

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01

PROGETTO PRELIMINARE

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA

RELAZIONE IDROLOGICA

SCALA:

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

RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Emissione definitiva	IDRQSTUDI <i>[Signature]</i>	Mar.11	R.Laurenzana <i>[Signature]</i>	Mar.11	A. Forina <i>[Signature]</i>	Mar.11	F.Sacchi - Mar.11 <i>[Signature]</i>

File: RSJ101R11RIID0001001A.doc

n. Etab.:
201

PROVINCIA DI ROMA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
INGEGNERE RESPONSABILE
FRANCESCO SACCHI
INGEGNERE DELLA PROVINCIA DI ROMA

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	Elenco elaborati annessi	5
2	SINTESI TECNICO DESCRITTIVA	6
2.1	Inquadramento generale dell'area	6
2.2	Morfologia	6
2.3	Idrografia	9
2.3.1	<i>Descrizione bacino del Fiume Simeto</i>	<i>10</i>
2.4	Inquadramento normativo	12
3	STUDIO IDROLOGICO	13
3.1	Identificazione della rete idrografica	13
3.1.1	<i>MapWindow e l'applicativo TauDEM</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>Individuazione della rete e dei bacini idrografici</i>	<i>18</i>
3.2	Modelli probabilistici per l'analisi statistica delle piogge	24
3.2.1	<i>Il modello probabilistico TCEV</i>	<i>24</i>
3.2.2	<i>Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri</i>	<i>25</i>
3.3	Analisi delle precipitazioni	28
3.3.1	<i>Metodo VAPI Sicilia</i>	<i>28</i>
3.4	Stima delle portate	33
3.4.1	<i>Il metodo cinematico o razionale</i>	<i>33</i>
3.4.2	<i>Il metodo VAPI</i>	<i>36</i>
3.4.3	<i>Definizione delle portate</i>	<i>37</i>
4	BIBLIOGRAFIA	43

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA</p>												
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11 RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>3 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	3 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	3 di 43								

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento geografico della zona in esame.	8
Figura 2 – PAI 2006: stralcio della carta della pericolosità e del rischio geomorfologico. Errore. segnalibro non è definito.	II
Figura 3 – DTM dell’area afferente alla linea ferroviaria Palermo - Catania, tratta Catenanuova - Bicocca.	13
Figura 4 – Identificazione della rete idrografica e dei bacini afferenti.	14
Figura 6 - Ricostruzione dell’idrografia della zona di studio, con la suddivisione dei bacini afferenti alle opere di attraversamento.	20
Figura 7 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.	30
Figura 8 – Carta delle iso-a (a) e delle iso-n (b) per il territorio siciliano.	31
Figura 9 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.	34
Figura 10 - Grafico $Q=cS^n$ per $Tr = 200$ anni.	Errore. Il segnalibro non è definito.

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Elenco elaborati annessi.	5
Tabella 2 – Elenco delle opere di attraversamento maggiori.	18
Tabella 3 – Elenco delle opere di attraversamento minori.	19
Tabella 4 – Caratteristiche dei bacini idrografici.	21
Tabella 6 – Coefficienti a e n.	32
Tabella 10 – Metodo VAPI: curva segnalatrice di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno e per il tempo di corrivazione medio.	38
Tabella 11 – Portate ricavate con il metodo Vapi Sicilia e con il metodo razionale utilizzando le formule di Giandotti, Viparelli e Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione.	40
Tabella 12 – Media delle portate ricavate con l’analisi delle precipitazioni VAPI e con il metodo razionale.	41

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 4 di 43

1 PREMESSA

Scopo del presente lavoro è la progettazione preliminare dell'intervento di raddoppio della linea ferroviaria Palermo - Catania, nella tratta che si sviluppa tra Catenanuova e Bicocca. La tratta della linea ferroviaria interessata dal presente studio è compresa tra la stazione di Catenuova e quella di Bicocca, per uno sviluppo complessivo di circa 38 km compresa tra la progressiva km 0+000 e la km 38+290.13. Ad essa si aggiunge la porzione della linea Catania – Siracusa, dello sviluppo di circa 2 km a partire dalla stazione di Bicocca.

La finalità dello studio idrologico-idraulico è la verifica del funzionamento di una serie di manufatti ferroviari di attraversamento della linea ferroviaria, con riferimento alla portata di progetto. Tali manufatti sono stati individuati sulla base di valutazioni visive condotte durante una serie di sopralluoghi estesi a tutte le opere presenti lungo la tratta ferroviaria in oggetto.

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

- Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante specifici sopralluoghi nei quali sono state acquisite notizie sull'idrografia della zona, sullo stato degli alvei nonché sul comportamento dell'area durante gli eventi piovosi intensi;
- Perimetrazione dei bacini idrografici e studio delle loro caratteristiche geomorfologiche;
- Redazione delle corografie dei bacini idrografici sottesi in corrispondenza della linea ferroviaria;
- Valutazione delle portate liquide concentrate dai bacini idrografici nella sezione di interferenza con la linea ferroviaria, mediante applicazione delle seguenti metodologie:
 - Metodo razionale,
 - Modello statistico regionale VaPi-CNR (codificato in "Valutazione delle piene in Sicilia"- Cannarozzo, D'Asaro, Ferro 1993);

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

1.1 Elenco elaborati annessi

ELABORATO	SCALA	CODIFICA
Relazione idrologica	-	RSJ101R11RIID0001001
Relazione idraulica attraversamenti maggiori	-	RSJ101R11RIID0002001
Relazione idraulica - Allegati		RSJ101R11RIID0002002
Relazione idraulica attraversamenti minori	-	RSJ101R11RIID0002003
Corografia dei bacini	1:50'000	RSJ101R11C2ID0001004
Corografia dei bacini 1/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0001001
Corografia dei bacini 2/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0001002
Corografia dei bacini 3/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0001003
Corografia dei bacini 4/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0001004
Corografia dei bacini 5/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0001005
Carta pericolosità idraulica e rischio 1/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0002001
Carta pericolosità idraulica e rischio 2/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0002002
Carta pericolosità idraulica e rischio 3/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0002003
Carta pericolosità idraulica e rischio 4/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0002004
Carta pericolosità idraulica e rischio 5/5	1:10'000	RSJ101R11C4ID0002005

Tabella 1 – Elenco elaborati annessi.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA														
RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td colspan="2">CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11</td> <td>RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>6 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA		DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11	RI	ID0001 001	A	6 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA		DOCUMENTO	REV.	FOGLIO									
RSJ1	01	R 11	RI	ID0001 001	A	6 di 43									

2 SINTESI TECNICO DESCRITTIVA

2.1 Inquadramento generale dell'area

L'intervento progettuale proposto ricade all'interno del bacino del Fiume Simeto, area che ricade nel versante orientale dell'Isola, sviluppandosi, principalmente, nei territori delle province di Catania, Enna, Messina e marginalmente nei territori delle province di Siracusa e Palermo e ricoprendo in totale una estensione di circa 4.168,93 Km².

Le principali infrastrutture di trasporto sono l'autostrada A19 Palermo – Catania e la Strada Statale n° 192 i cui tracciati risultano essere in sostanziale affiancamento all'intera tratta ferroviaria.

I territori comunali interessati dal tracciato sono quelli di Catenuova, Centuripe, Paternò, Belpasso, Motta Sant'Anastasia e Catania.

La tratta ferroviaria Catenanuova – Bicocca si sviluppa prevalentemente sulla sinistra idrografica del fiume Dittaino presentando numerose interferenze con la rete idrografica superficiale maggiore, oltre che con numerosi fossi e valloni minori. Degne di rilievo sono le interferenze con i diversi tributari dei fiumi Dittaino e Simeto e, in particolare, il nuovo attraversamento del Simeto.

2.2 Morfologia

Nell'area oggetto di studio è possibile distinguere settori a diversa configurazione morfologica.

Nel settore settentrionale prevalgono le forme aspre ed accidentate, dovute alla presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici e quarzarenitici che costituiscono, in gran parte, il gruppo montuoso dei Nebrodi.

Ad Ovest ed a Sud-Ovest sono presenti i Monti Erei, di natura arenacea e calcareniticosabbiosa, isolati e a morfologia collinare; qui l'erosione, controllata dall'assetto strutturale ha dato luogo a rilievi tabulari (mesas) o monoclinali (cuestas).





Figura 1 - Inquadramento geografico della zona in esame.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA												
RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11 RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>9 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	9 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	9 di 43								

Nella porzione centro-meridionale dell'area in esame, invece, i terreni postorogeni plastici ed arenacei, facilmente erodibili, così come quelli della "Serie gessososolfifera", danno luogo ad un paesaggio collinare dalle forme molto addolcite, interrotto localmente da piccoli rilievi isolati, guglie e pinnacoli costituiti da litotipi più resistenti all'erosione.

L'altopiano solfifero, infatti, è dominato da forme ondulate, legate alla presenza di gessi e di calcari evaporitici e, in alcuni casi, anche da affioramenti di arenarie e conglomerati miocenici. I gessi rappresentano il litotipo più diffuso della Serie Evaporitica Messiniana e, a causa della loro elevata solubilità, sono interessati da fenomeni carsici.

Il settore orientale è interessato dalla presenza del rilievo vulcanico dell'Etna; la morfologia è caratterizzata da pendii non molto accentuati che, in presenza di colate recenti, assumono un aspetto più aspro.

Infine il settore sud-orientale presenta una morfologia pianeggiante in corrispondenza della "Piana di Catania".

L'altitudine media del bacino del fiume Simeto è di 531 m.s.l.m. con un valore minimo di 0 m.s.l.m. e massimo di 3.274 m.s.l.m.

2.3 Idrografia

Il principale corso d'acqua in prossimità della zona in eressata dall'intervento in progetto è il Fiume Simeto.

Le caratteristiche principali di tale corso d'acqua sono di seguito elencate:

- Versante: Orientale
- Provincia: Catania, Enna, Messina, Palermo, Siracusa
- Compartimento idrografico: Palermo
- Bacino idrografico principale: F. Simeto
- Recapito del corso d'acqua: Mare Ionio
- Superficie totale del bacino imbrifero (Km²): 4.186,1
- Affluenti: T. Cutò, F. Gornalunga, Fosso Buttaceto, F. Traina, T. Saracena, F. Salso, Vallone Salato, F. Dittaino, T. Finaita
- Serbatoi ricadenti nel bacino: Biviere di Cesarò, Nicoletti, Ancipa, Ogliaastro,

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA												
RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11 RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>10 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	10 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	10 di 43								

Pozzillo

- Altitudine minima (m.s.m.): 0
- Altitudine massima (m.s.m.): 3.274
- Altitudine media (m.s.m.): 531
- Lunghezza dell'asta principale (Km): 116
- Utilizzazione prevalente del suolo: Seminativo 74%, Coltive arboree 11%
- Comuni ricadenti nel bacino: Adrano, Belpasso, Biancavilla, Bronte, Camporotondo Etneo, Capizzi, Cerami, Maletto, Paternò, Sperlinga.

2.3.1 Descrizione bacino del Fiume Simeto

Il bacino del Fiume Simeto ricade nel versante orientale della Sicilia e si estende per circa 4186 Km². Il bacino del Simeto, per estensione, è il più grande bacino idrografico dell'isola; nel suo sviluppo interessa il territorio delle provincie di Catania, Enna, in misura inferiore Messina e marginalmente, Siracusa e Palermo.

Lo spartiacque del bacino corre ad est sui terreni vulcanici fortemente permeabili dell'Etna, a nord sui monti Nebrodi, ad ovest separa il bacino del Simeto da quello del Fiume Imera Meridionale, mentre a sud-est ed a sud corre lungo i monti che costituiscono il displuvio tra il Simeto ed i bacini dei fiumi Gela, Ficuzza e S. Leonardo. Il reticolo idrografico risulta complesso essendo composto da rami di grossa importanza che confluiscono nell'asta principale solo molto a valle o addirittura in prossimità della foce, il bacino non presenta perciò sviluppi in direzioni preferenziali.

Gli affluenti principali del fiume sono: a nord il Fiume Salso (da non confondere col Fiume Imera Meridionale, detto anche Salso), al centro il Fiume Dittaino ed a sud il Fiume Gornalunga. Tali corsi d'acqua, assieme ai fiumi Troina e Cutò, anch'essi affluenti del Simeto con bacino superiore a 100 Km², vengono censiti a parte. La superficie del bacino del Simeto, al netto dei bacini dei fiumi elencati, è di 926.9 Km².

Il Fiume Simeto, lungo 116 Km, nasce dai Nebrodi nella parte settentrionale del proprio bacino, con una serie di torrenti, il più importante dei quali è il Troina. Su questo corso d'acqua è stato realizzato il lago artificiale di Ancipa; altri tre invasi sono stati realizzati invece sui fiumi Salso (Pozzillo), Dittaino (Nicoletti) e Gornalunga (Don Sturzo od Ogliastro).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA												
RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11 RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>11 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	11 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	11 di 43								

Nel bacino del Fiume Simeto sono stati realizzati importanti interventi per la difesa del suolo. Alcuni interventi, finalizzati alla difesa dalle inondazioni, hanno riguardato la inalveazione dei tronchi vallivi dei fiumi Simeto, Dittaino e Gornalunga. Altri interventi, finalizzati alla salvaguardia dei serbatoi dall'interrimento, hanno interessato principalmente i bacini sottesi dai serbatoi di Pozzillo ed Ogliastro. Sono stati effettuati rimboschimenti in alcune zone dei bacini e sistemazioni idrauliche di torrenti e valloni.

Dal punto di vista geologico, il bacino idrografico è costituito, in prevalenza, da terreni impermeabili o che presentano un grado di permeabilità molto basso. Sono tuttavia presenti nel bacino affioramenti localizzati di terreni permeabili assai estesi e di notevole spessore che permettono il formarsi di acquiferi sotterranei di rilevante consistenza, come nella zona vulcanica dell'Etna.

Nelle zone con terreni impermeabili è presente una rilevante circolazione di acque superficiali a regime prevalentemente torrentizio, con la tipica alternanza di lunghi periodi di secca con brevi, ma a volte violente piene.

Nel bacino del Fiume Simeto ricadono i centri abitati di Adrano, Belpasso, Biancavilla, Bronte, Camporotondo Etneo, Motta S. Anastasia, Paternò, S. Maria di Licodia, a parte quelli ricadenti nei bacini dei fiumi Cutò, Troina, Salso, Dittaino e Gornalunga.

Nel territorio del Comune di Paternò, sulle falde sud occidentali dell'Etna, si trovano alcuni fenomeni vulcanici periferici, denominati "Salinelle". Si tratta di tre gruppi di colli coni di fango che, oltre a fango salmastro, emettono anidride carbonica, idrogeno solforato e metano. L'origine di tali fenomeni è da attribuirsi alla presenza, in profondità, di masse magmatiche relative all'antico vulcano preetneo di Paternò.

Come detto in precedenza, il bacino del Simeto si compone dei tre principali sottobacini che sono quelli dei fiumi Salso, Dittaino e Gornalunga, oltre a quelli, di minore estensione, del Troina e Cutò.

Si segnala il Fiume Dittaino in quanto una porzione della tratta ferroviaria si sviluppa in prossimità della sponda sinistra dello stesso. Il Bacino del Dittaino (959 Km²) è compreso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud e presenta una rete idrografica ramificata nella parte montana e con un andamento a meandri nella parte centrale e valliva. L'asta principale si sviluppa complessivamente per circa 93 km.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA												
RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11 RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>12 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	12 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	12 di 43								

2.4 Inquadramento normativo

L'analisi condotta nel presente studio ha preso in considerazione anche gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore. Proprio all'interno degli strumenti legislativi di recente emanazione (dicembre 2004), si è adottato il P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana che individua le aree a rischio idraulico ed idrogeologico.

In particolare è stato consultato il PAI del Bacino Idrografico del Fiume Simeto, Area Territoriale tra il bacino del Fiume Simeto e il bacino del Fiume San Leonardo, Lago di Pergusa, Lago di Maletto emanato nel 2005.

Nella Relazione di Piano sono individuate le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

Dagli elaborati grafici annessi relativi alle carte di pericolosità idraulica si può notare come l'infrastruttura ferroviaria di progetto sia in gran parte esterna alla perimetrazione del Piano di Bacino. Solo in alcuni brevi tratti si ravvisa l'attraversamento delle aree a bassa pericolosità idraulica **P1**.

Discorso a parte va condotto l'attraversamento del Fiume Simeto in cui il tracciato ferroviario attraversamento il tratto d'alveo classificato in area ad alta pericolosità idraulica **P3**.

Analoga situazione si ravvisa in un breve tratto ferroviario in corrispondenza del Vallone Alice Fontanazza alla progressiva km 31.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 13 di 43

3 STUDIO IDROLOGICO

3.1 Identificazione della rete idrografica

Per ottenere una rappresentazione quotata della zona di analisi al fine di ricostruire la complessa rete idrografica dell'area e la suddivisione del bacino per ciascun corso d'acqua attivo o effimero presente nella porzione di terreno studiata, è stata utilizzata la Cartografia Tecnica in scala 1:10'000 della Regione Siciliana. Le informazioni contenute nella suddetta cartografia constano di curve di livello con 10 m di interasse e di diversi punti quotati distribuiti in maniera pressoché omogenea sul territorio.

Grazie a queste informazioni è stato costruito un DTM (Digital Terrain Map) sufficientemente rappresentativo della zona in analisi (Figura 3), il quale è stato poi arricchito e reso più dettagliato in alcuni punti, grazie a informazioni dettagliate raccolte in seguito al rilievo topografico del tratto terminale di ogni corso d'acqua interessato dal presente studio.

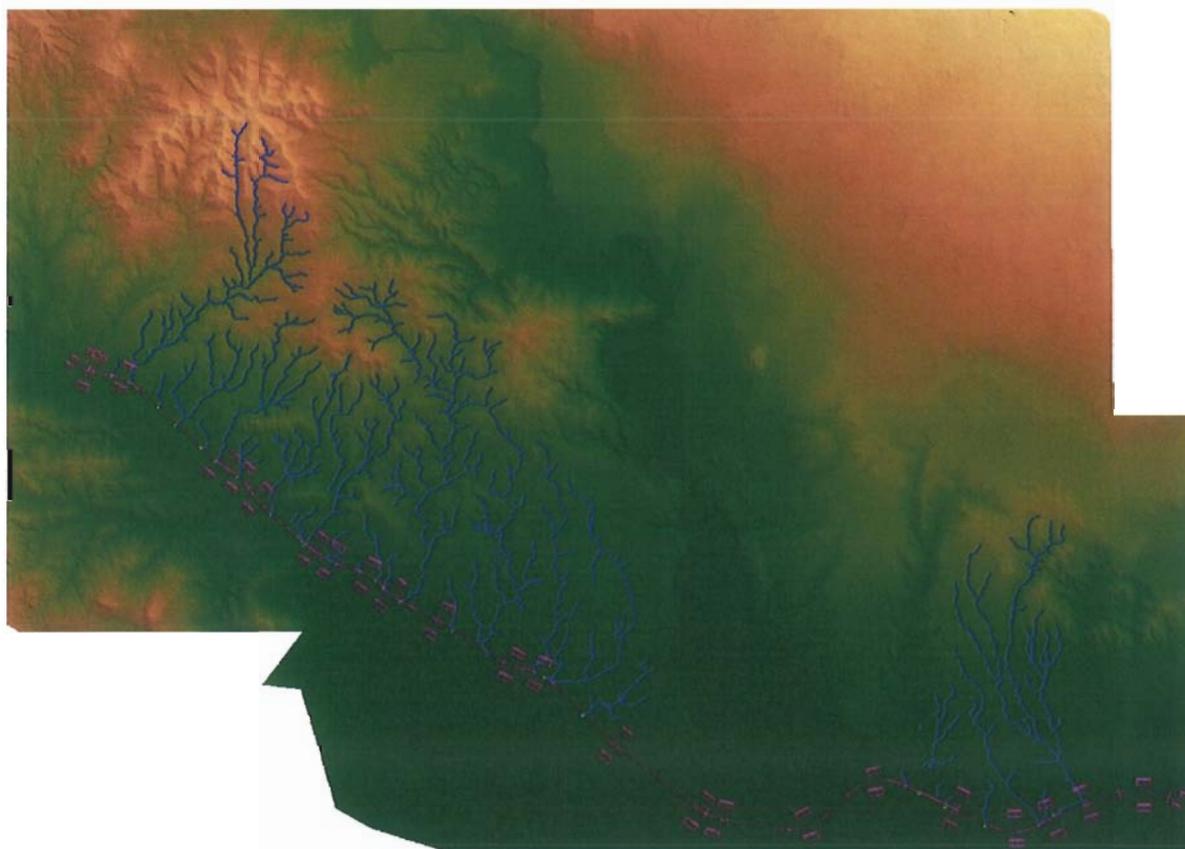


Figura 2 – DTM dell'area afferente alla linea ferroviaria Palermo - Catania, tratta Catenanuova - Bicocca.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 14 di 43

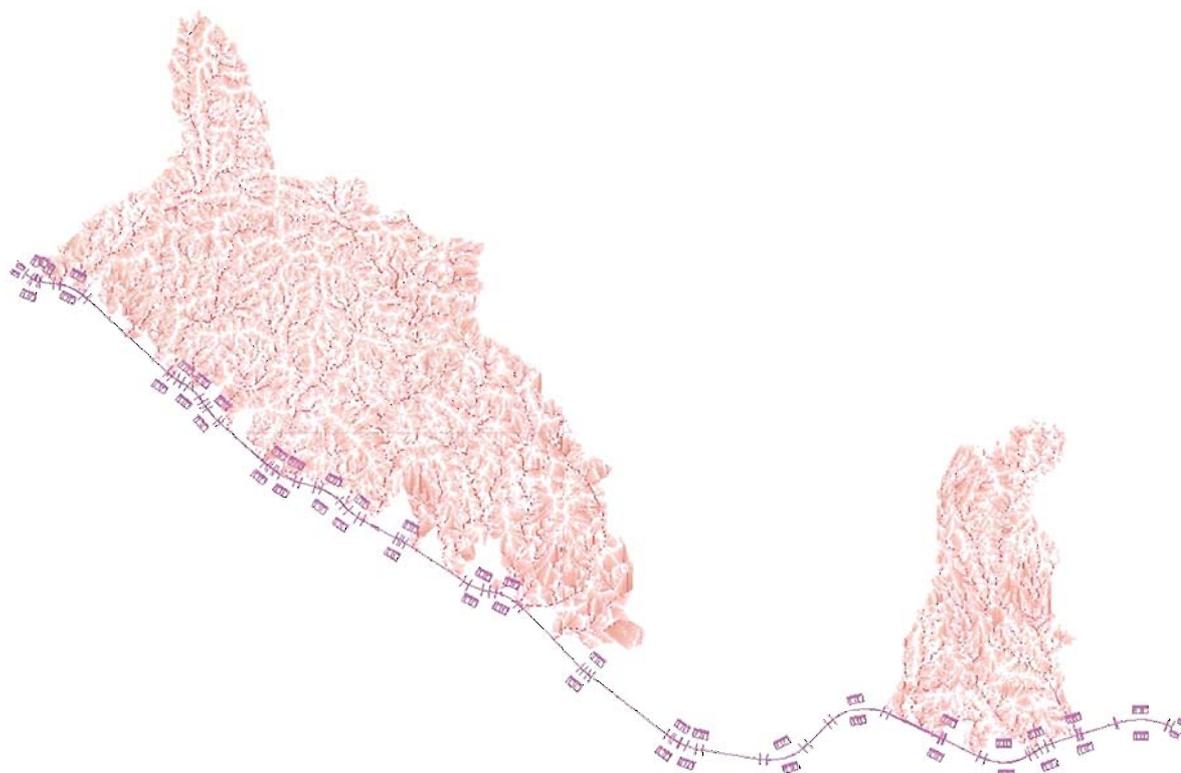


Figura 3 – Identificazione della rete idrografica e dei bacini afferenti.

3.1.1 MapWindow e l'applicativo TauDEM

Per identificare la rete idrografica dell'area di studio, è stato utilizzato il programma MapWindow, software sviluppato dall'Idaho State University e dalla Utah State University, integrato con il plug-in TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models). Questo applicativo consente il riconoscimento della rete idrografica sfruttando semplicemente il DTM dell'area di interesse, che deve essere fornito come griglia di quadrati di dimensioni identiche (pixel) ad ognuno dei quali va associata la quota geodetica media della porzione di territorio sottesa dal quadrato stesso.

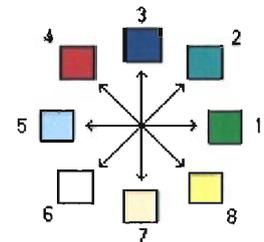
La procedura prevista è la seguente

Estrazione della rete: suddivisione del bacino idrografico in un numero ragionevole di sottobacini e individuare i pixel "canalizzati", pixel che, nella semplificazione idrologica del territorio, dovrebbero corrispondere ai canali della rete idrografica. La configurazione della rete estratta dipende dal criterio di estrazione adottato e dai valori assunti dai parametri.

Fill Pits (Riempimento dei buchi): I pits (buchi) nei modelli digitali del terreno sono delle aree caratterizzate da una quota sensibilmente più bassa di tutto il terreno che li circonda. Sono dovuti generalmente a imperfezioni nel rilievo e possono interferire con la corretta simulazione dei fenomeni idrologici che interessano il bacino. Questa funzione identifica i pits nel DEM ed aumenta la loro quota fino al livello del punto più basso con cui confinano.

Calcolo delle direzioni di drenaggio: il calcolo delle direzioni di drenaggio viene eseguito con il metodo dello *steepest descent* per ogni singolo pixel, con due diverse procedure.

Un primo approccio, detto a 8 direzioni di drenaggio, ipotizza che l'acqua caduta su un certo pixel drena tutta in uno solo dei pixel adiacenti, cioè in quello caratterizzato dal massimo dislivello (verso il basso).



Numerati i pixel adiacenti, la direzione di drenaggio viene identificata con il numero del pixel adiacente che massimizza il rapporto:

$$\begin{cases} \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{z_0 - z_i}{\Delta x} & i \text{ dispari} \\ \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{z_0 - z_i}{\sqrt{2} \cdot \Delta x} & i \text{ pari} \end{cases}$$

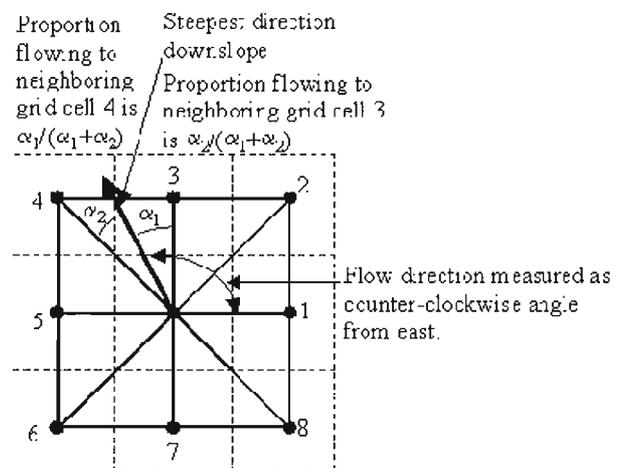
Un secondo approccio, detto a infinite direzioni di drenaggio, identifica la direzione di drenaggio con l'angolo antiorario in radianti a partire dalla direzione Est. L'angolo è determinato come direzione di massima pendenza (verso il basso) sugli otto lati dei triangoli formati dai centri delle celle di una matrice 3 x 3 centrata sul pixel di interesse. In figura, inoltre, è riportato il modo con cui si distribuisce il flusso tra i due pixel interessati dal vettore di massima pendenza: questo si divide in due parti proporzionali all'angolo direzionale del flusso.

Calcolo delle aree cumulate di drenaggio: in base al metodo utilizzato per l'individuazione delle direzioni di drenaggio, si vanno a calcolare le aree cumulate di drenaggio.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA</p>				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<p>PROGETTO RSJ1</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA R 11 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0001 001</p>	<p>REV. FOGGIO A 16 di 43</p>

Per l'approccio a 8 direzioni di drenaggio, l'area cumulata di drenaggio è espressa in termini di numero di pixel: questa è assunta pari al contributo del pixel di interesse (1 unità) più il contributo dei pixel a monte che drenano su esso.

Per l'approccio a infinite direzioni di drenaggio, la procedura rimane sostanzialmente la stessa: questa volta però non si tiene conto di tutta l'area dei pixel a monte che drenano su quello di interesse, ma solo della frazione stabilita dalle relazioni di proporzionalità del flusso precedentemente viste.



Calcolo dell'ordine di Strahler della rete e lunghezza dei percorsi del flusso: la matrice ottenuta dall'applicazione del criterio delle 8 direzioni di drenaggio definisce una rete idraulica. Questa funzione ordina tale rete secondo la convenzione di Strahler. Ai pixel sorgente (ai quali non giunge nessun drenaggio da altri pixel) si assegna ordine 1. Quando due o più percorsi di ordine differente si congiungono, l'ordine del pixel a valle è il massimo dei pixel precedenti. Quando invece si congiungono due percorsi con lo stesso ordine, l'ordine del pixel a valle va incrementato di 1.

Selezione della sezione di chiusura (outlet): la scelta della sezione di chiusura si effettua mediante la selezione di un pixel, che si ritiene appartenere alla rete dei canali, prossimo alla posizione dell'outlet desiderato.

Estrazione della rete a monte della sezione di chiusura: scelta la sezione di chiusura, l'operazione più importante è l'estrazione della rete: stabilire cioè se un certo pixel sia canalizzato oppure no. Ai pixel canale sarà assegnato l'indice 1, ai pixel non considerati canali l'indice 0. Condizione necessaria ma non sufficiente affinché un pixel sia canalizzato è che sia concavo o, in altri termini, la sua curvatura topografica sia positiva.

$$\nabla^2 z = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} > 0$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA</p>												
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11 RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>17 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	17 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	17 di 43								

Per effettuare questa analisi, sono a disposizione tre metodi.

Il più semplice si ottiene fissando una soglia sull'area cumulata di drenaggio. La taratura consisterà nella scelta del parametro di confronto per l'area cumulata. I pixel canale devono dunque soddisfare i seguenti requisiti:

$$\begin{cases} \nabla^2 z > 0 \\ A_{c,i} > \bar{A} \end{cases}$$

Particolarmente indicato per i bacini di montagna, è il criterio che fissa una soglia sul prodotto area cumulata–pendenza. Tale prodotto, infatti, è proporzionale all'attrito di fondo τ_0 . Le condizioni che devono soddisfare i pixel per essere ritenuti canalizzati sono:

$$\begin{cases} \nabla^2 z > 0 \\ \sqrt{A_{c,i}} \cdot S_i \geq \bar{A} \end{cases}$$

Più articolato è il criterio che fissa una soglia sull'area cumulata delle celle concave drenate. Come primo passo il programma compie un'operazione di smoothing (smorza le asperità), in base a diversi pesi assegnati al centro, ai lati e alle diagonali. Contrassegnate tutte le celle della mappa, in un'unica analisi esamina ogni quadrante di 4 celle e rimuove il contrassegno dalla cella più alta. Le celle che rimangono contrassegnate si ritengono concave: visivamente assomigliano ad una rete di canali, nonostante qualche volta non sia garantita la connessione o necessitino assottigliamenti. Il completamento delle connessioni e gli assottigliamenti sono portati a termine calcolando l'area afferente ad una determinata cella, enumerando in questo conteggio solo le celle concave drenate. La soglia da imporre nella taratura, per ottenere la rete di canali, è appunto sul numero di queste celle concave (upwards curved) drenate.

$$\begin{cases} \nabla^2 z > 0 \\ A_i^{UC} \geq \bar{A} \end{cases}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA				
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001

3.1.2 Individuazione della rete e dei bacini idrografici

Lungo la tratta oggetto di studio, il tracciato della linea ferroviaria si sviluppa in un nel primo tratto in prossimità della sponda sinistra del Fiume Dittaino, mentre nel secondo tratto, che va dalla stazione di Motta Sant’Anastasia a quella di Bicocca, in sinistra idraulica del Fiume Simeto.

Nel suo tragitto, la tratta Catenanuova - Bicocca interesecca i tratti terminali di una serie di torrenti, valloni, scoli e rivi.

Mediante l’applicativo precedentemente descritto è stato ricavata la rete idrografica ed i bacini afferenti ai corsi d’acqua sottesi all’altezza dei manufatti di attraversamento della linea ferroviaria.

Grazie ad un dettagliato sopralluogo lungo tutta la tratta ferroviaria oggetto di studio, si è proceduto all’individuazione dei punti di intersezione del tracciato ferroviario Catenanuova - Bicocca con la rete idrografica locale.

Nella Tabella 2 sono elencate le dieci opere di attraversamento principali, caratterizzate dai manufatti maggiori che sono oggetto del presente studio.

ID	PK da profilo di progetto	Denominazione
1	1+458.424	VALLONE DELLA ROSA
2	4+638.000	VALLONE ARANCIARO
3	6+721.867	VALLONE GIUDEO
4	7+809.196	VALLONE FONTANA MURATA
5	10+998.017	VALLONE SFERRO
6	13+659.692	VALLONE TIRABUE
7	27+012.856	TORRENTE FINAITA
8	30+915.854	VALLONE ALICE FONTANAZZA
9	31+874.187	VALLONE MENDOLA
10	35+325 PA - CT 1+038 CT - SR	CANALE BUTTACETO

Tabella 2 – Elenco delle opere di attraversamento maggiori.

Nella Tabella 3 sono elencate le 17 opere di attraversamento minori.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Sito	PK da profilo di progetto	Manufatto di progetto
1	0 + 965	Viadotto
2	2 + 533	Tombino scatolare
3	3+171.073	Scatolare
4	4+110.216	Scatolare
5	5+344.132	Ponticello
6	7 + 215	Tombino scatolare
7	7 + 515	Tombino scatolare
8	8 +590	Tombino scatolare
9	9+768.717	Ponticello
10	10+119.853	Ponticello
11	10+380.511	Tombino scatolare
12	12+579.448	Tombino scatolare
13	13 + 240	Tombino scatolare
14	15+085.820	Tombino scatolare
15	15+456.763	Ponticello
16	16+823.641	Tombino scatolare
17	29+414.900	Ponticello

Tabella 3 – Elenco delle opere di attraversamento minori.

La descrizione dettagliata di ogni intersezione, corredata da un'ampia documentazione fotografica, è riportata nella allegata relazione idraulica.

Una volta individuate in loco le incidenze della rete idrografica sul percorso ferroviario in analisi, si è proceduto a ricavare le coordinate dei punti rilevati, utilizzando in particolar modo il software Google Earth. Le coordinate ricavate in questo modo sono state impostate come sezioni di chiusura di altrettanti bacini, estrapolati dal modello digitale dal suolo grazie al software MapWindow, integrato con l'applicativo TAuDEM.

La rete ed i bacini idrografici, la cui ubicazione planimetrica è rappresentata in Figura 4, sono riportati nelle corografie allegare al progetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 20 di 43

I bacini idrografici, sottesi da altrettanti attraversamenti ferroviari individuati lungo la tratta Catenanuova - Bicocca, sono stati suddivisi in due livelli di importanza a cui corrisponde un diverso approccio di verifica idraulica degli stessi.

Per i dieci attraversamenti maggiori si esegue una verifica mediante elaborazione di simulazioni idrauliche su modello matematico in schema di moto permanente.

Per i 17 attraversamenti minori è stato scelto di eseguire una verifica idraulica a moto uniforme esclusivamente per il manufatto ferroviario.

La rete ed i bacini idrografici sono riportati nelle corografie annesse al progetto.



Figura 4 - Ricostruzione dell'idrografia di una porzione della zona di studio, con la suddivisione dei bacini afferenti alle opere di attraversamento.

Le caratteristiche dei bacini idrografici quali l'estensione, la lunghezza dell'asta principale, la quota in corrispondenza della linea ferroviaria e la quota massima del bacino sono riassunte nella seguente tabella:

ID	PK da profilo di progetto	Corso d'acqua	Lunghezza asta [km]	Superficie bacino [km ²]	h ₀ [m s.m.m.]	h _{max} [m s.m.m.]
1	1+458.424	Vallone della Rosa	10.690	15.669	121.61	650.00
2	4+638.000	Vallone Aranciario	6.226	6.376	95.96	350.00
3	6+721.867	Vallone Giudeo	6.014	4.849	87.82	350.00
4	7+809.196	Vallone Fontana Murata	6.617	7.255	77.96	300.00
5	10+998.017	Vallone Sferro	13.476	21.788	71.74	400.00
6	13+659.692	Vallone Tirabue	9.932	10.791	53.53	250.00
7	27+012.856	Torrente Finaita	12.000	22.250	27.68	248.00
8	30+915.854	Vallone Alice Fontanazza	6.221	4.686	16.46	145.00
9	31+874.187	Vallone Mendola	10.495	17.126	23.55	300.00
10	35+325	Canale Buttaceto	11.009	15.980	17.87	200.50
10 bis	1+038	Canale Buttaceto	15.095	39.646	11.13	300.00

Tabella 4 – Caratteristiche dei bacini idrografici maggiori.

Sito	PK da profilo di progetto	Manufatto di progetto	Lunghezza asta [km]	Superficie bacino [km ²]	h ₀ [m s.m.m.]	h _{max} [m s.m.m.]
1	0 + 965	Viadotto	0.950	0.720	121.00	190.00
2	2 + 533	Tombino scatolare	1.088	0.599	118.00	170.00
3	3+171.073	Scatolare	3.048	4.740	114.00	310.00
4	4+110.216	Scatolare	1.192	0.725	107.00	168.00
5	5+344.132	Ponticello	1.487	1.105	100.00	175.00
6	7 + 215	Tombino scatolare	0.970	0.265	86.00	191.00
7	7 + 515	Tombino scatolare	1.229	0.407	84.00	160.00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

8	8 +590	Tombino scatolare	1.675	0.872	80.00	120.00
9	9+768.717	Ponticello	0.889	0.442	73.00	118.00
10	10+119.853	Ponticello	2.199	1.224	75.00	186.00
11	10+380.511	Tombino scatolare	1.170	0.677	72.00	135.00
12	12+579.448	Tombino scatolare	1.608	1.295	70.00	140.00
13	13 + 240	Tombino scatolare	2.697	1.973	63.00	150.00
14	15+085.820	Tombino scatolare	8.251	5.734	62.00	170.00
15	15+456.763	Ponticello	6.651	7.192	61.00	120.00
16	16+823.641	Tombino scatolare	3.116	3.581	60.00	80.00
17	29+414.900	Ponticello	5.383	4.678	20.50	135.00

Tabella 5 – Caratteristiche dei bacini idrografici minori.

Per quanto riguarda i bacini idrografici interclusi tra quelli sopra definiti non è emersa la presenza di un reticolo idrografico ben definito. La sua delimitazione viene quindi definita dai dislivelli dei bacini adiacenti. Anche se non è presente un'asta principale della rete idrografica che interseca il percorso ferroviario, il bacino viene considerato nella sua estensione perché è il fronte della linea ferrovia che raccoglie con continuità le portate afferenti al sito.

Le caratteristiche idrografiche di tali compluvi sono riassunte nella seguente tabella:

Sito	PK da profilo di progetto	Lunghezza asta [km]	Superficie bacino [km ²]	h ₀ [m s.m.m.]	h _{max} [m s.m.m.]
1	1+130	0.357	0.046	114.00	158.00
2	1+756	0.675	0.209	118.00	168.00
3	2+690	0.477	0.096	116.00	121.00
4	3+630	0.310	0.157	108.00	122.00
5	4+330	0.354	0.045	105.000	123.600
6	5+000	0.460	0.110	100.000	124.000
7	5+750 6+200	0.600	0.390	90.000	132.000

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

8	6+940	0.800	0.290	87.00	167.00
9	8+290	0.270	0.075	80.00	81.00
10	9+150	0.250	0.052	76.00	90.00
11	9+900	0.230	0.065	73.00	89.00
12	10+220	0.330	0.039	74.00	84.00
13	10+650	0.600	0.160	71.00	100.00
14	11+460 12+000	1.300	0.800	73.00	106.00
15	14+400 14+410	1.300	0.910	60.00	83.00
16	15+250	0.390	0.066	63.00	71.00
17	16+165	0.530	0.250	61.00	70.00
18	30+000 30+380	0.650	0.510	16.00	40.00
19	31+165	0.600	0.085	16.00	40.00

Tabella 6 – Caratteristiche dei compluvi interclusi.

3.2 Modelli probabilistici per l'analisi statistica delle piogge

In questo capitolo vengono esposti i richiami fondamentali teorici relativamente all'analisi probabilistica degli estremi idrologici. Viene descritta brevemente la legge teorica utilizzata in questo studio preliminare (TCEV) con indicazioni sulle modalità di stima dei parametri.

3.2.1 Il modello probabilistico TCEV

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

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

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

La funzione ha quattro parametri, Λ_1 , Θ_1 , Λ_2 e Θ_2 . I parametri contraddistinti dal pedice 1 sono relativi agli eventi più frequenti (componente base) mentre quelli con pedice 2 si riferiscono ad eventi più gravosi e rari (componente straordinaria). Ognuna delle due componenti è, a tutti gli effetti, una legge di Gumbel.

I parametri Λ_1 e Λ_2 esprimono, rispettivamente per le due componenti, il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori ad una soglia. I parametri Θ_1 e Θ_2 esprimono invece la media di tali eventi.

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

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

caratterizzata dalla funzione di probabilità cumulata:

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

nella quale risulta:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 25 di 43

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

L'espressione completa della funzione di probabilità cumulata della TCEV può essere ulteriormente semplificata facendo riferimento alla variabile adimensionale $K_{t,Tr} = X_{t,Tr} / \mu(X_t)$ dove con $\mu(X_t)$ si è indicato il *valore indice* (la media della variabile). La funzione di probabilità cumulata di questa nuova variabile $K_{t,Tr}$ è la cosiddetta *curva di crescita* la quale dipende dai parametri Λ_* , Θ_* , Λ_1 e Θ_1 , l'ultimo dei quali è rappresentabile analiticamente in funzione della media.

Tale curva risulta avere validità nell'ambito di sottozone omogenee, per cui rappresenta uno strumento di uso particolarmente comodo. Infatti, nell'ambito delle suddette sottozone, è sufficiente determinare la media della variabile ($\mu(X_t)$) per avere, a partire dalla $K_{t,Tr}$, la distribuzione di probabilità finale.

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

3.2.2 Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri

Si sono già evidenziate le relazioni che intercorrono tra momenti teorici e parametri della distribuzione TCEV. Su queste relazioni si basa la strutturazione regionale della stima dei parametri del modello TCEV, in particolare con riferimento ai momenti del secondo e del terzo ordine.

Va innanzitutto detto che mediante l'espressione dei momenti teorici del modello TCEV, si dimostra che il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_* , Θ_* e Λ_1 ed è quindi indipendente da Θ_1 , mentre il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ_* e Θ_* ed è quindi indipendente da Λ_1 e Θ_1 .

La stima su base regionale di parametri dipendenti da momenti di ordine elevato si rende necessaria in quanto i coefficienti di asimmetria e di variazione campionari, espressi rispettivamente dalle relazioni

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 26 di 43

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

stimati dalle serie storiche dei massimi annuali delle portate istantanee, o delle piogge di fissata durata, presentano una variabilità spaziale che nell'ambito di vaste aree non è superiore alla variabilità campionaria. In altri termini, presentano variabilità campionaria molto elevata, ma bassa variabilità spaziale.

Ciò consente di ipotizzare l'esistenza di regioni nelle quali si può ammettere che i valori teorici di tali momenti siano costanti. Per le relazioni di cui si è detto in precedenza si ha come conseguenza la costanza dei parametri del modello TCEV direttamente legati ai suddetti momenti campionari.

La procedura di regionalizzazione adottata nello studio regionale è di tipo gerarchico strutturata su tre livelli:

I° Livello di regionalizzazione:

Si assume che il coefficiente di asimmetria C_A sia costante in una regione molto ampia (l'intera Italia Appenninica ed insulare ad eccezione della Sardegna). Ciò implica, per quanto detto in precedenza, la costanza dei parametri Λ^* e Θ^* del modello TCEV nella medesima zona.

Inoltre in una regione omogenea rispetto a Λ_* e Θ_* , risulta unica la funzione di probabilità cumulata della variabile standardizzata Y , in quanto essa dipende soltanto dai due suddetti parametri del modello. In assenza di dati sufficienti a mettere in discussione localmente la validità di questa assunzione, si pone che ovunque Λ_* e Θ_* assumano i valori calcolati nell'ambito della zona unica.

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a Λ_* e Θ_* possa suddividersi in sottozone in cui il coefficiente di variazione C_V risulti costante, nel senso che vari con piccoli scarti di disturbo spaziale intorno a valori medi

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA</p>												
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RSJ1</td> <td>01</td> <td>R 11 RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>27 di 43</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	27 di 43
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RSJ1	01	R 11 RI	ID0001 001	A	27 di 43								

differenti da una zona all'altra.

Per il modello TCEV questo si traduce nella costanza del parametro Λ_1 , nella sottozona omogenea, oltre che di Λ_* e Θ_* . Il valore di Λ_1 relativo alla sottozona va stimato utilizzando tutti i dati disponibili nella zona.

Se si individua una sottozona omogenea rispetto a Λ_1 la variabile $K_{t,T_r} = X_{t,T_r} / \mu(X_t)$ risulta identicamente distribuita, si ha cioè una curva di crescita unica per l'intera sottozona.

III° Livello di regionalizzazione

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di aree omogenee nelle quali sia possibile determinare le relazioni che legano la media $\mu(X_t)$ (valore indice) alle caratteristiche fisiche di interesse. Infatti la variabilità della pioggia indice $\mu(X_t)$ con le caratteristiche morfologiche (es. quota) e climatiche è tale che l'ipotesi basata sulla ricerca di aree con $\mu(X_t)$ costante è applicabile solo per le piogge e spesso non è verificata.

Nell'analisi delle piogge orarie per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la curva di probabilità pluviometrica:

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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

3.3 Analisi delle precipitazioni

3.3.1 Metodo VAPI Sicilia

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

I° Livello di regionalizzazione

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

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

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

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è suddivisa nelle tre sottozone A, B e C della Figura 5 e a ciascuna di esse è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro λ_1 , indicato con il simbolo Λ_1 , che risulta dipendente dalla durata:

$$\begin{aligned} \text{Sottozona A} \quad \Lambda_1 &= 14.55 \cdot t^{0.2419} \\ \text{Sottozona B} \quad \Lambda_1 &= 12.40 \cdot t^{0.1802} \\ \text{Sottozona C} \quad \Lambda_1 &= 11.96 \cdot t^{0.0960} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Sottozona A} \quad \alpha &= 3.5208 \cdot t^{0.1034} \\ \text{Sottozona B} \quad \alpha &= 3.3536 \cdot t^{0.0945} \\ \text{Sottozona C} \quad \alpha &= 3.3081 \cdot t^{0.0765} \end{aligned}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA				
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001

Pertanto al h'_t risulta in ciascuna sottozona identicamente distribuita secondo la:

$$P(h'_t) = \exp \left[-\lambda_1 \left(\exp \left(\frac{\mu}{\vartheta_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta^*} \left(\exp \left(\frac{\mu}{\Theta^* \vartheta_1} \right) \right)^{-h'_t} \right]$$

con parametri stimati in accordo alle formulazioni delle diverse sottozone.

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

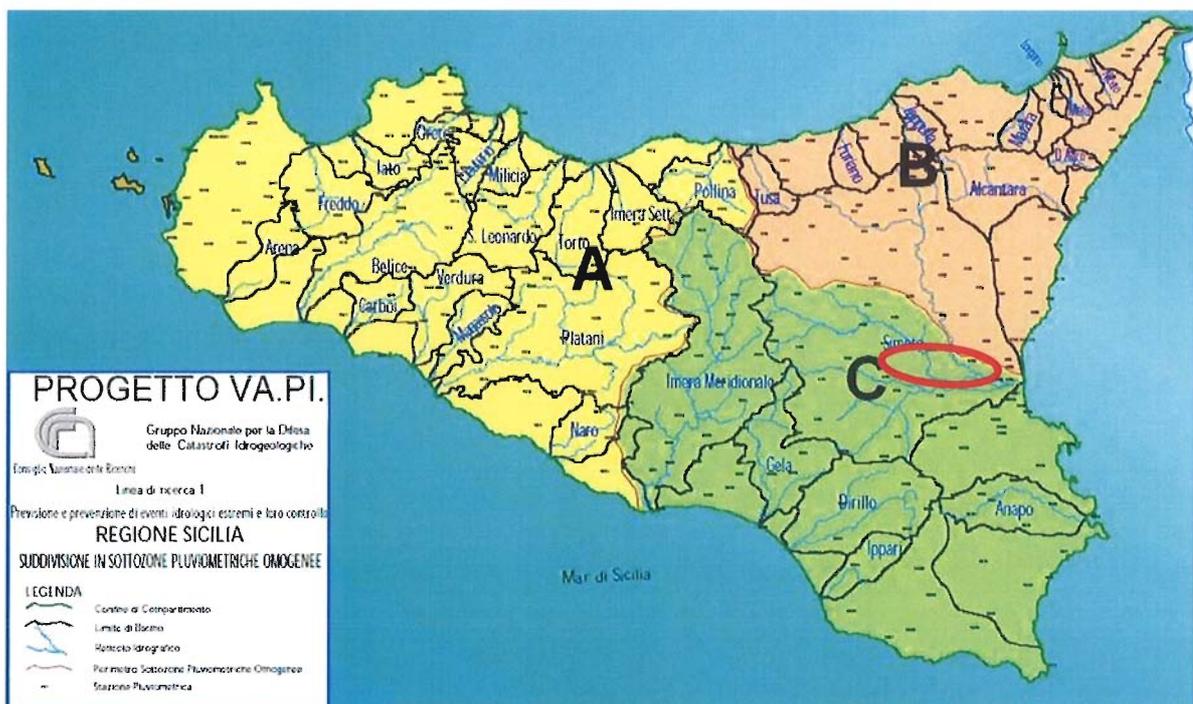
$$h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr) \quad (1)$$

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

$$\begin{aligned} \text{Sottozona A} \quad b_0(t) &= 0.5391 - 0.001635 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0002121 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966 \end{aligned} \quad (2a)$$

$$\begin{aligned} \text{Sottozona B} \quad b_0(t) &= 0.5135 - 0.002264 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0001980 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508 \end{aligned} \quad (2b)$$

$$\begin{aligned} \text{Sottozona C} \quad b_0(t) &= 0.5015 - 0.003516 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101 \end{aligned} \quad (2c)$$



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA				
	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Figura 5 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si otterrà moltiplicando la precedente relazione (1) con i coefficienti determinanti per ciascuna sottozona mediante le (2), per la legge di variazione della media della legge TCEV con la durata, ovvero:

$$h_{t,Tr} = h'_{t,Tr} \cdot \mu(t) \quad (3)$$

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

III° Livello di regionalizzazione

Quest'ultima fase dell'indagine pluviografica aveva come obiettivo quello di individuare un criterio regionale per la stima di μ nei siti privi di stazioni di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la (3) in qualsiasi punto della regione.

Confrontando le medie teoriche μ con le medie campionarie m_c si è riscontrato che, per ciascuna durata, i parametri statistici Λ_1 e Θ_1 possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:

$$m_c = a \cdot t^n \quad (4)$$

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

Questo legame di tipo monomio è stato riconosciuto nelle 172 stazioni pluviografiche siciliane relativamente alle 5 durate di pioggia. Questo risultato consente di definire la curva di possibilità pluviometrica, piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media (m_t per $t=1, 3, 6, 12$ e 24 ore), con i soli due parametri a ed n . Tali parametri sono riportati per ciascuna stazione pluviografica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993]

Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a e n possono essere stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n della Figura 6 non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

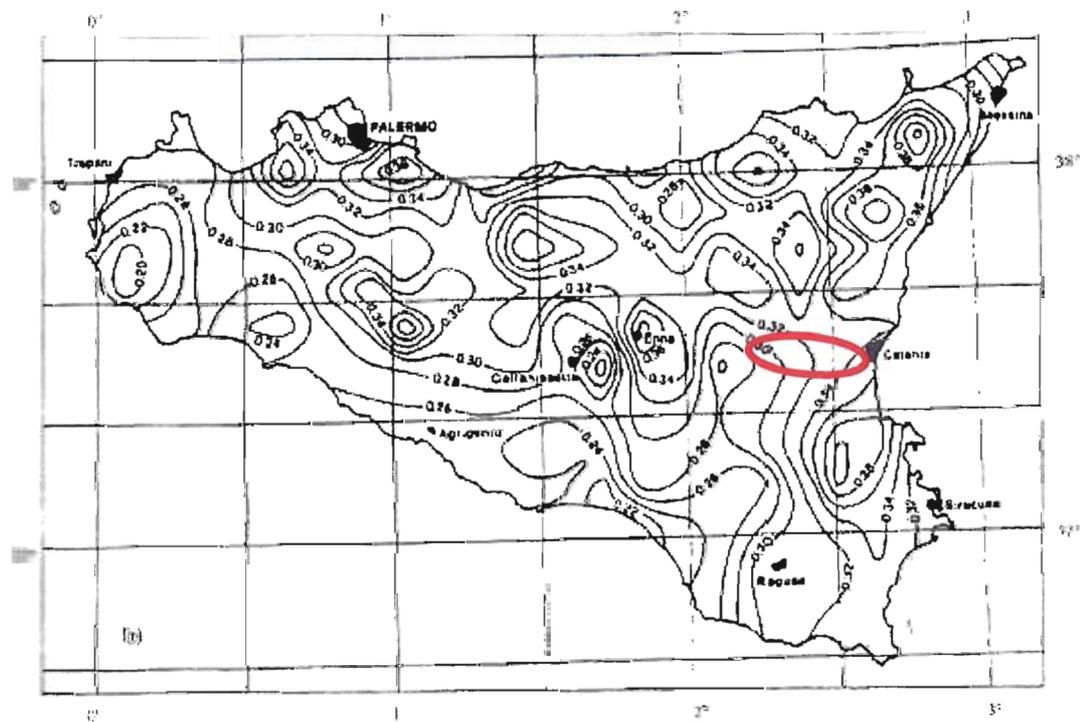
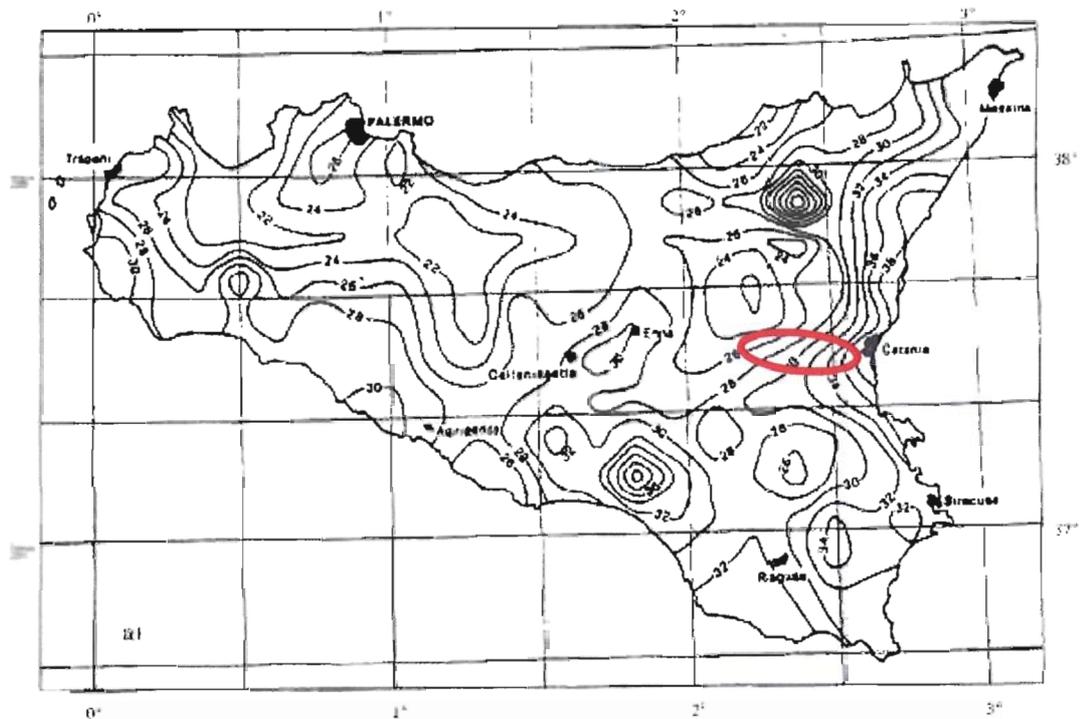


Figura 6 – Carta delle iso-a (a) e delle iso-n (b) per il territorio siciliano.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 32 di 43

Tutti i bacini idrografici analizzati nel presente studio ricadono nella sottozona C della Figura 5 e, pertanto, la curva di possibilità pluviometrica ha la seguente espressione:

$$h_{t,r} = \left[(0.5015 - 0.003516 \cdot t) + (0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101) \cdot \log(T_r) \right] \cdot a \cdot t^n \quad (5)$$

in cui i coefficienti a e n sono stati stimati sulla base sia della carta delle iso- a e delle iso- n di Figura 6, sia dei valori in corrispondenza delle stazioni di Centuripe e Paternò. Nella seguente tabella sono riportati i coefficienti a ed n ed i relativi tratti di linea ferroviaria in cui trovano applicazione.

STAZIONE	TRATTO PROG	a [mm·h ⁻ⁿ]	n
CENTURIFE	Da 0+000 a 24+000	20.8	0.4075
PATERNO'	Da 24+000 a 38+290.13	25.3	0.2975

Tabella 7 – Coefficienti a e n .

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 33 di 43

3.4 Stima delle portate

3.4.1 Il metodo cinematico o razionale

Il metodo viene usato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di relativamente limitata estensione. In questa sede, il metodo è stato utilizzato per la determinazione della massima piena.

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

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

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = 278 \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c}$$

in cui: Q = portata di piena [m^3/sec];
 φ = coefficiente di deflusso;
 h = pioggia netta [m];
 S = area del bacino [km^2];
 τ_c = tempo di corrivazione [ore].

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_c solo una parte del bacino S contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella Figura 7 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

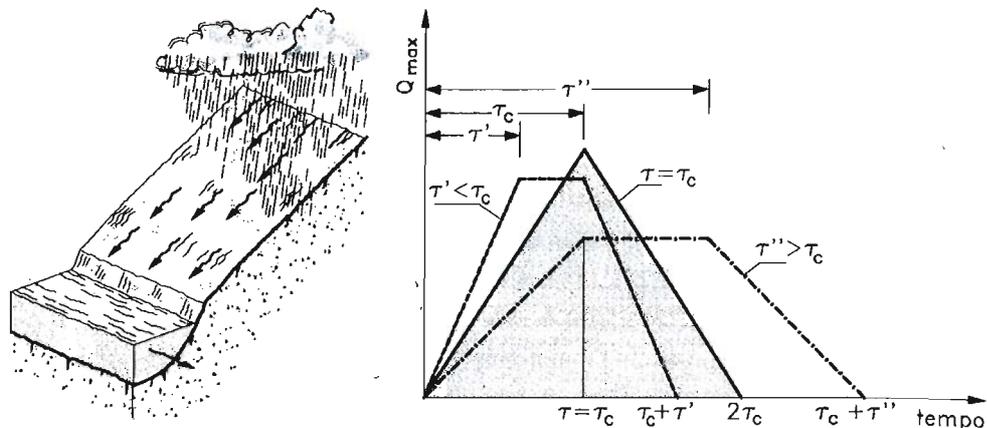


Figura 7 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

Il tempo di corrvazione, 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. Una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo è la formula di **Giandotti** (1934) che tiene conto della morfologia del bacino ed è valida per superfici variabili fra 170 e 70'000 km²:

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

con

A = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km²];

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 corrvazione diverse caratteristiche dei bacini analizzati. Questo garantisce una ricostruzione dei tempi di corrvazione basata sui principali parametri dei bacini.

Un'altra equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrvazione è quella

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 35 di 43

di **Kirpich**. Questa è stata ricavata da dati rilevati in sette bacini agricoli del Tennessee (USA). Questi bacini avevano tutti una canalizzazione ben definita e pendenza tra 0.03 e 0.1 m/m (dal 3 al 10%) e aree da 0.04 a 0.5 km². E' utilizzato ampiamente per bacini urbani, sia per il deflusso delle aree scolanti che per il deflusso nei canali, oltre che per bacini rurali fino a 0.8 km². La formula di Kirpich ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,00662 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i_m}} \right)^{0,77}$$

dove

L = estensione del percorso più lungo che deve compiere la singola particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura [km];

i_m = è la pendenza media del bacino.

Viparelli poi, nel 1963, illustrando un'applicazione del metodo della corrivazione per la ricostruzione degli idrogrammi di piena con riferimento ad alcuni bacini della Campania e della Basilicata, osserva che i risultati della formula di Giandotti possono essere ottenuti in via indicativa, ma più rapidamente utilizzando la seguente formula

$$\tau_c = \frac{L}{v}$$

in cui

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

v = velocità fittizia dell'acqua che si aggira "intorno a 1 m/s, e in nessun caso deve superare 1.5 m/s", corrispondenti a 3.6 - 5.4 km/h, valori da usarsi nella formula precedente.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

3.4.2 Il metodo VAPI

Il progetto VAPI (Valutazione Piene Italia) ha previsto, con riferimento ai massimi annuali delle portate al colmo come per le altezze di pioggia di prefissata durata, l'applicazione della legge di distribuzione TCEV a scala regionale mediante la procedura gerarchica su tre livelli successivi come precedentemente descritto.

L'applicazione di tale metodologia nel caso in esame non sembra condurre ad un'adeguata valutazione delle portate. La stima della portata di piena di assegnato tempo di ritorno si ottiene, per i bacini siciliani, dalla relazione:

$$Q_{Tr} = x'_{Tr} \cdot Q_m \quad (6)$$

dove la funzione inversa della curva di crescita è approssimata per $Tr > 5$ anni con l'espressione:

$$x'_{Tr} = a_0 + a_1 \cdot \log(T_r) \quad (7)$$

con $a_0 = 0.1864$ e $a_1 = 1.9484$ costanti per tutto il territorio della regione siciliana.

Se la sezione di interesse è strumentata, la stima della portata media Q_m può essere effettuata facendo ricorso al campione disponibile dei massimi annuali delle portate al colmo. Se la sezione è priva di stazione di misura bisogna individuare un bacino idrografico idrologicamente omogeneo (avente stessa esposizione, stessa precipitazione media, stesse caratteristiche di permeabilità, ecc.).

In alternativa si può applicare una relazione regionale, cioè tarata utilizzando tutti i valori medi di Q_m , anche per sezioni non strumentate, facendo ricorso a parametri morfosiografici come la superficie del bacino. La stima della media dei massimi annuali della portata al colmo valida per tutto il territorio siciliano [Ferro, 2006] può essere determinata con la seguente:

$$Q_m = 1.2543 \cdot A^{0.8621} \quad (8)$$

in cui Q_m è espressa in m^3/s e A in km^2 .

Tra i modelli che fanno riferimento al concetto di evento meteorico critico, la formula razionale è certamente uno dei più applicati. La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 37 di 43

$$Q_{VAPI} = 278 \frac{\varphi \cdot S \cdot h_{VAPI}}{\tau_c}$$

- in cui:
- Q_{VAPI} = portata di piena [m^3/s];
 - φ = coefficiente di deflusso;
 - h_{VAPI} = pioggia netta, ricavata dalle curve di possibilità pluviometrica, risultato dell'analisi VAPI per le precipitazioni [m];
 - S = area del bacino [km^2];
 - τ_c = tempo di corrivazione [ore].

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_c solo una parte del bacino S contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

3.4.3 Definizione delle portate

La definizione delle portate in corrispondenza della sezione di chiusura dei bacini idrografici è stata effettuata con due metodologie: il modello cinematico e il modello VAPI.

Il primo passo per l'individuazione delle portate per ogni interferenza con i metodi cinematico e VAPI consiste nella determinazione del tempo di corrivazione con le tre formule descritte nel paragrafo 3.4.1. I dati necessari per il calcolo dei tempi (S , L , H_{top} , H_0 , i_m , v) sono stati determinati grazie alla ricostruzione del DTM del bacino idrografico.

Nei parametri utilizzati per la formulazione di Viparelli è stata indicata una diversa velocità fittizia dell'acqua all'interno del bacino a seconda dell'estensione della sua asta principale: quando questa è molto limitata in lunghezza (sotto i 0.5 km), il peso della velocità dell'acqua al di fuori della canalizzazione è molto influente nel calcolo della velocità fittizia dell'acqua all'interno del bacino, accade viceversa nei bacini più grandi contraddistinti da una canalizzazione più diffusa.

Per la determinazione della portata liquida con il metodo cinematico è stato imposto

un coefficiente di deflusso tale da tener conto del comportamento del suolo in seguito ad eventi estremi e nell'ipotesi di considerare un notevole grado di saturazione dello stesso. In questa fase di valutazione preliminare delle portate si è stimato come più plausibile e cautelativo un valore del coefficiente di deflusso pari a **0,5**.

La valutazione delle portate con il metodo razionale è stata eseguita utilizzando le curve di possibilità pluviometrica corrispondenti ad un tempo di ritorno di 100, 200 e 300 anni. Nel seguito si riportano i risultati ricavati utilizzando i tempi di corrivazione individuati con le diverse formule precedentemente esposte.

L'applicazione del metodo VAPI conduce ai seguenti risultati riportati nelle tabelle seguenti.

ID	PK da profilo di progetto	Corso d'acqua	Curva di possibilità pluviometrica VAPI			
			$t_{c\text{medio}}$ [ore]	h 100 [mm]	h 200 [mm]	h 300 [mm]
1	1+458.424	Vallone Della Rosa	2.69	116.55	130.67	138.93
2	4+638.000	Vallone Aranciaro	1.89	105.52	118.28	125.75
3	6+721.867	Vallone Giudeo	1.79	103.85	116.41	123.76
4	7+809.196	Vallone Fontana Murata	2.06	108.00	121.07	128.72
5	10+998.017	Vallone Sferro	3.56	126.17	141.48	150.44
6	13+659.692	Vallone Tirabue	2.94	119.46	133.94	142.41
7	27+012.856	Torrente Finaita	3.54	125.94	141.23	150.17
8	30+915.854	Vallone Alice Fontanazza	2.11	108.77	121.93	129.63
9	31+874.187	Vallone Mendola	2.99	120.06	134.61	143.13
10	35+325	Canale Buttaceto	3.34	123.90	138.94	147.73
10bis	1+038	Canale Buttaceto	4.19	132.22	148.29	157.70

Tabella 8 – Metodo VAPI: curva segnalatrice di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno e per il tempo di corrivazione medio – bacini maggiori.

Curva di possibilità pluviometrica VAPI						
Sito	PK da profilo di progetto	Corso d'acqua	$t_{c\text{medio}}$ [ore]	h 100 [mm]	h 200 [mm]	h 300 [mm]
1	0 + 965	Bacino minore	0.80	82.77	92.76	98.61
2	2 + 533	Bacino minore	0.90	85.58	95.91	101.96
3	3+171.073	Bacino minore	1.67	101.88	114.20	121.40
4	4+110.216	Bacino minore	0.94	86.82	97.30	103.44
5	5+344.132	Bacino minore	1.11	90.76	101.72	108.14
6	7 + 215	Bacino minore	0.66	78.69	88.19	93.74
7	7 + 515	Bacino minore	0.86	84.69	94.92	100.90
8	8 +590	Bacino minore	1.32	95.43	106.96	113.70
9	9+768.717	Bacino minore	0.78	82.30	92.23	98.05
10	10+119.853	Bacino minore	1.26	94.23	105.62	112.28
11	10+380.511	Bacino minore	0.92	86.14	96.54	102.63
12	12+579.448	Bacino minore	1.21	92.97	104.21	110.78
13	13 + 240	Bacino minore	1.61	100.79	112.98	120.11
14	15+085.820	Bacino minore	2.74	117.15	131.35	139.65
15	15+456.763	Bacino minore	2.83	118.20	132.53	140.91
16	16+823.641	Bacino minore	2.75	117.19	131.39	139.70
17	29+414.900	Bacino minore	1.96	106.51	119.39	126.93

Tabella 9 – Metodo VAPI: curva segnalatrice di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno e per il tempo di corrivazione medio – bacini minori.

ID	Nome da profilo storico	GIANDOTTI				VIPARELLI				KIRPICH			
		t_c [ore]	Q_{100}	Q_{200}	Q_{300}	t_c [ore]	Q_{100}	Q_{200}	Q_{300}	t_c [ore]	Q_{100}	Q_{200}	Q_{300}
			[m ³ /s]				[m ³ /s]				[m ³ /s]		
1	Vallone della Rosa	2.45	67.19	75.33	80.09	2.47	66.81	74.90	79.63	3.16	57.89	64.91	69.02
2	Vallone Aranciaro	2.16	29.49	33.06	35.15	1.44	37.43	41.95	44.60	2.08	30.11	33.76	35.89

3	Vallone Giudeo	1.95	23.82	26.71	28.39	1.39	29.05	32.56	34.62	2.03	23.26	26.08	27.73
4	Vallone Fontana Murata	2.46	31.07	34.84	37.04	1.53	41.08	46.04	48.95	2.18	33.33	37.36	39.72
5	Vallone Sferro	3.79	72.23	81.01	86.14	3.12	81.04	90.87	96.62	3.77	72.49	81.29	86.44
6	Vallone Tirabue	3.54	37.29	41.81	44.46	2.30	48.05	53.87	57.27	2.98	41.22	46.22	49.14
7	Torrente Finaita	4.39	70.00	78.52	83.50	2.78	96.33	108.0	114.8	3.45	82.80	92.85	98.73
8	Vallone Alice Fontanazza	2.81	20.15	22.59	24.02	1.44	32.16	36.05	38.32	2.08	24.85	27.85	29.61
9	Vallone Mendola	3.43	63.94	71.69	76.23	2.43	81.43	91.30	97.06	3.11	68.49	76.80	81.66
10	Canale Buttaceto	4.25	51.41	57.66	61.32	2.55	73.48	82.38	87.59	3.23	62.29	69.85	74.26
10 bis	Canale Buttaceto	4.97	114.4	128.3	136.4	3.49	146.2	163.9	174.3	4.12	130.4	146.3	155.6

Tabella 10 – Portate ricavate con il metodo Vapi Sicilia e con il metodo razionale utilizzando le formule di Giandotti, Viparelli e Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione – bacini maggiori.

Sito	Denominazione	GIANDOTTI				VIPARELLI				KIRPICH			
		tc [ore]	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₃₀₀	tc [ore]	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₃₀₀	tc [ore]	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₃₀₀
			[m ³ /s]				[m ³ /s]				[m ³ /s]		
1	Bacino minore	1.03	5.17	5.79	6.16	0.53	7.66	8.58	9.13	0.83	5.84	6.54	6.96
2	Bacino minore	1.16	4.00	4.48	4.77	0.60	5.88	6.59	7.01	0.93	4.57	5.12	5.44
3	Bacino minore	1.68	25.44	28.51	30.31	1.69	25.29	28.35	30.14	1.64	25.77	28.89	30.71
4	Bacino minore	1.18	4.80	5.38	5.72	0.66	6.74	7.56	8.03	0.99	5.30	5.94	6.32
5	Bacino minore	1.31	6.85	7.68	8.16	0.83	9.02	10.11	10.74	1.18	7.31	8.19	8.71
6	Bacino minore	0.61	2.59	2.91	3.09	0.54	2.78	3.12	3.31	0.85	2.13	2.38	2.53
7	Bacino minore	0.89	3.17	3.56	3.78	0.68	3.72	4.17	4.43	1.02	2.93	3.29	3.50
8	Bacino minore	1.75	4.57	5.12	5.45	0.93	6.63	7.44	7.90	1.29	5.46	6.12	6.51
9	Bacino minore	1.05	3.13	3.51	3.73	0.49	4.90	5.49	5.83	0.79	3.70	4.15	4.41
10	Bacino minore	1.30	7.65	8.58	9.12	1.22	7.93	8.88	9.44	1.28	7.72	8.66	9.20
11	Bacino minore	1.12	4.60	5.16	5.49	0.65	6.37	7.14	7.59	0.98	4.99	5.60	5.95
12	Bacino minore	1.47	7.51	8.42	8.95	0.89	10.09	11.31	12.02	1.25	8.27	9.27	9.85
13	Bacino minore	1.83	10.05	11.27	11.98	1.50	11.32	12.69	13.49	1.49	11.34	12.71	13.51

14	Bacino minore	3.73	19.19	21.52	22.88	1.91	28.49	31.94	33.96	2.59	23.83	26.71	28.40
15	Bacino minore	4.76	20.87	23.41	24.90	1.54	40.60	45.51	48.38	2.19	32.96	36.95	39.29
16	Bacino minore	4.84	10.30	11.55	12.29	1.73	18.86	21.14	22.47	1.67	19.27	21.60	22.97
17	Bacino minore	2.76	20.33	22.79	24.23	1.25	35.54	39.83	42.34	1.86	26.82	30.06	31.96

Tabella 11 – Portate ricavate con il metodo Vapi Sicilia e con il metodo razionale utilizzando le formule di Giandotti, Viparelli e Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione – bacini minori.

ID	PK da profilo di progetto	Corso d'acqua	MEDIA VAPI SICILIA		
			Q 100 [m ³ /s]	Q 200 [m ³ /s]	Q 300 [m ³ /s]
1	1+458.424	VALLONE DELLA ROSA	63.96	71.71	76.24
2	4+638.000	VALLONE ARANCIARO	32.34	36.26	38.55
3	6+721.867	VALLONE GIUDEO	25.38	28.45	30.25
4	7+809.196	VALLONE FONTANA MURATA	35.16	39.41	41.90
5	10+998.017	VALLONE SFERRO	75.25	84.39	89.73
6	13+659.692	VALLONE TIRABUE	42.19	47.30	50.29
7	27+012.856	TORRENTE FINAITA	83.04	93.12	99.02
8	30+915.854	VALLONE ALICE FONTANAZZA	25.72	28.83	30.65
9	31+874.187	VALLONE MENDOLA	71.29	79.93	84.99
10	35+325	CANALE BUTTACETO	62.40	69.96	74.39
10 bis	1+038	CANALE BUTTACETO	130.36	146.21	155.47

Tabella 12 – Media delle portate ricavate con l'analisi delle precipitazioni VAPI e con il metodo razionale – bacini maggiori.

Sito	PK da profilo di progetto	Denominazione	MEDIA VAPI SICILIA		
			Q 100 [m ³ /s]	Q 200 [m ³ /s]	Q 300 [m ³ /s]
1	0 + 965	Bacino minore	6.22	6.97	7.41
2	2 + 533	Bacino minore	4.82	5.40	5.74
3	3+171.073	Bacino minore	25.50	28.58	30.39

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA				
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RSJ1	LOTTO 01	CODIFICA R 11 RI	DOCUMENTO ID0001 001

4	4+110.216	Bacino minore	5.62	6.29	6.69
5	5+344.132	Bacino minore	7.73	8.66	9.21
6	7 + 215	Bacino minore	2.50	2.80	2.98
7	7 + 515	Bacino minore	3.28	3.67	3.90
8	8 +590	Bacino minore	5.56	6.23	6.62
9	9+768.717	Bacino minore	3.91	4.38	4.66
10	10+119.853	Bacino minore	7.77	8.71	9.25
11	10+380.511	Bacino minore	5.32	5.96	6.34
12	12+579.448	Bacino minore	8.62	9.66	10.27
13	13 + 240	Bacino minore	10.90	12.22	12.99
14	15+085.820	Bacino minore	23.84	26.72	28.41
15	15+456.763	Bacino minore	31.48	35.29	37.52
16	16+823.641	Bacino minore	16.14	18.10	19.24
17	29+414.900	Bacino minore	27.56	30.90	32.85

Tabella 13 – Media delle portate ricavate con l'analisi delle precipitazioni VAPI e con il metodo razionale – bacini minori.

Nella Tabella 12 sono riportate i valori medi delle portate calcolate con il metodo VAPI Sicilia e con il metodo razionale relativi ai tre tempi di ritorno considerati, con evidenza delle portate di progetto da utilizzare per le successive verifiche idrauliche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA-CATENANUOVA
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RSJ1 01 R 11 RI ID0001 001 A 43 di 43

4 BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V., *Valutazione delle piene in Sicilia*, Istituto di Idraulica dell'Università di Palermo e GNDCI (Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Palermo, 1993.
- Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.
- Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.
- Lo Bosco D., Leonardi G., Scopelliti F., *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*, Quaderno di Dipartimento - Serie Didattica, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002.
- Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977
- Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.
- Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino Idrografico del Fiume Simeto, Area Territoriale tra il bacino del Fiume Simeto e il bacino del Fiume San Leonardo, Lago di Pergusa, Lago di Maletto – Relazione*, 2005.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, 2004.
- Regione Siciliana, Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (ARRA), *Annali Idrologici*, disponibili presso www.osservatorioacque.it.
- Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.
- Ven Te Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.