

**TITLE:** Relazione Idrologica

**AVAILABLE LANGUAGE:** IT

# “IMPIANTO EOLICO ACQUAVIVA”

## 8PSY7B1\_RelazioneIdrologica RELAZIONE IDROLOGICA



File: GRE.EEC.R.25.IT.W.14622.00.011.00\_RELAZIONE IDROLOGICA.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	14/12/2020	EMISSIONE			

### VALIDATION

COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY
---------------	-------------	--------------

PROJECT / PLANT Impianto Eolico Acquaviva	CODE																			
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT		SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION									
	GRE	EEC	X	2	5	I	T	P	1	4	6	2	2	0	0	0	1	1	0	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) .....	11
4.2	CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA METODO DI GUMBEL.....	18
5	CONCLUSIONI .....	22

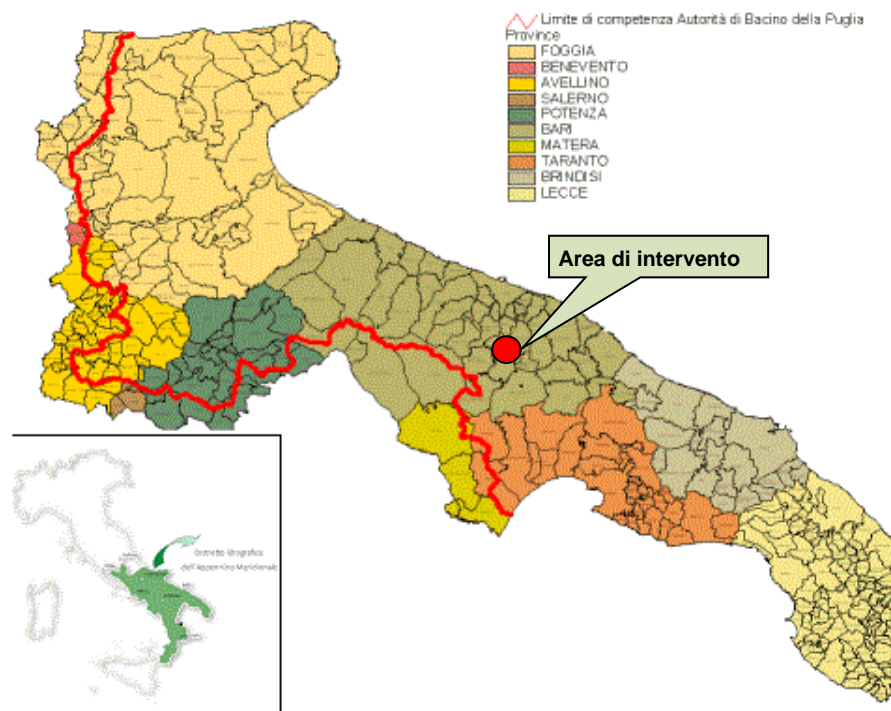
## INDICE DELLE FIGURE

<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> .....	7
<i>Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.</i> .....	7
<i>Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000</i> .....	8
<i>Figura 8: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 5 m).</i> .....	9
<i>Figura 9: Inquadramento dei bacini idrografici su DTM.</i> .....	10
<i>Figura 10: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.</i> .....	15
<i>Figura 11: Individuazione della zona del VAPI in cui ricadono i bacini idrografici.</i> .....	16
<i>Figura 12: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.</i> .....	18
<i>Figura 13: Individuazione dei topoletti delle stazioni pluviometriche in cui ricadono i bacini idrografici.</i> .....	18
<i>Figura 14: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL.</i> .....	21

## 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 Italia Srl", nell'ambito della propria attività imprenditoriale, ha previsto la realizzazione di un parco eolico denominato "Acquaviva" che ricade nell'ambito del territorio amministrato dai Comuni di Acquaviva delle Fonti e Casamassima, in Provincia di Bari. 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 Casamassima.

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 Casamassima;

Alla presente Relazione sono allegati:

- Allegato 1 – Corografia dei bacini idrografici;

## 2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Come si è detto, le aree proposte per la realizzazione del parco eolico in progetto sono ubicate nei territori comunali di Acquaviva delle Fonti e Casamassima a nord della SP125, caratterizzate dalla presenza di coltivi a vigneto, uliveto, frutteto, in una zona prevalentemente pianeggiante.

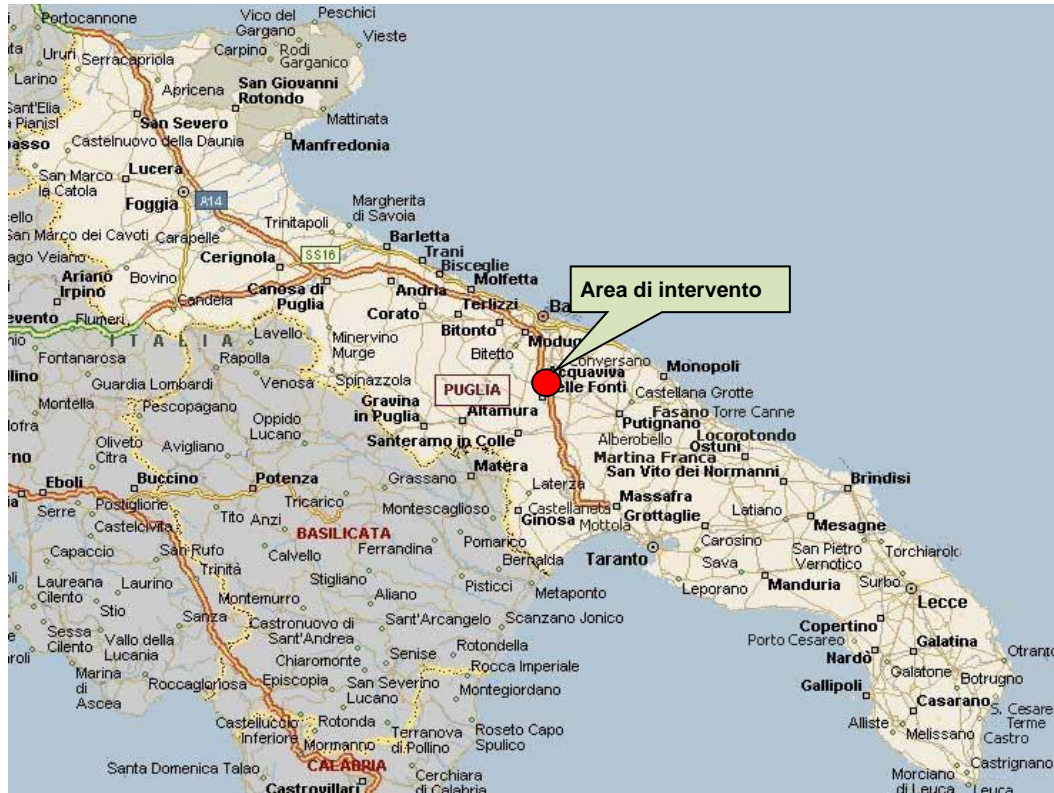
### 2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area di intervento, in cui ricadono le sorgenti, è riportata nel Catasto Terreni dei Comuni di Acquaviva delle Fonti e Casamassima come riportato nella tabella seguente.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			RIFERIMENTI CATASTALI		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLE
1	657871	4533859	ACQUAVIVA	13	107/108
2	659022	4533733	CASAMASSIMA	38	261
3	661379	4532835	CASAMASSIMA	51	181/198
4	657746	4532327	ACQUAVIVA	32	356/357/358
5	659180	4532155	CASAMASSIMA	48	68
6	659883	4532030	CASAMASSIMA	50	6
7	658669	4531389	ACQUAVIVA	38	126-303
9	662367	4531444	CASAMASSIMA	60	73
10	657289	4531091	ACQUAVIVA	37	94/95
11	657941	4530929	ACQUAVIVA	38	170
12	661569	4530860	CASAMASSIMA	58	37
13	659503	4530447	CASAMASSIMA	57	284/285/125
14	660806	4530338	CASAMASSIMA	57	364
15	660225	4530237	CASAMASSIMA	57	526
16	658889	4530048	ACQUAVIVA	43	56

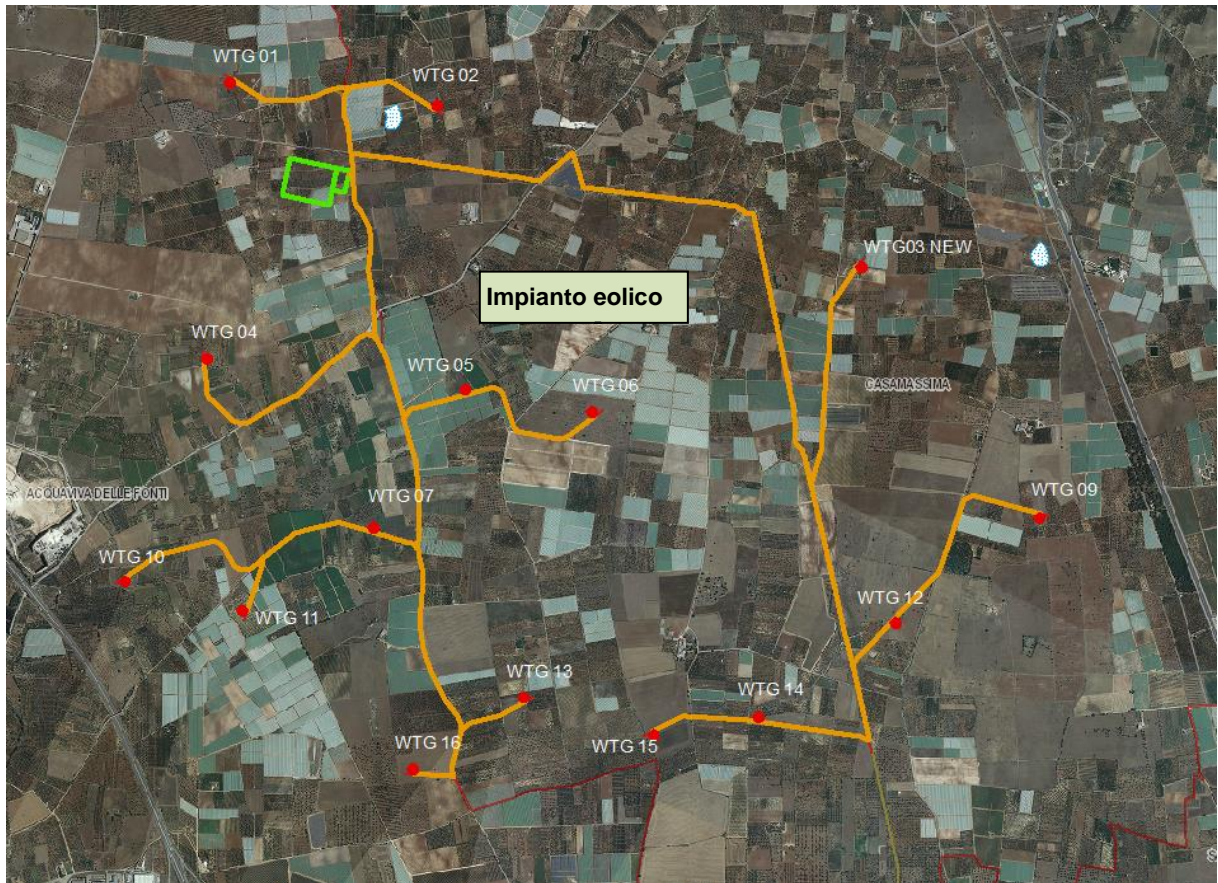
**Tabella 1: Elenco delle sorgenti**

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 dal porto di Taranto (TA), tramite la SS7 sino allo svincolo E843/A14 per Bari fino all'uscita per Acquaviva delle Fonti, dalla quale si imbocca la SP125 e, dopo circa 2 km, si giunge al possibile ingresso dell'area d'impianto. come riportato nell'immagine che segue, per un percorso di circa 67 km.

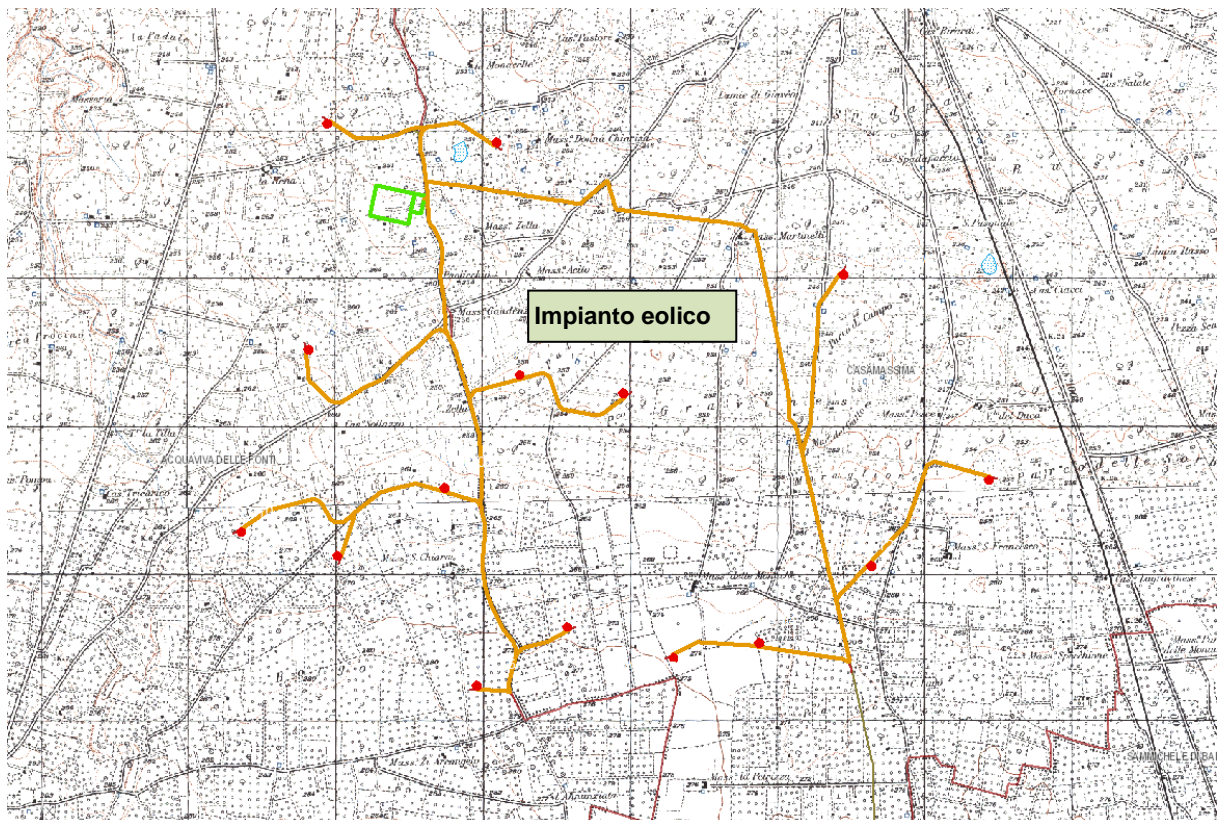


**Figura 2: Inquadramento regionale**





**Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto**



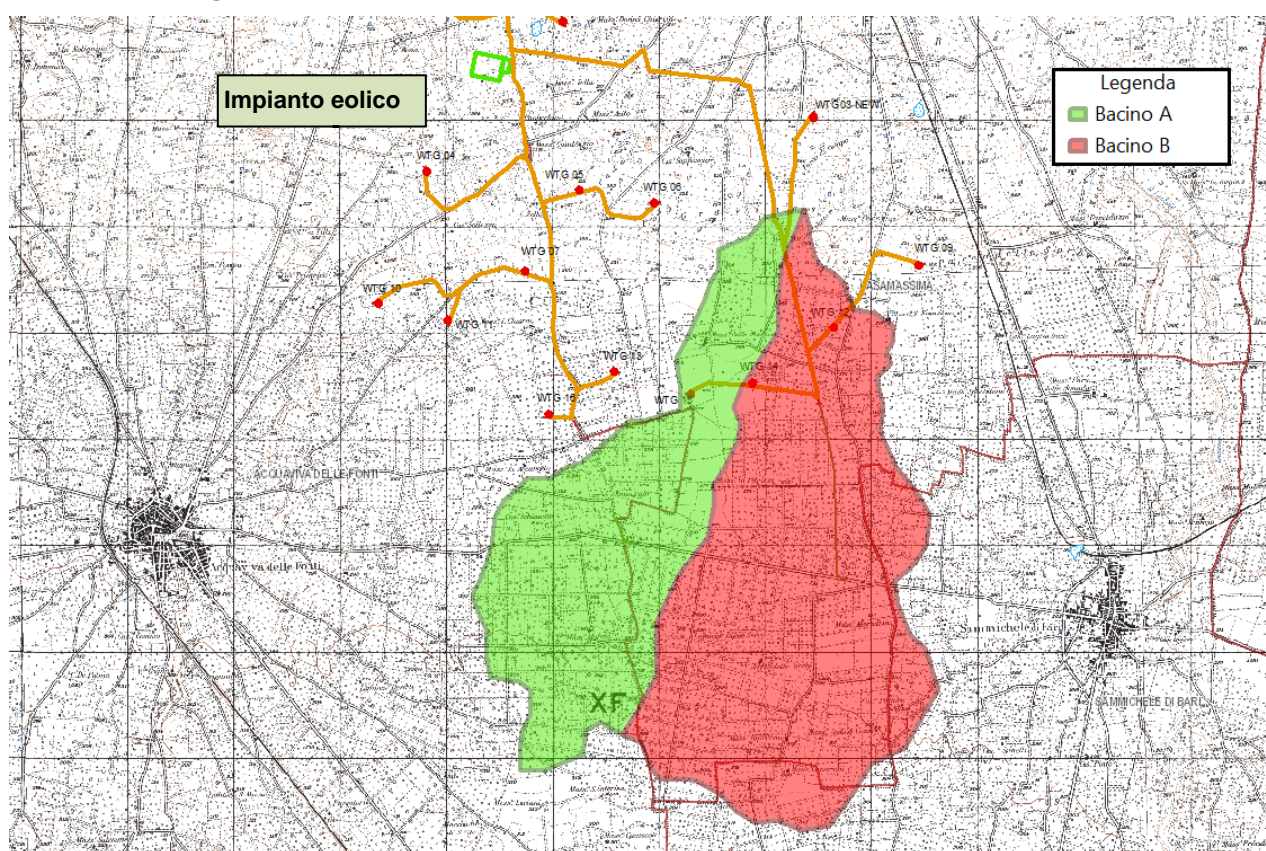
**Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.000.**



### 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 due bacini idrografici le cui sezioni di chiusura sono prossime alle aree di interesse. Questi si sviluppano nel territorio comunale di Acquaviva delle Fonti, Casamassima e Sammichele di Bari, all'interno del foglio 455 della cartografia I.G.M. 25.000.



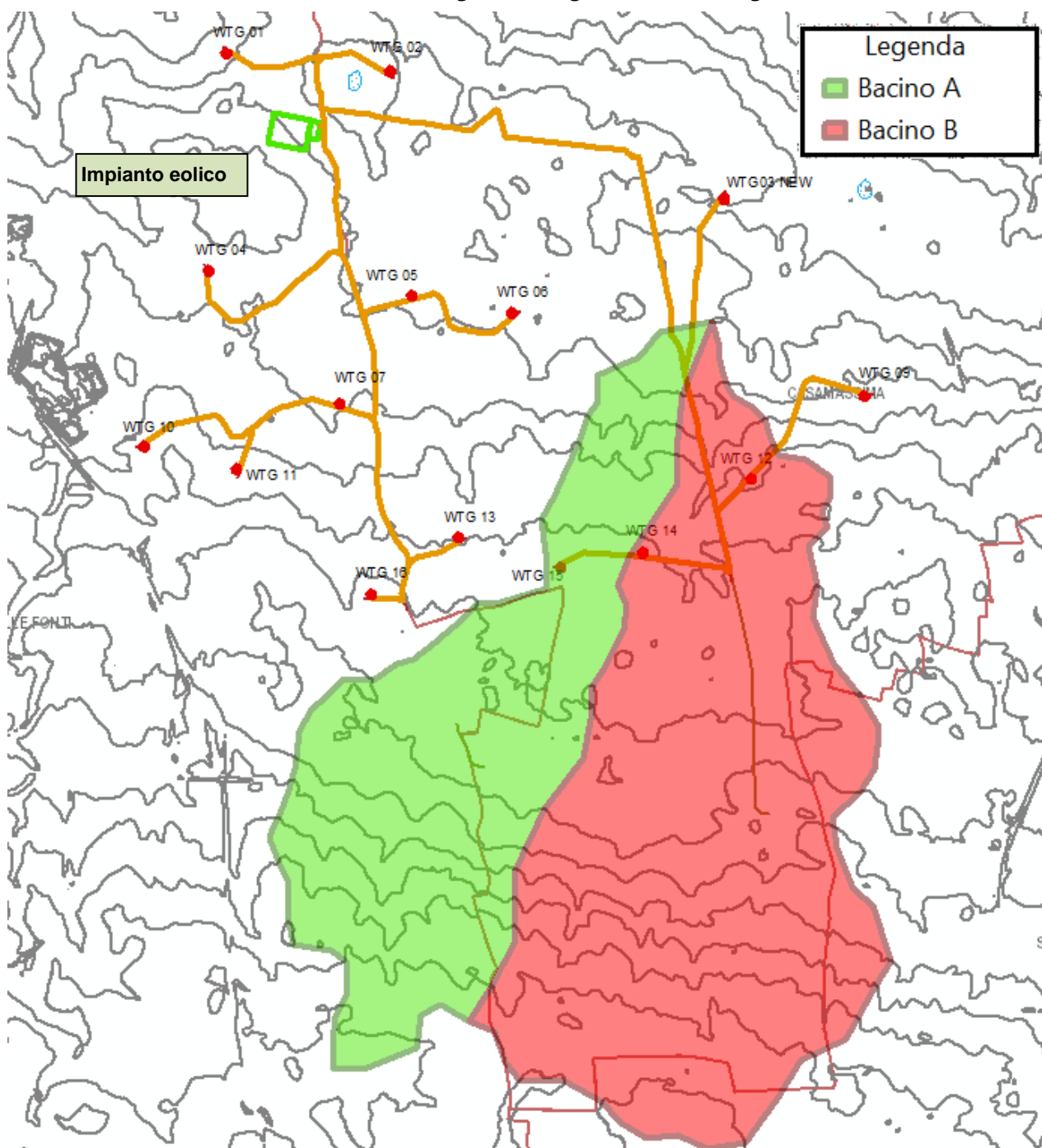
**Figura 5: Inquadramento dei bacini idrografici su carta IGM 1:25.000**



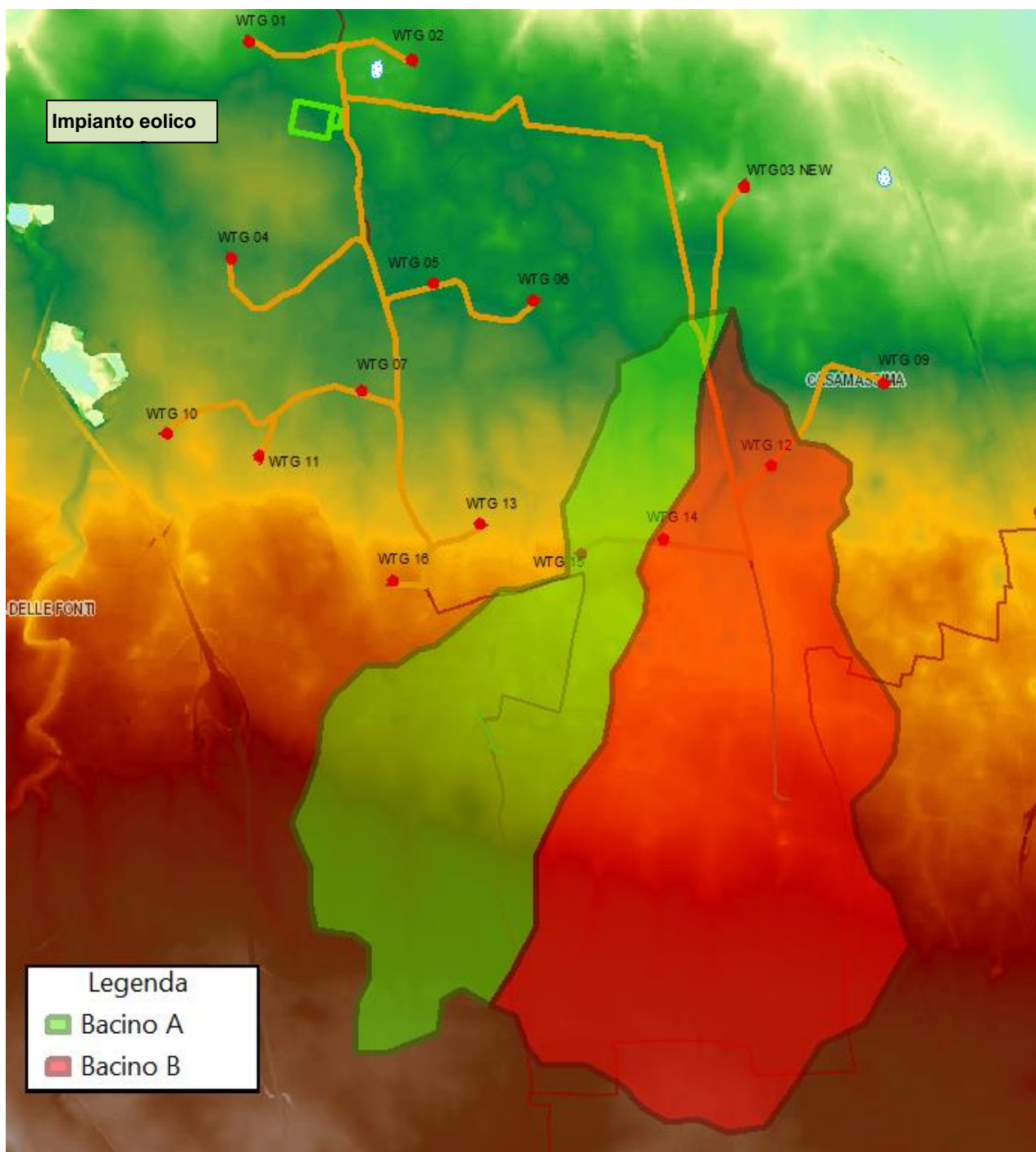
I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici sono indicati in Tabella 2:

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 <sup>2</sup> ]	L [m]	H <sub>max</sub> [m]	H <sub>min</sub> [m]	H	H <sub>m</sub> [m]	H <sub>a</sub> [m]	i <sub>m</sub> [%]	i <sub>a</sub> [%]
A	6.06	5824.70	311.46	249.95	281.92	308.36	279.16	1.13%	1.22%
B	9.37	5575.79	311.97	249.95	283.66	307.42	278.69	1.20%	1.22%

**Tabella 2 : Parametri geomorfologici dei bacini idrografici**



**Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su curve di livello (equidistanza pari a 5 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 pluviografiche di Casamassima (BA).

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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  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  $\Lambda_1$  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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ . 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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ .

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  $\Lambda_1$ . 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.

	$\theta^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$
<b>Puglia centro meridionale</b>	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  $TR$  e indipendente dalla durata.

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

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

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  $TR$  ed il fattore di crescita  $K_{TR}$ , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di  $K_{TR}$  autorizza ad estendere anche alle piogge orarie i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda_1$ , è possibile calcolare la curva di

crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di TR attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

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

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  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 KT 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:

<b>ZONA 1-3</b>	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+lna-lna)/ln24}$
-----------------	---------------------------------------

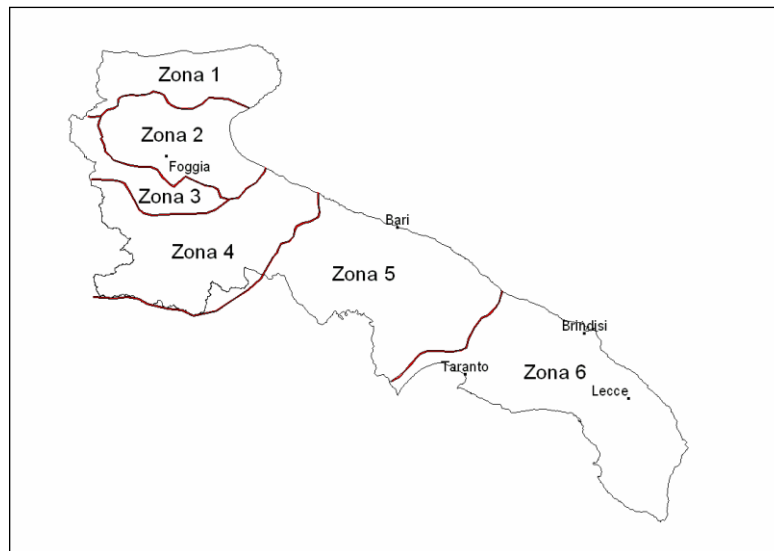


<b>ZONA 2-4</b>	$\mu(h,t)=at^n$

**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.**

<b>ZONA 5-6</b>	$\mu(h,t)= at^{(Ch+D+ln\alpha-ln a)/ln 24}$
-----------------	---

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  $\alpha$  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	a	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.**

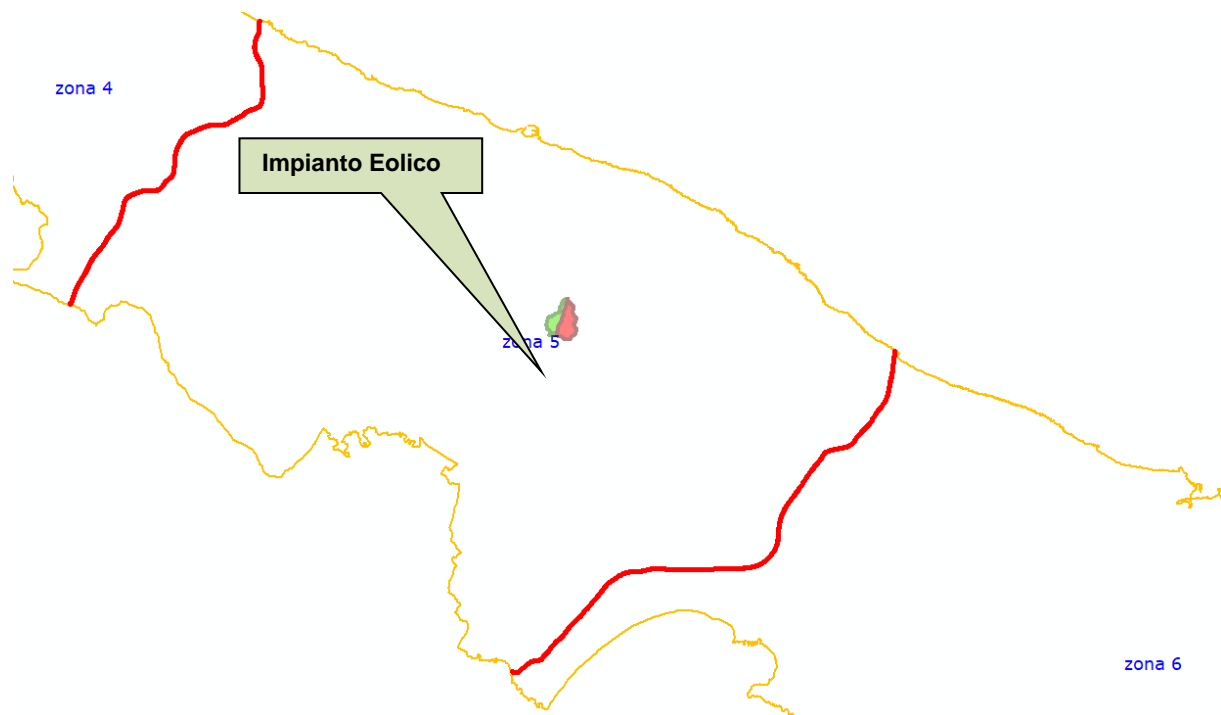
Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita ( $K_T$ ) per la precipitazione media:

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

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 5 ottenendo così le curve di possibilità climatica relative alla zona di interesse.

$$\mu(X_d) = 28,20 \cdot t^{[(0,628+0,0022 \cdot z)/3.178]} \quad (5)$$

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.

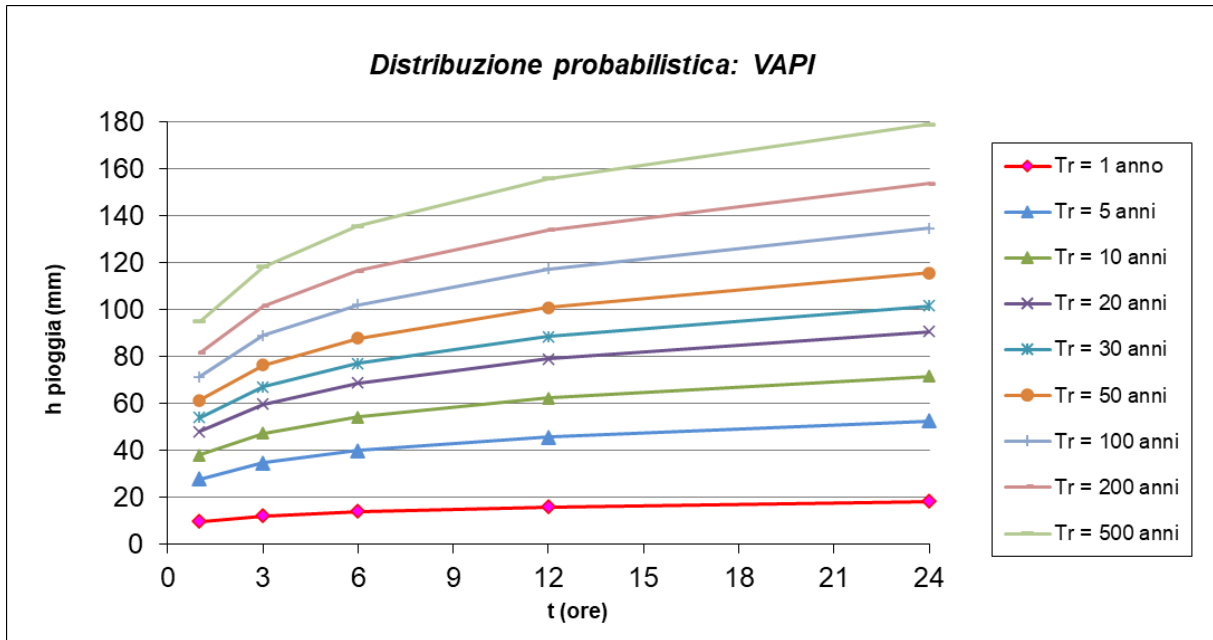
T [anni]	a [mm/ore <sup>n</sup> ]	n [-]
<b>1</b>	9.82	0.199
<b>5</b>	27.96	0.199
<b>10</b>	38.05	0.199
<b>20</b>	48.15	0.199
<b>30</b>	54.06	0.199
<b>50</b>	61.50	0.199
<b>100</b>	71.60	0.199
<b>200</b>	81.70	0.199
<b>500</b>	95.04	0.199

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

Tr anni	h				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
<b>1</b>	9.82	12.23	14.04	16.12	18.51
<b>5</b>	27.96	34.80	39.96	45.88	52.68
<b>10</b>	38.05	47.37	54.39	62.45	71.71
<b>20</b>	48.15	59.94	68.83	79.03	90.74
<b>30</b>	54.06	67.30	77.27	88.72	101.87
<b>50</b>	61.50	76.56	87.91	100.93	115.89
<b>100</b>	71.60	89.13	102.34	117.51	134.92
<b>200</b>	81.70	101.70	116.77	134.08	153.95
<b>500</b>	95.04	118.32	135.85	155.99	179.10

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

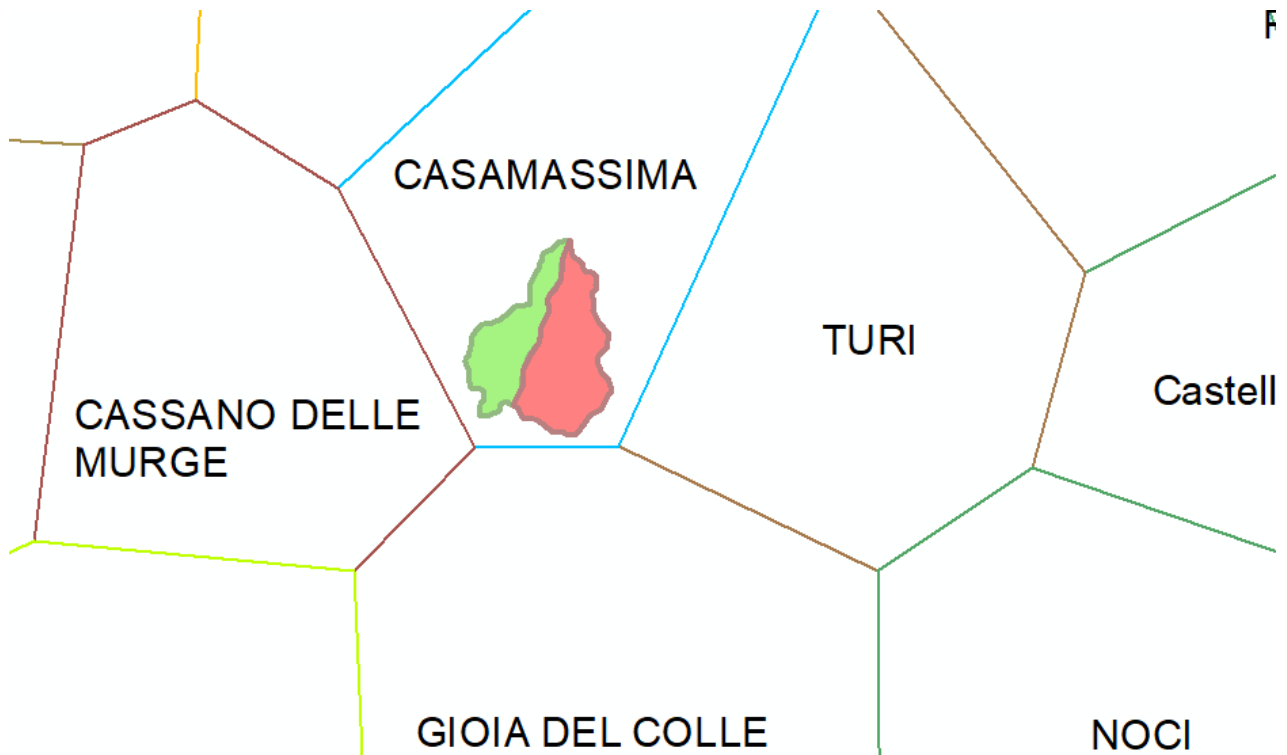




**Figura 10: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.**

#### 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 del topoieto delle stazioni pluviometriche di Casamassima.



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

Nella tabella seguente si riporta la serie di eventi pluviometrici della stazione pluviometrica di Casamassima.

Stazione di:	CASAMASSIMA				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1961	21.8	22.8	26.8	31.8	31.8
1962	34.0	38.8	38.8	43.4	72.2
1964	20.2	25.8	39.6	65.0	97.8
1965	17.8	29.2	38.0	56.8	85.6
1966	58.8	76.4	77.0	80.0	93.2
1967	30.8	36.8	36.8	36.8	39.2
1968	18.8	33.6	37.6	38.6	61.6
1969	18.2	34.4	35.4	55.0	68.6
1971	21.2	23.0	29.2	29.2	47.6
1973	46.0	89.0	91.0	95.4	105.2
1974	>>	40.2	53.2	61.4	61.8
1975	19.0	19.0	22.2	35.6	50.2
1976	24.0	37.6	40.6	43.4	48.2
1977	28.8	40.0	59.0	65.4	78.8
1979	29.2	29.2	29.2	30.6	49.0
1980	15.6	25.6	43.0	60.0	63.0
1981	18.6	19.2	19.4	34.6	45.0
1982	22.6	29.4	40.0	44.4	54.6
1983	23.6	27.4	32.0	57.0	84.0
1984	30.2	49.8	50.4	73.0	82.8
1985	24.2	27.0	27.4	30.2	46.6
1986	19.4	22.2	26.4	44.6	47.8
1987	18.4	29.8	40.0	58.2	86.0
1988	18.4	22.0	36.6	45.0	45.6
1989	16.8	16.8	16.8	16.8	20.8
1990	12.2	19.8	33.0	55.8	86.2
1992	30.4	31.0	39.4	41.2	45.2
1993	25.0	25.0	25.0	25.0	32.2
1995	>>	>>	>>	44.0	71.4
1996	32.0	39.0	40.0	55.4	59.8
1997	>>	>>	>>	36.6	54.8
1998	27.8	34.4	37.4	58.8	84.8
1999	21.8	44.4	62.4	63.6	67.6
2000	38.8	39.2	39.6	50.0	69.6
2001	11.0	15.2	26.0	42.2	51.8
2002	23.8	30.0	38.2	39.2	63.0
2003	21.8	31.6	34.8	54.0	61.0
2004	36.2	45.8	59.2	62.8	64.6
2005	18.2	50.6	76.6	78.4	81.6

Stazione di:	CASAMASSIMA				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
2006	24.4	33.6	39.6	68.6	75.4
2007	35.0	65.6	66.0	66.8	83.4
2008	31.2	32.0	32.2	37.0	39.4
2009	13.4	21.4	34.2	45.4	48.6
2010	30.6	40.0	50.6	51.0	52.6

**Tabella 9 : Serie degli eventi pluviometrici – stazione di Casamassima.**

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 <sup>n</sup> ]	n [-]
1	19.00	0.305
5	32.39	0.269
10	38.41	0.260
20	44.19	0.254
30	47.52	0.251
50	51.68	0.247
100	57.29	0.243
200	62.89	0.240
500	70.26	0.237

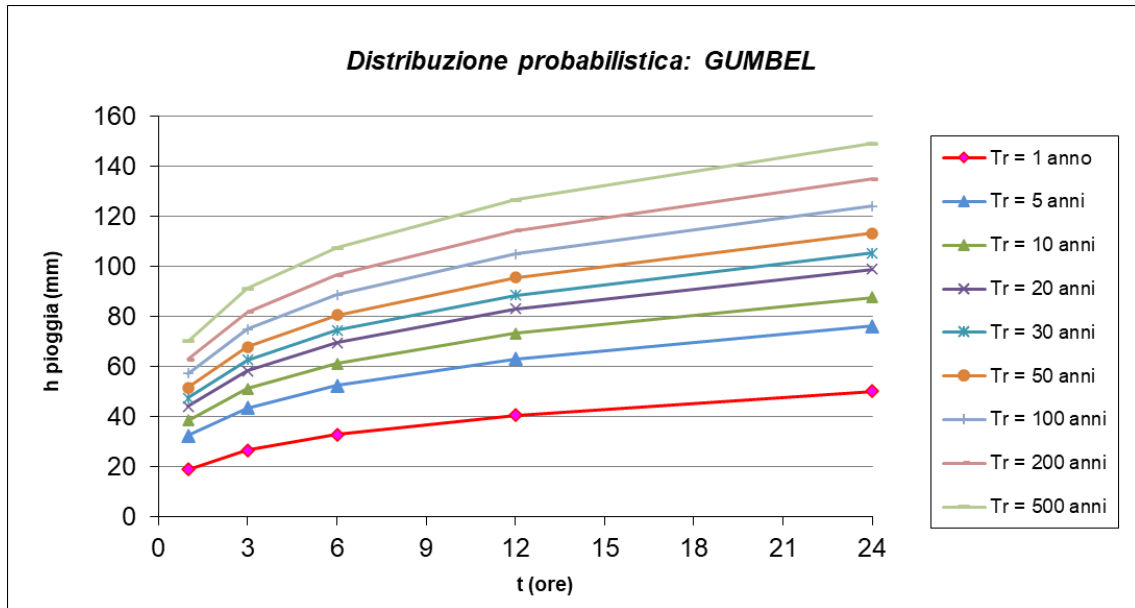
**Tabella 10 : Parametri di Gumbel ottenuti per diversi tempi di ritorno.**

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	19.00	26.57	32.84	40.57	50.14
5	32.39	43.52	52.44	63.18	76.13
10	38.41	51.12	61.21	73.30	87.78
20	44.19	58.39	69.62	83.00	98.95
30	47.52	62.58	74.45	88.57	105.37
50	51.68	67.81	80.49	95.53	113.39
100	57.29	74.86	88.63	104.92	124.22
200	62.89	81.89	96.74	114.28	135.00
500	70.26	91.16	107.43	126.61	149.22

**Tabella 11 : Distribuzione probabilistica: GUMBEL - Altezze di pioggia (mm)**

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



**Figura 12: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL.**



## 5 CONCLUSIONI

Nella Tabella 12 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
<b>1</b>	<b>19.00</b>	9.82	<b>26.57</b>	12.23	<b>32.84</b>	14.04	<b>40.57</b>	16.12	<b>50.14</b>	18.51
<b>5</b>	<b>32.39</b>	27.96	<b>43.52</b>	34.80	<b>52.44</b>	39.96	<b>63.18</b>	45.88	<b>76.13</b>	52.68
<b>10</b>	<b>38.41</b>	38.05	<b>51.12</b>	47.37	<b>61.21</b>	54.39	<b>73.30</b>	62.45	<b>87.78</b>	71.71
<b>20</b>	44.19	<b>48.15</b>	58.39	<b>59.94</b>	<b>69.62</b>	68.83	<b>83.00</b>	79.03	<b>98.95</b>	90.74
<b>30</b>	47.52	<b>54.06</b>	62.58	<b>67.30</b>	74.45	<b>77.27</b>	88.57	<b>88.72</b>	<b>105.37</b>	101.87
<b>50</b>	51.68	<b>61.50</b>	67.81	<b>76.56</b>	80.49	<b>87.91</b>	95.53	<b>100.93</b>	113.39	<b>115.89</b>
<b>100</b>	57.29	<b>71.60</b>	74.86	<b>89.13</b>	88.63	<b>102.34</b>	104.92	<b>117.51</b>	124.22	<b>134.92</b>
<b>200</b>	62.89	<b>81.70</b>	81.89	<b>101.70</b>	96.74	<b>116.77</b>	114.28	<b>134.08</b>	135.00	<b>153.95</b>
<b>500</b>	70.26	<b>95.04</b>	91.16	<b>118.32</b>	107.43	<b>135.85</b>	126.61	<b>155.99</b>	149.22	<b>179.10</b>

**Tabella 12 : 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**

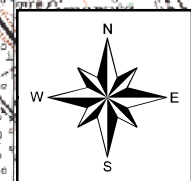
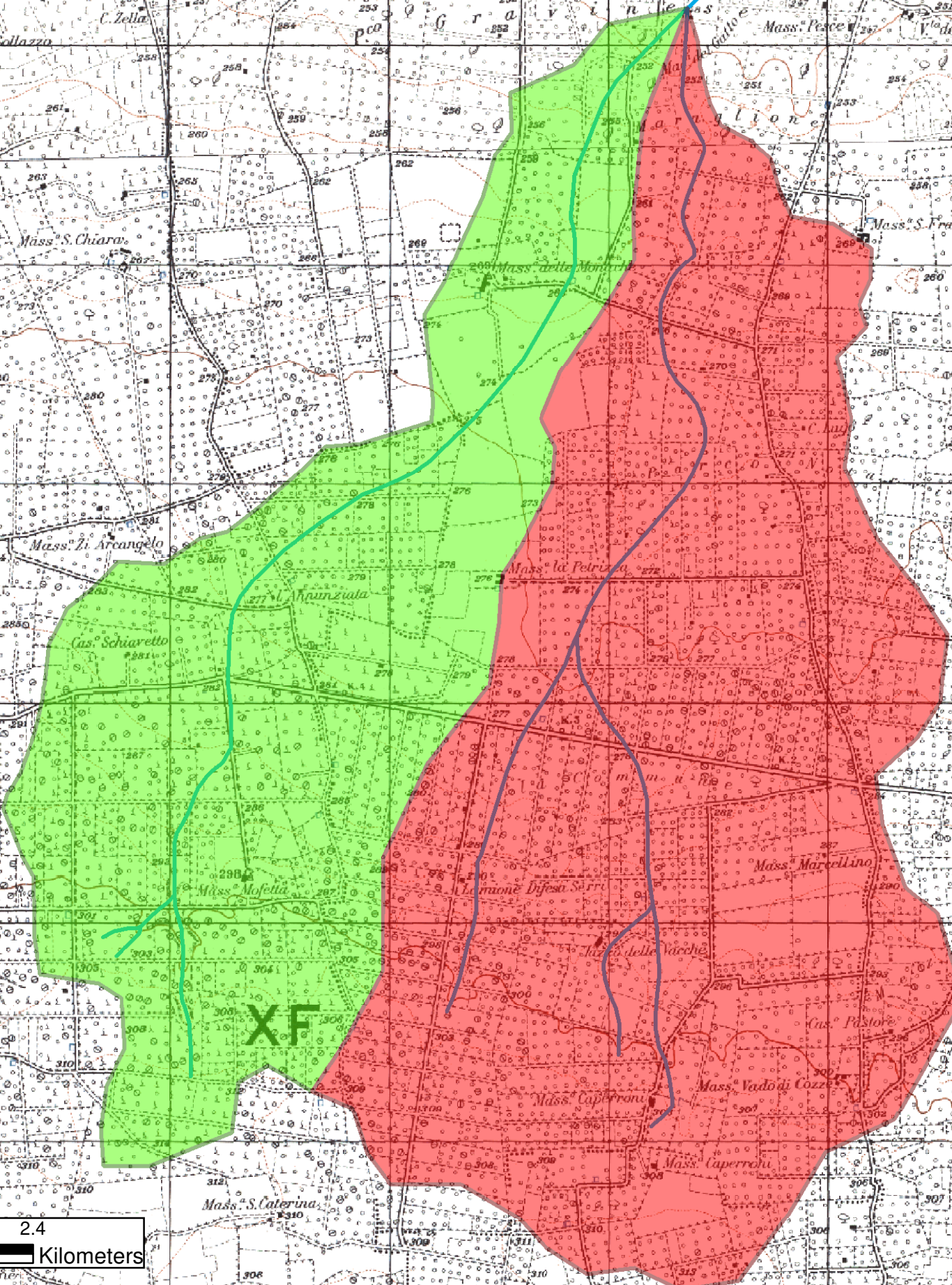
Si osservi come **le altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI risultino più elevate di quelle derivate dall'utilizzo della distribuzione probabilistica di Gumbel in occasione di eventi meteorici con tempi di ritorno maggiori a 20 anni**. A seguito di ciò nei calcoli idraulici (cfr. relazione Idraulica), si è fatto riferimento alle portate ricavate a partire dalle curve di probabilità pluviometrica costruite con la metodologia VAPI.



# Allegato 1 – Corografia dei bacini idrografici

**Legenda**

- Bacino A
- Bacino B
- Reticoli idrografici



1:24,000

0 0.3 0.6 1.2 1.8 2.4 Kilometers