

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

### NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

#### S.O. OPERE CIVILI

#### PROGETTO DEFINITIVO

#### TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

#### IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA

Idrologia

Relazione idrologica generale

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 09 RI ID0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Gen-2020	A.Cappelli	Gen-2020	A.Barreca	Gen-2020	A. Vittozzi Luglio-2021 ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle Vedanti Dott. Ing. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia N° A.20783
B	Emissione Esecutiva	A. Cappelli	Luglio 2021	A.Cappelli	Luglio 2021	A. Barra	Luglio 2021	

File: RS3U.4.0.D.09.RI.ID.00.0.1.001.B

n. Elab.: 09\_187



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

## INDICE

1.	PREMESSA .....	7
2.	INQUADRAMENTO IDROLOGICO .....	9
2.1	AREA DI STUDIO E CORSI D'ACQUA PRINCIPALI .....	9
3.	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	10
3.1	DATI DA STAZIONI PLUVIOMETRICHE DEL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE.....	11
3.2	DATI DA ANNALI IDROLOGICI (OSSERVATORIO DELLE ACQUE DELLA REGIONE SICILIA) .....	14
4.	MODELLO IDROLOGICO .....	20
4.1	IETOGRAMMA “CHICAGO” .....	20
4.2	METODO DEL CURVE NUMBER (CN) – SEPARAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI.....	21
4.3	SCS - METODO DELL' IDROGRAMMA UNITARIO Istantaneo.....	24
5.	STUDIO IDROLOGICO.....	27
5.1	BACINO DEL FIUME ANGHILLA .....	29
5.1.1	<i>Delimitazione del bacino e dei sottobacini del Fiume Anghilla .....</i>	<i>29</i>
5.1.2	<i>Studio idrologico del bacino del Fiume Anghilla.....</i>	<i>30</i>
5.1.3	<i>Valutazione delle massime portate al colmo di piena (portata di progetto) per il bacino del Fiume Anghilla.....</i>	<i>33</i>
5.2	BACINO DEL FIUME Imera.....	36
5.2.1	<i>Descrizione del bacino del Fiume Imera.....</i>	<i>36</i>
5.2.2	<i>Delimitazione del bacino e dei sottobacini del Fiume Imera .....</i>	<i>36</i>
5.2.3	<i>Studio idrologico del bacino del Fiume Imera .....</i>	<i>37</i>
5.3	BACINO DEL FIUME MORELLO.....	41
5.3.1	<i>Descrizione del bacino del Fiume Morello .....</i>	<i>41</i>
5.3.2	<i>Delimitazione del bacino e dei sottobacini del Fiume Morello.....</i>	<i>41</i>
5.3.3	<i>Studio idrologico del bacino del Fiume Morello.....</i>	<i>43</i>
5.3.4	<i>Valutazione delle massime portate al colmo di piena (portata di progetto) per il bacino del Fiume Morello .....</i>	<i>46</i>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

5.3.5	<i>Studio delle onde di piena conseguenti a manovre delle opere di scarico e dell'ipotetico collasso dello sbarramento Villarosa sul Torrente Morello.....</i>	49
6.	<b>DEFINIZIONE DELLE PORTATE IDROLOGICHE PER LA VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI MINORI</b>	<b>.52</b>
6.1	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	52
6.2	CARATTERIZZAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DEI BACINI .....	53
6.3	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	57
6.3.1	<i>Metodo cinematico o razionale .....</i>	<i>57</i>
6.3.2	<i>Definizione tempo di corrivazione.....</i>	<i>59</i>
6.3.3	<i>Metodo dell'idrogramma Unitario Istantaneo – SCS.....</i>	<i>60</i>
6.3.4	<i>Calcolo delle portate di riferimento per le verifiche idrauliche .....</i>	<i>64</i>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Planimetria tratto Fiumetorto - Catenanuova .....	7
Figura 2: Corografia – tratta Fiumetorto - Catenanuova.....	8
Figura 3: Inquadramento del lotto 4 della linea ferroviaria CATANIA – PALERMO e dei bacini idrografici Siciliani .....	9
Figura 4: Inquadramento del lotto 4A della linea ferroviaria CATANIA – PALERMO e dei bacini idrografici del Fiume Imera Meridionale e del Fiume Morello.....	10
Figura 5: Stazioni pluviometriche del Dipartimento Regionale della Protezione Civile della Regione Sicilia .....	12
Figura 6: Parametri a ed n delle stazioni pluviometriche della Protezione Civile Regione Sicilia – Stazioni ricadenti nel bacino del Fiume Imera Meridionale .....	13
Figura 7: Parametri a ed n delle stazioni pluviometriche della Protezione Civile Regione Sicilia – Stazioni ricadenti nel bacino del Fiume Platani.....	13
Figura 8: Stazioni pluviometriche dell’Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia esaminate .....	17
Figura 9: Distribuzione tipo di uno ietogramma Chicago .....	21
Figura 10: Valori di Curve Number per diverse tipologie di uso del suolo, condizione idrologica e gruppo di terreno .....	23
Figura 11: Idrogramma Unitario SCS adimensionalizzato.....	25
Figura 12: Carta dei Valori di CN - Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana - RELAZIONE GENERALE – 2004 .....	28
Figura 13: Procedura di sviluppo di un modello idrologico sviluppato con HEC-HMS. ....	28
Figura 14: Suddivisione del bacino del Fiume Anghilla in sottobacini .....	30
Figura 15: Modello del bacino del Fiume Anghilla in HEC-HMS .....	32
Figura 16: Stazioni pluviometriche e poligoni di Thiessen – Annali Idrologici – bacino del Fiume Anghilla .....	33
Figura 17: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura (Outlet) del bacino del Fiume Anghilla – dati pluviometrici da Annali Idrologici - Tr=200 .....	35
Figura 18: Delimitazione del bacino del Fiume Imera Meridionale .....	37
Figura 19: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura (Outlet) del bacino del Fiume Imera Meridionale – taratura del modello .....	40
Figura 20: Suddivisione del bacino del Fiume Morello in sottobacini .....	42
Figura 21: Modello del bacino del Fiume Morello in HEC-HMS .....	45
Figura 22: Stazioni pluviometriche e poligoni di Thiessen – Annali Idrologici.....	47
Figura 23: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura (Outlet) del bacino del Fiume Morello – dati pluviometrici da Annali Idrologici - Tr=300 .....	49
Figura 24: Delimitazione dei bacini – da Km 0+000 a km 12+553.....	54
Figura 25: Delimitazione dei bacini – da Km 12+553 a Km 0-796 NV03.....	55
Figura 26: Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione .....	58
Figura 27: Valori di Curve Number per diverse tipologie di uso del suolo, condizione idrologica e gruppo di terreno .....	62

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Parametri a e n delle stazioni pluviometriche della Protezione Civile – Regione Sicilia .....	14
Tabella 2: Stazione pluviometrica di Caltanissetta: risultati dell’analisi dei dati da Annali Idrologici .....	18
Tabella 3: Stazione pluviometrica di Enna: risultati dell’analisi dei dati da Annali Idrologici .....	18
Tabella 4: Stazione pluviometrica di San Cataldo: risultati dell’analisi dei dati da Annali Idrologici .....	18
Tabella 5: Stazione pluviometrica di Villadoro: risultati dell’analisi dei dati da Annali Idrologici .....	19
Tabella 6: Stazione pluviometrica di Villarosa: risultati dell’analisi dei dati da Annali Idrologici .....	19
Tabella 7: Stazione pluviometrica di Santa Caterina Villarosa: risultati dell’analisi dei dati da Annali Idrologici .....	19
Tabella 8: Esempi di suoli ricadenti nella classificazione secondo SCS.....	23
Tabella 9: Parametri CN delle due tipologie di suolo più rappresentative dei bacini individuati .....	24
Tabella 10: Fattore di picco e coefficiente per la definizione della curva di esaurimento (Wanielista, et al. 1997) .....	26
Tabella 11: Parametro CN relative ai sottobacini del Fiume Anghilla .....	31
Tabella 12: Parametri caratteristici del bacino del Fiume Anghilla estrapolati tramite applicativo G.I.S...31	31
Tabella 13: Parametri caratteristici calcolati – sottobacini del Fiume Anghilla.....	31
Tabella 14: Parametri dei sottobacini del Fiume Anghilla implementati nel modello HEC-HMS .....	32
Tabella 15 Tempo di corrivazione di ciascun sottobacino e relativa durata dello ietogramma.....	34
Tabella 16: Percentuale di aree e relative stazioni pluviometriche – bacino del Fiume Anghilla.....	34
Tabella 17: Portate al colmo di piena da dati Annali Idrologici – Tr=200 - bacino del Fiume Anghilla.....	34
Tabella 18: Parametri a, n e CV relativi al bacino del Fiume Imera.....	38
Tabella 19: Parametro CN relative ai sottobacini del Fiume Imera.....	38
Tabella 20: Parametri caratteristici del bacino del Fiume Imera estrapolati tramite applicativo G.I.S. ....	38
Tabella 21: Parametri caratteristici calcolati – sottobacini del Fiume Imera .....	38
Tabella 22: Parametri dei sottobacini del Fiume Imera implementati nel modello HEC-HMS.....	39
Tabella 23: Portate al colmo di piena da dati pluviometrici P.A.I. – Tr=300 - bacino del Fiume Imera Meridionale.....	39
Tabella 24: Parametro CN relative ai sottobacini del Fiume Morello .....	43
Tabella 25: Parametri caratteristici del bacino del Fiume Morello estrapolati tramite applicativo G.I.S....	43
Tabella 26: Parametri caratteristici calcolati – sottobacini del Fiume Morello.....	44
Tabella 27: Percentuale di aree e relative stazioni pluviometriche – bacino del Fiume Morello.....	48
Tabella 28: Portate al colmo di piena da dati pluviometrici Annali Idrologici – Tr=300 - bacino del Fiume Morello.....	48
Tabella 29: Parametri a e n – dati da Protezione Civile .....	53
Tabella 30: Parametri a e n - dati da Annali Idrologici.....	53
Tabella 31: Caratteristiche topografiche dei bacini del Lotto 4 .....	56
Tabella 32: Parametri per la definizione dell’Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr200 - attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici.....	65
Tabella 33: Portata di progetto e coefficiente udometrico – Tr200 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici .....	65
Tabella 34: Parametri per la definizione dell’Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr200 - attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile .....	66
Tabella 35: Portata di progetto e coefficiente udometrico – Tr200 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile.....	67
Tabella 36: Confronto valori di portata e coefficienti udometrici tra i dati degli Annali Idrologici e della Protezione Civile – Tr200 – Lotto 4.....	68

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	<b>COMMESSA</b> <b>RS3U</b>	<b>LOTTO</b> <b>30 D 09</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RI</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>ID0001 001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>6 di 73</b>

Tabella 37: Parametri per la definizione dell'Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr30 - attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici.....	69
Tabella 38: Portata di progetto e coefficiente udometrico – Tr30 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici .....	70
Tabella 39: Parametri per la definizione dell'Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr30 - attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile .....	71
Tabella 40: Portata di progetto e coefficiente udometrico – Tr30 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile.....	72
Tabella 41: Confronto valori di portata e coefficienti udometrici tra i dati degli Annali Idrologici e della Protezione Civile – Tr30 – Lotto 4.....	73

## 1. Premessa

La linea ferroviaria Palermo – Catania, facente parte del Corridoio n.5 “Helsinki – La Valletta” della Rete Trans-Europea di trasporto, è interessata da un ampio progetto di investimento denominato “Nuovo Collegamento Palermo – Catania” che prevede una serie di interventi sulla tratta Fiumetorto – Bicocca.

Allo stato attuale sono già in corso i lavori finalizzati al raddoppio della tratta Catenanuova – Bicocca (tratto arancione in Figura 1) mentre la restante tratta, Fiumetorto – Catenanuova (tratto rosso in Figura 1), è oggetto di appositi incarichi di progettazione definitiva, affidati ad Italferr dalla Committente RFI.

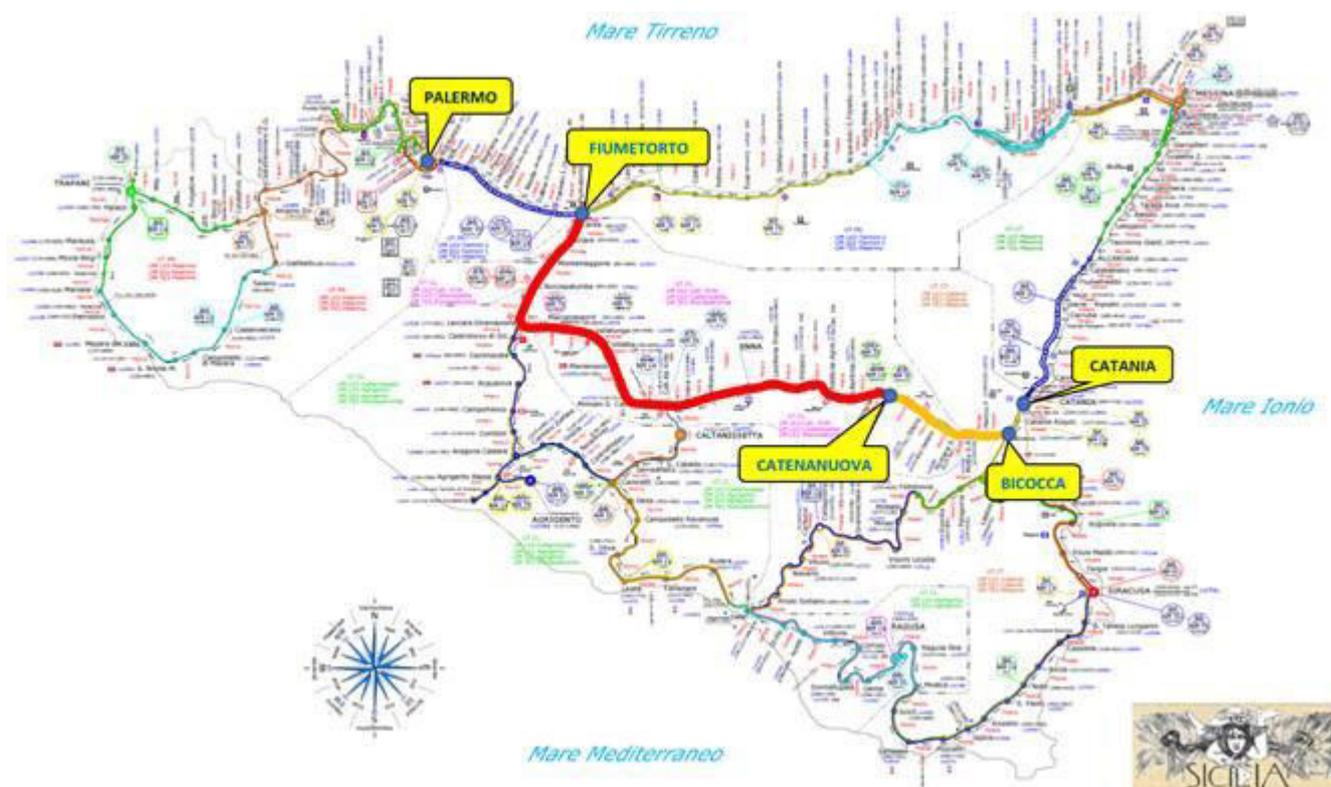


Figura 1: Planimetria tratto Fiumetorto - Catenanuova

La tratta suddetta Fiumetorto – Catenanuova risulta suddivisa nei seguenti lotti funzionali come meglio si evince dalla corografia in Figura 2:

- Lotto “1+2”: tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione di circa 30 km;

- Lotto 3: tratta Lercara Diramazione – Caltanissetta Xirbi di circa 47 km;
- Lotto 4a: tratta Caltanissetta Xirbi – Enna Nuova di circa 27 km;
- Lotto 4b: tratta Enna Nuova - Dittaino di circa 15 km;
- Lotto 5: tratta Dittaino – Catenanuova di circa 22 km.

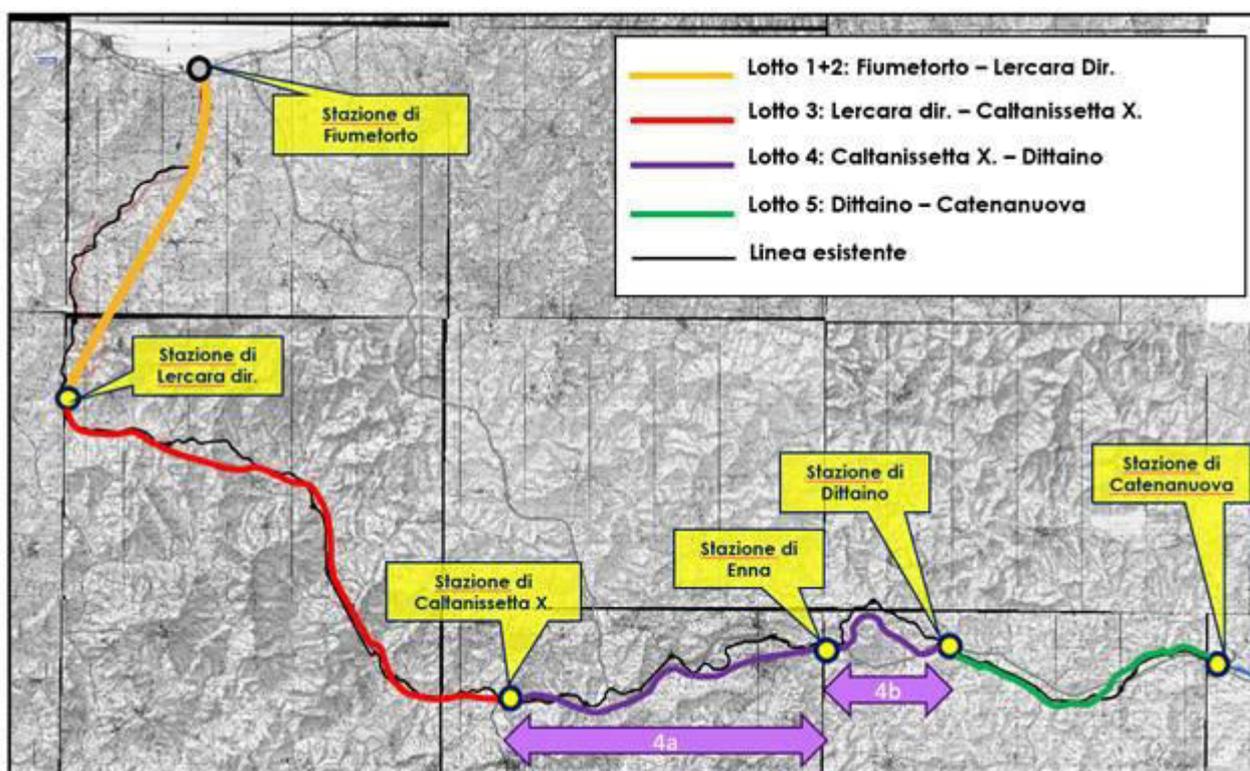


Figura 2: Corografia – tratta Fiumetorto - Catenanuova

La presente relazione descrive l'inquadramento idrologico del territorio interessato dal progetto del nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania per la tratta "Caltanissetta Xirbi – Enna" facente parte del Lotto 4. I corsi d'acqua maggiori interessati dal progetto in esame vengono studiati al fine di determinare le aree di allagamento e valutare la compatibilità idraulica delle opere in progetto.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## 2. Inquadramento idrologico

### 2.1 Area di studio e corsi d'acqua principali

Il tracciato di progetto del lotto 4 della ferrovia Palermo – Catania, evidenziato in arancione in Figura 3, attraversa la parte centrale della Sicilia e ricade all'interno dei bacini del Fiume Imera Meridionale.



Figura 3: Inquadramento del lotto 4 della linea ferroviaria CATANIA – PALERMO e dei bacini idrografici Siciliani

L'analisi idrologica è stata sviluppata sui bacini idrografici dei fiumi che interessano l'asse ferroviario di progetto al fine di determinare le interferenze dovute ai punti di intersezione tra i corsi d'acqua e la tratta ferroviaria di nuova costruzione.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

Per il lotto 4 l'analisi è stata svolta sui bacini dei fiumi Imera e Morello (Figura 4). È stato inoltre analizzato il bacino idrografico minore del Fiume Anghilla.

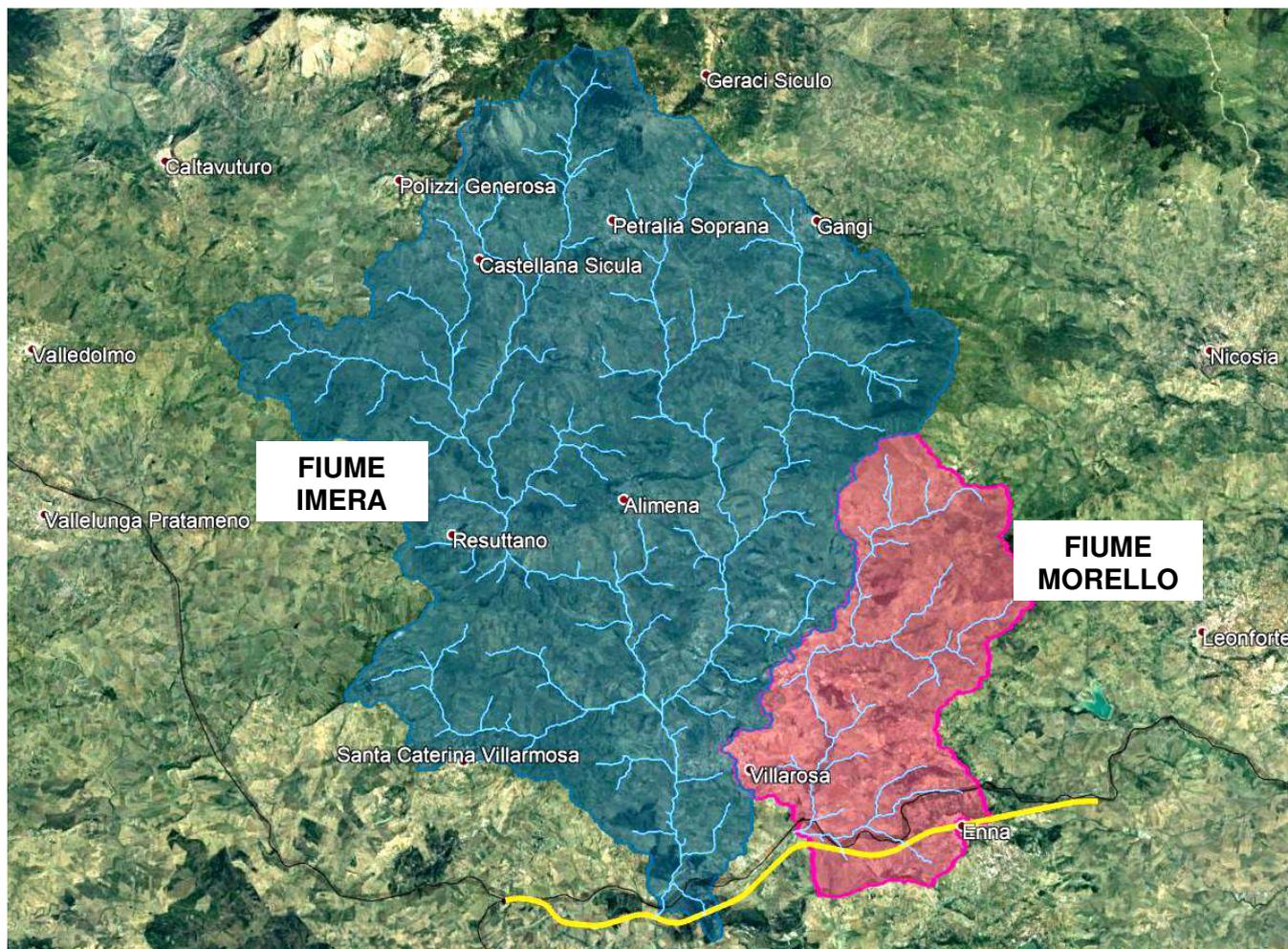


Figura 4: Inquadramento del lotto 4A della linea ferroviaria CATANIA – PALERMO e dei bacini idrografici del Fiume Imera Meridionale e del Fiume Morello.

### 3. Analisi pluviometrica

Nell'ambito del presente progetto è stato sviluppato uno studio idrologico con lo scopo di individuare le portate di progetto per i principali corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria di progetto e per ricavare le caratteristiche idrologiche dell'area di studio. Di seguito sono riportati i risultati dell'analisi

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>11 di 73</b>

pluviometrica svolta per tempi di ritorno pari a 30, 50, 100, 200 e 300 anni. I dati ottenuti sono stati utilizzati per definire le portate e le variabili idrologiche ricercate.

Per le analisi idrologiche sono stati valutati:

- i parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica del territorio regionale delle stazioni pluviometriche del Dipartimento Regionale della Protezione Civile;
- i dati di precipitazione riportati negli Annali Idrologici disponibili ed analizzati con il metodo di Gumbel.

### 3.1 Dati da stazioni pluviometriche del dipartimento della Protezione Civile

Nell'ambito dell'analisi dei dati provenienti dalla rete di stazioni pluviometriche del Dipartimento Regionale della Protezione Civile, in primo luogo sono state identificate le stazioni di misura più vicine alla zona di studio e con queste si è ripartito il territorio in aree di competenza a ciascuna stazione tramite il metodo geometrico di Thiessen.

Le stazioni del Dipartimento Regionale della Protezione Civile utilizzate e i relativi poligoni di Thiessen sono visibili in Figura 5.

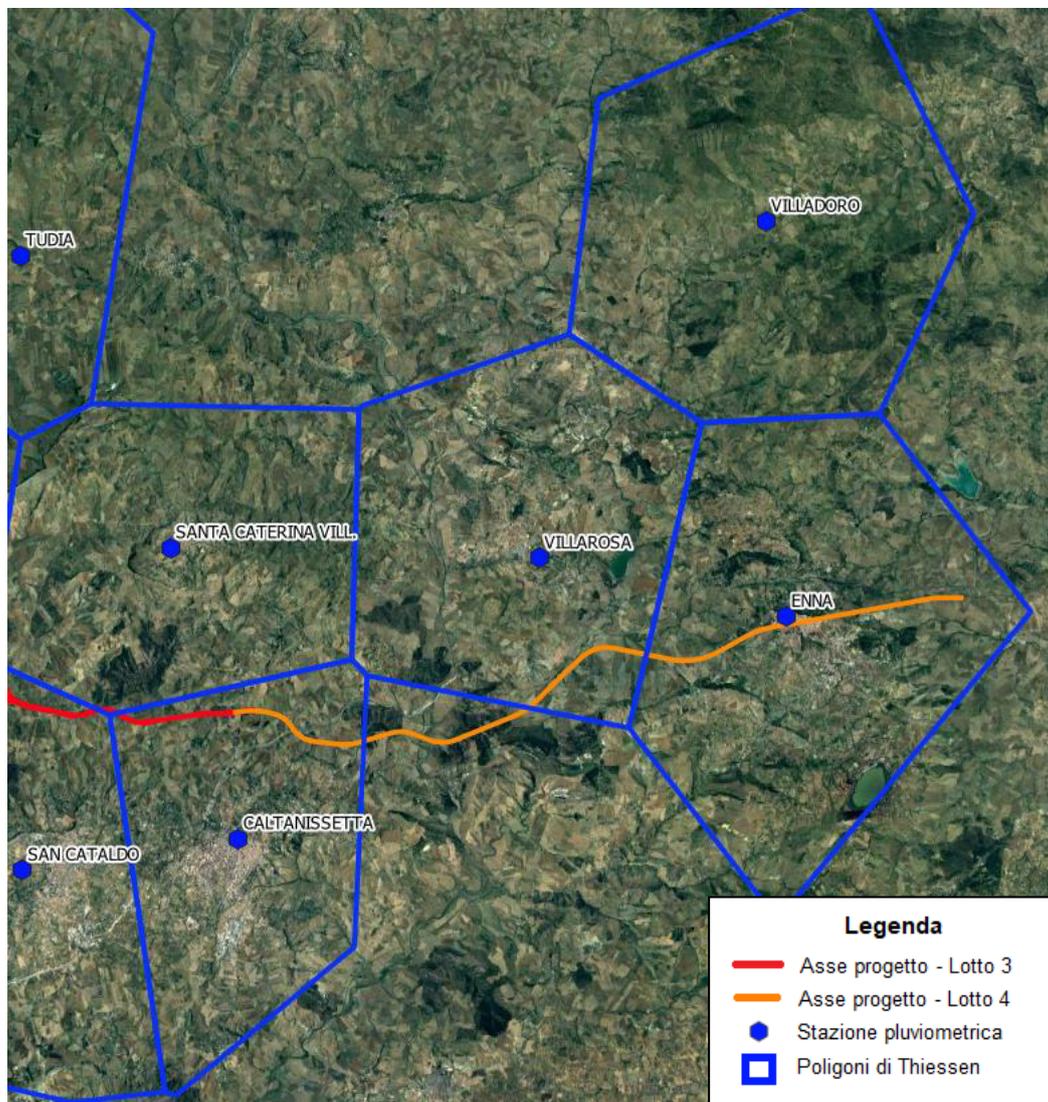


Figura 5: Stazioni pluviometriche del Dipartimento Regionale della Protezione Civile della Regione Sicilia

I parametri  $a$  e  $n$  di ciascuna stazione pluviometrica utilizzata sono evidenziati in rosso nelle seguenti figure (Figura 6 e Figura 7).



**PARAMETRI a ED n DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA, PER DIVERSI TEMPI DI RITORNO, DELLE STAZIONI PLUVIOMETRICHE DEL TERRITORIO REGIONALE**  
(DATI: ANNALI IDROLOGICI 1924-2002 - ELABORAZ. DRPC/SERVIZIO RIA)

BACINO DEL FIUME GIANCALDARA																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
FELLAMONICA	2355959	4203089	226	31	25.1	0.24	30.4	0.29	36.3	0.33	43.8	0.36	50.9	0.38	55.0	0.38	57.9	0.39	60.2	0.39	67.1	0.40	74.0	0.41
SAN GIUSEPPE IATO	2361003	4204985	462	24	24.5	0.28	30.5	0.28	36.7	0.29	44.1	0.29	51.1	0.29	55.0	0.29	57.8	0.29	59.9	0.29	66.5	0.29	73.1	0.29

BACINI MINORI TRA GIANCALDARA E SAN BARTOLOMEO																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
ALCAMO	2340759	4204731	256	16	26.5	0.22	30.8	0.22	35.7	0.23	41.8	0.23	47.6	0.23	51.0	0.23	53.3	0.23	55.2	0.23	60.9	0.24	66.5	0.24

BACINO DEL FIUME IMERA MERIDIONALE																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
ALIMENA	2442510	4173521	775	25	25.7	0.24	30.3	0.23	35.3	0.22	41.6	0.21	47.7	0.20	51.2	0.20	53.7	0.20	55.6	0.19	61.5	0.19	67.4	0.19
BARRAFRANCA	2445633	4136874	441	16	24.1	0.25	29.2	0.27	34.9	0.28	42.0	0.29	48.8	0.30	52.8	0.30	55.6	0.30	57.7	0.30	64.3	0.31	70.9	0.31
CALTANISSETTA	2436647	4150324	597	59	26.4	0.25	32.6	0.26	39.4	0.26	48.0	0.27	56.3	0.27	61.0	0.27	64.4	0.27	67.0	0.27	75.0	0.28	82.9	0.28
CAMPOLIBELLO DI LICATA	2424086	4124806	303	20	27.0	0.27	31.4	0.32	36.4	0.35	42.8	0.38	49.0	0.40	52.6	0.41	55.1	0.41	57.0	0.42	63.1	0.43	69.1	0.43
CAPODARSO	2445100	4149930	275	16	29.6	0.19	36.3	0.17	43.7	0.15	53.1	0.13	62.0	0.12	67.2	0.12	70.8	0.11	73.7	0.11	82.4	0.11	91.1	0.10
DELIA	2425696	4134546	384	20	29.9	0.28	36.0	0.29	42.8	0.30	51.4	0.31	59.6	0.32	64.3	0.32	67.6	0.32	70.2	0.32	78.2	0.32	86.1	0.33
DRASTI	2430623	4118245	70	17	22.9	0.24	26.9	0.25	31.3	0.26	36.9	0.27	42.2	0.28	45.3	0.28	47.5	0.28	49.2	0.28	54.3	0.28	59.5	0.29
ENNA	2455752	4158113	950	60	30.2	0.35	36.1	0.38	42.6	0.39	50.8	0.41	58.6	0.42	63.2	0.42	66.3	0.43	68.8	0.43	76.4	0.43	84.0	0.44
GANGI	2445871	4183454	930	29	22.2	0.28	26.5	0.28	31.2	0.28	37.2	0.28	42.9	0.28	46.2	0.28	48.5	0.28	50.2	0.28	55.8	0.28	61.3	0.28
LICATA	2425129	4106321	142	17	23.5	0.22	28.4	0.24	29.6	0.25	33.6	0.26	37.4	0.27	39.7	0.27	41.2	0.27	42.5	0.27	46.2	0.28	50.0	0.28
PETRALIA SOTTANA	2440222	4186020	930	47	22.8	0.36	25.8	0.37	29.1	0.38	33.3	0.39	37.3	0.40	39.6	0.41	41.3	0.41	42.5	0.41	46.4	0.41	50.3	0.42
PIETRAPERZIA	2443721	4141864	467	40	28.1	0.24	36.6	0.25	46.1	0.26	58.1	0.26	69.5	0.27	76.1	0.27	80.8	0.27	84.4	0.27	95.5	0.27	106.5	0.27
RAVANUSA	2428760	4125000	318	28	34.3	0.21	41.8	0.22	50.1	0.22	60.6	0.22	70.7	0.23	76.5	0.23	80.6	0.23	83.7	0.23	93.5	0.23	103.2	0.23
RESUTTANO	2434510	4170496	555	20	24.7	0.24	28.9	0.23	33.6	0.22	39.5	0.22	45.2	0.21	48.5	0.21	50.8	0.21	52.5	0.21	58.0	0.21	63.5	0.20
RIESI	2438600	4126563	320	21	27.1	0.23	36.3	0.21	46.5	0.20	59.3	0.20	71.6	0.19	78.7	0.19	83.7	0.19	87.6	0.19	99.5	0.19	111.4	0.18
SOMMATINO	2431001	4132771	369	28	23.3	0.28	27.0	0.30	31.2	0.32	36.4	0.34	41.4	0.35	44.3	0.35	46.3	0.35	47.9	0.36	52.8	0.36	57.6	0.37
VILLADORO	2455056	4171958	810	30	23.4	0.32	28.1	0.33	33.4	0.34	40.0	0.34	46.4	0.35	50.0	0.35	52.6	0.35	54.6	0.35	60.8	0.35	66.9	0.35
VILLAROSA	2447149	4160157	518	35	25.1	0.28	29.6	0.32	34.7	0.34	41.1	0.37	47.2	0.39	50.7	0.39	53.2	0.40	55.1	0.40	61.1	0.41	67.0	0.42

Figura 6: Parametri a ed n delle stazioni pluviometriche della Protezione Civile Regione Sicilia – Stazioni ricadenti nel bacino del Fiume Imera Meridionale



**PARAMETRI a ED n DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA, PER DIVERSI TEMPI DI RITORNO, DELLE STAZIONI PLUVIOMETRICHE DEL TERRITORIO REGIONALE**  
(DATI: ANNALI IDROLOGICI 1924-2002 - ELABORAZ. DRPC/SERVIZIO RIA)

BACINO DEL FIUME PLATANI																								
STAZIONE	X	Y	QUOTA	N.ro A.F.	TR= 2		TR= 3		TR= 5		TR= 10		TR= 20		TR= 30		TR= 40		TR= 50		TR= 100		TR= 200	
					a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
CARCACIOTTO	2390940	4174250	930	36	25.8	0.23	31.6	0.22	38.0	0.20	46.1	0.19	53.9	0.18	58.4	0.18	61.5	0.18	64.0	0.18	71.5	0.17	79.0	0.17
CASTELTERMINI	2400017	4155729	486	25	26.2	0.24	32.0	0.24	38.6	0.24	46.8	0.24	54.7	0.23	59.2	0.23	62.4	0.23	64.9	0.23	72.5	0.23	80.1	0.23
CASTRONOVO	2396810	4171070	682	50	23.4	0.33	28.0	0.33	33.3	0.33	39.8	0.33	46.1	0.32	49.7	0.32	52.3	0.32	54.2	0.32	60.3	0.32	66.4	0.32
CATTOLICA ERACLEA	2378146	4144933	230	27	23.1	0.22	28.1	0.22	33.6	0.22	40.5	0.21	47.1	0.21	50.9	0.21	53.6	0.21	55.7	0.21	62.1	0.21	68.5	0.21
CIANCIANA	2381507	4153769	477	24	26.3	0.21	31.1	0.21	36.4	0.20	43.0	0.20	49.5	0.19	53.1	0.19	55.7	0.19	57.7	0.19	64.0	0.18	70.1	0.18
GORGIO LAGO	2371617	4142289	75	18	24.5	0.23	30.5	0.21	37.1	0.20	45.4	0.19	53.4	0.18	58.0	0.18	61.3	0.18	63.8	0.18	71.5	0.18	79.3	0.17
LE PIANE	2392352	4163742	971	27	27.8	0.30	32.8	0.30	38.5	0.29	45.5	0.29	52.3	0.29	56.2	0.29	59.0	0.29	61.1	0.29	67.7	0.29	74.2	0.29
LERCARA FRIDDI	2396651	4178690	658	38	18.8	0.31	23.1	0.29	27.9	0.27	33.9	0.25	39.7	0.24	43.0	0.23	45.4	0.23	47.2	0.22	52.8	0.22	58.4	0.21
MARLANOPOLI	2422934	4162347	720	43	24.3	0.33	29.6	0.34	35.5	0.34	42.9	0.35	50.0	0.35	54.1	0.36	56.9	0.36	59.2	0.36	66.1	0.36	72.9	0.36
MUSSOMELI	2410013	4160348	761	34	19.7	0.29	24.2	0.27	29.2	0.26	35.5	0.24	41.5	0.23	45.0	0.23	47.4	0.23	49.3	0.22	55.1	0.22	60.9	0.22
PIETRANERA AZIENDA	2389130	4156385	158	20	24.8	0.21	28.5	0.20	32.7	0.19	37.9	0.18	42.9	0.18	45.8	0.18	47.8	0.18	49.4	0.17	54.2	0.17	59.1	0.17
PLATANI DIGA	2392400	4170465	685	34	20.4	0.32	23.8	0.31	27.6	0.31	32.3	0.31	36.9	0.31	39.5	0.30	41.4	0.30	42.8	0.30	47.2	0.30	51.7	0.30
RACALMUTO	2407579	4141076	450	16	28.3	0.26	39.2	0.24	51.4	0.23	66.7	0.22	81.3	0.21	89.8	0.21	95.7	0.21	100.3	0.21	114.6	0.21	128.8	0.20
REGALEALI	2419421	4173502	498	15	25.5	0.24	30.5	0.24	36.0	0.25	42.9	0.25	49.5	0.26	53.3	0.26	56.0	0.26	58.0	0.26	64.4	0.26	70.8	0.26
SAN BIAGIO PLATANI	2389640	4152385	416	36	28.3	0.24	34.2	0.25	40.7	0.26	48.8	0.27	56.5	0.27	61.1	0.28	64.3	0.28	66.7	0.28	74.3	0.28	81.8	0.29
SAN CATALDO	2429135	4149222	625	18	31.2	0.24	38.0	0.26	45.6	0.27	55.2	0.28	64.4	0.28	69.7	0.29	73.4	0.29	76.3	0.29	85.2	0.29	94.1	0.30
SANTA CATERINA VILL.	2434299	4160520	606	40	24.9	0.25	28.9	0.26	33.3	0.27	38.9													

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

disposizione. Si riportano di seguito i valori dei parametri caratteristici di pioggia per ciascuna stazione pluviometrica utilizzata: le tabelle contengono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, e 300 anni (Tabella 1).

STAZIONE PLUVIOMETRICA	TR=30		TR=50		TR=100		TR=200		TR=300	
	a	n	a	n	a	n	a	n	a*	n*
<b>CALTANISSETTA</b>	61.0	0.270	67.0	0.270	75.0	0.280	82.9	0.280	88.7	0.280
<b>ENNA</b>	63.2	0.420	68.8	0.430	76.4	0.430	84.0	0.440	89.4	0.440
<b>VILLADORO</b>	50.0	0.350	54.6	0.350	60.8	0.350	66.9	0.350	71.3	0.350
<b>VILLAROSA</b>	50.7	0.390	55.1	0.400	61.1	0.410	67.0	0.420	71.2	0.420
<b>TUDIA</b>	42.60	0.210	46.20	0.200	50.90	0.200	55.70	0.200	59.12	0.200
<b>SAN CATALDO</b>	69.7	0.290	76.3	0.290	85.2	0.290	94.1	0.300	100.4	0.300
<b>SANTA CATERINA VILL.</b>	47.3	0.290	51.1	0.290	56.3	0.290	61.4	0.290	65.1	0.290

Tabella 1: Parametri a e n delle stazioni pluviometriche della Protezione Civile – Regione Sicilia

### 3.2 Dati da annali idrologici (Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia)

I dati idrologici per l'analisi pluviometrica sono stati estratti dagli Annali Idrologici dell'Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia. I dati di interesse sono i valori storici del massimo annuo giornaliero della pioggia per le durate di precipitazione pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore relativi al periodo 1928-2017. Nell'estrazione dei dati, sono state considerate le stazioni che presentavano almeno 30 anni di registrazioni. Come nell'analisi delle stazioni pluviometriche del Dipartimento Regionale della Protezione Civile, sono state prese in esame le stazioni pluviometriche più vicine all'area di studio e con queste si è ripartito il territorio in aree di competenza a ciascuna stazione tramite il metodo geometrico di Thiessen.

Per ciascuna stazione e per ogni durata di precipitazione è stato applicato il modello probabilistico di Gumbel. Il metodo di Gumbel, prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

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

Introducendo la variabile ridotta y:

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

si ha la forma canonica:

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

I parametri  $\alpha$  e  $u$  sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le  $N$  altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad  $N$ . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di plotting position di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

A denominatore si ha  $N+1$  in luogo di  $N$  per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare.

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè

$$F(h_i) \cong F_i$$

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

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \quad \Rightarrow \quad y_i = -\ln\left[-\ln\left(\frac{i}{N+1}\right)\right]$$

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

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

La stima dei parametri  $\alpha$  e  $u$  si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Otteniamo quindi per  $\alpha$  e  $u$  le espressioni:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di  $h$  soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

In Figura 8 vengono presentate le stazioni pluviometriche prese in considerazione e la ripartizione del territorio in aree di competenza a ciascuna stazione tramite il metodo geometrico di Thiessen.

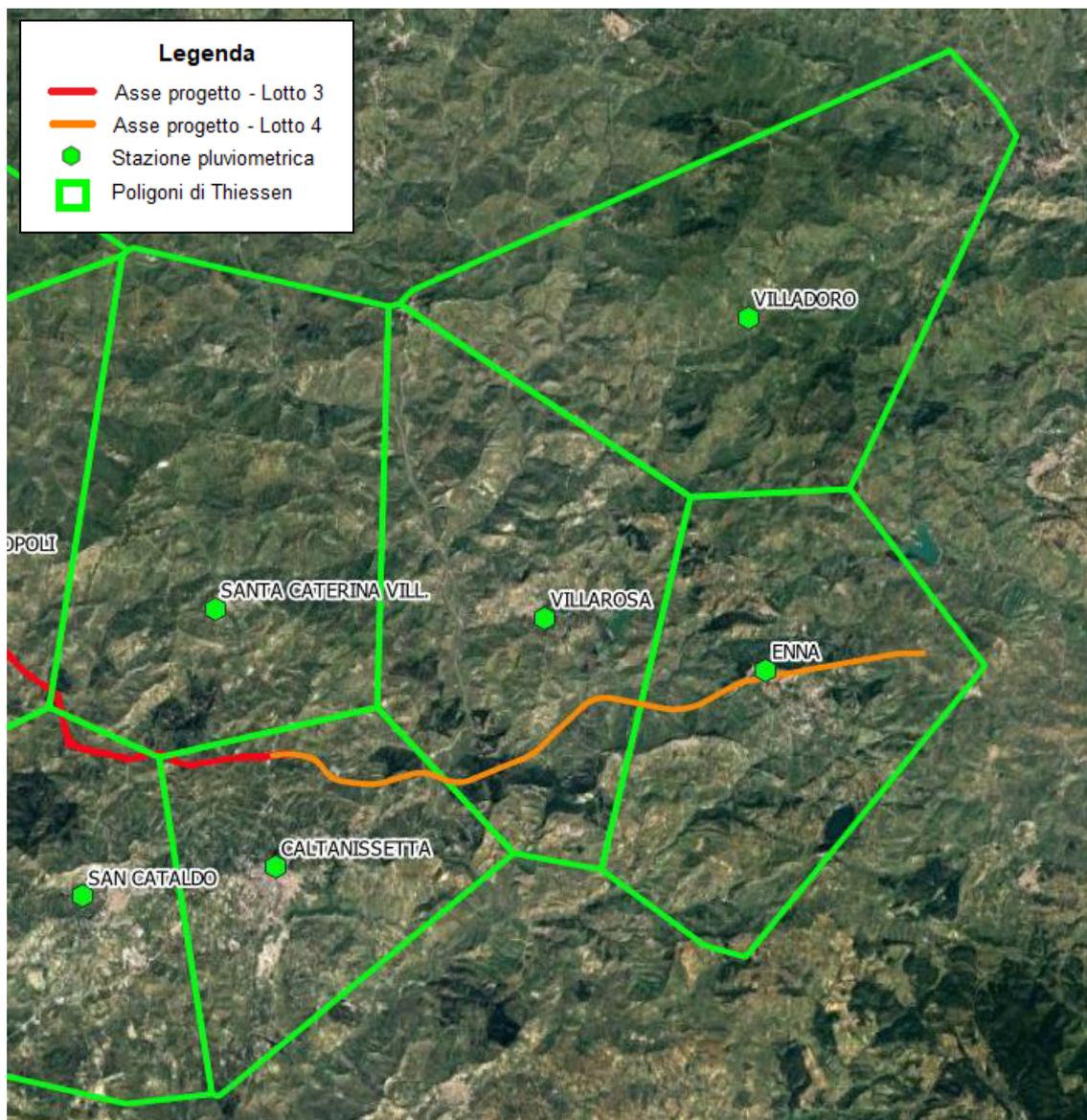


Figura 8: Stazioni pluviometriche dell'Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia esaminate

Di seguito si riportano le tabelle dei risultati delle analisi statistiche eseguite per le stazioni prese in esame: le tabelle contengono le altezze di precipitazione relative alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, e 300 anni ed i corrispondenti parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n.

STAZIONE PLUVIOMETRICA CALTANISSETTA					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 300
1	66.99	74.24	84.02	93.77	99.46
3	87.65	96.88	109.33	121.73	128.98
6	115.20	127.68	144.52	161.30	171.09
12	144.02	160.11	181.80	203.41	216.04
24	166.47	184.61	209.06	233.43	247.67
<b>n</b>	<b>0.298</b>	<b>0.299</b>	<b>0.300</b>	<b>0.301</b>	<b>0.301</b>
<b>a</b>	<b>66.1</b>	<b>73.2</b>	<b>82.7</b>	<b>92.2</b>	<b>97.8</b>

Tabella 2: Stazione pluviometrica di Caltanissetta: risultati dell'analisi dei dati da Annali Idrologici

STAZIONE PLUVIOMETRICA ENNA					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 300
1	70.43	77.23	86.41	95.56	100.90
3	100.73	110.34	123.30	136.20	143.74
6	148.80	164.42	185.48	206.46	218.72
12	187.58	207.10	233.43	259.66	274.98
24	237.44	262.29	295.81	329.21	348.72
<b>n</b>	<b>0.393</b>	<b>0.396</b>	<b>0.399</b>	<b>0.402</b>	<b>0.403</b>
<b>a</b>	<b>69.5</b>	<b>76.2</b>	<b>85.2</b>	<b>94.1</b>	<b>99.4</b>

Tabella 3: Stazione pluviometrica di Enna: risultati dell'analisi dei dati da Annali Idrologici

STAZIONE PLUVIOMETRICA SAN CATALDO					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 300
1	64.78	70.68	78.63	86.55	91.17
3	95.03	104.53	117.34	130.10	137.56
6	111.81	123.17	138.49	153.75	162.66
12	137.67	151.90	171.10	190.23	201.41
24	157.03	172.67	193.76	214.78	227.06
<b>n</b>	<b>0.279</b>	<b>0.282</b>	<b>0.285</b>	<b>0.287</b>	<b>0.288</b>
<b>a</b>	<b>67.1</b>	<b>73.5</b>	<b>81.9</b>	<b>90.5</b>	<b>95.4</b>

Tabella 4: Stazione pluviometrica di San Cataldo: risultati dell'analisi dei dati da Annali Idrologici

STAZIONE PLUVIOMETRICA VILLADORO					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 300
1	52.63	57.57	64.24	70.88	74.76
3	77.03	84.49	94.54	104.56	110.42
6	97.84	107.54	120.62	133.65	141.26
12	124.66	136.96	153.54	170.07	179.72
24	159.77	176.17	198.29	220.32	233.19
<b>n</b>	<b>0.349</b>	<b>0.351</b>	<b>0.354</b>	<b>0.356</b>	<b>0.357</b>
<b>a</b>	<b>52.5</b>	<b>57.5</b>	<b>64.1</b>	<b>70.8</b>	<b>74.6</b>

Tabella 5: Stazione pluviometrica di Villadoro: risultati dell'analisi dei dati da Annali Idrologici

STAZIONE PLUVIOMETRICA VILLAROSA					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 300
1	52.71	57.52	64.00	70.45	74.22
3	84.12	92.59	104.01	115.39	122.03
6	120.17	133.59	151.69	169.72	180.25
12	146.59	163.07	185.30	207.44	220.37
24	185.76	207.42	236.63	265.74	282.74
<b>n</b>	<b>0.399</b>	<b>0.407</b>	<b>0.415</b>	<b>0.421</b>	<b>0.425</b>
<b>a</b>	<b>54.4</b>	<b>59.4</b>	<b>66.2</b>	<b>72.9</b>	<b>76.9</b>

Tabella 6: Stazione pluviometrica di Villarosa: risultati dell'analisi dei dati da Annali Idrologici

STAZIONE PLUVIOMETRICA S. CATERINA VILLARMOsa					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 300
1	48.37	52.44	57.94	63.43	66.63
3	66.36	72.16	80.00	87.80	92.36
6	122.10	136.15	155.09	173.96	184.99
12	102.25	111.89	124.88	137.82	145.38
24	121.90	133.29	148.64	163.94	172.88
<b>n</b>	<b>0.300</b>	<b>0.303</b>	<b>0.307</b>	<b>0.310</b>	<b>0.311</b>
<b>a</b>	<b>51.9</b>	<b>56.5</b>	<b>62.7</b>	<b>68.9</b>	<b>72.5</b>

Tabella 7: Stazione pluviometrica di Santa Caterina Villarmosa: risultati dell'analisi dei dati da Annali Idrologici

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

#### 4. Modello idrologico

La finalità dello studio idrologico è stata quella di generare, per i corsi d'acqua naturali e i relativi bacini, gli idrogrammi di piena. Lo studio è stato effettuato assumendo che la portata abbia il medesimo tempo di ritorno della pioggia che l'ha generata (linearità della trasformazione), valutando così le portate alle sezioni di chiusura dei bacini per i sopracitati tempi di ritorno.

La modellazione idrologica dell'area in esame è stata effettuata tramite il software HEC-HMS, che consente la definizione degli elementi concettuali che rappresentano il bacino e i processi fisici che avvengono in esso. Tramite questo modello è possibile simulare la risposta dei bacini idrografici a un evento meteorico di caratteristiche note.

Il software HEC HMS, sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, è un codice 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.

##### 4.1 Ietogramma "Chicago"

Come distribuzione meteorica è stato adottato lo ietogramma Chicago, uno ietogramma sintetico che permette di simulare eventi meteorici intensi e concentrati.

Questo ietogramma fu sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica.

Lo ietogramma Chicago presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata dell'evento. Infatti la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due "code" all'inizio ed alla fine dell'evento (vedi Figura 9).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

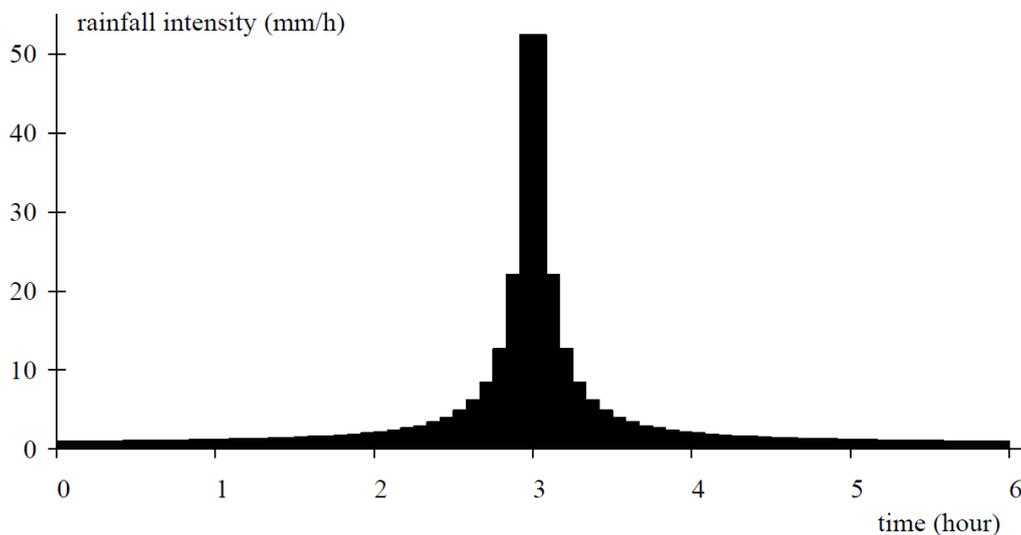


Figura 9: Distribuzione tipo di uno ietogramma Chicago

#### 4.2 Metodo del Curve Number (CN) – separazione afflussi/deflussi

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, è stata effettuata mediante il metodo SCS del Curve Number (CN).

Il metodo sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS, 1972) è basato sull'assunzione che all'inizio dell'evento pluviometrico parte del volume piovuto, indicato nel seguito come  $V_0$ , sia necessario a saturare il terreno e quindi non contribuisca alla formazione del deflusso superficiale. Quando il volume cumulato della precipitazione caduta eccede tale volume  $V_0$ , ha inizio il processo di ruscellamento superficiale, secondo un paradigma di tipo hortoniano. Per queste assunzioni, il metodo SCS può essere ritenuto un metodo di tipo misto dunniano-hortoniano in quanto considera sia un volume iniziale di saturazione sia un limite alla capacità di infiltrazione del terreno.

Il valore  $V_0$  sintetizza la condizione del bacino negli istanti precedenti l'evento pluviometrico ed è definita in accordo con l'altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni antecedenti l'evento considerato, condizione usualmente indicata con l'acronimo inglese AMC (Antecedent Moisture Content). La condizione del terreno del bacino può essere classificata come inizialmente asciutta, (AMC-I), caratterizzata da una condizione di umidità intermedia (AMC-II), oppure prossima alla saturazione a causa di un evento pluviometrico accaduto in precedenza (AMC-III). Di conseguenza, lo stato del terreno

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

caratterizzato da una condizione AMC-I sarà quella che potenzialmente genererà il contributo al ruscellamento superficiale più contenuto, mentre la condizione AMC-III il più elevato.

L'equazione proposta dal SCS definisce il ruscellamento superficiale come:

$$P_e = \frac{(P - V_0)^2}{(P + S - V_0)}$$

in cui:

$P_e$ : altezza di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale (in mm) all'istante temporale  $t$ ;

$P$ : altezza di precipitazione (in mm) piovuta sino all'istante  $t$ ;

$S$ : massima ritenzione potenziale del terreno, calcolata mediante la relazione:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove CN è il coefficiente di ruscellamento, denominato Curve Number, che dipende dalla tipologia di terreno, dall'uso del suolo e dal contenuto di umidità del terreno.

Il Soil Conservation Service, ed altri autori, forniscono valori empirici di CN a seconda delle caratteristiche idrogeologiche del tipo di suolo, dell'uso del suolo congiuntamente alle pratiche agricole o ai trattamenti dei terreni e della condizione di umidità iniziale (condizioni I, II, o III). La Figura 10 riporta i valori di CN per diverse tipologie di uso del suolo, trattamento, condizione idrologica e caratteristiche idrogeologiche. Queste ultime sono specificate suddividendo i terreni in quattro gruppi (A, B, C e D) in dipendenza dalla loro capacità di infiltrazione (Tabella 8).

Tipo di copertura o uso del suolo	A	B	C	D
Terreno coltivato, senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Terreno coltivato, con trattamenti di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo in buone condizioni	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni (prati tagliati)	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati su terreno sottile, con sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Terreni boscosi o forestati con sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi in buone condizioni, con almeno il 75% di superficie coperta da manto erboso	39	61	74	80
Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con circa 50% di superficie coperta da manto erboso	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Aree residenziali con impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Aree residenziali con impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Aree residenziali con impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Aree residenziali con impermeabilità media 20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Strade inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
Strade bianche (non asfaltate)	72	82	87	89

Figura 10: Valori di Curve Number per diverse tipologie di uso del suolo, condizione idrologica e gruppo di terreno

Tipo di suolo	Descrizione
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso Comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde e molto permeabili.
<b>B</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa Comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
<b>C</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente alta Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità d'argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
<b>D</b>	Potenzialità di deflusso molto alta Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 8: Esempi di suoli ricadenti nella classificazione secondo SCS.

Tipicamente possono verificarsi numerose combinazioni di tipo d'uso del suolo e caratteristiche geopedologiche del terreno. Il modo più immediato per determinare il CN è stimare ciascun gruppo idrologico come percentuale dell'area totale di drenaggio. Gli usi del suolo dovranno quindi essere

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

calcolati a loro volta come percentuale dell'area totale di drenaggio e tabulati assieme ai corrispondenti valori di CN. Infine, moltiplicando i valori di CN per le corrispondenti percentuali e sommando per tutti i diversi complessi di uso del suolo si determina il CN medio.

Nel caso di studio i bacini sono molto omogenei tra loro, e hanno tutti una copertura mista costituita da boschi e prati. I terreni sono tendenzialmente poco permeabili. Si sono scelte dunque le 2 categorie più rappresentative delle tipologie di terreno sottese dai bacini idrografici degli attraversamenti di progetto alle quali è stato associato un CN. In Tabella 9 si riportano i CN scelti.

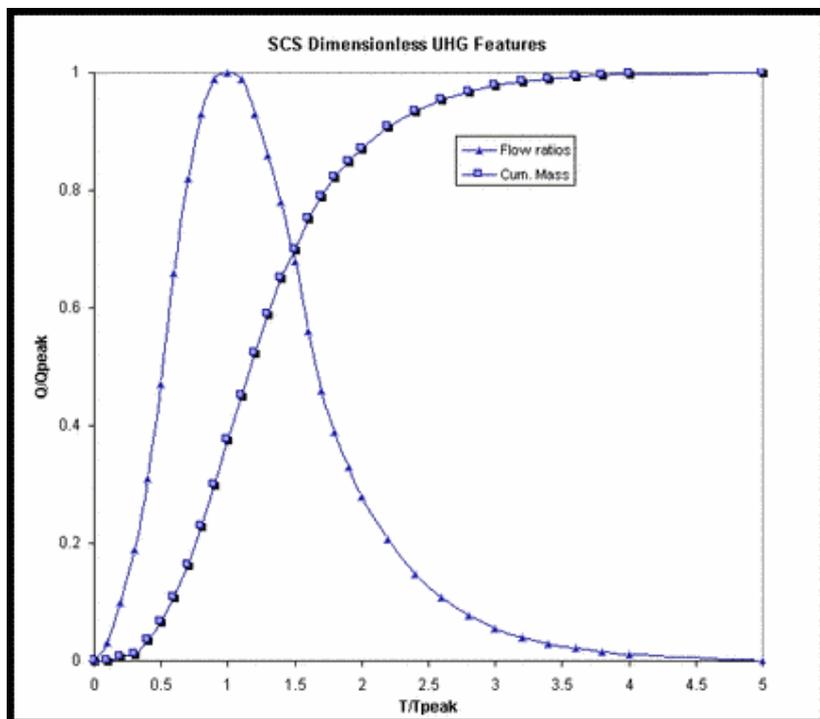
CN	
Bosco	Spazi aperti con circa 50% di superficie coperta da manto erboso
77	84

Tabella 9: Parametri CN delle due tipologie di suolo più rappresentative dei bacini individuati

Inoltre è necessario stimare il parametro  $I_a$  (Initial Abstraction) che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto, a priori, al bilancio idrico. Dati sperimentali (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972) indicano che questo parametro è sempre proporzionale alla massima ritenzione potenziale del terreno ( $S$ ), calcolato quindi come  $c \cdot S$  con  $c$  pari a 0,2.

#### 4.3 SCS - Metodo dell' Idrogramma Unitario Istantaneo

Il modello idrologico di distribuzione delle piogge efficaci di progetto è l'idrogramma unitario istantaneo SCS. Questo modello è stato ottenuto da una serie di idrogrammi unitari di numerosi bacini di caratteristiche dimensionali e geografiche diverse tra loro. Nella Figura 11 si riportano la curva dell'idrogramma e le coppie di punti  $(t/t_p, Q/Q_p)$  che permettono di tracciare tale idrogramma.



$t/t_p$	$Q/Q_p$	$t/t_p$	$Q/Q_p$	$t/t_p$	$Q/Q_p$
0.0	0	1.1	0.990	2.4	0.147
0.1	0.030	1.2	0.930	2.6	0.107
0.2	0.100	1.3	0.860	2.8	0.077
0.3	0.190	1.4	0.780	3.0	0.055
0.4	0.310	1.5	0.680	3.2	0.040
0.5	0.470	1.6	0.560	3.4	0.029
0.6	0.660	1.7	0.460	3.6	0.021
0.7	0.820	1.8	0.390	3.8	0.015
0.8	0.930	1.9	0.330	4.0	0.011
0.9	0.990	2.0	0.280	4.5	0.005
1.0	1.000	2.2	0.207	5.0	0

Figura 11: Idrogramma Unitario SCS adimensionalizzato

I parametri dell'idrogramma sono i seguenti:

$D$  = durata della precipitazione efficace unitaria;

$Q_p$  = portata di picco derivante dalla precipitazione efficace;

$T_l$  = tempo di ritardo, intervallo temporale tra il baricentro della precipitazione efficace e l'istante temporale in cui si verifica la portata di picco;

$T_p$  = tempo di picco, intervallo temporale compreso tra l'inizio della precipitazione e l'istante temporale in cui si verifica la portata di picco;

$T_c$  = tempo di concentrazione, calcolato sulla base delle caratteristiche del bacino, rappresenta il tempo che intercorre tra la fine della precipitazione efficace e il punto di flesso della curva di discesa dell'idrogramma;

$T_r$  = tempo di recessione, l'intervallo temporale tra il tempo di picco e la fine dell'idrogramma, dato dal rapporto  $r=T_r/T_p$ ;

$T_b$  = durata totale dell'idrogramma,  $T_b=T_r+T_p$ ;

$P_e$  = Runoff o precipitazione efficace.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

Il tempo di ritardo,  $T_l$  è pari a circa  $0.6 T_c$  e può essere calcolato dalla seguente formula:

$$T_l = \frac{L^{0.8} \cdot (S + 1)^{0.7}}{1900 \cdot Y^{0.5}}$$

Dove:

L = lunghezza dell'asta principale (m),

S = massima ritenzione potenziale, calcolata secondo il metodo del Curve Number,

Y = pendenza media del bacino (%).

Il tempo di picco,  $T_p$  può essere calcolato come:

$$T_p = \frac{D}{2} + T_l$$

La portata di picco è calcolata come:

$$Q_p = \frac{p \cdot A_w \cdot P_e}{\frac{D}{2} + T_l}$$

con p fattore di picco; e coefficiente di controllo del volume dell'idrogramma nella fase di crescita e decrescita. I fattori di picco sono riportati in Tabella 10.

Tipo di bacino	Fattore di picco	Coefficiente della curva di esaurimento
Bacini urbani, forti pendenze dei versanti	575	1.25
SCS "standard"	484	1.67
Bacini misti urbani/rurali	400	2.25
Bacini rurali, buone pendenze dei versanti	300	3.33
Bacini rurali, dolci pendenze dei versanti	200	5.5
Bacini rurali, versanti piatti	100	12.0

Tabella 10: Fattore di picco e coefficiente per la definizione della curva di esaurimento (Wanielista, et al. 1997)

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

## 5. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico è stato sviluppato in due fasi:

- una prima fase svolta in ambiente GIS che comprende la delimitazione dei bacini e dei relativi sottobacini afferenti al corso d'acqua di studio: questo processo è stato sviluppato tenendo conto delle interferenze idrauliche con la linea di progetto, della rilevanza degli affluenti al corso d'acqua principale e dell'interesse a valutare l'immissione di portata esaminata nello studio idraulico;
- una seconda fase in cui è stato utilizzato il modello idrologico HEC-HMS precedentemente descritto per simulare i processi di afflusso-deflusso e ottenere le portate al colmo di piena per i fissati tempi di ritorno in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini e sottobacini identificati precedentemente.

Per ricostruire la rete idrografica e individuare i limiti dei bacini e dei sottobacini, delineati a partire dalle sezioni di interesse, è stato utilizzato il modello digitale del terreno alla risoluzione di 30 m, disponibile presso il sito ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) e realizzato grazie al progetto della NASA, Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM). Sfruttando il DTM dell'area di interesse tramite applicativo GIS, è stata identificata la rete idrografica dell'area di studio. È stato così possibile individuare i principali parametri morfologici che costituiscono parte dell'input per la modellazione idrologica; questi sono l'area del bacino, la lunghezza e la pendenza media del bacino.

Per l'implementazione nel modello idrologico, è necessario stimare il valore di CN (Curve Number); in questo studio, è stato desunto dalla Carta dei Valori di CN contenuta nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I., 2004) (Figura 12).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

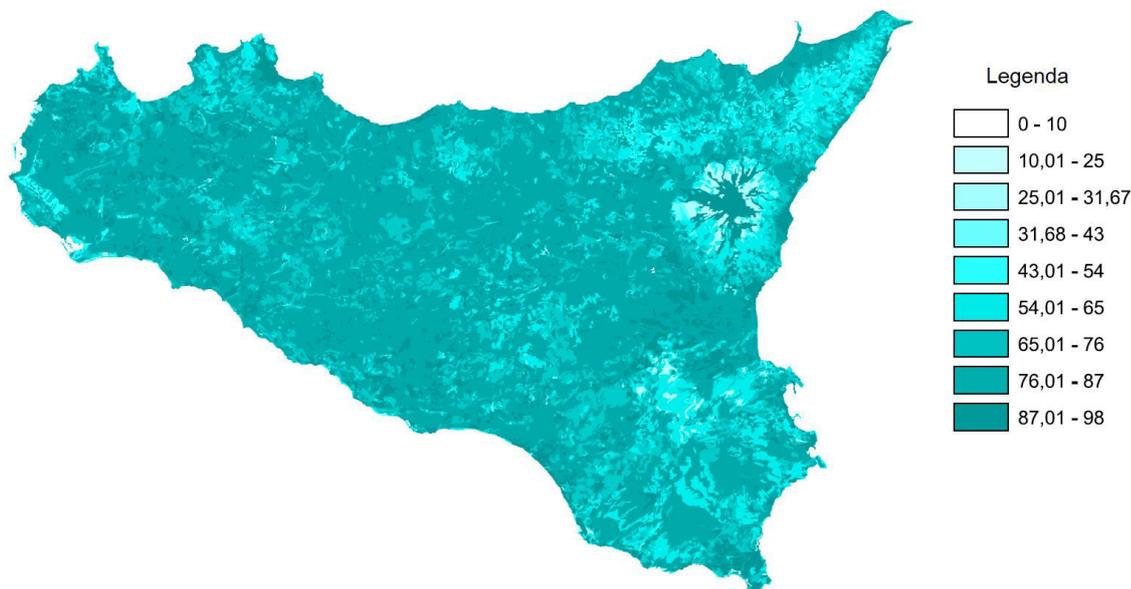


Figura 12: Carta dei Valori di CN - Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana - RELAZIONE GENERALE – 2004

A titolo esemplificativo, nell'immagine sottostante (Figura 13) si riporta uno schema della procedura utilizzata per lo sviluppo di un modello idrologico con HEC-HMS.

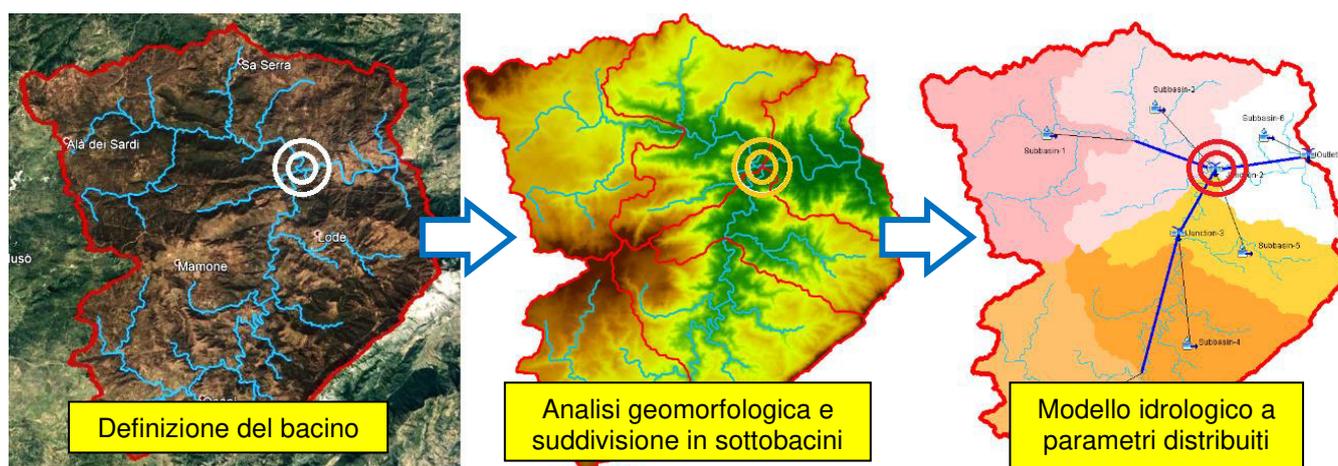


Figura 13: Procedura di sviluppo di un modello idrologico sviluppato con HEC-HMS.

Al modello idrologico così sviluppato sono stati applicati gli ietogrammi costruiti dai dati di pioggia disponibili più aggiornati.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)          IDROLOGIA</b>					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B	FOGLIO 29 di 73

## 5.1 Bacino del Fiume Anghilla

### 5.1.1 Delimitazione del bacino e dei sottobacini del Fiume Anghilla

La delimitazione del bacino idrografico del Fiume Anghilla presa in considerazione in questo studio è stata eseguita in modo tale da ottenere un valore di portata al colmo di piena in corrispondenza dell'opera di progetto. In particolare, la sezione di chiusura del sottobacino ANG\_01 è stata ubicata in prossimità dell'interferenza con il viadotto VI05. I sottobacini ANG\_02 e ANG\_03 sono stati considerati in quanto utili nel modello idraulico.

In questo modo è stato ricostruito un bacino avente un'estensione pari a 14.86 km<sup>2</sup>, suddiviso in 3 sottobacini (Figura 14).

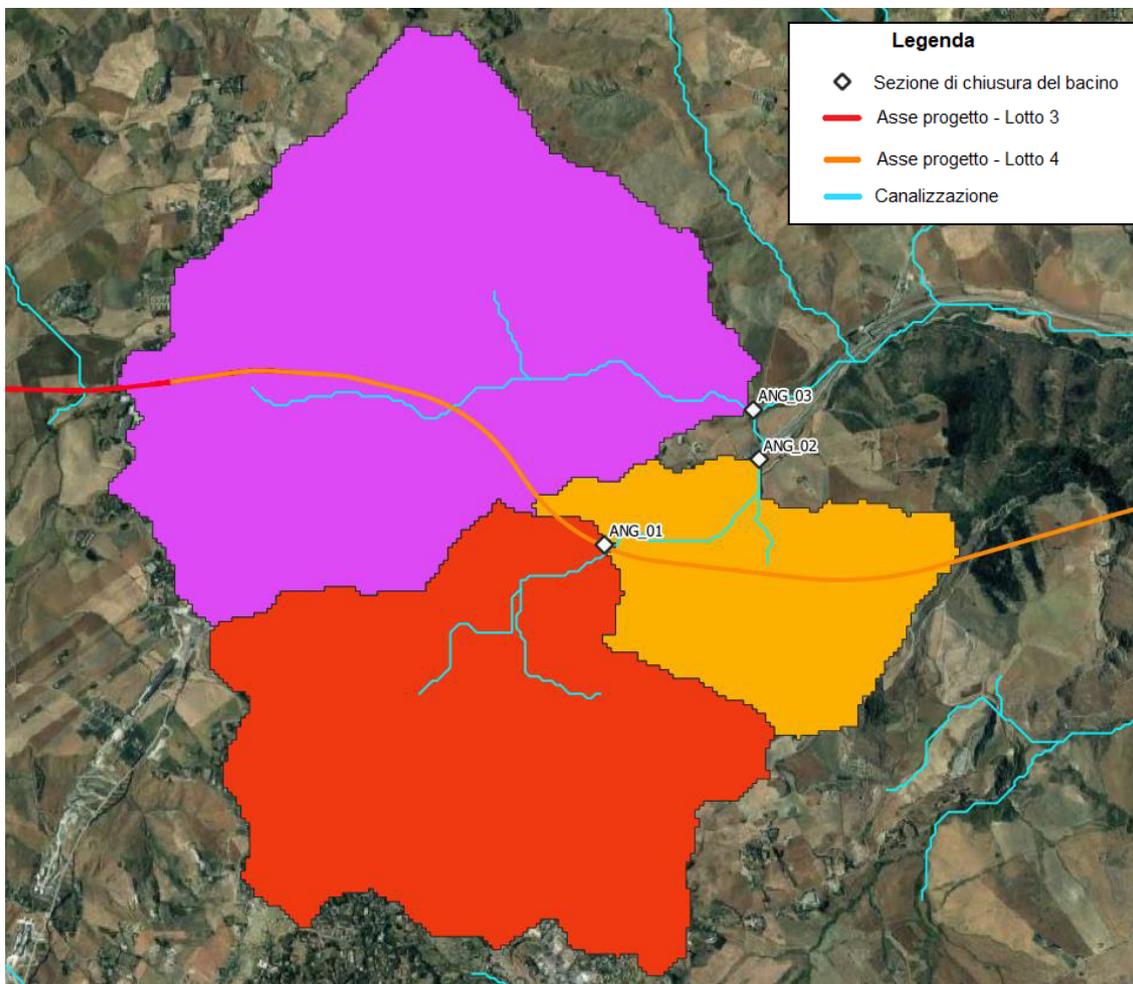


Figura 14: Suddivisione del bacino del Fiume Anghilla in sottobacini

### 5.1.2 Studio idrologico del bacino del Fiume Anghilla

Nello studio idrologico del bacino del Fiume Anghilla è stato utilizzato il metodo del SCS – Curve Number per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale. Sono stati quindi determinati i valori medi areali di CN relativi ai sottobacini considerati in questo studio (Tabella 11).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

BACINO	Area bacino	CN (Curve Number)
	[km <sup>2</sup> ]	
ANG_01	5.4	80.3
ANG_02	2.2	80.3
ANG_03	7.2	80.3

Tabella 11: Parametro CN relative ai sottobacini del Fiume Anghilla

Il calcolo dell'idrogramma di piena è stato effettuato con il Metodo dell'Idrogramma Unitario Istantaneo (SCS). Dall'analisi del Digital Terrain Model relativo ai sottobacini è stato individuato il reticolo idrografico e le lunghezze delle linee di drenaggio; inoltre è stata calcolata la pendenza media del bacino (Tabella 12).

BACINO	Area bacino	Lunghezza asta principale	Pendenza media del bacino
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[%]
ANG_01	5.4	2.64	18.69
ANG_02	2.2	1.42	15.06
ANG_03	7.2	4.37	16.09

Tabella 12: Parametri caratteristici del bacino del Fiume Anghilla estrapolati tramite applicativo G.I.S.

Tramite questi valori è stato possibile calcolare, come indicato nel Paragrafo 4.2, i parametri necessari all'implementazione del modello in HEC-HMS (Tabella 13).

BACINO	Area bacino	S (massima ritenzione potenziale del terreno)	la (Initial Abstraction)	Tc (tempo di concentrazione)	L (tempo di ritardo)
	[km <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[h]	[min]
ANG_01	5.4	60.24	12.05	0.7	24
ANG_02	2.2	60.24	12.05	0.4	16
ANG_03	7.2	60.24	12.05	1.1	39

Tabella 13: Parametri caratteristici calcolati – sottobacini del Fiume Anghilla

Lo schema idrologico del bacino del Fiume Anghilla è stato quindi ricostruito all'interno del modello HEC-HMS come riportato in Figura 15; sono stati creati tre sottobacini (ANG\_01, ANG\_02 e ANG\_03) ipotizzando che siano collegati tra loro tramite canali lineari (tratti) e una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun canale è stato calcolato in base alle caratteristiche del corso d'acqua e a una velocità della corrente pari a 1.5 m/s.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

Le portate sono state calcolate in prossimità delle sezioni (Junction-1 e Outlet).

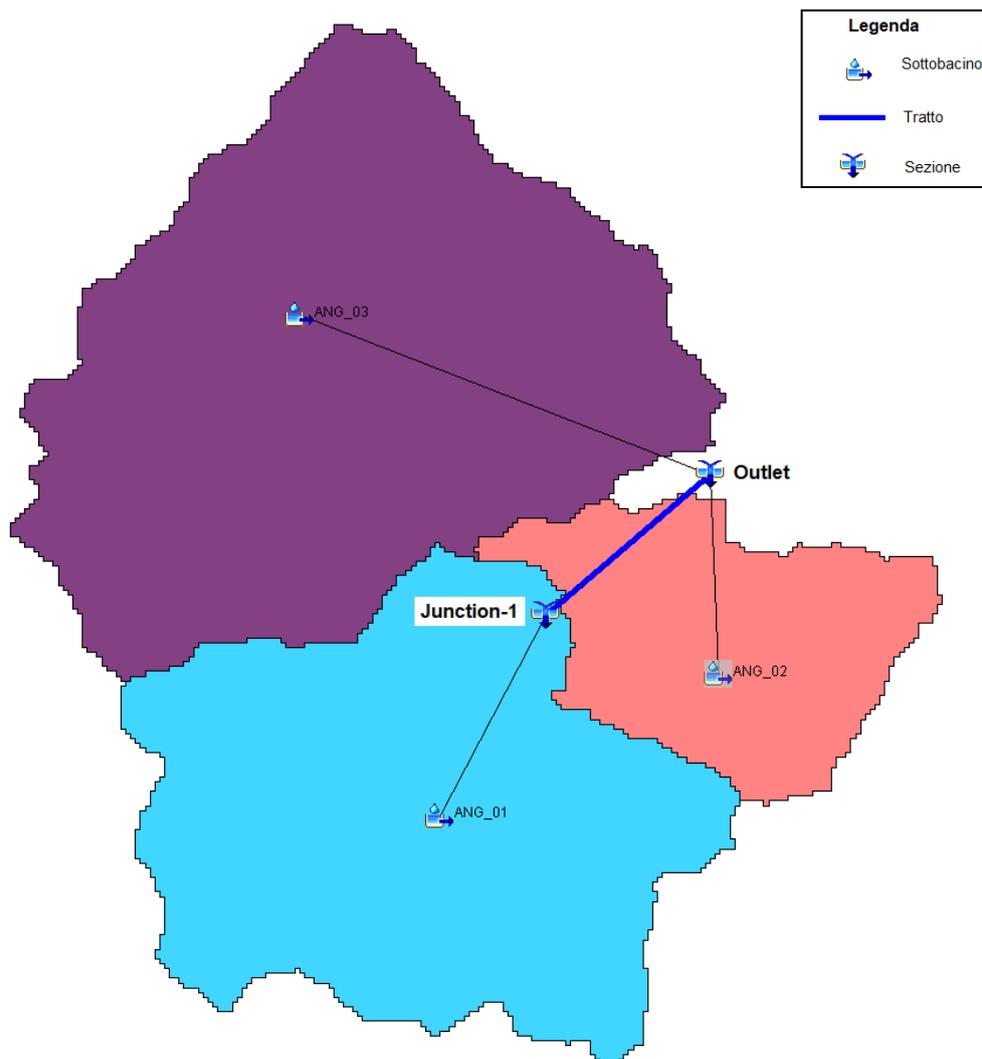


Figura 15: Modello del bacino del Fiume Anghilla in HEC-HMS

I parametri precedentemente valutati sono stati implementati nel modello HEC-HMS creato (Tabella 14):

BACINO	Area bacino	la (Initial Abstraction)	CN (Curve Number)	L (tempo di ritardo)
	[km <sup>2</sup> ]	[mm]		[min]
<b>ANG_01</b>	5.4	12.05	80.8	24
<b>ANG_02</b>	2.2	12.05	80.8	16
<b>ANG_03</b>	7.2	12.05	80.8	39

Tabella 14: Parametri dei sottobacini del Fiume Anghilla implementati nel modello HEC-HMS

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 5.1.3 Valutazione delle massime portate al colmo di piena (portata di progetto) per il bacino del Fiume Anghilla

Il modello così costruito è stato utilizzato per calcolare i valori delle massime portate al colmo di piena in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei sottobacini. Nel caso del bacino del Fiume Anghilla le portate massime sono state calcolate per un tempo di ritorno pari a 200 anni, in quanto l'interferenza del corso d'acqua principale con l'asse di progetto sottende un bacino di area minore di 10 km<sup>2</sup>.

Sono state quindi applicate le altezze di pioggia calcolate dalle curve di possibilità pluviometrica dei dati degli Annali Idrologici. Nell'analisi pluviometrica sono state considerate le stazioni di Santa Caterina Villamosa e Caltanissetta, in quanto ricadevano nella delimitazione del bacino del Fiume Anghilla e presentano almeno 30 anni di registrazioni non continui (Figura 16).

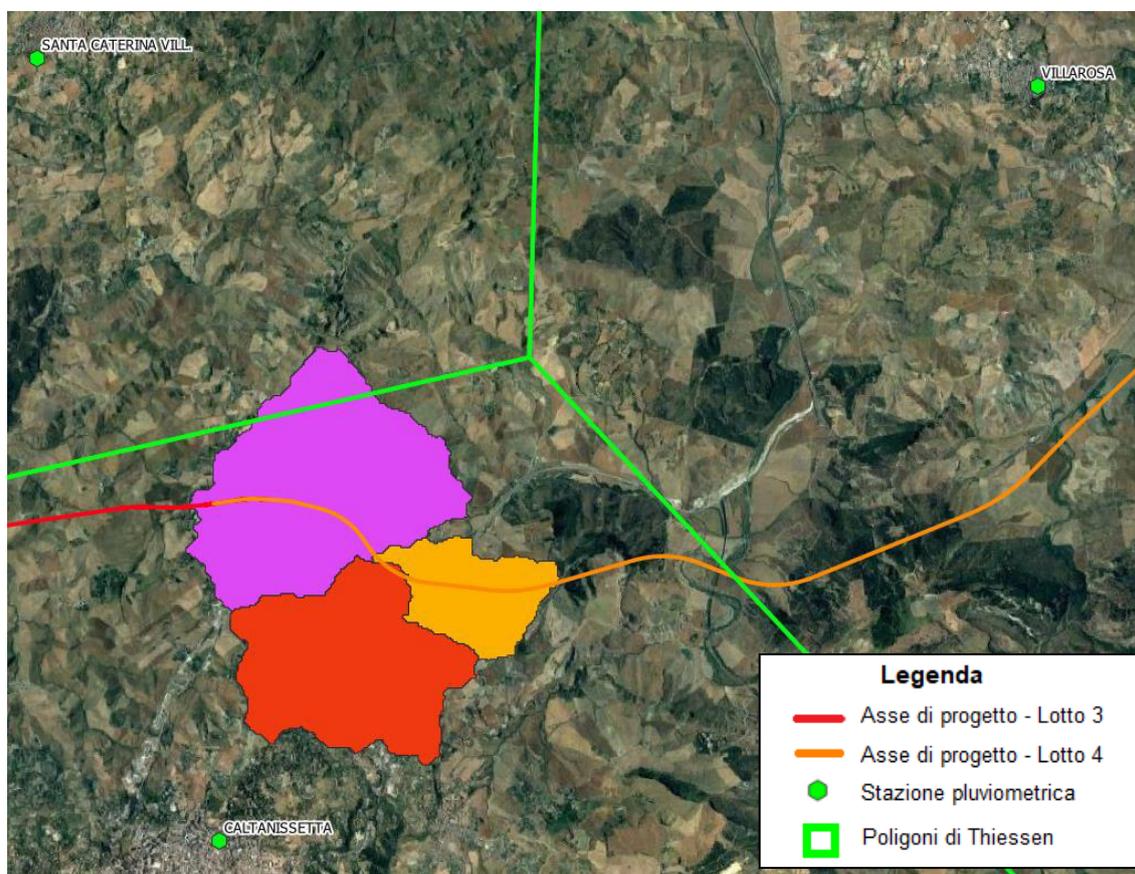


Figura 16: Stazioni pluviometriche e poligoni di Thiessen – Annali Idrologici – bacino del Fiume Anghilla

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

A partire dalle curve di possibilità pluviometrica calcolate dai dati degli Annali Idrologici è stato ricostruito uno ietogramma di durata critica pari al tempo di corrivazione di ciascun sottobacino, calcolato utilizzando la seguente formula:

$$t_c = 0.35 \sqrt{A}$$

dove A è l'area del sottobacino.

Si riportano i tempi di corrivazione di ciascun sottobacino e la relativa durata dello ietogramma ricostruito (Tabella 15).

ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO	Area bacino	Tempo di corrivazione	Durata ietogramma
	[km <sup>2</sup> ]	[h]	[h]
ANG_01	5.41	0.8	1.0
ANG_02	2.21	0.5	1.0
ANG_03	7.24	0.9	1.0

Tabella 15 Tempo di corrivazione di ciascun sottobacino e relativa durata dello ietogramma

L'area dei sottobacini e la relativa percentuale di area ricadente nell'area di pertinenza di ciascuna stazione pluviometrica sono riportate in Tabella 16:

SOTTOBACINO	Percentuale di area ricadente nella stazione pluviometrica di	
	SANTA CATERINA VILLARMOSSA (%)	CALTANISSETTA (%)
ANG_01	100	
ANG_02	100	
ANG_03	90	10

Tabella 16: Percentuale di aree e relative stazioni pluviometriche – bacino del Fiume Anghilla

Sono stati quindi applicati al modello HEC-HMS le curve di possibilità pluviometrica calcolate dai dati degli Annali Idrologici. Le portate al colmo di piena calcolate per un tempo di ritorno pari a 300 anni in corrispondenza delle sezioni considerate nello schema di calcolo HEC-HMS sono riportate in Tabella 17.

Sezioni	Superficie drenata	Portata - dati pluviometrici Annali Idrologici – Tr=200
	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)
Junction-1	5.4	106.9
Outlet	14.9	221.4

Tabella 17: Portate al colmo di piena da dati Annali Idrologici – Tr=200 - bacino del Fiume Anghilla

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

Si riporta l'idrogramma di piena della sezione di chiusura finale del bacino ottenuto (Figura 17).

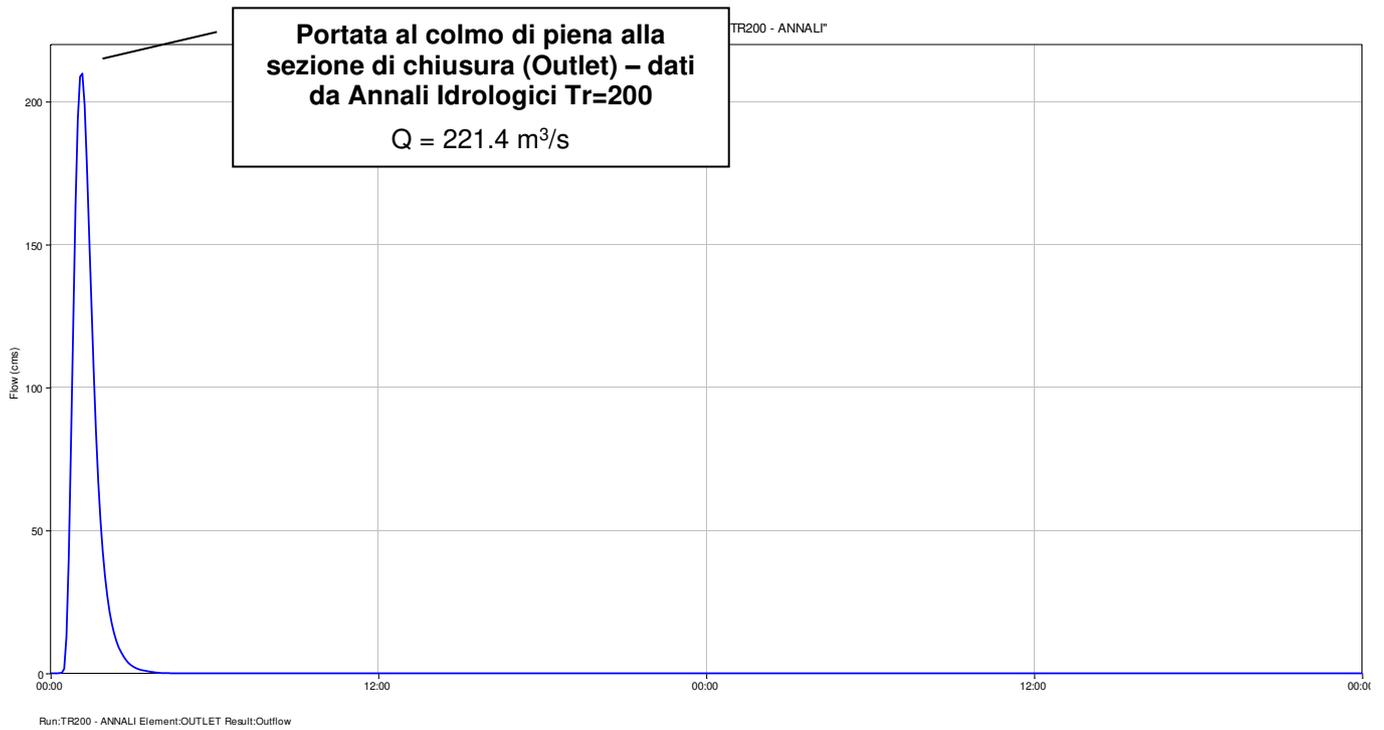


Figura 17: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura (Outlet) del bacino del Fiume Anghilla – dati pluviometrici da Annali Idrologici - Tr=200

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## 5.2 Bacino del Fiume Imera

### 5.2.1 Descrizione del bacino del Fiume Imera

Il bacino del Fiume Imera Meridionale, per effetto della sua notevole estensione, è caratterizzato da un assetto morfologico variabile. L'andamento altimetrico del territorio risulta piuttosto regolare con progressiva diminuzione delle quote procedendo da Nord verso Sud. Il Fiume Imera Meridionale, lungo circa 132 Km, nasce a Portella Mandarinini (1500 m) sul versante meridionale delle Madonie e, dopo aver attraversato la Sicilia centromeridionale, sfocia nel Canale di Sicilia in corrispondenza dell'abitato di Licata, in provincia di Agrigento. Nella parte montana, denominato all'inizio Torrente Mandarinini e poi Fiume di Petralia, mostra un andamento a tratti rettilineo e a tratti sinuoso, con modesti tributari di limitato sviluppo in lunghezza ad esclusione del Torrente Alberi -S.Giorgio e del Fiume Vaccarizzo. L'asta principale, che presenta nella parte mediana un andamento generalmente sinuoso con locali meandri, scorre in senso N-S sebbene siano presenti due variazioni di direzione: la prima verso Ovest alla confluenza del Fiume Torcicoda e la seconda, più a valle, verso Sud in corrispondenza della confluenza del Vallone Furiana. Il sistema di drenaggio è qui più sviluppato rispetto al tratto montano, pur conservando ancora una fisionomia di scarsa maturità. Nella parte terminale, già nel tratto a Sud del centro abitato di Ravanusa, i meandri diventano più ampi e frequenti, sebbene il grado di maturità del sistema idrografico risulti tuttavia ancora modesto. Lungo il suo percorso riceve gli apporti di numerosi corsi d'acqua secondari ed accoglie i deflussi di un considerevole numero di linee di drenaggio minori. Alcuni di tali corsi d'acqua drenano bacini di significativa estensione che si localizzano principalmente in sinistra idrografica.

### 5.2.2 Delimitazione del bacino e dei sottobacini del Fiume Imera

Nell'analisi del bacino del Fiume Imera Meridionale è stata individuata l'interferenza del corso d'acqua principale con l'asse di progetto, in modo tale da impostare in tale punto la sezione di chiusura del bacino. L'interferenza avviene nei pressi del viadotto VI06.

In questo modo è stato ricostruito un bacino avente un'estensione pari a 621.8 km<sup>2</sup> (Figura 18).

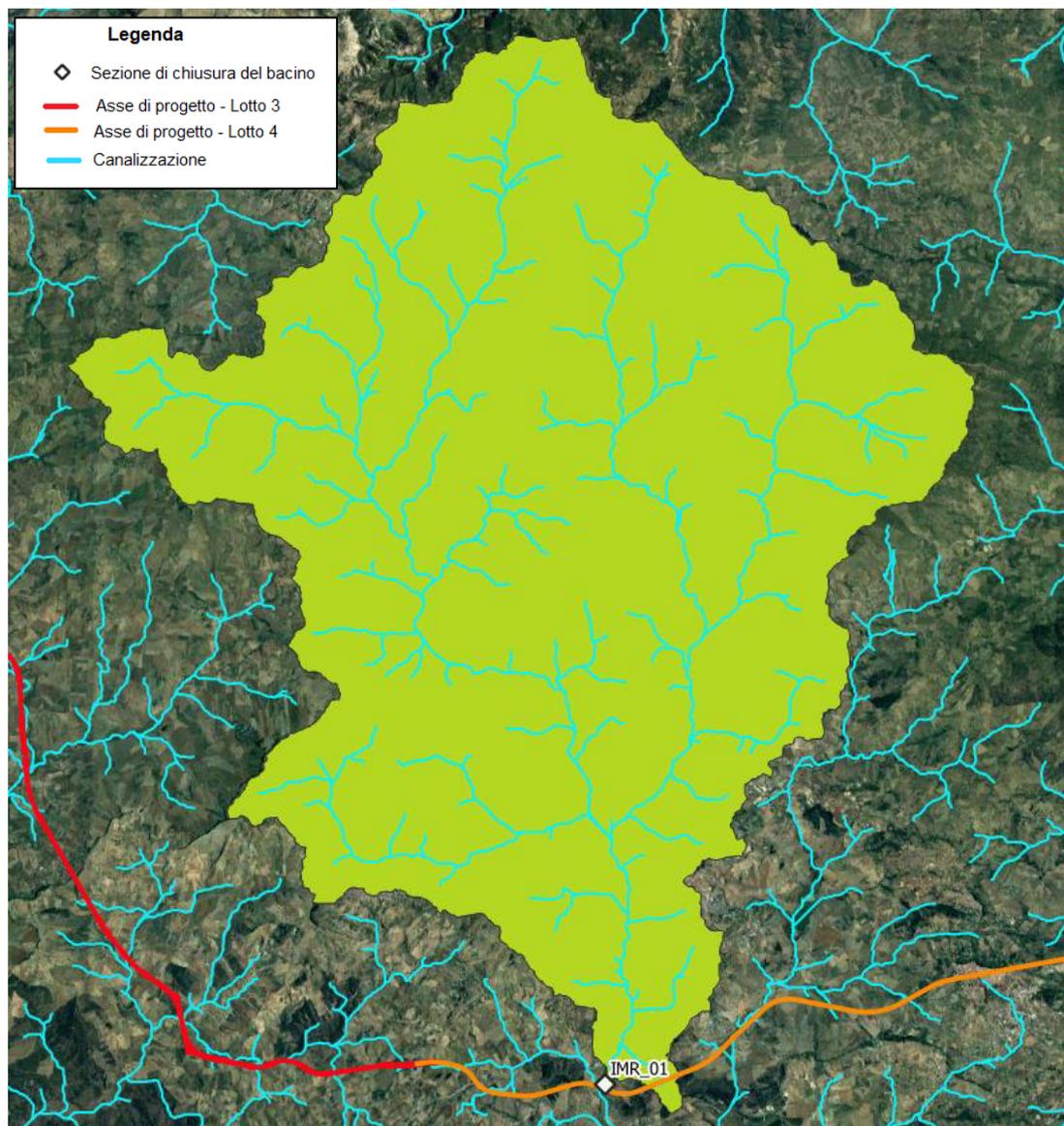


Figura 18: Delimitazione del bacino del Fiume Imera Meridionale

### 5.2.3 Studio idrologico del bacino del Fiume Imera

Per il bacino del Fiume Imera sono stati utilizzati i valori dei parametri  $a$ ,  $n$  e  $CV$  desunti dallo studio del P.A.I. (Tabella 18).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

Area drenata	a	n	CV
[km <sup>2</sup> ]			
94.8	28.09	0.280	0.49

Tabella 18: Parametri a, n e CV relativi al bacino del Fiume Imera

Per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale è stato utilizzato il metodo del SCS-Curve Number. È stato quindi determinato un valore di CN calcolato come media pesata dei Curve Number dei sottobacini esaminati nello studio del P.A.I. (Tabella 19).

BACINO	Area bacino	CN (Curve Number)
	[km <sup>2</sup> ]	
IMERA	621.8	80

Tabella 19: Parametro CN relative ai sottobacini del Fiume Imera

Il calcolo dell'idrogramma di piena è stato effettuato con il Metodo dell'Idrogramma Unitario Istantaneo (SCS). Dall'analisi del Digital Terrain Model relativo al bacino è stato individuato il reticolo idrografico e le lunghezze delle linee di drenaggio; inoltre è stata calcolata la pendenza media del bacino (Tabella 20).

BACINO	Area bacino	Lunghezza asta principale	Pendenza media del bacino
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[%]
IMERA	621.8	46.79	20.88

Tabella 20: Parametri caratteristici del bacino del Fiume Imera estrapolati tramite applicativo G.I.S.

Tramite questi valori è stato possibile calcolare, come indicato nel Paragrafo 4.2, i parametri necessari all'implementazione del modello in HEC-HMS (Tabella 21).

BACINO	Area bacino	S (massima ritenzione potenziale del terreno)	la (Initial Abstraction)	Tc (tempo di concentrazione)	L (tempo di ritardo)
	[km <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[h]	[min]
IMERA	621.8	63.42	12.68	6.5	234

Tabella 21: Parametri caratteristici calcolati – sottobacini del Fiume Imera

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

Lo schema idrologico del bacino del Fiume Imera è stato quindi ricostruito all'interno del modello HEC-HMS tramite un unico bacino e sono stati implementati i parametri precedentemente calcolati (Tabella 22).

BACINO	Area bacino	la (Initial Abstraction)	CN (Curve Number)	L (tempo di ritardo)
	[km <sup>2</sup> ]	[mm]		[min]
<b>IMERA</b>	621.8	12.68	80	234

Tabella 22: Parametri dei sottobacini del Fiume Imera implementati nel modello HEC-HMS

È stato applicato al modello uno ietogramma di durata critica pari a 48 ore, come riportato nello studio nel P.A.I., ricostruito a partire dai parametri in Tabella 18.

La portata al colmo di piena calcolata per un tempo di ritorno pari a 300 anni in corrispondenza della sezione considerata nello schema di calcolo HEC-HMS è riportata in Tabella 24

Sezioni	Superficie drenata	Portata - dati pluviometrici P.A.I. – Tr=300
	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)
<b>IMERA</b>	621.8	3299.7

Tabella 23: Portate al colmo di piena da dati pluviometrici P.A.I. – Tr=300 - bacino del Fiume Imera Meridionale

Si riporta l'idrogramma di piena della sezione di chiusura finale del bacino ottenuto (Figura 19).

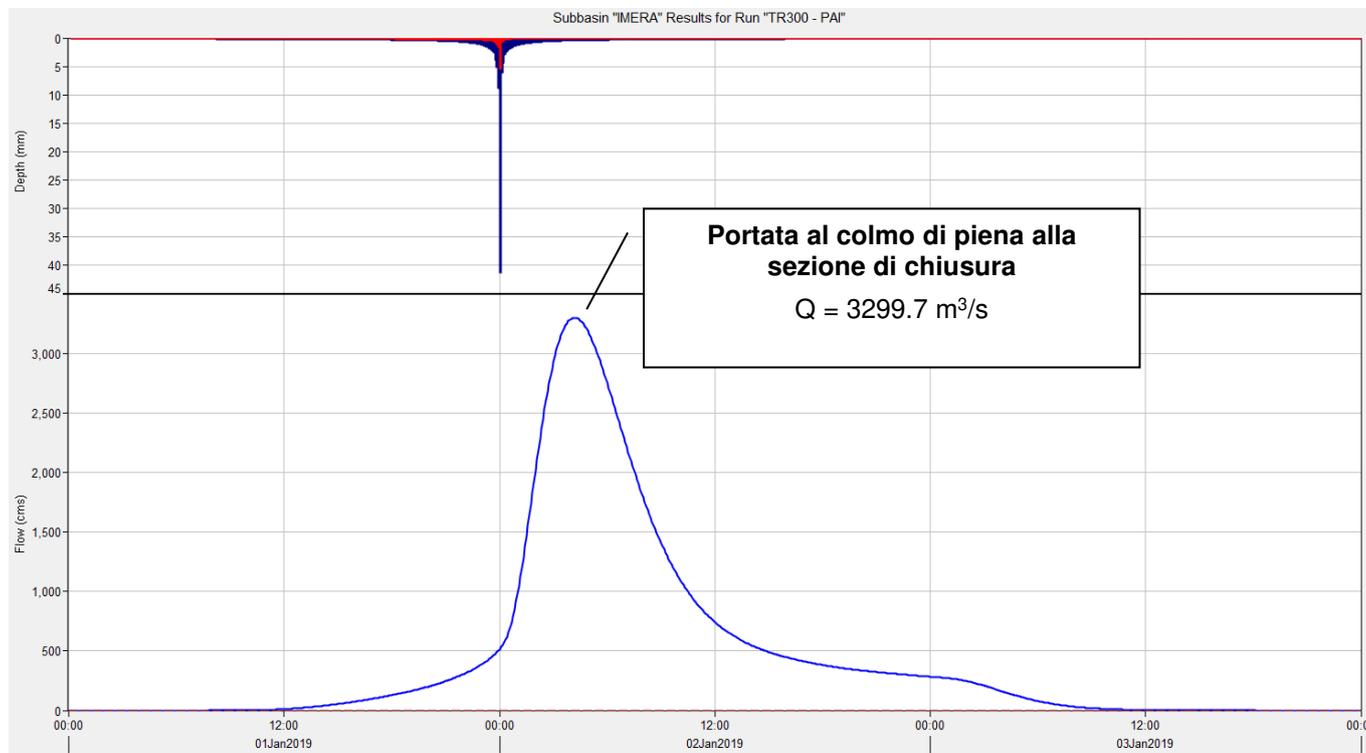


Figura 19: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura (Outlet) del bacino del Fiume Imera Meridionale – taratura del modello

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B	FOGLIO 41 di 73

### 5.3 Bacino del Fiume Morello

#### 5.3.1 Descrizione del bacino del Fiume Morello

Il Fiume Morello è tra i maggiori tributari del Fiume Imera Meridionale sia per sviluppo del corso d'acqua che per estensione del bacino di drenaggio; nasce nel territorio comunale di Nicosia e confluisce ad una quota di circa 270 metri nell'Imera Meridionale, poco a valle del Ponte Capodarso. Nei pressi di Monte di Cozzo Ferrara, al confine tra il territorio di Villarosa ed Enna, il fiume presenta uno sbarramento che dà origine al serbatoio Villarosa. Il bacino del Fiume Morello interessa il territorio della provincia di Enna, attraversando i territori comunali di Nicosia, Calascibetta, Villarosa ed Enna. Comprende interamente l'abitato di Villarosa e parzialmente quello di Calascibetta, la cui restante parte ricade nel bacino del Fiume Simeto. Il bacino ha una forma piuttosto allungata ed un'estensione di circa 178 km<sup>2</sup>; l'altitudine massima è di circa 1192 m.s.m. che corrisponde alla cima di Monte Altesina, nel territorio comunale di Nicosia, dalle cui pendici si origina l'asta principale con il nome di Vallone Altesinella. L'altitudine media è di circa 582 m.s.m. e la minima di circa 270 m.s.m., che si ha alla confluenza con l'Imera Meridionale nei pressi di Ponte Capodarso. Il Fiume Morello, il cui sviluppo è di circa 31 Km, scorre in direzione E-W nella zona montana, dove drena le acque del Vallone Pietre Lunghe, unico affluente di testata di una certa importanza. Nei pressi dell'abitato di Villapriolo si ha un cambiamento di direzione in senso N-S sino alla confluenza con l'Imera.

#### 5.3.2 Delimitazione del bacino e dei sottobacini del Fiume Morello

Il bacino idrografico del Fiume Morello analizzato in questo studio è stato delimitato alla sezione di chiusura (MRL\_05) in corrispondenza delle opere di progetto VI07 e NV97. Le sezioni di chiusura dei sottobacini MRL\_01, MRL\_02, MRL\_03 e MRL\_04 sono state invece determinate in punti utili al modello idraulico.

In questo modo è stato ricostruito un bacino avente un'estensione pari a 139.7 km<sup>2</sup>, suddiviso in 5 sottobacini (Figura 20).

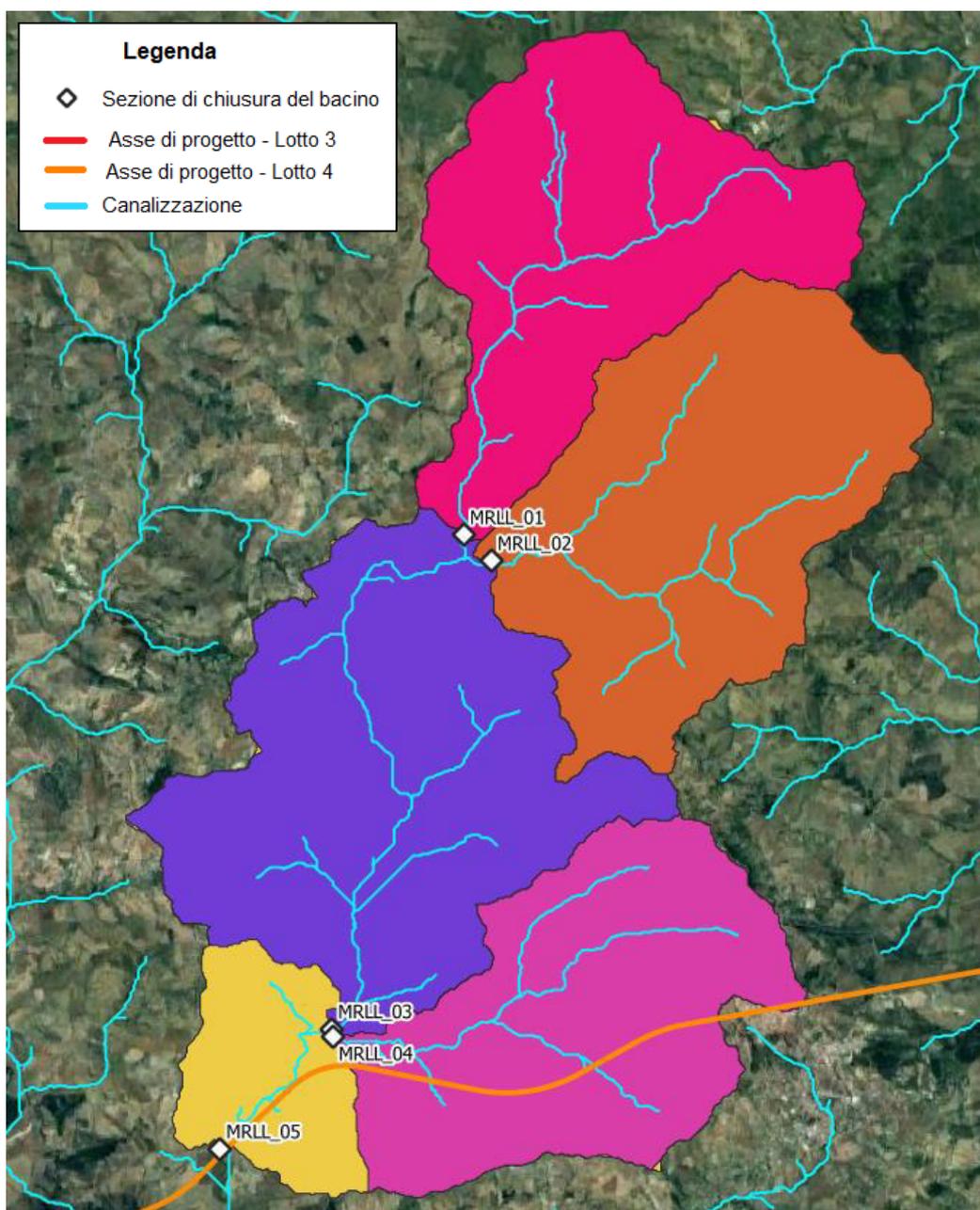


Figura 20: Suddivisione del bacino del Fiume Morello in sottobacini

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 5.3.3 Studio idrologico del bacino del Fiume Morello

L'analisi idrologica del bacino del Fiume Morello è stata eseguita utilizzando il metodo del SCS-Curve Number per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale. I valori di CN per ogni sottobacino utilizzati in questo studio sono presentati in Tabella 24.

BACINO	Area bacino	CN (Curve Number)
	[km <sup>2</sup> ]	
MRL_01	31.8	79.6
MRL_02	36.1	83.1
MRL_03	41.5	73.2
MRL_04	29.8	80.8
MRL_05	9.8	78.8

Tabella 24: Parametro CN relative ai sottobacini del Fiume Morello

Il calcolo dell'idrogramma di piena è stato effettuato con il Metodo dell'Idrogramma Unitario Istantaneo (SCS). Dall'analisi del Digital Terrain Model relativo ai sottobacini è stato individuato il reticolo idrografico e le lunghezze delle linee di drenaggio; inoltre è stata calcolata la pendenza media del bacino (Tabella 25).

BACINO	Area bacino	Lunghezza asta principale	Pendenza media del bacino
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[%]
MRL_01	31.8	8.00	19.54
MRL_02	36.1	11.0	20.59
MRL_03	41.5	13.5	19.79
MRL_04	29.8	9.0	25.16
MRL_05	9.8	6.0	18.95

Tabella 25: Parametri caratteristici del bacino del Fiume Morello estrapolati tramite applicativo G.I.S.

Tramite questi valori è stato possibile calcolare, come indicato nel Paragrafo 4.2, i parametri necessari all'implementazione del modello in HEC-HMS (Tabella 26).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

BACINO	Area bacino	S (massima ritenzione potenziale del terreno)	Ia (Initial Abstraction)	Tc (tempo di concentrazione)	L (tempo di ritardo)
	[km <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[h]	[min]
MRL_01	31.8	65.22	13.04	1.7	60
MRL_02	36.1	51.62	10.32	1.9	67
MRL_03	41.5	93.04	18.61	3.0	109
MRL_04	29.8	60.24	12.05	1.5	56
MRL_05	9.8	68.17	13.63	1.4	49

Tabella 26: Parametri caratteristici calcolati – sottobacini del Fiume Morello

Lo schema idrologico del bacino del Fiume Morello è stato quindi ricostruito all'interno del modello HEC-HMS come riportato in Figura 21; sono stati creati 5 sottobacini (MRL\_01, MRL\_02, MRL\_03, MRL\_04 e MRL\_05) ipotizzando che siano collegati tra loro tramite canali lineari (tratti) e una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun tratto canale è stato calcolato in base alle caratteristiche del corso d'acqua ricostruite nel modello idraulico del presente progetto; in questo caso, la velocità dell'onda di piena è stata calcolata in funzione dei risultati del modello idraulico ed è stata assunta pari a 2.5 m/s.

Le portate sono state calcolate in prossimità delle sezioni (Junction-1, Junction-2 e Outlet).

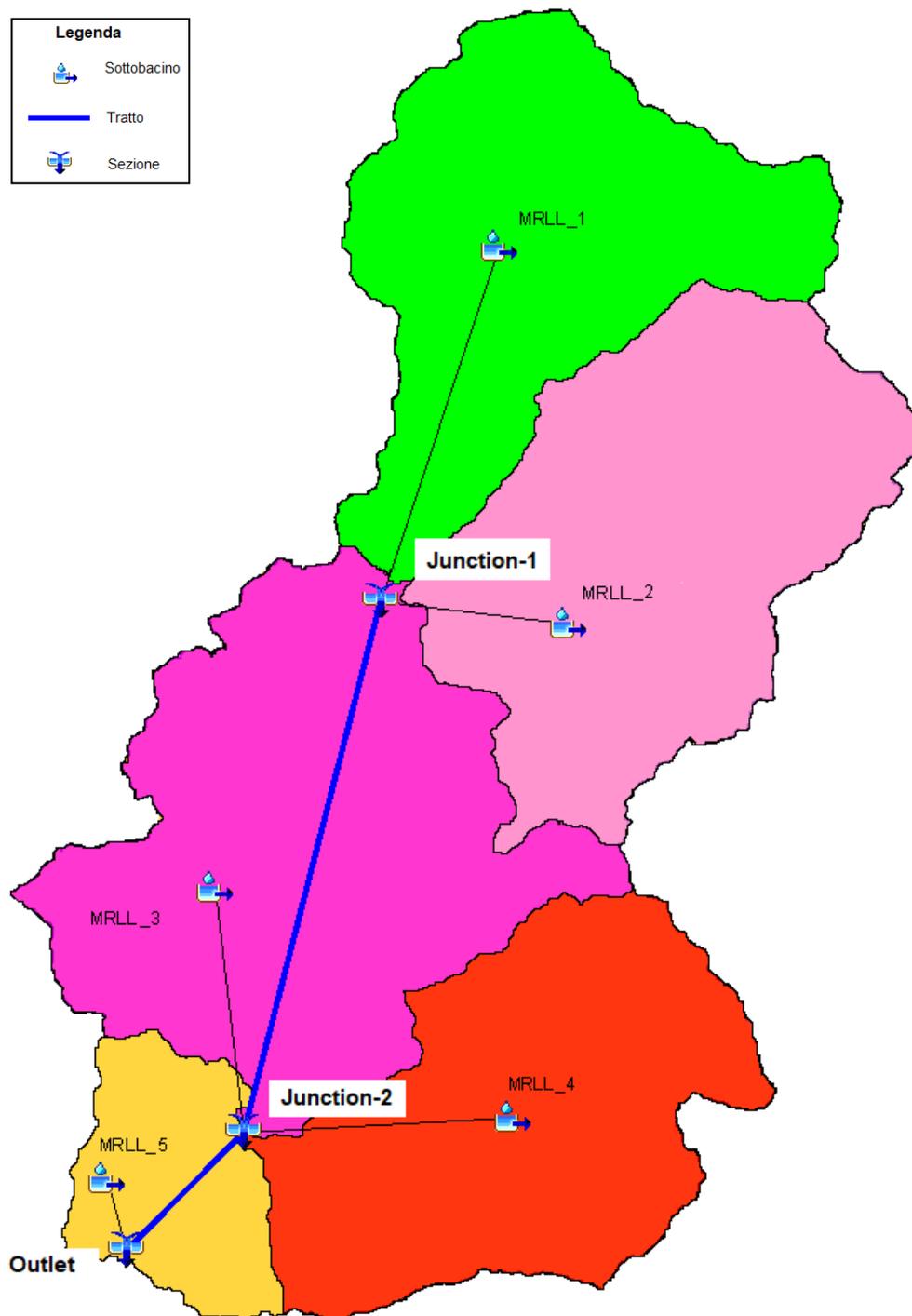


Figura 21: Modello del bacino del Fiume Morello in HEC-HMS

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B	FOGLIO 46 di 73

### **5.3.4 Valutazione delle massime portate al colmo di piena (portata di progetto) per il bacino del Fiume Morello**

Il modello così costruito è stato utilizzato per calcolare i valori massimi delle portate al colmo di piena in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei sottobacini. Per valutare i valori massimi delle portate sono state applicate le altezze di pioggia calcolate dati degli Annali Idrologici.

Sono state quindi prese in considerazione le stazioni di Villadoro, Villarosa e Enna, in quanto ricadevano nella delimitazione del bacino del Fiume Morello e presentano almeno 30 anni di registrazioni non continui (Figura 22).

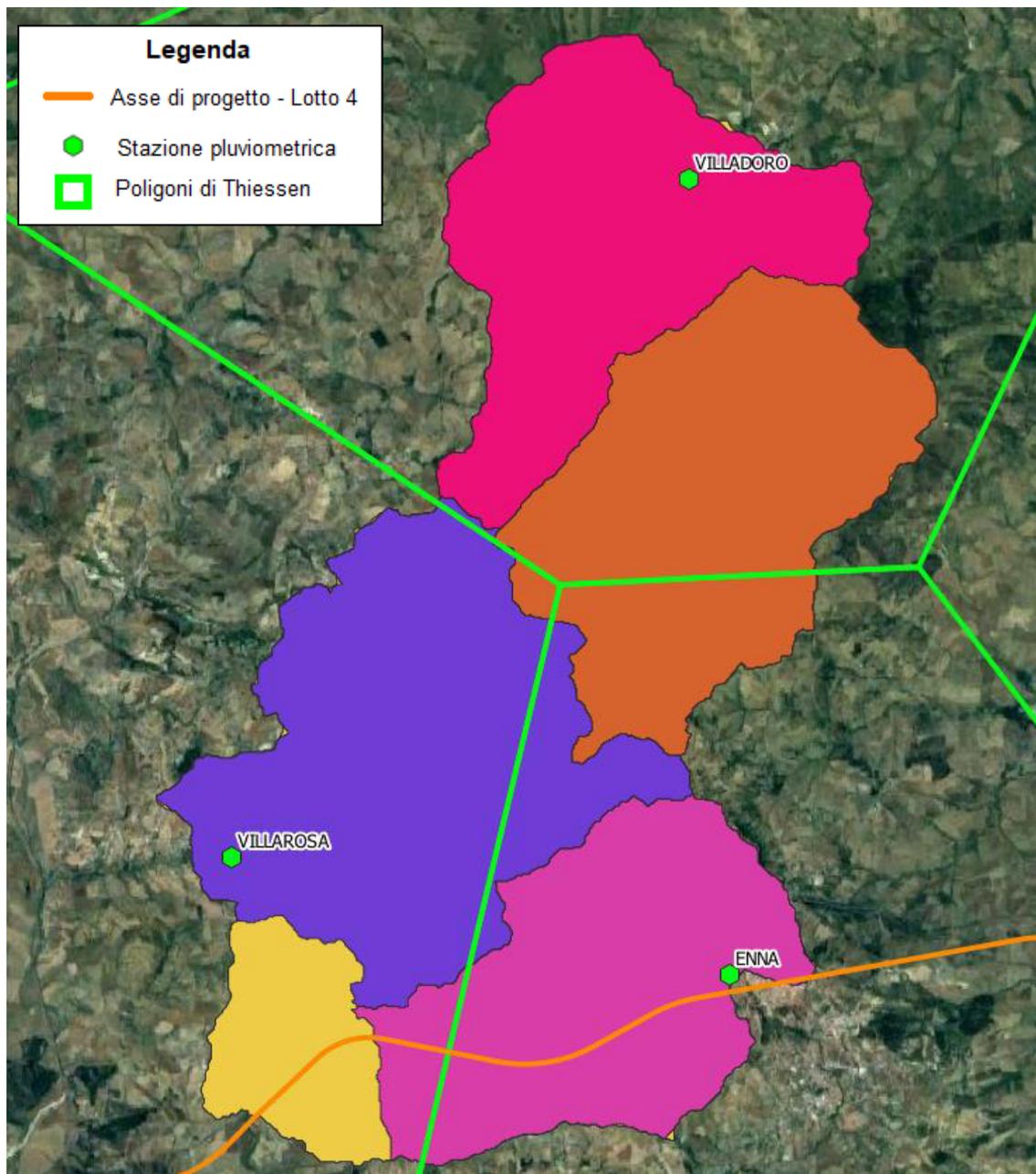


Figura 22: Stazioni pluviometriche e poligoni di Thiessen – Annali Idrologici

A partire dalle curve di possibilità pluviometrica calcolate dai dati degli Annali Idrologici è stato ricostruito uno ietogramma di durata critica pari a 48 ore.

L'area dei sottobacini e la relativa percentuale di area ricadente nell'area di pertinenza di ciascuna stazione pluviometrica sono riportate in Tabella 27:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

SOTTOBACINO	Percentuale di area ricadente nella stazione pluviometrica di		
	VILLADORO (%)	VILLAROSA (%)	ENNA (%)
MRL_01	100		
MRL_02	72	2	26
MRL_03		84	16
MRL_04		11	89
MRL_05		100	

Tabella 27: Percentuale di aree e relative stazioni pluviometriche – bacino del Fiume Morello

Sono stati quindi applicati al modello HEC-HMS le altezze di pioggia calcolate dai dati degli Annali Idrologici. Gli ietogrammi sopra descritti sono stati applicati al modello idrologico in HEC-HMS tenendo conto del peso di ogni stazione pluviometrica sulla relativa area di pertinenza.

Le portate al colmo di piena calcolate per un tempo di ritorno pari a 300 anni in corrispondenza delle sezioni considerate nello schema di calcolo HEC-HMS sono riportate in Tabella 28.

Sezioni	Area	Portata - dati pluviometrici Annali Idrologici – Tr=300
	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)
Junction-1	67.9	706.6
Junction-2	139.2	1133.0
Outlet	149.1	1169.7

Tabella 28: Portate al colmo di piena da dati pluviometrici Annali Idrologici – Tr=300 - bacino del Fiume Morello

Si riporta l'idrogramma di piena della sezione di chiusura finale del bacino ottenuto (Figura 23).



Figura 23: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura (Outlet) del bacino del Fiume Morello – dati pluviometrici da Annali Idrologici - Tr=300

### 5.3.5 Studio delle onde di piena conseguenti a manovre delle opere di scarico e dell'ipotetico collasso dello sbarramento Villarosa sul Torrente Morello

Il serbatoio artificiale denominato Villarosa sul Fiume Morello fu commissionato alla fine degli anni sessanta dall'Ente Minerario Siciliano (E.M.S.) con lo scopo di utilizzarne le acque invasate per l'alimentazione degli impianti industriali di lavorazione dei sali potassici provenienti dalla miniera di Pasquasia (Italkali). Tale uso delle acque lo si è avuto fino al 1992 quando, terminate le attività estrattive della suddetta miniera, il serbatoio è rimasto inutilizzato<sup>1</sup>.

Nel 1999 l'Ente Minerario Siciliano è stato sciolto e posto in liquidazione e, la gestione dell'invaso è quindi passata al Consorzio di Bonifica 6 di Enna che intendeva utilizzarne le acque a scopo irriguo. Fino ad oggi ciò non è stato possibile per una serie di cause:

<sup>1</sup> Cfr. Relazione del PAI "071-072 RELAZIONE F.IMERA\_MERIDIONALE\_2007"

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

- 1) lo scarico delle acque reflue del centro abitato di Villarosa all'interno del serbatoio;
- 2) la presenza di una naturale concentrazione di sali di sodio, zolfo e magnesio nelle acque invasate;
- 3) l'assenza di una rete irrigua a valle dell'invaso.

Con riferimento al documento “*Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (072) Area territoriale tra il Bacino Idrografico del F. Palma e il Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (071)*” del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Siciliana, lo studio delle onde di piena artificiali conseguenti le manovre di scarico e l'ipotetico collasso della diga Morello, è stato condotto utilizzando il codice di calcolo DAMBREAK, sviluppato presso il NOAA–NWS–OH (National Oceanic and Atmospheric Administration – National Weather Service – Office of Hydrology, Silver Spring, Maryland) e composto di due parti principali: la prima calcola l'idrogramma di piena in uscita dal serbatoio a seguito della formazione e dello sviluppo di una breccia nello sbarramento; la seconda analizza la propagazione verso valle dell'onda di piena utilizzando uno schema alle differenze finite di tipo implicito. Per l'ipotesi A1 è stata ipotizzata una manovra di apertura istantanea e totale delle paratoie del solo scarico di fondo con portata costante di 120 m<sup>3</sup>/s. Per l'ipotesi A2 è stata ipotizzata una manovra di apertura istantanea totale e contemporanea delle paratoie degli scarichi di fondo e di superficie con portata costante pari a 955 m<sup>3</sup>/s. Viste le caratteristiche delle opere di scarico è stata considerata la formazione di un'onda avente colmo iniziale pari a 955 m<sup>3</sup>/s con invaso alla quota 392,50 m s.l.m., successivamente decrescente in funzione del progressivo svuotamento del serbatoio fino alla quota di 386,30 m s.l.m.. Per l'ipotesi B si è ipotizzata la formazione di una breccia sulla diga e che il collasso della diga avvenga a causa di una piena eccezionale non smaltita dagli organi di scarico e che perciò causi il completo riempimento del serbatoio. Poiché lo sbarramento è del tipo in materiali sciolti, è stato ipotizzato un collasso dello stesso per rottura graduale conseguente all'apertura di una breccia d'erosione dovuta alla tracimazione della diga con livello d'invaso alla quota di coronamento (393,71 m s.l.m.): in tali condizioni, la portata massima effluente dalla breccia, calcolata con il codice DAMBREAK, è stata valutata in 4.000 m<sup>3</sup>/s. I risultati dello studio dell'E.M.S. sono stati riprodotti in una cartografia allegata allo studio sopra descritto che riporta le aree soggette a potenziale inondazione nelle tre ipotesi (A1, A2 e B) prima descritte. Tale cartografia viene qui presentata soltanto per opportuna conoscenza, poiché le aree indicate non sono soggette alle norme che regolano il rischio idrogeologico ai sensi del D.P.C.M. 29/09/1998 (vedi Relazione Generale del P.A.I.).

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	<b>COMMESSA</b> <b>RS3U</b>	<b>LOTTO</b> <b>30 D 09</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RI</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>ID0001 001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>51 di 73</b>

Pertanto, nel presente studio non sono state considerate le portate potenzialmente defluenti nel Fiume Morello a seguito di manovre delle opere di scarico e/o collasso della diga di Villarosa; inoltre, poiché, come detto, la diga è rimasta inutilizzata dal 1992, nelle analisi idrologiche non è stato considerato l'effetto di laminazione della diga.

Il Piano di Emergenza Diga (PED), approvato a luglio 2020 dalla Prefettura di Enna, riporta le valutazioni circa le portate di attenzione di scarico della diga ed individua le azioni di preallerta e di allerta da attuare in caso di superamento del valore limite individuato. La gestione dell'esercizio ferroviario, sia della linea storica esistente, sia di quella in progetto, dovrà essere coordinata con le comunicazioni della Protezione Civile.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## 6. DEFINIZIONE DELLE PORTATE IDROLOGICHE PER LA VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI MINORI

La finalità dello studio degli attraversamenti minori è il dimensionamento e la verifica del funzionamento di una serie di manufatti ferroviari di attraversamento della linea ferroviaria e stradale. Questi sono stati identificati sulla base di analisi geomorfologiche dei bacini idrografici afferenti alla linea ferroviaria.

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

- analisi pluviometrica;
- definizione dei bacini corrispondenti ai singoli attraversamenti;
- ricostruzione delle caratteristiche morfologiche, fisiche e idrologiche dei bacini;
- calcolo delle portate di riferimento per la verifica idraulica.

### 6.1 Analisi pluviometrica

L'analisi pluviometrica è stata sviluppata dai dati di pioggia del Dipartimento della Protezione Civile e dai dati degli Annali idrologici; in questo modo è stato possibile ottenere, e utilizzare per le verifiche idrauliche, il dato di pioggia più gravoso per ogni bacino esaminato.

Il calcolo delle altezze di pioggia è stato quindi sviluppato da:

- i valori di  $a$  e  $n$  forniti dalla protezione civile (come riportato nel Paragrafo 3.1);
- i valori di  $a$  e  $n$  ottenuti dall'analisi statistica dei massimi valori annuali di pioggia di diversa durata disponibili negli Annali aggiornati per questo studio (come elaborato nel Paragrafo 3.2).

Per ogni stazione pluviometrica sono stati quindi ottenuti i parametri  $a$  e  $n$  e calcolate le altezze di pioggia.

Per il tratto del Fiume Belici non è stato possibile individuare negli annali una stazione pluviometrica adiacente al tratto di progetto con un numero sufficiente di dati per eseguire un'analisi statistica. Sono state pertanto utilizzate le stazioni limitrofe (Valledolmo e Marianopoli).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

I valori considerati fanno riferimento a dei valori di tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni, ad esclusione dei bacini che presentano una superficie maggiore di 10 km<sup>2</sup> per i quali l'analisi è stata eseguita con un tempo di ritorno pari a 300anni.

Si riportano i parametri a e n per i tempi di ritorno considerati per ogni stazione pluviometrica presi dai dati della Protezione Civile (Tabella 29) ed elaborati dagli Annali Idrologici aggiornati (Tabella 30).

STAZIONE PLUVIOMETRICA	TR30		TR200		TR300	
	a	n	a	n	a	n
CALTANISSETTA	61.0	0.270	82.9	0.280	88.7	0.280
CAPODARSO	67.2	0.120	91.1	0.100		
ENNA	63.2	0.420	84.0	0.440		
VILLAROSA	50.7	0.390	67.0	0.420		

Tabella 29: Parametri a e n – dati da Protezione Civile

STAZIONE PLUVIOMETRICA	TR30		TR200		TR300	
	a	n	a	n	a	n
CALTANISSETTA	66.1	0.298	92.2	0.301	97.8	0.301
VILLAROSA	54.4	0.399	73.0	0.421		
ENNA	69.5	0.393	94.1	0.402		

Tabella 30: Parametri a e n - dati da Annali Idrologici

## 6.2 Caratterizzazione ed individuazione dei bacini

La delimitazione dei bacini corrispondenti ai singoli attraversamenti è stata effettuata individuando i punti d'intersezione di particolare rilevanza tra la strada oggetto di intervento e i corsi d'acqua presenti nella zona. I bacini così delineati sono stati denominati tramite la Pk dell'attraversamento a cui corrispondono.

Per ricostruire la rete idrografica e individuare i limiti dei bacini a partire dalle sezioni di interesse, è stato utilizzato il modello DTM (Digital Terrain Model) alla risoluzione di 2 m, disponibile nel portale cartografico della Regione Sicilia. È stato così possibile individuare, per tutti i bacini oggetto di studio, i dati territoriali tridimensionali e le principali caratteristiche morfologiche, fisiche ed idrologiche.

Si riportano le immagini contenenti le delimitazioni dei bacini.

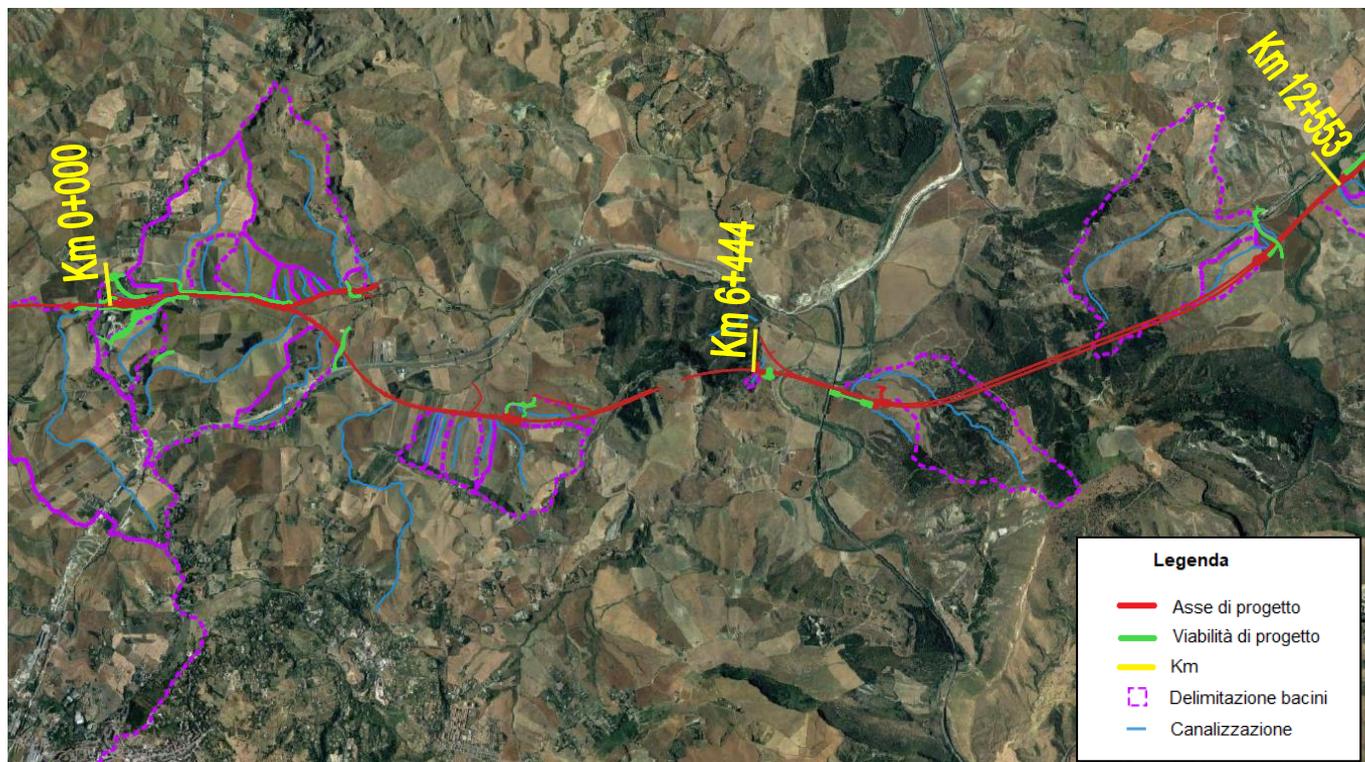


Figura 24: Delimitazione dei bacini – da Km 0+000 a km 12+553

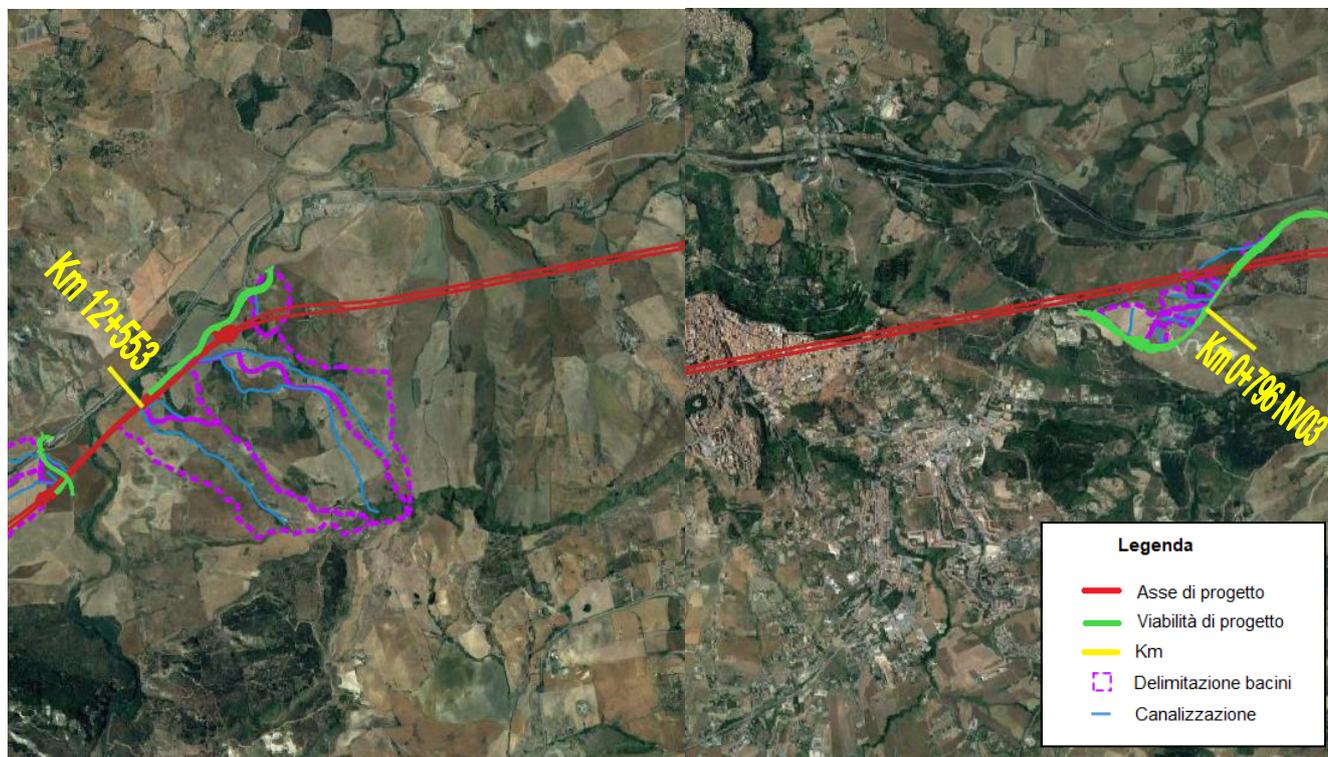


Figura 25: Delimitazione dei bacini – da Km 12+553 a Km 0-796 NV03

In particolare sono state ricostruite tramite analisi spaziale le seguenti caratteristiche:

- l'area del bacino;
- la lunghezza dell'asta idrografica principale;
- la quota finale dell'asta principale ( $H_0$  river);
- la quota iniziale dell'asta principale ( $H_{top}$  river);
- la pendenza dell'asta idrografica principale;
- la pendenza media del bacino;
- la quota media del bacino ( $H$  media bacino);
- la quota del bacino alla sezione di chiusura ( $H_0$ ).

Le caratteristiche topografiche sono riportate nelle seguenti tabelle.

Attraversamento idraulico	Area bacino	Lunghezza asta principale	H <sub>0</sub> river	H <sub>top</sub> river	Pendenza media dell'asta	Pendenza media del bacino	H media bacino	H <sub>0</sub>
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m/m]	[m/m]	[m s.m.m.]	[m s.m.m.]
Km 0+450	0.10	0.30	406.82	410.24	0.01	0.15	416.63	405.73
Km 0+638	0.81	1.32	401.69	526.71	0.09	0.21	473.40	400.40
Km 1+057	0.17	0.70	390.47	438.24	0.07	0.20	425.48	391.79
Km 1+345	0.22	0.54	385.52	458.62	0.14	0.24	428.53	385.83
Km 1+587	0.01	0.19	395.81	424.38	0.15	0.21	411.68	396.87
Km 1+875 - km 1+830	3.32	2.17	367.69	470.06	0.05	0.20	434.71	367.80
Km 2+076	0.38	1.35	368.83	439.63	0.05	0.17	404.93	368.27
Km3+455diviso	0.18	0.50	358.91	413.59	0.11	0.19	393.27	358.62
Km 3+455A	0.10	0.51	358.60	416.87	0.11	0.20	392.17	358.92
Km 3+455B	0.08	0.40	358.60	390.08	0.08	0.19	394.00	359.24
Km 3+744	0.21	0.55	357.45	416.13	0.11	0.21	397.58	357.22
Km 3+918	0.07	0.40	358.16	394.29	0.09	0.16	388.73	357.13
Km 3+970	0.63	0.78	358.04	424.24	0.08	0.26	417.73	357.44
Km 6+500	0.01	0.13	323.28	351.60	0.22	0.35	348.36	324.04
Km 7+382	1.29	2.30	296.42	667.85	0.16	0.35	466.77	293.16
Km 11+684	0.20	0.82	328.46	398.57	0.09	0.23	361.70	327.73
Km 11+684	0.02	0.13	328.46	331.21	0.02	0.05	331.07	328.29
Km 11+803	2.07	2.67	325.58	474.91	0.06	0.30	419.45	330.73
Km 12+535	0.76	1.52	328.47	527.09	0.13	0.30	456.85	325.31
Km 13+092	0.49	1.86	336.11	549.50	0.11	0.25	466.65	335.08
Km 13+092	1.07	2.25	336.11	549.50	0.09	0.30	489.21	334.28
1+717 variante	0.06	0.29	380.31	429.99	0.17	0.28	418.23	379.79
1+898 variante	0.05	0.31	377.37	438.29	0.20	0.28	410.63	375.36
2+061 variante	0.02	0.19	376.71	415.68	0.21	0.23	401.46	375.17
2+200 variante	1.27	1.64	365.19	512.59	0.09	0.29	478.62	363.74
2+323 variante	0.03	0.19	368.79	390.20	0.11	0.16	384.98	368.79
NV90 ex NV91 0+176	0.14	0.54	363.69	423.94	0.09	0.33	397.53	360.18
NVX1 0+559	0.26	0.84	401.60	450.06	0.09	0.33	461.67	433.93
NV97 0+300	0.11	0.23	334.69	365.92	0.14	0.28	361.17	334.55
NV03 2+131	0.07	0.21	632.00	671.70	0.19	0.16	659.48	635.34
NV03 1+825	0.02	0.14	604.01	666.21	0.44	0.50	634.60	606.76
NV03 1+552	0.01	0.24	584.00	656.11	0.30	0.40	638.79	585.72
NV03 1+390	0.02	0.22	565.80	621.70	0.25	0.28	605.52	567.18
NV03 1+312	0.04	0.33	536.23	623.13	0.26	0.33	613.31	537.47
NV03 1+275	0.03	0.18	526.00	575.34	0.27	0.40	569.00	528.21
NV03 1+214	0.00	0.09	534.20	560.66	0.29	0.40	549.64	524.37
NV03 0+796	0.01	0.10	527.00	528.90	0.02	0.13	530.00	522.00

Tabella 31: Caratteristiche topografiche dei bacini del Lotto 4

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

### 6.3 Stima delle portate di progetto

#### 6.3.1 Metodo cinematico o razionale

Il metodo utilizzato per la stima delle portate in corrispondenza degli attraversamenti idraulici è quello definito come razionale o del ritardo di corrivazione. Il metodo razionale permette il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione e si basa sulle seguenti ipotesi:

- 1) la formazione della piena si basa unicamente su un fenomeno di trasferimento di massa liquida;
- 2) ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta;
- 3) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse è indipendente dalle altre;
- 4) la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura;
- 5) la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento.

Dalle ipotesi (1) e (2), sopra formulate, il tempo impiegato da ciascuna goccia di pioggia per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, definito come tempo di corrivazione puntuale, risulta essere necessariamente univoco per ogni punto del bacino stesso; il tempo di corrivazione massimo viene a coincidere con il tempo di corrivazione del bacino.

Nella Figura 26 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 quello di corrivazione l'idrogramma di piena assuma la forma triangolare.

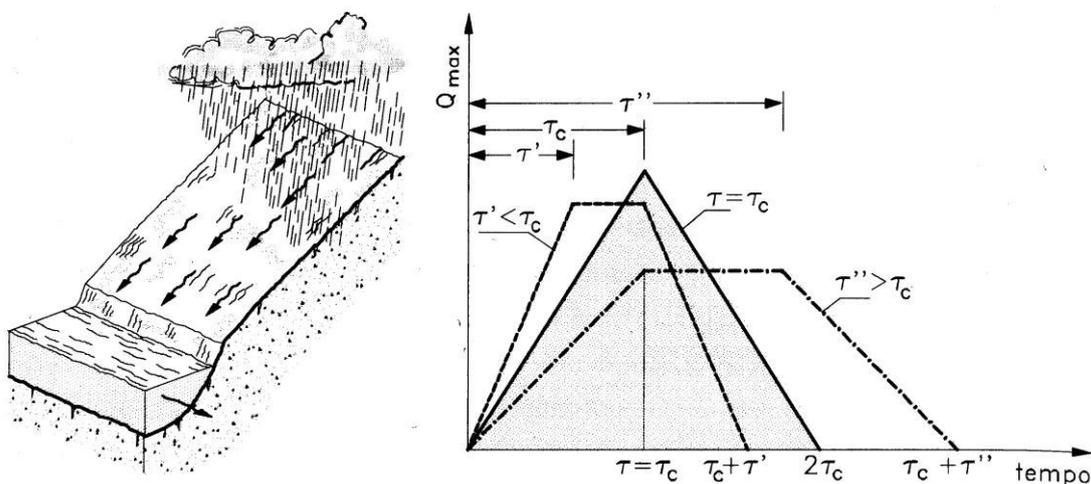


Figura 26: Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

La definizione della portata di piena avviene tramite la formula:

$$Q = \frac{1000 \varphi A h(t_c, Tr)}{3600 t_c}$$

dove

$\varphi$  = coefficiente adimensionale di deflusso (o di riduzione);

A = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);

$h(t_c, Tr)$  = altezza di pioggia netta di durata e tempo di ritorno prefissati (mm);

$t_c$  = tempo di corrivazione del bacino (ore).

Utilizzando, per il calcolo dell'altezza di pioggia, un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, si ottengono le portate maggiormente critiche in quanto sono tali da mettere tutto il bacino in condizione di contribuire al deflusso attraverso la sezione considerata ed allo stesso tempo sono quelle più intense in quanto di ridotta durata.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 6.3.2 Definizione tempo di corrivazione

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.

In letteratura esistono diverse formulazioni che permettono di stimare il valore del tempo di corrivazione sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico.

Di seguito si riportano le relazioni più comunemente utilizzate:

**Giandotti** (1934): è una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo che tiene conto della morfologia del bacino ed è valida per superfici variabili fra 170 e 70'000 km<sup>2</sup>:

$$t_c = \frac{(4\sqrt{S} + 1.5 L)}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}}$$

dove

A = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km<sup>2</sup>];

L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua principale [km];

$H_m$  = quota media del bacino [m s.m.m.];

$H_0$  = quota della sezione di chiusura [m s.m.m.].

La formula di Giandotti ha il pregio, rispetto ad altre relazioni, di comprendere nei parametri utilizzati per il calcolo del tempo di corrivazione diverse caratteristiche dei bacini analizzati. Questo garantisce una ricostruzione dei tempi di corrivazione basata sui principali parametri dei bacini.

**Kirpich**: la formula valuta il tempo di corrivazione in base al rapporto tra la lunghezza dell'asta principale (dalla sezione di chiusura al punto più elevato) e la sua pendenza media. Tale metodo ben si adatta a bacini di modesta estensione (qualche chilometro quadrato) e, come nei bacini in esame, con pendenze elevate del corso d'acqua.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

$$t_c = 0.0195 k \left( \frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0.77}$$

dove  $k$  è il coefficiente di riduzione legato all'uso del suolo (1.0 per suolo nudo, 2.0 per suolo inerbito).

Nel caso dei bacini oggetto di questo studio è stato utilizzato un coefficiente di riduzione pari a 2.

In questo progetto il tempo di corrivazione medio è stato calcolato con la seguente formula:

$$t_{c\text{medio}} = \frac{t_{c\text{Giandotti}} (A_{\text{bacino}} - 1)}{74} + \frac{t_{c\text{Kirpich}} (75 - A_{\text{bacino}})}{74}$$

Il tempo di corrivazione ottenuto è stato poi valutato seguendo le seguenti regole:

- ai bacini aventi una superficie maggiore di 1 km<sup>2</sup> si assegna il valore di tempo di corrivazione medio,
- ai bacini con superficie inferiori a 1 km<sup>2</sup> si assegna il tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Kirpich se è maggiore di 15 minuti, in caso contrario si considera un tempo di corrivazione pari a 15 minuti.

### 6.3.3 Metodo dell'idrogramma Unitario Istantaneo – SCS

Il metodo di calcolo della portata di piena sviluppato nel presente studio è quello dell'idrogramma Unitario Istantaneo sviluppato dal Soil Conservation Service, analogo a quello utilizzato nello studio idrologico dell'idraulica maggiore (Paragrafo 4.3).

Tramite questo metodo è possibile calcolare la pioggia totale e la pioggia netta utilizzando il tempo di corrivazione del bacino.

L'altezza di pioggia totale è stata calcolata tramite la formula:

$$h = at_c^n$$

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	<b>COMMESSA</b> RS3U	<b>LOTTO</b> 30 D 09	<b>CODIFICA</b> RI	<b>DOCUMENTO</b> ID0001 001	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 61 di 73

dove  $a$  e  $n$  sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica e  $t_c$  è il tempo di corrivazione del bacino.

Per il calcolo della pioggia netta verrà utilizzata la stessa formula considerando però due volte il tempo di corrivazione:

$$h = a(2t_c)^n$$

Per il calcolo della pioggia efficace è necessario valutare la massima ritenzione potenziale del terreno, calcolata mediante la formula:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

dove CN è il Curve Number il cui valore viene desunto dalla tabella riportata in Figura 27.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>B</b>

Tipo di copertura o uso del suolo	A	B	C	D
Terreno coltivato, senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Terreno coltivato, con trattamenti di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo in buone condizioni	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni (prati tagliati)	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati su terreno sottile, con sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Terreni boscosi o forestati con sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi in buone condizioni, con almeno il 75% di superficie coperta da manto erboso	39	61	74	80
Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con circa 50% di superficie coperta da manto erboso	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Aree residenziali con impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Aree residenziali con impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Aree residenziali con impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Aree residenziali con impermeabilità media 20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Strade inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
Strade bianche (non asfaltate)	72	82	87	89

Figura 27: Valori di Curve Number per diverse tipologie di uso del suolo, condizione idrologica e gruppo di terreno

I bacini esaminati in questo studio ricadono nella categoria di suoli coltivati, quindi i valori di CN adottati rientrano nel range 78-88.

La pioggia netta è viene definita nel SCS come la differenza tra l'altezza di pioggia calcolata considerando due volte il tempo di corrivazione e le perdite iniziali ( $I_a$ ):

$$P_n = h_{netta} - I_a$$

Nello studio degli attraversamenti idraulici le perdite iniziali ( $I_a$ ) sono state stimate come:

$$I_a = k_{ia} S$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

dove  $k_{ia}$  è il coefficiente di perdite iniziali assunto pari a 0.05 e S la massima ritenzione potenziale del terreno.

L'equazione per il calcolo della pioggia efficace è definita come:

$$Pe = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

dove

$P_n$  è la pioggia netta e S la capacità idrica massima del suolo.

Il coefficiente di deflusso  $\varphi$  viene ottenuto calcolando il rapporto tra la pioggia totale e la pioggia efficace:

$$\varphi = \frac{P_e}{h_{netta}}$$

dove  $Pe$  è la pioggia efficace e  $h_{netta}$  l'altezza di pioggia calcolata considerando due volte il tempo di corrivazione.

La portata al colmo di piena si ottiene quindi con il metodo cinematico come:

$$Q = 278 \frac{\varphi S h}{t_c}$$

dove  $\varphi$  è il coefficiente di deflusso, S la massima ritenzione potenziale del terreno, h l'altezza di pioggia totale e  $t_c$  il tempo di corrivazione.

Dalla portata si ricava il coefficiente udometrico, come il rapporto tra portata e superficie.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 6.3.4 Calcolo delle portate di riferimento per le verifiche idrauliche

Sono stati quindi individuati i parametri necessari al calcolo della portata di piena e del coefficiente udometrico per un tempo di ritorno pari a 200 anni; per i bacini aventi un'area maggiore di 10 km<sup>2</sup> i parametri sono stati valutati per un tempo di ritorno pari a 300 anni (evidenziati in giallo nelle seguenti tabelle).

Per ogni attraversamento idraulico è stata identificata la stazione pluviometrica di riferimento; sono stati quindi utilizzati i dati del Dipartimento della Protezione Civile e i dati degli Annali Idrologici, da cui sono stati calcolati i parametri necessari al calcolo della portata di piena.

Si riportano le tabelle contenenti i parametri calcolati e le portate di progetto ottenute.

Attraversamento idraulico	Stazione pluviometrica	$t_c$	$t_c$ Kirpich modificato	$t_c$ medio	$t_c$	$t_c$ adottato	$h$	$h(t_c=2)$	CN	$S$	$la$
		Giandotti	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[mm]		[mm]	[mm]
Km 0+450	CALTANISSETTA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	63.82	78.62	80.00	63.50	3.18
Km 0+638	CALTANISSETTA	0.82	0.41	0.41	0.41	0.41	70.39	86.72	83.00	52.02	2.60
Km 1+057	CALTANISSETTA	0.58	0.28	0.28	0.28	0.28	63.12	77.76	83.00	52.02	2.60
Km 1+345	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.17	0.18	0.25	60.77	74.87	83.00	52.02	2.60
Km 1+587	CALTANISSETTA	0.23	0.08	0.07	0.08	0.25	60.77	74.87	83.00	52.02	2.60
Km 1+875 - km 1+830	CALTANISSETTA	1.61	0.78	0.81	0.81	0.81	86.48	106.54	83.00	52.02	2.60
Km 2+076	CALTANISSETTA	0.93	0.52	0.52	0.52	0.52	75.77	93.35	83.00	52.02	2.60
Km3+455diviso	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.18	0.18	0.25	60.77	74.87	83.00	52.02	2.60
Km 3+455A	CALTANISSETTA	0.44	0.18	0.18	0.18	0.25	60.77	74.87	83.00	52.02	2.60
Km 3+455B	CALTANISSETTA	0.36	0.17	0.17	0.17	0.25	60.77	74.87	83.00	52.02	2.60
Km 3+744	CALTANISSETTA	0.52	0.20	0.19	0.20	0.25	60.77	74.87	83.00	52.02	2.60
Km 3+918	CALTANISSETTA	0.37	0.17	0.16	0.17	0.25	60.77	74.87	83.00	52.02	2.60
Km 3+970	CALTANISSETTA	0.70	0.28	0.28	0.28	0.28	63.11	77.75	83.00	52.02	2.60
Km 6+500	CALTANISSETTA	0.16	0.05	0.05	0.05	0.25	60.77	74.87	85.00	44.82	2.24
Km 7+382	VILLAROSA	0.76	0.51	0.51	0.51	0.51	54.94	73.56	78.00	71.64	3.58
Km 11+684	VILLAROSA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	43.56	58.32	83.00	52.02	2.60
Km 11+684	VILLAROSA	0.60	0.12	0.12	0.12	0.25	40.71	54.51	83.00	52.02	2.60
Km 11+803	VILLAROSA	1.30	0.86	0.86	0.86	0.86	68.63	91.89	80.00	63.50	3.18
Km 12+535	VILLAROSA	0.63	0.40	0.40	0.40	0.40	49.67	66.51	83.00	52.02	2.60
Km 13+092	VILLAROSA	0.61	0.49	0.49	0.49	0.49	54.16	72.52	80.00	63.50	3.18
Km 13+092	VILLAROSA	0.75	0.61	0.61	0.61	0.61	59.42	79.56	80.00	63.50	3.18
1+717 variante	CALTANISSETTA	0.28	0.10	0.10	0.10	0.25	60.77	74.87	80.00	63.50	3.18
1+898 variante	CALTANISSETTA	0.29	0.10	0.10	0.10	0.25	60.77	74.87	80.00	63.50	3.18
2+061 variante	CALTANISSETTA	0.22	0.07	0.07	0.07	0.25	60.77	74.87	80.00	63.50	3.18
2+200 variante	CALTANISSETTA	0.81	0.49	0.49	0.49	0.49	74.53	91.82	80.00	63.50	3.18
2+323 variante	CALTANISSETTA	0.30	0.09	0.08	0.09	0.25	60.77	74.87	80.00	63.50	3.18
NV90 ex NV91 0+176	CALTANISSETTA	0.47	0.21	0.20	0.21	0.25	60.77	74.87	80.00	63.50	3.18
NVX1 0+559	CALTANISSETTA	0.78	0.29	0.28	0.29	0.29	63.45	78.17	83.00	52.02	2.60
NV97 0+300	VILLAROSA	0.40	0.09	0.09	0.09	0.25	40.71	54.51	80.00	63.50	3.18

Attraversamento idraulico	Stazione pluviometrica	$t_c$	$t_c$ Kirpich modificato	$t_c$ medio	$t_c$	$t_c$ adottato	$h$	$h(t_c=2)$	CN	S	la
		[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[mm]	[mm]			
NV03 2+131	ENNA	0.35	0.08	0.07	0.08	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24
NV03 1+825	ENNA	0.18	0.04	0.04	0.04	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24
NV03 1+552	ENNA	0.14	0.07	0.07	0.07	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24
NV03 1+390	ENNA	0.18	0.07	0.07	0.07	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24
NV03 1+312	ENNA	0.19	0.09	0.09	0.09	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24
NV03 1+275	ENNA	0.18	0.06	0.06	0.06	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24
NV03 1+214	ENNA	0.10	0.03	0.03	0.03	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24
NV03 0+796	ENNA	0.23	0.10	0.10	0.10	0.25	53.92	71.25	85.00	44.82	2.24

Tabella 32: Parametri per la definizione dell'Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr200 -attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici

Attraversamento idraulico	$P_{netta}$	$P_{efficace}$	$\varphi$	$Q$	$u$
	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Km 0+450	75.45	40.97	0.52	3.22	31.44
Km 0+638	84.12	51.97	0.60	23.41	28.80
Km 1+057	75.16	44.42	0.57	6.03	35.35
Km 1+345	72.27	42.02	0.56	8.52	37.93
Km 1+587	72.27	42.02	0.56	0.43	37.93
Km 1+875 - km 1+830	103.94	69.27	0.65	64.35	19.37
Km 2+076	90.75	57.68	0.62	9.46	25.02
Km3+455diviso	72.27	42.02	0.56	6.86	37.93
Km 3+455A	72.27	42.02	0.56	3.91	37.93
Km 3+455B	72.27	42.02	0.56	2.95	37.93
Km 3+744	72.27	42.02	0.56	7.82	37.93
Km 3+918	72.27	42.02	0.56	2.69	37.93
Km 3+970	75.14	44.40	0.57	22.33	35.37
Km 6+500	72.63	44.92	0.60	0.45	40.54
Km 7+382	69.98	34.58	0.47	18.16	14.09
Km 11+684	55.72	28.82	0.49	4.02	20.38
Km 11+684	51.91	25.92	0.48	0.49	21.53
Km 11+803	88.71	51.71	0.56	25.76	12.42
Km 12+535	63.91	35.23	0.53	13.87	18.24
Km 13+092	69.34	36.20	0.50	7.43	15.26
Km 13+092	76.38	41.71	0.52	15.08	14.11
1+717 variante	71.70	38.02	0.51	2.01	34.32
1+898 variante	71.70	38.02	0.51	1.82	34.32
2+061 variante	71.70	38.02	0.51	0.80	34.32
2+200 variante	88.64	51.64	0.56	30.12	23.67
2+323 variante	71.70	38.02	0.51	1.04	34.32
NV90 ex NV91 0+176	71.70	38.02	0.51	4.74	34.32
NVX1 0+559	75.57	44.76	0.57	9.04	35.01
NV97 0+300	51.33	22.95	0.42	2.08	19.06
NV03 2+131	69.01	41.83	0.59	2.57	35.21
NV03 1+825	69.01	41.83	0.59	0.66	35.21
NV03 1+552	69.01	41.83	0.59	0.49	35.21
NV03 1+390	69.01	41.83	0.59	0.71	35.21
NV03 1+312	69.01	41.83	0.59	1.41	35.21
NV03 1+275	69.01	41.83	0.59	0.94	35.21
NV03 1+214	69.01	41.83	0.59	0.17	35.21
NV03 0+796	69.01	41.83	0.59	0.30	35.21

Tabella 33: Portata di progetto e coefficiente uometrico – Tr200 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici

Attraversamento idraulico	Stazione pluviometrica	$t_c$	$t_c$ Kirpich modificato	$t_c$ medio	$t_c$	$t_c$ adottato	$h$	$h(t_c=2)$	CN	S	la
		[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]
Km 0+450	CALTANISSETTA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	58.84	71.45	80.00	63.50	3.18
Km 0+638	CALTANISSETTA	0.82	0.41	0.41	0.41	0.41	64.46	78.27	83.00	52.02	2.60
Km 1+057	CALTANISSETTA	0.58	0.28	0.28	0.28	0.28	58.25	70.72	83.00	52.02	2.60
Km 1+345	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.17	0.18	0.25	56.23	68.28	83.00	52.02	2.60
Km 1+587	CALTANISSETTA	0.23	0.08	0.07	0.08	0.25	56.23	68.28	83.00	52.02	2.60
Km 1+875 - km 1+830	CALTANISSETTA	1.61	0.78	0.81	0.81	0.81	78.07	94.79	83.00	52.02	2.60
Km 2+076	CALTANISSETTA	0.93	0.52	0.52	0.52	0.52	69.04	83.83	83.00	52.02	2.60
Km3+455diviso	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.18	0.18	0.25	56.23	68.28	83.00	52.02	2.60
Km 3+455A	CALTANISSETTA	0.44	0.18	0.18	0.18	0.25	56.23	68.28	83.00	52.02	2.60
Km 3+455B	CALTANISSETTA	0.36	0.17	0.17	0.17	0.25	56.23	68.28	83.00	52.02	2.60
Km 3+744	CALTANISSETTA	0.52	0.20	0.19	0.20	0.25	56.23	68.28	83.00	52.02	2.60
Km 3+918	CALTANISSETTA	0.37	0.17	0.16	0.17	0.25	56.23	68.28	83.00	52.02	2.60
Km 3+970	CALTANISSETTA	0.70	0.28	0.28	0.28	0.28	58.23	70.71	83.00	52.02	2.60
Km 6+500	CAPODARSO	0.16	0.05	0.05	0.05	0.25	79.31	85.00	85.00	44.82	2.24
Km 7+382	CAPODARSO	0.76	0.51	0.51	0.51	0.51	85.16	91.27	78.00	71.64	3.58
Km 11+684	VILLAROSA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	40.04	53.57	83.00	52.02	2.60
Km 11+684	VILLAROSA	0.60	0.12	0.12	0.12	0.25	37.43	50.08	83.00	52.02	2.60
Km 11+803	VILLAROSA	1.30	0.86	0.86	0.86	0.86	63.02	84.32	80.00	63.50	3.18
Km 12+535	VILLAROSA	0.63	0.40	0.40	0.40	0.40	45.65	61.07	83.00	52.02	2.60
Km 13+092	VILLAROSA	0.61	0.49	0.49	0.49	0.49	49.76	66.58	80.00	63.50	3.18
Km 13+092	VILLAROSA	0.75	0.61	0.61	0.61	0.61	54.58	73.03	80.00	63.50	3.18
1+717 variante	CALTANISSETTA	0.28	0.10	0.10	0.10	0.25	56.23	68.28	80.00	63.50	3.18
1+898 variante	CALTANISSETTA	0.29	0.10	0.10	0.10	0.25	56.23	68.28	80.00	63.50	3.18
2+061 variante	CALTANISSETTA	0.22	0.07	0.07	0.07	0.25	56.23	68.28	80.00	63.50	3.18
2+200 variante	CALTANISSETTA	0.81	0.49	0.49	0.49	0.49	67.98	82.54	80.00	63.50	3.18
2+323 variante	CALTANISSETTA	0.30	0.09	0.08	0.09	0.25	56.23	68.28	80.00	63.50	3.18
NV90 ex NV91 0+176	CALTANISSETTA	0.47	0.21	0.20	0.21	0.25	56.23	68.28	80.00	63.50	3.18
NVX1 0+559	CALTANISSETTA	0.78	0.29	0.28	0.29	0.29	58.53	71.07	83.00	52.02	2.60
NV97 0+300	CALTANISSETTA	0.40	0.09	0.09	0.09	0.25	56.23	68.28	80.00	63.50	3.18
NV03 2+131	ENNA	0.35	0.08	0.07	0.08	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24
NV03 1+825	ENNA	0.18	0.04	0.04	0.04	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24
NV03 1+552	ENNA	0.14	0.07	0.07	0.07	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24
NV03 1+390	ENNA	0.18	0.07	0.07	0.07	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24
NV03 1+312	ENNA	0.19	0.09	0.09	0.09	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24
NV03 1+275	ENNA	0.18	0.06	0.06	0.06	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24
NV03 1+214	ENNA	0.10	0.03	0.03	0.03	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24
NV03 0+796	ENNA	0.23	0.10	0.10	0.10	0.25	45.64	61.92	85.00	44.82	2.24

Tabella 34: Parametri per la definizione dell'Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr200 - attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile

Attraversamento idraulico	$P_{netta}$	$P_{efficace}$	$\phi$	Q	u
	[mm]	[mm]		[m³/s]	[m³/km²]
Km 0+450	68.27	35.37	0.50	2.82	27.54
Km 0+638	75.67	44.84	0.70	24.89	30.61
Km 1+057	68.12	38.62	0.66	6.46	37.88
Km 1+345	65.67	36.65	0.65	9.16	40.75
Km 1+587	65.67	36.65	0.65	0.46	40.75
Km 1+875 - km 1+830	92.19	58.93	0.75	67.45	20.30
Km 2+076	81.23	49.51	0.72	10.00	26.46

Attraversamento idraulico	P <sub>netta</sub>	P <sub>efficace</sub>	φ	Q	u
	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Km3+455diviso	65.67	36.65	0.65	7.37	40.75
Km 3+455A	65.67	36.65	0.65	4.20	40.75
Km 3+455B	65.67	36.65	0.65	3.17	40.75
Km 3+744	65.67	36.65	0.65	8.41	40.75
Km 3+918	65.67	36.65	0.65	2.89	40.75
Km 3+970	68.11	38.61	0.66	23.92	37.89
Km 6+500	82.76	53.68	0.68	0.66	59.69
Km 7+382	87.69	48.26	0.57	33.94	26.33
Km 11+684	50.97	25.23	0.63	4.72	23.89
Km 11+684	47.48	22.65	0.61	0.58	25.19
Km 11+803	81.14	45.52	0.72	30.37	14.64
Km 12+535	58.47	30.94	0.68	16.31	21.45
Km 13+092	63.41	31.68	0.64	8.71	17.88
Km 13+092	69.85	36.59	0.67	17.71	16.57
1+717 variante	65.10	32.96	0.59	2.15	36.65
1+898 variante	65.10	32.96	0.59	1.94	36.65
2+061 variante	65.10	32.96	0.59	0.86	36.65
2+200 variante	79.37	44.09	0.65	31.68	24.90
2+323 variante	65.10	32.96	0.59	1.11	36.65
NV90 ex NV91 0+176	65.10	32.96	0.59	5.06	36.65
NVX1 0+559	68.47	38.91	0.66	9.68	37.49
NV97 0+300	65.10	32.96	0.59	4.00	36.65
NV03 2+131	59.68	34.08	0.75	2.76	37.90
NV03 1+825	59.68	34.08	0.75	0.71	37.90
NV03 1+552	59.68	34.08	0.75	0.53	37.90
NV03 1+390	59.68	34.08	0.75	0.77	37.90
NV03 1+312	59.68	34.08	0.75	1.51	37.90
NV03 1+275	59.68	34.08	0.75	1.02	37.90
NV03 1+214	59.68	34.08	0.75	0.19	37.90
NV03 0+796	59.68	34.08	0.75	0.33	37.90

Tabella 35: Portata di progetto e coefficiente udometrico – Tr200 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile

La verifica degli attraversamenti minori è stata quindi eseguita utilizzando il valore di portata massima ottenuto dai dati degli Annali Idrologici e della Protezione Civile.

Attraversamento idraulico	ANNALI		PROTEZIONE CIVILE	
	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]	u <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]	u <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Km 0+450	3.22	31.44	2.82	27.54
Km 0+638	23.41	28.80	24.89	30.61
Km 1+057	6.03	35.35	6.46	37.88
Km 1+345	8.52	37.93	9.16	40.75
Km 1+587	0.43	37.93	0.46	40.75
Km 1+875 - km 1+830	64.35	19.37	67.45	20.30
Km 2+076	9.46	25.02	10.00	26.46
Km3+455diviso	6.86	37.93	7.37	40.75
Km 3+455A	3.91	37.93	4.20	40.75
Km 3+455B	2.95	37.93	3.17	40.75

Attraversamento idraulico	ANNALI		PROTEZIONE CIVILE	
	Q <sub>200</sub>	U <sub>200</sub>	Q <sub>200</sub>	U <sub>200</sub>
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Km 3+744	7.82	37.93	8.41	40.75
Km 3+918	2.69	37.93	2.89	40.75
Km 3+970	22.33	35.37	23.92	37.89
Km 6+500	0.45	40.54	0.66	59.69
Km 7+382	18.16	14.09	33.94	26.33
Km 11+684	4.02	20.38	4.72	23.89
Km 11+684	0.49	21.53	0.58	25.19
Km 11+803	25.76	12.42	30.37	14.64
Km 12+535	13.87	18.24	16.31	21.45
Km 13+092	7.43	15.26	8.71	17.88
Km 13+092	15.08	14.11	17.71	16.57
1+717 variante	2.01	34.32	2.15	36.65
1+898 variante	1.82	34.32	1.94	36.65
2+061 variante	0.80	34.32	0.86	36.65
2+200 variante	30.12	23.67	31.68	24.90
2+323 variante	1.04	34.32	1.11	36.65
NV90 ex NV91 0+176	4.74	34.32	5.06	36.65
NVX1 0+559	9.04	35.01	9.68	37.49
NV97 0+300	2.08	19.06	4.00	36.65
NV03 2+131	2.57	35.21	2.76	37.90
NV03 1+825	0.66	35.21	0.71	37.90
NV03 1+552	0.49	35.21	0.53	37.90
NV03 1+390	0.71	35.21	0.77	37.90
NV03 1+312	1.41	35.21	1.51	37.90
NV03 1+275	0.94	35.21	1.02	37.90
NV03 1+214	0.17	35.21	0.19	37.90
NV03 0+796	0.30	35.21	0.33	37.90

Tabella 36: Confronto valori di portata e coefficienti udometrici tra i dati degli Annali Idrologici e della Protezione Civile – Tr200 – Lotto 4

Il medesimo procedimento è stato utilizzato per calcolare le portate di piena con un tempo di ritorno pari a 30 anni, le quali sono state utilizzate nella verifica delle opere nella fase provvisoria. Si riportano le tabelle contenenti i parametri calcolati e le portate ottenute.

Attraversamento idraulico	Stazione pluviometrica	t <sub>c</sub> Giandotti	t <sub>c</sub> Kirpich modificato	t <sub>c</sub> medio	t <sub>c</sub>	t <sub>c</sub> adottato	h	h(t <sub>c</sub> =2)	CN	S	la
		[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]
Km 0+450	CALTANISSETTA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	45.90	56.44	80.00	63.50	3.18
Km 0+638	CALTANISSETTA	0.82	0.41	0.41	0.41	0.41	50.58	62.20	83.00	52.02	2.60
Km 1+057	CALTANISSETTA	0.58	0.28	0.28	0.28	0.28	45.40	55.83	83.00	52.02	2.60
Km 1+345	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.17	0.18	0.25	43.73	53.77	83.00	52.02	2.60
Km 1+587	CALTANISSETTA	0.23	0.08	0.07	0.08	0.25	43.73	53.77	83.00	52.02	2.60
Km 1+875 - km 1+830	CALTANISSETTA	1.61	0.78	0.81	0.81	0.81	62.03	76.27	83.00	52.02	2.60
Km 2+076	CALTANISSETTA	0.93	0.52	0.52	0.52	0.52	54.41	66.91	83.00	52.02	2.60
Km3+455diviso	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.18	0.18	0.25	43.73	53.77	83.00	52.02	2.60
Km 3+455A	CALTANISSETTA	0.44	0.18	0.18	0.18	0.25	43.73	53.77	83.00	52.02	2.60
Km 3+455B	CALTANISSETTA	0.36	0.17	0.17	0.17	0.25	43.73	53.77	83.00	52.02	2.60
Km 3+744	CALTANISSETTA	0.52	0.20	0.19	0.20	0.25	43.73	53.77	83.00	52.02	2.60

Attraversamento idraulico	Stazione pluviometrica	t <sub>c</sub> Giandotti	t <sub>c</sub> Kirpich modificato	t <sub>c</sub> medio	t <sub>c</sub>	t <sub>c</sub> adottato	h	h(t <sub>c</sub> =2)	CN	S	la
		[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]
Km 3+918	CALTANISSETTA	0.37	0.17	0.16	0.17	0.25	43.73	53.77	83.00	52.02	2.60
Km 3+970	CALTANISSETTA	0.70	0.28	0.28	0.28	0.28	45.39	55.82	83.00	52.02	2.60
Km 6+500	CALTANISSETTA	0.22	0.06	0.05	0.06	0.25	43.73	53.77	85.00	44.82	2.24
Km 7+382	VILLAROSA	0.76	0.51	0.51	0.51	0.51	41.55	54.80	78.00	71.64	3.58
Km 11+684	VILLAROSA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	33.34	43.97	83.00	52.02	2.60
Km 11+684	VILLAROSA	0.60	0.12	0.12	0.12	0.25	31.26	41.24	83.00	52.02	2.60
Km 11+803	VILLAROSA	1.30	0.86	0.86	0.86	0.86	51.32	67.69	80.00	63.50	3.18
Km 12+535	VILLAROSA	0.63	0.40	0.40	0.40	0.40	37.76	49.81	83.00	52.02	2.60
Km 13+092	VILLAROSA	0.61	0.49	0.49	0.49	0.49	40.99	54.07	80.00	63.50	3.18
Km 13+092	VILLAROSA	0.75	0.61	0.61	0.61	0.61	44.76	59.04	80.00	63.50	3.18
1+717 variante	CALTANISSETTA	0.28	0.10	0.10	0.10	0.25	43.73	53.77	80.00	63.50	3.18
1+898 variante	CALTANISSETTA	0.29	0.10	0.10	0.10	0.25	43.73	53.77	80.00	63.50	3.18
2+061 variante	CALTANISSETTA	0.22	0.07	0.07	0.07	0.25	43.73	53.77	80.00	63.50	3.18
2+200 variante	CALTANISSETTA	0.81	0.49	0.49	0.49	0.49	53.52	65.81	80.00	63.50	3.18
2+323 variante	CALTANISSETTA	0.30	0.09	0.08	0.09	0.25	43.73	53.77	80.00	63.50	3.18
NV90 ex NV91 0+176	CALTANISSETTA	0.47	0.21	0.20	0.21	0.25	43.73	53.77	80.00	63.50	3.18
NVX1 0+559	CALTANISSETTA	0.78	0.29	0.28	0.29	0.29	45.64	56.12	80.00	63.50	3.18
NV97 0+300	VILLAROSA	0.40	0.09	0.09	0.09	0.25	31.26	41.24	80.00	63.50	3.18
NV03 2+131	ENNA	0.35	0.08	0.07	0.08	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18
NV03 1+825	ENNA	0.18	0.04	0.04	0.04	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18
NV03 1+552	ENNA	0.14	0.07	0.07	0.07	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18
NV03 1+390	ENNA	0.18	0.07	0.07	0.07	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18
NV03 1+312	ENNA	0.19	0.09	0.09	0.09	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18
NV03 1+275	ENNA	0.18	0.06	0.06	0.06	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18
NV03 1+214	ENNA	0.10	0.03	0.03	0.03	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18
NV03 0+796	ENNA	0.23	0.10	0.10	0.10	0.25	40.32	52.95	80.00	63.50	3.18

Tabella 37: Parametri per la definizione dell'Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr30 - attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici

Attraversamento idraulico	P <sub>netta</sub>	P <sub>efficace</sub>	φ	Q	u
	[mm]	[mm]		[m³/s]	[m³/km²]
Km 0+450	53.26	24.30	0.43	1.91	18.68
Km 0+638	59.60	31.82	0.51	14.36	17.66
Km 1+057	53.23	26.92	0.48	3.66	21.46
Km 1+345	51.17	25.37	0.47	5.16	22.95
Km 1+587	51.17	25.37	0.47	0.26	22.95
Km 1+875 - km 1+830	73.67	43.18	0.57	40.19	12.10
Km 2+076	64.31	35.55	0.53	5.84	15.45
Km3+455diviso	51.17	25.37	0.47	4.15	22.95
Km 3+455A	51.17	25.37	0.47	2.37	22.95
Km 3+455B	51.17	25.37	0.47	1.79	22.95
Km 3+744	51.17	25.37	0.47	4.73	22.95
Km 3+918	51.17	25.37	0.47	1.63	22.95
Km 3+970	53.21	26.91	0.48	13.56	21.47
Km 6+500	51.53	27.56	0.51	0.28	24.92
Km 7+382	51.22	21.35	0.39	11.38	8.83
Km 11+684	41.37	18.33	0.42	2.60	13.16
Km 11+684	38.64	16.46	0.40	0.32	13.88
Km 11+803	64.51	32.51	0.48	16.44	7.93
Km 12+535	47.20	22.46	0.45	8.97	11.80

Attraversamento idraulico	P <sub>netta</sub>	P <sub>efficace</sub>	φ	Q	u
	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Km 13+092	50.89	22.64	0.42	4.72	9.69
Km 13+092	55.86	26.14	0.44	9.60	8.98
1+717 variante	50.60	22.44	0.42	1.19	20.29
1+898 variante	50.60	22.44	0.42	1.08	20.29
2+061 variante	50.60	22.44	0.42	0.47	20.29
2+200 variante	62.64	31.11	0.47	17.85	14.29
2+323 variante	50.60	22.44	0.42	0.61	20.29
NV90 ex NV91 0+176	50.60	22.44	0.42	2.80	20.29
NVX1 0+559	52.95	24.07	0.43	4.87	18.86
NV97 0+300	38.06	14.26	0.35	1.31	12.03
NV03 2+131	49.78	21.87	0.41	1.35	18.52
NV03 1+825	49.78	21.87	0.41	0.35	18.52
NV03 1+552	49.78	21.87	0.41	0.26	18.52
NV03 1+390	49.78	21.87	0.41	0.37	18.52
NV03 1+312	49.78	21.87	0.41	0.74	18.52
NV03 1+275	49.78	21.87	0.41	0.50	18.52
NV03 1+214	49.78	21.87	0.41	0.09	18.52
NV03 0+796	49.78	21.87	0.41	0.16	18.52

Tabella 38: Portata di progetto e coefficiente uometrico – Tr30 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Annali Idrologici

Attraversamento idraulico	Stazione pluviometrica	t <sub>c</sub> Giandotti	t <sub>c</sub> Kirpich modificato	t <sub>c</sub> medio	t <sub>c</sub>	t <sub>c</sub> adottato	h	h(t <sub>c</sub> =2)	CN	S	la
		[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]
Km 0+450	CALTANISSETTA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	43.83	52.85	80.00	63.50	3.18
Km 0+638	CALTANISSETTA	0.82	0.41	0.41	0.41	0.41	47.86	57.71	83.00	52.02	2.60
Km 1+057	CALTANISSETTA	0.58	0.28	0.28	0.28	0.28	43.40	52.34	83.00	52.02	2.60
Km 1+345	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.17	0.18	0.25	41.95	50.59	83.00	52.02	2.60
Km 1+587	CALTANISSETTA	0.23	0.08	0.07	0.08	0.25	41.95	50.59	83.00	52.02	2.60
Km 1+875 - km 1+830	CALTANISSETTA	1.61	0.78	0.81	0.81	0.81	57.57	69.42	83.00	52.02	2.60
Km 2+076	CALTANISSETTA	0.93	0.52	0.52	0.52	0.52	51.13	61.66	83.00	52.02	2.60
Km3+455diviso	CALTANISSETTA	0.52	0.18	0.18	0.18	0.25	41.95	50.59	83.00	52.02	2.60
Km 3+455A	CALTANISSETTA	0.44	0.18	0.18	0.18	0.25	41.95	50.59	83.00	52.02	2.60
Km 3+455B	CALTANISSETTA	0.36	0.17	0.17	0.17	0.25	41.95	50.59	83.00	52.02	2.60
Km 3+744	CALTANISSETTA	0.52	0.20	0.19	0.20	0.25	41.95	50.59	83.00	52.02	2.60
Km 3+918	CALTANISSETTA	0.37	0.17	0.16	0.17	0.25	41.95	50.59	83.00	52.02	2.60
Km 3+970	CALTANISSETTA	0.70	0.28	0.28	0.28	0.28	43.39	52.33	83.00	52.02	2.60
Km 6+500	CAPODARSO	0.22	0.06	0.05	0.06	0.25	56.90	61.84	85.00	44.82	2.24
Km 7+382	CAPODARSO	0.76	0.51	0.51	0.51	0.51	61.98	67.35	78.00	71.64	3.58
Km 11+684	VILLAROSA	0.65	0.29	0.29	0.29	0.29	31.44	41.19	83.00	52.02	2.60
Km 11+684	VILLAROSA	0.60	0.12	0.12	0.12	0.25	29.53	38.69	83.00	52.02	2.60
Km 11+803	VILLAROSA	1.30	0.86	0.86	0.86	0.86	47.90	62.77	80.00	63.50	3.18
Km 12+535	VILLAROSA	0.63	0.40	0.40	0.40	0.40	35.50	46.52	83.00	52.02	2.60
Km 13+092	VILLAROSA	0.61	0.49	0.49	0.49	0.49	38.47	50.41	80.00	63.50	3.18
Km 13+092	VILLAROSA	0.75	0.61	0.61	0.61	0.61	41.91	54.92	80.00	63.50	3.18
1+717 variante	CALTANISSETTA	0.28	0.10	0.10	0.10	0.25	41.95	50.59	80.00	63.50	3.18
1+898 variante	CALTANISSETTA	0.29	0.10	0.10	0.10	0.25	41.95	50.59	80.00	63.50	3.18
2+061 variante	CALTANISSETTA	0.22	0.07	0.07	0.07	0.25	41.95	50.59	80.00	63.50	3.18
2+200 variante	CALTANISSETTA	0.81	0.49	0.49	0.49	0.49	50.37	60.74	80.00	63.50	3.18
2+323 variante	CALTANISSETTA	0.30	0.09	0.08	0.09	0.25	41.95	50.59	80.00	63.50	3.18

Attraversamento idraulico	Stazione pluviometrica	$t_c$	$t_c$ Kirpich modificato	$t_c$ medio	$t_c$	$t_c$ adottato	$h$	$h(t_c=2)$	CN	S	la
		[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[mm]	[mm]			
NV90 ex NV91 0+176	CALTANISSETTA	0.47	0.21	0.20	0.21	0.25	41.95	50.59	80.00	63.50	3.18
NVX1 0+559	CALTANISSETTA	0.78	0.29	0.28	0.29	0.29	43.61	52.58	80.00	63.50	3.18
NV97 0+300	CALTANISSETTA	0.40	0.09	0.09	0.09	0.25	41.95	50.59	80.00	63.50	3.18
NV03 2+131	ENNA	0.35	0.08	0.07	0.08	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18
NV03 1+825	ENNA	0.18	0.04	0.04	0.04	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18
NV03 1+552	ENNA	0.14	0.07	0.07	0.07	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18
NV03 1+390	ENNA	0.18	0.07	0.07	0.07	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18
NV03 1+312	ENNA	0.19	0.09	0.09	0.09	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18
NV03 1+275	ENNA	0.18	0.06	0.06	0.06	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18
NV03 1+214	ENNA	0.10	0.03	0.03	0.03	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18
NV03 0+796	ENNA	0.23	0.10	0.10	0.10	0.25	35.31	47.24	80.00	63.50	3.18

Tabella 39: Parametri per la definizione dell'Idrogramma Unitario Istantaneo SCS – Tr30 - attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile

Attraversamento idraulico	$P_{netta}$	$P_{efficace}$	$\phi$	$Q$	$u$
	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Km 0+450	49.68	21.81	0.41	1.75	17.10
Km 0+638	55.11	28.35	0.59	15.73	19.35
Km 1+057	49.73	24.31	0.56	4.06	23.84
Km 1+345	47.99	23.03	0.55	5.75	25.60
Km 1+587	47.99	23.03	0.55	0.29	25.60
Km 1+875 - km 1+830	66.81	37.57	0.65	42.99	12.94
Km 2+076	59.06	31.40	0.61	6.34	16.78
Km3+455diviso	47.99	23.03	0.55	4.63	25.60
Km 3+455A	47.99	23.03	0.55	2.64	25.60
Km 3+455B	47.99	23.03	0.55	1.99	25.60
Km 3+744	47.99	23.03	0.55	5.28	25.60
Km 3+918	47.99	23.03	0.55	1.82	25.60
Km 3+970	49.72	24.30	0.56	15.06	23.85
Km 6+500	59.60	34.01	0.60	0.42	37.82
Km 7+382	63.77	30.03	0.48	21.12	16.39
Km 11+684	38.59	16.44	0.52	3.07	15.56
Km 11+684	36.09	14.78	0.50	0.38	16.44
Km 11+803	59.59	28.85	0.60	19.25	9.28
Km 12+535	43.92	20.11	0.57	10.60	13.94
Km 13+092	47.23	20.15	0.52	5.54	11.37
Km 13+092	51.75	23.24	0.55	11.25	10.52
1+717 variante	47.41	20.27	0.48	1.32	22.54
1+898 variante	47.41	20.27	0.48	1.19	22.54
2+061 variante	47.41	20.27	0.48	0.53	22.54
2+200 variante	57.57	27.37	0.54	19.32	15.46
2+323 variante	47.41	20.27	0.48	0.68	22.54
NV90 ex NV91 0+176	47.41	20.27	0.48	3.11	22.54
NVX1 0+559	49.41	21.62	0.50	5.38	20.83
NV97 0+300	47.41	20.27	0.48	2.46	22.54
NV03 2+131	44.06	18.05	0.51	1.46	20.07
NV03 1+825	44.06	18.05	0.51	0.38	20.07
NV03 1+552	44.06	18.05	0.51	0.28	20.07
NV03 1+390	44.06	18.05	0.51	0.41	20.07

Attraversamento idraulico	P <sub>netta</sub>	P <sub>efficace</sub>	φ	Q	u
	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
NV03 1+312	44.06	18.05	0.51	0.80	20.07
NV03 1+275	44.06	18.05	0.51	0.54	20.07
NV03 1+214	44.06	18.05	0.51	0.10	20.07
NV03 0+796	44.06	18.05	0.51	0.17	20.07

Tabella 40: Portata di progetto e coefficiente uometrico – Tr30 – attraversamenti idraulici Lotto 4 – dati da Protezione Civile

Come eseguito per le portate calcolate per i 200 anni, la verifica è stata quindi eseguita utilizzando il valore di portata massima ottenuto dai dati degli Annali Idrologici e della Protezione Civile.

Attraversamento idraulico	ANNALI		PROTEZIONE CIVILE	
	Q <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	u <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]	Q <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	u <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Km 0+450	1.9	18.7	1.7	17.1
Km 0+638	14.4	17.7	15.7	19.4
Km 1+057	3.7	21.5	4.1	23.8
Km 1+345	5.2	22.9	5.8	25.6
Km 1+587	0.3	22.9	0.3	25.6
Km 1+875 - km 1+830	40.2	12.1	43.0	12.9
Km 2+076	5.8	15.4	6.3	16.8
Km3+455diviso	4.2	22.9	4.6	25.6
Km 3+455A	2.4	22.9	2.6	25.6
Km 3+455B	1.8	22.9	2.0	25.6
Km 3+744	4.7	22.9	5.3	25.6
Km 3+918	1.6	22.9	1.8	25.6
Km 3+970	13.6	21.5	15.1	23.8
Km 6+500	0.3	24.9	0.4	37.8
Km 7+382	11.4	8.8	21.1	16.4
Km 11+684	2.6	13.2	3.1	15.6
Km 11+684	0.3	13.9	0.4	16.4
Km 11+803	16.4	7.9	19.2	9.3
Km 12+535	9.0	11.8	10.6	13.9
Km 13+092	4.7	9.7	5.5	11.4
Km 13+092	9.6	9.0	11.2	10.5
1+717 variante	1.2	20.3	1.3	22.5
1+898 variante	1.1	20.3	1.2	22.5
2+061 variante	0.5	20.3	0.5	22.5
2+200 variante	17.9	14.3	19.3	15.5
2+323 variante	0.6	20.3	0.7	22.5
NV90 ex NV91 0+176	2.8	20.3	3.1	22.5
NVX1 0+559	4.9	18.9	5.4	20.8
NV97 0+300	1.3	12.0	2.5	22.5
NV03 2+131	1.3	18.5	1.5	20.1
NV03 1+825	0.3	18.5	0.4	20.1
NV03 1+552	0.3	18.5	0.3	20.1
NV03 1+390	0.4	18.5	0.4	20.1
NV03 1+312	0.7	18.5	0.8	20.1
NV03 1+275	0.5	18.5	0.5	20.1
NV03 1+214	0.1	18.5	0.1	20.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>IDROLOGIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3U	LOTTO 30 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

Attraversamento idraulico	ANNALI		PROTEZIONE CIVILE	
	Q <sub>30</sub>	U <sub>30</sub>	Q <sub>30</sub>	U <sub>30</sub>
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
NV03 0+796	0.2	18.5	0.2	20.1

Tabella 41: Confronto valori di portata e coefficienti udometrici tra i dati degli Annali Idrologici e della Protezione Civile – Tr30 – Lotto 4