

8. SINTESI DEL RAPPORTO REGIONALE PUGLIA

8.1 Premessa

In questa breve nota vengono sintetizzati i risultati salienti del Progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Puglia, con particolare riguardo ai bacini compresi tra il fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord.

La sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Puglia* [Copertino e Fiorentino, 1994], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

La presentazione sintetica dei risultati, che si riporta nel seguito, fornisce unicamente le indicazioni essenziali all'applicazione delle procedure proposte.

8.2 Base dati utilizzata

8.2.1 Pluviometria

I dati pluviometrici utilizzati sono gestiti quasi tutti 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 anni di osservazione.

8.2.2 Idrometria

La consistenza della rete di misura idrometrica è molto variata nel corso degli anni; fino al 1970 risultavano complessivamente, per il Compartimento di Bari, 20 stazioni idrometriche.

Si distinguono nel seguito i dati relativi a:

- **massimi annuali delle portate istantanee**: si tratta complessivamente di 20 stazioni idrometrografiche con numerosità compresa fra 7 e 53 anni.
- **massimi annuali delle portate in più ore consecutive**: in tal caso si tratta di dati che nella quasi totalità non sono mai stati pubblicati e sono stati ricavati appositamente ricorrendo alla lettura delle strisce idrometrografiche originali o delle tabelle in cui il dato idrometrico è stato già corretto, attraverso la scala di deflusso appropriata, in dato di portata. Complessivamente sono state analizzate 8 serie idrometrografiche con numerosità fra i 12 e 24 anni per durate fra 0.5 e 48 ore.

Una particolare attenzione è stata posta nell'analisi delle scale di deflusso delle stazioni idrometrografiche, con ricostruzione dei valori incerti attraverso una metodologia statistica per la messa a punto di una **scala di deflusso di piena**.

8.3 Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

8.3.1 Pluviometria

8.3.1.1 Piogge giornaliere

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_k(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k/\theta_*})} \quad (8.2)$$

I parametri ottenuti per l'intera regione Puglia sono riportati in Tab. 8.1.

Piogge	$\theta_* = 2.352$	$\Lambda_* = 0.772$	$\Lambda_1 = 45$	$\eta = 5.662$
--------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tab. 8.1: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Puglia.

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della (8.2) per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella Tab. 8.2, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (8.2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (piogge)	0.91	1.26	1.53	1.81	1.90	2.10	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43

Tab. 8.2: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge in Puglia, per alcuni valori del periodo di ritorno T.

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento all'espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \text{Ln } \Lambda_*}{\eta} + \frac{\text{Ln } \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \text{Ln } T \quad (8.3)$$

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

$$K_T = 0.5648 + 0.415 \text{Ln } T \quad (8.4)$$

Per le piogge, per valori del periodo di ritorno superiori a 5 anni, l'errore nell'uso delle (8.3) in luogo della (8.2) è sempre inferiore al 3 %.

8.3.1.2 Piogge brevi

In Puglia, il SIMN gestisce 73 stazioni pluviografiche, di cui 60 con serie $n \geq 10$ anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia h_d per $d = 1, 3, 6, 12$ e 24 ore consecutive. La consistenza di tale rete è, quindi, paragonabile a quella pluviometrica, anche per le dimensioni campionarie.

In ogni caso, si assume che il fattore probabilistico di crescita sia costante al variare della durata.

8.3.2 Idrometria

8.3.2.1 Portate istantanee al colmo di piena

Al primo livello di regionalizzazione, Fiorentino et al. [1987] hanno mostrato che l'Italia Appenninica, inclusa la Sicilia ed esclusa parte della Liguria, può essere considerata una zona omogenea. Utilizzando la procedura di stima Massima Verosimiglianza richiamata in Appendice A, sono state utilizzate 15 serie di piena annuale (SPA) aventi $n \geq 15$ anni, ottenendo le seguenti stime dei parametri di forma della DPC:

$$\theta^* = 2.654$$

$$\Lambda^* = 0.350$$

a cui corrispondono, secondo le formule date da Beran et al., [1986], un coefficiente di asimmetria teorico γ_1 e di kurtosi teorica β pari a:

$$\gamma_1 = 2.32$$

$$\beta = 16.0$$

mentre la probabilità p_2 che il massimo annuale delle portate al colmo possa provenire dalla componente straordinaria è:

$$p_2 = 0.261$$

I parametri ottenuti per l'intera regione Puglia sono riportati in Tab. 8.3.

Portate	$\theta^* = 2.654$	$\Lambda^* = 0.350$	$\Lambda_1 = 5$	$\eta = 2.937$
---------	--------------------	---------------------	-----------------	----------------

Tab. 8.3: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Puglia

Si riportano di seguito, nella Tab. 8.4, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (8.2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
----------	---	---	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	------

$K_T(\text{portate})$	0.83	1.39	1.85	2.37	2.55	2.95	3.15	3.76	4.39	5.22	5.84
-----------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tab. 8.4: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le portate in Puglia, per alcuni valori del periodo di ritorno T.

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento all'espressione semplificata (8.3) che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Puglia, diventa:

$$K_T = -0.4007 + 0.904 \ln T \quad (8.5)$$

Per le portate, per valori del periodo di ritorno superiori a 10 anni, l'errore nell'uso della (8.5) in luogo della (8.2) è sempre inferiore al 10 %.

In via preliminare, è stato anche proposto un legame per la variabilità del coefficiente di variazione $C_v(Q)$ del massimo annuale della portata al colmo di piena istantanea Q, con l'area A del bacino, del tipo:

$$C_v(Q) = 1.163 A^{-0.105} \quad (8.6)$$

da cui discende un legame tra il parametro Λ_1 e l'area A come mostrato in tab. 8.5.

Area km ²	30	50	100	300	500	1000	3000
Λ_1	3.7	4.2	5.3	7.6	8.9	11.8	18.4

Tab. 8.5: variabilità del parametro di scala Λ_1 delle portate con l'area del bacino.

8.4 Stima del valor medio

8.4.1 Leggi di probabilità pluviometriche

8.4.1.1 Piogge puntuali

Le **leggi di probabilità pluviometriche** definiscono come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata d, $m[h(d)]$, con la durata stessa. Per la Puglia è stata adottata una espressione del tipo:

$$m[h(d)] = a d^n \quad (8.7)$$

I parametri della (8.7) sono costanti all'interno di singole **aree pluviometriche omogenee**, e variano nel passare dall'una all'altra.

L'identificazione delle aree omogenee viene effettuata con riferimento al valor medio del massimo annuale dell'altezza di pioggia giornaliera, $m(h_g)$: è stato infatti osservato che è possibile suddividere l'area indagata in 4 aree pluviometriche omogenee in funzione del legame caratteristico tra $m(h_g)$ e la quota Z, nelle stazioni di misura. Questo permette di generalizzare la (7) per tener conto della variabilità di $m[h(d)]$ con la quota Z, attraverso un'espressione del tipo:

$$m[h(d,Z)] = a d^{n(Z)} \quad (8.8a)$$

$$n(Z) = \frac{C Z + D + \text{Ln } \alpha - \text{Ln } a}{\text{Ln } 24} \quad (8.8b)$$

in cui $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misure. Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89.

Per identificare in quale area omogenea rientra il bacino in studio, si può fare riferimento alla corografia in Fig. 8.1. I parametri delle (8.8) sono forniti in Tab. 8.6.

Si noti come, nel caso delle aree omogenee 2 e 4, non essendo stata rinvenuta una significativa variabilità di $m[h(d)]$ con la quota, è stato fornito il valor medio regionale del coefficiente di potenza n della (8.7).

Figura 8.1. Zone omogenee rispetto al valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere.

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

Tab. 8.6: parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea.

8.4.1.1 Piogge areali

La valutazione della intensità di pioggia media sull'intero bacino (**pioggia media areale**) viene effettuata moltiplicando la (8.8) per il fattore di riduzione areale K_A :

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3}) \quad (8.9)$$

dove A è l'area del bacino, espressa in km^2 , d la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

in cui c_3 non è ottenuto dai dati pluviometrici dell'area in studio, ma viene desunto da analoghe indagini condotte negli Stati Uniti.

8.4.2 *Piena media annua*

8.4.2.1 Portata al colmo di piena istantanea

Quando nella sezione terminale del bacino in studio esiste una stazione di misura idrometrica, la stima della piena media annua può essere effettuata direttamente sulla serie osservata dei massimi annuali al colmo di piena, essendo tale stima piuttosto affidabile non appena la serie osservata sia di lunghezza appena sufficiente (4-5 anni)

Nel caso più frequente in cui tali dati dovessero mancare del tutto, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua; nel seguito ne vengono riportati i principali risultati applicativi.

Regressione empirica: diverse formulazioni di tipo regressivo fra la piena media annua e le principali grandezze fisiche del bacino possono essere considerate; in particolare, per le sue prestazioni statistiche e per la semplicità d'uso, si propone qui la seguente relazione:

$$m(Q) = 1.556 A^{0.71} \quad (8.10)$$

anche se, ad una verifica strettamente statistica, essa si mostri valida solo per una stima in prima approssimazione

Modelli concettuali: la formula razionale. In sintesi, tale modello si riassume nella seguente espressione:

$$m(Q) = C * K_A(t_r) m[I(t_r)] A / 3.6 \quad (8.11)$$

in cui i parametri del modello, cioè il **coefficiente di piena** C_* (fig. 8.2) ed il **tempo di ritardo** del bacino, t_r , possono essere valutati in base alle seguenti espressioni:

$$C_* = 0.09 + 0.47 (1 - p.p.) \quad (8.12a)$$

$$t_r = 0.344 \sqrt{A} \quad (8.12b)$$

con p.p. = frazione ad elevata permeabilità del bacino.

Nelle (8.11) e (8.12) le aree sono in km^2 , t_r in ore, $m[I(t_r)]$ in mm/ora ed $m(Q)$ in m^3/s .

Nella (8.11) si è indicato con $m[I(d)]$ la media del massimo annuale dell'intensità di precipitazione in durata d , che si ottiene come:

$$m[I(d)] = m[h(d)] / d \quad (8.13)$$

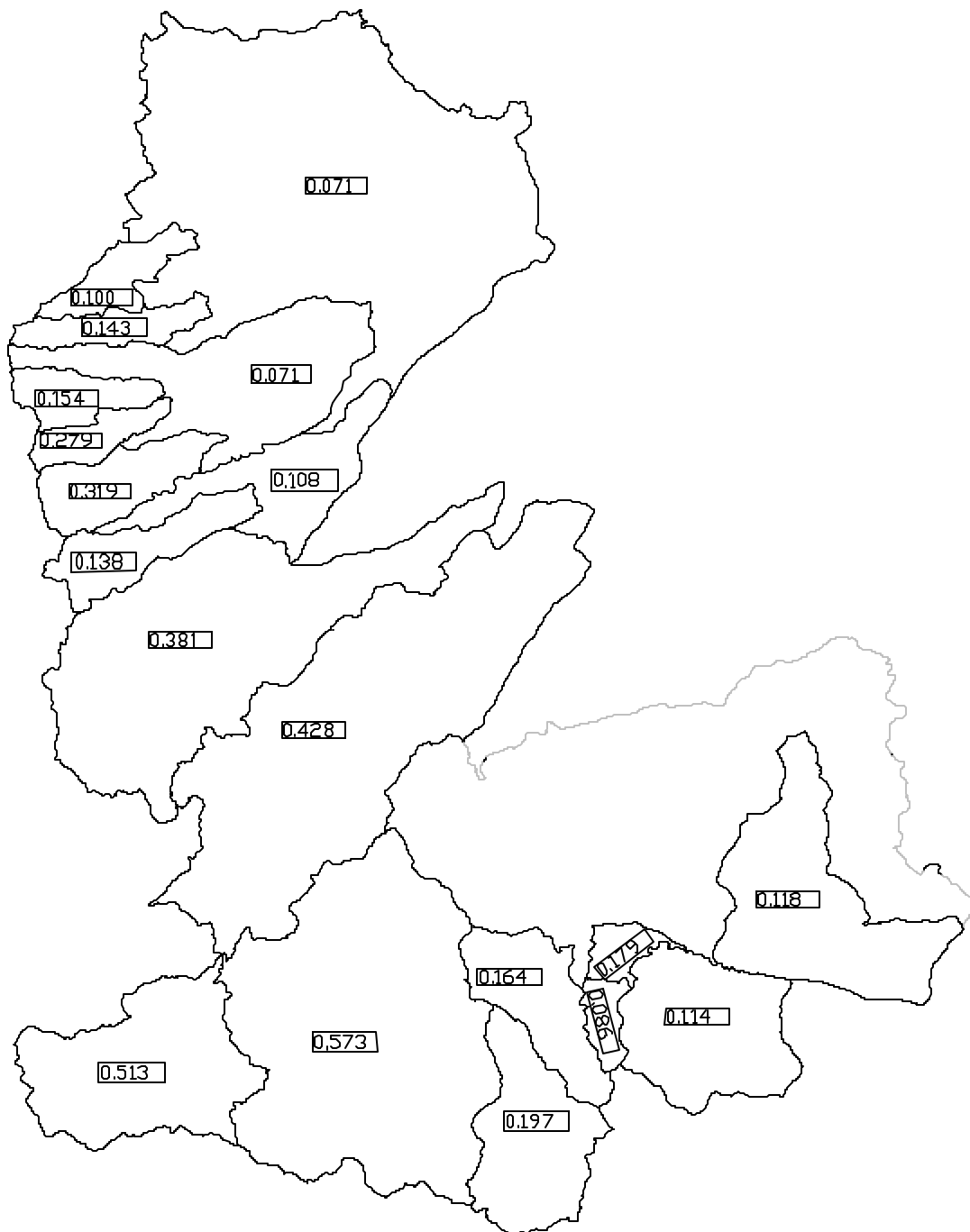


Figura 8.2 Coefficienti probabilistici di piena (C^*) relativi alle diverse aree delimitate dai bacini idrografici della Puglia Settentrionale sottesi dalle stazioni del S.I.M.I.

Cod.	Sezione	Area (Km ²)	m(Q) (m ³ /s)	t _r (A) (h)	p.p.	m[I(t _r)] (mm/h)	C*	$\frac{A^* m[I(t_r)]}{3.6}$
1.0	Ofanto a S.Samuele di Cafiero	2702.8	517.60	17.93	0.62	3.70	0.185	2793.5
1.1	Ofanto a Cairano	266.4	208.00	5.67	0.15	5.36	0.513	405.3
1.2	Atella a P.te sotto Atella	175.9	61.30	4.32	0.45	7.09	0.197	311.2
1.4	Ofanto a Rocchetta S. Antonio	1111.0	436.70	11.52	0.25	2.78	0.505	864.1
1.5	Arcidiaconata a P. Rap.-Lavello	123.9	44.90	3.83	0.83	7.97	0.164	274.4

1.6	Lapilloso a P.te s.s. 168	28.5	10.40	1.87	0.38	14.74	0.086	120.8
1.7	Venosa a P.te Ferroviario	204.0	39.90	4.88	0.83	6.29	0.114	350.9
1.8	Venosa a P.te S.Angelo	263.0	55.80	5.56	0.80	5.48	0.140	397.6
1.9	Locone a P.te Brandi	219.4	43.30	5.09	0.87	6.01	0.118	365.8
2.0	Carapelle a Carapelle	714.9	283.70	9.23	0.54	3.31	0.428	662.4
3.0	Cervaro ad Incoronata	539.3	215.80	7.99	0.37	3.78	0.381	566.5
4.0	Candelaro a Str. Bonifica N.24	1777.9	140.70	14.55	0.86	2.79	0.102	1384.2
4.1	Celone a S.Vincenzo	92.5	31.80	3.19	0.61	9.70	0.138	231.1
4.3	Celone a P.te Foggia-S.Severo	233.5	45.70	5.50	0.84	5.44	0.118	386.8
4.4	Vulgano a P.te Troia-Lucera	94.1	74.70	3.34	0.67	8.98	0.319	234.5
4.5	Salsola a Casanova	44.1	45.50	2.26	0.72	13.63	0.279	163.2
4.6	Casanova a P.te Lucera-Motta	57.3	27.50	2.49	0.64	12.28	0.154	178.4
4.7	Salsola a P.te Foggia-S.Severo	455.4	76.10	7.40	0.83	3.94	0.150	506.4
4.8	Triolo a P. Lucera-Torremagg.	55.9	36.50	2.52	0.82	17.04	0.143	254.6
4.9	Canale S.Maria	58.1	18.90	2.66	0.94	11.43	0.100	189.8

Tab. 8.7: Caratteristiche delle serie inerenti il terzo livello di regionalizzazione delle piene.

8.4.2.2 Volumi di piena

Nei casi in cui sia necessaria la valutazione dei volumi di piena per assegnato periodo di ritorno e durata, nel presente Rapporto si è fatto riferimento al **massimo annuale della portata media nella durata D**, $Q_{D,T}$, ed al suo valore con assegnato periodo di ritorno T, $Q_{D,T}$, e si è visto che può porsi:

$$Q_{D,T} = K_T \mu(Q_D) \quad (8.14)$$

in cui il coefficiente di crescita K_T assume le stesse espressioni precedentemente richiamate per i massimi annuali delle portate di piena al colmo.

Per la valutazione del valor medio $m(Q_D)$ si fa riferimento alla seguente espressione:

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) r(D) \quad (8.15)$$

in cui $\mu(Q)$ è la piena media annua, per la cui stima si è riferito al paragrafo appena sopra, mentre $r(D)$ prende il nome di **fattore di riduzione dei colmi di piena**. Per la sua valutazione si può ricorrere allo stesso modello geomorfoclimatico adottato per la valutazione della piena media annua.

In prima approssimazione si può fare riferimento alla seguente espressione:

$$r(D) = (1 + \alpha D / t_r)^{n'} \quad (8.16)$$

con:

$$\alpha = 1/2 (1 - 1/2 n')$$

$$n' = n + k_1 A$$

in cui n è il parametro di potenza della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata, A è l'area del bacino, mentre k_1 è un coefficiente numerico pari a: $k_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$

Riferimenti bibliografici

Copertino, V. A. e M. Fiorentino (a cura di), *Valutazione delle Piene in Puglia*, CNR-GNDCI, Pubbl. n. 1437, La Modernissima, Lamezia Terme (CZ), 1994.