

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

NODO INTERMODALE DI BRINDISI

INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica – Fiume Grande e Canale di Levante

SCALA:

-

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


I A 7 L 0 0 D 0 9 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	C. Cesari	Maggio 2020	F. Cabas	Maggio 2020	T. Paoletti	Maggio 2020	A. Vitozzi	Maggio 2020

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti
Dott. Ing. Angelo Vitozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783


File: IA7L00D09RIID0001001A.doc

n. Elab.: X

	PROGETTO DEFINITIVO					
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A	FOGLIO 2 di 32

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2.	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO.....	6
3.	IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME GRANDE.....	8
3.1	IL SOTTOBACINO DEL CANALE DI LEVANTE.....	9
4.	ANALISI IDROLOGICA	11
4.1	ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI	11
	4.1.1. VA.PI. - Puglia: regionalizzazione delle piogge.....	11
	4.1.2. Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche	18
	4.1.3. Definizione delle curve di possibilità pluviometrica per il dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria e stradale	22
4.2	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	24
	4.2.1. Metodo razionale.....	24
	4.2.2. Confronto tra valori di portata al colmo.....	28
4.3	DEFINIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO.....	30
5.	BIBLIOGRAFIA.....	32


	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Inquadramento territoriale dell'area di studio.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 – Tracciato di progetto e reticolo idrografico.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3 – Fiume Grande: sottobacino di interesse.</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4 – Sottobacino del Canale di Levante.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5 – VAPI Puglia: zone omogenee al terzo livello di regionalizzazione.</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6 – Stazioni pluviometriche nell'area di studio e relativi topoieta.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7 – Litologia all'interno del bacino del Bacino del Fiume Grande (fonte: Regione Puglia).</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8 – Fiume Grande: confronto tra valori di portata al colmo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9 – Canale di Levante: confronto tra valori di portata al colmo.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10 – Fiume Grande: idrogrammi di piena di progetto.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11 – Canale di Levante: idrogrammi di piena di progetto.....</i>	<i>31</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Fiume Grande: parametri morfometrici del sottobacino di interesse.</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 2 – Canale di Levante: parametri morfometrici del sottobacino di interesse.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 3 - Parametri della distribuzione TCEV, per la zona di intervento.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabella 4 - Coefficienti del III livello di regionalizzazione.</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 5 - Valori del Fattore di Crescita</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 6 – Fiume Grande: valori dei parametri a e n delle CPP di riferimento secondo la metodologia VAPI.</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 7 – Canale di Levante: valori dei parametri a e n delle CPP di riferimento secondo la metodologia VAPI.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 8 – Stazione di Brindisi: registrazioni pluviometriche.</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 9. Stazione di Brindisi: valori dei parametri (a; n), per differenti tempi di ritorno.</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 10. Stazione di Brindisi: valori dei parametri (a; n), per differenti tempi di ritorno e per durate inferiori all'ora.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 11 – Valori del Curve Number (CN) per le differenti coperture del suolo del CLC al 4° livello (Elaborazione ADIS).</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 12 – Fiume Grande: valori di portata al colmo, secondo le CPP della metodologia VAPI.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabella 13 – Fiume Grande: valori di portata al colmo, secondo le CPP della Stazione di Brindisi (Gumbel).</i>	<i>27</i>
<i>Tabella 14 – Canale di Levante: valori di portata al colmo, secondo le CPP della metodologia VAPI.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabella 15 – Canale di Levante: valori di portata al colmo, secondo le CPP della Stazione di Brindisi (Gumbel).....</i>	<i>28</i>

	PROGETTO DEFINITIVO					
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A	FOGLIO 4 di 32

1. **PREMESSA**

Nelle immediate vicinanze della stazione di Brindisi è presente una complessa realtà industriale principalmente legata al Porto e al polo petrolchimico. Il collegamento tra l'aera portuale e la stazione di Brindisi, ad oggi, è fortemente penalizzato da una moltitudine di intersezioni a raso all'interno di un'area fortemente urbanizzata.

Obiettivo della presente progettazione consiste nell'incentivare il traffico merci su ferro integrando il sistema portuale con il sistema ferroviario riducendo in questo modo le interferenze tra le attività di terminalizzazione ed il traffico urbano.

Tale intervento presenta elevati vantaggi in termini di sicurezza in quanto, oltre ad allontanare il traffico merci da un tessuto urbano costituito da numerosi passaggi a livello, concentra le operazioni di manovra dei treni merci all'interno della nuova "stazione elementare".

Scopo della presente progettazione è la realizzazione del completamento dell'infrastruttura di collegamento dell'area industriale retro-portuale di Brindisi con l'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale.


La tratta in progetto si sviluppa interamente all'interno del bacino del Fiume Grande, attraversando quest'ultimo, mediante un viadotto (VI02) a campata unica, alla pk 4+550.00.

Nel tratto compreso tra la pk 1+900.00 (inizio intervento) e la pk 3+200.00 circa, la nuova linea si sviluppa inoltre in stretto affiancamento al Canale di Levante, tributario in destra idraulica del Fiume Grande (con confluenza in quest'ultimo a valle dell'intervento in progetto).

Nella presente relazione è riportato quindi lo studio idrologico del bacino del Fiume Grande e del sottobacino del Canale di Levante.

Nel dettaglio, le analisi sono state effettuate secondo le seguenti fasi:

- perimetrazione dei bacini idrografici di interesse e valutazione delle relative caratteristiche morfometriche;
- raccolta ed elaborazione delle osservazioni/registrazioni presso le stazioni pluviografiche ricadenti nei bacini idrografici in esame;
- valutazione delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura considerate, applicando le curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'analisi statistica secondo Gumbel delle registrazioni disponibili e dalla metodologia di regionalizzazione VAPI;
- determinazione degli idrogrammi di piena di progetto, da imporre come condizioni al contorno nei modelli numerici (idraulici), sviluppati in regime di moto vario.


	PROGETTO DEFINITIVO					
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A	FOGLIO 5 di 32

Le analisi sono state sviluppate in accordo alla pianificazione di bacino attualmente in vigore, nello specifico alle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (PAI, 2005), nonché del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA, 2016) del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, alle Norme tecniche delle costruzioni (NTC18) e al Manuale di Progettazione Ferroviaria (2020).

1.1 Riferimenti normativi

I principali riferimenti per il presente progetto sono rappresentati dalle seguenti normative e/o strumenti di pianificazione:

- Regio Decreto del 08/05/1904, n.368
- Regio Decreto del 25/07/1904 n.523
- Legge n. 183/1989, “*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*”
- D.M. del 14 febbraio 1997 “*Direttive tecniche per l’individuazione e perimetrazione da parte delle Regioni a rischio idraulico*”
- D.L. n. 180/1998 (*Decreto Sarno*)
- Legge n. 365/2000 “*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile*” (Legge Soverato)
- Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (PAI, 2005) e relative Norme Tecniche di Attuazione
- D.Lgs. n. 152/2006 “Norma in materia ambientale”
- D.Lgs. n. 49/2010 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni”
- *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto idrografico dell’Appennino Meridionale* (PGRA, 2016) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA)
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC2018)
- Circolare del 21 gennaio 2019, n.7 del C.S.LL.PP, esplicative delle NTC 2018
- Manuale di Progettazione delle opere ferroviarie (RFIDTCSICSMAIFS001B)

	PROGETTO DEFINITIVO				
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. FOGLIO A 6 di 32

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO


L'intervento in progetto si compone di due lotti:

- **Lotto 1:** opere a carico del Comune di Brindisi (a cura del Comune e in corso di realizzazione):
 - Binario di corretto tracciato (Binario III) e precedenza in sinistra (Binario IV) della suddetta nuova Stazione Elementare;
 - Nuova tratta ferroviaria di collegamento tra la Dorsale del Consorzio ASI di Brindisi (Porto di Brindisi) e la nuova Stazione Elementare per l'arrivo/partenza di treni merci a modulo 750m (circa 1,78 Km)



Figura 1 – Inquadramento territoriale dell'area di studio.

- **Lotto 2:** opere a carico di RFI, oggetto della presente progettazione:
 - Binari I e II della nuova stazione per l'arrivo/partenza treni di merci a modulo 750m
 - Nuova tratta ferroviaria di collegamento tra la suddetta nuova Stazione Elementare e la linea Bari – Lecce (OO.CC. + armamento)
 - Posto di comunicazione e bivio di collegamento della nuova tratta con la Linea Adriatica (al km 764+230 circa della linea Bari – Lecce)
 - Impianti di trazione elettrica e apparati tecnologici della nuova stazione merci, della tratta di collegamento tra questa e la Linea Adriatica e del bivio sulla Linea Adriatica per l'allaccio della nuova linea.

	PROGETTO DEFINITIVO					
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A	FOGLIO 7 di 32

Pertanto, il progetto risponde ai seguenti obiettivi: *i)* realizzazione di una stazione a modulo 750 m, coerentemente con gli standard europei di trasporto merci; *ii)* velocizzazione delle attività di manovra e terminalizzazione, per accesso diretto dei treni provenienti da nord in una stazione dedicata a traffico merci, con itinerari di arrivo a 60 km/h; *iii)* integrazione del sistema ferroviario con quello portuale; *iv)* riduzione delle interferenze tra le attività di terminalizzazione su ferro e il traffico urbano, con vantaggi soprattutto in termini di sicurezza; *v)* incentivo al traffico merci su ferro; *vi)* separazione del traffico merci, in parte altamente pericolose, dal traffico viaggiatori in stazione di Brindisi centrale.

Dal punto di vista idrologico-idraulico, la linea in progetto si sviluppa all'interno del bacino del Fiume Grande, attraversando quest'ultimo alla pk 4+550.00, ed in stretto affiancamento al Canale di Levante tra le pk 1+900.00 e 3+200.00 circa. La determinazione delle portate al colmo del Fiume Grande e del Canale di Levante è quindi finalizzata principalmente allo studio di compatibilità idraulica dell'opera di attraversamento in progetto, VI02, e del tratto di rilevato in parallelo al Canale di Levante, nonché delle relative opere annesse. Nella figura seguente è riportato il tracciato della "nuova" linea ferroviaria, con evidenziati i due corsi d'acqua maggiori oggetto di studio nella presente relazione.

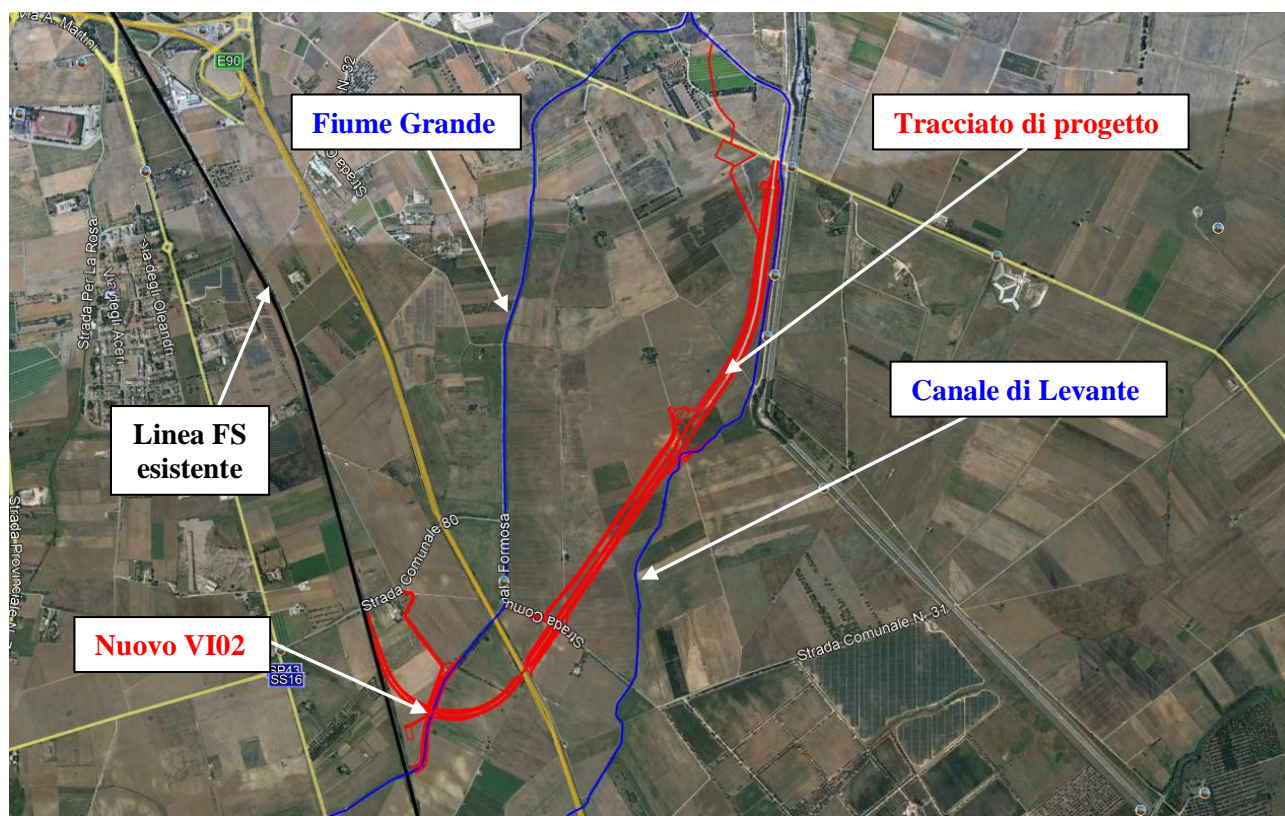



Figura 2 – Tracciato di progetto e reticolo idrografico.

	PROGETTO DEFINITIVO					
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A	FOGLIO 8 di 32

3. IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME GRANDE

Il bacino imbrifero del fiume Grande ha un'estensione complessiva di circa 33 km², con una forma allungata (parametro di allungamento: 0.35) e la sua asta fluviale si estende per 15 km partendo dalla strada provinciale SP 82 per Mesagne, fino a sfociare nel Mar Adriatico all'interno del porto esterno di Brindisi. Il bacino imbrifero è costituito nella parte alta da terreni prevalentemente a destinazione agricola (per circa 86% - suddivisi in seminativi, vigneti ed uliveti) e pascolo mentre nel tratto a valle della SP n.88 (tratto finale) da un territorio a destinazione urbana ed industriale (circa il 10%). In tale zona, a circa 3 km dalla foce, il fiume Grande si congiunge con il suo affluente di destra, il Canale di Levante, per poi attraversare il centro industriale di Brindisi, costeggiando in destra il nastro trasportatore della centrale Enel di Cerano.

Nella figura seguente è individuato il sottobacino del Fiume Grande di interesse, con sezione di chiusura in corrispondenza della nuova opera di attraversamento in progetto (VI02).

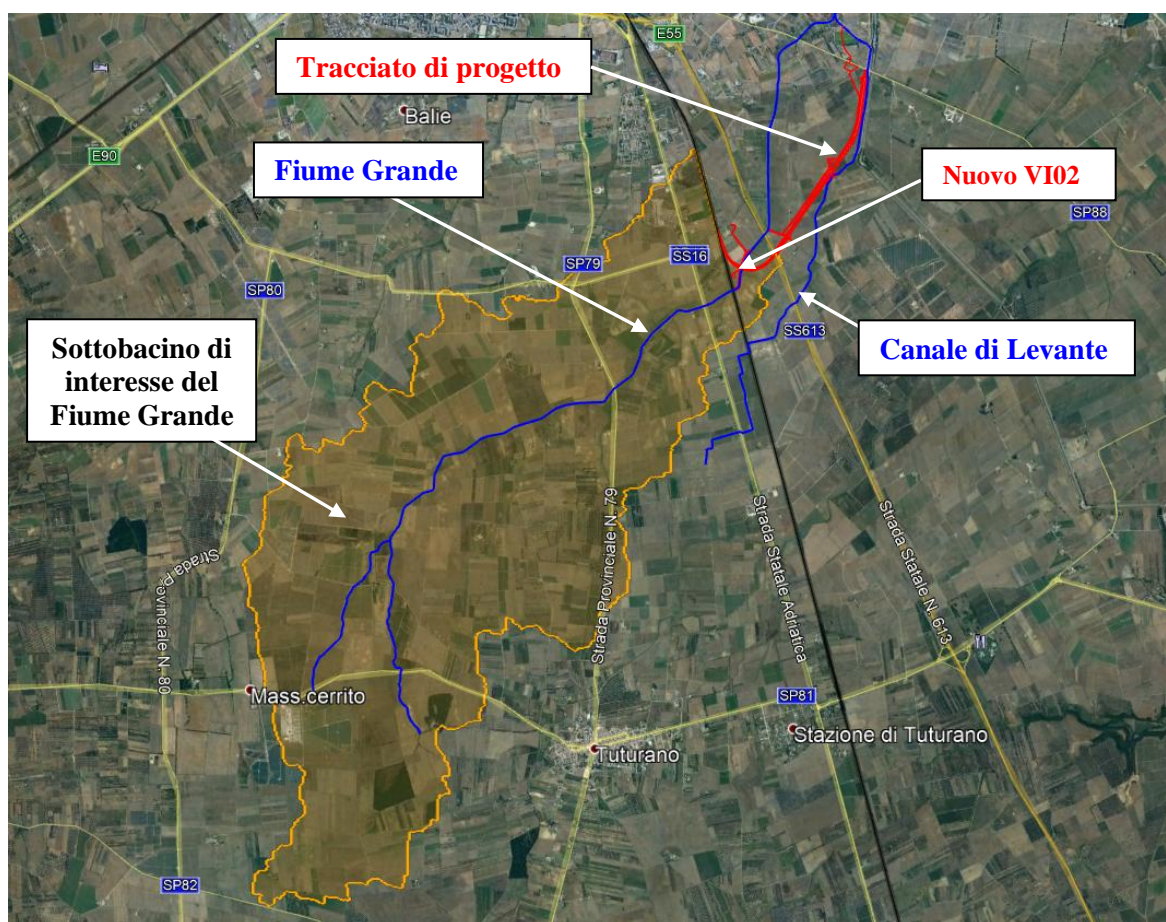



Figura 3 – Fiume Grande: sottobacino di interesse.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

Nella tabella seguente sono riportate le relative caratteristiche morfometriche.

<i>A (kmq)</i>	<i>L (km)</i>	<i>H_{max} (m slm)</i>	<i>H_{min} (m slm)</i>	<i>H_{med} (m slm)</i>	<i>P_{bacino} (m/m)</i>	<i>i_{asta} (m/m)</i>
21.75	8	64.96	17.3	44.04	0.017	0.0046

Tabella 1 – Fiume Grande: parametri morfometrici del sottobacino di interesse.

Nei documenti del P.A.I. redatti dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, per il bacino del Fiume Grande sono forniti i seguenti valori di portata al colmo, in corrispondenza di due specifiche sezioni di chiusura (per differenti tempi di ritorno, *Tr*):

- **sezione intermedia (estensione bacino = 19 km²)**, poco più a monte della sezione di chiusura del sottobacino in esame

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
30	27.1
200	41.0
500	47.6

- **alla foce (estensione bacino = 32.5 km²)**

<i>Tr (anni)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
30	33.1
200	67.2
500	85.2

3.1 Il sottobacino del Canale di Levante

Il sottobacino del Canale di Levante, affluente in destra idraulica del Fiume Grande, ha una estensione di circa 5 km² ed, insieme al Fiume Grande, appartiene alle rete di canali del comprensorio gestito del Consorzio di Bonifica dell'Arneo. Attualmente il Consorzio opera fundamentalmente per la conservazione dei canali e dei relativi manufatti, con interventi di diserbo meccanico, sistemazioni di fondo e di sponda, oltre che di spurgo, mediante una periodica risagomatura degli alvei.

In Figura 4 è riportata la delimitazione del sottobacino del Canale di Levante, con sezione di chiusura in prossimità della confluenza nel Fiume Grande.

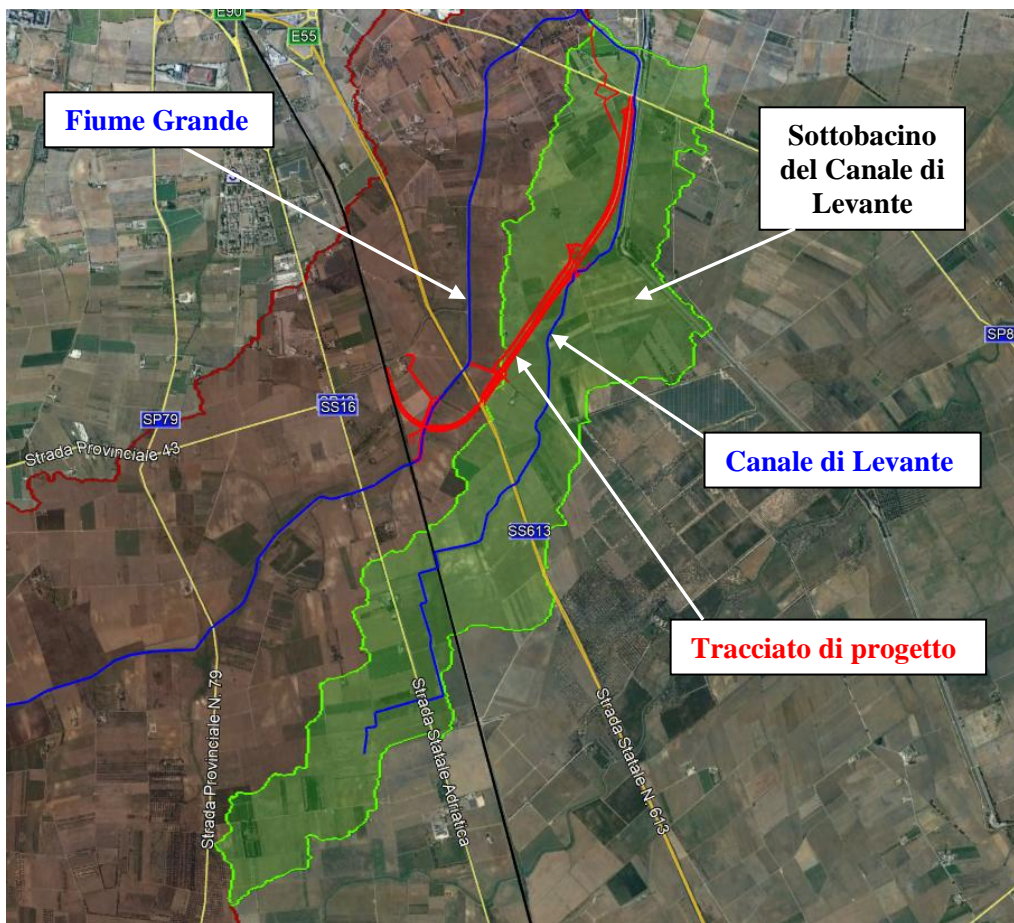



Figura 4 – Sottobacino del Canale di Levante.

Nella tabella seguente sono riportate le corrispondenti caratteristiche morfometriche.

<i>A (kmq)</i>	<i>L (km)</i>	<i>H_{max} (m slm)</i>	<i>H_{min} (m slm)</i>	<i>H_{med} (m slm)</i>	<i>P_{bacino} (m/m)</i>	<i>i_{asta} (m/m)</i>
5.1	6.5	39.96	0.712	22.36	0.0210	0.0045

Tabella 2 – Canale di Levante: parametri morfometrici del sottobacino di interesse.

Con riferimento ai documenti del **P.A.I. (AdB Puglia)**, alla confluenza con il Fiume Grande, il valore di portata al colmo del Canale Levante, corrispondente ad un tempo di ritorno di **200 anni**, ammonta a circa **18 m³/s**.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

4. ANALISI IDROLOGICA

Per l'individuazione dei dati pluviometrici necessari alla stima e alla quantificazione delle portate al colmo di progetto, si è fatto riferimento sia a modelli di regionalizzazione sia alle registrazioni pluviometriche puntuali disponibili.

4.1 Analisi delle precipitazioni

4.1.1. VA.PI. - Puglia: regionalizzazione delle piogge

Lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto mediante un insieme di procedure atte a trasferire le informazioni di tipo idrologiche note come "Analisi Regionale".


Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico, che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima distribuzione di probabilità (TCEV) deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson.

Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione).

Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare, si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni.

La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri θ^* e Λ^* . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi si basa sulla assunzione che le 66 stazioni appartengano ad un'unica zona al primo livello.

I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri θ^* e Λ^* . L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.


Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di Λ_1 .

Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nella tabella seguente si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per l'area di studio.

<i>Zona omogenea</i>	θ^*	Λ^*	Λ_1
<i>Puglia centro-meridionale</i>	2.121	0.353	17.55

Tabella 3 - Parametri della distribuzione TCEV, per la zona di intervento.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata $X_{d,TR}$ viene espressa in funzione di una quantità K_{TR} , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno TR e indipendente dalla durata. Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno TR ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T})}$$

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno. La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della $X_{d,TR}$. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno TR ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione. Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e $\Lambda 1$, è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di TR attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:


$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di θ^* , Λ^* e $\Lambda 1$. Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R$$

Per la Puglia centro-meridionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R$$

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

Va rimarcato comunque come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per $Tr < 50$ anni e superiori al 5% per $Tr < 100$ anni.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

ad essendo a e n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Per l'intera regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota.

Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h :

$$\mu(X_t) = C * h + D$$


in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;

- nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare 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.

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata e alla quota del sito, per l'area in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = ad^{(Ch+D+\ln a - \ln a)/\ln 24}$$

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = X_g/X_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.


Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione è pari a 0.89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate (mostrate nella figura seguente), i valori dei parametri sopra descritti sono riportati nella tabella sottostante:

	α	a	C	D	N
Zona 1	0.89	28.66	0.00503	3.959	-----
Zona 2	0.89	22.23	-----	-----	0.247
Zona 3	0.89	25.325	0.000531	3.811	-----
Zona 4	0.89	24.7	-----	-----	0.256
Zona 5	0.89	28.2	0.0002	4.0837	-----
Zona 6	0.89	33.7	0.0022	4.1223	-----

Tabella 4 - Coefficienti del III livello di regionalizzazione.



Figura 5 – VAPI Puglia: zone omogenee al terzo livello di regionalizzazione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (K_T) per la precipitazione media:

$$h = K_T \mu(X_d)$$

Con riferimento alle 6 aree pluviometriche omogenee in cui è stato suddiviso il territorio pugliese, per ognuna di esse sono state individuate le seguenti Curva di Possibilità Pluviometrica (CPP):

Zona 1:	$x(t, z) = 26.8t^{[(0.720+0.00503z)/3.178]}$
Zona 2:	$x(t, z) = 22.23t^{0.247}$
Zona 3:	$x(t, z) = 25.325t^{[(0.0696+0.00531z)/3.178]}$
Zona 4:	$x(t) = 24.70t^{0.256}$
Zona 5:	$x(t, z) = 28.2t^{[(0.628+0.0002z)/3.178]}$
Zona 6:	$x(t, z) = 33.7t^{[(0.488+0.0022z)/3.178]}$

in cui t = durata della precipitazione; z = quota media del sito.


Ai valori così ottenuti, deve essere applicato il coefficiente moltiplicativo legato al Fattore di Crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni); nello specifico, con riferimento alla zona in esame (Puglia Centro-Meridionale e Salento):

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \ln(TR)$$

Di seguito, si riportano i valori dei fattori di crescita K_T in funzione dei tempi di ritorno utilizzati nel presente studio idrologico:

Tempo di ritorno (anni)						
	25	30	100	200	300	500
Kt	1.82	2.00	2.57	2.90	3.11	3.38

Tabella 5 - Valori del Fattore di Crescita

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001

Sulla base dei dati e delle informazioni sopra riportate, relative alla sottozona VAPI 6, sono state calcolate le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) per i sottobacini individuati, in funzione della relativa quota media, associate ai tempi di ritorno di 25, 30, 100, 200 e 500 anni, in ottemperanza delle NTA esplicative della pianificazione di bacino vigente nonché della normativa e dei regolamenti di riferimento, sopra specificati (NTC 2018, Manuale di Progettazione Ferroviaria, 2020).


Di seguito, le CPP per i differenti tempi di ritorno considerati, relative ai sottobacini del Fiume Grande e del Canale di Levante in esame.

<i>Tr (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
25	64.0	0.18
30	67.4	0.18
100	86.6	0.18
200	97.6	0.18
500	113.9	0.18

Tabella 6 – *Fiume Grande*: valori dei parametri *a* e *n* delle CPP di riferimento secondo la metodologia VAPI.

<i>Tr (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
25	64.0	0.17
30	67.4	0.17
100	86.6	0.17
200	97.6	0.17
500	113.9	0.17

Tabella 7 – *Canale di Levante*: valori dei parametri *a* e *n* delle CPP di riferimento secondo la metodologia VAPI.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

4.1.2. Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche

Sono prese in considerazione le registrazioni pluviometriche presso le stazioni di misura ricadenti all'interno dei sottobacini di interesse. Nello specifico, con riferimento alla figura seguente, entrambi i sottobacini in esame (Fiume Grande e Canale di Levante) ricadono all'interno del topoieta o del poligono di Thiessen della stazione pluviografica di Brindisi.

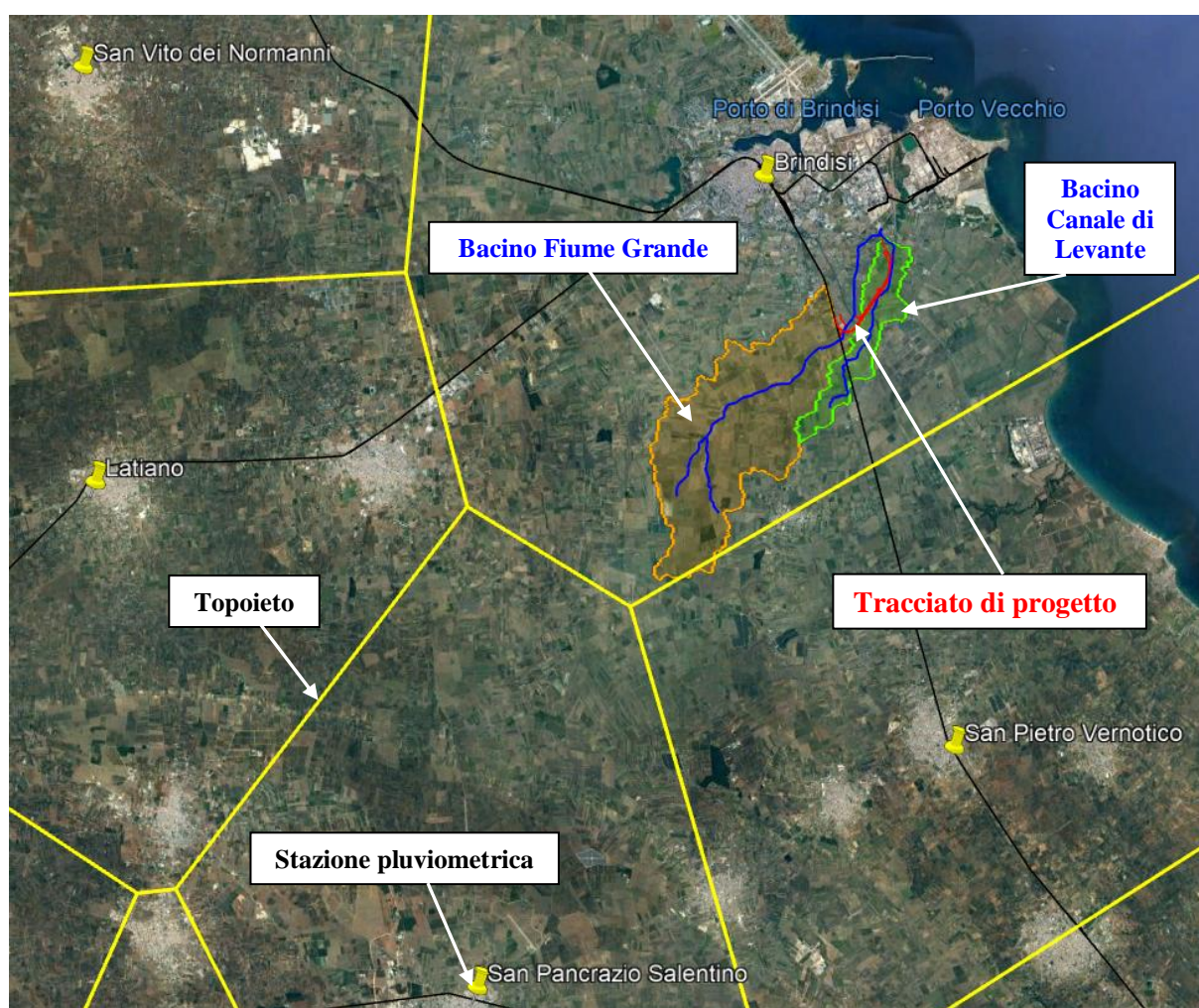



Figura 6 – Stazioni pluviometriche nell'area di studio e relativi topoieta.

Si proceduto quindi all'elaborazione statistica delle serie storiche di altezza di pioggia per 1, 3, 6, 12, 24 ore, registrate e disponibili presso la stazione di misura di Brindisi (Tabella 8), secondo il modello di Gumbel.

Stazione di Brindisi											
Anno/ore	1	3	6	12	24	Anno/ore	1	3	6	12	24
1936	17.8	27.4	28.8	35.4	52.8	1977	38.2	46.8	47.8	47.8	47.8
1937	20.8	37.0	50.0	60.6	65.2	1978	15.2	22.0	32.0	33.4	52.2
1938	20.4	40.4	47.8	51.2	56.2	1979	25.2	29.2	30.8	37.2	57.4
1940	47.4	47.4	80.6	80.6	80.6	1980	27.8	30.0	41.6	46.4	50.6
1941	12.0	21.6	25.6	33.2	33.2	1981	30.0	45.6	46.2	46.2	56.2
1943	33.0	39.4	39.4	42.4	53.8	1982	38.0	39.2	39.2	39.2	46.4
1944	25.0	28.8	34.8	49.2	58.8	1983	33.6	38.4	38.4	45.2	57.2
1948	17.6	19.4	19.8	39.2	40.2	1984	22.6	25.8	29.0	29.0	29.0
1950	21.4	28.8	28.8	29.2	30.0	1985	18.8	20.6	25.2	30.8	33.4
1951	23.8	26.0	30.0	37.2	40.8	1986	56.0	93.6	115.8	119.2	124.2
1952	27.2	49.8	84.0	96.8	99.0	1988	27.8	32.0	42.8	63.2	63.2
1953	60.0	88.8	94.8	95.8	100.2	1989	34.4	35.8	42.0	49.6	52.8
1954	24.0	32.4	48.6	70.6	72.6	1990	19.0	22.8	29.8	42.4	64.8
1955	42.8	42.8	45.8	46.4	47.2	1991	46.0	70.0	120.2	127.2	137.4
1956	19.0	19.4	29.8	43.0	43.4	1992	20.0	37.0	50.4	55.8	56.0
1957	54.0	54.6	54.6	56.4	68.6	1993	39.4	42.6	42.6	44.6	50.8
1958	28.2	37.2	60.0	85.2	115.0	1997	46.0	52.6	56.4	67.0	75.6
1959	28.0	31.4	33.4	37.6	56.4	1998	40.8	43.0	51.0	68.2	125.0
1960	21.2	42.4	58.0	70.8	100.4	1999	38.2	38.2	56.8	56.8	61.8
1961	29.0	51.8	65.6	68.2	68.2	2000	33.4	56.8	62.6	64.6	64.6
1963	30.2	39.2	57.2	76.4	76.4	2001	18.2	19.8	24.2	24.6	27.4
1964	25.2	29.0	39.0	50.0	82.0	2002	38.2	49.0	55.0	77.8	83.8
1965	28.2	30.6	32.6	50.2	68.8	2003	22.8	48.0	65.2	97.4	102.6
1967	38.0	48.4	66.4	73.6	73.6	2004	64.0	75.6	83.2	85.0	85.6
1968	34.2	36.4	45.4	47.6	59.0	2005	55.2	115.6	136.4	139.2	142.6
1969	35.6	56.4	73.4	97.0	107.4	2006	17.6	18.0	22.0	29.4	40.2
1970	24.2	30.4	35.6	54.0	79.4	2007	16.8	19.6	25.4	31.6	37.0
1971	25.4	29.8	29.8	46.0	78.6	2008	23.8	36.8	48.2	56.2	81.0
1972	61.0	65.2	67.8	68.4	76.6	2009	18.6	20.8	31.4	38.6	41.4
1973	20.4	27.8	33.2	37.6	52.4	2010	31.4	50.4	69.2	76.0	76.2
1974	53.4	63.2	70.2	82.6	97.4	2011	30.0	44.8	56.2	64.4	69.0
1975	38.4	45.0	45.0	45.0	45.0	2012	40.0	42.0	60.4	68.0	78.4
1976	14.0	31.8	48.2	65.6	83.0	2013	50.8	102.8	118.0	120.4	122.2

Tabella 8 – Stazione di Brindisi: registrazioni pluviometriche.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

Tale metodo prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale al campione di dati di precipitazione (nel caso specifico, **n. 66 osservazioni, nel periodo 1936-2013**) intesi come variabili indipendenti; nello specifico, 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. Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si basa 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:

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

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende soltanto da h (= precipitazione) secondo 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. Si ottengono quindi per α e u le seguenti espressioni:

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

Richiamando 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:

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

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


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

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

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

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica). L'intensità di precipitazione $j(T_r, \tau)$ è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

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

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

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.

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

Nella tabella seguente, sono dunque riportati i valori a e n (per durate di pioggia superiori all'ora), relativamente alla stazione di misura di Brindisi, per i tempi di ritorno (Tr) di 25, 30, 100, 200, 500 anni, in accordo alla pianificazione di bacino (PAI/PGRA della Regione Puglia) e alla normativa nazionale di riferimento in materia di compatibilità idraulica degli attraversamenti fluviali (NTC 2018), nonché al manuale di progettazione ferroviaria (RFI, 2020).

TR (anni)	a	n
25	60.9	0.242
30	63.0	0.242
100	76.5	0.240
200	84.2	0.240
500	94.3	0.239


Tabella 9. Stazione di Brindisi: valori dei parametri (a ; n), per differenti tempi di ritorno.

4.1.3. Definizione delle curve di possibilità pluviometrica per il dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria e stradale

Ai fini del dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria e stradale, in ragione della ridotta estensione dell'intervento, si è fatto riferimento alle curve di possibilità pluviometrica (*sito-specifiche*) della stazione di misura di Brindisi, i cui parametri sono riportati in Tabella 9.

Come sopra specificato, tali parametri (e quindi CPP) sono applicabili per eventi con durate superiori all'ora. In bacini di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono in realtà le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma.

L'utilizzo delle leggi di pioggia valide per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa e poco rappresentativa.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

Nel caso in esame, non sono disponibili dati storici relativi a registrazioni di eventi meteorici di breve durata (inferiori all'ora) e forte intensità, da poter rielaborare statisticamente. E' necessario quindi ricorrere a relazioni riportate/disponibili nella letteratura tecnica.

Nello specifico, si è fatto riferimento allo studio condotto da Ferro & Bagarello (1996), secondo il quale per la Regione Puglia è possibile ricorrere alla seguente relazione


$$\frac{h_t}{h_{60}} = \left(\frac{t}{60} \right)^s$$

con h_t = altezza di pioggia di durata pari a t ; h_{60} = altezza di pioggia oraria; $s = 0.227$ (valore tipico per la Regione Puglia).

Rielaborando quindi le CPP determinate per durate superiori all'ora mediante la relazione proposta da Ferro & Bagarello (1996), si ottengono le seguenti CPP (parametri a e n) per durate inferiori all'ora.

TR (anni)	a	n
25	57.44	0.227
30	59.28	0.227
100	71.32	0.227
200	78.20	0.227
500	87.29	0.227

Tabella 10. *Stazione di Brindisi*: valori dei parametri (a ; n), per differenti tempi di ritorno e per durate inferiori all'ora.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A

4.2 Stima delle portate di progetto

4.2.1. Metodo razionale

Il metodo razionale o cinematico costituisce uno dei metodi più comuni e utilizzati per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un determinato bacino. Il metodo si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

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

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è valutata come:

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

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

Il coefficiente di deflusso è valutato applicando il metodo del Curve Number (SCS – CN method), sulla base della copertura del suolo (all'interno dei singoli sottobacini in esame) riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° Livello (Ispra, 2012): in particolare, ad ogni codice del CLC relativo ad una specifica copertura del suolo è stato assegnato il relativo CN, dedotto da tabelle disponibili in letteratura, di seguito riportate.

Il coefficiente di deflusso (φ) può essere dunque valutato come:

$$\varphi = \frac{P_e}{P}$$

con P = altezza di pioggia di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno Tr e una durata τ_c , $P = a \cdot \tau_c^n$; P_e = pioggia efficace, dipendente dal CN, valutabile come: $P_e = (P - 0.2 \cdot S)^2 / (P + 0.8 \cdot S)$; $S = 254 \cdot (100/\text{CN} - 1)$.

Nello specifico, il suolo che caratterizza il bacino del Fiume Grande, è di tipo "prevalentemente siltoso sabbioso e arenitico" corrispondente alla categoria di suolo *B* del metodo SCS - CN, come risulta dalle mappe litologiche pubblicate della regione Puglia e sintetizzate nella figura seguente.

In definitiva, assumendo una categoria di suolo pari a *B*, il valore del CN per i sottobacini del Fiume Grande e del Canale di Levante ammonta a **74.3** e **72.7**, rispettivamente.

PROGETTO DEFINITIVO

NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE


COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA7K 00 D 09 RI ID 00 01 001 A 25 di 32

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D	Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98	PRATI ARTIFICIALI, COLTURE FORAGGERE OVE SI PUO' RICONOSCERE UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I SEMINATIVI E UNA CERTA PRODUTTIVITA', SONO SEMPRE POTENZIALMENTE RICONVERTITI A SEMINATIVO, POSSONO ESSERE RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67	71	81	89
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95	RISAE	2122	98	98	98	98
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI CANTIERI	132	90	92	94	95	VIVAI	2123	66	77	85	89
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84	COLTURA IN SERRA	2124	98	98	98	98
CDMITERI	143	57	77	85	89	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
VIGNETI	221	72	81	88	91	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	2412	59	74	82	86
FRUTTI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI E SEMINATIVI ARBORATI CON COPERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL 25%)	2413	59	74	82	86
OLIVETI	223	72	81	88	91	BOSCO DI LATIFOGLIE	3111	39	51	63	70
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI	224	67	78	85	89	ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI (LATIFOGLIE)	3112	39	51	63	70
PRATI STABILI	231	67	71	81	89	BOSCHI DI CONIFERE	3121	39	51	63	70
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86	FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE, STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE (ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI ECC.)	3221	51	58	73	80
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	242	63	73	82	88	FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE (MACCHIA MEDITERRANEA, GARGA)	3222	51	58	73	80
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83	AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGLIE	313	39	51	63	70	SPAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89	AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3312	56	73	82	86
SPAGGE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86	AREE DUNALI CON COPERTURA VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3313	56	73	82	86
PARETI ROCCIOSE E FALDIE	332	98	98	98	98	LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90	FRUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100	CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100	BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
SALINE	422	100	100	100	100	BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98	LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100	ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	5212	100	100	100	100
MARI	523	100	100	100	100	ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	1111	89	92	94	96	AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	5231	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	78	80	85	87	ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE OCCUPATO DA NUCLEIFORME A CARATTERE RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80	PROPPETI, SALKETI, EUCLITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	39	51	63	70
TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E FABBRICATI RURALI A CARATTERE TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE	1122	65	67	70	72	SUGHERETE	31122	39	51	63	70
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95	CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	39	51	63	70
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	1212	89	92	94	95	ALTRO	31124	39	51	63	70
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.)	1221	98	98	98	98						
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI, SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96						
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E SDMLI)	1223	92	93	94	95						
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE (TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95						
DISCARICHE	1321	90	92	94	95						
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CDMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95						
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88						
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84						
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85						

Tabella 11 – Valori del Curve Number (CN) per le differenti coperture del suolo del CLC al 4° livello (Elaborazione ADIS).



Figura 7 – Litologia all'interno del bacino del Bacino del Fiume Grande (fonte: Regione Puglia).

	PROGETTO DEFINITIVO				
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. FOGLIO A 26 di 32

La determinazione del tempo di corrivazione può effettuarsi mediante alcune classiche formule empiriche di uso comune; in particolare, per i sottobacini del Fiume Grande e del Canale di Levante (di media estensione), in analogia a studi pregressi condotti recentemente nell'area di interesse (rif. "COMPLETAMENTO DELLA INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST", *Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatica Meridionale - Porti di Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli - Ufficio di Brindisi, 2017*) sono state applicate le seguenti formulazioni (τ_c in [ore]):

- *Giandotti*

$$\tau_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m - h_0}}$$

con S = area del bacino [km^2]; L = lunghezza dell'asta principale [km]; h_m = altitudine media del bacino imbrifero sotteso [m s.m.m.]; h_0 = quota della sezione di chiusura del bacino [m s.m.m.];

- *Ventura*
$$\tau_c = 0.127 \sqrt{\left(\frac{A}{p}\right)}$$

con A = area (km^2), p = pendenza media dell'asta;

- *Pasini*
$$\tau_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{\sqrt{p}}$$


con A = area (km^2), L = lunghezza asta principale (Km), p = pendenza media dell'asta;

- *Kirpich*
$$\tau_c = 0.93 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{H_{\max}} / L}\right)^{0.77}$$

L = lunghezza asta principale (Km), H_{\max} = altitudine massima bacino (m);

- *SCS Method*
$$\tau_c = 0.00227 \cdot (L \cdot 1000)^{0.8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7} / \sqrt{i_m}$$

L = lunghezza asta principale (Km), i_m = pendenza media del bacino, CN = Curve Number.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001

Il tempo di corrivazione, che risponde maggiormente alle caratteristiche fisiche, morfologiche e geometriche dei sottobacini in esame, è valutato attraverso la media pesata delle determinazioni ottenute utilizzando le diverse formulazioni sopra elencate. La scelta dei pesi è conseguenza della significatività delle formulazioni per l'area in esame, contraddistinta dall'essere una area pianeggiante in fascia costiera (fonte: *Regione Puglia*).

Kirpich	0.2
Giandotti	0.2
Ventura	0.8
Pasini	0.8
SCS	0.8

In tal modo, i valori ottenuti del tempo di corrivazione, $\tau_c = 7.6$ ore per il sottobacino del Fiume Grande e $\tau_c = 4.3$ ore per il sottobacino del Canale di Levante, sono congruenti/conformi con le formulazioni specifiche per le aree pianeggianti (*Ventura – Pasini*), che principalmente ne caratterizzano la copertura del suolo.


Applicando le curve di possibilità pluviometrica (CPP) sopra definite, derivanti dalla metodologia VAPI-Puglia e dall'elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche disponibili, nella determinazione dell'intensità di pioggia di progetto, si ottengono i seguenti valori di portata di colmo per i due corsi d'acqua in esame.

<i>Tr (anni)</i>	<i>P (mm)</i>	<i>P_e (mm)</i>	φ	<i>i (mm/h)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
25	92.99	34.83	0.375	12.26	27.7
30	97.88	38.35	0.392	12.90	30.5
100	125.78	59.71	0.475	16.58	47.6
200	141.78	72.74	0.513	18.69	57.9
500	165.42	92.73	0.561	21.80	73.8

Tabella 12 – Fiume Grande: valori di portata al colmo, secondo le CPP della metodologia VAPI.

<i>Tr (anni)</i>	<i>P (mm)</i>	<i>P_e (mm)</i>	φ	<i>i (mm/h)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
25	99.51	39.53	0.397	13.12	31.5
30	102.80	41.97	0.408	13.55	33.4
100	124.38	58.60	0.471	16.39	46.7
200	136.72	68.57	0.502	18.02	54.6
500	153.00	82.14	0.537	20.17	65.4

Tabella 13 – Fiume Grande: valori di portata al colmo, secondo le CPP della Stazione di Brindisi (Gumbel).

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001

<i>Tr (anni)</i>	<i>P (mm)</i>	<i>P_e (mm)</i>	<i>φ</i>	<i>i (mm/h)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
25	81.90	25.01	0.305	19.11	8.3
30	86.21	27.80	0.322	20.11	9.2
100	110.78	45.03	0.407	25.85	14.9
200	124.87	55.73	0.446	29.14	18.4
500	145.69	72.32	0.496	33.99	23.9

Tabella 14 – Canale di Levante: valori di portata al colmo, secondo le CPP della metodologia VAPI.

<i>Tr (anni)</i>	<i>P (mm)</i>	<i>P_e (mm)</i>	<i>φ</i>	<i>i (mm/h)</i>	<i>Q (mc/s)</i>
25	86.67	28.10	0.324	20.22	9.3
30	89.55	30.02	0.335	20.90	9.9
100	108.44	43.31	0.399	25.30	14.3
200	119.24	51.40	0.431	27.82	17.0
500	133.50	62.50	0.468	31.15	20.7

Tabella 15 – Canale di Levante: valori di portata al colmo, secondo le CPP della Stazione di Brindisi (Gumbel).

4.2.2. Confronto tra valori di portata al colmo

Nelle figure seguenti, si riporta il confronto tra i valori di portata al colmo ottenuti sulla base delle CPP derivanti dalla metodologia VAPI e dall'elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche disponibili (secondo Gumbel), nonché con i valori indicati nei documenti a corredo del P.A.I. – *Regione Puglia*.

Nello specifico, con riferimento al Fiume Grande, le CPP derivanti dalla metodologia VAPI forniscono valori di portata al colmo più elevati rispetto a quelli ottenuti sulla base delle CPP determinate secondo il metodo di Gumbel. In ogni caso, i valori così ottenuti sono congruenti/conformi (ovvero intermedi rispetto) a quelli riportati nella pianificazione di bacino, in corrispondenza di una sezione di chiusura intermedia, a monte di quella di interesse, e alla foce nel Mar Adriatico.

Medesime considerazioni possono essere avanzate per il Canale di Levante relativamente al confronto sia tra i valori di portata ottenuti con le CPP derivanti dalla metodologia VAPI e dall'applicazione del metodo di Gumbel, sia con i valori indicati nella pianificazione di bacino.

In via cautelativa, per la determinazione degli idrogrammi di piena di progetto del Fiume Grande e del Canale di Levante, di seguito descritta, si è fatto riferimento alle CPP derivanti dalla metodologia VAPI.

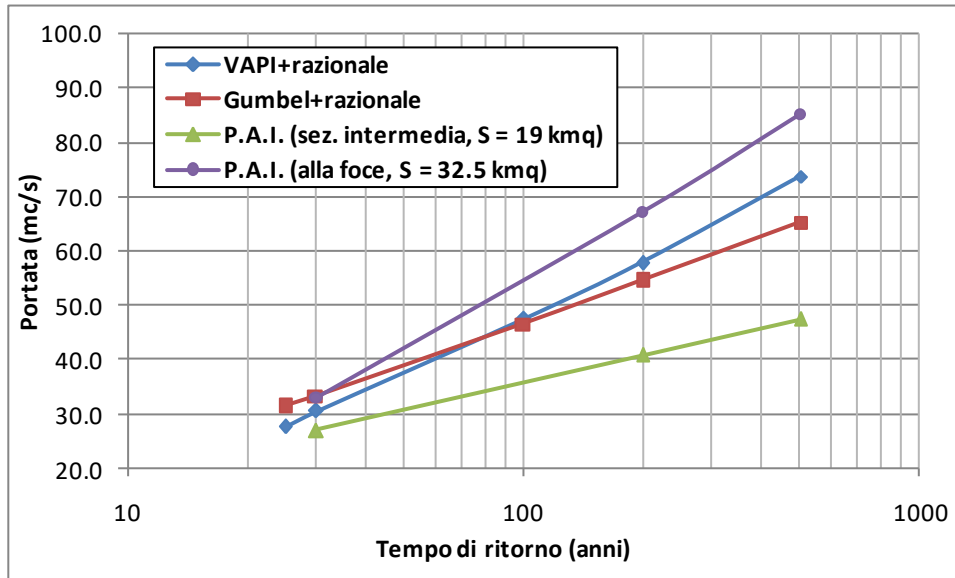


Figura 8 – Fiume Grande: confronto tra valori di portata al colmo.

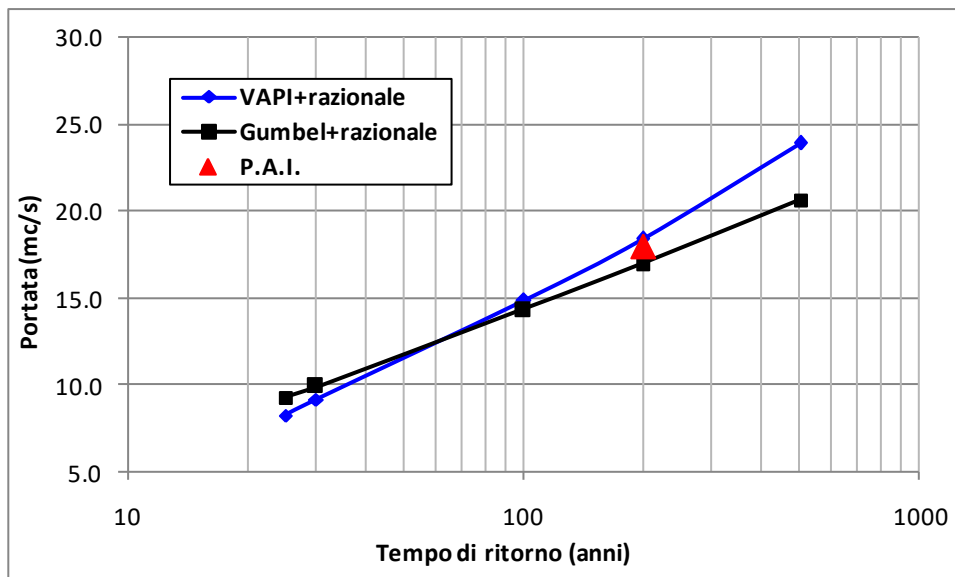



Figura 9 – Canale di Levante: confronto tra valori di portata al colmo.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE				
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. FOGLIO A 30 di 32

4.3 Definizione degli idrogrammi di piena di progetto

Si è proceduto alla determinazione degli idrogrammi di piena di progetto per i corsi d'acqua oggetto di studio, da applicare come condizione al contorno di monte nei modelli numerici (idraulici) bidimensionali, in regime di moto vario, sviluppati ai fini della valutazione di compatibilità idraulica delle opere in progetto (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica annessa).

Nello specifico, gli idrogrammi di piena di progetto per il Fiume Grande ed il Canale Levante, per i tempi di ritorno di **30, 200 e 500 anni** (in accordo alla definizione della pericolosità idraulica P.A.I.-Puglia e alle normative di riferimento) sono stati determinati mediante il software URBIS, assumendo, in ragione delle considerazioni esposte nel paragrafo precedente, i seguenti dati di input:

- LEGGE DI PIOGGIA: da metodologia VAPI-Puglia
- IETOGRAMMA NETTO: tipo "rettangolare", con durata pari al tempo di corrivazione (τ_c), depurato delle perdite secondo i valori di *CN*
- MODELLO TRASFORMAZIONE "AFFLUSSI-DEFLUSSI": metodo di Nash, con *n* (= numero dei serbatoi in serie) pari a 3 e *k* (= costante di invaso) pari a $\tau_c/5$

Nelle figure seguenti, gli idrogrammi di piena di progetto così ottenuti.

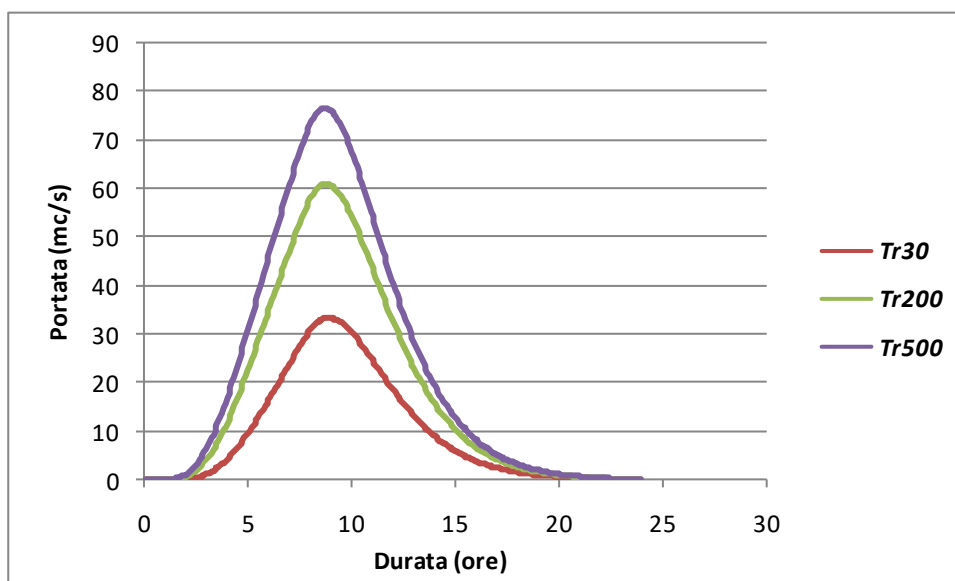


Figura 10 – Fiume Grande: idrogrammi di piena di progetto.

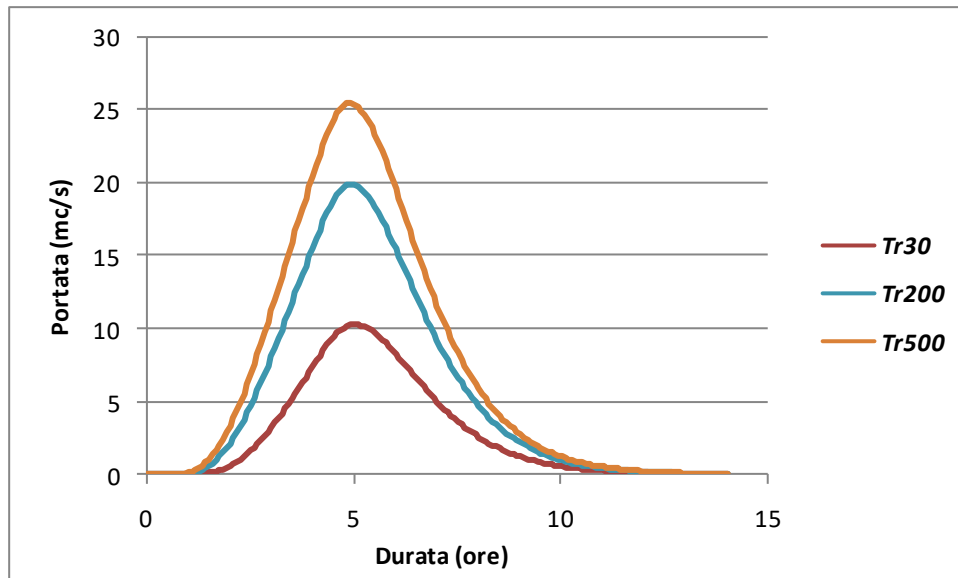



Figura 11 – Canale di Levante: idrogrammi di piena di progetto.

	PROGETTO DEFINITIVO					
	NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
RELAZIONE IDROLOGICA – FIUME GRANDE E CANALE DI LEVANTE	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 01 001	REV. A	FOGLIO 32 di 32

5. BIBLIOGRAFIA

Autorità di Bacino della Puglia – Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)

Autorità di Bacino della Puglia - *STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO INTERESSATO DAGLI EVENTI ALLUVIONALI DI OTTOBRE E NOVEMBRE 2005 NELLE PROVINCE DI BARI E BRINDISI*. 2012, Accordo di programma quadro in materia di difesa del suolo finanziato con risorse della delibera CIPE 35/2005

Analisi Regionale dei massimi annuali delle precipitazioni Puglia centro-meridionale, GNDCI Linea 1. Rapporti di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia

Corine Land Cover 2012 IV Livello - ISPRA

Soil Conservation Service, (1972) National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

Rainfall Depth – Duration Relationship for South Italy, (1996) Vito Ferro and Vincenzo Bagarello, Journal of Hydrologic Engineering/October 1996.

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.

Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977

Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.

Manuale di progettazione RFI (2020).

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018 (circolare applicativa, 7 gennaio 2019),

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

Surendra, K. M., Vijay., P. S. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Springer, pp. 84-146, 2003.

VenTe Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.