

TITLE: Relazione Idrologica

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 60 MW WIND + 30 MW BESS COMUNI DI MESAGNE E TORRE SANTA SUSANNA (BR)

RELAZIONE IDROLOGICA

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	29/11/21	EMISSIONE	M.Labbruzzi	G.Chiaia	G.Chiaia

VALIDATION

	M. BASTIANELLI	M. BASTIANELLI
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT IMPIANTO EOLICO TORRE SANTA SUSANNA																			
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	GROUP	TEC	GROUP				SYSTEM	GROUP	REVISION						
	GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	3	5	7	9	6	0	0	0	1	7	0

CLASSIFICATION: COMPANY

UTILIZATION SCOPE

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	5
2.1	Inquadramento Geografico e Territoriale	5
3	INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO	8
4	STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI	11
4.1	CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA (METODO VAPI)	12
4.2	Curve di possibilità climatica metodo di gumbel	18
5	CONCLUSIONI	24

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento dell'area di studio.</i>	3
<i>Figura 2: Inquadramento regionale.</i>	6
<i>Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto</i>	6
<i>Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.000.</i>	7
<i>Figura 5: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000</i>	8
<i>Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 1 m).</i>	9
<i>Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici su DTM.</i>	10
<i>Figura 8: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.</i>	15
<i>Figura 9: Individuazione della zona del VAPI in cui ricadono i bacini idrografici.</i>	16
<i>Figura 10: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.</i>	17
<i>Figura 11: Individuazione dei topoi dei topografi delle stazioni pluviometriche in cui ricadono i bacini idrografici.</i>	18
<i>Figura 12: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL— Stazione Latiano.</i>	23
<i>Figura 13: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL— Stazione Latiano e San Pancrazio Salentino.</i>	23

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di inquadrare dal punto di vista idrologico l'area di studio sulla base dei dati idroclimatici ufficiali (Servizio Idrografico) e delle caratteristiche orografiche del suolo.

La società "Enel Green Power Puglia Srl.", nell'ambito della propria attività imprenditoriale, ha previsto la realizzazione di un parco eolico denominato "Torre Santa Susanna" che ricade nell'ambito del territorio amministrato dai Comuni di Torre Santa Susanna, Mesagne e Latiano, in Provincia di Brindisi. Come illustrato nella figura che segue, l'area interessata dall'intervento è ubicata nella Regione Puglia e ricade nei limiti territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia.

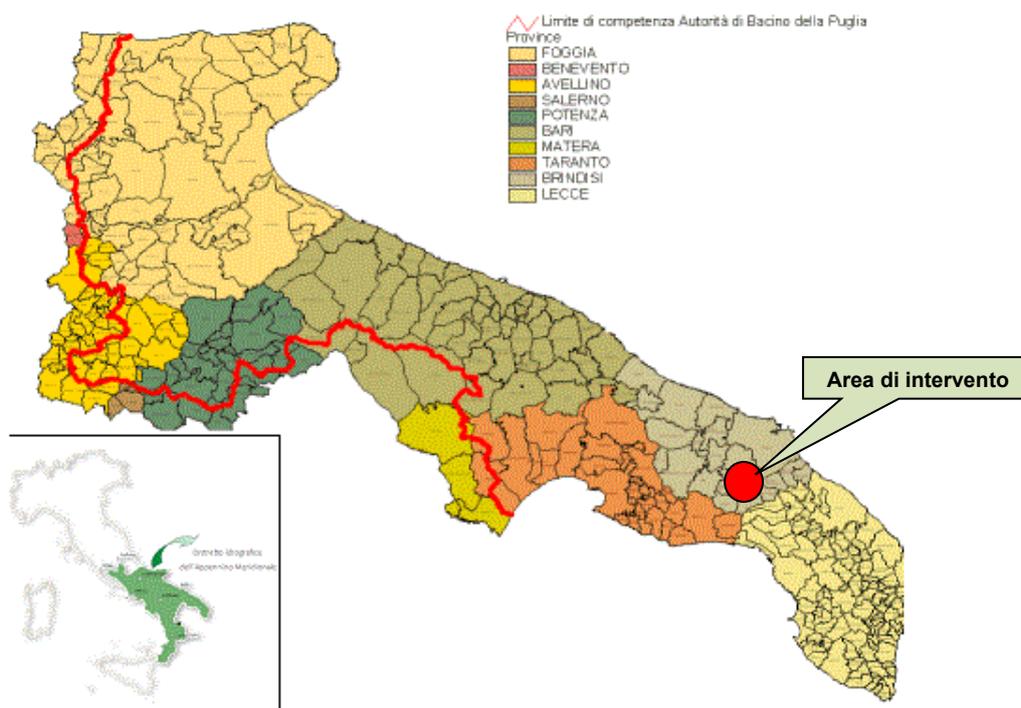


Figura 1: Inquadramento dell'area di studio.

Lo studio idrologico è articolato su due direttrici principali:

- A. analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi all'area di intervento;
- B. caratterizzazione del regime climatico dell'area, determinando le curve di possibilità climatica secondo due distinti approcci:
 - Il metodo VAPI elaborato dal Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'**Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale** (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, 2001),
 - Il metodo classico di Gumbel, verificando l'adattabilità della serie campionaria alla relativa distribuzione di probabilità dei valori estremi delle stazioni pluviometriche di San Pancrazio Salentino e Latiano.



Green Power

Enel Green Power Puglia Srl



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.35796.00.017.00

PAGE

4 di/of 24

Gli elementi di base sono stati ricavati adottando il seguente approccio:

- la ricostruzione dell'orografia dell'area di intervento è stata effettuata elaborando i files vettoriali disponibili (DTM della Regione Puglia con risoluzione a terra di 8 m) in ambiente GIS, per poi trasferirli in ambiente CAD;
- le curve di possibilità climatica sono state ricostruite elaborando i dati di pioggia delle stazioni pluviometriche di San Pancrazio Salentino e Latiano;

Alla presente Relazione sono allegati:

- Allegato 1 – Corografia dei bacini idrografici.

2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto, cui la presente relazione fa riferimento, riguarda la realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile fa fonte eolica composta da 10 aerogeneratori, con potenza unitaria pari a 6 MW ed una potenza complessiva di 60 MW integrato da un sistema di accumulo per una potenza complessiva pari a 30 MW.

Come si è detto, le aree proposte per la realizzazione del parco eolico in progetto sono ubicate nei territori comunali di Torre Santa Susanna, Mesagne e Latiano a nord dell'abitato di Torre Santa Susanna, caratterizzate dalla presenza di coltivi a colture erbacee, uliveto, vigneti e seminativi in una zona prevalentemente collinare.

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area di intervento, in cui ricadono le sorgenti, è riportata nel Catasto Terreni del Comune di Mesagne e Torre Santa Susanna come riportato nella tabella seguente.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			ID. CATASTO		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
1	734516,00	4492082,00	MESAGNE	51	213
2	734107,00	4491451,00	MESAGNE	62	180
3	735021,00	4490798,00	MESAGNE	86	2
4	734234,71	4489777,93	MESAGNE	85	144
5	734482,20	4488021,03	TORRE SANTA SUSANNA	13	77
6	736013,06	4487032,25	MESAGNE	112	210
7	736756,73	4487108,53	MESAGNE	113	370
8	736129,64	4485788,02	MESAGNE	123	109
9	735619,21	4485421,88	MESAGNE	123	108
10	734982,30	4485302,63	TORRE SANTA SUSANNA	30	131

Tabella 1: Elenco delle sorgenti

L'area dove si prevede l'installazione delle torri eoliche, data la sua estensione, è raggiungibile da diverse viabilità esistenti.

Il trasporto delle componenti elettromeccaniche può avvenire tramite la strada statale 76 A14 sino allo svincolo di Mesagne dalla quale si imbecca la strada provinciale n.69 e, dopo circa 7 km, si giunge al possibile ingresso dell'area d'impianto come riportato nell'immagine che segue.

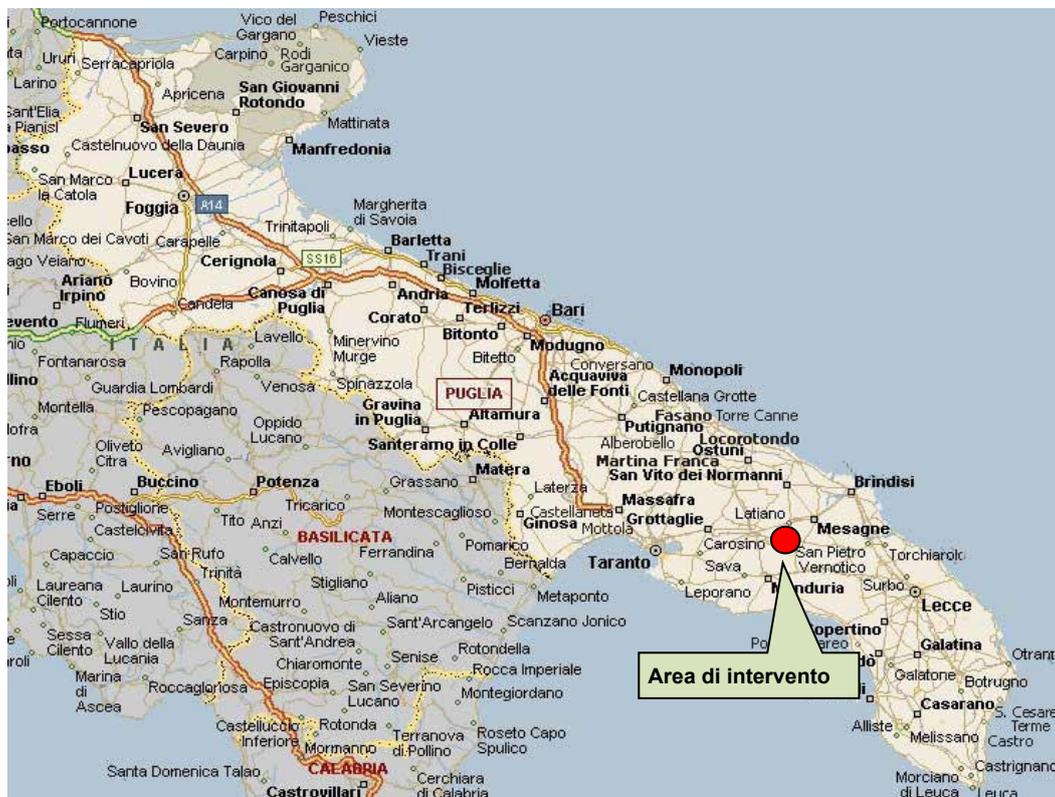


Figura 2: Inquadramento regionale

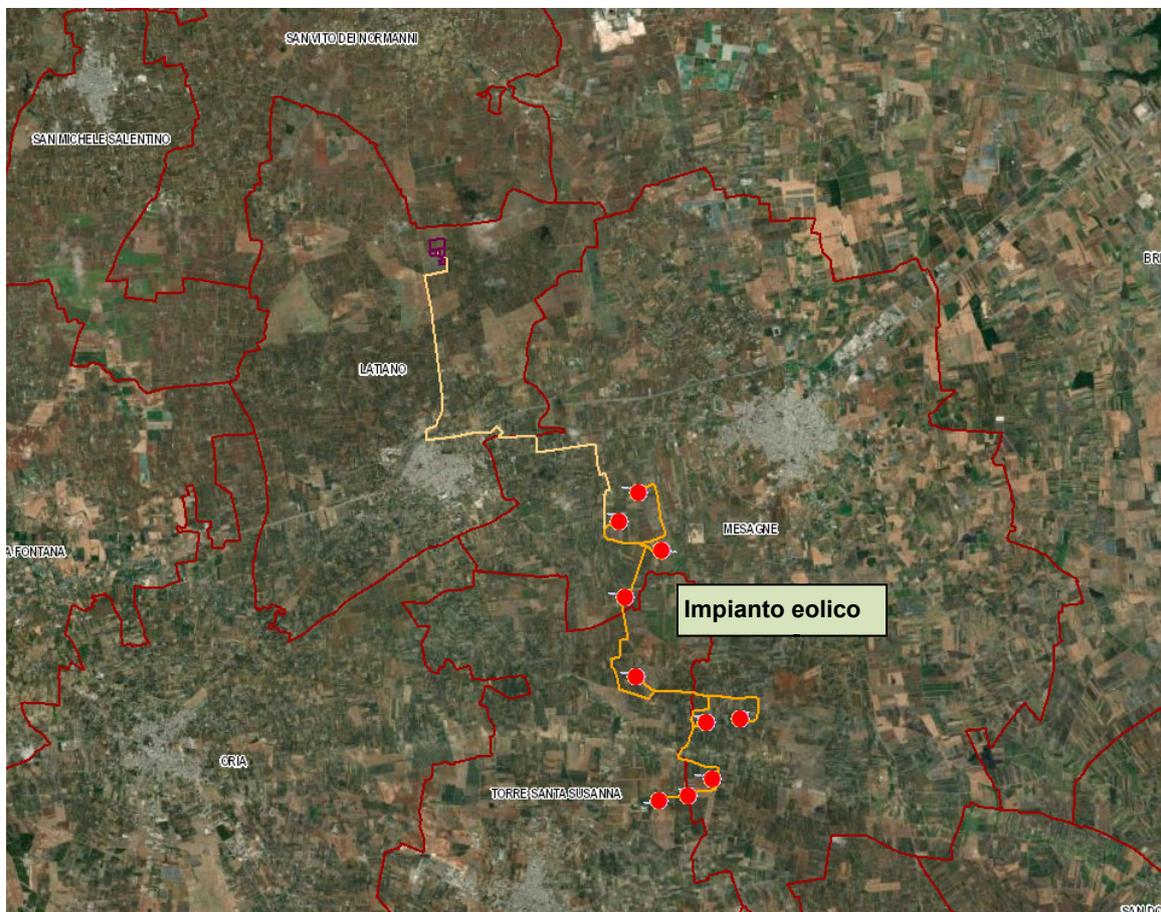


Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto

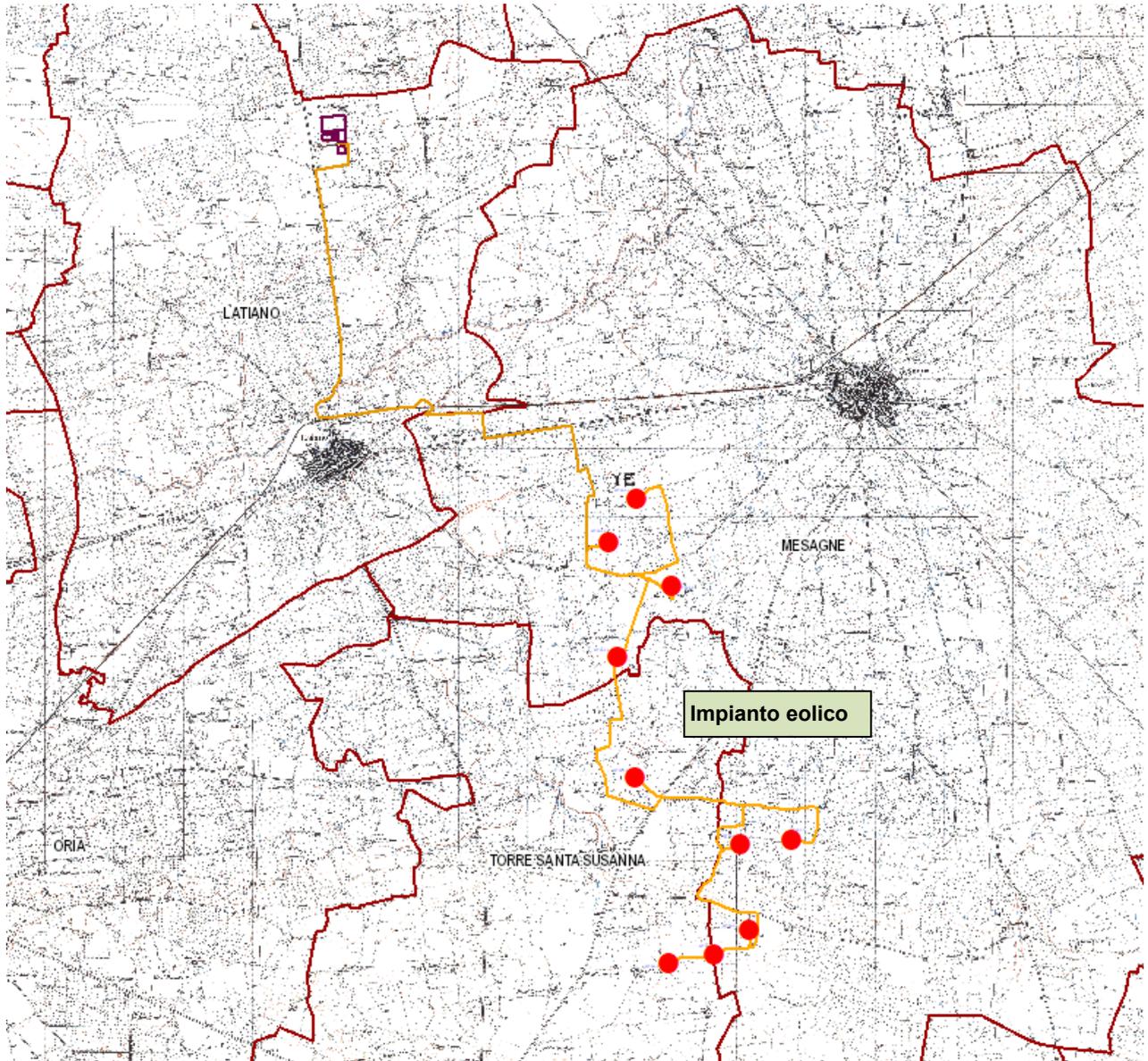


Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.

3 INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Prima di delimitare i bacini idrografici sottesi alle aree di intervento, si è provveduto a verificare la coerenza planimetrica tra il reticolo rappresentato sulla cartografia I.G.M. 25.000 e quello deducibile dal DTM della Regione Puglia. Sono emerse talune leggere differenze, a fronte delle quali si sono assunte come maggiormente attendibili le informazioni ricavate dal DEM.

Dall'analisi dell'orografia dell'area di intervento sono stati individuati otto bacini idrografici le cui sezioni di chiusura sono prossime alle aree di interesse. Questi si sviluppano nel territorio comunale di Serracapriola, all'interno dei fogli 382 e 395 della cartografia I.G.M. 25.000 (cfr. figura seguente).

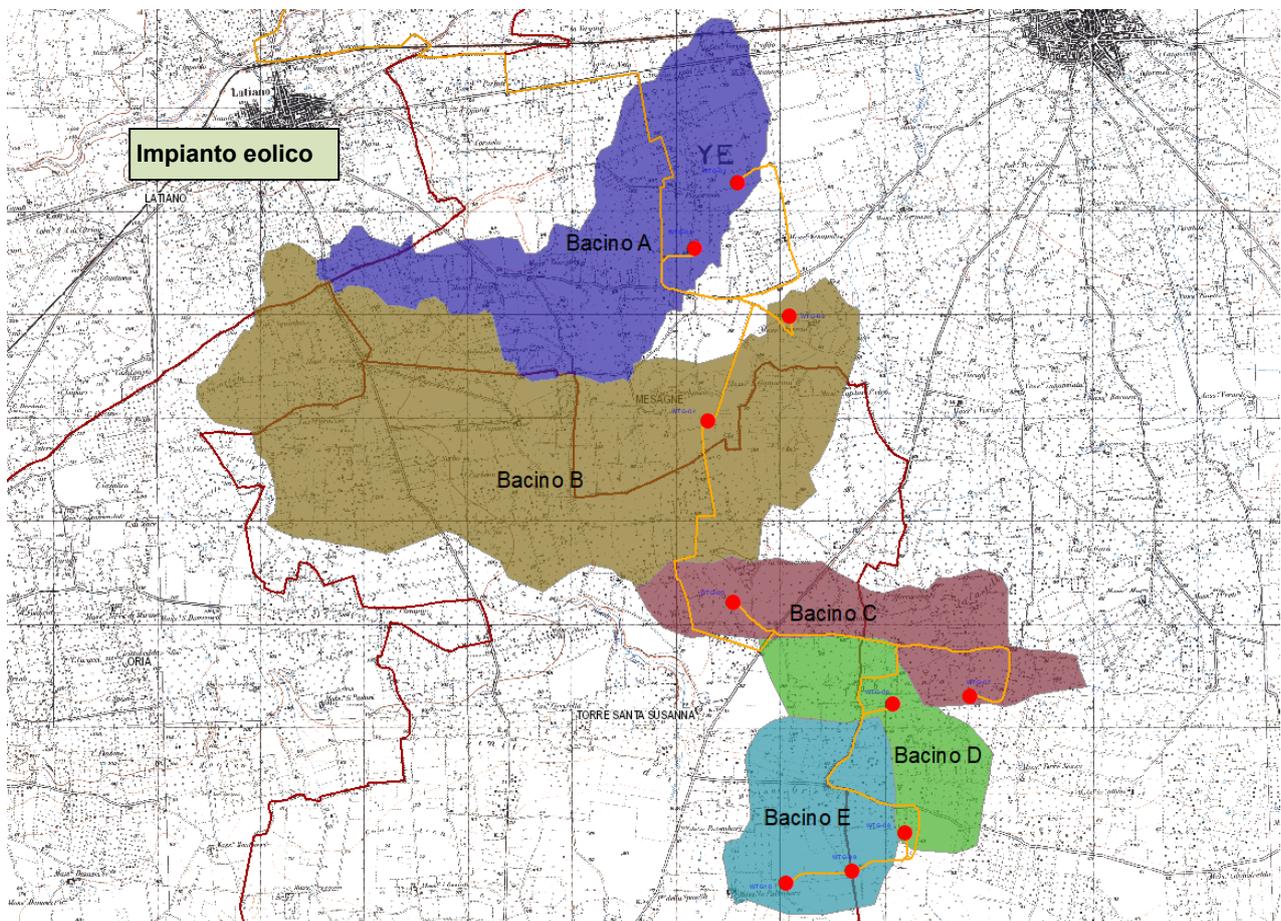


Figura 5: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000

I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici sono indicati in tabella:

Bacino idrografico	Superficie	Lungh. asta principale	H massima del bacino	H minima del bacino	H media del bacino	H monte dell'asta principale	H media dell'asta principale	Pendenza media bacino	Pendenza media dell'asta principale
	S [km ²]	L [m]	H _{max} [m]	H _{min} [m]	H	H _m [m]	H _a [m]	i _m [%]	i _a [%]
A	5.90	3198.00	106.02	73.66	91.61	90.76	82.21	0.61%	0.62%
B	12.51	6061.00	110.37	80.23	97.52	101.64	90.94	0.58%	0.45%
C	3.13	2473.00	99.85	79.75	89.66	88.26	84.01	0.55%	0.45%
D	2.17	1888.00	94.77	63.90	82.94	87.95	75.93	0.95%	1.36%
E	2.63	2139.00	91.36	60.83	73.32	71.31	66.07	1.15%	0.62%

Tabella 2 : Parametri geomorfologici dei bacini idrografici

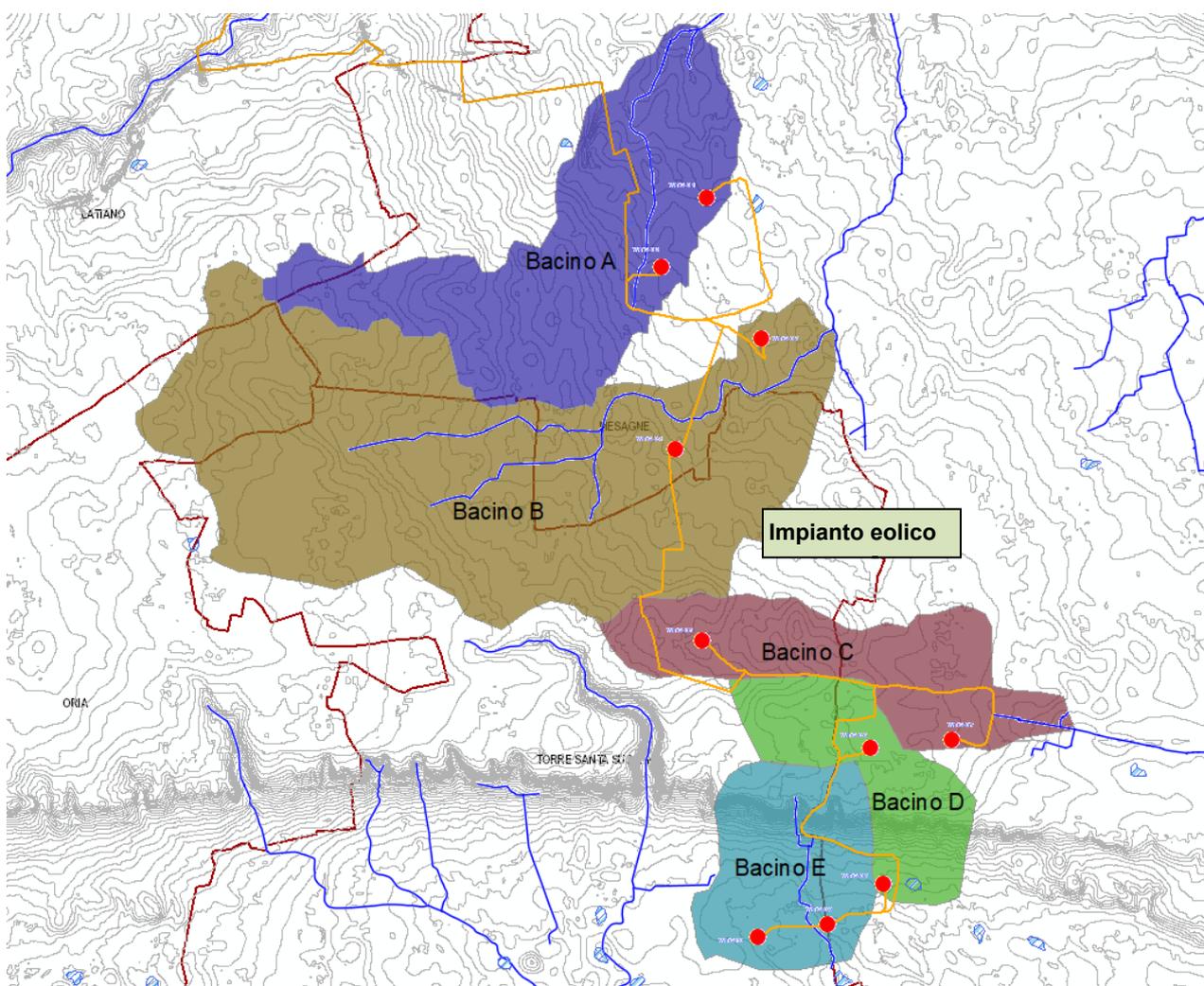


Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 1 m).

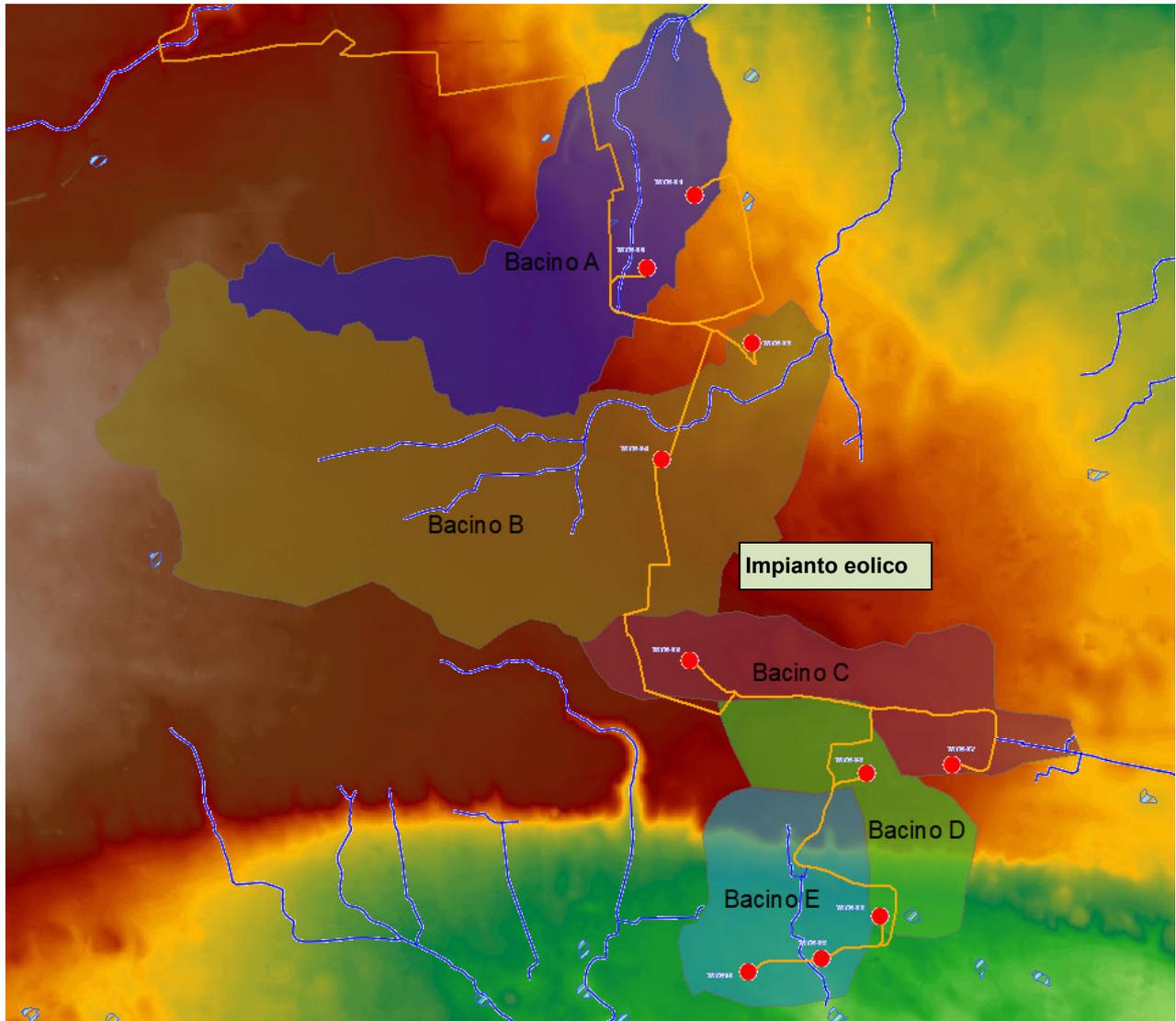


Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici su DTM.

4 STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI

Lo studio idrologico dei bacini è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica, come desunte dalle misure di precipitazione massime orarie riportate negli Annali Idrologici relative alle stazioni pluviometriche di San Pancrazio Salentino e Latiano (BR).

Come si è già detto nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, la valutazione di dette curve è stata condotta secondo due distinti approcci:

- Il metodo VAPI elaborato dal Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'**Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale** (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, 2001),
- Il metodo classico di Gumbel, verificando l'adattabilità della serie campionaria alla relativa distribuzione di probabilità dei valori estremi.

Le elaborazioni effettuate per giungere alla determinazione delle equazioni delle curve sono puntualmente descritte nei paragrafi che seguono, mentre si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto trattasi di procedura ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

I valori dei tempi di ritorno (T_R) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono 1, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 e 500 anni.

4.1 CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA (METODO VAPI)

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota 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.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati: alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

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 sigla 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. In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione del territorio pugliese centro-meridionale, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I.I., le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.

Le osservazioni pluviometriche, utilizzate per la regionalizzazione, interessano il periodo dal 1960 al 2000 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. Le serie sono variabili da un minimo di 19 ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, tutte appartenenti alla Puglia centro-meridionale.

Come si è detto, 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.

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^* . 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.

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	θ^*	Λ^*	Λ_1
Puglia centro meridionale	2.121	0.353	17.55

Tabella 3 : Parametri d'interesse.

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 T_R e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno T_R ed è definito dal rapporto seguente:

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

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 T_R 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 T_R 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:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R \quad (1)$$

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

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R \quad (2)$$

anche se va rimarcato come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per $T < 50$ anni e superiori al 5% per $T < 100$ anni.

I valori di K_T utilizzati nel caso in esame sono riportati nella tabella seguente:

Tempo di ritorno (anni)	1	5	10	20	30	50	100	200	500
K(T) Zona 1-2-3-4	0.565	1.233	1.520	1.808	1.976	2.188	2.476	2.764	3.144
K(T) Zona 5-6	0.160	0.991	1.349	1.707	1.917	2.181	2.539	2.897	3.370

Tabella 4 : Valori di K_T al variare della zona e del tempo di ritorno.

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:

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

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

Il VAPI individua le seguenti zone di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, 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:

ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+ln\alpha-ln a)/ln 24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

Tabella 5 : Correlazione tra $\mu(X_g)$ e la durata di precipitazione.

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

- nell'area centro-meridionale della Puglia, 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, nelle quali la struttura dell'equazione della curva di pioggia è identica a quella delle zone 1 e 3.

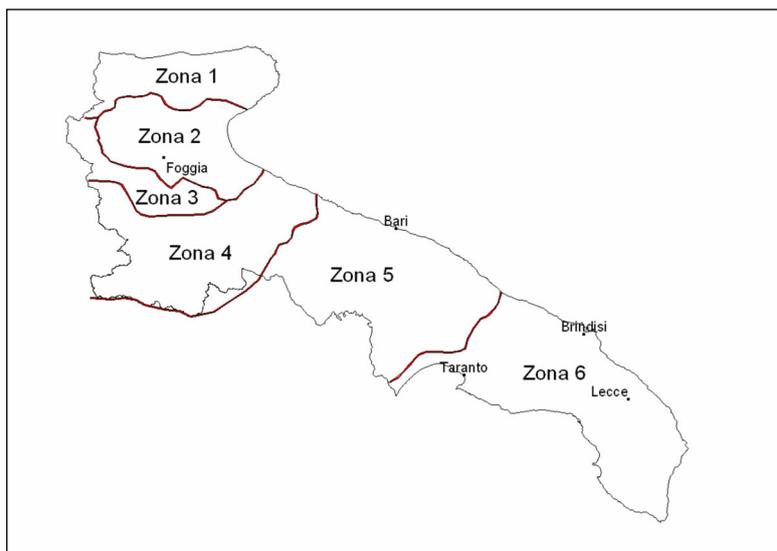


Figura 8: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

ZONA 1	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+ln\alpha-ln a)/ln 24}$
---------------	--

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

$$\mu(X_d) = ad^{(Ch+D+ln\alpha-ln a)/ln 24} \quad (3)$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie con $N \geq 10$ anni 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 e 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, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire:

Zona	α	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Tabella 6 : Coefficienti del 3° livello di regionalizzazione.

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

$$h = K_T \cdot \mu(X_d) \quad (4)$$

L'area d'intervento si trova nella Puglia meridionale e, in particolare, nella zona 5 (cfr. figura seguente). Quindi per la determinazione delle curve di possibilità climatica si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della *Tabella 6* relativi alla zona 6 ottenendo così le curve di possibilità climatica relative alla zona di interesse.

$$\mu(X_d) = 33,70 \cdot t^{[(0,488+0,0022 \cdot z)/3,178]} \quad (5)$$

dove z è il parametro geomorfologico della quota assoluta sul livello del mare (espressa in metri).

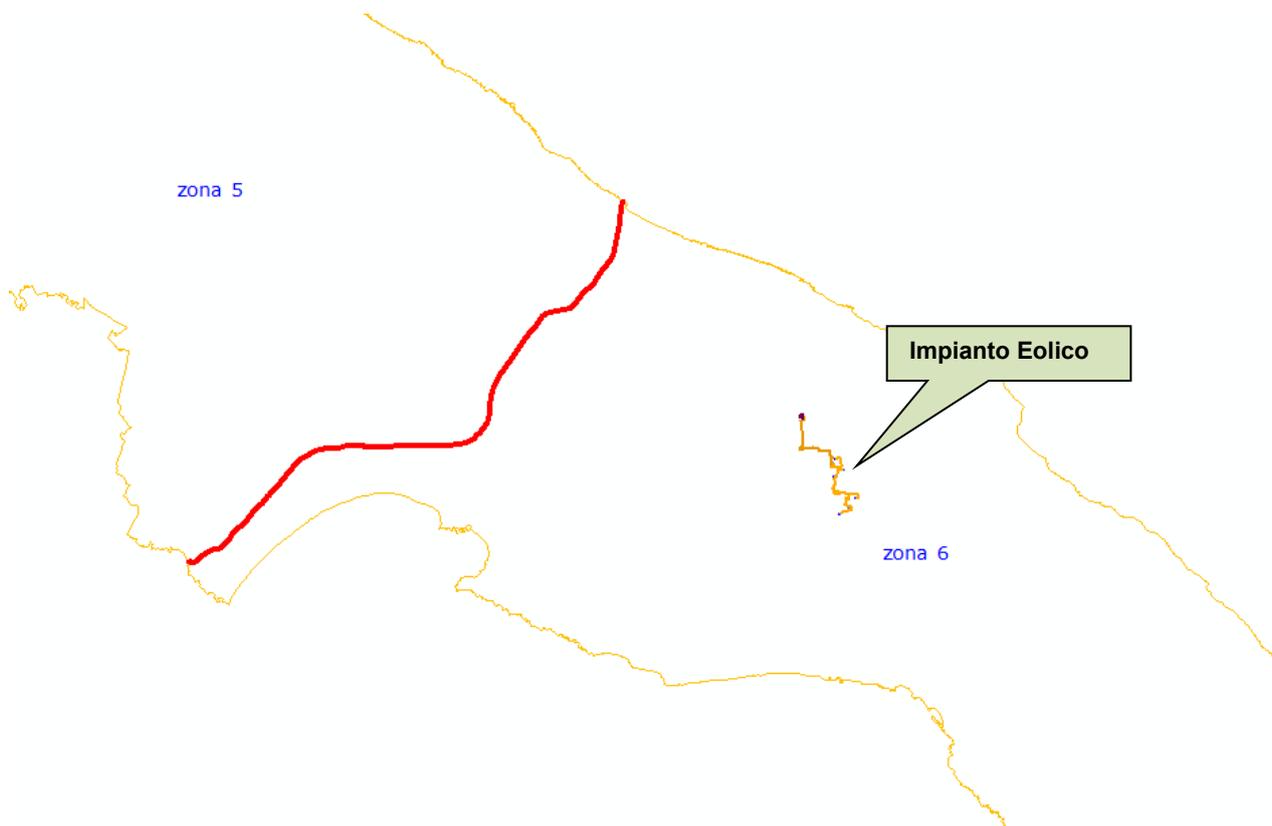


Figura 9: Individuazione della zona del VAPI in cui ricadono i bacini idrografici.

Nelle tabelle che seguono si riportano i valori dei parametri a ed n (Tabella 7) le altezze di pioggia ricavate dalla (4) e (5) (Tabella 8), rappresentate graficamente in Figura 10.

T [anni]	a [mm/ore ⁿ]	n [-]
1	11.74	0.216
5	33.41	0.216
10	45.48	0.216
20	57.54	0.216
30	64.60	0.216
50	73.49	0.216
100	85.56	0.216
200	97.63	0.216
500	113.58	0.216

Tabella 7 : Parametri del VAPI ottenuti per diversi tempi di ritorno.

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	11.74	14.88	17.28	20.07	23.31
5	33.41	42.35	49.18	57.12	66.34
10	45.48	57.65	66.95	77.75	90.30
20	57.54	72.94	84.72	98.39	114.27
30	64.60	81.89	95.11	110.46	128.28
50	73.49	93.16	108.20	125.66	145.94
100	85.56	108.46	125.97	146.30	169.91
200	97.63	123.76	143.73	166.93	193.87
500	113.58	143.98	167.22	194.20	225.55

Tabella 8 : Distribuzione probabilistica: VAPI - Altezze di pioggia (mm).

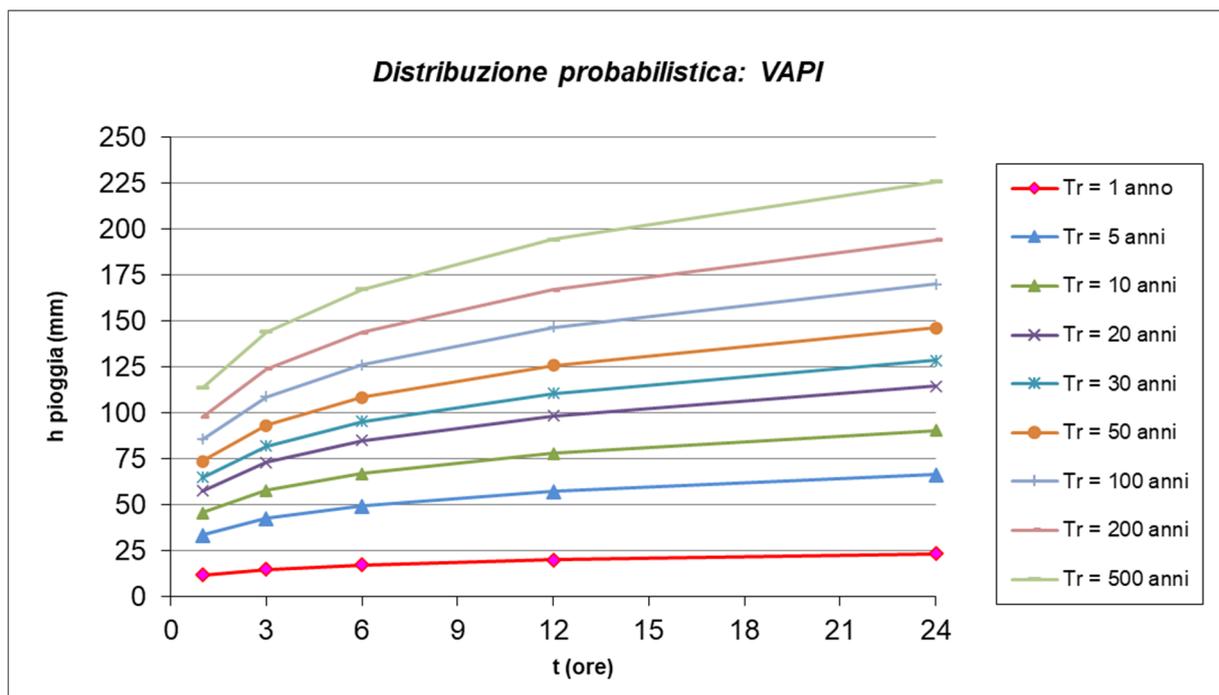


Figura 10: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.

4.2 CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA METODO DI GUMBEL

Per la determinazione delle curve di possibilità climatiche con il metodo di Gumbel si è fatto riferimento alle stazioni pluviometriche che interessano i bacini idrografici di interesse. Essi ricadono all'interno dei due topoieti distinti. In particolare, i bacini idrografici A e B e C ricadono interamente nella stazione pluviometrica di Latiano, mentre i bacini idrografici C, D e E ricadono sia nella stazione pluviometrica di Latiano che di San Pancrazio Salentino.

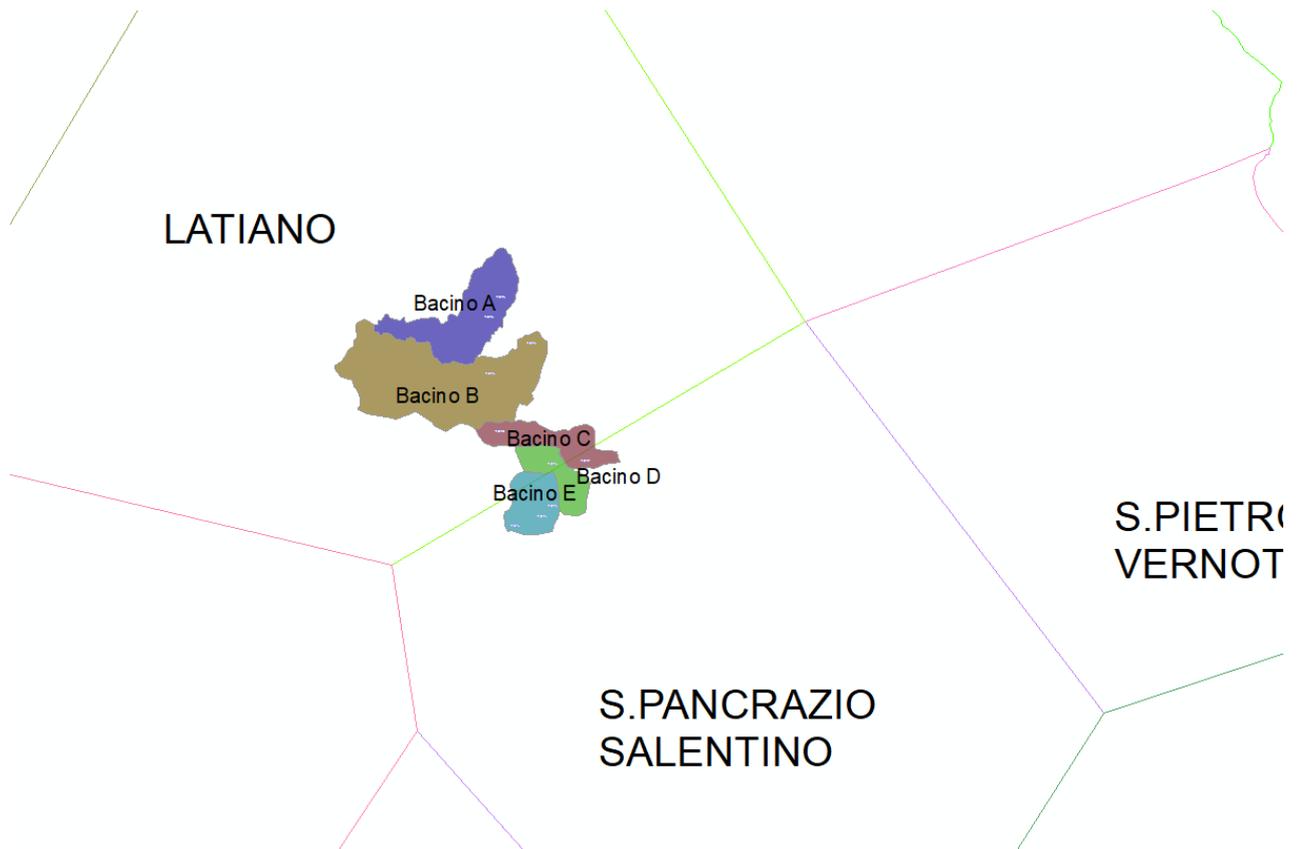


Figura 11: Individuazione dei topoieti delle stazioni pluviometriche in cui ricadono i bacini idrografici.

Nella tabella seguente si riporta la serie di eventi pluviometrici della stazione pluviometrica di San Pancrazio Salentino e Latiano.

Stazione di:	LATIANO				
	durate [ore]				
anni	1	3	6	12	24
1958	30.2	49.4	51.8	72.0	96.4
1959	20.4	23.2	32.0	37.0	60.2
1960	35.2	40.8	63.6	102.8	130.4
1962	47.0	47.8	50.2	50.4	52.0
1963	44.0	56.4	56.6	58.4	72.4
1964	52.6	52.6	52.6	52.6	63.6
1965	14.8	18.4	19.6	35.0	52.6
1966	37.0	46.6	50.6	51.4	52.6
1967	22.0	24.8	36.0	40.6	40.6
1968	38.4	40.6	50.6	60.2	62.8
1969	32.8	44.4	62.6	75.0	106.0
1970	42.8	55.6	78.8	147.0	183.6
1971	24.0	40.0	40.8	42.8	47.2
1972	36.8	42.0	42.4	60.0	66.2
1973	25.6	31.0	31.6	39.6	48.0
1975	19.2	37.8	43.2	46.6	46.8
1976	25.8	37.4	48.4	67.8	98.0
1977	27.2	31.6	40.8	41.0	41.6
1978	16.8	19.0	24.8	34.0	35.6
1979	16.8	16.8	26.0	41.8	76.4
1980	29.6	33.4	40.4	58.2	63.6
1981	14.4	20.2	21.8	23.4	29.0
1983	>>	>>	>>	>>	72.6
1984	17.6	24.4	33.6	33.8	34.2
1986	12.2	16.2	16.6	25.6	36.0
1987	30.4	30.4	37.8	48.0	54.8
1988	37.0	44.0	52.4	61.2	64.8
1989	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
1990	21.2	22.0	33.0	43.8	54.6
1991	18.0	43.6	60.6	68.0	68.2
1992	29.0	38.4	55.6	57.0	59.2
1993	22.2	29.2	33.0	42.2	42.2
1995	28.6	38.0	42.6	59.4	109.0
1996	27.0	46.4	48.8	74.6	91.6
1997	22.8	44.4	74.4	78.0	90.4
1998	42.6	44.0	44.4	45.4	70.6
1999	45.4	46.4	46.4	46.4	55.8
2000	20.4	38.2	53.2	79.2	102.0
2001	26.6	32.6	45.6	47.0	51.4
2002	33.6	33.6	33.6	37.8	41.0
2003	31.0	56.2	95.0	136.2	138.4
2004	35.2	49.2	59.8	68.4	77.0
2005	/	/	/	/	/
2006	25.0	38.0	44.4	60.4	101.2
2007	61.8	66.2	70.0	70.2	74.4
2008	22.8	37.2	46.8	61.4	87.0
2009	43.4	43.4	43.4	44.2	65.2
2010	32.4	64.4	79.4	96.6	102.2
2011	33.2	45.0	48.2	51.6	65.6

Stazione di:	LATIANO				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
2012	24.2	44.0	53.4	74.4	74.6
2013	30.8	43.4	55.0	60.6	67.6
2014	37.0	37.0	37.0	37.0	38.0
2015	45.8	49.4	50.4	61.4	65.4
2016	25.6	31.0	39.0	52.4	58.0
2017	24.8	30.0	35.6	36.6	47.8
2018	45.8	72.6	84.2	92.8	111.8
2019	36.6	39.2	39.2	44.8	53.0
2020	26.6	39.0	46.6	48.4	48.4

Tabella 9 : Serie degli eventi pluviometrici – stazione di Latiano.

Stazione di:	SAN PANCRAZIO				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1957	40.2	69.0	77.2	96.0	103.0
1958	26.4	32.8	41.2	53.8	61.0
1960	57.0	82.0	110.4	143.0	175.0
1962	30.4	32.0	37.0	38.0	58.6
1963	36.4	39.4	39.6	49.6	53.2
1964	34.2	45.4	46.0	63.4	80.4
1965	11.0	17.2	19.2	32.6	44.2
1967	32.4	32.4	32.4	32.4	37.4
1968	47.8	98.2	104.0	105.0	105.0
1969	45.2	51.2	55.2	58.8	76.0
1970	45.0	52.8	56.4	56.4	74.2
1972	31.4	50.0	80.0	97.6	120.8
1973	23.0	29.4	41.0	52.4	59.2
1974	60.0	62.2	65.0	65.4	75.6
1975	53.4	82.0	82.0	82.0	82.0
1976	17.2	36.6	61.0	86.0	110.4
1977	41.6	43.6	45.4	46.6	47.4
1978	30.6	31.2	31.2	40.6	42.2
1979	20.0	20.4	22.2	41.6	79.0
1980	52.0	113.0	123.0	124.2	124.8
1981	57.0	65.6	65.6	73.8	99.0
1982	23.6	27.0	38.8	51.6	66.2
1983	23.0	25.0	36.8	51.4	66.2
1985	33.8	38.0	50.0	58.6	73.4
1987	28.6	48.6	57.4	94.0	94.8
1989	48.8	48.8	48.8	48.8	49.0
1990	>>	>>	>>	41.8	68.8
1991	>>	>>	>>	>>	>>
1992	21.6	33.8	43.2	58.4	61.2
1993	>>	61.2	72.2	72.4	85.2
1994	>>	25.6	32.6	40.0	48.2
1996	45.8	63.2	104.4	139.4	139.8
1997	36.0	64.4	88.0	89.8	91.2
1998	37.4	41.2	41.8	48.2	74.6
1999	72.8	105.4	105.6	105.6	105.6
2000	26.8	40.2	69.8	81.6	92.6
2001	27.2	28.2	28.2	28.6	47.0
2002	39.2	39.2	41.0	41.2	41.2

Stazione di:	SAN PANCRAZIO				
	durate [ore]				
anni	1	3	6	12	24
2003	22.4	33.8	56.0	86.6	91.0
2004	32.6	43.8	49.2	73.8	80.6
2005	62.2	68.8	71.2	71.4	71.8
2006	54.2	67.2	68.4	72.6	85.4
2007	13.8	28.2	45.8	76.0	76.6
2008	28.2	53.6	65.8	74.0	91.4
2009	33.2	51.0	52.0	79.8	84.0
2010	25.4	39.6	64.8	65.0	74.6
2011	23.0	30.2	48.8	69.0	73.2
2012	41.4	43.0	54.4	62.0	62.0
2013	44.0	101	121.4	147.4	149.6
2014	36.8	38.6	38.6	46.2	55.0
2015	24.2	28.8	54.4	61.2	62.2
2016	39.4	50.8	56.8	61.8	72.8
2017	24.0	27.2	30.6	30.6	55.6
2018	48.2	49.8	49.8	49.8	61.2
2019	37.8	38.4	38.4	54.6	59.8
2020	29.8	36.4	36.4	36.4	36.6

Tabella 10 : Serie degli eventi pluviometrici – stazione di San Pancrazio Salentino.

L'elaborazione dei dati pluviometrici secondo le metodologie standard (minimi quadrati), ha condotto alla determinazione dei parametri a ed n della equazione:

$$h = a \times t^n$$

T [anni]	a [mm/ore ⁿ]	n [-]
1	16.10	0.145
5	36.64	0.278
10	42.08	0.288
20	47.31	0.295
30	50.32	0.298
50	54.08	0.302
100	59.16	0.306
200	64.22	0.310
500	70.89	0.313

Tabella 11 : Parametri di Gumbel ottenuti per diversi tempi di ritorno – Stazione Latiano.

T [anni]	a [mm/ore ⁿ]	n [-]
1	14.74	0.206
5	42.60	0.257
10	49.89	0.261
20	56.88	0.264
30	60.90	0.265
50	65.92	0.267
100	72.70	0.268
200	79.45	0.270
500	88.36	0.271

Tabella 12 : Parametri di Gumbel ragguagliati ottenuti per diversi tempi di ritorno – Stazione di Latiano e San Pancrazio Salentino.

Conseguentemente sono state ricavate le altezze di pioggia per i differenti tempi di ritorno e per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	16.10	18.88	20.88	23.09	25.53
5	36.64	49.72	60.28	73.09	88.62
10	42.08	57.74	70.49	86.06	105.07
20	47.31	65.42	80.27	98.49	120.85
30	50.32	69.84	85.90	105.64	129.92
50	54.08	75.37	92.92	114.57	141.26
100	59.16	82.81	102.40	126.61	156.55
200	64.22	90.23	111.83	138.61	171.79
500	70.89	100.02	124.28	154.43	191.89

Tabella 13 : Distribuzione probabilistica: GUMBEL - Altezze di pioggia (mm) — Stazione Latiano.

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	14.74	18.48	21.31	24.57	28.33
5	42.60	56.49	67.50	80.66	96.38
10	49.89	66.45	79.62	95.40	114.31
20	56.88	76.00	91.24	109.55	131.53
30	60.90	81.49	97.93	117.69	141.44
50	65.92	88.36	106.29	127.87	153.83
100	72.70	97.62	117.57	141.60	170.54
200	79.45	106.85	128.81	155.29	187.20
500	88.36	119.03	143.64	173.34	209.19

Tabella 14 : Distribuzione probabilistica: GUMBEL - Altezze di pioggia (mm) — Stazione Latiano e San Pancrazio Salentino.

In (Figura 12) si è riportata la rappresentazione grafica delle curve di possibilità climatica.

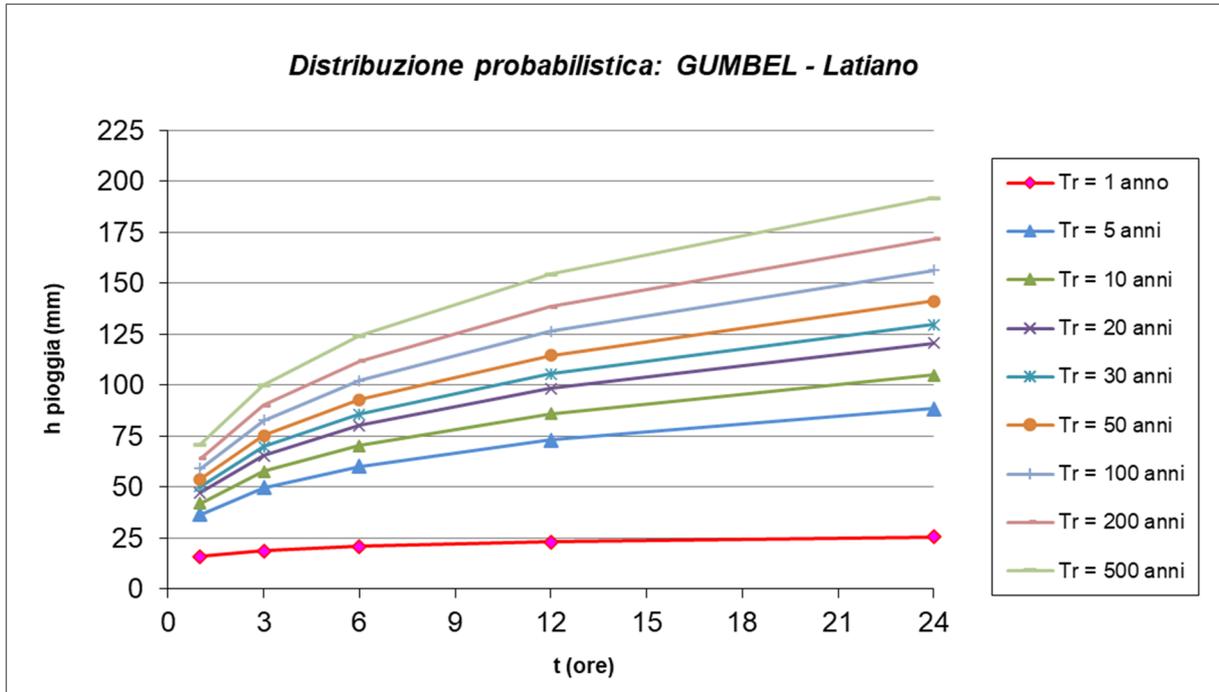


Figura 12: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL— Stazione Latiano.

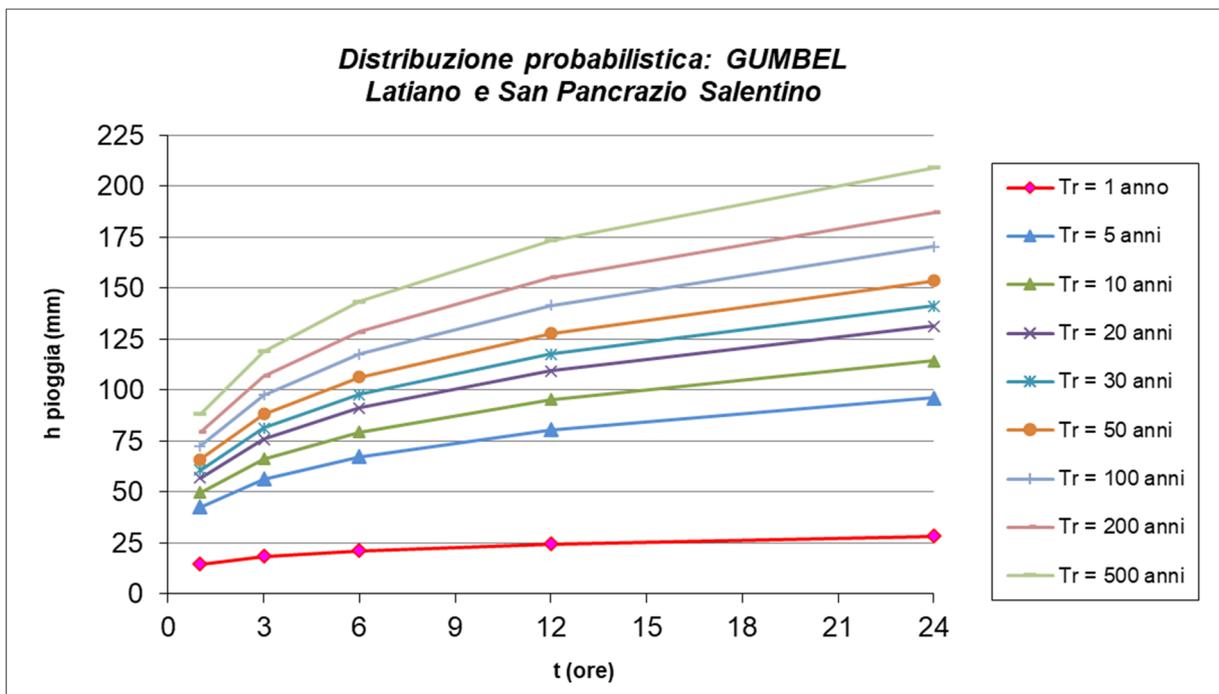


Figura 13: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL— Stazione Latiano e San Pancrazio Salentino.

5 CONCLUSIONI

Nelle tabelle seguenti è riportato il confronto tra le altezze di pioggia ricavate con le due metodologie al variare della durata dell'evento e del tempo di ritorno.

Tr anni	DURATE [ore]									
	1 h		3 h		6 h		12 h		24 h	
	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI
1	16.10	11.74	18.88	14.88	20.88	17.28	23.09	20.07	25.53	23.31
5	36.64	33.41	49.72	42.35	60.28	49.18	73.09	57.12	88.62	66.34
10	42.08	45.48	57.74	57.65	70.49	66.95	86.06	77.75	105.07	90.30
20	47.31	57.54	65.42	72.94	80.27	84.72	98.49	98.39	120.85	114.27
30	50.32	64.60	69.84	81.89	85.90	95.11	105.64	110.46	129.92	128.28
50	54.08	73.49	75.37	93.16	92.92	108.20	114.57	125.66	141.26	145.94
100	59.16	85.56	82.81	108.46	102.40	125.97	126.61	146.30	156.55	169.91
200	64.22	97.63	90.23	123.76	111.83	143.73	138.61	166.93	171.79	193.87
500	70.89	113.58	100.02	143.98	124.28	167.22	154.43	194.20	191.89	225.55

Tabella 15 : Confronto tra le altezze di pioggia ricavate con le due metodologie al variare della durata e del Tempo di Ritorno. In grassetto i valori maggiori per ciascuna delle durate analizzate. STAZIONE LATIANO.

Tr anni	DURATE [ore]									
	1 h		3 h		6 h		12 h		24 h	
	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI	GUMBEL	VAPI
1	14.74	11.74	18.48	14.88	21.31	17.28	24.57	20.07	28.33	23.31
5	42.60	33.41	56.49	42.35	67.50	49.18	80.66	57.12	96.38	66.34
10	49.89	45.48	66.45	57.65	79.62	66.95	95.40	77.75	114.31	90.30
20	56.88	57.54	76.00	72.94	91.24	84.72	109.55	98.39	131.53	114.27
30	60.90	64.60	81.49	81.89	97.93	95.11	117.69	110.46	141.44	128.28
50	65.92	73.49	88.36	93.16	106.29	108.20	127.87	125.66	153.83	145.94
100	72.70	85.56	97.62	108.46	117.57	125.97	141.60	146.30	170.54	169.91
200	79.45	97.63	106.85	123.76	128.81	143.73	155.29	166.93	187.20	193.87
500	88.36	113.58	119.03	143.98	143.64	167.22	173.34	194.20	209.19	225.55

Tabella 16 : Confronto tra le altezze di pioggia ricavate con le due metodologie al variare della durata e del Tempo di Ritorno. In grassetto i valori maggiori per ciascuna delle durate analizzate. STAZIONE LATIANO E SAN PANCRAZIO SALENTINO.

Si osservi come le altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI risultino, rispetto a quelle derivate dall'utilizzo della distribuzione probabilistica di Gumbel, generalmente più elevate per tempi di ritorno maggiore di 25 anni e tempi di corrvazione inferiore a 6 ore. A seguito di ciò nei calcoli idraulici (cfr. relazione Idraulica), si è fatto riferimento alle portate ricavate a partire dalle curve di probabilità pluviometrica costruite con la metodologia VAPI.