

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. Progettazione Integrata SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE PL E CONSOLIDAMENTO SEDE

SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)

ID - IDROLOGIA E IDRAULICA

SISTEMAZIONI IDRAULICHE

RELAZIONE IDROLOGICA

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

I A 9 D 0 0 D 7 8 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Polli	10/11/22	G. De Ciampi	10/11/22	A. Amato	10/11/22	F. Sacchi 10/11/22

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
DIREZIONE INVESTIMENTI
Dott. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri Roma n. 23172 Str. A

File: IA9D00D78RIID0001001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	6
2.	NORMATIVE	10
3.	INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELL'AREA DI STUDIO	11
	3.1 PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO.....	11
4.	CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEL BACINO	14
	4.1. CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO.....	14
5.	PLUVIOMETRIA.....	17
	4.2. VA.PI. PUGLIA	17
	4.3. LEGGI DI VARIAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CRESCITA CON IL PERIODO DI RITORNO.....	19
	4.4. STIMA DEL VALOR MEDIO DI PRECIPITAZIONE.....	21
	4.5. ELABORAZIONE STATISTICA DELLE REGISTRAZIONI PLUVIOMETRICHE: METODO GUMBEL.....	25
	4.6. DISTRIBUZIONE GUMBEL	28
	4.7. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	32
	4.8. CONFRONTO DEI RISULTATI: GUMBEL - VAPI	33
	5.8. STIMA DELLE PIOGGE DI FORTE INTENSITÀ E BREVE DURATA.....	34
6.	MODELLI AFFLUSSI DEFLUSSI.....	38
	6.1. STIMA DELLE PORTATE AL COLMO (FORMULA RAZIONALE).....	38
7.	CONCLUSIONI.....	45

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELLA ZONA DI INTERVENTO.	7
FIGURA 2 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'INTERVENTO.	8
FIGURA 3 – INQUADRAMENTO AREA DI PROGETTO SU ORTOFOTO E SOVRAPPOSIZIONE PAI	12
FIGURA 4 – INQUADRAMENTO AREA DI PROGETTO SU CARTA IGM 1:25.000 E SOVRAPPOSIZIONE AREE PAI	13
FIGURA 5 – BACINI IN ESAME.....	15
FIGURA 6 – ZONE OMOGENEE RISPETTO AL VALOR MEDIO DEI MASSIMI ANNUALI DELLE PIOGGE GIORNALIERE	22
FIGURA 7 - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PIOGGE ORARIE T>1H	24
FIGURA 8 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEGLI ANNALI IDROLOGICI PER LE DURATE DI PIOGGIA CONSIDERATE. IN ROSSO, LA LINEA DI TENDENZA DIMOSTRA QUALITATIVAMENTE LA STAZIONARIETÀ DEL DATO.....	28
FIGURA 9. DISTRIBUZIONE DI GUMBEL – STAZIONE DI ASCOLI SATRIANO – CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PER TEMPI DI RITORNO PARI A 30, 100 E 200 ANNI. IN ALTO: ANDAMENTO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA IN FUNZIONE DELLA DURATA DI PIOGGIA; IN BASSO, ANDAMENTO DELL'INTENSITÀ DI PIOGGIA IN FUNZIONE DELLA DURATA DI PIOGGIA.....	33
FIGURA 10. CONFRONTO TRA LE ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE OTTENUTE ATTRAVERSO L'APPLICAZIONE DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA FORNITE NELL'AMBITO DEL PROGETTO VAPI (CERCHI COME MARKER) E QUELLE OTTENUTE CON L'INTERPOLAZIONE DELLE OSSERVAZIONI STORICHE AI PLUVIOMETRI (QUADRATI NERI COME MARKER)	34
FIGURA 11 - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PIOGGE ORARIE T<1H	37

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 – TEMPI DI RITORNO E PERICOLOSITÀ IDRAULICA	11
TABELLA 2. PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI IN ESAME.	16
TABELLA 3 – PARAMETRI DEL VAPI PER IL I E II LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE PER LA ZONA IN ESAME RICALCATA DALL’ANALISI REGIONALE DEI MASSIMI ANNUALI DELLE PRECIPITAZIONI IN PUGLIA.	20
TABELLA 4 – VALORI TEORICI DEL COEFFICIENTE PROBABILISTICO DI CRESCITA KT PER LE PIOGGE IN PUGLIA, PER ALCUNI VALORI DEL PERIODO DI RITORNO T.	21
TABELLA 5 – PARAMETRI STATISTICI DELLE LEGGI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICHE REGIONALI PER OGNI AREA PLUVIOMETRICA OMOGENEA.....	23
TABELLA 6 – PARAMETRI PLUVIOMETRICI	23
TABELLA 7 - STAZIONE PLUVIOMETRICA DI ASCOLI SATRIANO E RELATIVE REGISTRAZIONI PLUVIOMETRICHE.	27
TABELLA 8. VALORI DEI PARAMETRI (A; N) RELATIVI ALLA STAZIONE PLUVIOMETRICA ASCOLI SATRIANO.....	31
TABELLA 9. RISULTATI DEL TEST KOLMOGOROV-SMIRNOV.....	32
TABELLA 10 - RAPPORTI RT TRA I MASSIMI ANNUALI DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA DI DIVERSA DURATA E LA CORRISPONDENTE ALTEZZA ORARIA NEGLI STATI UNITI E IN AUSTRALIA (BELL, 1969).....	35
TABELLA 11 - INTERVALLI DI VARIAZIONE DEI RAPPORTI RT TRA I MASSIMI ANNUALI DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA DI DIVERSA DURATA E LA CORRISPONDENTE ALTEZZA ORARIA NEGLI STATI UNITI E NELL'EX- UNIONE SOVIETICA (BELL, 1969)	35
TABELLA 12 TEMPO DI CORRIVAZIONE	39
TABELLA 13 –VALORI DEL CN PER LE DIFFERENTI COPERTURE DEL SUOLO DEL CLC AL 4° LIVELLO (ELABORAZIONE ADIS).....	40
TABELLA 14 – TABELLA DELLE PORTATE DI PROGETTO IN SEZIONE DI CHIUSURA	44

1. INTRODUZIONE

Il presente studio espone le metodologie adottate e i risultati ottenuti ai fini della caratterizzazione idrologica del sito oggetto di studio.

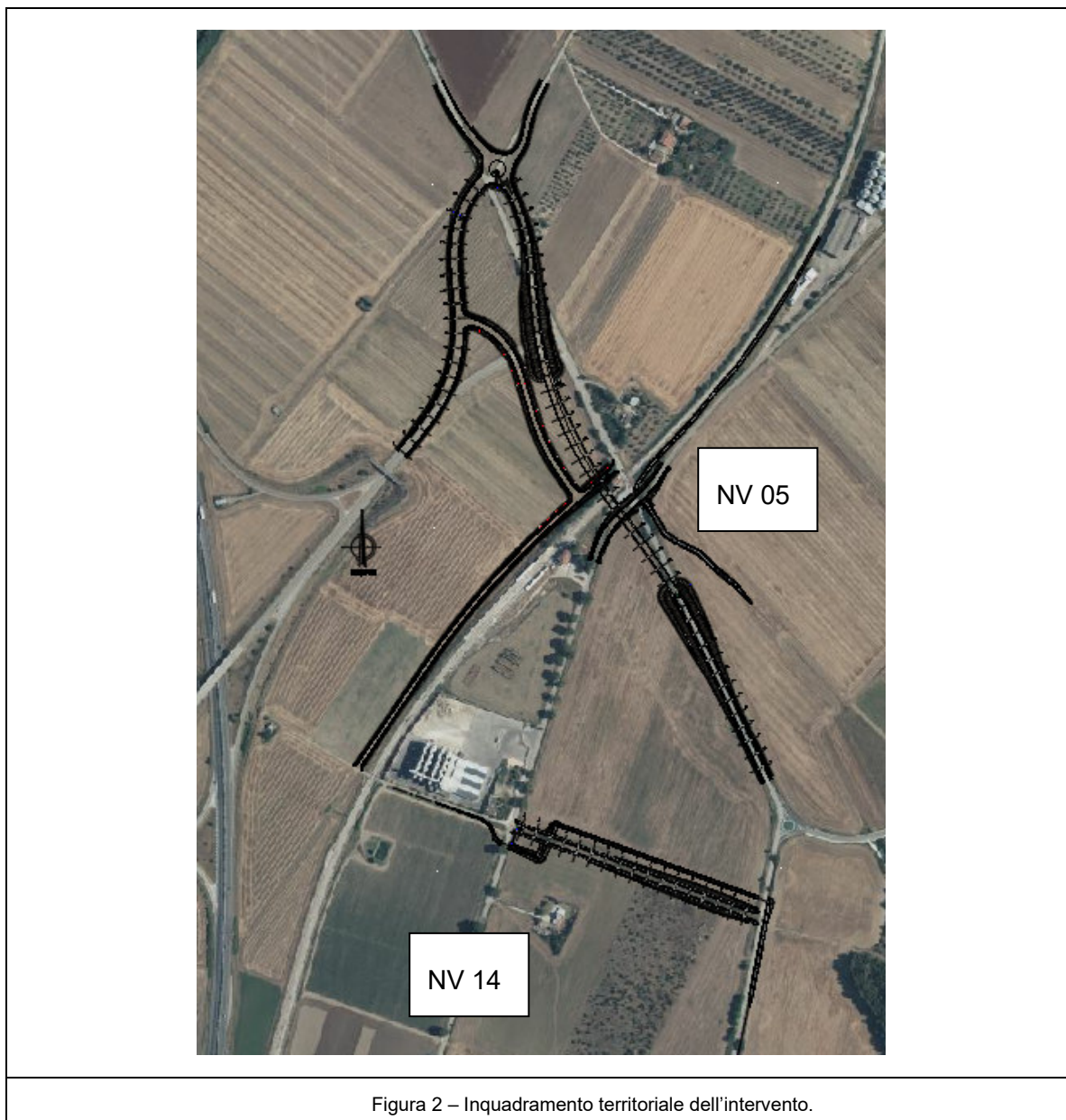
Come riportato all'interno della relazione descrittiva generale del PFTE:

“Il presente PFTE ricade nel Progetto di Ammodernamento della linea ferroviaria Potenza – Foggia, compreso nell’ambito del Contratto Istituzionale di Sviluppo per la realizzazione della direttrice ferroviaria Napoli-Bari- Lecce-Taranto, che ha lo scopo di adeguare la linea agli ultimi standard ferroviari in vigore, e in particolare rientra nel Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettifiche di tracciato, soppressione PL e consolidamento sede. Nel corso della Conferenza di Servizi relativa al Progetto Definitivo del Sottoprogetto 2 – Lotto 2, è emersa l’incompatibilità della viabilità secondaria NV14 (che, unitamente all’opera principale di scavalco della linea ferroviaria NV05, costituiva l’opera sostitutiva dei PL alle pk 30+356 e pk 30+881) con un pre-esistente progetto di lottizzazione prevista, in quell’area, in attuazione dello strumento urbanistico del Comune di Ascoli Satriano. Dopo alcuni approfondimenti effettuati allo scopo di valutare lo spostamento della viabilità NV14, Italferr comunicava a RFI, con nota prot. n. AGCC.BLFP.0085283.17.U del 22/12/2017, che nuove soluzioni, idonee a riscontrare le indicazioni fornite dal Comune, presentavano comunque significative criticità e quindi che sarebbe stata necessaria una riprogettazione dell’intera opera di scavalco. In ragione dei necessari approfondimenti progettuali utili ad individuare e sviluppare soluzioni alternative, detto intervento è stato stralciato (nota prot. n. 8745 del MIT del 31/05/2018) dal paniere degli interventi sottoposti alla CdS finalizzata all’Intesa Stato-Regione per l’intero progetto di ammodernamento della linea ferroviaria Foggia-Potenza - Sottoprogetto 2, raggiunta il 19/07/2018 come da decreto MIT n. 11608. Il presente PFTE fa riferimento, quindi, alle opere civili e impiantistiche sostitutive dei PL da sopprimere alle pk 30+356 e pk 30+881 della linea ferroviaria Foggia-Potenza, che dovranno garantire un sistema viario (NV14 e NV05) complessivamente congruente alle previsioni urbanistiche del Comune di Ascoli Satriano.”



Figura 1 – Inquadramento territoriale della zona di intervento.

La presente relazione cura gli studi idrologici dei bacini coinvolti dalle opere civili sostitutive dei PL da sopprimere alle pk 30+356 e pk 30+881 della linea ferroviaria Foggia-Potenza. Il nuovo sistema viario in progetto si compone di un asse principale denominato “NV05”, necessario per il ripristino della continuità della SP105, sovrappassante la linea ferroviaria tramite un cavalcaferrovia con campata da 39,60 m e scatolari sulle rampe di ingresso e uscita, per uno sviluppo complessivo dell’opera di 216,00 m. A questo asse si aggiunge una rotatoria a nord di diametro 38m e una serie di viabilità con la funzione di ripristinare i collegamenti con le strade esistenti e consentire l’accesso ai fondi interclusi. Al fine di ripristinare il collegamento tra la SP105 e la SP99, è infine prevista la realizzazione di un nuovo tratto di strada denominato “NV14” ubicato a circa 450 m a sud dall’intersezione esistente tra la SP105 e la Strada Comunale Stazione Ascoli.



Dal punto di vista idraulico l'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di tre incisioni che sono direttamente interessate dalla viabilità di progetto.

Dunque, al fine di valutare la compatibilità idraulica delle viabilità in progetto, nonché la sicurezza idraulica delle opere esistenti, è stato sviluppato un modello numerico - idraulico monodimensionale con l'obiettivo di ottenere la propagazione dell'onda di piena, stimata assumendo un tempo di ritorno pari a 200 anni, coerentemente con quanto previsto dagli strumenti normativi vigenti.

La presente relazione espone le metodologie adottate e i risultati ottenuti per la stima dell'apporto pluviometrico relativo all'intervento progettuale selezionato. A tal proposito i capitoli che seguono riportano:

- L'inquadramento normativo vigente nella regione oggetto di analisi;
- L'inquadramento della regione oggetto di analisi e l'identificazione dei vincoli idrologici secondo indicazioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (Piano di Assetto Idrogeologico);
- La caratterizzazione portata di progetto e dunque del dato di input della modellazione monodimensionale sopra menzionata;

2. **NORMATIVE**

1. *Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (PAI, 2005) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA);*
2. *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale (PGRA, 2016) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA);*
3. *Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia (GNDCl);*
4. *Manuale di Progettazione delle opere ferroviarie.*
5. *Norme Tecniche per le Costruzioni – DM 17 gennaio 2018;*
6. *Norme Tecniche per le Costruzioni – Circolare n.7/2019;*
7. *Regio Decreto del 08/05/1904, n. 368;*
8. *Regio Decreto del 25/07/104, n. 523;*
9. *Legge n.183/1989 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;*
10. *D. Lgs. N. 152/2006 “Norma in materia ambientale”;*
11. *D. Lgs. N.49/2010 “Attuazione della direttiva 2009/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni”.*

3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

3.1 PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO

Il quadro conoscitivo di riferimento per la caratterizzazione idraulica del bacino nel quale ricade l'area di progetto e la definizione delle aree di pericolosità è attualmente riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I., 2005) della Regione Puglia e nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A., 2016) redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

In particolare, sono individuate 3 classi di pericolosità idraulica in funzione della probabilità di esondazione (AP - alta, MP - media, BP - bassa).

La classe AP (Altra probabilità di esondazione) fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento $Tr \leq 30$ anni. La classe MP (media probabilità di esondazione) fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento compresa tra $Tr = 30 - 200$ anni. La classe BP (bassa probabilità di esondazione) fa riferimento ad un evento di piena raro, caratterizzato da un tempo di ritorno compreso tra $Tr = 200 - 500$ anni.

Di seguito, una tabella riepilogativa delle classi di pericolosità adottate.

TR Anni	Classe di pericolosità idraulica
30	AP
200	MP
500	BP

Tabella 1 – Tempi di ritorno e pericolosità idraulica

Come è possibile riscontrare nella figura seguente, l'intervento in progetto non ricade e non interferisce con aree di pericolosità idraulica definite dal PAI.



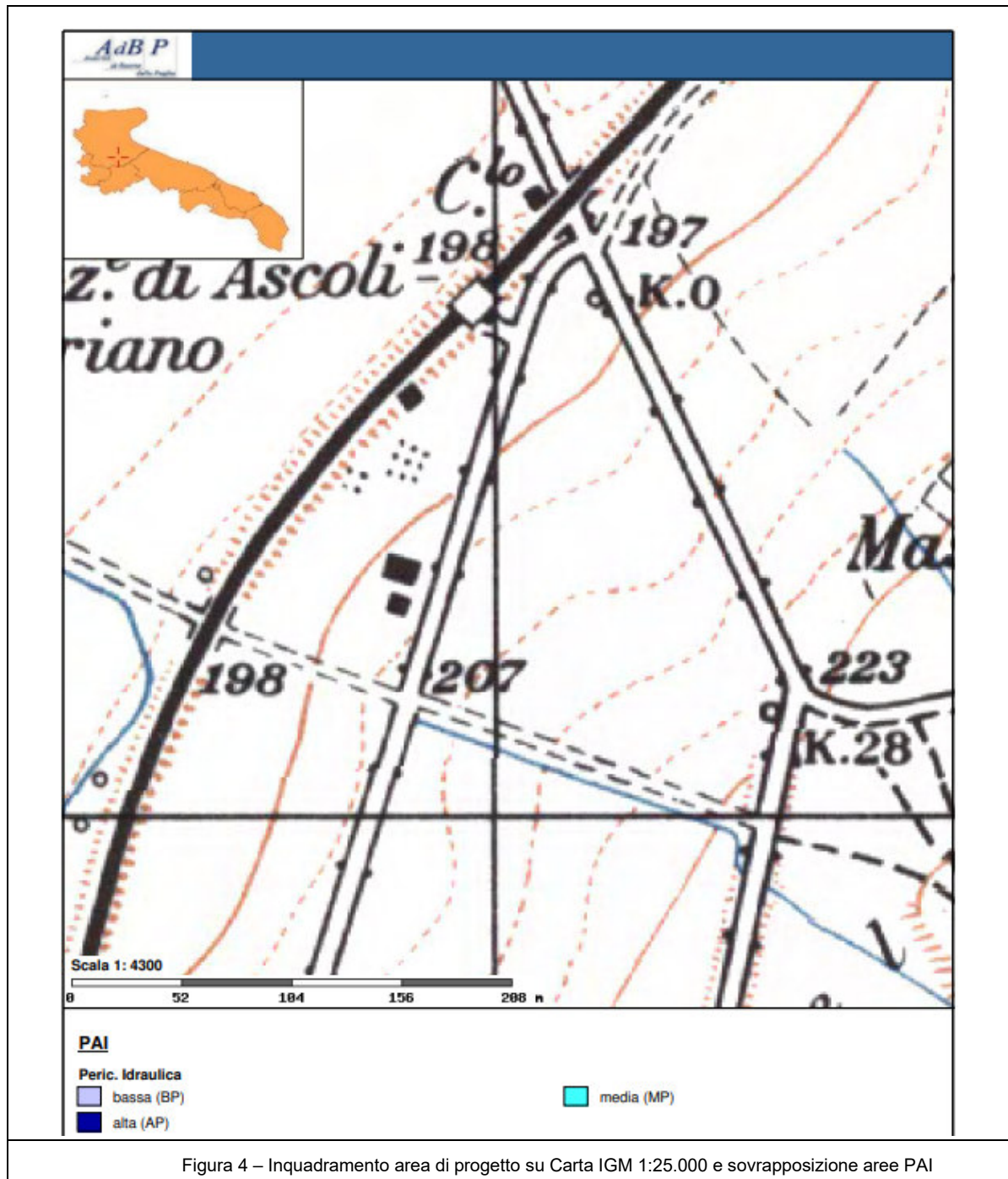


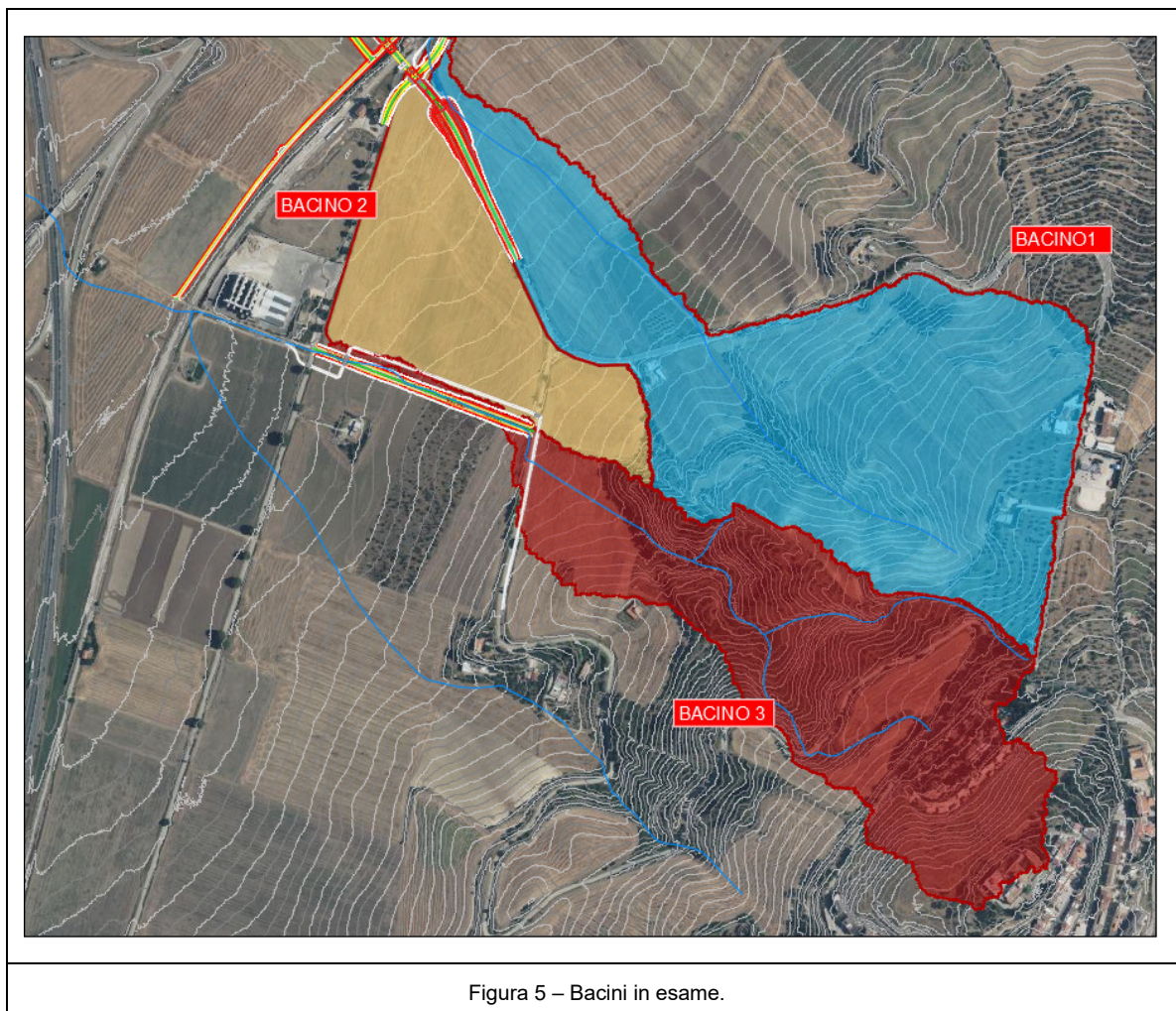
Figura 4 – Inquadramento area di progetto su Carta IGM 1:25.000 e sovrapposizione aree PAI

4. CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEL BACINO

Il presente Capitolo ha come obiettivo la caratterizzazione idrologica dei tre bacini che risultano interferiti dall'intervento di progetto. I capitoli che seguono riportano i parametri idrologici dello spartiacque superficiale individuato a mezzo di rilievo lidar 1x1 fornito dal Ministero della Transizione Ecologica (ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) e la verifica delle eventuali condizioni di vincolo individuate dall'Autorità di Bacino competente.

4.1. CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

I tre bacini in esame, di estensione inferiore al km² (alla sezione di chiusura e dunque limitatamente all'area di intervento), presentano una caratterizzazione morfologica montuosa-collinare data dalla presenza di tre colline del Subappennino Dauno che caratterizzano il comune di Ascoli Satriano. I tre bacini risultano dunque interamente contenuti nell'area comunale di Ascoli Satriano, e risultano delimitati a ovest dalla strada statale 655 Bradanica e a est dall'abitato. Le incisioni sono poco marcate e le sponde notevolmente acclivi, condizionate dalle caratteristiche geologiche dei terreni. Le pendenze sono notevoli e si riducono in corrispondenza della Strada Statale 655.



Le caratteristiche dei bacini idrografici in esame sono riportate nella tabella che segue. L'individuazione degli spartiacque e, più in generale, dei parametri morfometrici, è stata realizzata a mezzo del modello digitale del terreno (risoluzione 1m) fornito Ministero della Transizione Ecologica (ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).

	area del bacino drenato	lunghezza dell'asta principale	quota massima	quota sez. chiusura	quota media	Pendenza asta principale	Pendenza bacino idraulico
	A	L max	H max	H min	H med	p _a	p _b
ID	[km ²]	[km]	[m msl]	[m msl]	[m msl]	[%]	[%]
Bacino 1	0.326	1.123	+355.10	+196.64	+277.93	10.33	23.18
Bacino 2	0.119	0.763	+258.36	+196.03	+214.85	6.64	10.89
Bacino 3	0.235	1.296	+414.62	+207.04	+313.71	11.32	34.64

Tabella 2. Parametri morfometrici dei bacini in esame.

In particolare:

- l'area del bacino e la lunghezza dell'asta principale sono stati ricavati a mezzo del modello digitale del terreno e applicativi GIS;
- La quota massima, di sezione di chiusura e media sono state ricavate a mezzo di software GIS;
- La pendenza dell'asta principale è stata calcolata come:

$$\frac{\text{quota iniziale corso d'acqua} - \text{quota sez. chiusura}}{\text{lunghezza asta principale}}$$

Ove la quota iniziale del corso d'acqua è stata ricavata a mezzo di strumento GIS e DTM;

- La pendenza del bacino è stata calcolata come media aritmetica delle pendenze di ogni singola cella (1m x 1m) del modello digitale del terreno per la porzione di terreno contenuta all'interno dello spartiacque.

5. PLUVIOMETRIA

Il presente capitolo illustra le procedure adottate per la definizione delle Curve di Possibilità Pluviometrica per il bacino oggetto di studio. Nel caso in esame, la ricostruzione dell'evento sintetico di pioggia è realizzata per adozione del metodo più cautelativo fra:

3. Metodo di Regionalizzazione delle Piogge VA.PI;
4. Inferenza statistica dei dati storici registrati al pluviometro di Ascoli Satriano tramite legge di Gumbel.

4.2. VA.PI. PUGLIA

Il metodo di regionalizzazione proposto dal programma VAPI è basato sulla distribuzione dei valori estremi tipo I a due componenti (TCEV 1), che rappresenta la distribuzione del massimo valore di due popolazioni:

1. Componente base – valori medi e bassi;
2. Componente straordinaria – valori più elevati.

La caratteristica della distribuzione è dunque quella di permettere l'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche. I paragrafi che seguono riportano una breve trattazione relativa all'applicazione metodologica del VAPI in regione Puglia e i risultati ottenuti in termini di Curve di Possibilità Pluviometrica.

I dati pluviometrici utilizzati sono gestiti principalmente dalla sezione di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN). La rete pluviometrica del SIMN al 1985 risultava composta da 100 stazioni di misura delle piogge con almeno 1 anno di osservazione.

La legge di distribuzione probabilistica per la variabile casuale X è la Two Component Extreme Value (TCEV), secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali (outliers), legati a differenti fenomeni meteorologici.

Tale distribuzione ha la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (log-normale, Gumbel, Fréchet, ecc.) riescono a rendere conto.

La funzione di distribuzione di probabilità della X è funzione di quattro parametri: $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$, $\Lambda_{s,d}$ e $\Theta_{s,d}$, che esprimono il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni ($\Lambda_{b,d}$ e $\Lambda_{s,d}$) e il loro valore medio ($\Theta_{b,d}$ e $\Theta_{s,d}$) con $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$ relativi ad una componente base contenente i valori medi e bassi e $\Lambda_{s,d}$, $\Theta_{s,d}$ relativi ad una componente straordinaria contenente i valori più elevati.

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\frac{X}{\Theta_{b,d}}} - \Lambda_{s,d} e^{-\frac{X}{\Theta_{s,d}}} \right)}$$

Se si pone $\Theta^* = \Theta_{s,d} / \Theta_{b,d}$ e $\Lambda^* = \Lambda_{s,d} / \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*}$, si può considerare la quaterna di parametri Λ^* , Θ^* , $\Lambda_{b,d}$ e $\Theta_{b,d}$. La funzione di distribuzione di probabilità della variabile casuale X è espressa come segue:

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\frac{X}{\Theta_{b,d}}} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\frac{X}{\Theta^* \Theta_{b,d}}} \right)}$$

Si può dimostrare che il coefficiente d'asimmetria $\xi(X)$ dipende soltanto dai parametri Λ^* e Θ^* , il coefficiente di variazione $\gamma(X)$ dipende dai parametri Λ^* , Θ^* e $\Lambda_{b,d}$ e la media $\mu(X)$ dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , $\Lambda_{b,d}$, $\Theta_{b,d}$ che si esprime con:

$$\mu(X) = \left[\ln \Lambda_{b,d} + 0,5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \Theta_{b,d}$$

dove posto:

$$\beta = \left[\ln \Lambda_{b,d} + 0,5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right]$$

si ha:

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\beta \frac{X}{\mu(X)}} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\beta \frac{X}{\Theta^* \mu(X)}} \right)}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)						
	Relazione idrologica	PROGETTO IA9D	LOTTO 00 D 78	CODIFICA RI	OPERA/DISCIPLINA ID0001	PROGR. 001	REV. A

Sostituendo nella precedente espressione il coefficiente di crescita $K_T = X/\mu(X)$ si ottiene:

$$P(X) = e^{\left(-\Lambda_{b,d} e^{-\beta K_T} - \Lambda^* \Lambda_{b,d}^{1/\Theta^*} e^{-\beta \frac{K_T}{\Theta^*}} \right)}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita $K(Tr)$ della variabile X , dove Tr è il tempo di ritorno di X :

$$Tr = \frac{1}{1 - P(K_T)} \quad [^*]$$

4.3. LEGGI DI VARIAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CRESCITA CON IL PERIODO DI RITORNO

Pluviometria – piogge giornaliere

I risultati dello studio: “Valutazione delle Piene in Puglia [Copertino e Fiorentino, 1994]” hanno evidenziato per la regione Puglia la consistenza di due zone 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 una sottozona settentrionale della regione ed in un’altra centromeridionale. La prima comprende la Capitanata, il Sub-appennino Dauno (dove è posizionata la nostra area di studio), il Gargano e l’Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia 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 quattro sottozone nella parte settentrionale e due nella parte meridionale ciascuna con le curve di possibilità climatica.

I dati pluviometrici utilizzati nell’Analisi sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del Compartimento di Bari del S.I.M.I.: 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.

Nell’Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia condotta sulle piogge giornaliere, è stata accolta l’ipotesi secondo la quale le stazioni appartengono ad una zona

unica, al primo livello nella zona settentrionale, 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 .

Piogge	$\Theta_* = 2.352$	$\Lambda_* = 0.772$	$\Lambda_1 = 45$
--------	--------------------	---------------------	------------------

Tabella 3 – 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.

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. Il valore di K_T può essere calcolato in funzione di T attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita:

$$K_T = a + b \ln(T)$$

In cui:

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

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

Che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Puglia, diventa:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 \ln T$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori di K_T relativi ai tempi di ritorno comunemente adottati.

T	10	20	30	50	100	200	300
K_T	1.52	1.81	1.98	2.19	2.48	2.76	2.93

	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)						
	Relazione idrologica	PROGETTO IA9D	LOTTO 00 D 78	CODIFICA RI	OPERA/DISCIPLINA ID0001	PROGR. 001	REV. A

Tabella 4 – Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita KT per le piogge in Puglia, per alcuni valori del periodo di ritorno T.

4.4. STIMA DEL VALOR MEDIO DI PRECIPITAZIONE

LEGGI DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICHE

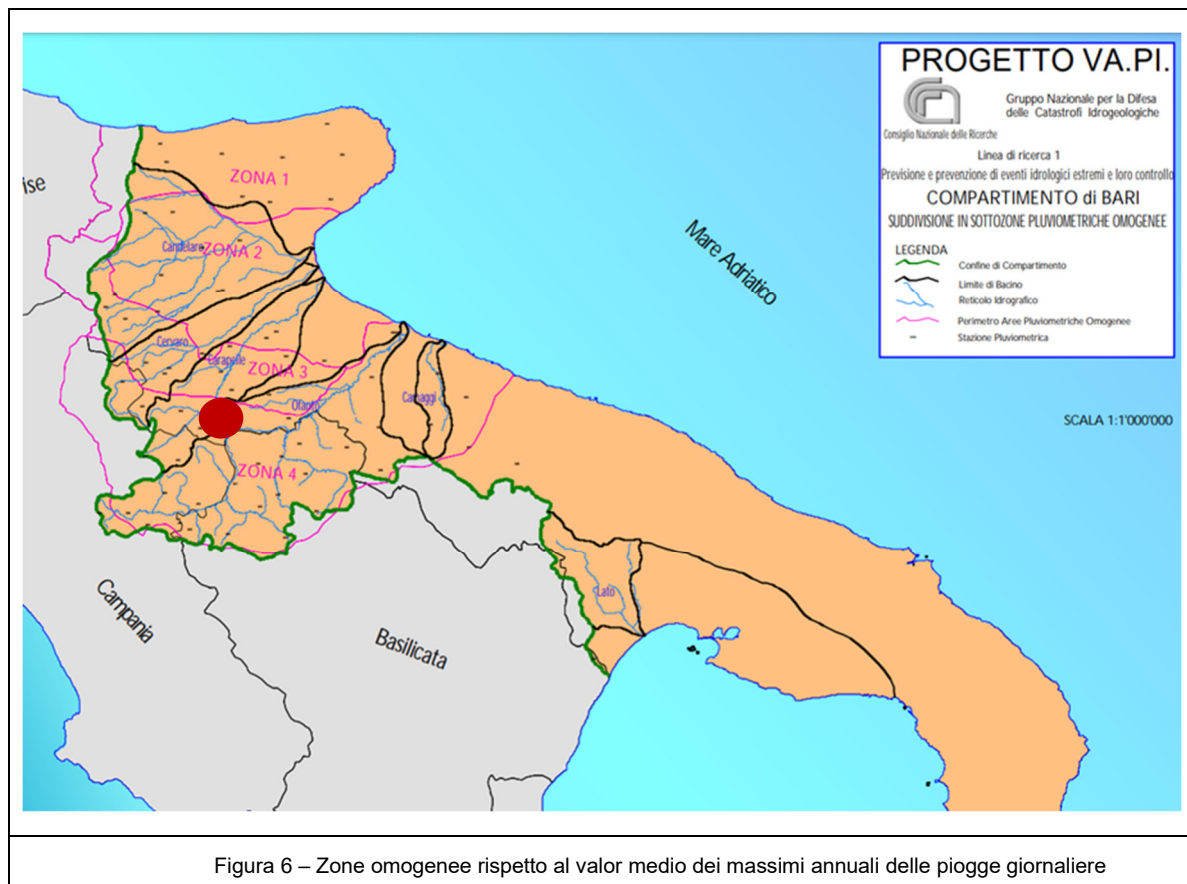
Lo studio svolto nell'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia ha individuato diverse aree omogenee al terzo livello di regionalizzazione, nel quale si analizza la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda o mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. A tal fine sono stati indagati eventuali legami esistenti tra i valori medi x_g dei massimi annuali delle piogge giornaliere e parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località.

Lo studio ha condotto l'analisi su 85 serie caratterizzate da almeno 10 anni di osservazione ed ha individuato le aree omogenee al terzo livello proponendo che in ciascuna area x_g sia costante, oppure variabile linearmente in funzione della quota h sul livello medio mare della stazione di osservazione, con la relazione:

$$\ln(x_g) = C h + D$$

i cui parametri C e D sono determinabili attraverso regressione lineare.

Sono state individuate quattro zone pluviometriche omogenee illustrate in figura.



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

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

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

I valori dei parametri sono riportati nella tabella seguente.

Area omogenea	α	a (mm/ora)	$C * 10^4$	D	n
1	0.89	28.7	50.3	3.959	-
2	0.89	22.2	-	-	0.247
3	0.89	25.3	5.31	3.811	-
4	0.89	24.7	-	-	0.256

Tabella 5 – Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea.

All'interno delle zone 1 (Gargano) e 3 (Murge) si è riscontrata una buona dipendenza dei valori medi delle massime precipitazioni giornaliere dalle quote, non riscontrata invece nelle restanti due zone 2 (Tavoliere) e 4 (Subappennino), nelle quali non si apprezzano sensibili variazioni tra i diversi siti di osservazione, pur variando notevolmente la quota.

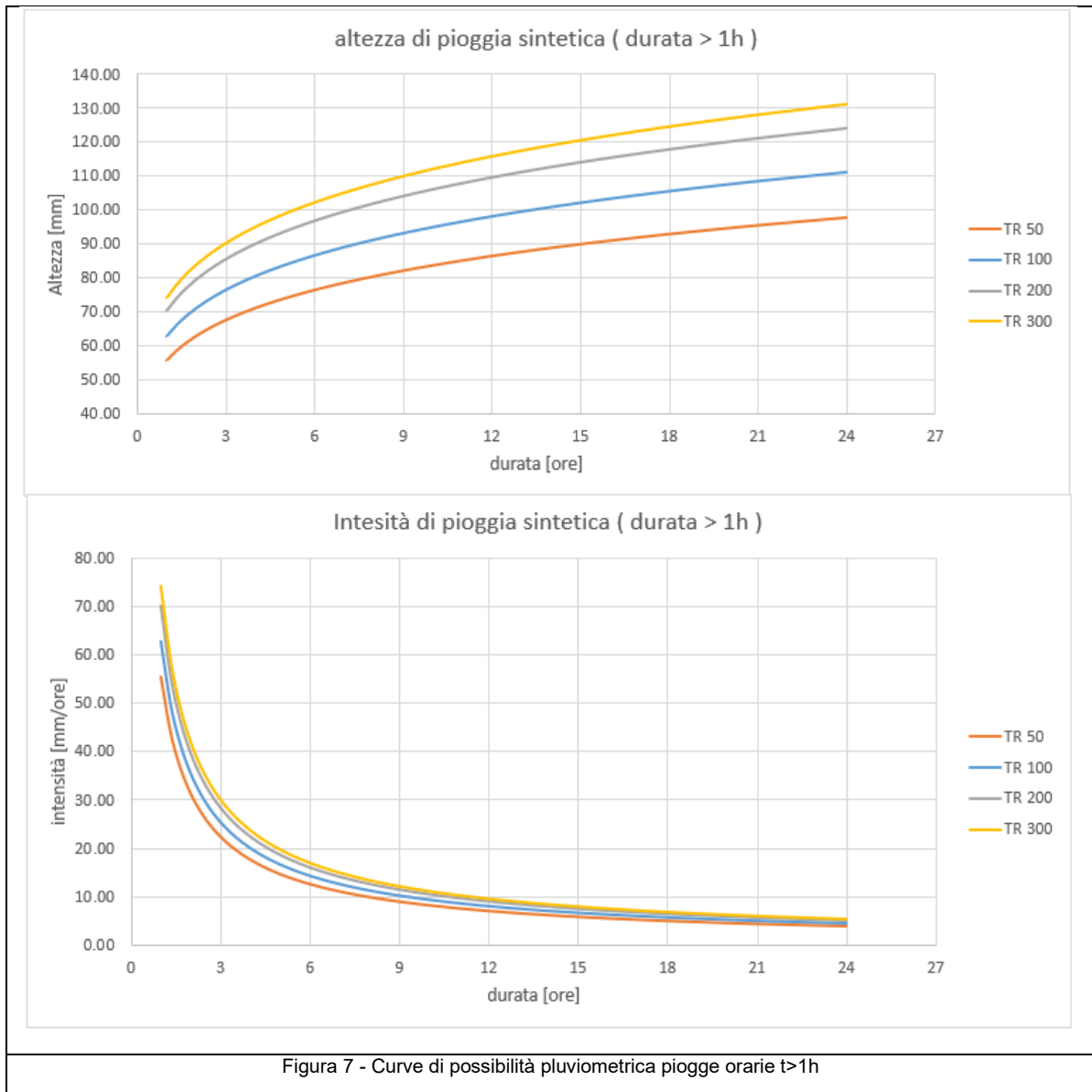
Il bacino idrografico dell'area in progetto ricade nella sottozona pluviometrica 3, ad una quota media di 200m msl. Si riportano di seguito i parametri a e n associati alla suddetta sottozona omogenea e il parametro K_t relativo ad un tempo di ritorno pari a 50, 100, 200 e 300 anni.

TR anni	K_t -
25	1.90
50	2.19
100	2.48
200	2.77
300	2.93

a mm/h ⁿ	n -
25.30	0.179

Tabella 6 – Parametri pluviometrici

Sono inoltre riportati i grafici delle curve di possibilità pluviometrica per piogge con durata superiore all'ora.



4.5. ELABORAZIONE STATISTICA DELLE REGISTRAZIONI PLUVIOMETRICHE: METODO GUMBEL

L'attendibilità dei risultati ottenuti nel precedente paragrafo è stata vagliata tramite inferenza statistica: la distribuzione di Gumbel è stata adattata alle misurazioni registrate presso la stazione pluviografica di Ascoli Satriano. La trattazione che segue illustra la metodologia adottata per l'identificazione dei parametri di pioggia.

Sono state raccolte tutte le registrazioni pluviometriche (fonte: Annali idrologici) della stazione di misura Ascoli Satriano. Di esse, sono state scartate le annualità con assenza, parziale o totale, di valori pluviometrici. Nelle tabelle che seguono sono illustrati i valori utilizzati al fine dell'inferenza statistica.

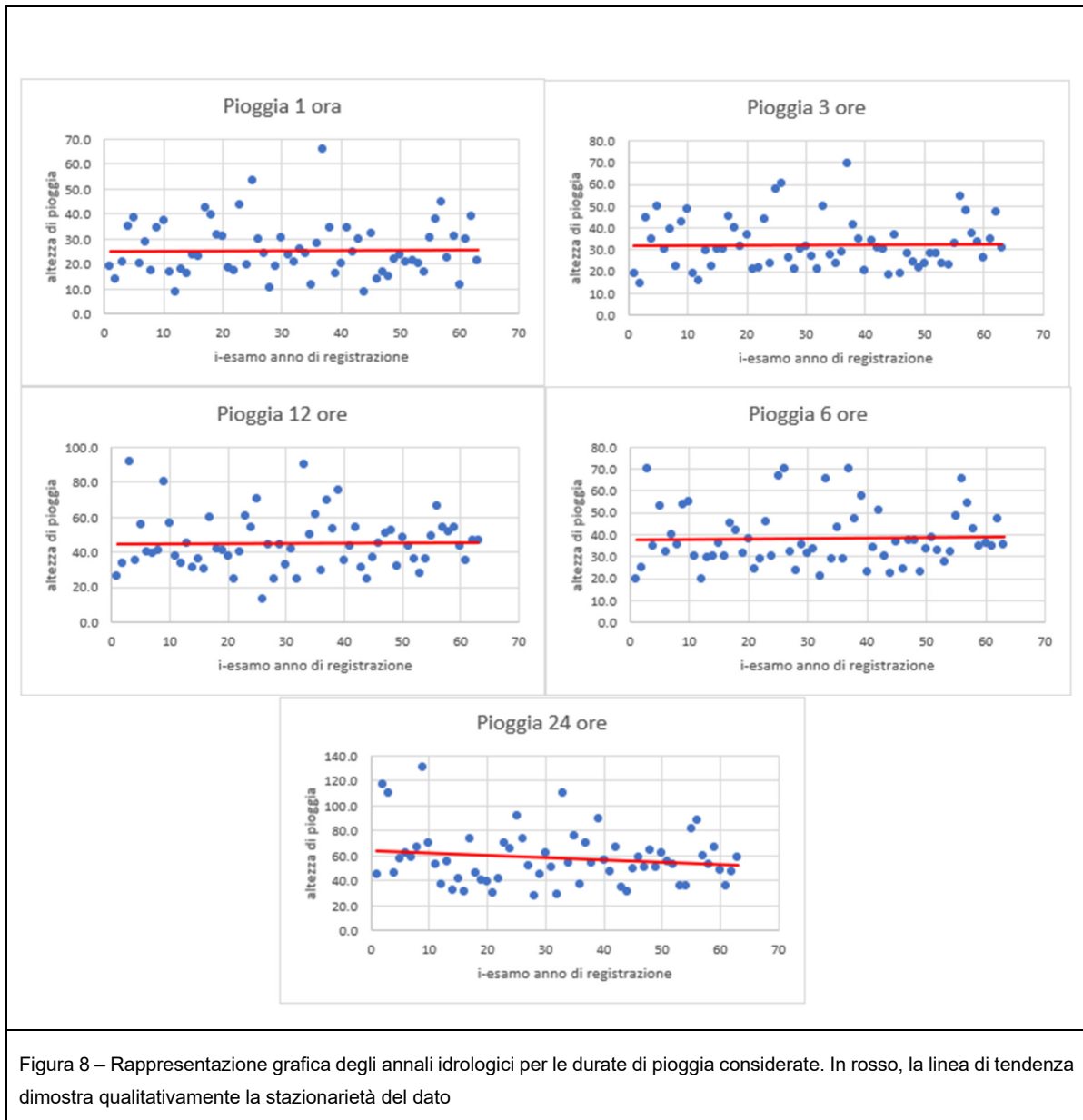
Stazione	Periodo di funzionamento	Numero di osservazioni utilizzate
<i>Ascoli Satriano</i>	Dal 1929	63

ANNO	1 ORA		3 ORE		6 ORE		12 ORE		24 ORE	
	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
1932	19.2	4-set	19.2	4-set	20.0	13-nov	26.0	13-nov	45.0	13-nov
1933	14.0	29-ago	14.4	1-dic	24.8	1-dic	33.3	1-dic	116.6	1-dic
1934	20.8	12-set	44.4	7-ott	70.0	7-ott	92.0	7-ott	110.6	7-ott
1941	35.0	5-giu	35.0	5-giu	35.0	5-giu	35.0	5-giu	46.0	16-set
1951	38.4	5-giu	50.2	5-giu	53.4	5-giu	55.8	5-giu	57.4	28-feb
1952	20.0	16-set	30.6	16-set	32.2	16-set	40.4	16-set	62.2	16-set
1953	29.0	22-mag	39.6	22-mag	39.8	22-mag	39.8	22-mag	59.2	8-nov
1954	17.2	10-nov	22.4	10-nov	35.2	11-nov	41.4	11-nov	66.6	13-nov
1955	34.8	12-ott	42.8	12-ott	54.0	30-set	80.4	30-set	131.0	30-set
1956	37.6	19-ott	48.8	19-ott	55.2	19-ott	56.2	19-ott	70.6	1-dic
1957	16.8	4-set	19.2	17-mag	30.0	16-gen	37.4	16-gen	53.6	16-gen
1958	9.0	31-mar	16.2	31-mar	20.0	31-mar	33.6	6-nov	37.4	6-nov
1959	18.2	18-ago	29.8	18-ago	29.8	18-ago	45.0	24-nov	55.6	24-nov
1960	16.2	5-mag	22.4	13-nov	30.2	13-nov	31.4	13-nov	32.8	13-nov
1961	23.4	8-lug	30.0	8-lug	36.2	8-lug	36.2	8-lug	42.0	14-gen
1962	23.0	19-lug	30.2	19-lug	30.2	19-lug	30.2	19-lug	31.2	19-lug
1963	42.6	15-mag	45.4	15-mag	45.4	15-mag	59.8	10-ott	73.2	9-ott
1964	39.6	24-giu	40.2	24-giu	41.8	24-giu	41.8	24-giu	45.8	24-giu
1966	31.8	5-giu	31.8	5-giu	31.8	5-giu	40.8	17-ott	41.0	17-ott
1967	31.0	31-ago	36.6	20-giu	37.8	20-giu	38.0	20-giu	39.4	12-dic
1968	18.6	17-mag	21.0	17-mag	24.2	13-giu	24.8	13-giu	30.0	23-ago
1969	17.2	4-lug	21.6	1-dic	28.6	1-dic	40.0	1-dic	41.8	1-dic
1970	43.4	28-giu	43.8	28-giu	45.8	28-giu	61.0	18-set	70.0	17-set
1971	19.6	21-mag	23.6	1-ott	30.0	1-ott	54.4	1-ott	65.6	30-set
1972	53.4	26-lug	57.6	26-lug	66.6	15-ott	70.4	15-ott	91.6	14-ott
1973	30.0	10-lug	60.3	10-lug	70.0	10-lug	13.0	10-lug	73.2	10-lug
1974	24.4	29-ago	26.4	24-set	32.2	7-nov	44.2	6-nov	52.4	6-nov
1977	10.6	19-set	21.2	19-set	23.8	19-set	24.4	19-set	27.4	3-giu
1978	19.0	26-ago	30.6	21-ott	35.4	21-ott	44.0	21-ott	44.8	21-ott
1979	30.4	20-giu	31.4	20-giu	31.4	20-giu	33.2	4-nov	62.4	3-nov
1980	23.8	1-mag	26.8	1-mag	33.6	1-mag	42.2	11-ott	50.6	11-ott

ANNO	1 ORA		3 ORE		6 ORE		12 ORE		24 ORE	
	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
1981	20.8	3-set	20.8	3-set	20.8	3-set	25.0	6-giu	29.0	18-mar
1983	26.0	19-gen	49.6	19-ott	65.6	19-ott	90.2	19-ott	109.8	18-ott
1984	24.0	29-ott	27.4	29-ott	28.6	29-ott	49.8	28-ott	54.2	28-ott
1985	11.4	9-mar	23.6	17-nov	43.6	17-nov	61.8	16-nov	75.4	16-nov
1986	28.2	16-lug	29.2	16-lug	29.2	16-lug	29.6	16-lug	37.6	20-lug
1987	66.0	2-set	69.8	2-set	69.8	2-set	69.8	2-set	69.8	2-set
1988	34.6	30-apr	41.2	30-apr	47.0	16-set	53.2	16-set	54.2	16-set
1990	16.0	16-nov	35.0	16-nov	58.0	15-nov	75.4	15-nov	89.8	15-nov
1991	20.0	15-set	20.2	15-set	23.0	12-apr	35.6	12-apr	56.6	11-apr
1992	34.4	4-ago	34.4	4-ago	34.4	4-ago	43.8	10-apr	47.0	10-apr
1993	25.0	13-mag	31.2	13-mag	51.2	13-mag	54.0	13-mag	66.4	13-mag
1994	30.0	9-giu	30.0	9-giu	30.0	9-giu	31.6	12-gen	34.6	9-giu
1996	8.6	18-mar	18.6	18-mar	22.6	18-mar	24.4	18-mar	31.8	14-feb
1998	32.0	7-giu	36.6	7-giu	36.6	7-giu	36.6	7-giu	49.6	22-nov
1999	14.0	24-apr	19.2	15-giu	24.6	8-nov	44.8	16-dic	59.0	16-dic
2000	17.0	4-nov	28.2	4-nov	37.6	4-nov	51.2	4-nov	51.2	4-nov
2001	15.0	24-mag	24.4	13-gen	37.4	13-gen	52.2	13-gen	64.2	13-gen
2002	21.8	31-lug	22.0	31-lug	22.8	4-apr	32.0	4-apr	51.2	4-apr
2003	23.8	7-set	24.0	7-set	33.4	31-lug	48.8	15-ott	62.0	15-ott
2004	21.0	4-ago	28.2	3-giu	38.8	3-giu	43.6	3-giu	54.8	3-giu
2005	21.4	7-ott	28.6	7-ott	32.6	7-ott	36.2	7-ott	53.0	6-ott
2010	20.0	7-giu	23.8	30-lug	27.6	30-lug	27.6	30-lug	35.8	2-nov
2011	16.8	25-set	23.2	6-nov	32.4	6-nov	36.0	6-nov	36.0	6-nov
2012	30.4	24-lug	32.6	24-lug	48.4	23-lug	49.2	23-lug	81.2	20-nov
2013	37.8	23-mag	54.2	22-mag	65.8	22-mag	66.6	22-mag	88.4	30-nov
2014	44.6	24-lug	48.0	24-lug	54.4	2-set	54.4	2-set	59.6	1-set
2015	22.6	20-giu	37.4	22-gen	42.8	22-gen	52.0	22-gen	53.0	22-gen
2016	31.2	26-giu	33.8	28-nov	35.0	12-mar	53.8	12-mar	66.4	12-mar
2017	11.4	8-mag	26.6	8-mag	36.4	16-nov	43.8	16-nov	48.8	16-nov
2018	29.8	19-set	35.0	19-set	35.0	19-set	35.0	19-set	36.2	19-set
2019	39.2	4-lug	47.0	4-lug	47.0	4-lug	47.0	4-lug	47.0	4-lug
2020	21.2	2-lug	31.2	20-mag	35.4	20-mag	46.6	20-nov	59.2	20-nov

Tabella 7 - Stazione pluviometrica di Ascoli Satriano e relative registrazioni pluviometriche.

Come è possibile osservare, le registrazioni utilizzate al fine dell'inferenza statistica coprono un periodo di oltre 80 anni. Ciò risulta possibile data la stazionarietà dell'apporto meteorico presso la stazione pluviometrica. Come esposto, infatti, nelle figure che seguono, la linea di tendenza dei grafici altezza-anno risulta prevalentemente orizzontale, escludendo dunque una dipendenza del valore di altezza di pioggia dalle annualità.



4.6. DISTRIBUZIONE GUMBEL

I dati pluviometrici riportati al precedente paragrafo sono stati elaborati statisticamente ricorrendo alla distribuzione statistica di Gumbel secondo la relazione di funzione di probabilità cumulata che segue:

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

Introducendo la variabile ridotta y :

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

si ha la forma canonica:

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

I parametri α e u , legati alla media e alla varianza della popolazione, possono essere stimati sfruttando le informazioni statistiche del campione di misurazioni di altezza di pioggia per assegnata durata.

Per ciascun campione, dunque, viene calcolata la frequenza di non superamento per applicazione della formula di Weibul:

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

Il valore ottenuto è dunque assimilato alla probabilità di non superamento del campione secondo la relazione:

$$F(h_i) \cong F_i$$

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 soltanto da h (= precipitazione) secondo la relazione lineare:

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

La stima dei parametri α e u si ottiene tramite 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, è possibile ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

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

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

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:

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

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 riportati i valori a e n relativi alla stazione pluviometrica considerata, per diversi tempi di ritorno.

Stazione	TR (anni) = 30		TR (anni) = 100		TR (anni) = 200	
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
	<i>mm/hⁿ</i>		<i>mm/hⁿ</i>		<i>mm/hⁿ</i>	
<i>Ascoli Satriano</i>	46.87	0.230	56.28	0.228	61.66	0.226

 Tabella 8. Valori dei parametri (*a*; *n*) relativi alla stazione pluviometrica Ascoli Satriano.

La bontà dell'adattamento è stata verificata quantitativamente tramite il test statistico Kolmogorov-Smirnov. Il test si basa su una metrica *D* di confronto fra frequenza empirica e valori modellati:

$$D = \text{MAX} [F_i - F(y_i)]$$

Ove:

- *D* è la metrica utilizzata per il test;
- Il secondo membro è il massimo assoluto degli scarti fra valore osservato e stimato.

Il test è superato qualora sia vera la seguente affermazione:

$$D < \delta(\alpha, n)$$

Ove $\delta(\alpha, n)$ è un valore critico che dipende dal livello di significatività del test e dalla numerosità del campione. Il livello di significatività indica la probabilità che il test rigetti l'ipotesi quando l'ipotesi è in realtà vera. La letteratura stima che, per un valore di significatività di $\alpha = 0.05$, δ sia così calcolabile:

$$\delta = \frac{1.36}{\sqrt{n}}$$

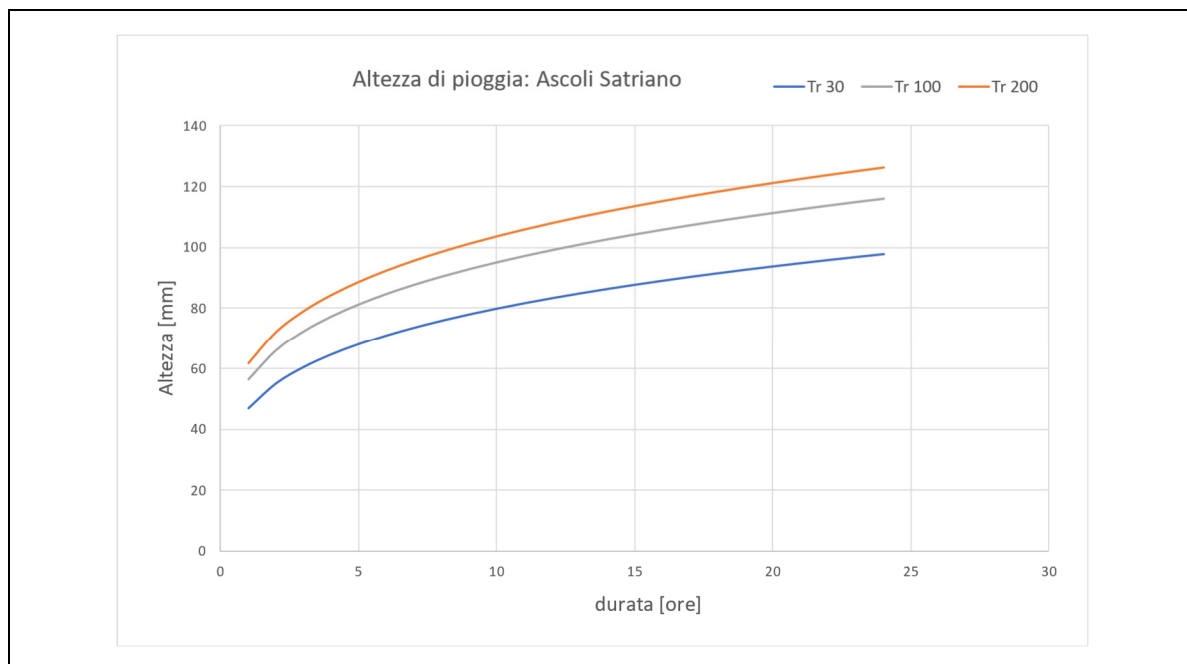
Il test, così applicato, risulta abbondantemente verificato per la stazione pluviometrica considerata.

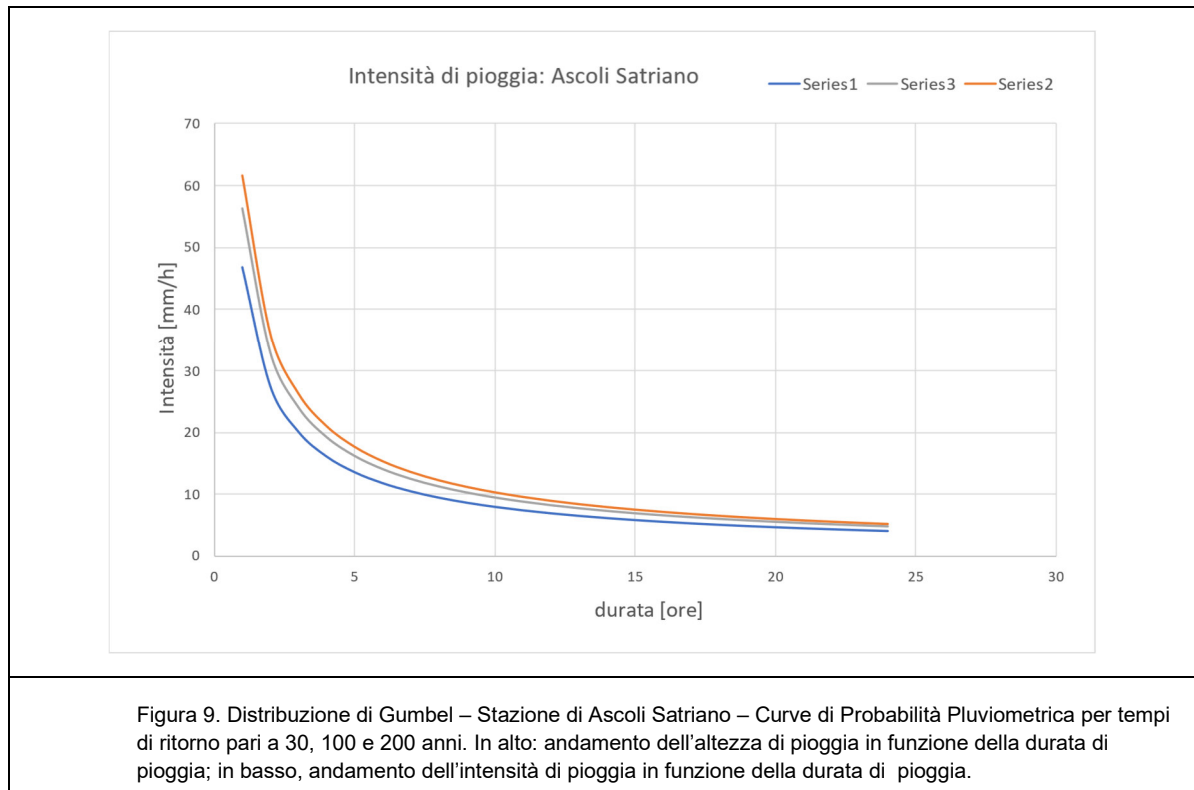
TEST KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	<i>Ascoli Satriano</i>
<i>D</i>	0.09
<i>δ</i>	0.17

Tabella 9. Risultati del test Kolmogorov-Smirnov.

4.7. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Le curve di probabilità pluviometria stimate a mezzo della legge di distribuzione di Gumbel sono rappresentate in figura.



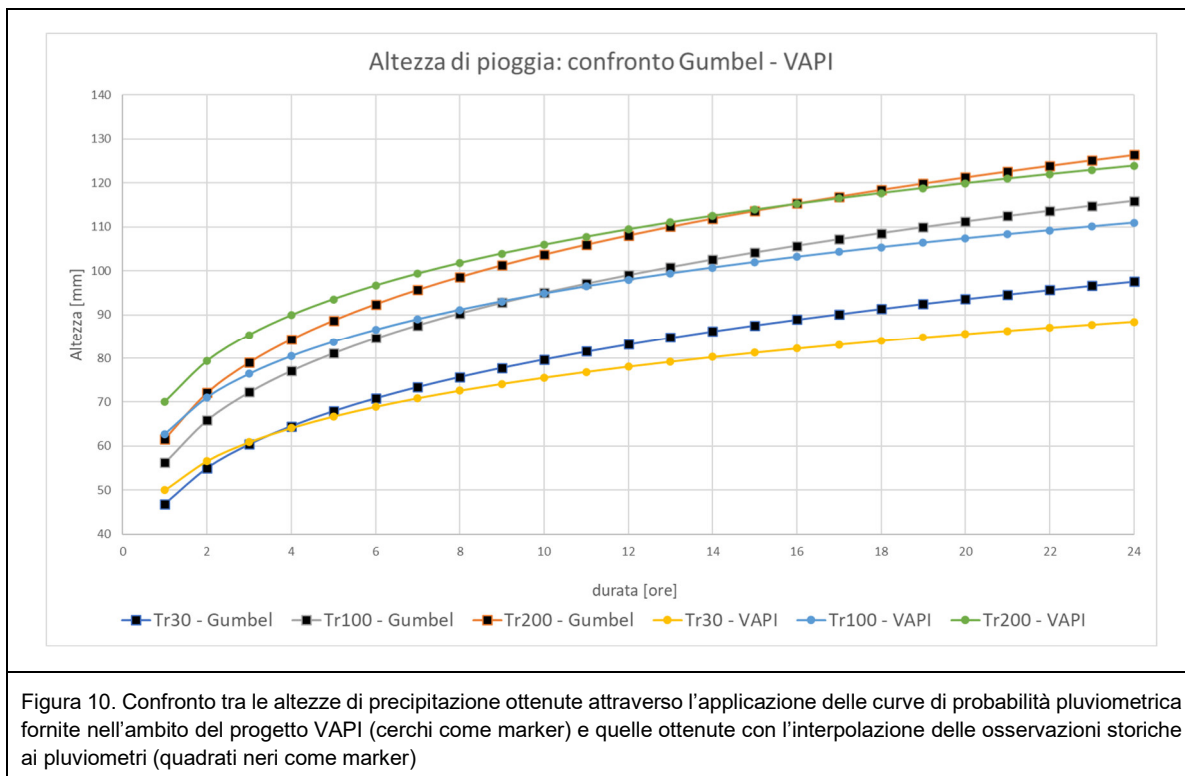


4.8. CONFRONTO DEI RISULTATI: GUMBEL - VAPI

Il confronto tra le altezze di precipitazione stimate interpolando i risultati della regionalizzazione VAPI e dei dati pluviometrici, riportato in figura e nella tabella seguente, indica che la stima ottenuta impiegando la metodologia VAPI risulta superiore a quella ottenuta dalla interpolazione delle statistiche ai pluviometri per le prime ore di pioggia. Tuttavia, una volta superata la durata critica d_c , l'analisi tramite metodo Gumbel restituisce valori maggiori rispetto a quelli proposti dal VAPI.

Pertanto, agendo in favore di sicurezza, la curva adottata per il presente studio risulterà la più gravosa in funzione della durata critica d_c :

$$\begin{cases} VAPI & d < d_c \\ GUMBEL & d > d_c \end{cases}$$



5.8. STIMA DELLE PIOGGE DI FORTE INTENSITÀ E BREVE DURATA

La letteratura illustra che i rapporti r_t tra le altezze di durata t molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località. Bell (1969), osservando che i valori medi di tali rapporti variano in misura modesta negli Stati Uniti e in Australia, riporta i parametri statistici indicati nella Tabella 10. Il campo di variabilità di r_t negli Stati Uniti e nell'ex-Unione Sovietica è indicato nella Tabella 11.

Parametro	<i>t</i> (minuti)			
	5	15	30	120
Stati Uniti				
Media	0,29	0,57	0,79	1,25
Deviazione standard (appross.)	0,03	0,04	0,04	0,08
Australia				
<i>Tempo di ritorno 2 anni (media)</i>	0,30	0,57	0,77	1,24
<i>Tempo di ritorno 10 anni (media)</i>	0,31	0,58	0,78	1,25
<i>Tempo di ritorno 25 anni (media)</i>	0,30	0,58	0,79	1,23
Media	0,30	0,57	0,78	1,24
Deviazione standard	0,04	0,04	0,03	0,06

Tabella 10 - Rapporti r_t tra i massimi annuali delle altezze di pioggia di diversa durata e la corrispondente altezza oraria negli Stati Uniti e in Australia (Bell, 1969)

Parametro	<i>t</i> (minuti)			
	5	15	30	120
Stati Uniti				
Valore superiore	0,32	0,61	0,83	1,31
Valore inferiore	0,26	0,53	0,75	1,17
Unione Sovietica				
Valore superiore	0,32	0,61	0,83	1,31
Valore inferiore	0,26	0,53	0,75	1,17

Tabella 11 - Intervalli di variazione dei rapporti r_t tra i massimi annuali delle altezze di pioggia di diversa durata e la corrispondente altezza oraria negli Stati Uniti e nell'ex-Unione Sovietica (Bell, 1969)

Per brevi durate (meno di 2 ore) i rapporti appaiono più stabili che per durate maggiori (Bell, 1969, Goswami, 1973). Gli stessi rapporti per la curva involuppo delle massime piogge osservate nel mondo, di equazione:

$$h_t = 390 \cdot t^{0.50}$$

con t in ore, sono (Jennings, 1950, Hershfield ed Engman, 1981):

<i>t</i> (minuti)	5	10	15	20	30	45	120	240
$r_t = h_t/h_1$	0,29	0,41	0,50	0,58	0,71	0,87	1,41	2,00

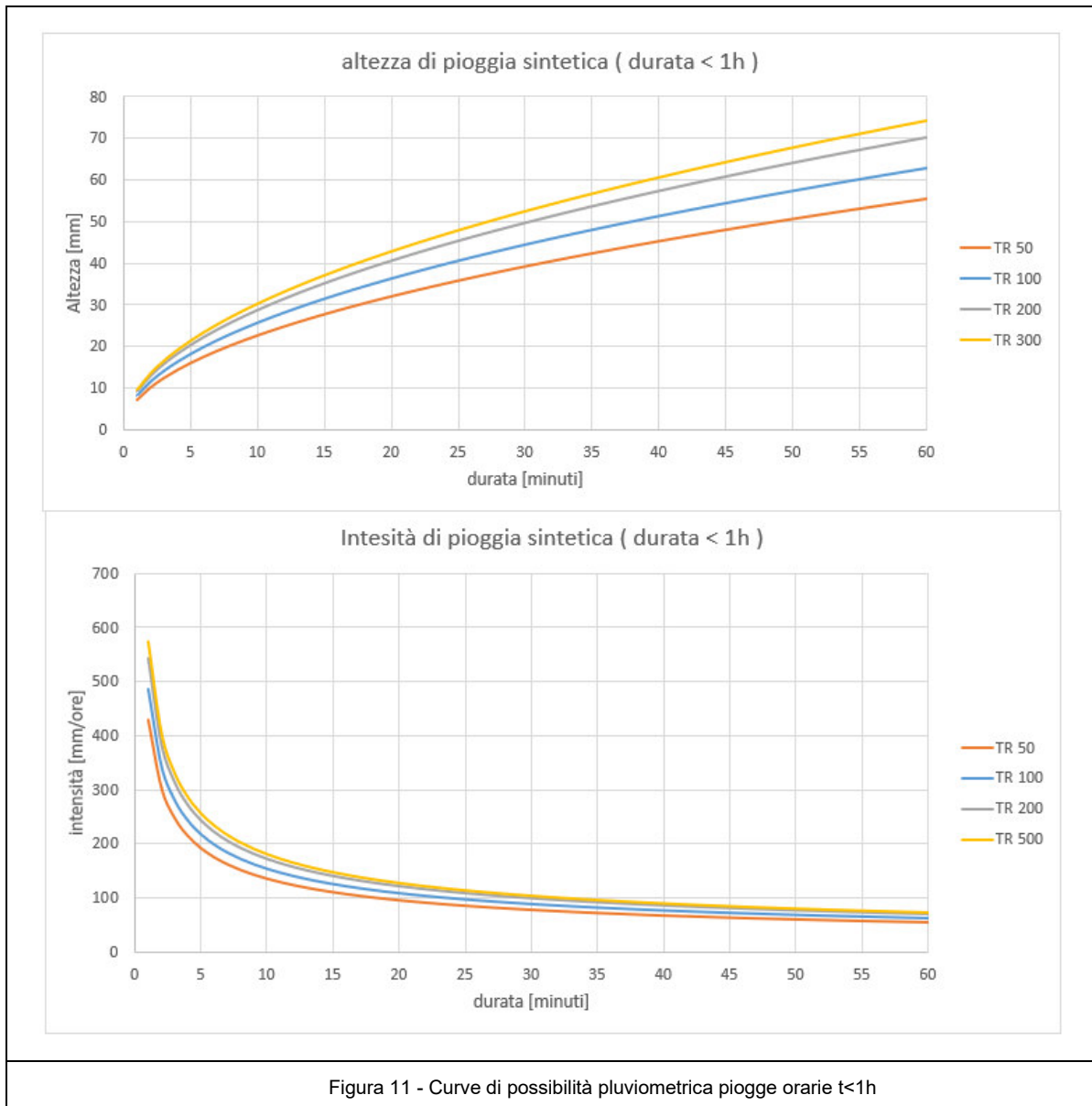
Al pluviometro registratore di Roma Macao su un campione di 8 anni sono stati calcolati i seguenti rapporti dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata rispetto al valor medio della massima altezza oraria dell'anno (Domanico, 1986; Calenda e altri, 1993):

<i>t (minuti)</i>	5	10	15	20	25	30
$r_{t,m} = h_{t,m}/h_{1,m}$	0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

Al pluviografo di Milano Monviso, su un campione di 17 anni (Piga e altri, 1990) sono stati calcolati i seguenti rapporti tra i valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata h_t e il valor medio della massima altezza annua oraria h_1 , nonché i corrispondenti rapporti dei valori massimi:

<i>t (minuti)</i>	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r_t = h_t/h_1$	0,130	0,180	0,229	0,272	0,322	0,489	0,601	0,811	0,913
$r_{t,m} = h_{t,m}/h_{1,m}$	0,155	0,178	0,215	0,241	0,304	0,449	0,568	0,700	0,799

Per la presente trattazione si è deciso di operare in riferimento ai risultati ottenuti per il pluviometro di Roma Macao.



6. MODELLI AFFLUSSI DEFLUSSI

Il presente capitolo illustra le procedure adottate per la determinazione della portata di piena relative ai tre bacini introdotti al Capitolo 4. Considerate le modeste estensioni dei bacini si è optato per l'applicazione del Metodo della Corrivazione.

6.1. STIMA DELLE PORTATE AL COLMO (FORMULA RAZIONALE)

La determinazione del picco di piena è realizzata tramite applicazione del metodo cinematico:

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

in cui:

- Q_{\max} = portata di piena [m³/sec];
- φ = coefficiente di deflusso;
- h = pioggia netta [m];
- S = area del bacino [km²];
- τ_c = tempo di corrivazione [ore].

La determinazione del tempo di corrivazione è effettuata per applicazione di formulazioni classiche:

- Formula di Kirpich: $t_c = 0.000325 L^{0.77} i_v^{-0.385}$

con L = lunghezza dell'asta principale [m] e i_v = pendenza media del versante [-].

- Formula di Pezzoli: $t_c = 0.055 \cdot L / (i_m)^{1/2}$

con L = lunghezza asta principale [km], i_m = pendenza media dell'asta principale [-];

- Formula di Pasini: $t_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{\sqrt{p}}$

con A = area [km^2], L = lunghezza asta principale [km], p = pendenza media dell'asta principale;

- Formula di Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{V}$$
 con L = lunghezza asta principale [km], V = velocità della particella d'acqua [km/h];

Di seguito la tabella dei tempi di concentrazione calcolati per ciascun bacino.

Tabella 12 Tempo di corrivazione

	Kirpich	Pezzoli	Pasini	Viparelli
	h	h	h	h
Bacino 1	0.127	0.192	0.241	0.208
Bacino 2	0.127	0.163	0.190	0.141
Bacino 3	0.122	0.212	0.217	0.240

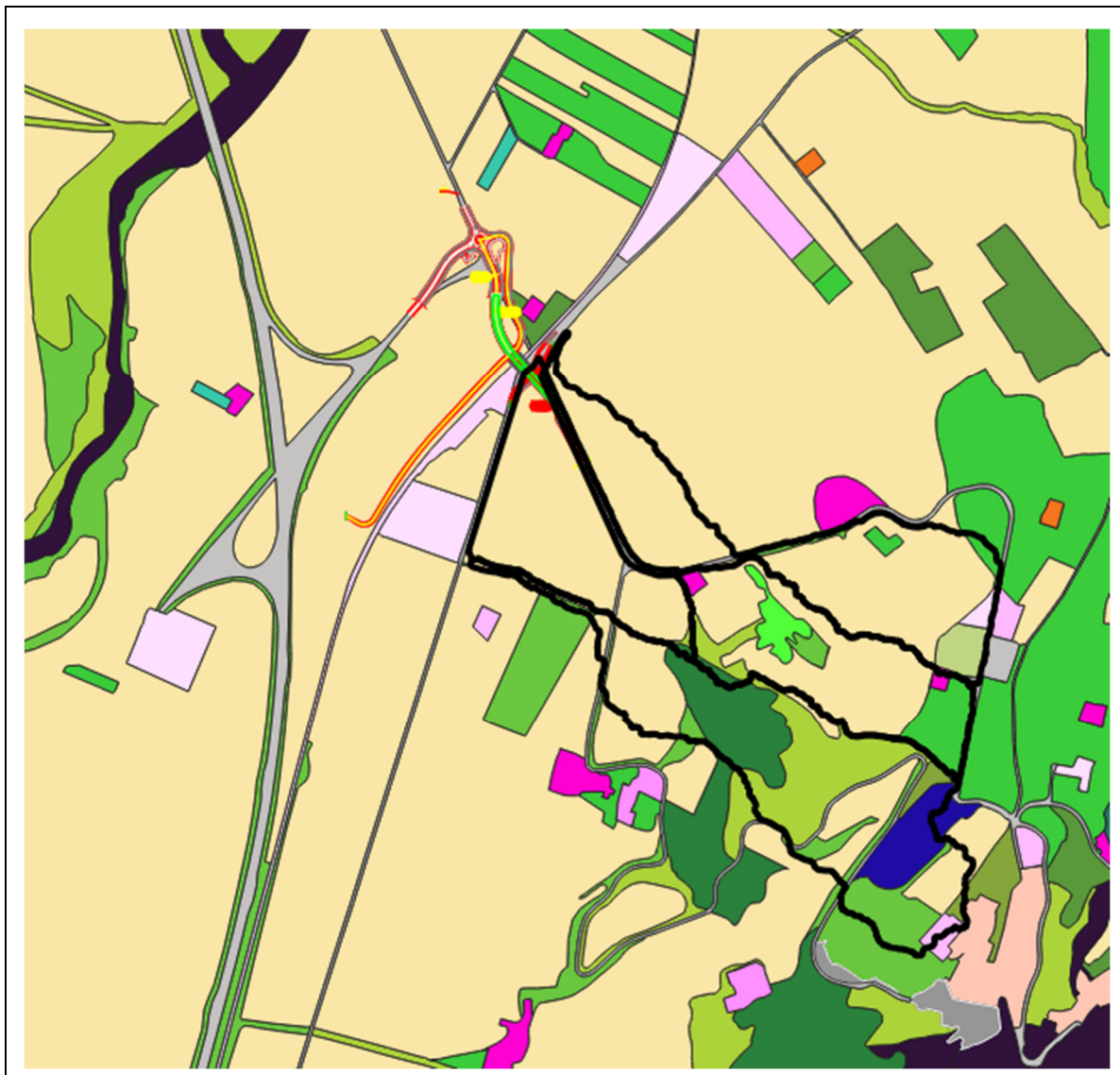
In ragione della intrinseca imprecisione delle formulazioni empiriche sopra elencate per tempi di concentrazione modesti, si adotta un tempo di concentrazione minimo di 15 minuti

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato valutato applicando il metodo del Curve Number CN (SCS method), sulla base della copertura del suolo del bacino riportata nella Carta dell'Uso Suolo della Regione Puglia (Aggiornamento al 2011 dell'Uso del Suolo 2006), organizzata gerarchicamente secondo la classificazione Corine Land Cover (CLC). In particolare, ad ogni codice del CLC relativo ad una specifica copertura del suolo è stato assegnato il relativo CN (Tabella 13), dedotto da tabelle disponibili in letteratura.

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					
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95	FORAGGERE OVE SI PUO RICONOSCERE					
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95	UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I					
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95	SEMINATIVI E UNA CERTA					
CANTIERI	133	90	92	94	95	PRODUTTIVITA, SONO SEMPRE					
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84	POTENZIALMENTE RICONVERTITI A					
CIMITERI	143	57	77	85	89	SEMINATIVO, POSSONO ESSERE					
VIGNETI	221	72	81	88	91	RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67	71	81	89
FRUTTEI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE					
OLIVETI	223	72	81	88	91	ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89
ARBORICOLTURA CON ESSENZE						RISAE	2122	98	98	98	98
FORESTALI	224	67	78	85	89	VIVAI	2123	66	77	85	89
PRATI STABILI	231	67	71	81	89	COLTURA IN SERRA	2124	98	98	98	98
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE					
COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86	ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL					
COMPLESSI	242	63	73	82	88	VIGNETO	2412	59	74	82	86
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD					
COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI						ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI					
SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81	E SEMINATIVI ARBORATI CON					
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83	COPERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL	2413	59	74	82	86
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	313	39	51	63	70	25%)					
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89	BOSCO DI LATIFOGIE	3111	39	51	63	70
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86	ARBORICOLTURA CON ESSENZE					
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	98	98	98	98	FORESTALI (LATIFOGIE)	3112	39	51	63	70
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90	BOSCHI DI CONIFERE	3121	39	51	63	70
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100	CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	3122	39	51	63	70
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100	FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE					
SALINE	422	100	100	100	100	STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI					
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98	CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE					
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100	(ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI					
MARI	523	100	100	100	100	ECC.)	3221	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E						FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	3222	51	58	73	80
DENSO	1111	89	92	94	96	MACCHIA MEDITERRANEA	3231	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	78	80	85	87	GARIGA	3232	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E						AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75
NUCLEIFORME A CARATTERE						AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80	SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E						AREE DUNALI NON COPERTE DA					
FABBRICATI RURALI A CARATTERE						VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE					
TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE	1122	65	67	70	72	A 25M	3312	56	73	82	86
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E						AREE DUNALI CON COPERTURA					
COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95	VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A					
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI						25 M	3313	56	73	82	86
SERVIZI	1212	89	92	94	95	LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI					
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI						AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
(SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE						FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
DI PARCHEGGIO ECC.)	1221	98	98	98	98	CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE						BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI,						BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96	LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A					
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO						PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100
E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E						ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E					
SIMILI)	1223	92	93	94	95	STAGNI COSTIERI	5212	100	100	100	100
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI						ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
DISTRIBUZIONE						AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA					
(TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95	NATURALE	5231	100	100	100	100
DISCARICHE	1321	90	92	94	95	ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	100	100	100	100
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO,						PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC.					
CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95	ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	39	51	63	70
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88	SUGHERETE	31122	39	51	63	70
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84	CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	39	51	63	70
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85	ALTRO	31124	39	51	63	70

Tabella 13 –Valori del CN per le differenti coperture del suolo del CLC al 4° livello (Elaborazione ADIS).





Assumendo in via cautelativa una classe di umidità AMC-tipo III (elevato imbibimento) e una categoria del suolo C (meno permeabile), per i sottobacini in esame è stato calcolato il CN medio tramite la seguente media ponderata:

$$CN = \frac{\sum_i^n CN_i A_i}{\sum_i^n A_i}$$

Ove:

- i = generica copertura del suolo;
- CN_i = curve number associato alla i -esima copertura del suolo;
- A_i = superficie totale associata alla i -esima copertura del suolo;

Il CN (II) così ottenuto è trasformato in CN (III) tramite la seguente relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

Ottenendo, per i bacini 1, 2 e 3, i valori di 91.15, 90.81 e 88.47 rispettivamente.

Pertanto, con riferimento al metodo del *Soil Conservation Service* (SCS), il coefficiente di deflusso (ϕ) può essere valutato come segue:

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

Con:

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

In considerazione della limitata estensione dei bacini, infine, si è deciso di non adottare un fattore di riduzione areale.

Di seguito sono riportati i valori di portata al colmo per i vari tempi di ritorno relativi ad una precipitazione di 15 minuti (t_c).

PORTATE DI PROGETTO				
	TR (anni)	φ eq.	h netta (mm)	Portata Q (m ³ /s)
BACINO 1	30	0.36	9.01	3,27
	100	0.44	13.68	4,96
	200	0.47	16.56	6,00

BACINO 2	30	0.36	9.01	1,19
	100	0.44	13.68	1,81
	200	0.47	16.56	2,19

BACINO 3	30	0.36	9.01	2,35
	100	0.44	13.68	3,57
	200	0.47	16.56	4,32

Tabella 14 – Tabella delle portate di progetto in sezione di chiusura

7. CONCLUSIONI

Il presente studio ha esposto le metodologie adottate e i risultati ottenuti ai fini della caratterizzazione idrologica del sito oggetto di studio.

Come è possibile osservare dagli elaborati di progetto dedicati, il sito in esame appare nel complesso caratterizzato da assenza di condizioni di vincolo idrogeologico. I bacini che presentano un'interferenza con l'intervento in esame sono tre, ciascuno con area totale inferiore al km².

L'analisi idrologica del sito è stata realizzata al fine di determinare a mezzo di formulazione indiretta la massima portata dei tre bacini di interesse per assegnato periodo di ritorno. A tal proposito si è deciso di operare per raffronto dei risultati ottenuti mediante Metodo di Regionalizzazione delle Piogge VAPI e inferenza statistica dei dati di pioggia della stazione pluviometrica di Ascoli Satriano. Le curve IDF mettono in luce la maggiore criticità, per brevi durate, dei valori di pioggia sintetica ottenuti mediante metodo di regionalizzazione.