno affrontate nella successiva fase progettuale.

ID	Corso d'acqua	Area	$Q_c$ [mc/s]
-	-	kmq	Tr 5
1	Torrente Zio Petruzzo	2.26	14.44
2	Torrente Licciardo	2.73	13.22
3	Fosso Scorza	0.3	1.97
4	Fosso Siviglia	0.31	2.18
5 b	Affl. Varco Le Chianche	0.55	4.16
5 b	Torrente Varco Le Chianche	2.08	11.54

ID	Corso d'acqua	Area	$Q_c$ [mc/s]
-	-	kmq	Tr 5
6	Torrente Settimo	43.93	165.70
6.1	Fosso "Rende"	1.45	8.10
7	-	1.06	6.93
8	IN01	0.92	6.40

Tabella 45 – Portate di cantiere

## 11 IDROGRAMMI DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE IDRAULICHE

Nelle immagini sottostanti è riportato il confronto grafico tra gli idrogrammi determinati con i metodi sopra illustrati.

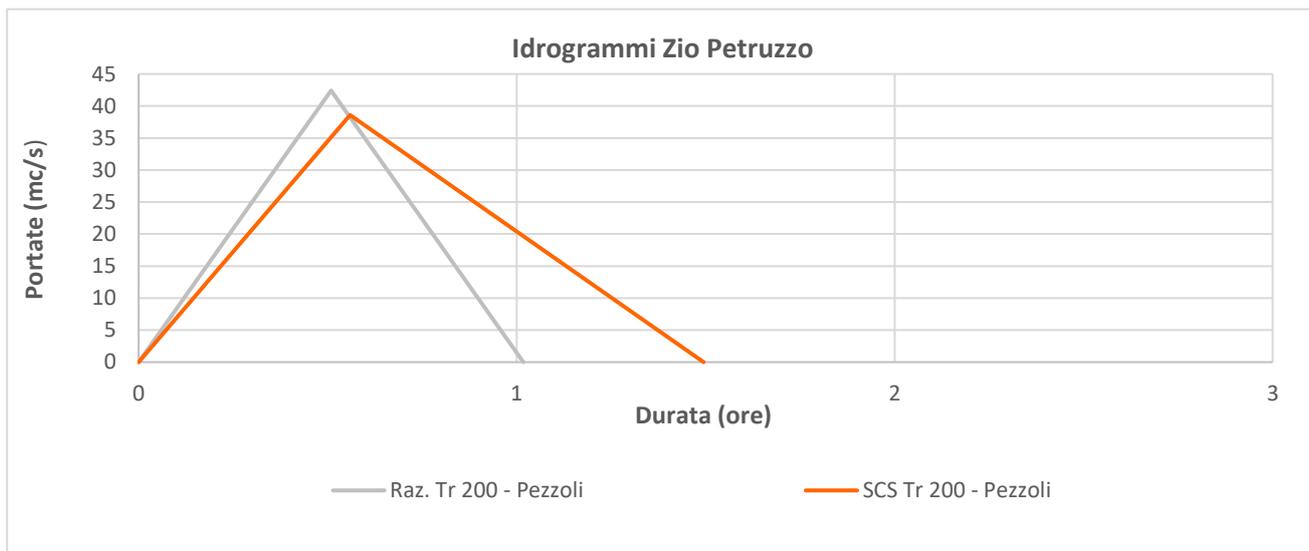


Figura 20. Confronto tra il metodo SCS e razionale –1 Zio Petruzzo

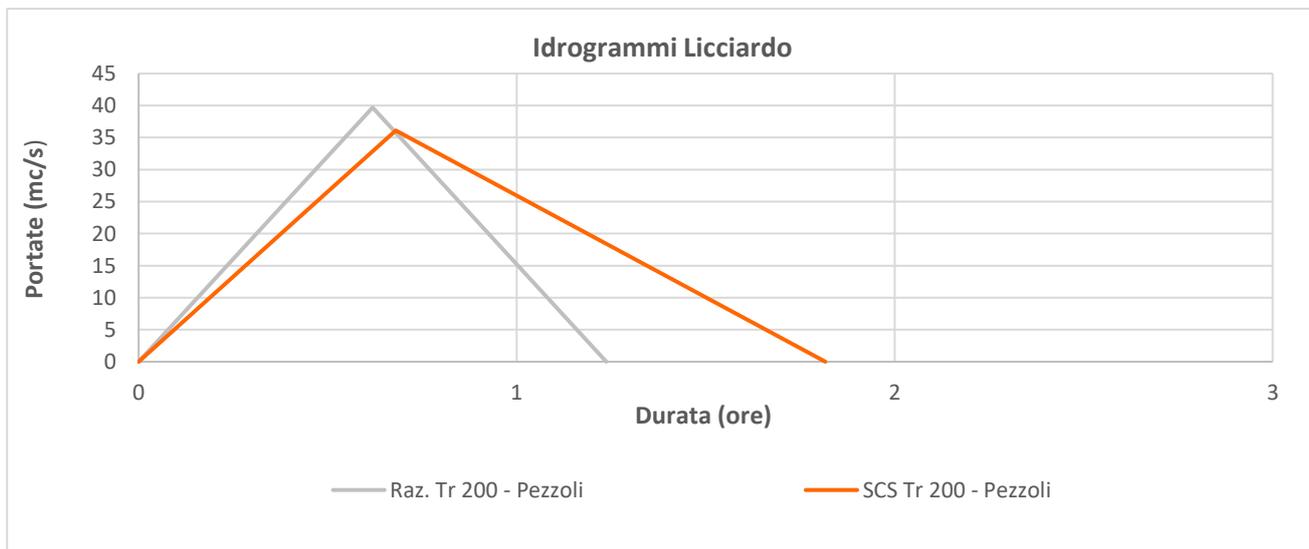


Figura 17. Confronto tra il metodo SCS e razionale –2. T. Licciardo

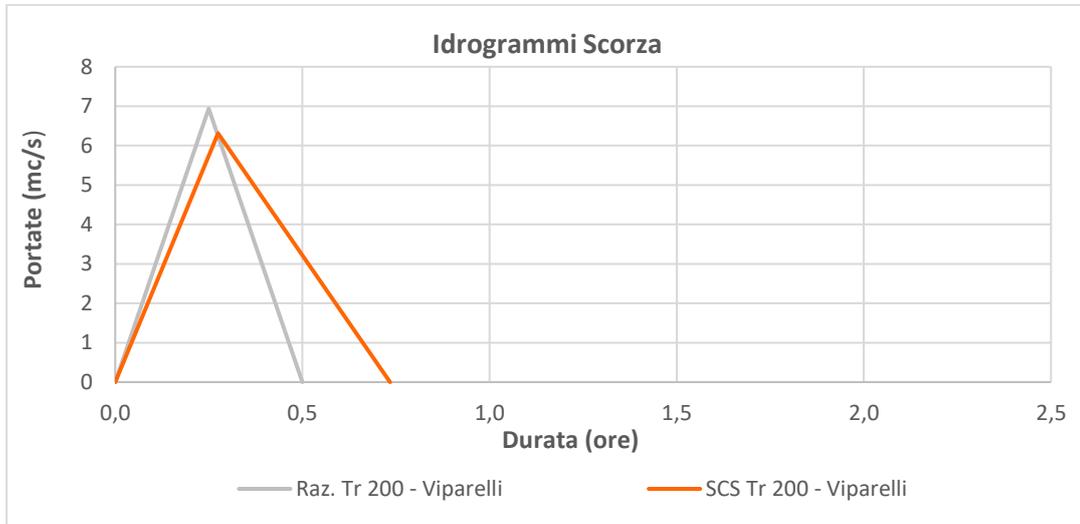


Figura 18. Confronto tra il metodo SCS e razionale –Fosso Scorza

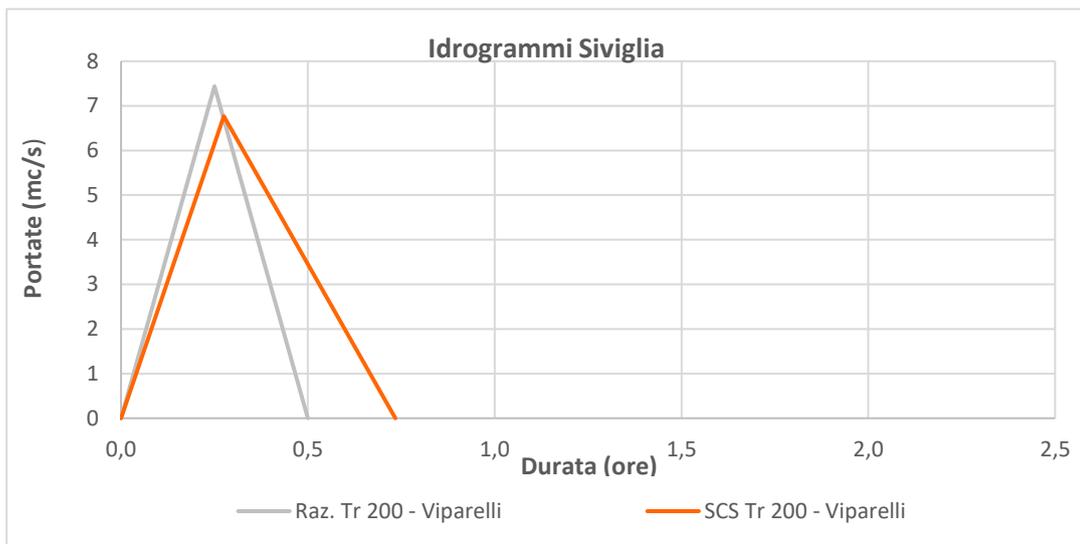


Figura 19. Confronto tra il metodo SCS e razionale –5 a

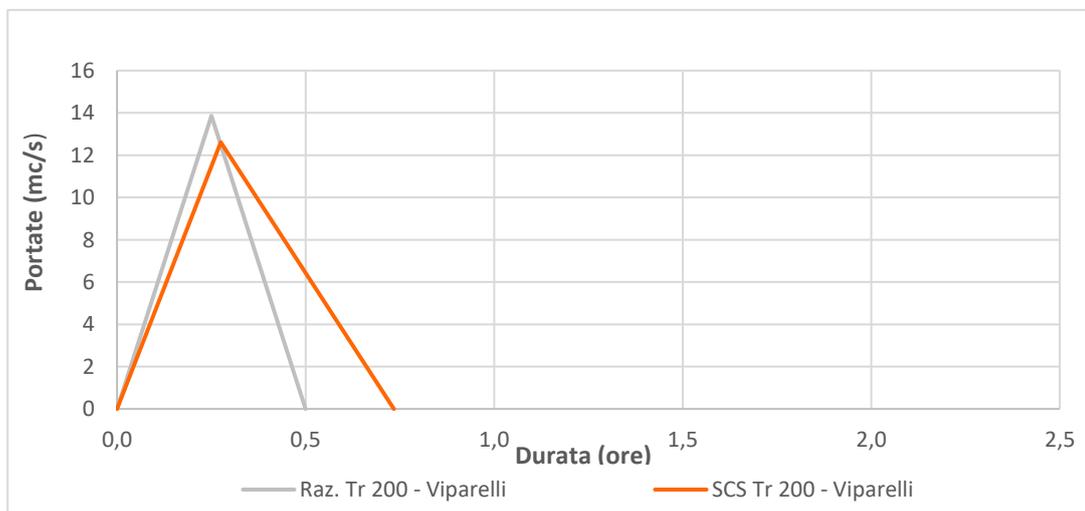


Figura 20. Confronto tra il metodo SCS e razionale –5 a

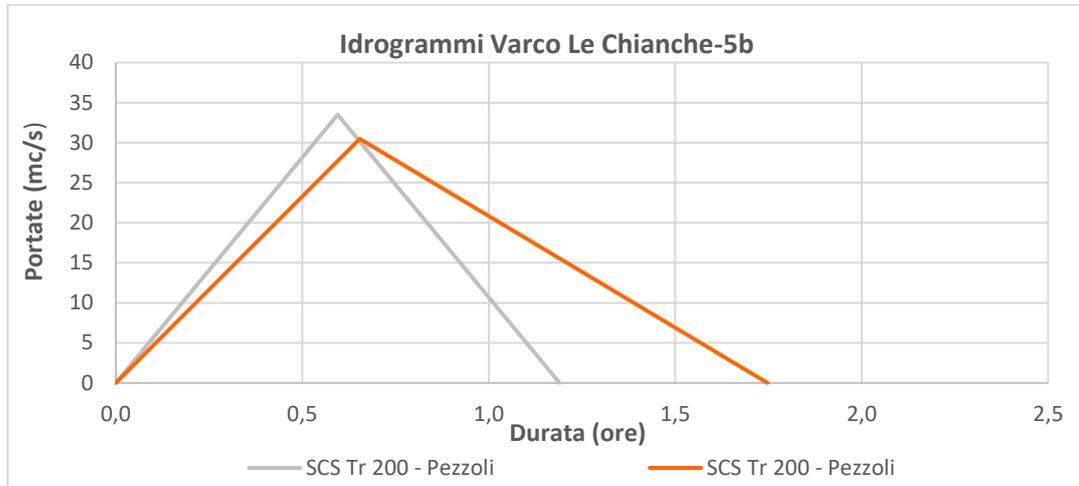


Figura 21. Confronto tra il metodo SCS e razionale –T. Varco Le Chianche

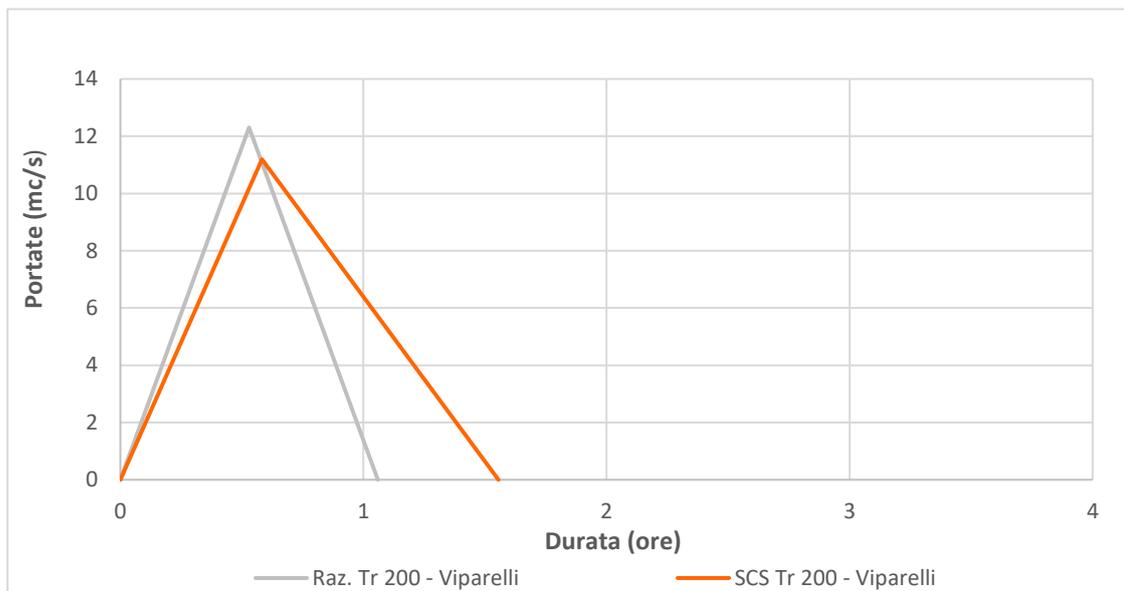


Figura 22. Confronto tra il metodo razionale, metodo SCS e WFIUH –6.1

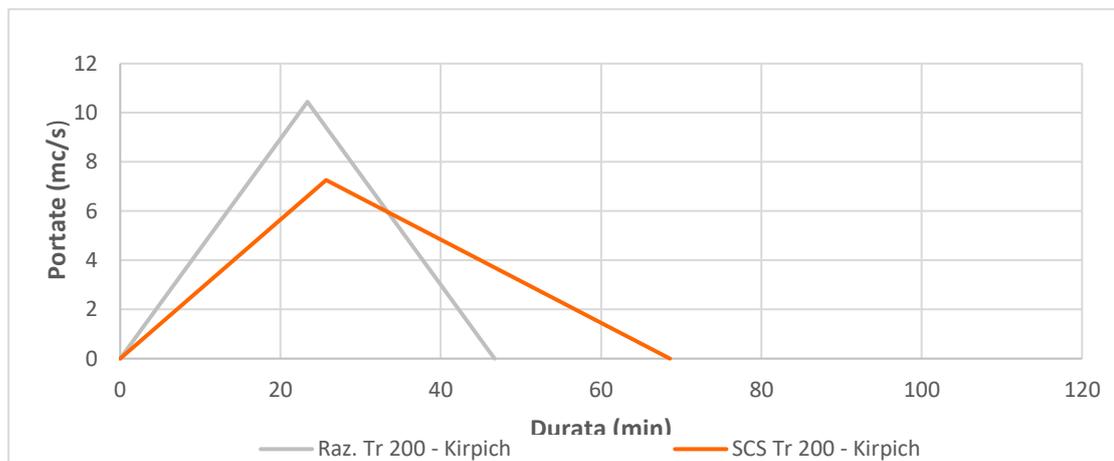


Figura 23. Confronto tra il metodo razionale, metodo SCS e WFIUH –7

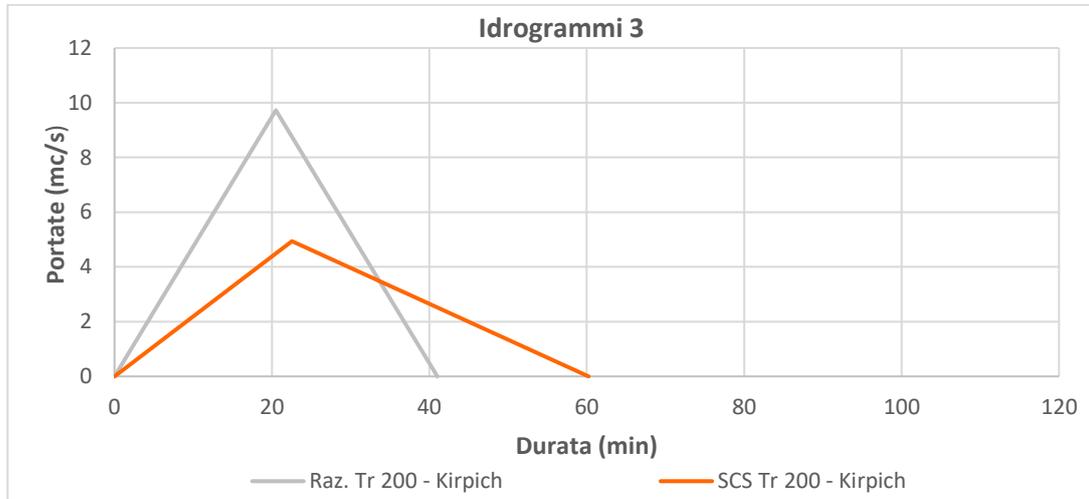


Figura 24. Confronto tra il metodo razionale, metodo SCS e WFIUH-8

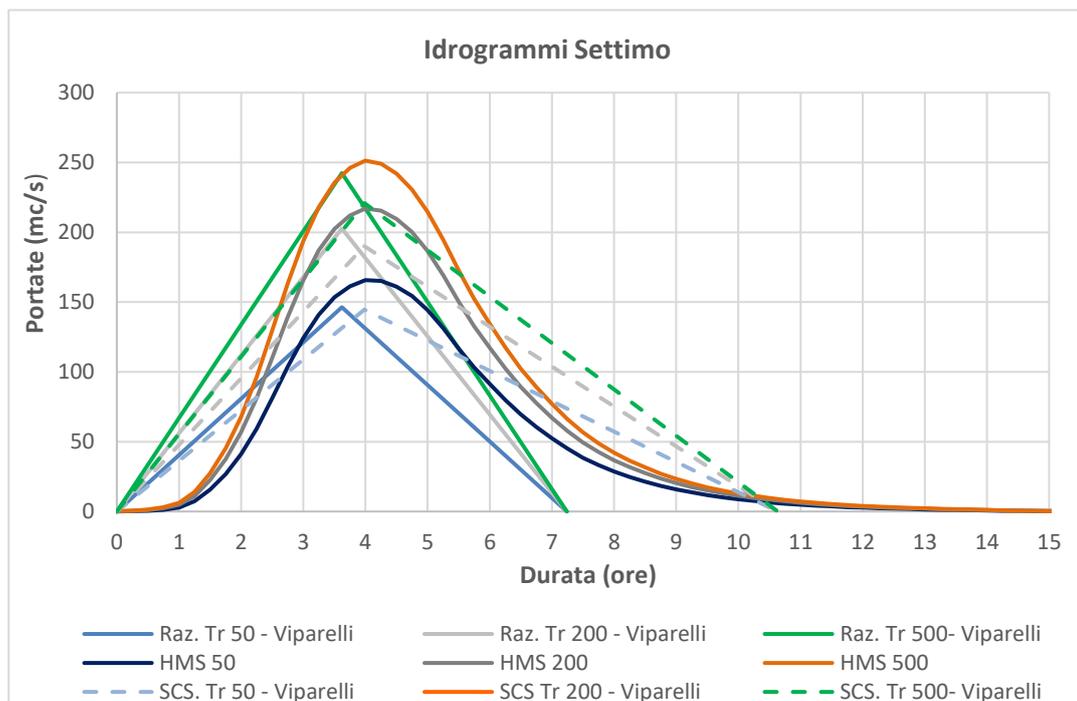


Figura 2925. Confronto tra il metodo razionale, metodo SCS e HEC-HMS-6 Settimo

Per quanto riguarda gli interventi in progetto, sono stati assunti gli idrogrammi ricavati con il metodo razionale per tutti i bacini ad eccezione di quello del Settimo per il quale è stato adottato l'idrogramma ricavato mediante HEC-HMS.

	NUOVA LINEA AV/SALERNO-REGGIO CALABRIA RADDOPPIO COSENZA-PAOLA/S. LUCIDO												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RC1C</td> <td style="text-align: center;">03</td> <td style="text-align: center;">R09RI</td> <td style="text-align: center;">ID0001 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">58 di 60</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC1C	03	R09RI	ID0001 001	A	58 di 60
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC1C	03	R09RI	ID0001 001	A	58 di 60								

## BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.
- Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.
- Greppi M., *Idrologia*, Hoepli, Milano, 2005
- Lo Bosco D., Leonardi G., Scopelliti F., *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*, Quaderno di Dipartimento - Serie Didattica, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002.
- Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977
- Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.
- NRCS, *Hydrology National Engineering Handbook*, cap.16, 2007
- Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).
- Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.
- Ven Te Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.
- Versace P., Ferrari E., Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F. "La valutazione delle piene in Calabria". CNR-GNDICI, LINEA 1, CNR-IRPI, Geodata, Cosenza, 1989, Cartografia.
- Da Deppo, Luigi e Datei, Claudio. 1994. Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali. Cosenza : Editoriale Bios, 1994.
- Siccardi et al., 2009. Rapporto tecnico-scientifico della regionalizzazione delle precipitazioni intense. Centro di ricerca interuniversitario in Monitoraggio Ambientale delle Università degli studi di Genova e della Basilicata.

## APPENDICE A – CODICI USO DEL SUOLO

CLASSI DI USO DEL SUOLO / LAND USE CLASSES				
1° livello 1st level	2° livello 2nd level	3° livello 3rd level		
1 Territori modellati artificialmente <i>Artificial surfaces</i>	11 Zone urbanizzate <i>Urban areas</i>	111	Tessuto denso (● nuclei di estensione inferiore a 25 ha) <i>Continuous urban fabric (● settlements smaller than 25 ha)</i>	
		112	Tessuto rado <i>Discontinuous urban fabric</i>	
	12 Zone produttive e infrastrutture <i>Industrial and infrastructural areas</i>	121	121	Aree industriali (■ aree di estensione inferiore a 25 ha) <i>Industrial areas (■ areas smaller than 25 ha)</i>
			122	Infrastrutture generiche <i>General infrastructures</i>
		123	123	Aree portuali <i>Port areas</i>
			124	Aeroporti <i>Airports</i>
	13 Zone in trasformazione <i>Transitional areas</i>	131	131	Aree in costruzione, escavazioni, suoli rimaneggiati <i>Construction sites, excavations, earthworks</i>
			132	Discariche <i>Dumps</i>
		133	Aree estrattive (▲ cave di estensione inferiore a 25 ha) <i>Extractive areas (▲ quarries smaller than 25 ha)</i>	
	14 Zone verdi urbane e zone archeologiche <i>Green urban areas and archaeological areas</i>	141	141	Aree verdi urbane, sportive e ricreative <i>Urban parks, sport and leisure areas</i>
142			Aree archeologiche (▲ aree di estensione inferiore a 25 ha) <i>Archaeological areas (▲ areas smaller than 25 ha)</i>	
2 Territori agricoli <i>Agricultural areas</i>	21 Seminativo <i>Arable land</i>	211	Seminativo semplice, irriguo, arborato; foraggiere; colture orticole <i>Arable land irrigated and not locally with tree crops: fodder; horticulture</i>	
		212	Colture in serra e sotto tunnel <i>Green houses and cultivations under plastic</i>	
	22 Legnose agrarie <i>Permanent crops</i>	221	Agrumeto <i>Citrus groves</i>	
		222	Vigneto <i>Vineyards</i>	
		223	Oliveto <i>Olive groves</i>	
		224	Mandorleto <i>Almond groves</i>	
		225	Frutteto (f: ficodindieto, k: carrubeto, n: nocciuolo, t: pistacchieto) <i>Orchards (f: prickly pear, k: carob, n: hazel, t: pistachio)</i>	
		226	Legnose agrarie miste <i>Mixed groves</i>	
	23 Zone agricole eterogenee <i>Heterogeneous agricultural areas</i>	231	Sistemi colturali e particellari complessi <i>Complex cultivation patterns</i>	
		232	Seminativo associato a vigneto <i>Associations of annual crops and vineyards</i>	
3 Territori boscati e ambienti semi-naturali <i>Forest and semi-natural areas</i>	31 Boschi <i>Forests</i>	311	Latifoglie <i>Broad-leaved</i>	
		312	Conifere <i>Coniferous</i>	
		313	Bosco misto <i>Mixed forest</i>	
		314	Aree parzialmente boscate o bosco degradato <i>Partially wooded land or degraded forest</i>	
	32 Aree a vegetazione arbustiva e/o erbacea <i>Shrub and/or herbaceous vegetation associations</i>	321	Macchia e cespuglieto <i>Shrubland</i>	
		322	Pascolo <i>Grassland</i>	
		323	Incolto, incolto roccioso <i>Sparsely vegetated areas</i>	
	33 Zone aperte con vegetazione rada o assente <i>Open spaces with little or no vegetation</i>	331	Aree in erosione, calanchi, rocce <i>Erosion scars, badlands, rock outcrops</i>	
		332	Alvei fluviali <i>River beds</i>	
		333	Spiegate <i>Beaches</i>	
4 Zone umide <i>Wetlands</i>	41 Zone umide interne <i>Inland wetlands</i>	411	Pantani interni <i>Inland marshes</i>	
	42 Zone umide costiere <i>Maritime wetlands</i>	421	Pantani <i>Coastal marshes</i>	
		422	Saline <i>Salines</i>	
5 Corpi idrici <i>Water bodies</i>	51 Acque continentali <i>Inland waters</i>	511	Laghi naturali e naturali ampliati <i>Natural lakes, enlarged natural lakes</i>	
		512	Laghi artificiali <i>Reservoirs</i>	
	52 Acque marittime e acque di transizione <i>Marine and transitional waters</i>	521	Lagune <i>Lagoons</i>	
		522	Laghi costieri <i>Coastal lakes</i>	

Indicatori di presenze significative non isolabili all'interno di altre classi / Indicators of significant, but not dissociable, occurrences within other classes

 a: agrumi c: ortaggi f: ficodindia k: carrubo m: mandorlo o: olivo p: palma nana s: serre o tendoni v: vite  
*citrus vegetables prickly pear carob almond olive dwarf palm green houses vine*