

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

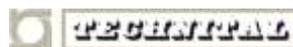


PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
RELAZIONE
RELAZIONE IDROLOGICA

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
DIRETTORE TECNICO Ing. A. DI PALMA D'Agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali s.r.l.	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. M. RASIMELLI	---

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

IA3S 01 E ZZ RI ID0001 001 E

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Continisio	02 04 2021	F. Lomurno	02 04 2021	M. Rasimelli	21 04 2021	
B	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Continisio	20 09 2021	F. Lomurno	20 09 2021	M. Rasimelli	20 09 2021	
C	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Continisio	20 10 2021	F. Lomurno	20 10 2021	M. Rasimelli	20 10 2021	
D	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Continisio	03 01 2022	F. Lomurno	03 01 2022	M. Rasimelli	04 01 2022	14 07 2022
E	IA3S-RV-0000000417	F. Continisio	11 07 2022	F. Lomurno	12 07 2022	M. Rasimelli	13 07 2022	



File: IA3S01EZZRIID0001001E

n. Elab.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	2 DI 80

INDICE

1.	PREMESSA	4
1	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	5
1.1	Caratteristiche geomorfologiche e pedologiche dell'area.....	6
1.2	Le "Lame" di Bari.....	8
1.2.1	La Lama San Giorgio	11
1.3	Lineamenti climatici.....	15
2	PRINCIPALI EVENTI DI PIENA STORICI	17
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO	20
4	IL RILIEVO DELLA ZONA E L'IDENTIFICAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA..	23
4.1	MapWindow e l'applicativo TauDEM	25
4.2	L'individuazione dei compluvi e dei loro bacini	29
4.2.1	Attraversamenti maggiori: Lama Valenzano	30
4.2.2	Attraversamenti maggiori: Lama San Giorgio	31
4.2.3	Interferenze minori: Lama San Marco, Lama Cutizza 1, Lama Cutizza 2 e compluvi minori	33
5	MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE	37
5.1	Il modello probabilistico di Gumbel.....	37
5.2	Il modello probabilistico TCEV.....	40
5.3	Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri.....	41
6	ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI	44
6.1	Metodo di Gumbel.....	44
6.2	Metodo VAPI.....	49
7	STIMA DELLE PORTATE	53
7.1	Il metodo cinematico o razionale	53
7.2	Definizione delle portate in corrispondenza delle interferenze con la rete idrografica	57
7.2.1	Attraversamenti maggiori.....	57
7.2.2	Aggiornamento dati 2021	60
7.2.3	Interferenze minori	63
7.2.4	Canali di gronda	66
7.2.5	Portate di verifica degli attraversamenti maggiori e minori.....	71
8	OSSERVAZIONE E71 RDV	72
8.1	Analisi Idrologica	72
8.2	Determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici	72

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 3 DI 80

8.3	Analisi Pluviometrica	73
8.4	Analisi afflussi deflussi con il metodo CN	75

BIBLIOGRAFIA	79
---------------------------	-----------

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	4 DI 80

1. PREMESSA

Il presente lavoro è parte integrante degli elaborati specialistici relativi allo studio idrologico ed idraulico per il Progetto Esecutivo del Riassetto del Nodo di Bari. Scopo della presente relazione è l'individuazione delle interferenze della nuova linea ferroviaria nell'intervento a Sud di Bari, nella nuova tratta della Bari Centrale – Bari Torre a Mare, con la rete idrografica locale. Si intende inoltre procedere alla valutazione delle portate dei corsi d'acqua intersecanti per la verifica delle opere di attraversamento e della compatibilità idraulica della tratta.

L'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- reperimento della cartografia di base relativa alla zona di studio per l'individuazione dei bacini idrografici dei corsi d'acqua intercettati dalla linea ferroviaria nella tratta in analisi;
- interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante anche specifici sopralluoghi, acquisizione di notizie sull'idrografia della zona, sullo stato degli alvei nonché sul comportamento dell'area durante gli eventi piovosi intensi;
- individuazione e perimetrazione dei bacini idrografici e studio delle loro caratteristiche geomorfologiche;
- raccolta ed analisi preliminare dei dati pluviometrici estesa a tutte le stazioni pluviometriche ricadenti nei bacini idrografici;
- analisi statistica delle piogge intense e determinazione delle curve di possibilità pluviometrica rappresentative per ogni bacino con il metodo di Gumbel e con il metodo VAPI;
- stima delle portate, mediante il modello cinematico ed il metodo VAPI, per ogni bacino idrografico afferente alla tratta ferroviaria in esame.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 5 DI 80

1 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

Il progetto del riassetto del Nodo di Bari prevede la realizzazione della variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare.

La variante di tracciato si sviluppa per 10 km, impegnando in uscita dalla stazione di Bari Centrale il corridoio attualmente occupato dalle Ferrovie del Sud Est e ricongiungendosi con la linea storica circa 2.5 km dopo l'abitato di San Giorgio (BA). Il nuovo tracciato ferroviario attraversa il territorio dei Comuni di Bari, Triggiano e Noicattaro. La ferrovia attraversa una zona sostanzialmente pianeggiante, in cui i due principali corsi d'acqua, a carattere spiccatamente torrentizio, sono la Lama Valenzano e la Lama San Giorgio. Il suo tracciato si sviluppa parte in rilevato e parte in trincea.



Figura 1 - Inquadramento geografico della zona in esame.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 6 DI 80

1.1 Caratteristiche geomorfologiche e pedologiche dell'area

L'area di Bari è situata sul bordo adriatico delle Murge che viene comunemente suddiviso in due grandi aree che hanno subito un'evoluzione plio-pleistocenica assai diversa: Murge alte e Murge basse. L'altopiano delle Murge alte è caratterizzato da estesi affioramenti di calcari mesozoici che, a partire dalla loro emersione avvenuta nel Cretaceo superiore, hanno subito intensi fenomeni carsici non obliterati dalla successiva azione erosiva marina. A quote meno elevate (da 500 m s.m.m. fino al livello del mare attuale), alla morfologia carsica si sono sovrapposti gli effetti dell'ingressione marina plio-pleistocenica e della successiva fase di sollevamento regionale che ha portato alla formazione di 16 ordini di terrazzi marini posti via via a quote decrescenti. Le Murge vengono suddivise in Murge alte e Murge basse proprio in base al livello massimo raggiunto dal mare nell'ingressione plio-pleistocenica che grande influenza ha avuto nell'evoluzione del paesaggio. L'area costiera barese sottende un bacino idrografico di circa 1.000 Km² che mostra i tipici caratteri della morfologia carsica (campi carreggiati, inghiottitoi, doline, ecc.) nel suo settore più elevato (Murge alte). Verso mare, la morfologia carsica è parzialmente obliterata dagli effetti delle variazioni del livello dei mari e del sollevamento regionale. Su tutta l'area di interesse è impostato un fitto reticolo di corsi d'acqua effimeri (a regime torrentizio) che hanno inciso valli poco profonde e svasate.

L'area d'interesse è geologicamente piuttosto omogenea: le formazioni affioranti sono di carattere spiccatamente calcareo, con due tipologie particolari presenti in zona:

1. Il Calcare di Bari (color ocra nella Figura 2) situato soprattutto nella parte più interna della zona di studio, è costituito da una potente serie di strati e banchi calcarei di colore biancastro o grigiastri in parte dolomitizzato, permeabile per fessurazione e carsismo.
2. I Tufi delle Murge (color rosa nella Figura 2), che caratterizzano in particolare la parte a ridosso della linea costiera, sono definiti come calcari arenacei od arenaceo-argillosi, bianchi o giallastri, sono permeabili anche se talvolta le parti pelitiche possono costituire delle marne argillose impermeabili.

In questo contesto geologico sono anche presenti depositi alluvionali permeabili (color azzurro nella figura) in corrispondenza dei corsi d'acqua attivi o effimeri (a regime torrentizio).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 7 DI 80

Questi ultimi sono caratteristici della zona delle Murge e sono denominati “lame” per la particolare morfologia della sezione poco accentuata.

I risultati di una specifica analisi geofisica sulla zona contenuti nella “Relazione conclusiva sulle indagini geoelettriche” lavoro facente parte degli elaborati relativi al Progetto Preliminare per il Riassetto del Nodo di Bari, hanno permesso inoltre di verificare l'estesa presenza di cavità carsiche e inghiottitoi.

L'uso del suolo nella zona di studio si può suddividere in due diverse porzioni di territorio: le estese aree urbane di Bari e delle città satellite della sua periferia e le restanti superfici dedicate all'agricoltura e utilizzate principalmente per colture di cereali, ulivi e vigneti.

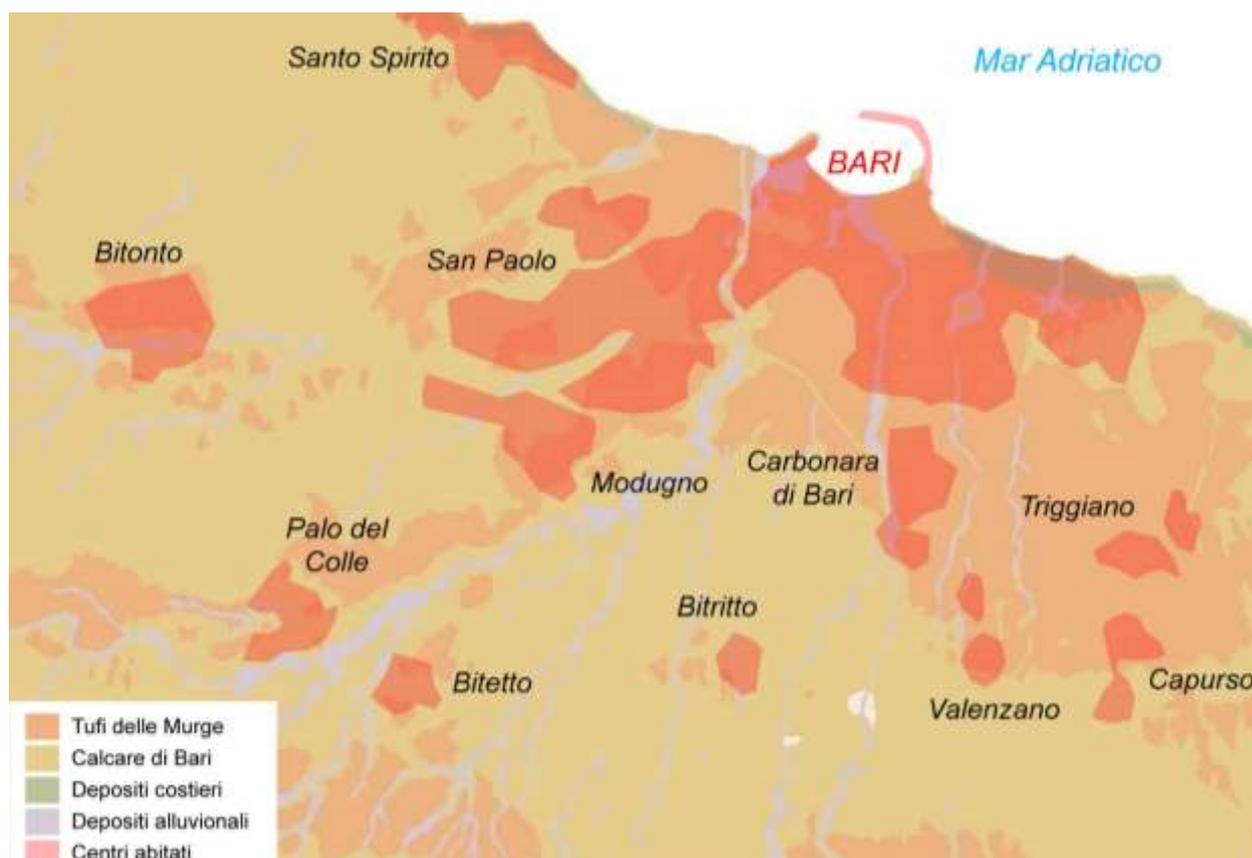


Figura 2 - Inquadramento geologico della zona in esame.

Nella zona murgiana, a monte della zona di Bari, la ripartizione delle attività rurali, storicamente, era caratterizzata dall'allevamento degli ovini nelle Murge alte e dell'agricoltura nelle Murge basse. Questa scelta dipendeva dai caratteri pedologici del suolo:

- nelle Murge alte il terreno è tipicamente costituito da un solo orizzonte omogeneo

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 8 DI 80

(spesso fino a 30-40 cm) costituito da humus (talvolta superiore al 10%), materiale argilloso ed abbondanti frammenti litici calcarei, in genere arido a causa della rapida infiltrazione delle acque meteoriche nel substrato costituito da calcari permeabili per fratturazione e carsismo;

- nelle Murge basse, invece, i suoli presentano spessori maggiori e sono spesso formati da più orizzonti, sviluppatasi sia sui calcari cretacei che sulle unità più recenti, rappresentate dalla Calcarenite di Gravina, Depositi Marini Terrazzati e, più raramente, depositi continentali di tipo alluvionale o cineritico.

Negli ultimi 20-30 anni l'area delle Murge alte è stata soggetta a profondi mutamenti connessi ad una generalizzata azione di "miglioramento fondiario". Una forte politica di sovvenzioni pubbliche (Programmi Integrati Mediterranei della Comunità Europea e L.R. 51/81) ha consentito di estendere in modo imponente le pratiche di "miglioramento fondiario", trasformando in terreni agricoli gran parte delle aree precedentemente destinate a pascolo. Il "miglioramento fondiario" consiste principalmente nell'eliminazione dello scheletro calcareo attraverso le tecniche di spietramento e frantumazione. L'effetto di queste tecniche di miglioramento è innanzitutto un marcato incremento dei processi erosivi connesso ad un drastico aumento dell'aliquota di acqua di ruscellamento superficiale a scapito di quella legata all'infiltrazione.

1.2 Le "Lame" di Bari

Il substrato pianeggiante e altamente permeabile che caratterizza la zona di Bari è causa della formazione di un reticolo idrografico non sempre definito, caratterizzato dall'assenza di deflussi significativi per lunghi periodi anche invernali, ovvero nelle stagioni più piovose. Tali reticoli sono formati da numerose incisioni naturali, caratterizzate da notevoli sezioni trasversali e definite per questo "lame". Queste non sempre sfociano in mare, ma sovente possono anche essere inghiottite dal suolo. Infatti, il calcare cretaceo delle Murge si presenta intaccato da innumerevoli fratture, che, per quanto sottili, assorbono facilmente le acque di pioggia, lasciando scorrere solamente una certa quantità, in periodi di piogge intense. Il calcare è per lo più stratificato e si presenta spesso intaccato da solchi naturali scavati nella massa calcarea, il cui fondo è più o meno ricco di cavità assorbenti o inghiottitoi, in modo che

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOLLIO 9 DI 80

le acque di pioggia giungono al mare solamente quando sono così voluminose da non poter essere tutte smaltite dai suddetti inghiottitoi. D'altra parte il velo di argilla che ricopre il terreno pianeggiante può assicurare una certa impermeabilità, ma se le piogge sono leggere esse vengono assorbite facilmente e trasmesse al sottostante calcare fessurato, mentre se sono intense e prolungate, dopo avere trasformato il terreno in una specie di impasto quasi impermeabile, in parte affluiscono in conche carsiche, molto diffuse in Puglia, aventi nel punto più basso un inghiottitoio, in parte ristagnano, data la natura pianeggiante del terreno e la vegetazione che lo ricopre, ed un'altra parte, favorita dalla pendenza del terreno, viene raccolta negli avvallamenti e portata al mare.

Il sistema delle lame di Bari è stato profondamente compromesso ed alterato dall'espansione urbana della città e dalla realizzazione dei principali assi viari, come per esempio la tangenziale, localizzati in maniera assolutamente indifferente alle caratteristiche e ai valori naturalistici, ambientali e storico – culturali del territorio che attraversano.

In Figura 3 sono visibili le Lame insistenti sulla zona di Bari (M. Mossa, *Le alluvioni di Bari: ciò che la storia avrebbe dovuto insegnare*).

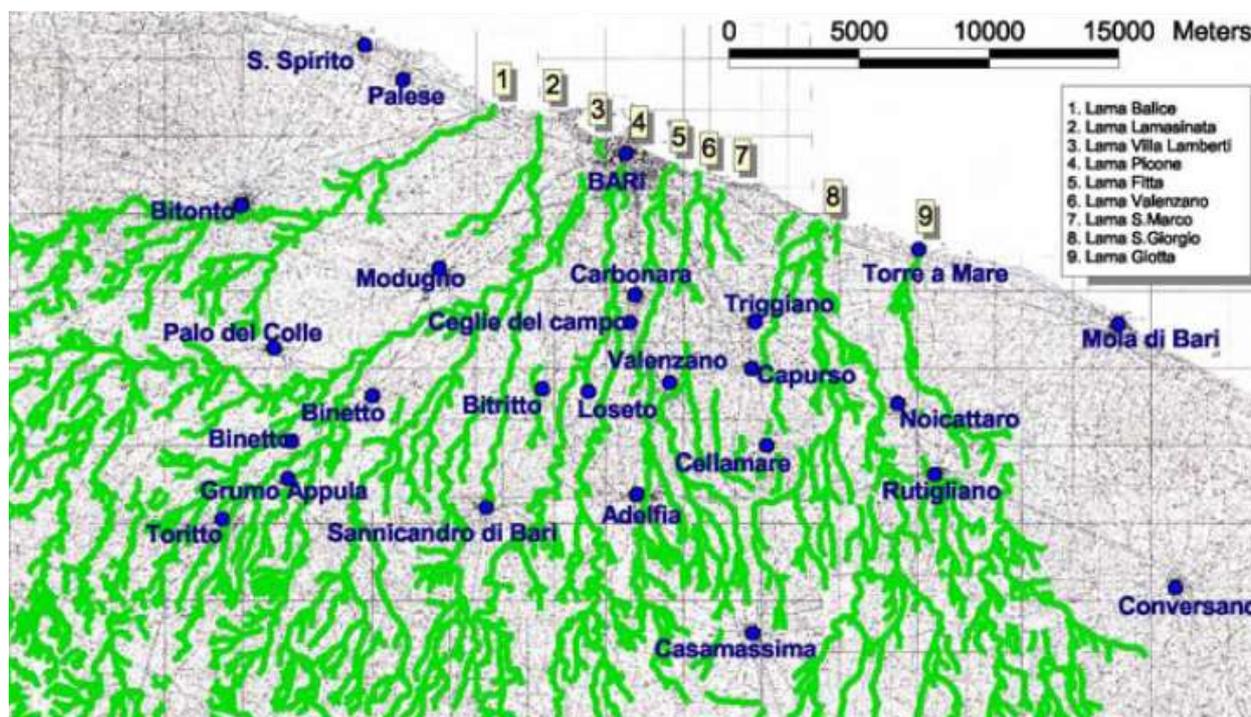


Figura 3 - Il complesso sistema delle Lame di Bari (M. Mossa, *Le alluvioni di Bari: ciò che la storia avrebbe dovuto insegnare*).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	10 DI 80

- I. La Lama Balice (numero 1, Figura 3) è la prosecuzione del torrente Tiflis passante per Bitonto e scende verso il mare toccando le zone nei pressi dell'aeroporto Bari-Palese.
- II. La Lama Lamasinata (numero 2, Figura 3) è fra le lame più importanti. Scende tra Palo del Colle e Bitetto, quindi tocca i terreni tra Modugno e Bitritto, per proseguire verso la zona industriale. Sfocia approssimativamente vicino alla spiaggia di S. Francesco-S. Cataldo, dove è ancora visibile il cosiddetto "canalone" realizzato all'inizio del XX secolo per convogliare le acque piovane durante le alluvioni. Sul ciglio della lama sorgono numerosi insediamenti rupestri. Una sua derivazione era la Lama Gambetta, che da Modugno si ricongiungeva nella zona industriale. La Lama Lamasinata ha un bacino imbrifero di 370 Km².
- III. La Lama Villa Lamberti (numero 3, Figura 3) è relativamente piccola e prende il nome da una villa settecentesca. Parte poco dopo Bitritto e scende lungo la Strada Provinciale Bari-Bitritto-Adelfia. Da Villa Lamberti prosegue fino a sfociare nell'ansa detta di Marisabella, dove oggi sorge il porto nuovo.
- IV. La Lama Picone (numero 4, Figura 3) è insieme alla Lama Lamasinata il più importante corso d'acqua che solca Bari. In esso confluiscono il Torrente Baronale (passante da Adelfia, Loseto, Valenzano, Ceglie) e un secondo torrente che da Sannicandro scende tra Loseto e Bitritto, Ceglie, dove inizia un unico letto torrentizio. Prosegue quindi verso Parco Domingo e Poggiofranco (dove sono ancora visibili importanti insediamenti rupestri), per sfociare nella zona di Marisabella, insieme alla Lama Lamberti. I due corsi d'acqua formavano in questa zona una piccola palude simile ad un laghetto. La Lama Picone, che interessa più direttamente la città di Bari, si compone, dunque, di due rami principali che si congiungono nelle vicinanze della località di Carbonara e ha un bacino imbrifero fino al mare di 292 Km².
- V. La Lama Fitta (numero 5, Figura 3) segue lateralmente sulla destra lo svolgimento dei paesi di Loseto e Ceglie (toccati alla sinistra dalla Lama Picone) e scende tra le attuali Corso Alcide De Gasperi e via Fanelli. Scende al mare dove oggi sorge la spiaggia di "Pane e pomodoro". Importanti insediamenti rupestri sono stati rinvenuti lungo il suo corso.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 11 DI 80

- VI. La Lama Valenzano (numero 6, Figura 3) nasce a Valenzano, per scendere lungo l'odierna via Fanelli e toccare il territorio di Mungivacca. Sfocia al mare lungo il canalone ancora esistente nel quartiere Japigia.
- VII. La Lama S. Marco (numero 7, Figura 3) è un piccolo torrente che nasce presso la masseria Carbone, oggi parrocchia di S. Marco, e scende lungo il piccolo tratto che porta al mare.
- VIII. La Lama S. Giorgio (numero 8, Figura 3) è la più estesa tra quelle che attraversano il territorio di Bari, nascendo nel territorio di Gioia del Colle e sfociando a mare a San Giorgio, dopo aver attraversato il territorio di numerosi Comuni.
- IX. La Lama Giotta (numero 9, Figura 3) parte vicino a Noicattaro e scende allargandosi verso le campagne di Torre a Mare, dove sfocia.

1.2.1 La Lama San Giorgio

L'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" ha sviluppato lo "Studio di fattibilità per l'integrazione degli studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste" nell'ambito del quale è presente uno studio di dettaglio della Lama San Giorgio. Se ne riportano di seguito alcuni stralci ritenuti particolarmente interessanti nell'ambito del presente progetto.

“Una delle lame più importanti in terra di Bari è la lama S. Giorgio che si estende per 42 km di lunghezza con in media 150 m di larghezza. Si origina a valle del Monte Sannace (383 m s.l.m.) nel territorio di Gioia del Colle, percorre in direzione Nord il territorio dei comuni di Sammichele, Casamassima, Rutigliano, Noicattaro e Triggiano e sfocia nel mare Adriatico a Cala S. Giorgio, borgo sul mare a 10 km a Sud-Est di Bari.

La sua morfologia è quella tipica a meandro dei corsi d'acqua, con brevi diramazioni laterali che si congiungono al ramo principale. Il solco carsico risulta generalmente ampio con fondo tendenzialmente a U e pareti poco profonde, in funzione della giacitura delle rocce carbonatiche affioranti lungo i versanti secondo fianchi sub verticali o gradonature con ampie e profonde riseghe. I tratti tipici dei solchi erosivi della lama ben incisi nei calcarei cretacei e le sovrastanti calcareniti infrapleistoceniche (tufi) si osservano nella fascia litoranea barese.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 12 DI 80



Figura 4 – Sezione trasversale del solco carsico di lama San Giorgio (“Studio di fattibilità per l’integrazione degli studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste”).

La lama San Giorgio si presenta asciutta per la maggior parte del tempo essendo alimentata dalle sole acque piovane, e si attiva in occasione di piogge di particolare intensità. Il terreno presenta notevoli quantità di perossido di ferro e di calcare, per cui non riesce a disperdere totalmente le piogge nel sottostante substrato, nel caso di piogge brevi e più marcatamente negli eventi di notevole intensità.

Dal punto di vista geologico il territorio è caratterizzato da un vasto altopiano carbonatico allungato da NO a SE, il cui versante adriatico degrada verso il mare attraverso una serie di ripiani successivi con una conformazione a gradinata. Il livello più alto, rappresentato dalle Murge alte, è caratterizzato da una spiccata morfologia carsica e si estende da ONO-ESE a partire dalla scarpata a contatto con la valle dell’Ofanto fino alle aree degradanti in direzione di Gioia del Colle.

Peculiare di questo sottosistema di paesaggio è la natura calcarea del substrato che caratterizza in maniera inequivocabile le varie tipologie di suolo presenti. Il calcare cretaceo si presenta intaccato da innumerevoli fratture, che, per quanto sottili, assorbono facilmente le acque piovane. Il calcare è per lo più stratificato e si presenta spesso intaccato da solchi naturali il cui fondo è più o meno ricco di cavità assorbenti o inghiottitoi.

[...]Il bacino idrografico si sviluppa in un territorio fortemente antropizzato e densamente popolato caratterizzato da uno sviluppo urbanistico divenuto imponente a partire dagli anni '50. Si tratta di aree urbane caratterizzate da estese superfici sulle quali è impedita l’infiltrazione dell’acqua piovana comportando un aumento del fenomeno di ruscellamento. Si osservano

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 13 DI 80

diversi tipi di insediamenti passando dai centri urbani e dagli insediamenti storico-archeologici ai sistemi puntuali rurali (masserie) e alle recenti intensificazioni edilizie di aree di margine e di edilizia di completamento.

Per quanto riguarda le aree rurali anche esse nel tempo hanno subito profonde modificazioni che hanno influenzato in maniera significativa il bilancio idrologico.

La parte alta del bacino che lambisce l'Alta Murgia è caratterizzata da una matrice agricola a seminativo. Negli ultimi 20-30 anni il territorio murgiano ha subito numerosi cambiamenti legati alle pratiche di miglioramento fondiario sovvenzionate dalla Comunità Europea (Programmi Integrati Mediterranei e L.R. 51/81). Gran parte delle aree precedentemente destinate a pascolo sono state trasformate in terreni agricoli. Attraverso le tecniche di spietramento e frantumazione lo scheletro calcareo è stato tritato garantendo in tale maniera una maggiore lavorabilità del terreno e una maggiore capacità idrica, ma allo stesso tempo perdendone la struttura grumosa primaria ed ottenendo un nuovo costituente dalle caratteristiche di coesione all'interno del suolo e fra suolo e substrato drasticamente minori. Le particelle più fini (in particolare l'humus) nel tempo sono state allontanate facilmente per opera del dilavamento ed i suoli sono divenuti sempre meno produttivi.”

Si riporta di seguito anche una ricostruzione dell'evento meteorico dell'evento 2005, interessante per la stima delle portate di verifica dei manufatti idraulici in progetto.

“L'evento della notte tra il 22 e 23 Ottobre 2005 si è sviluppato durante uno scenario di elevata instabilità meteorologica che persisteva da numerosi giorni nel Mediterraneo. Le precipitazioni nella provincia di Bari furono particolarmente violente e si registrarono in numerose stazioni pluviometriche massimi storici delle precipitazioni brevi di 1, 3, 6 ore, confermando il carattere di eccezionalità dell'evento. Si è verificata una distribuzione convettiva del fenomeno dimostrata da una elevata variabilità spaziale dell'intensità di pioggia; in una distanza di soli 9.5 km, l'intensità di pioggia variava da 122.0 mm/h a 2.4 mm/h.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 14 DI 80

[...] La portata al colmo relativa all'evento del 22-23 ottobre 2005 è stata calcolata utilizzando il metodo del Curve Number del Soil Conservation Service (Gubelli, 2009). Ne è risultato un valore della portata al colmo di 493.4 m³/s.

[...] L'idrogramma di piena è stato successivamente calcolato utilizzando il modello DREAM (Cramarossa, 2009). [...] Di seguito viene riportato l'andamento del deflusso superficiale relativo all'evento del 22-23 ottobre 2005 in cui si osserva una portata al colmo di 460 m³/s."

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	15 DI 80

1.3 Lineamenti climatici

La Puglia è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso e stagione estiva calda e secca; appartiene dunque alle aree con climi marittimi temperati (o climi subtropicali ad estate secca). L'Appennino offre alla regione un certo riparo dai venti occidentali, mentre essa rimane esposta alle correnti atmosferiche provenienti dall'Adriatico e da Sud. Questo le conferisce una minore piovosità rispetto alle regioni del versante tirrenico ed è anche causa di frequenti passaggi bruschi tra tempi meteorologici diversi. I mesi estivi sono caratterizzati da siccità dovuta alle masse d'aria calda e secca tropicale che dominano sul bacino del Mediterraneo. I mesi invernali e autunnali presentano frequente nuvolosità e piogge relativamente abbondanti, recate in genere da venti sciroccali, avvicendate con periodi sereni e piuttosto freddi provocati da venti settentrionali e di NordEst. In primavera s'intercalano anche correnti da SudOvest, di provenienza africana, apportando caldi precoci ed aria soffocante.

I giorni piovosi sono scarsi: il loro numero è compreso tra 60 e 80. La neve è fugace eccetto che per l'alto Gargano e per il Subappennino dauno. Annualmente la regione riceve in media poco più di 600 mm di pioggia; la maggiore piovosità si osserva sul Gargano con 1.100-1.200 mm totali annui, interessato da piogge di tipo orografico a cui si aggiungono quelle d'origine frontale legate alla ciclogenesi del Mediterraneo orientale. La minore piovosità si osserva sul Tavoliere, con valori totali annui al di sotto dei 450 mm ed in una ristretta fascia costiera intorno a Taranto. Nel Subappennino dauno si avvicina a 900 mm annui e la maggior parte delle aree pianeggianti ha meno di 700 mm annui. In tutta la regione, le precipitazioni si concentrano per oltre il 60% nei mesi autunno-invernali, con massimi nel Salento dove raggiungono l'80%. Il ciclo annuo mostra un solo massimo di piovosità ben distinto in novembre o in dicembre, mentre il minimo quasi sempre ricade in luglio per tutta la regione. La stagione estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio: infatti, ad eccezione del Gargano e del Subappennino dove si hanno precipitazioni di poco superiori a 50 mm, i valori sono inferiori a 30 mm; in alcuni anni i mesi estivi sono stati del tutto privi di pioggia. Succede, tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte 30-50 mm in pochi minuti. Elevata è, infine, la variabilità interannuale delle piogge: si può passare in una

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	16 DI 80

qualunque stazione dai 300 mm di un anno ai 900-1.000 mm dell'anno seguente, come è accaduto a Bari nel 1913 (371 mm) e nel 1915 (1.095 mm).

La maggior parte della regione ha una temperatura media annua compresa tra 15° C e 17° C. Il mese più freddo è gennaio. I valori più bassi si registrano sul Gargano e sul Subappennino dauno con 3° C, mentre quelli più alti nelle zone costiere della penisola salentina. I mesi più caldi sono luglio e agosto con temperature medie di 27° C -28° C. Foggia, con medie estive intorno ai 29° C e con frequenti punte intorno ai 40° C è una delle città più calde d'Italia. I giorni di "gelo", con temperature sotto 0° C, sono 15-16 nel Subappennino, meno nelle altre aree. I giorni "tropicali", quelli cioè con temperature superiori a 30°C sono mediamente 30 lungo la costa barese ed 80 nella zona compresa tra Taranto e Lecce.

Nella Figura 5, tratta da un rapporto dell'Archivio cartografico della Regione Puglia, è rappresentata la mappa delle temperature medie e quella delle isoiete per il territorio regionale.

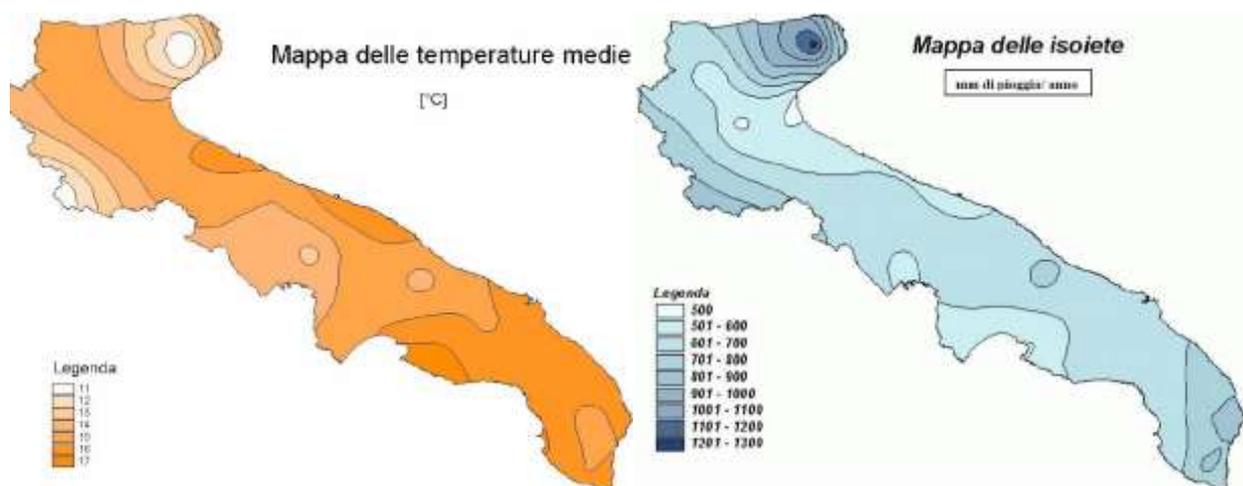


Figura 5 – Mappa delle temperature medie e delle isoiete per la regione Puglia (Autorità di Bacino della Puglia, *Piano di Bacino, stralcio assetto idrogeologico*).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 17 DI 80

2 PRINCIPALI EVENTI DI PIENA STORICI

La zona in esame fa parte del grande bacino idrografico che insiste, con diversi corsi d'acqua, sull'area di Bari. Questa è stata spesso interessata, nel corso della storia, da numerosi eventi di alluvionamento che hanno segnato in modo importante anche il suo sviluppo. Le fonti storiche parlano di danni ingenti causati da disastrose alluvioni (ottobre 1557; febbraio 1683; settembre 1827; agosto 1883) che non provocarono vittime solo perché avvennero in territori non ancora pienamente urbanizzati.

All'inizio del secolo scorso, in una città già densamente popolata, le alluvioni del Valenzano (agosto 1914; settembre 1915), del Lamasinata (novembre 1925) e del Picone (febbraio 1905; settembre 1915; novembre 1926) provocarono vittime e danni molto più ingenti a causa sia delle opere di urbanizzazione che del massiccio disboscamento operato nel bacino idrografico a monte del capoluogo. L'alluvione del Picone nel novembre 1926 (Alfieri, 1928) in particolare produsse danni incalcolabili ad infrastrutture, abitazioni, attività industriali ed agricole determinando purtroppo anche numerose vittime (19 morti). L'evento, provocato dalle abbondanti piogge cadute in tutto il territorio barese, fu reso disastroso dalla costruzione di un canale deviatore che, dal Picone, convogliava le acque nel Lamasinata. Per ovviare a questa sequenza di errori strategici nella difesa del suolo fu emanato un R. D. (8/10/1927) su proposta del Ministero dei Lavori Pubblici che, classificando di terza categoria (ed addirittura parte dei bacini del Valenzano, Montrone, Picone e Lamasinata come "montani" con R. D. 14/7/1928) i corsi d'acqua della provincia barese, consentì la loro sistemazione attraverso cospicui finanziamenti pubblici. Le opere, che prevedevano la ricostruzione della traversa Carbonara del Picone, l'allargamento della sezione di quasi tutte le lame ed imponenti sistemazioni idraulico-forestali, si protrassero per lunghi anni, ma evitarono che il successivo evento eccezionale di pioggia verificatosi nel 1957 producesse importanti danni.

L'evento meteorologico registrato nella notte fra il 22 ed il 23 ottobre 2005 ha riproposto drammaticamente il problema del rischio alluvioni nella zona di Bari. L'evento si sviluppa in uno scenario di forte instabilità meteorologica che persisteva sul mediterraneo da numerosi giorni. In seguito a queste condizioni critiche, le precipitazioni in provincia di Bari sono state particolarmente violente, in numerose stazioni sono stati registrati massimi storici delle

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	18 DI 80

precipitazioni brevi di 1,3 e 6 ore, in particolare nella stazione di Mercadante si sono misurati oltre 150 mm di pioggia in 2 ore. Si è trattato, dunque, di un forte evento meteorologico se si pensa che i valori massimi delle medie annuali della Provincia di Bari oscillano fra i 578 mm/a (Altamura) ed i 700 mm/a (Santeramo): in poche ore sono caduti circa 1/4 dei mm di pioggia che si registrano mediamente in un anno. Inoltre, da un'analisi dei dati puntuali di precipitazione forniti dai pluviometri emerge un'elevata variabilità spaziale delle precipitazioni, con intensità che variano da 122 mm/h a 2.4 mm/h a distanza di soli 9.5 km.



Figura 6 – Ciclone mediterraneo o Tropical Like Cyclones (TLC) del 22-23 Ottobre 2005.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	19 DI 80



Figura 7 – Quartiere S. Rita di Bari dopo l'alluvione del 2005.



Figura 8 – Quartiere S. Rita di Bari, ex-cava di Maso dopo l'alluvione del 2005.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	20 DI 80

3 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 (novembre 2005), si è adottato il P.A.I., Piano di Assetto Idrogeologico che individua le aree a rischio idraulico ed idrogeologico.

Nella Relazione di Piano vengono individuate le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'inquadramento e la caratterizzazione degli eventi alluvionali responsabili di conseguenze negative 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.

La perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico nasce da un complesso percorso che considera le seguenti fasi:

1. censimento degli eventi storici alluvionali e di piena;
2. validazione di ogni singolo evento censito;
3. perimetrazione preliminare;
4. perimetrazione definitiva.

In particolare la prima fase ha acquisito le informazioni da fonti ufficiali quali:

- il Progetto VAPI (Valutazione Piene) per la Puglia, redatto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR;
- il progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane), redatto sempre dal GNDICI, indagine storica che copre il periodo dal 1919 al 1996;
- il Piano Straordinario per l'assetto idrogeologico redatto dalla Regione Puglia ai sensi della legge 267/98 e della L. 226/99, avvalendosi del supporto tecnico-scientifico dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR, del Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, dell'Istituto Pugliese Ricerche Economiche e Sociali (IPRES), e del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari.
- gli atti e i documenti resi disponibili dagli Uffici competenti della Regione Puglia;
- le fonti giornalistiche.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	21 DI 80

La perimetrazione definitiva delle aree critiche redatta dall’Autorità di Bacino, di cui si riporta un’illustrazione in Figura 9, è riportata tra gli elaborati grafici allegati al presente studio.

Dalla perimetrazione appare evidente l’ampia estensione delle aree di pericolosità idraulica e di rischio. Risulta chiaro come i corsi delle lame principali che interessano con il loro tracciato l’abitato di Bari siano campiti da una delle due fasce. La Lama Valenzano e la Lama San Giorgio, interessate dagli interventi oggetto del presente studio, sono attraversate dalle opere di progetto in corrispondenza di aree ad alta pericolosità idraulica **AP** ed in coincidenza, inoltre, di aree a rischio più elevato **R4**. Va dunque sottolineata la necessità di provvedere ad un accurato studio idrologico/idraulico innanzitutto degli attraversamenti citati ma in generale anche su tutta la linea per progettare un ottimale sistema di smaltimento delle portate della nuova linea ferroviaria, data la complessa morfologia del territorio e l’intensità degli eventi alluvionali a cui è soggetta l’area.



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 22 DI 80

Legenda

●●● tracciato

Pai Vigente 19-06-2019

- AP
- MP
- BP
- PG3
- PG2
- PG1

Figura 9 - Carta delle aree soggette a rischio idrogeologico (PAI 2019).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	23 DI 80

4 IL RILIEVO DELLA ZONA E L'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 delimitazione del bacino per ciascun attraversamento idraulico lungo la tratta ferroviaria, sono stati sfruttati due strumenti:

- Il DEM (Digital Elevation Model) di tutta la porzione di territorio 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).



Figura 10 – DEM della Nasa

- il DTM (Digital Terrain Model) disponibile sul sito del Servizio Informativo Territoriale della Regione Puglia. Il DTM così realizzato è distribuito in formato ASCII RASTER e si presenta come un grigliato regolare, con passo di griglia di 8 metri. Il Sistema di riferimento è UTM-WGS84, fuso 33. Il DTM presenta l'accuratezza in quota pari ad 1m (l'accuratezza altimetrica è relativa a zone di terreno scoperto, prive di vegetazione e quanto altro impedisca una chiara collimazione per la valutazione della quota), tranne che nelle zone con vegetazione fitta (copertura >70%) o ad alto fusto, in cui l'accuratezza decresce di un ulteriore valore pari a 1/4 dell'altezza media degli alberi.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	24 DI 80

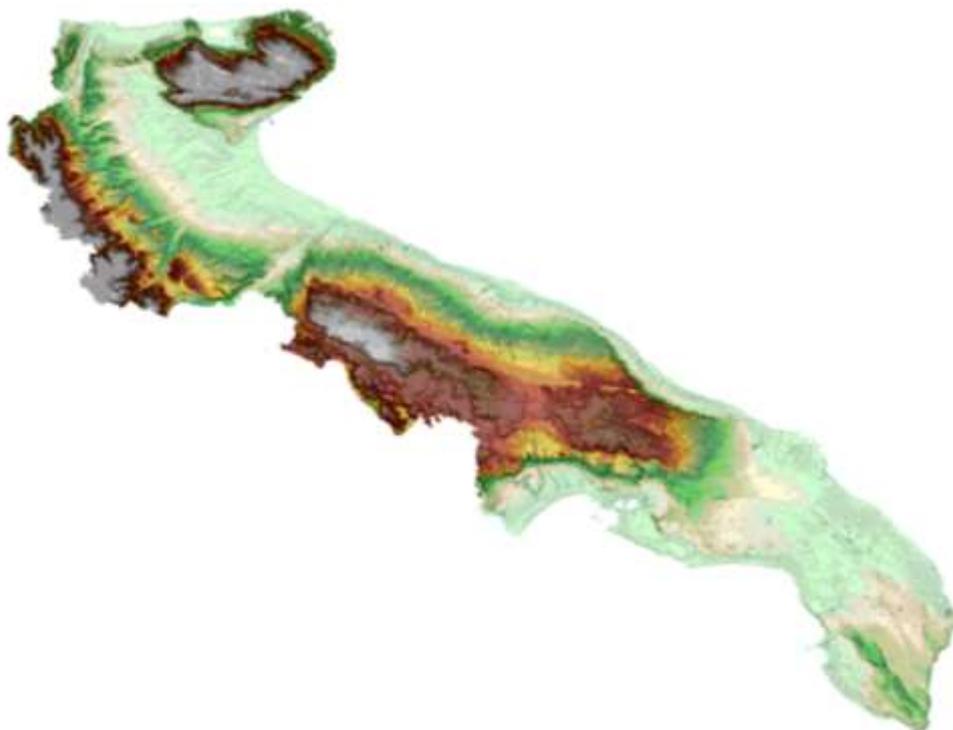


Figura 11 - DTM della Regione Puglia.

Grazie a queste informazioni sono stati costruiti due DTM (Digital Terrain Map) di diverso dettaglio. Il DTM con minor definizione (30 m) ha consentito la ricostruzione della rete idrografica e del bacino del corso d'acqua più importante, la Lama San Giorgio. Il DTM a maggior risoluzione (8 m) ha permesso invece l'individuazione del bacino di tutti gli altri attraversamenti.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	25 DI 80

4.1 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.

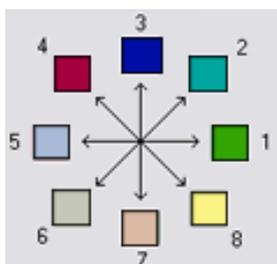
La procedura prevista è la seguente

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).

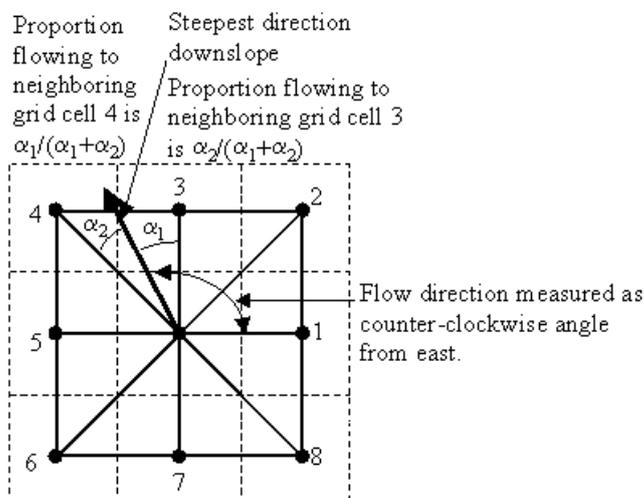


APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 26 DI 80

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.

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	27 DI 80

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.

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

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:

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	28 DI 80

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

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.

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 29 DI 80

4.2 L'individuazione dei compluvi e dei loro bacini

La variante di tracciato Bari Centrale - Bari Torre a Mare si sviluppa per 10.2 km, impegnando in uscita dalla stazione di Bari Centrale il corridoio attualmente occupato dalle Ferrovie del Sud Est e ricongiungendosi con la linea storica circa 2.5 km dopo l'abitato di San Giorgio (BA). La ferrovia attraversa una zona sostanzialmente pianeggiante, sviluppandosi altimetricamente alla stessa quota del piano campagna nel primo tratto per poi attestarsi (a partire dal km 1+500 della progressiva dell'intervento) in rilevato. Alla progressiva 2+420 è previsto l'attraversamento della Lama Valenzano, di qui la ferrovia prosegue in rilevato, conservando questa configurazione fino alla progressiva 4+280. Da qui in poi il tracciato si sviluppa in trincea, fino alla progressiva 5+730 a partire dalla quale poi la ferrovia torna in rilevato. Da qui in poi il piano del ferro si attesta a quote inferiori al piano campagna, con una configurazione in trincea. L'attraversamento della Lama San Giorgio viene realizzato ad una quota più depressa delle sponde con un ponte a tre campate. Dall'attraversamento della lama fino al ricongiungimento con la linea storica al km 10+130 l'andamento della ferrovia prosegue in trincea.

Laddove per lunghi tratti l'altimetria del piano del ferro si attesta a quote inferiori rispetto al piano campagna, è fondamentale analizzare accuratamente l'idrografia locale, in quanto eventuali interferenze idrauliche della linea ferroviaria provocherebbero conseguenze estese a tutta la linea. Viceversa, nei tratti dove la linea ferroviaria si attesta a quote superiori rispetto al terreno circostante e viene individuato un possibile compluvio interferente, sarà valutata l'ipotesi di prevedere un idoneo manufatto di attraversamento idraulico.

Si evidenzia che all'interno dei bacini idrografici individuati, comprendano i contributi delle aree scolanti. Si tratta di sottobacini senza un'idrografia definita i cui apporti sono compresi all'interno delle portate definite dal presente studio idrologico.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	30 DI 80

4.2.1 Attraversamenti maggiori: Lama Valenzano

L'attuale corso del Valenzano è il frutto di interventi di sistemazione idraulica effettuati in seguito alla disastrosa e catastrofica alluvione del 1926. Infatti, a seguito di questo evento il Torrente Montrone, passante per Adelfia e originariamente sfociante nel torrente Lamasinata, venne deviato nel torrente Valenzano. Un ulteriore intervento è consistito nella sistemazione dello sbocco a mare del torrente Valenzano con un ampio canale a sezione trapezia di larghezza pari a 30 m (Figura 12).

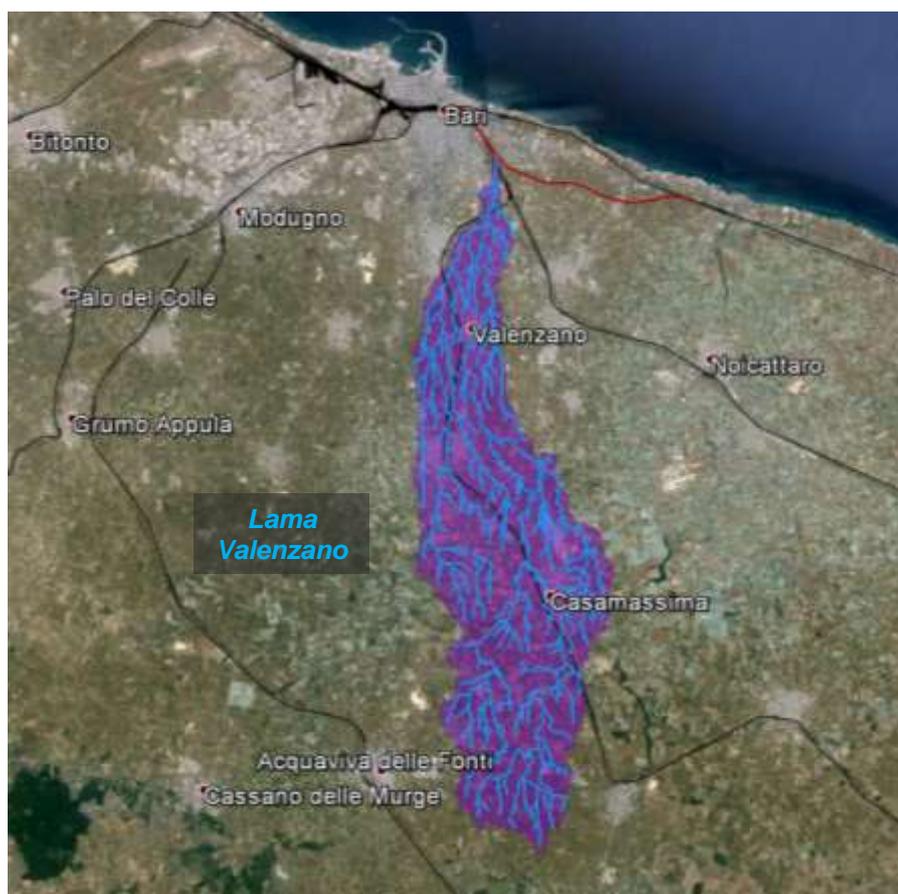


Figura 12 - Bacini degli attraversamenti a monte dell'Intervento Sud.

Nel progetto della variante di tracciato Bari Centrale - Bari Torre a Mare l'attraversamento previsto della Lama Valenzano, è costituito da un impalcato con campata

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	31 DI 80

unica di circa 40 m. La struttura sarà oggetto di verifica nella relazione idraulica allegata a questo lavoro.

L'analisi effettuata con il DTM a passo 8 m ha permesso la ricostruzione del bacino della Lama Valenzano con una sufficiente approssimazione: la superficie afferente al corso d'acqua è risultata essere pari a 99.11 km², sviluppati prevalentemente in direzione Sud – Nord. Nella Figura 12 è visibile il bacino e il reticolo idrografico della Lama Valenzano.



Figura 13 - Planimetria dell'attraversamento ferroviario della Lama Valenzano e della Lama San Marco.

4.2.2 Attraversamenti maggiori: Lama San Giorgio

La Lama San Giorgio, con i suoi 40 chilometri di lunghezza, rappresenta una delle lame più lunghe di questa parte del territorio della Puglia: nasce a valle di Monte Sannace (a 383 metri s.l.m. nel territorio di Gioia del Colle) e, dopo aver attraversato in direzione nord il territorio dei Comuni di Sammichele, Casamassima, Rutigliano, Noicattaro e Triggiano, sfocia a mare in corrispondenza di Cala San Giorgio, nel territorio del Comune di Bari. La morfologia della Lama San Giorgio è quella tipica dei corsi d'acqua, a meandro con brevi diramazioni laterali che si immettono sul solco principale.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 32 DI 80

Il solco erosivo lungo il suo corso ha scavato rocce abbastanza diverse l'una dall'altra: dalla collina murgiana verso il mare, si incontrano prima il *calcarea di Altamura* e il *calcarea di Bari*, entrambi risalenti al Cretaceo, poi verso il mare anche i *tufi delle Murge*, depositi calcareo - arenacei giallastri, più o meno cementati e caratterizzati dalla frequente presenza di strati fossiliferi (molto più recenti dei primi). Sul fondo della lama abbondano i depositi terrosi, le cosiddette *terre rosse*.

L'analisi effettuata con il DTM a 30 m ha permesso la ricostruzione del bacino della Lama San Giorgio con un'approssimazione sufficiente, la superficie afferente al corso d'acqua è risultata essere pari a circa 608 km², sviluppati prevalentemente in direzione Sud – Nord (Figura 14).

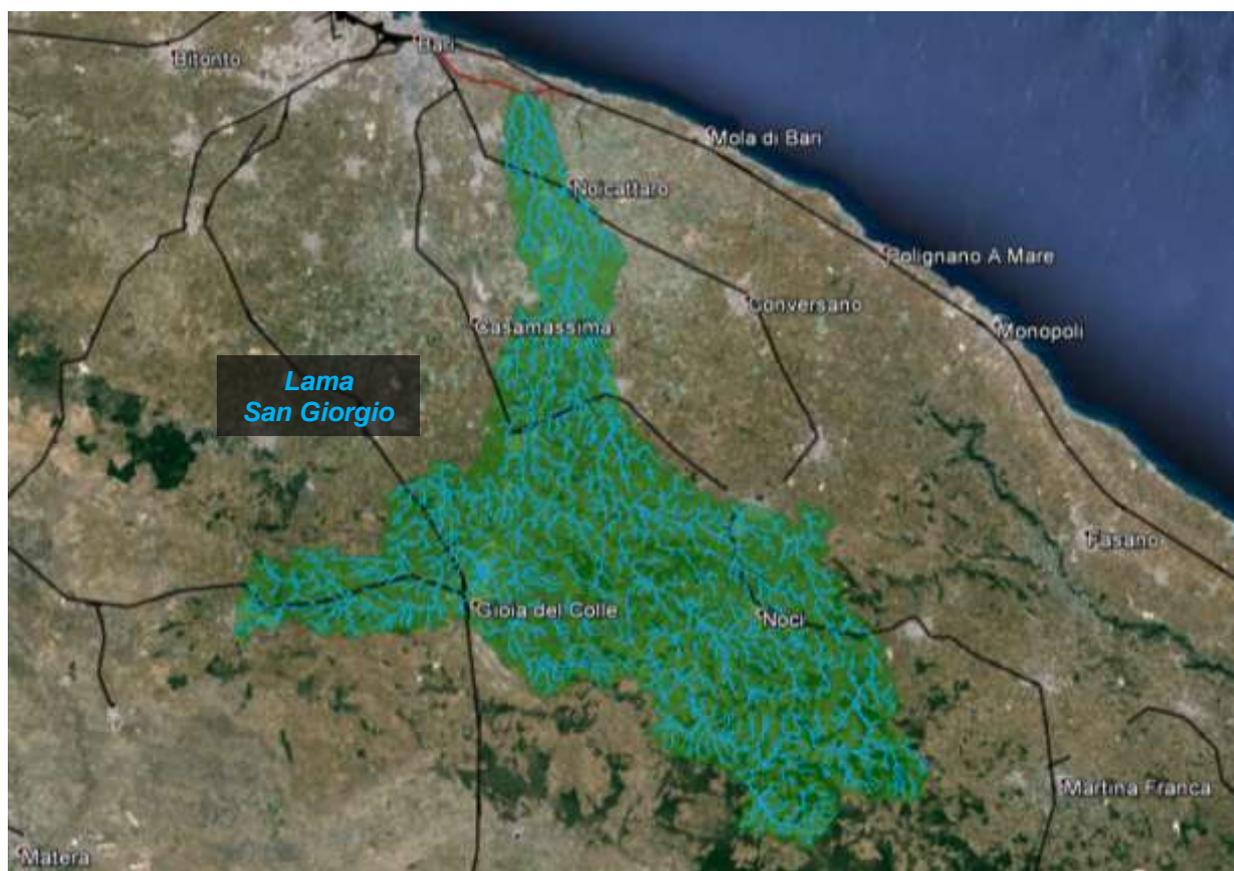


Figura 14 - Bacino idrografico della Lama San Giorgio.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	33 DI 80

Il progetto della variante di tracciato Bari Centrale - Bari Torre a Mare prevede un attraversamento della Lama San Giorgio con un ponte in acciaio calcestruzzo ad arco a via inferiore a due campate con un'unica pila al centro dell'alveo. L'impalcato sarà oggetto di verifica nella relazione idraulica legata a questo lavoro.



Figura 15 - Lama Cutizza 1, Lama Cutizza 2 e Lama Giorgio: ubicazione dell'attraversamento ferroviario.

4.2.3 Interferenze minori: Lama San Marco, Lama Cutizza 1, Lama Cutizza 2 e compluvi minori

Il DTM a 8 m disponibile sul sito del Servizio Informativo Territoriale della Regione Puglia ha consentito la ricostruzione della rete idrografica e dei bacini dei compluvi che intersecano la linea di nuova costruzione. Sono stati così individuati diversi compluvi di corsi d'acqua, che possono definirsi "effimeri" in quanto si attivano solo in concomitanza di piogge brevi ed intense

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	34 DI 80

e convogliano tutte le acque che non si sono infiltrate nel sottosuolo recapitandole celermente alla piana costiera. In particolare, emergono la Lama San Marco, sfociante a valle della linea ferroviaria nella Lama Valenzano, la Lama Cutizza 1, la Lama Cutizza 2 e la Lama San Giorgio.

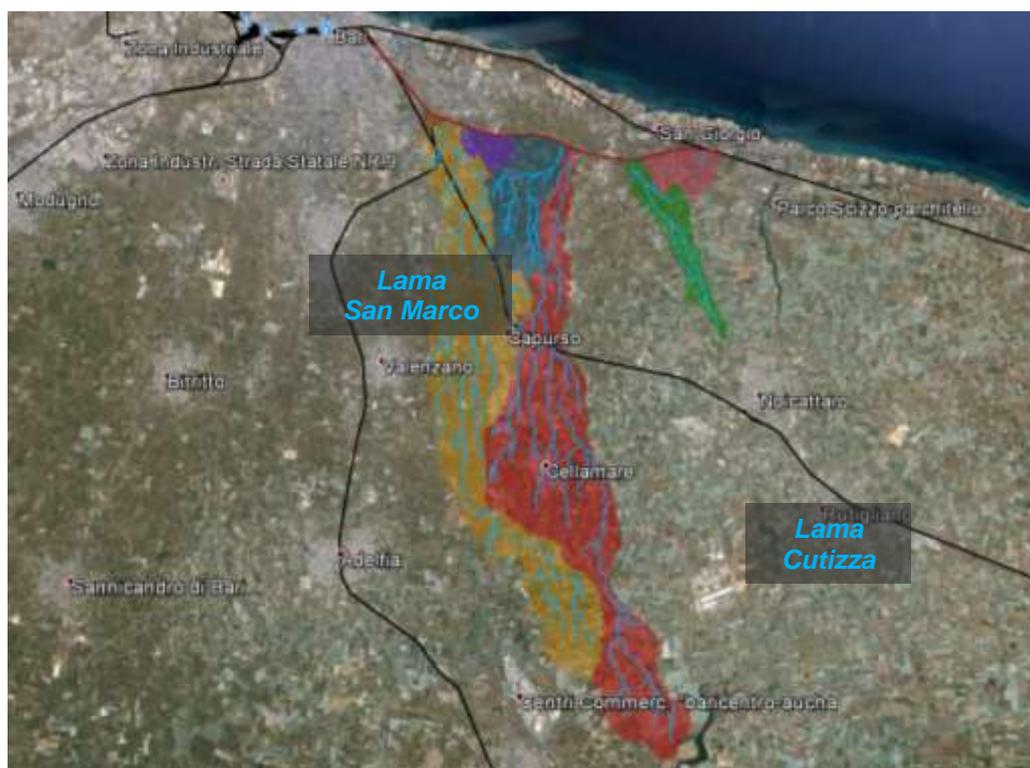


Figura 16 – Attraversamenti minori.

In Figura 16 sono visibili i bacini e la rete idrografica dei compluvi minori a monte della variante di tracciato Bari Centrale - Bari Torre a Mare in progetto, mentre nella Tabella 1 sono elencati i loro bacini con la rispettiva superficie e la chilometrica di intersezione con la linea ferroviaria.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 35 DI 80

Attraversamento	Progr.	Area [km²]
Lama San Marco	3+414	18.91
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	0.91
Lama Cutizza 1	6+181	4.24
Lama Cutizza 2	6+563	18.68
Sottobacino Lama San Giorgio	7+880	2.89
Tombino	9+790	1.51

Tabella 1 - Bacini dei compluvi minori individuati a monte della variante di tracciato.

L'analisi idrologica ha consentito di individuare anche 6 aree scolanti che insistono sulla linea ferroviaria in progetto senza un'idrografia definita (Figura 17). Le aree scolanti sono intercettate da canali di gronda posti a protezione della linea ferroviaria ed il cui dimensionamento viene trattato nella relazione del drenaggio di piattaforma. I canali di gronda consentono di far defluire gli apporti idrologici agli attraversamenti principali e secondari precedentemente individuati.

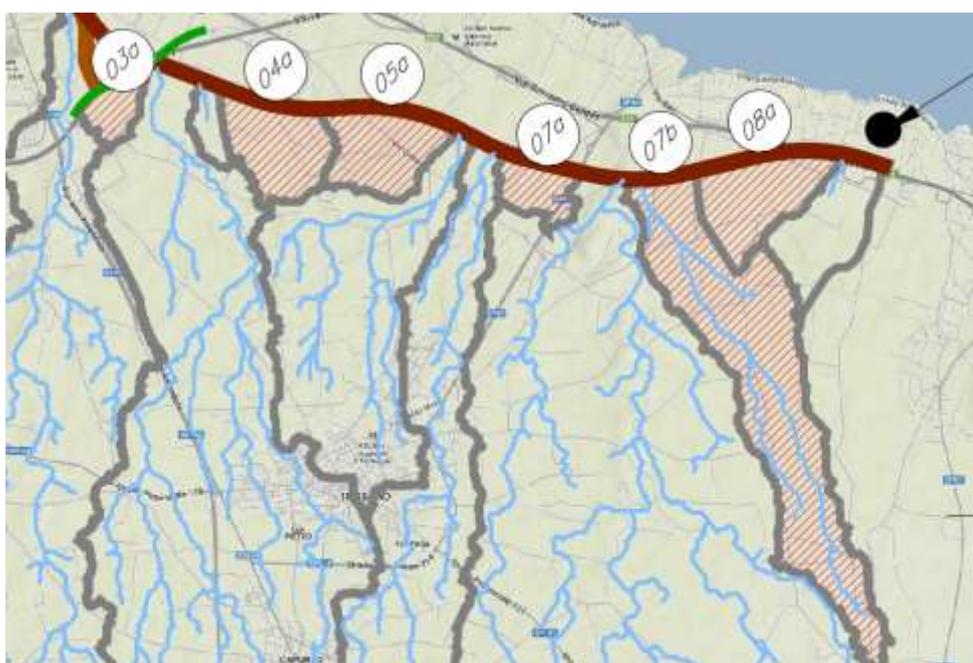


Figura 17 - Sottobacini senza un'idrografia definita.

Nella Tabella 2 sono elencati i sottobacini individuati con la rispettiva superficie e la progressiva di riferimento come visibile in Figura 17.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	36 DI 80

In sintesi i bacini individuati sono:

<i>Progressiva bacini</i>	<i>Progressiva km</i>	<i>Attraversamento</i>	<i>Superficie sottesa [kmq]</i>
1	2+417	Lama Valenzano	99.11
2	2+610	Scatolare	0.17
3	3+414	Lama San Marco	18.91
3a	-	-	0.24
4	3+748	Ramo secondario Lama San Marco	0.91
4a	-	-	0.72
5	6+181	Lama Cutizza 1	4.24
5a	-	-	0.71
6	6+563	Lama Cutizza 2	18.68
7	7+725	Lama San Giorgio	607.60
7a	-	-	0.33
7b	-	-	2.89
8	9+790	Scatolare	1.51
8a	-	-	0.78

Tabella 2 - Sottobacini individuati a monte della variante di tracciato.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	37 DI 80

5 MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE

In questo capitolo vengono esposti i richiami fondamentali teorici relativamente all'analisi probabilistica degli estremi idrologici. Vengono descritte brevemente le due leggi teoriche utilizzate in questo studio (Gumbel e TCEV) con indicazioni sulle modalità di stima dei parametri.

5.1 Il modello probabilistico di Gumbel

Il primo metodo che verrà utilizzato per l'analisi dei dati di precipitazione è quello di Gumbel, il quale 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 :

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

si ha la forma canonica:

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

I parametri α 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 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.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 38 DI 80

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:

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

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

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

La stima dei parametri α 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 α e u le espressioni:

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

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 $h(T_r, T)$ che fornisce il valore di h in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	39 DI 80

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.

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 40 DI 80

5.2 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:

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

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 41 DI 80

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.

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

5.3 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

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

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 42 DI 80

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 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.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 43 DI 80

Se si individua una sottozona omogenea rispetto a Λ_1 la variabile $K_{t,Tt}=X_{t,Tt}/\mu(X_t)$ 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:

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 44 DI 80

6 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

6.1 Metodo di Gumbel

Per identificare le stazioni pluviometriche di riferimento per il calcolo delle portate di ogni bacino idrografico individuato nell'analisi idrografica effettuata nel capitolo precedente, sono state prese preliminarmente in considerazione le stazioni di misura più vicine alla zona di studio.

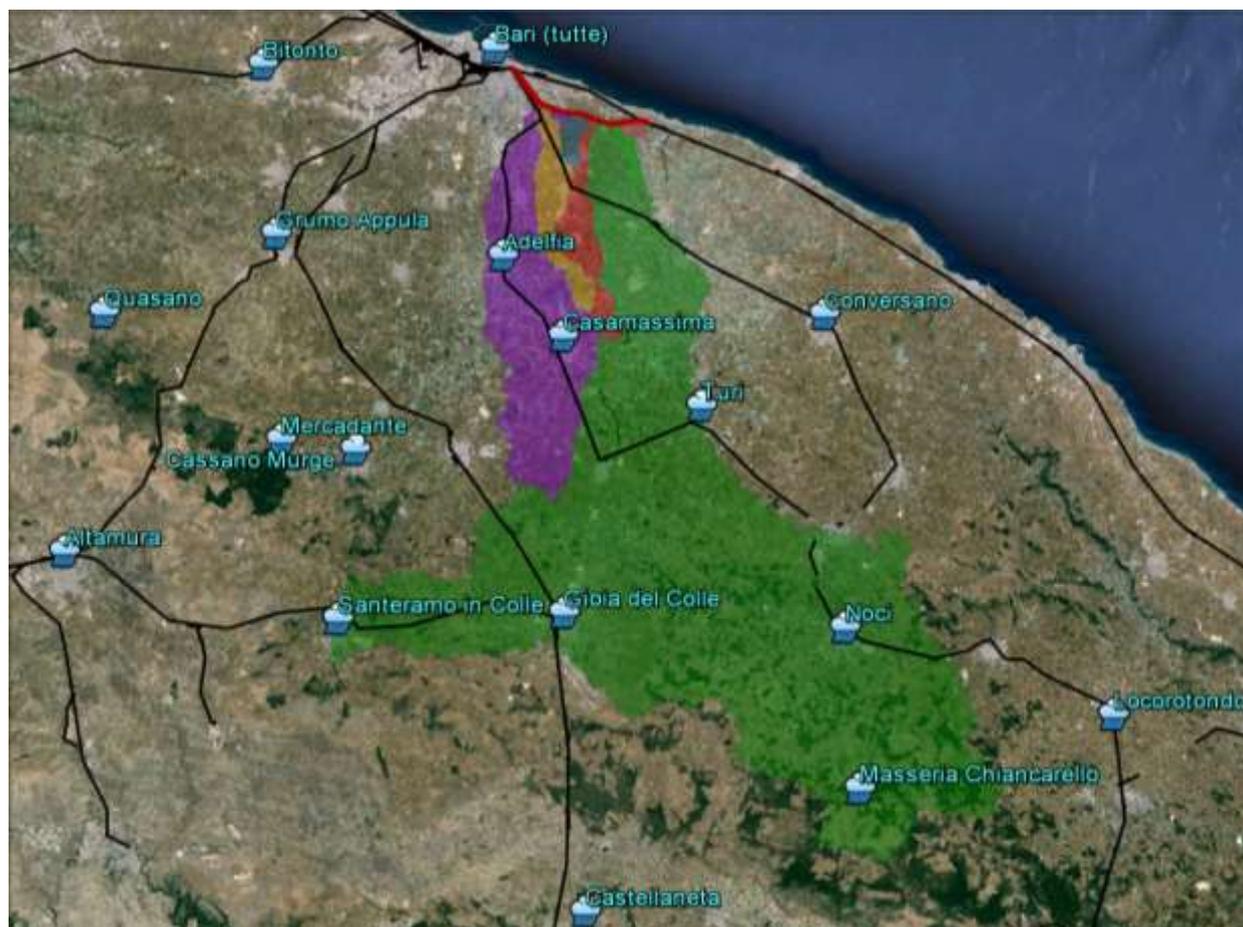


Figura 18 – Stazioni di misura vicine alla zona di studio.

Una volta identificato il bacino della rete idrografica, si è proceduto a ripartire il territorio di studio in aree di competenza relative alle stazioni vicine. Per questo scopo, è stato utilizzato il metodo geometrico dei *reticoli di Thiessen*. Con questo approccio si definisce il punto di mezzo

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 45 DI 80

dei segmenti che collegano una stazione con quella contigua e da questo punto si traccia la normale fino ad incontrare la normale relativa ad un'altra congiungente. L'area così delimitata è associata agli eventi che si sono verificati nella stazione posta all'interno del poligono.

A tutti i bacini individuati viene assegnata una stazione pluviometrica di riferimento. Il criterio che è stato utilizzato per l'attribuzione prevede che un'area scolante ricada sotto la stazione che copre la maggior parte del territorio con la sua superficie di pertinenza, individuata con la costruzione del reticolo di Thiessen. In questo modo, la Lama Valenzano ricade sotto la stazione di Adelfia, la Lama San Marco e la Lama Cutizza sotto la stazione di Adelfia, la Lama San Giorgio sotto la stazione di Gioia del Colle. Tutti gli altri bacini ricadono sotto la stazione di Bari.

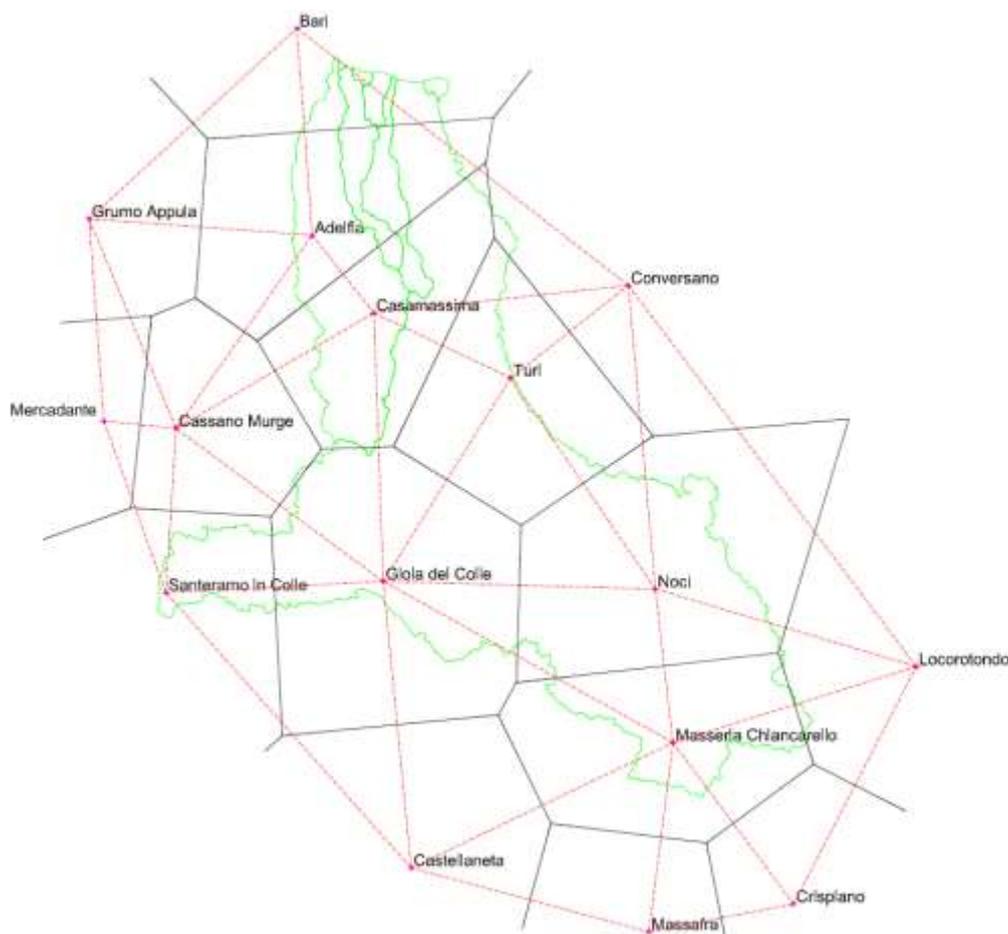


Figura 19 – Reticolo di Thiessen per le stazioni pluviometriche della zona di studio.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 46 DI 80

Nel calcolo del drenaggio di piattaforma, la stazione di riferimento per il calcolo delle portate di drenaggio di piattaforma risulta essere Bari in quanto la sua area di pertinenza copre l'estensione della linea in progetto.

I dati idrologici disponibili per l'analisi pluviometrica sono stati estratti dagli Annali Idrologici (Parte I) dell'Ufficio Idrografico di Bari. I dati di interesse sono i valori storici del massimo annuo giornaliero della pioggia per le durate di precipitazione di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Nella stazione di Adelfia sono presenti 41 anni di osservazione, dal 1961 al 2004, senza gli anni 1965, 1970, 1989. A Bari sono reperibili 64 anni di osservazione, dal 1932 al 2004, senza gli anni 1946, 1948-49, 1958, 1960, 1964, 1966, 1968 e 1995. Alla stazione di Gioia del Colle sono registrati 36 anni di osservazione dal 1963 al 2003, con le interruzioni del 1963, 1968, 1971, 1991, 1995. Alla stazione di Casamassima sono registrati 38 anni di osservazione dal 1961 al 2004, con le interruzioni del 1963, 1970, 1972, 1978, 1991, 1994.

Di seguito si riportano le tabelle dei risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel per le stazioni di Adelfia, Bari, Casamssima e Gioia del Colle. Le tabelle contengono le altezze di precipitazione relative alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per i tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200, 300 e 500 anni ed i corrispondenti parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n .

Adelfia							
Durata (ore)	Altezza di precipitazione h(Tr) (mm)						
	10	25	50	100	200	300	500
1	40.58	48.82	54.93	60.99	67.04	70.57	75.01
3	50.69	60.56	67.89	75.16	82.40	86.63	91.96
6	57.16	67.04	74.37	81.65	88.90	93.14	98.47
12	68.06	78.63	86.47	94.25	102.00	106.52	112.22
24	83.06	95.50	104.72	113.88	123.01	128.34	135.05
n	0.222	0.206	0.197	0.190	0.184	0.180	0.177
a	39.799	48.041	54.164	60.247	66.311	69.854	74.316

Tabella 3 – Stazione di Adelfia: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 47 DI 80

Bari							
Durata (ore)	Altezza di precipitazione h(Tr) (mm)						
	10	25	50	100	200	300	500
1	41.65	50.11	56.38	62.62	68.82	72.45	77.01
3	54.36	65.83	74.33	82.78	91.19	96.11	102.29
6	60.25	72.09	80.87	89.59	98.27	103.34	109.73
12	66.91	79.11	88.16	97.15	106.10	111.33	117.91
24	81.15	96.10	107.19	118.19	129.16	135.56	143.63
n	0.200	0.193	0.190	0.187	0.184	0.183	0.181
a	42.193	51.027	57.582	64.089	70.574	74.361	79.130

Tabella 4 – Stazione di Bari: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel.

Casamassima							
Durata (ore)	Altezza di precipitazione h(Tr) (mm)						
	10	25	50	100	200	300	500
1	38.16	45.35	50.68	55.97	61.24	64.32	68.19
3	52.72	63.70	71.85	79.93	87.99	92.70	98.62
6	59.37	70.64	79.00	87.30	95.57	100.40	106.48
12	70.71	82.75	91.69	100.56	109.40	114.56	121.06
24	88.62	103.38	114.33	125.20	136.03	142.35	150.31
n	0.256	0.248	0.243	0.240	0.237	0.235	0.233
a	38.423	46.148	51.881	57.572	63.244	66.557	70.728

Tabella 5 – Stazione di Casamassima: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel.

Gioia del Colle							
Durat a	Altezza di precipitazione h(Tr) (mm)						
	10	25	50	100	200	300	500
1	50.80	61.23	68.97	76.65	84.31	88.78	94.41
3	63.88	77.44	87.49	97.47	107.41	113.22	120.53
6	72.73	88.03	99.38	110.64	121.87	128.43	136.68
12	81.55	97.98	110.17	122.27	134.32	141.37	150.23
24	91.48	107.80	119.90	131.92	143.89	150.88	159.68
n	0.185	0.178	0.175	0.172	0.169	0.168	0.167
a	51.526	62.590	70.803	78.958	87.085	91.833	97.810

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 48 DI 80

Tabella 6 – Stazione di Gioia del Colle: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 49 DI 80

6.2 Metodo VAPI

In questo capitolo si illustreranno i risultati del Progetto VAPI per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno per il territorio di interesse in questo studio. 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 Puglia* [Copertino e Fiorentino, 1994], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento. In particolare, si farà riferimento alla *Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale*.

I risultati dello studio citato hanno evidenziato per la regione Puglia la consistenza di una zona unica di primo e secondo livello. L'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta quindi diviso, al primo e secondo livello, in due sottozone. La prima comprende la Capitanata, il Sub-appennino Dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia (dove è posizionata la nostra area di studio) e la Penisola Salentina. L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione di due sotto zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

I dati pluviometrici utilizzati nell'*Analisi* sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del Compartimento di Bari del S.I.M.N.: le osservazioni pluviometriche interessano il periodo dal 1932 al 1994 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. L' *Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale* ha utilizzato serie variabili da un minimo di 19 dati ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, appartenenti alla Puglia centro-meridionale.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 50 DI 80

I° e II° Livello di regionalizzazione

Nell'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale condotta sulle piogge giornaliere, è stata accolta l'ipotesi secondo la quale le 66 stazioni appartengano ad una zona unica, al primo livello, entro la quale si possano ritenere costanti i valori teorici dei parametri Λ_* e Θ_* .

Anche nella procedura operata al secondo livello di regionalizzazione, la verifica dell'ipotesi di unica zona omogenea ha condotto ad un risultato positivo con valore costante di Λ_1 .

Puglia Centro-meridionale		
Λ_*	Θ_*	Λ_1
0.35	2.12	17.55

Tabella 7 – Parametri del VAPI per il I e II livello di regionalizzazione per la zona in esame ricavata dall'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione ha consentito dunque, conoscendo Λ_1 , Λ_* e Θ_* , la determinazione delle curve regionali di crescita della precipitazione. La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile, infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria, C_a , e dei coefficienti di variazione, C_v , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. Il valore di K_{Tr} può essere calcolato in funzione di T attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita:

$$K_{Tr} = a + b \ln(T)$$

In cui:

$$a = (\Theta_* \ln \Lambda_* + \ln \Lambda_1) / \eta \quad b = \Theta_* / \eta \quad \eta = \ln \Lambda_1 + C - T_0$$

$$T_0 = \sum_{i=11}^{\infty} \frac{(-1)^i \Lambda_*^i}{i!} \Gamma\left(\frac{i}{\theta_*}\right) \quad C = 0.5772 \text{ (costante di Eulero)}$$

Nella seguente tabella sono riportati i parametri che si riferiscono alla zona della Puglia Centro-meridionale.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 51 DI 80

Puglia Centro-meridionale			
a	b	T ₀	η
0.16	0.52	-0.66	4.11

Tabella 8 – Parametri del VAPI per la determinazione del fattore di crescita per la zona in esame ricavata dall'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale.

Si sottolinea che l'uso di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per $T_r < 50$ anni e superiori al 5% per $T_r < 100$ anni.

Nella tabella seguente sono riportati, i valori di K_T relativi ai valori del periodo di ritorno più comunemente adottati nella pratica progettuale.

Tr	5	10	20	30	40	50	100	200	500	1000
Kt	0.99	1.35	1.71	1.92	2.07	2.18	2.54	2.90	3.37	3.73

Tabella 9 – Valori del fattore di crescita per la zona in esame ricavati dall'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale.

III° Livello di regionalizzazione

Lo studio svolto nell'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale nell'area centro-meridionale della Puglia, ha condotto alla individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota s.m.m. per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione. Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord Barese-Murgia centrale, e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.

La relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito (h), per le due aree in esame, viene generalizzata nella forma:

$$\mu(X_t) = a t^{(Ch+D+\log \alpha - \log a)/\log 24}$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_t)$ relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea; $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità. Per la Puglia il valore del coefficiente α è praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D sono i coefficienti

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	52 DI 80

della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare.

Per la zona 5, entro la quale è interamente situata la nostra area di studio, i valori dei parametri sono riportati nella Tabella 9.

Puglia Centro-meridionale			
α	a	C	D
0.89	28.20	0.0002	4.0837

Tabella 10 - Parametri del VAPI per il III livello di regionalizzazione per la zona in esame ricavata dall' Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale.

Nel seguito di questo studio, grazie ai risultati illustrati, si sono determinate le altezze di precipitazioni di riferimento per ogni bacino idrografico di ogni attraversamento idraulico lungo la tratta ferroviaria oggetto del presente studio, grazie alla determinazione di un'altitudine media rappresentativa dell'area scolante stessa.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	53 DI 80

7 STIMA DELLE PORTATE

7.1 Il metodo cinematico o razionale

Una volta delimitati i bacini e la rete idrografica delle interferenze lungo la linea ferroviaria e definito il metodo per individuare le precipitazioni di riferimento, si intende calcolare le portate in corrispondenza a tale intersezioni utilizzando il metodo razionale o del ritardo di corrivazione.

Il metodo razionale permette il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione: in particolare si assume come valido il concetto di isofrequenza tra l'evento meteorico e il colmo di piena derivato; generalmente utilizzato per bacini di limitata estensione, è stato applicato anche a casi di comprensori di bonifica di notevole estensione.

Il metodo 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 20 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.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 54 DI 80

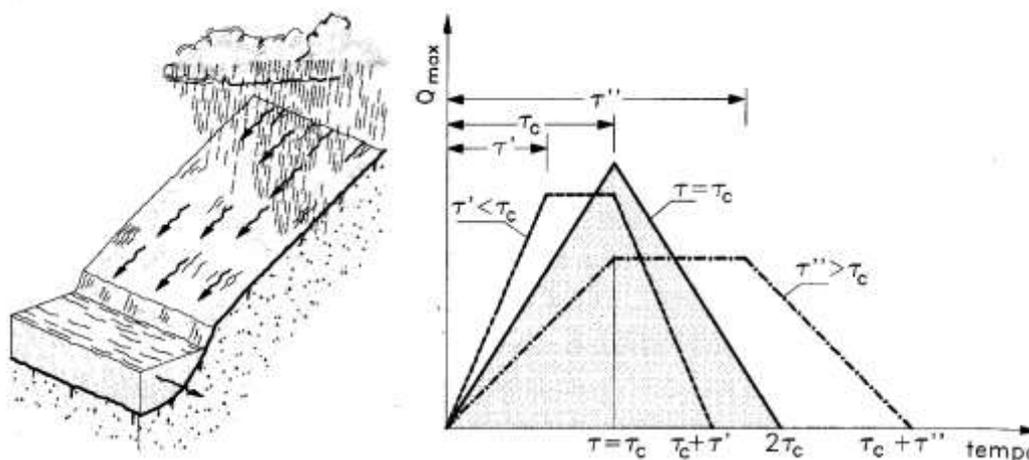


Figura 20 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

La definizione della portata di piena avviene tramite la formula:

$$Q = \frac{1000}{3600} \cdot \frac{\phi \cdot A \cdot h(\tau, T)}{\tau}$$

dove

- ϕ = coefficiente adimensionale di deflusso (o di riduzione);
- A = superficie del bacino [km²];
- $h(\tau, T)$ = altezza di pioggia di durata e tempo di ritorno prefissati [mm];
- τ = 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 per questi valori di portata tutto il bacino contribuisce al deflusso attraverso la sezione considerata ed allo stesso tempo sono quelle più intense in quanto di ridotta durata.

L'altezza netta di precipitazione per un determinato tempo di corrivazione viene ricavata a partire dall'elaborazione statistica della stazione pluviometrica di riferimento per ogni bacino idrografico utilizzando la metodologia VAPI, sfruttando l'altitudine media rappresentativa del bacino scolante.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 55 DI 80

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.

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

Un'altra equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Ventura** (1905). La formula ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

dove i_m è la pendenza media della rete di drenaggio.

Un'ulteriore formulazione già ampiamente sperimentata in casi analoghi è quella di **Pasini** che ha la seguente forma:

$$\tau_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$$

Si è utilizzata anche la formula di **Pezzoli**, sviluppata sui dati di piccoli bacini montani di dimensioni inferiori ai 20 km²

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 56 DI 80

$$\tau_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

Infine si prende in considerazione la formula di **Kerby**, utilizzata frequentemente per il calcolo del tempo di corrivazione in bacini di estensione limitata. La formula di Kerby è stata sviluppata da risultati ottenuti da bacini con canalizzazioni inferiori ai 1200 ft (365 m). La relazione di Kerby per il calcolo del tempo di corrivazione, espresso in ore, ha la forma:

$$\tau_c = (0.342 \cdot N \cdot L \cdot i_m^{-0.5})^{0.467}$$

Con N = parametro legato al tipo di superficie (Tabella 11). In questa sede si è scelto un parametro pari a 0.2, valore di riferimento per le aree coltivate e parzialmente spoglie di vegetazione e quindi rappresentativo degli usi del suolo prevalenti nel territorio di studio.

Description	N
Pavement	0.02
Smooth, bare packed soil	0.10
Poor grass, cultivated row crops or moderately rough bare surfaces	0.20
Pasture, average grass	0.40
Deciduous forest	0.60
Dense grass, coniferous forest, or deciduous forest with deep litter	0.80

Tabella 11 - Parametro N della formula di Kerby per il calcolo del tempo di corrivazione.

Nel seguito è stata utilizzata la formula di Giandotti per l'individuazione del tempo di corrivazione dei bacini delle lame maggiori, la Lama Valenzano e la Lama San Giorgio. Invece per gli attraversamenti caratterizzati da un'estensione superiore ai 10 km² sono state utilizzate le formule di Giandotti, Ventura, Pasini e Pezzoli. Viceversa, per il calcolo del tempo di corrivazione dei bacini degli attraversamenti caratterizzati da un'estensione inferiore ai 10 km² sono state sfruttate le le formule di Ventura, Pasini, Pezzoli e Kerby.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 57 DI 80

Si fa presente che per la progettazione eseguita sono state considerate le portate calcolate dal VAPI aggiornato con i dati più recenti delle stazioni.

7.2 Definizione delle portate in corrispondenza delle interferenze con la rete idrografica

La definizione delle portate in corrispondenza dei corsi d'acqua minori viene sviluppata con i due modelli cinematici legati alle curve di possibilità pluviometrica ottenute con il metodo di Gumbel e con il VAPI. Nel seguito verranno elencati i risultati ottenuti con i metodi di calcolo proposti.

7.2.1 Attraversamenti maggiori

Gli attraversamenti maggiori nell'ambito del progetto in analisi sono quelli della Lama Valenzano e della Lama San Giorgio.

L'analisi dei bacini ha consentito di stimare le loro caratteristiche geomorfologiche utili per il calcolo del tempo di corrivazione e, quindi, delle portate di progetto per ogni attraversamento. I parametri degli attraversamenti maggiori, sono elencati nella Tabella 12.

Attraversamento	Progr.	Area [km ²]	L [km]	H _{top} [m s.m.m.]	H ₀ [m s.m.m.]	H _{medio} [m s.m.m.]	I [m/m]
Lama Valenzano	2+425	99.11	27.00	310.0	20.0	165.0	0.011
Lama San Giorgio	7+725	607.60	64.32	510.0	11.0	310.0	0.008

Tabella 12 - Attraversamenti maggiori: principali caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua.

Grazie ai valori sopra riportati si è individuato, con la formula di Giandotti, il tempo di corrivazione dei due attraversamenti maggiori, a partire dal quale sono state individuate le altezze di precipitazione ricavate con l'analisi di Gumbel (Tabella 13) e con il metodo VAPI (Tabella 14), considerando l'altitudine media del bacino come rappresentativa dell'area scolante stessa.

Attraversamento	Progr.	t _c Giandotti [ore]	h [mm] Tr=50	h [mm] Tr=100	h [mm] Tr=200	h [mm] Tr=300
-----------------	--------	--------------------------------	--------------	---------------	---------------	---------------

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA						TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 58 DI 80

Lama Valenzano	2+425	8.34	86.94	95.73	104.48	109.60
Lama San Giorgio	7+725	14.10	112.38	124.39	136.35	143.33

Tabella 13 - Attraversamenti maggiori: tempo di corrivazione ed altezze di precipitazione ricavate con l'analisi di Gumbel.

Attraversamento	Progr.	t_c Giandotti [ore]	h [mm] Tr=50	h [mm] Tr=100	h [mm] Tr=200	h [mm] Tr=300
Lama Valenzano	2+425	8.34	95.55	111.33	127.11	131.49
Lama San Giorgio	7+725	14.10	109.19	127.22	145.25	150.26

Tabella 14 - Attraversamenti maggiori: tempo di corrivazione ed altezze di precipitazione ricavate con il metodo VAPI.

Per la determinazione della portata con il metodo cinematico è stato imposto un coefficiente di deflusso tale da tener conto del comportamento del suolo nelle due diverse zone del bacino in seguito ad eventi estremi. Nella zona murgiana in queste particolari condizioni, come già spiegato nella parte di questo studio dedicata alla geomorfologia del territorio, il terreno fatica ad assorbire le acque meteoriche e gran parte della precipitazione contribuisce al deflusso nella rete idrografica. Viceversa nella zona di pianura l'infiltrazione e l'effetto bacino delle superfici interessate dalla precipitazione contribuiscono fortemente alla riduzione del deflusso afferente nella rete idrografica. Alla diminuzione di quest'ultimo contribuisce anche l'estesa presenza di cavità carsiche e inghiottitoi accertata dall'analisi geofisica. Inoltre, data l'estensione dei bacini analizzati, non è verosimile che un evento estremo coinvolga l'intera superficie del bacino, di conseguenza, andrebbe considerata come contribuente solamente una porzione della sua area, computabile nello stesso coefficiente di deflusso. Sulla scorta di tutte queste considerazioni, e come peraltro consigliato in letteratura, si è scelto un coefficiente di deflusso pari a 0.4 per la Lama Valenzano e 0.3 per la Lama San Giorgio.

Nel seguito si riportano le portate ricavate utilizzando le altezze di precipitazione sopra riportate ottenute con l'analisi di Gumbel ed il metodo VAPI per un tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 300 anni.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 59 DI 80

Attraversamento	Progr.	Q [m ³ /s] Tr=50	Q [m ³ /s] Tr=100	Q [m ³ /s] Tr=200	Q [m ³ /s] Tr=300
Lama Valenzano	2+425	108.58	118.93	129.23	135.08
Lama San Giorgio	7+725	403.85	446.98	489.95	515.04

Tabella 15 – Attraversamenti maggiori: portate ricavate con l'analisi delle precipitazioni di Gumbel e con il modello cinematico.

Attraversamento	Progr.	Q [m ³ /s] Tr=50	Q [m ³ /s] Tr=100	Q [m ³ /s] Tr=200	Q [m ³ /s] Tr=300
Lama Valenzano	2+425	126.30	147.16	168.01	174.23
Lama San Giorgio	7+725	392.36	407.15	414.73	536.31

Tabella 16 – Attraversamenti maggiori: portate ricavate con l'analisi delle precipitazioni VAPI e con il modello cinematico.

Infine, si ricorda che l'Autorità di Bacino della Regione Puglia prevede per i tre corsi d'acqua analizzati le portate elencate nella Tabella 17.

Bacino	Autorità di Bacino		
	Q 30 [m ³ /s]	Q 200 [m ³ /s]	Q 500 [m ³ /s]
Lama Valenzano	110.0	165.0	195.0
Lama San Giorgio	283.0	410.0	478.0

Tabella 17 – Portate previste dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia per la Lama Balice, la Lama Valenzano e la Lama San Giorgio.

Come riportato nel paragrafo 1.2.1, ricostruzioni dell'evento meteorico del 2005 hanno restituito valori di portata prossimi ai valori studiati dall'AdB per un tempo di ritorno pari a 500 anni. Si ritiene corretto, e a favore di sicurezza, prendere un valore di riferimento per la verifica dell'attraversamento superiore a quella prevista dall'AdB per il tempo di ritorno pari a 500 anni.

Visti i valori di picco delle portate ottenuti con ciascun metodo, a favore di sicurezza, per le verifiche idrauliche vengono utilizzati i risultati ottenuti con l'analisi delle precipitazioni VAPI.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 60 DI 80

7.2.2 Aggiornamento dati 2021

Prendendo in considerazione l'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel, si evidenzia che a ciascun bacino viene assegnata una stazione pluviometrica di riferimento secondo un criterio che prevede che un'area scolante ricada sotto la stazione che copre la maggior parte del territorio con la sua superficie di pertinenza individuata con la costruzione del reticolo di Thiessen. Nel caso bacini della Lama Valenzano e della Lama San Giorgio si evidenzia come questi ricadano in aree dove insistono più stazioni pluviometriche.

L'RDV IA3S-RV-109 C.2 chiede di utilizzare la stazione più cautelativa oppure la totalità delle stazioni influenti sul bacino, calcolando l'altezza di pioggia ragguagliata come media, pesata rispetto alle aree, della pioggia relative a ciascuna stazione.

Si fa presente che il corretto calcolo delle altezze di pioggia risulta di fondamentale importanza al fine della determinazione delle portate che sono state successivamente utilizzate nella modellazione idraulica.

All'interno del presente studio idrologico oltre che con il metodo di Gumbel, le altezze di pioggia sono state calcolate con il metodo VAPI che determina le altezze di pioggia suddividendo la Regione Puglia in zone, nel caso in esame l'area di studio ricade interamente in zona 5.

Si hanno pertanto valori di altezza di pioggia e portate riferite alle due metodologie di studio, riferiti ai singoli bacini idrografici e si evidenzia che **visti i valori di picco delle portate ottenuti con ciascun metodo, a favore di sicurezza, per le verifiche idrauliche vengono utilizzati i risultati ottenuti con l'analisi delle precipitazioni VAPI.**

Risulta pertanto superfluo rieseguire la modellazione idrologica di Lama Valenzano e Lama San Giorgio calcolando l'altezza di pioggia ragguagliata come media, pesata rispetto alle aree, della pioggia relative a ciascuna stazione.

Nonostante ciò, al fine di verificare quanto proposto da RFI all'interno dell'RDV IA3S-RV-109 C.3 in cui si consiglia un'ulteriore analisi rispetto al PD che tenga conto dei successivi anni di osservazione disponibili, rispetto al 2003/2004, si riportano i risultati dello studio idrologico relativo alle stazioni di Adelfia e di Gioia del Colle.

Utilizzando i dati relativi alla caratteristica geomorfologiche dei bacini riportati in tabella 12, sono stati rieseguiti i calcoli idrologici con metodologia Gumbel prendendo in esame la stazione

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA						TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	

di Adelfia con 57 anni di osservazione dal 1961 al 2020, senza gli anni 1965, 1970, 1989 e 2008 e Gioia del Colle con 53 anni di osservazioni dal 1963 al 2020, con le interruzioni del 1963, 1968, 1971, 1991, 1995, 2004 e 2005.

Per la stazione di **Adelfia**:

Deflusso c = 0.40 S (km ²) = 99.11 t_c (ore) = 8.34					
Tr (anni)	a	n	t _c (ore)	h(t,T) (mm)	Q _{max} (m ³ /sec)
10	40.4096	0.2119	8.34	63.33	83.64
30	50.3443	0.1932	8.34	75.85	100.17
50	54.8855	0.1867	8.34	81.55	107.71
100	61.0149	0.1793	8.34	89.24	117.87
200	67.1257	0.1731	8.34	96.90	127.99

Si riporta il confronto con i dati presenti nel paragrafo 8.4.1:

Altezza di pioggia				
Anni Analisi Gumbel	Tc guidotti	h(mm) Tr50	h(mm) Tr100	h(mm) Tr200
1961-2003/04	8.34	86.94	95.73	104.48
1961-2020	8.34	81.55	89.24	96.9

VAPI	8.34	95.55	111.33	127.11
------	------	-------	--------	--------

Portate (Gumbel)				
Anni Analisi Gumbel	Tc guidotti	Portate (m3/s) Tr50	Portate (m3/s) Tr100	Portate (m3/s) Tr200
1961-2003/04	8.34	114.92	126.54	138.11
1961-2020	8.34	107.71	117.87	127.99

VAPI	8.34	126.3	147.16	168.01
------	------	-------	--------	--------

Per la stazione in esame si evidenzia un'inversione dei dati, presumibilmente dovuta a variazioni nei dati pluviometrici registrati negli anni dal 2004 al 2020.

Si riporta in tabella anche il confronto con il dato del VAPI, che si ricorda, è il dato utilizzato a favore di sicurezza all'interno della modellazione idraulica.

Per la stazione di **Gioia del Colle**:

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	62 DI 80

Deflusso c =	0.30	S (km ²) =	607.60	t _c (ore) =	14.10
Tr (anni)	a	n	t _c (ore)	h(t,T) (mm)	Q _{max} (m ³ /sec)
10	54.8184	0.2022	14.10	93.60	302.45
30	69.7221	0.1962	14.10	117.19	378.68
50	76.5271	0.1942	14.10	127.95	413.47
100	85.7068	0.1920	14.10	142.47	460.38
200	94.8538	0.1903	14.10	156.93	507.11

Si riporta il confronto con i dati presenti nel paragrafo 8.4.1:

Altezza di pioggia				
Anni Analisi Gumbel	Tc guidotti	h(mm) Tr50	h(mm) Tr100	h(mm) Tr200
1963-2003/2004	14.1	112.38	124.39	136.35
1963-2020	14.1	127.95	142.47	156.96

VAPI	14.1	109.19	127.22	145.25
------	------	--------	--------	--------

Portate (Gumbel)		Portate (m3/s) Tr50	Portate (m3/s) Tr100	Portate (m3/s) Tr200
1963-2003/2004		403.85	446.98	489.95
1963-2020		413.47	460.38	507.11

VAPI		392.36	457.15	521.95
------	--	--------	--------	--------

In questo caso si evidenzia un incremento sia delle altezze di pioggia che delle portate di colmo. Nonostante queste variazioni, i valori rimangono al di sotto delle portate ricavate con il metodo VAPI che, a favore di sicurezza sono stati utilizzati all'interno della modellazione idraulica.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 63 DI 80

7.2.3 Interferenze minori

Intervento Sud

Come precedentemente ricordato, per individuare con il metodo cinematico le portate afferenti ai compluvi individuati nell'ambito si è proceduto alla determinazione del tempo di corrivazione con le formule descritte nel paragrafo 7.1. I dati necessari per il calcolo dei tempi (S , L , H_{top} , H_0 , H_{medio} , i) sono stati determinati grazie alla conoscenza delle caratteristiche morfologiche dei bacini individuati.

I parametri delle formule per il calcolo del tempo di corrivazione sono elencati nella Tabella 18.

Attraversamento	Progr.	Area [km ²]	L [km]	H _{top} [m s.m.m.]	H ₀ [m s.m.m.]	H _{medio} [m s.m.m.]	I [m/m]
Lama San Marco	3+420	18.91	14.00	195.00	24.00	109.50	0.012
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	0.91	1.20	43.00	28.00	35.50	0.013
Lama Cutizza 1	6+185	4.24	3.48	65.00	24.00	44.50	0.012
Lama Cutizza 2	6+570	18.68	14.86	210.00	20.00	115.00	0.013
Sottobacino Lama San Giorgio		2.89	4.17	80.00	20.00	50.00	0.014
Tombino	9+790	1.51	1.50	50.00	19.00	34.50	0.015

Tabella 18 - Attraversamenti minori: principali caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua.

I compluvi sono collocati in una zona di pianura in cui l'infiltrazione, la carsicità del terreno e l'effetto di vaso delle superfici interessate dalla precipitazione contribuiscono fortemente alla riduzione del deflusso afferente nella rete idrografica. Anche in questo caso, però, le dimensioni contenute dei bacini analizzati, all'opposto di quello che capita nelle lame degli attraversamenti maggiori, aumentano la possibilità che un evento estremo coinvolga l'intera area scolante del compluvio. Sulla scorta di tutte queste considerazioni, e come peraltro consigliato in letteratura, si è scelto un coefficiente di deflusso pari a 0.4 per i bacini analizzati.

Come detto, per l'individuazione del tempo di corrivazione degli attraversamenti minori sono state utilizzate formule diverse in funzione dell'area del bacino scolante. Per i bacini

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 64 DI 80

caratterizzati da un'estensione superiore ai 10 km² sono state utilizzate le formule di Giandotti, Ventura, Pasini e Pezzoli. Viceversa, per il calcolo del tempo di corrivazione dei bacini degli attraversamenti caratterizzati da un'estensione inferiore ai 10 km² sono state sfruttate le le formule di Ventura, Pasini, Pezzoli e Kerby.

Attraversamento	Progr.	Area [km ²]	t _c Giandotti [ore]	t _c Pasini [ore]	t _c Pezzoli [ore]	t _c Ventura [ore]	t _c Kerby [ore]	t _c medio [ore]
Lama San Marco	3+420	18.91	5.19	6.27	6.97	5.00	-	5.86
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	0.91	-	1.00	0.59	1.09	0.87	0.88
Lama Cutizza 1	6+185	4.24	-	2.44	1.76	2.41	1.44	2.01
Lama Cutizza 2	6+570	18.68	5.08	6.23	7.23	4.86	-	5.85
Sottobacino Lama San Giorgio		2.89	-	2.06	1.91	1.80	1.50	1.82
Tombino	9+790	1.51	-	1.16	0.67	1.28	0.92	1.01

Tabella 19 – Attraversamenti minori: tempi di corrivazione ricavati con diverse formule.

Utilizzando la media dei tempi di corrivazione sopra riportate, sono state individuate le altezze di precipitazione ricavate con l'analisi di Gumbel (Tabella 20) e con il metodo VAPI (Tabella 21), considerando l'altitudine media del bacino come rappresentativa dell'area scolante stessa.

Attraversamento	Progr.	t _c medio [ore]	h [mm] Tr=50	h [mm] Tr=100	h [mm] Tr=200	h [mm] Tr=300
Lama San Marco	3+420	5.86	76.71	84.24	91.73	96.10
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	0.88	56.00	62.33	68.64	72.32
Lama Cutizza 1	6+185	2.01	65.75	73.02	80.27	84.50
Lama Cutizza 2	6+570	5.85	76.69	84.21	91.70	96.07
Sottobacino Lama San Giorgio		1.82	64.49	71.65	78.79	82.95
Tombino	9+790	1.01	57.66	64.18	70.67	74.46

Tabella 20 - Attraversamenti minori: tempo di corrivazione ed altezze di precipitazione ricavate con l'analisi di Gumbel.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 65 DI 80

Attraversamento	Progr.	t _c medio [ore]	h [mm] Tr=50	h [mm] Tr=100	h [mm] Tr=200	h [mm] Tr=300
Lama San Marco	3+420	5.86	88.24	102.82	117.39	121.44
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	0.88	59.99	69.90	79.81	82.56
Lama Cutizza 1	6+185	2.01	70.72	82.40	94.08	97.33
Lama Cutizza 2	6+570	5.85	88.27	102.84	117.42	121.47
Sottobacino Lama San Giorgio	7+880	1.82	69.32	80.76	92.21	95.39
Tombino	9+790	1.01	61.57	71.74	81.90	84.73

Tabella 21 - Attraversamenti minori: tempo di corrivazione ed altezze di precipitazione ricavate con il metodo VAPI.

Nel seguito si riportano le portate ricavate utilizzando le altezze di precipitazione sopra riportate ottenute con l'analisi di Gumbel ed il metodo VAPI per un tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 300 anni.

Attraversamento	Progr.	Q [m ³ /s] Tr=50	Q [m ³ /s] Tr=100	Q [m ³ /s] Tr=200	Q [m ³ /s] Tr=300
Lama San Marco	3+420	27.53	30.23	32.91	34.48
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	6.43	7.16	7.88	8.30
Lama Cutizza 1	6+185	15.41	17.11	18.81	19.80
Lama Cutizza 2	6+570	27.23	29.90	32.56	34.12
Sottobacino Lama San Giorgio		11.38	12.65	13.90	14.64
Tombino	9+790	9.63	10.72	11.80	12.43

Tabella 22 – Attraversamenti minori: portate ricavate con l'analisi delle precipitazioni di Gumbel e con il modello cinematico.

Attraversamento	Progr.	Q [m ³ /s] Tr=50	Q [m ³ /s] Tr=100	Q [m ³ /s] Tr=200	Q [m ³ /s] Tr=300
Lama San Marco	3+420	19.66	21.89	24.75	27.54
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	6.89	8.03	9.16	9.48
Lama Cutizza 1	6+185	16.57	19.31	21.72	23.65
Lama Cutizza 2	6+570	31.34	36.52	39.35	43.24
Sottobacino Lama San Giorgio	7+880	12.23	14.25	7.38	8.22
Tombino	9+790	10.28	11.98	13.68	14.15

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	66 DI 80

Tabella 23 – Attraversamenti minori: portate ricavate con l'analisi delle precipitazioni VAPI e con il modello cinematico.

A favore di sicurezza, visti i valori di picco delle portate, si utilizzeranno per le verifiche idrauliche i risultati ottenuti con l'analisi delle precipitazioni VAPI e con il modello cinematico.

7.2.4 Canali di gronda

La verifica idraulica delle canalette e delle condotte è stata condotta mediante il metodo dell'invaso a fronte dell'elevata affidabilità e della vasta diffusione di tale approccio semplificato.

Il dimensionamento delle componenti del sistema di drenaggio stradale viene sviluppato grazie all'utilizzo del metodo cinematico che consente di determinare la portata di piena relativa al bacino a monte della componente analizzata.

I canali di gronda, così come i manufatti del drenaggio di piattaforma, sono stati dimensionati mediante il **metodo dell'invaso**.

Tale metodo tratta il problema del moto vario in maniera semplificata: assegna all'equazione del moto la semplice forma del moto uniforme ed assume come equazione di continuità quella detta "dei serbatoi" per simulare, concettualmente, l'effetto d'invaso.

Tale metodologia sfrutta per il calcolo delle portate le capacità d'invaso della rete.

Le ipotesi alla base del metodo sono stazionarietà e linearità, che comportano l'invarianza nel tempo delle trasformazioni che il bacino compie sugli input (afflussi) e la validità del principio di sovrapposizione degli effetti. In fase di calcolo si ipotizza che il riempimento delle condotte avvenga in modo sincrono e che nessun canale determini fenomeni di rigurgito in tratti di canale a monte. Il metodo si fonda sull'equazione di continuità.

La superficie scolante S sia solcata da un collettore avente sezione d'area A e pendenza i

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: RPA srl Mandante: Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 67 DI 80

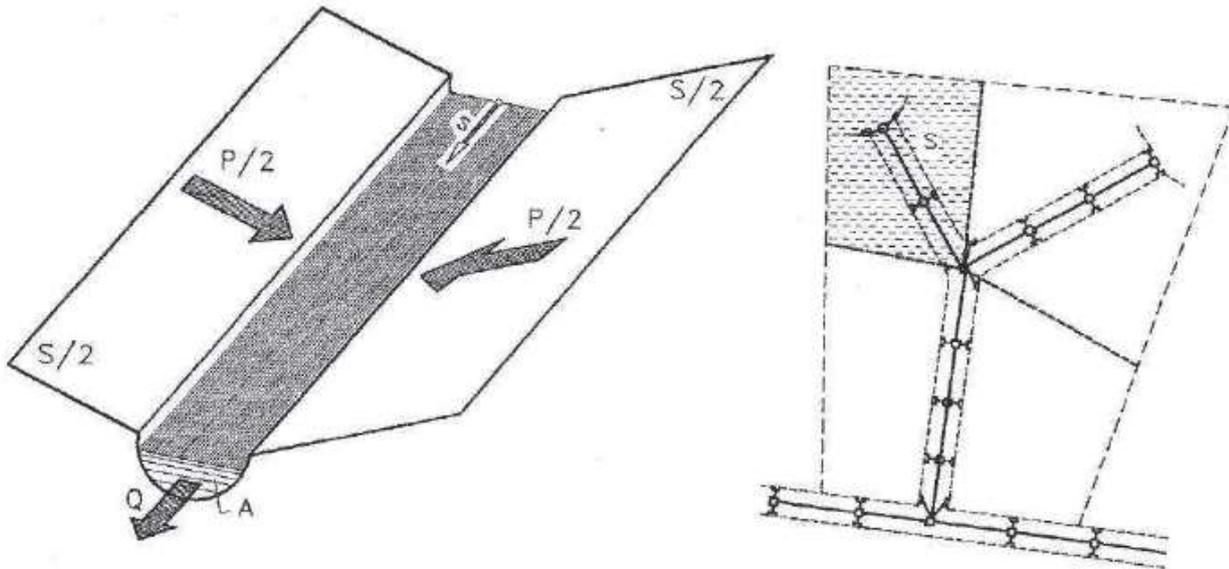


Figura 21 - Schema per il calcolo delle portate con il metodo dell'invaso

La condizione di continuità si esprime scrivendo:

$$p - Q = \frac{dV}{dt}$$

dove:

$p = \varphi j S$, con $j = a\tau^{n-1}$ intensità di pioggia costante sulla durata τ della precipitazione;

V = volume invasato a monte della sezione di chiusura;

Q = portata transitante nella sezione di chiusura.

L'integrazione dell'equazione di continuità e del moto fornisce una relazione tra Q e t ed in particolare permette di calcolare il tempo di riempimento tr del collettore, cioè il tempo necessario per passare da $Q = 0$ a $Q = Q_0$, essendo Q_0 il valore della portata massima che il canale può smaltire. Sulla base del confronto tra τ e tr si può fare una verifica delle dimensioni del canale, risultando:

insufficiente se $tr < \tau$;

corretto se $tr \geq \tau$.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 68 DI 80

Se si assume che il fenomeno di trasformazione di piogge in portate possa considerarsi in lenta evoluzione nel tempo e nello spazio, il moto vario può essere descritto da una successione di stati di moto uniforme. L'equazione del moto è data, allora, dalla nota espressione di Gauckler-Strickler:

$$v = K_s R_H^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

dove: K_s = coefficiente di attrito di Gauckler-Strickler;

R_H = raggio idraulico;

i = pendenza del canale.

Dall'identità $Q = Av$ si ottiene poi la scala delle portate:

$$Q = cA^\alpha$$

Tale equazione insieme con quella di continuità descrive il processo di riempimento e di svuotamento di un serbatoio ideale controllato da una speciale luce di scarico che trae dal moto uniforme la sua legge di deflusso.

Per poter procedere all'integrazione, occorre esprimere il volume V in funzione della variabile Q . Il problema è trattato assumendo che il volume V sia linearmente legato all'area A della sezione bagnata, come d'altronde impone l'ipotesi del moto uniforme. Si assume cioè, con un certo errore nel confronto con la realtà, che il volume d'invaso sia concentrato unicamente nel collettore e non sulla superficie scolante.

In queste ipotesi, detti V_0 e A_0 rispettivamente il volume massimo e la massima area, si può scrivere:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{A}{A_0}$$

Inoltre, dalla scala delle portate ottenuta, si ha:

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{A}{A_0} \right)^\alpha$$

Da cui si ottiene:

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 69 DI 80

$$V = V_0 \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{1/\alpha}$$

Andando ad inserire quest'espressione nell'equazione di continuità si ottiene l'espressione integrabile:

$$dt = \frac{V_0}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \cdot \frac{Q^{(1-\alpha)/\alpha}}{p - Q} dQ$$

La metodologia seguita ha previsto l'individuazione dei parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori all'ora, in quanto le aree afferenti della piattaforma ferroviaria sono caratterizzate da tempi di risposta dell'ordine di qualche minuto. La determinazione delle portate all'interno di ciascun tratto è stata eseguita imponendo per il coefficiente udometrico, in favore di sicurezza, un tempo di riempimento della singola canaletta pari al tempo di pioggia ($tr = tp$).

Note la pendenza e le dimensioni delle canalette di drenaggio, distinte a seconda della tipologia di sezione ferroviaria analizzata, è stato calcolato il tirante idrico che si instaura all'interno delle canalette in condizioni di moto uniforme.

Il dimensionamento idraulico è soddisfatto se le configurazioni geometriche scelte sono tali da consentire lo smaltimento delle portate afferenti con un grado di riempimento massimo dell'80 %.

Nell'applicazione del metodo dell'invaso viene definito il coefficiente udometrico.

$$u = \frac{Q_0}{S} = z \left[\zeta_\alpha(z) \right]^{(n-1)/n} \cdot \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{v_0^{(1-n)/n}}$$

Si specifica che per il calcolo del coefficiente udometrico i volumi specifici dei piccoli invasi sono stati corretti come segue:

- Volume specifico piccoli invasi per la piattaforma $Wp = 0.003 \text{ m}$;
- Volume specifico piccoli invasi per le aree esterne $Wp = 0.01 \text{ m}$.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	70 DI 80

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli per i canali di gronda con calori espressi in m³/s

	SEZIONE		Q m3/s
	inizio	fine	dx
Lama Cutizza 1	4+900,00	6+157,95	10,03
	6+425,00	6+202,75	0,39
Lama Cutizza 2	6+425,00	6+549,00	0,32
	6+752,68	6+584,98	0,39
Lama S.Giorgio	6+799,31	7+687,31	14,8
	8+383,41	7+768,00	1,09
Tombino9+789	8+425,000	9+787,36	7,51
	10+050,00	9+791,96	0,28

	SEZIONE		Q m3/s
	inizio	fine	sx
Lama Cutizza 1	4+900,00	6+157,95	1,68
	6+450,00	6+202,75	0,41
Lama Cutizza 2	6+450,00	6+549,00	0,28
	6+775,00	6+585,00	0,13
Lama S.Giorgio	7+174,75	7+685,25	3,72
	8+150,000	7+771,20	0,29
Tombino9+789	8+150,00	9+787,36	0,73
	9+850,00	9+791,96	0,5

	SEZIONE		Q m3/s
	inizio	fine	dx
Lama S.Giorgio	6+606,15	7+675,00	0,4
	6+917,89	7+182,15	0,12
	9+530,96	7+783,19	0,29
Tombino9+789	8+150,00	9+787,36	0,2

	SEZIONE		Q m3/s
	inizio	fine	sx
Lama S.Giorgio	6+606,15	7+675,00	0,28
	6+917,89	7+182,15	0,11
	9+530,96	7+783,19	0,26
Tombino9+789	10+130,88	9+787,35	0,18

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 71 DI 80

7.2.5 Portate di verifica degli attraversamenti maggiori e minori

Sulla base dei risultati elencati nel capitolo precedente, si sintetizzano le portate scelte per effettuare le verifiche degli attraversamenti previsti nell'ambito del Progetto Definitivo per il riassetto del nodo di Bari.

Le prescrizioni del "Manuale di progettazione - Italferr" prevedono che sia da adottare un evento pluviometrico con tempo di ritorno pari a 200 anni per la verifica dei manufatti di attraversamento caratterizzati da un bacino scolante di estensione inferiore ai 10 km² e di 300 anni per i manufatti con un bacino scolante di estensione superiore ai 10 km². Sulla base di queste indicazioni, le portate individuate saranno utilizzate nelle verifiche idrauliche delle opere presenti in corrispondenza alle interferenze della tratta ferroviaria con la rete idrografica locale. La verifica idraulica viene sviluppata dettagliatamente nella relazione idraulica allegata al progetto definitivo (IA0D02D11RIID0002001A).

In Tabella 24 sono inseriti i bacini, i tempi di ritorno per i quali stabilire la portata ed il valore di portata stesso scelto per la verifica degli attraversamenti maggiori.

Attraversamento	Progr.	Area [km ²]	Tr [anni]	Q [m ³ /s]
Lama Valenzano	2+425	99.11	300	174.23
Lama San Giorgio	7+725	607.60	300	536.31

Tabella 24 - Attraversamenti maggiori: portate di progetto per le verifiche idrauliche.

In Tabella 25 sono inseriti i bacini, i tempi di ritorno ed il valore di portata stesso scelto per la verifica degli attraversamenti minori.

Attraversamento	Progr.	Area [km ²]	Tr [anni]	Q [m ³ /s]
Lama San Marco	3+420	18.91	300	27.54
Ramo secondario Lama San Marco	3+745	0.91	200	9.16
Lama Cutizza 1	6+185	4.24	300	23.65
Lama Cutizza 2	6+570	18.68	300	43.24
Sottobacino Lama San Giorgio	7+880	2.89	300	8.22
Tombino	9+790	1.51	200	13.68

Tabella 25 - Attraversamenti minori: portate di progetto per le verifiche idrauliche.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 72 DI 80

8 OSSERVAZIONE E71 RDV

8.1 Analisi Idrologica

L'analisi idrologica in aree esoreiche, ha previsto come fase preliminare l'individuazione dei parametri morfometrici dei bacini idrografici chiusi in sezioni ritenute significative. I dati ricavati sono stati utilizzati nelle elaborazioni pluviometriche e nei modelli afflussi-deflussi che consentono di determinare gli idrogrammi di piena riferiti ai tempi di ritorno prefissati. L'analisi pluviometrica è stata effettuata secondo la metodologia VAPI Puglia. La stessa ha consentito di individuare le curve di possibilità pluviometrica grazie alle quali sono stati determinati gli idrogrammi di pioggia che costituiscono l'input del modello afflussi-deflussi dal quale si ricavano gli idrogrammi di piena.

8.2 Determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici

Attraverso l'utilizzo di ESRI-ArcGis e dalle informazioni cartografiche di dettaglio oltre ai rilievi topografici eseguiti per lo specifico scopo, è stato possibile individuare lo sviluppo planimetrico dei bacini idrografici e le rispettive caratteristiche morfometriche che costituiscono l'input per le modellazioni idrauliche bidimensionali.

Al fine del tracciamento dei bacini contribuenti sono stati valutati anche gli ostacoli determinati dallo stato di antropizzazione del territorio che in molti casi determinano uno sbarramento con una laminazione significativa ai deflussi ed una conseguenziale parzializzazione del bacino. In aggiunta, lo stato di antropizzazione comporta un aumento delle superfici impermeabili con maggiori effetti sul ruscellamento.

Si ribadisce che i tratti interessati dalla modellazione idraulica bidimensionale sono stati valutati sulla base di un rilievo Lidar su piattaforma drone di risoluzione geometrica inferiore al metro. Nel caso di studio sono stati esaminati 6 bacini a carattere esoreico a seguito dell'individuazione di specifiche sezioni di chiusura scelte in posizioni utili per le finalità del presente studio, e per ognuno di essi sono state determinate le relative caratteristiche morfometriche. Si rappresenta che sono stati valutate anche gli idrogrammi relativi a reticoli secondari che influiscono sui dati della modellazione, in particolare per il bacino della lama Valenzano e della lama San Giorgio.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 73 DI 80

Bacino	Quota max (m slm)	Quota media (m slm)	Quota min (m slm)	CN (II)	Area (Km ²)	Pendenza media (%)	Asta principale (Km)
Bacino Lama Velenzano	312.64	191.81	15.20	78	99.32	2.46	27.78
Bacino Lama San Marco	197.40	95.87	23.80	66	18.60	2.34	14.46
Bacino Lama Cutizza 1	65.10	44.83	23.24	84.5	3.50	1.69	3.63
Bacino Lama Cutizza 2	65.29	45.12	19.89	84	3.34	1.75	3.60
Bacino Lama San Giorgio	521.73	338.31	2.15	66	604.87	3.85	57.24

Dati morfometrici bacini idrografici

I bacini determinati e le grandezze morfometriche ad essi associate hanno consentito, attraverso l'applicazione di modelli di calcolo ampiamente diffusi in letteratura scientifica e specificati di seguito, di determinare gli idrogrammi di piena, relativi ad eventi con tempo di ritorno di 200 e 300 anni. Per questi bacini si sono scelte condizioni di input al modello a parametri concentrati, ovvero ubicate in specifici punti del modello.

8.3 Analisi Pluviometrica

L'analisi degli eventi pluviometrici estremi è di fondamentale importanza nello studio dei fenomeni legati alle piene fluviali; lo studio delle piogge massime viene effettuato attraverso l'analisi statistica dei dati storici rilevati nelle diverse stazioni pluviometriche.

Le Curve di Possibilità Pluviometrica a diversi tempi di ritorno sono determinate attraverso l'applicazione della metodologia indicata dal progetto "Valutazione Piene" (VaPi) sviluppata dal Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDICI). La metodologia utilizzata

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	74 DI 80

nel VAPI fa riferimento alla distribuzione TCEV (Two Components Extreme Value) con regionalizzazione di tipo gerarchico.

L'analisi regionale di terzo livello, basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota, ha portato all'individuazione dei bacini esaminati, che si trovano nella zona omogenea numero 5, e a definire le rispettive curve di possibilità pluviometrica relative ai tempi di ritorno di 200 e 300 anni.



In particolare, per ognuna delle sei zone omogenee al terzo livello di regionalizzazione, il rapporto VAPI individua una relazione che consente di determinare i parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica. Per la zona 5 la relazione proposta è la seguente:

$$h(\text{mm}) = 28.2 t^{[(0.628+0.0002z)/3.178]}$$

Con riferimento alla stessa procedura VAPI, il risultato fornito da questa relazione esprime l'andamento dei valori medi delle precipitazioni massime annuali e per derivare il valore associato ad un predefinito tempo di ritorno esso va moltiplicato per un fattore di crescita KT . Dall'applicazione della metodologia appena descritta si ricavano le curve di possibilità pluviometrica (CPP) riferite ai tempi di ritorno di 200 e 300 anni. Dette curve sono state

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 75 DI 80

utilizzate nella fase di modellazione idrologica per l'analisi della trasformazione afflussi-deflussi.

8.4 Analisi afflussi deflussi con il metodo CN

Il calcolo della precipitazione efficace e del ruscellamento superficiale è stato effettuato secondo vari approcci scientifici tra cui anche il metodo razionale utilizzando le varie formulazioni disponibili in letteratura.

A valle di un confronto fra le diverse metodologie adoperate, viene sommariamente descritto il modello che ha consentito di determinare i risultati con la migliore approssimazione possibile in funzione dei dati disponibili, il modello a cui si fa riferimento è l'SCN-SCS (Curve Number del Soil Conservation Service). La metodologia utilizzata, particolarmente adatta alla realtà territoriale in esame (modello ampiamente usato anche dall'Autorità di Bacino della Puglia), consente la ricostruzione delle piene attraverso la definizione dell'indice CN (Curve Number), valore che dipende dalla geologia e dall'uso del suolo.

Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso e si determina in base alle caratteristiche idrologiche dei suoli, alla copertura vegetale, al grado di antropizzazione dei luoghi e alle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento. In particolare, attraverso analisi della carta geologica, dell'ortofoto e della carta dell'uso del suolo, si è provveduto a valutare il valore del Curve Number ponderato per ciascun bacino. I valori dei CN di ogni bacino sono riportati nella tabella riassuntiva delle caratteristiche di ognuno di essi già riportata in precedenza.

I parametri considerati nel modello sono:

- CN (Curve Number);
- S grado di saturazione del terreno;
- Ia (Initial Abstraction), grado di assorbimento iniziale del terreno;
- AMC (Antecedent Moisture Condition), grado di imbibizione precedente l'evento;

Secondo il modello, la relazione che lega la precipitazione netta cumulata dall'inizio dell'evento meteorico sino al generico istante t alla precipitazione lorda è la seguente

$$P_{netta} = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 76 DI 80

nella quale S si ricava dalla formula

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

mentre la si calcola secondo l'ipotesi di letteratura:

$$Ia = 0.2S$$

L'ulteriore parametro necessario al modello per la valutazione della durata critica di precipitazione, è il Time Lag (tL), tempo di ritardo tra il centro del pluviogramma e quello dell'idrogramma, valutato secondo la formula seguente:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

Attraverso il quale, sulla base della ipotesi di letteratura per cui:

$$t_c = t_L / 0.6$$

Facendo riferimento ad una condizione AMC=3 è stato possibile calcolare il tempo di corrivazione, secondo il metodo SCS-CN, che rappresenta il tempo in cui si raggiunge la portata massima di piena. Infine sono stati determinati gli idrogrammi di piena ed i volumi idrologici per i tempi di ritorno prefissati per ognuno dei 6 bacini per mezzo dell'idrogramma unitario adimensionale di Mockus che mette in relazione il rapporto tra la generica portata Q all'istante t e la portata al colmo Qp che si verifica all'istante ta (durata della fase di crescita) con la variabile dimensionale t/ta.

$$t_a = t_L / 0.9$$

Gli idrogrammi di piena hanno rappresentato l'input per la simulazione di propagazione delle piene nei tre modelli conseguiti. Il tempo t è in ore mentre la portata Q

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI												
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA													
PROGETTO ESECUTIVO: 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>IA3S</td> <td>01</td> <td>E ZZ RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>E</td> <td>77 DI 80</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	77 DI 80
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	77 DI 80								

Lama Valenzano			Lama San Marco			Lama Cutizza 1			Lama Cutizza 2			Lama San Giorgio		
t	Q200	Q300	t	Q200	Q300	t	Q200	Q300	t	Q200	Q300	t	Q200	Q300
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.25	16.89	17.42	1.80	2.47	2.75	0.45	2.17	2.36	1.39	3.93	4.32	4.99	41.47	53.63
2.82	21.96	22.65	2.25	3.22	3.58	0.56	2.82	3.07	1.74	5.12	5.62	6.23	53.91	69.72
3.38	27.03	27.88	2.70	3.96	4.41	0.68	3.48	3.78	2.09	6.30	6.92	7.48	66.36	85.81
4.51	52.36	54.01	3.61	7.67	8.54	0.90	6.73	7.33	2.78	12.20	13.41	9.97	128.57	166.26
5.07	67.14	69.26	4.06	9.84	10.95	1.02	8.64	9.40	3.13	15.64	17.19	11.22	164.85	213.18
5.64	81.92	84.50	4.51	12.00	13.36	1.13	10.54	11.47	3.48	19.08	20.97	12.47	201.14	260.11
6.76	111.48	114.99	5.41	16.33	18.18	1.36	14.34	15.61	4.17	25.97	28.54	14.96	273.72	353.97
9.02	157.09	162.04	7.21	23.01	25.61	1.81	20.20	21.99	5.57	36.60	40.22	19.95	385.70	498.77
9.58	163.85	169.00	7.66	24.00	26.71	1.92	21.07	22.94	5.91	38.17	41.95	21.20	402.29	520.22
11.27	168.92	174.23	9.02	24.75	27.54	2.26	21.72	23.65	6.96	39.35	43.24	24.94	414.73	536.31
13.53	157.09	162.04	10.82	23.01	25.61	2.71	20.20	21.99	8.35	36.60	40.22	29.92	385.70	498.77
15.78	131.75	135.90	12.62	19.30	21.48	3.16	16.95	18.44	9.74	30.69	33.73	34.91	323.49	418.32
18.04	94.59	97.57	14.42	13.86	15.42	3.62	12.17	13.24	11.13	22.04	24.22	39.90	232.25	300.33
20.29	65.88	67.95	16.23	9.65	10.74	4.07	8.47	9.22	12.52	15.35	16.87	44.88	161.74	209.16
22.54	47.30	48.78	18.03	6.93	7.71	4.52	6.08	6.62	13.91	11.02	12.11	49.87	116.12	150.17
24.80	36.06	37.20	19.83	5.28	5.88	4.97	4.64	5.05	15.31	8.40	9.23	54.86	88.54	114.50
27.05	24.83	25.61	21.64	3.64	4.05	5.42	3.19	3.48	16.70	5.78	6.36	59.85	60.96	78.84
29.31	18.07	18.64	23.44	2.65	2.95	5.88	2.32	2.53	18.09	4.21	4.63	64.83	44.38	57.39
31.56	13.01	13.42	25.24	1.91	2.12	6.33	1.67	1.82	19.48	3.03	3.33	69.82	31.93	41.30
33.82	9.29	9.58	27.05	1.36	1.51	6.78	1.19	1.30	20.87	2.16	2.38	74.81	22.81	29.50
36.07	6.76	6.97	28.85	0.99	1.10	7.23	0.87	0.95	22.26	1.57	1.73	79.79	16.59	21.45
38.32	4.90	5.05	30.65	0.72	0.80	7.68	0.63	0.69	23.65	1.14	1.25	84.78	12.03	15.55
40.58	3.55	3.66	32.46	0.52	0.58	8.14	0.46	0.50	25.05	0.83	0.91	89.77	8.71	11.26
42.83	2.53	2.61	34.26	0.37	0.41	8.59	0.33	0.35	26.44	0.59	0.65	94.75	6.22	8.04
45.09	1.86	1.92	36.06	0.27	0.30	9.04	0.24	0.26	27.83	0.43	0.48	99.74	4.56	5.90
47.34	1.27	1.31	37.86	0.19	0.21	9.49	0.16	0.18	29.22	0.30	0.32	104.73	3.11	4.02
51.85	0.84	0.87	41.47	0.12	0.14	10.40	0.11	0.12	32.00	0.20	0.22	114.70	2.07	2.68
54.11	0.42	0.44	43.27	0.06	0.07	10.85	0.05	0.06	33.39	0.10	0.11	119.69	1.04	1.34
56.36	0.00	0.00	45.08	0.00	0.00	11.30	0.00	0.00	34.79	0.00	0.00	124.68	0.00	0.00

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 78 DI 80

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. E	FOGLIO 79 DI 80

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Autorità di Bacino della Puglia, *Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Relazione di Piano*, dicembre 2004.
- Autorità di Bacino della Puglia, *Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione*, novembre 2005.
- Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.
- Copertino V.A. e Fiorentino M., *Valutazione delle piene in Puglia*, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente e GNDICI (Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Potenza, 1994.
- Da Deppo L., Datei C., *Fognature*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2005.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- Ermini R. e M. Fiorentino, *I tempi di ritardo caratteristici dei bacini idrografici*, in: Copertino, V.A. e M. Fiorentino (a cura di), *Valutazione delle piene in Puglia*, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università della Basilicata e GNDICI-CNR, 121-143, 1994.
- Gabriele S., Chiaravallotti F., Cotecchia V., *L'evento pluviometrico del 22 ottobre 2005 in Puglia – Una ricostruzione sperimentale mediante meteosat-8 e modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti*, L'ACQUA, n°5, p.37-48, 2006.
- Hall, M.J. *Urban Hydrology*, Elsevier, London, 1984.
- Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977
- Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.
- Ministero LL.PP. Servizio Idrografico sezione di BAri, *Annali Idrologici, parte I., Roma, 1929-2005*.
- Moretti M., *Le alluvioni nel settore Adriatico delle Murge (Terra di Bari): cause geologiche e ruolo dell'azione antropica*, Geologi e territorio, Ordine Regionale dei Geologi-Puglia, N.3, pp. 11-22.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione Idrologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RI	ID0001 001	E	80 DI 80

Mossa M., *Le alluvioni di Bari: ciò che la storia avrebbe dovuto insegnare (The floods in Bari: what history should have taught)* Journal of Hydraulic Research, Vol. 45, N.5, pp. 579-594.

Pulelli, "Relazione conclusiva sulle indagini geoelettriche" lavoro facente parte degli elaborati relativi al Progetto Preliminare per il Riassetto del Nodo di Bari con codice IAY100R78RGGE0001002A

Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*. Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.

Università degli Studi di Bari, *Studio di fattibilità per l'integrazione degli studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste*.