

| | | |
|--|---|---|
| Trina Atena Solar S.r.l. Sede Legale : Piazza Borromeo 14, 20123 Milano, P. IVA 11341420963 |  | CODE SCS.DES.R.CIV.ITA.P.2051.007.00 |
| | | PAGE 1 di/of 23 |

TITLE: **AVAILABLE LANGUAGE: IT**

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA 10,275 MWp,
 UBICATO NEL COMUNE DI GROTTAGLIE (TA), LOCALITA' CONTRADA ANGIULLI.**

RELAZIONE VALUTAZIONE IDROLOGICA

| REV. | DATE | DESCRIPTION | PREPARED | VERIFIED | APPROVED |
|------|------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 00 | 26/04/2021 | EMISSIONE | ING. Marino L'ABBRUZZI | ING. Marino L'ABBRUZZI | ING. Marino L'ABBRUZZI |

| | | |
|--|---|--|
| SOGGETTO PROPONENTE / Proponent Trina Atena Solar S.r.l. Sede Legale : Piazza Borromeo 14, 20123 Milano, P. IVA 11341420963 | PROGETTISTA / Technical Advisor  | PROGETTISTA / Technical Advisor ING. Marino L'ABBRUZZI  |
|--|---|--|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| IMPIANTO / Plant GROTTAGLIE (2051) | CODE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GROUP | FUNCION | TYPE | DISCIPLINE | | | COUNTRY | TEC | PLANT | | PROGRESSIVE | REVISION | | | | | | |
| | SCS | DES | R | C | I | V | I | T | A | P | 2 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 |

CLASSIFICATION: **UTILIZATION SCOPE : PROGETTO DEFINITIVO**

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 DEL BACINO IDROGRAFICO | 13 |
| 4.1. CURVE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA (METODO VAPI) | 14 |
| 4.2. Curve di possibilità climatica metodo di gumbel | 20 |
| 5. CONCLUSIONI | 23 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1: Inquadramento dell'area di studio</i> | <i>3</i> |
| <i>Figura 2: Inquadramento regionale</i> | <i>6</i> |
| <i>Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto</i> | <i>7</i> |
| <i>Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000</i> | <i>7</i> |
| <i>Figura 5: Reticolo estratto dalla carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia con curve di livello estratte dal DEM</i> | <i>8</i> |
| <i>Figura 6: Reticolo idrografico rilevato in sito</i> | <i>9</i> |
| <i>Figura 7: Inquadramento del bacino idrografico su carta IGM 1:25.000</i> | <i>10</i> |
| <i>Figura 8: Inquadramento del bacino idrografico su AFG</i> | <i>11</i> |
| <i>Figura 9: Inquadramento del bacino idrografico su DTM</i> | <i>12</i> |
| <i>Figura 10: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 11: Individuazione della zona del VAPI in cui ricade il bacino idrografico</i> | <i>18</i> |
| <i>Figura 12: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI</i> | <i>19</i> |
| <i>Figura 13: Individuazione dei topoi dei topografi delle stazioni pluviometriche in cui ricade il bacino idrografico</i> | <i>20</i> |
| <i>Figura 14: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL</i> | <i>22</i> |

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 "Trina Atena Solar S.r.l.", nell'ambito della propria attività imprenditoriale, ha previsto la realizzazione di un parco fotovoltaico denominato "Grottaglie" che ricade nell'ambito del territorio amministrato dal Comune di Grottaglie, in Provincia di Taranto.

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.

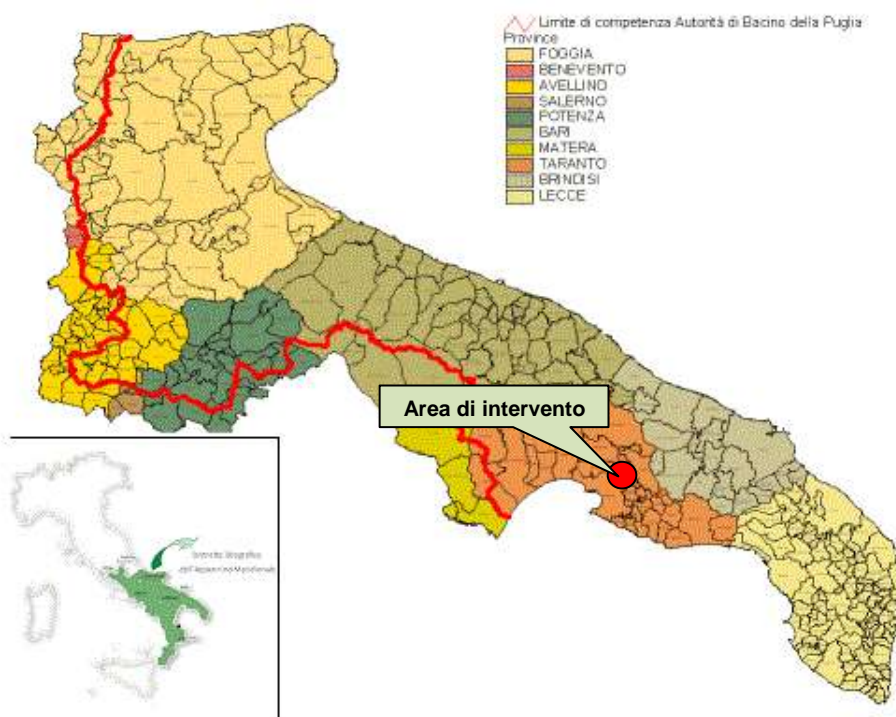


Figura 1: Inquadramento dell'area di studio.

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 metodoclassico di Gumbel, verificando l'adattabilità della serie campionaria alla relativa distribuzione di probabilità dei valori estremi della stazione pluviometrica di Grottaglie.

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 e dati LIDAR con risoluzione a terra di 1 m) in ambiente GIS, per poi trasferirli in ambiente CAD;
- le curve di possibilità climatica sono state ricostruite elaborando i dati di pioggia della stazione pluviometrica di Grottaglie;

Alla presente Relazione sono allegati:

- Allegato 1 – Corografia del bacino idrografico;
- Allegato 2 - Individuazione dei reticoli idrografici su I.G.M. 25.000.

2. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Come si è detto, l'area proposta per la realizzazione del parco fotovoltaico in progetto risulta di circa 15,5 ettari ed è ubicata, in linea d'aria, a circa 10 Km dal centro abitato di Grottaglie.

- Latitudine: 40°33'43.97"N;
- Longitudine: 17°22'25.07"E

Tabella 1: Scheda riepilogativa dell'impianto.

| IMPIANTO GROTTAGLIE | |
|-------------------------------------|---|
| Localizzazione dell'impianto | Località: C.da Angiulli Città: Grottaglie (TA) Regione: Puglia Stato: Italia |
| Coordinate GPS | 40°33'43.97"N; 17°22'25.07"E |
| Altitudine | 138 m s.l.m. |
| Città più vicina | Grottaglie – 10 km; Montemesola – 7 km |
| Aeroporto più vicino | Aeroporto di Brindisi – 66,50 km |

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'impianto oggetto di studio viene proposto dalla società Trina Atena Solar S.r.l. e l'area interessata dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico è individuata al Catasto al foglio 15 del Comune di Grottaglie, p.lle 79, 214, 215, 216, ed al foglio 16 del Comune di Grottaglie, p.lle 10, 11, 13, 14, 15, 16, 74, 79, 96, 132 e 204.

Tabella 2: Riferimenti catastali delle particelle interessate globalmente o parzialmente dall'area di impianto.

| Comune di GROTTAGLIE | | | | | | | |
|----------------------|------------|-----|---------|------------|------------|-----|----|
| Foglio | Particella | Sub | Catasto | Qualità | Estensione | | |
| | | | | | ha | are | ca |
| 15 | 79 | - | Terreni | vigneto | | 18 | 00 |
| | 214 | - | Terreni | vigneto | | 17 | 90 |
| | 215 | - | Terreni | vigneto | | 08 | 96 |
| | 216 | - | Terreni | vigneto | | 29 | 00 |
| 16 | 10 | - | Terreni | seminativo | 1 | 64 | 29 |
| | | | | uliveto | | 00 | 34 |
| | 11 | - | Terreni | seminativo | 2 | 57 | 58 |
| | | | | uliveto | | 03 | 57 |
| | 13 | - | Terreni | seminativo | | 08 | 65 |
| | 14 | - | Terreni | seminativo | 1 | 82 | 24 |
| uliveto | | | | | 03 | 26 | |

| | | | | | | |
|-----|---|---------|------------|---|----|----|
| 15 | - | Terreni | seminativo | 1 | 07 | 26 |
| | | | uliveto | | 00 | 94 |
| 16 | - | Terreni | seminativo | 2 | 76 | 30 |
| | | | seminativo | | 22 | 06 |
| 74 | - | Terreni | uliveto | | 05 | 06 |
| | | | seminativo | | 79 | 40 |
| 79 | - | Terreni | seminativo | | 57 | 00 |
| 96 | - | Terreni | seminativo | | 44 | 95 |
| 132 | - | Terreni | seminativo | 2 | 58 | 84 |
| 204 | - | Terreni | uliveto | | 16 | 63 |

L'area d'impianto è composta da n. 2 macroaree poste una a est ed una ad ovest, che si affacciano su interpodereale.

Le superfici nelle due aree risultano attualmente incolte e, una volta ricevuta l'autorizzazione a procedere, si avvanzerà con la cantierizzazione dell'area per la realizzazione del parco solare.

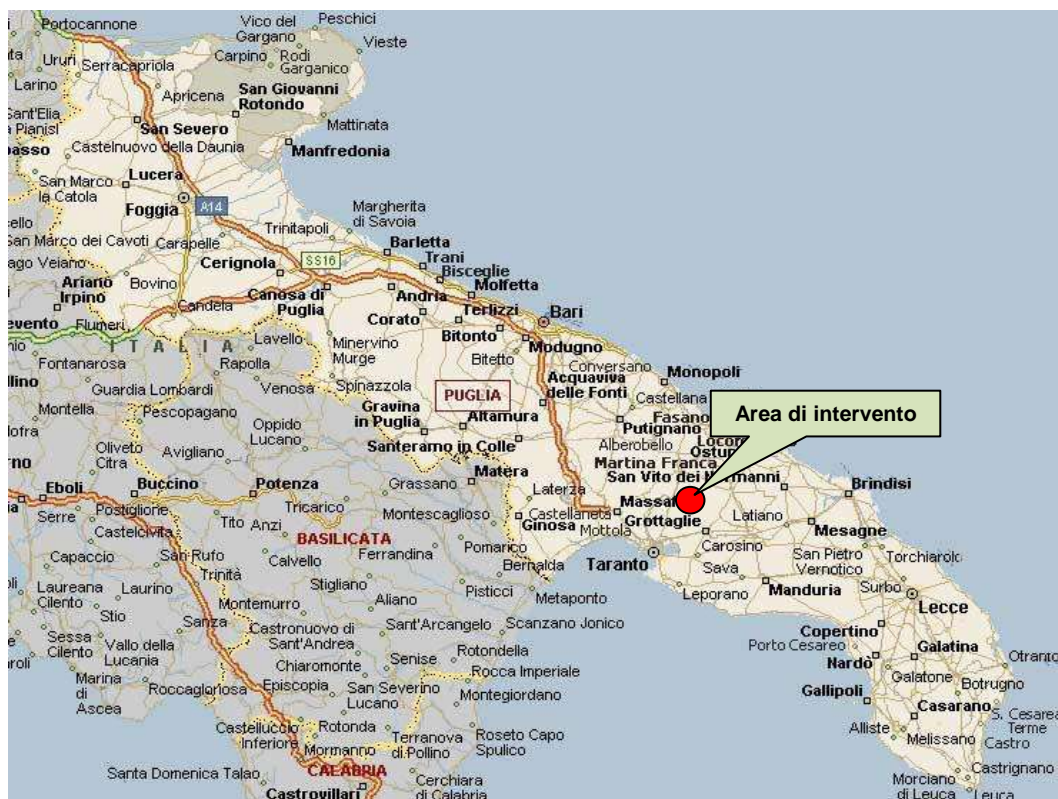


Figura 2: Inquadramento regionale.



Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto.

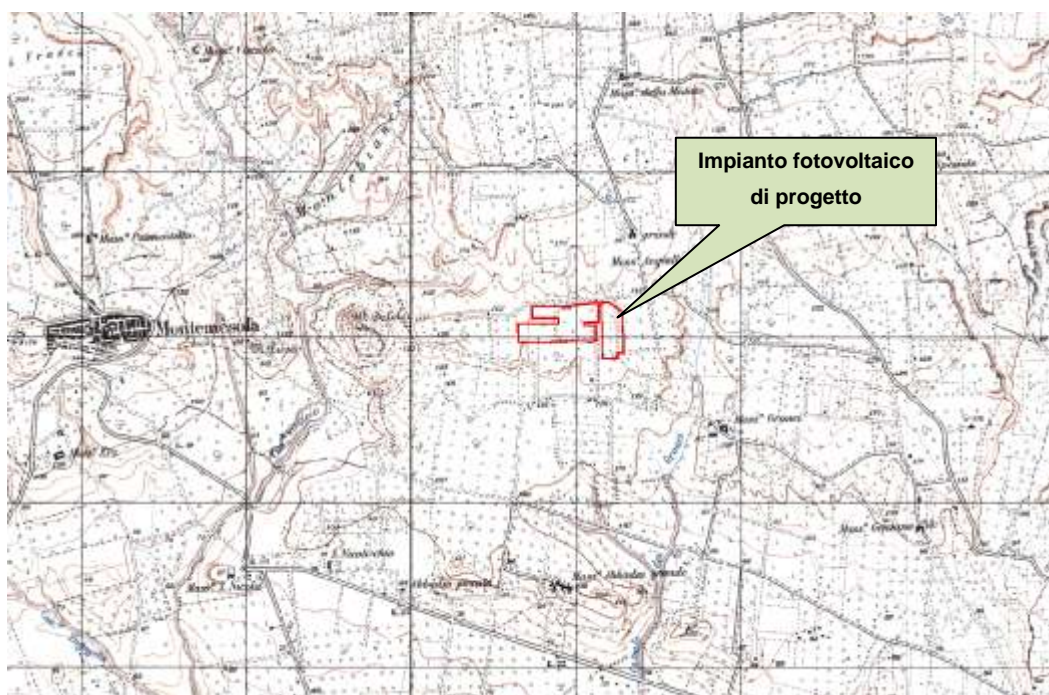


Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.

3. INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Prima di delimitare il bacino idrografico sotteso all'area di intervento, si è provveduto a verificare la coerenza planimetrica tra il reticolo rappresentato sulla cartografia I.G.M. 1:25000, quello deducibile dal DTM della Regione Puglia e quello effettivamente presente nell'area d'intervento, verificato a seguito di sopralluogo. Sono emerse talune leggere differenze, a fronte delle quali si sono assunte come maggiormente attendibili le informazioni ricavate dal DEM, unitamente a quelle derivanti dal rilievo in sito anche in considerazione del fatto che la cartografia I.G.M. 1:25000 non rappresenta alcun reticolo nell'area d'intervento.

Infatti, a seguito di detto rilievo, è stata riscontrata la presenza di un piccolo canale deviatore di origine antropica sulla cui asta sono stati rilevati 6 tombini per l'attraversamento di strade provinciali e rurali.

Nelle figure seguenti sono rappresentate le sovrapposizioni del reticolo definito dalle curve di livello estratte dal DEM (Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia) e quello rilevato in sito. Da esse si evince che l'impluvio che insiste nel territorio in esame segue quello evidenziato in figura 5 a monte dell'impianto di progetto e prosegue seguendo il canale deviatore di cui si è detto, lateralmente e a valle dell'impianto.

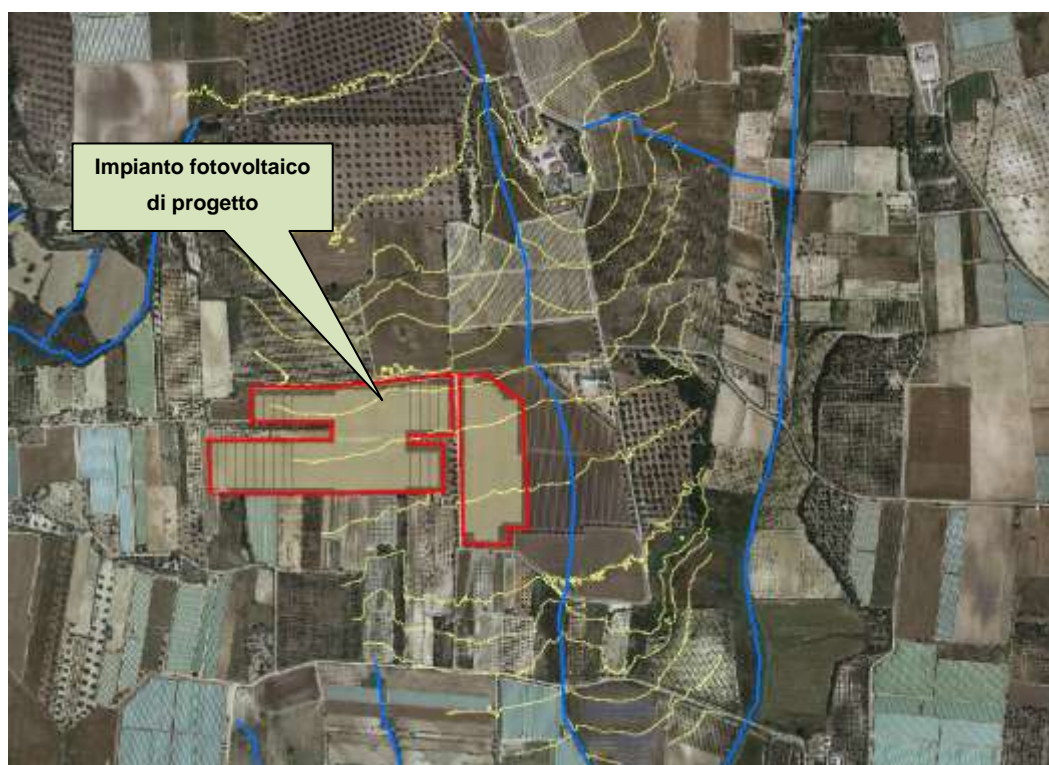


Figura 5: Reticolo estratto dalla carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia con curve di livello estratte dal DEM.

Trina Atena Solar S.r.l.

Sede Legale :
Piazza Borromeo 14,
20123 Milano,
P. IVA 11341420963



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.2051.007.00

PAGE

9 di/of 23

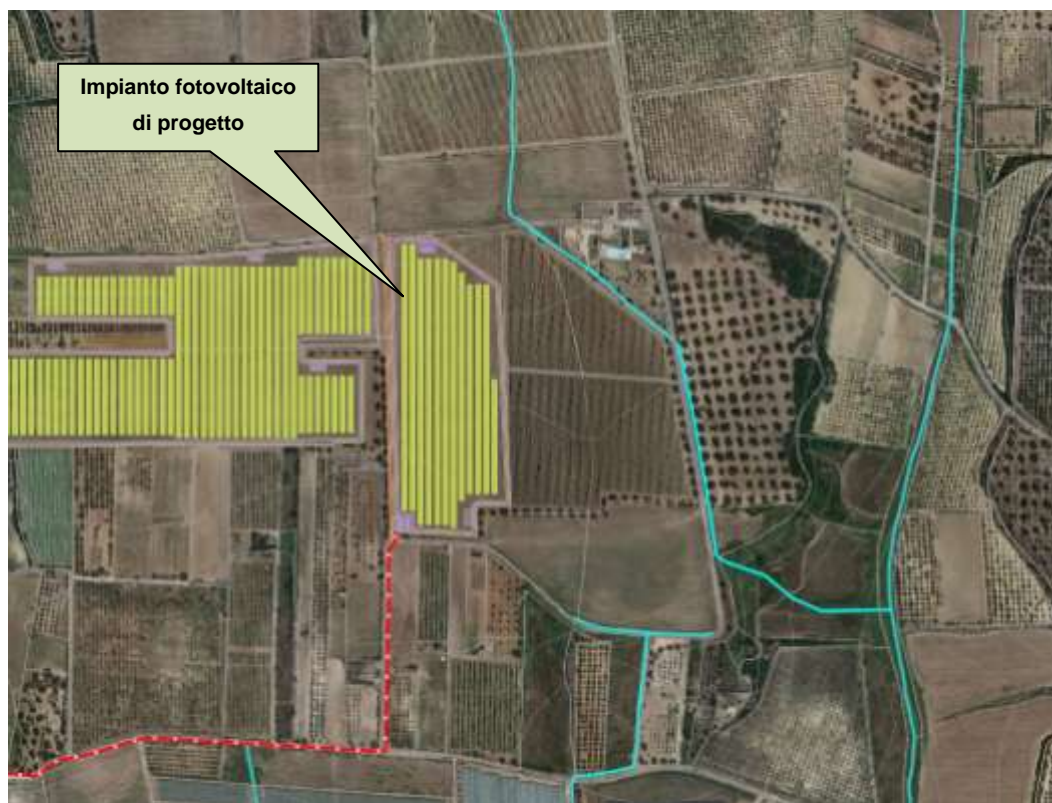


Figura 6: Reticolo idrografico rilevato in sito

Dall'analisi dell'orografia dell'area di intervento è stato individuato un bacino idrografico le cui sezioni di chiusura sono prossime alle aree di interesse. Questi si sviluppano nel territorio comunale di Grottaglie, all'interno del foglio 494 della cartografia I.G.M. 25.000 (**Figura 5**).

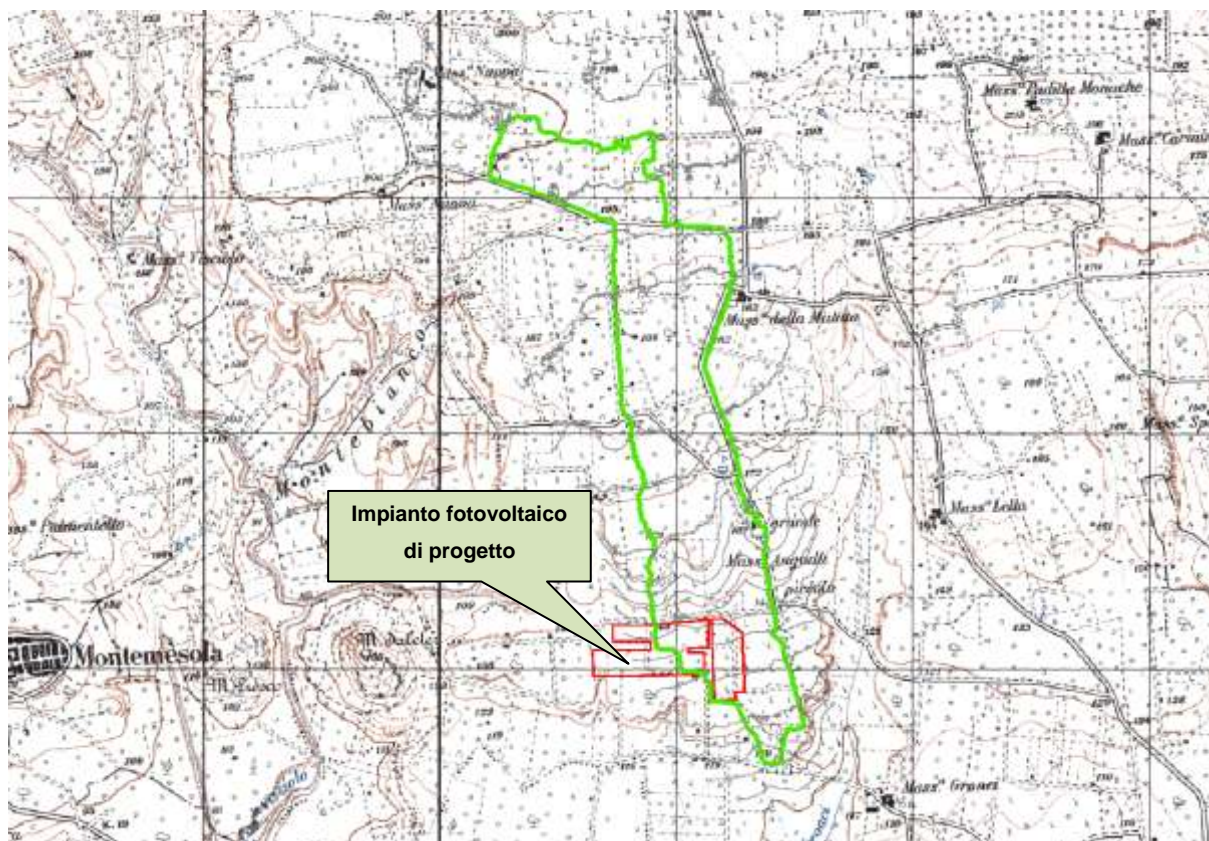


Figura 7: Inquadramento del bacino idrografico su carta IGM 1:25.000.

I parametri geomorfologici caratteristici del bacino idrografico sono indicati in **Tabella 3**:

| 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 | 1.16 | 1300.00 | 200.10 | 115.59 | 157.85 | 170.00 | 142.80 | 2.64 | 4.19 |

Tabella 3: Parametri geomorfologici del bacino idrografico.

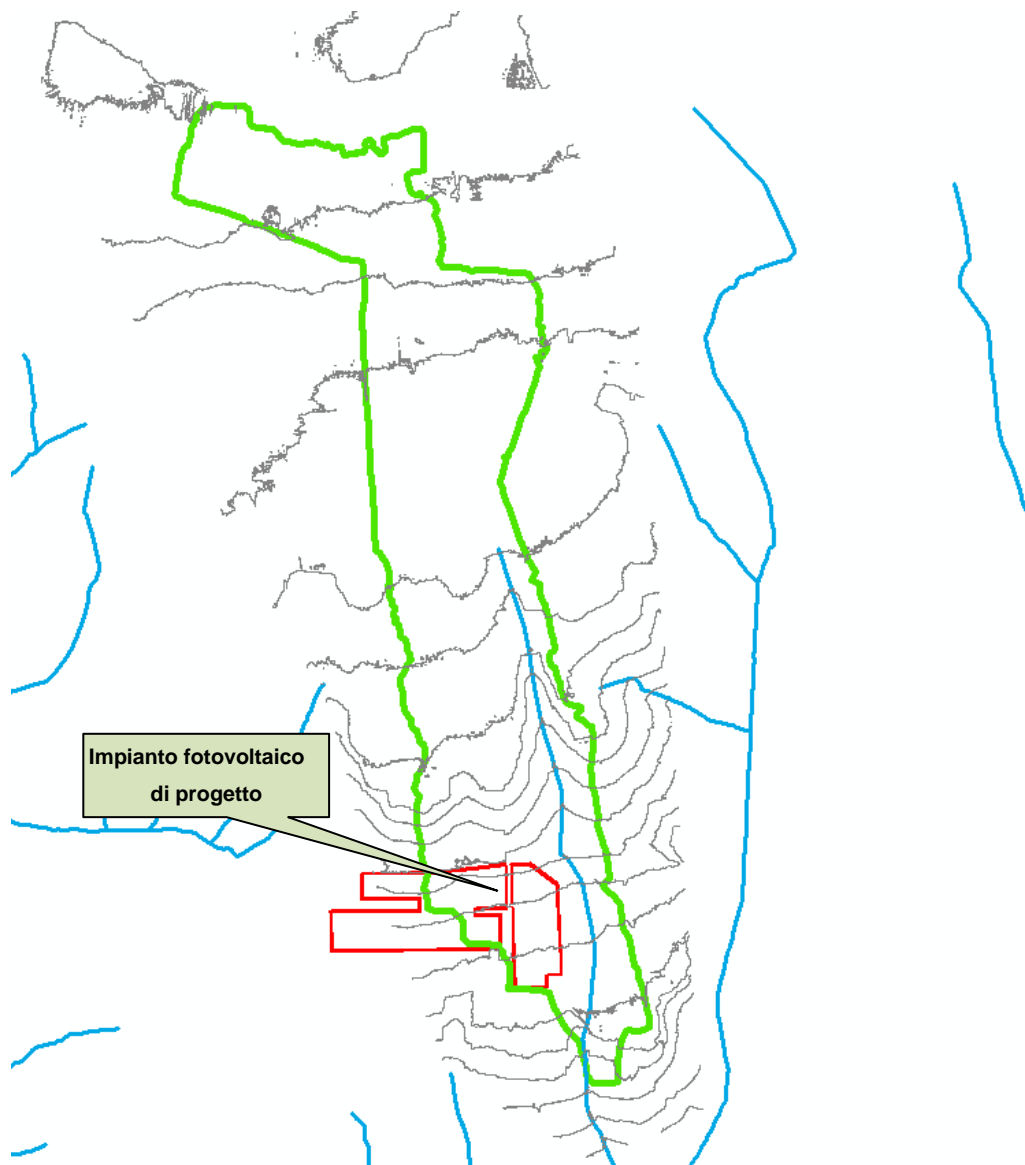


Figura 8: Inquadramento del bacino idrografico su AFG.

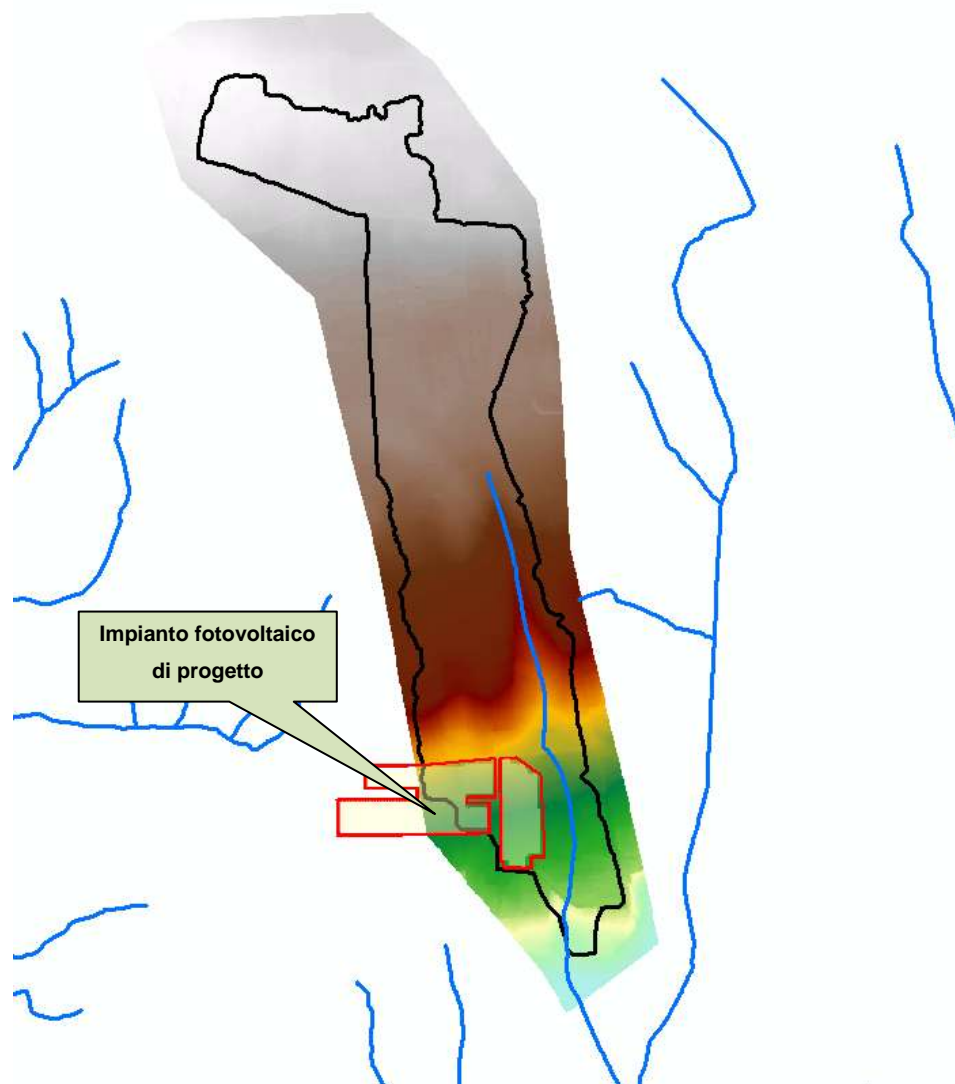


Figura 9: Inquadramento del bacino idrografico su DTM.

4. STUDIO IDROLOGICO DEL BACINO IDROGRAFICO

Lo studio idrologico del bacino è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica, come desunte dalle misure di precipitazione massime orarie riportate negli Annali Idrologici relative alla stazione pluviografica di Grottaglie (TA).

Come si è già detto nel paragrafo 1, 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 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 1958 al 2013 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 4 : 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 Λ_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 Λ_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 5 : 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 $\mu(X_d)$ 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 6 : 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.

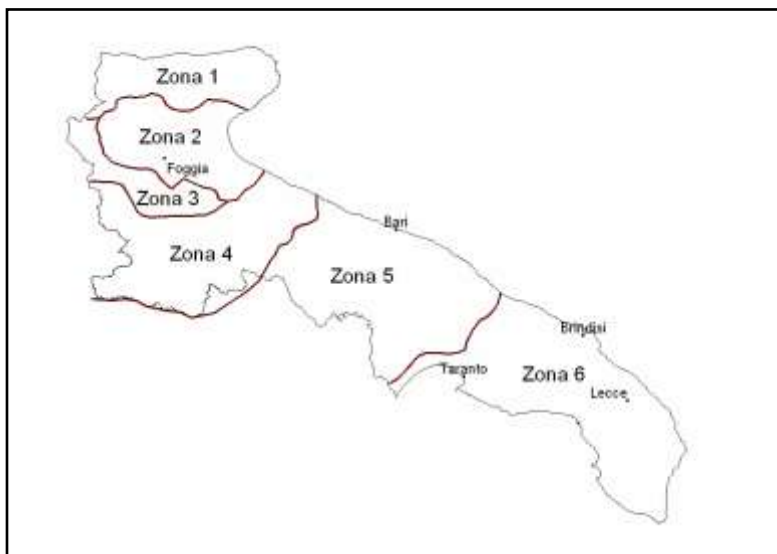


Figura 10: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

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

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:

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

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 | 26,80 | 0,000503 | 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 7 : 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 6 (cfr. figura seguente). Quindi per la determinazione delle curve di possibilità climatica si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della **Tabella 7** 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).

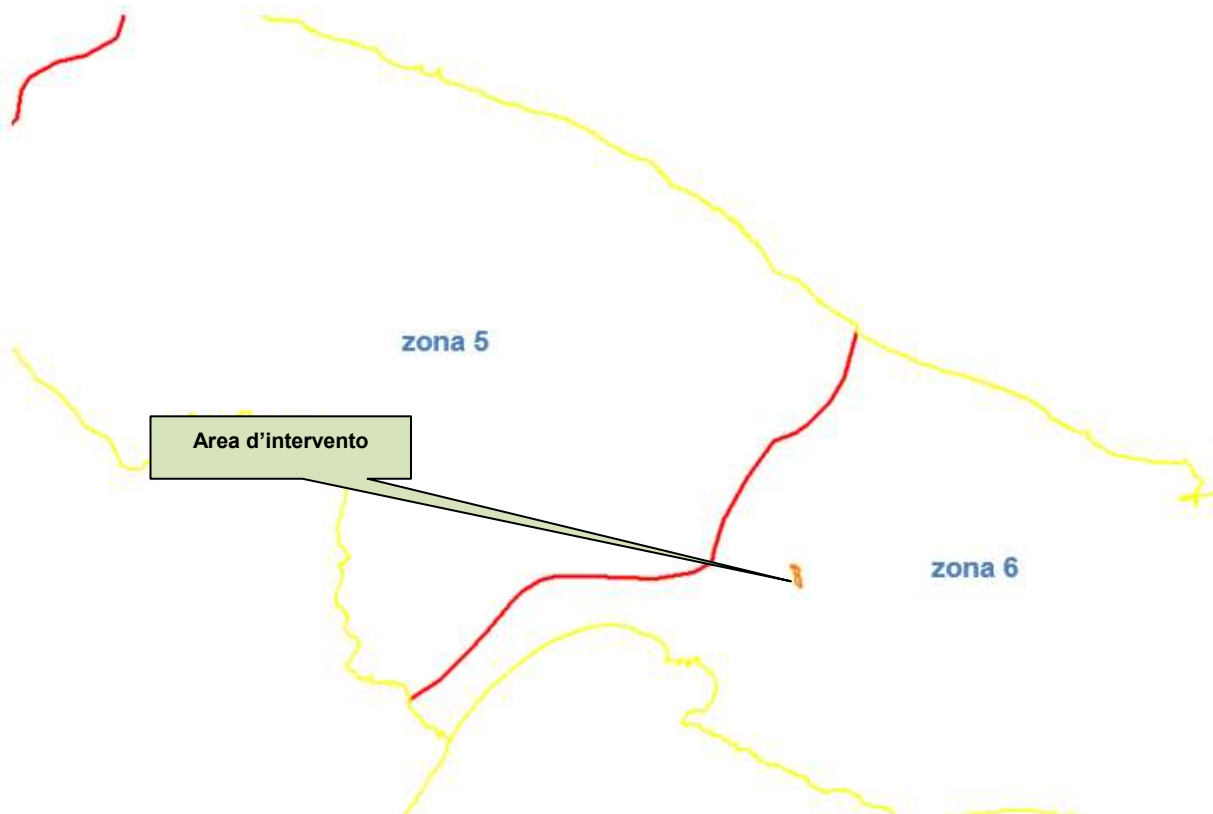


Figura 11: Individuazione della zona del VAPI in cui ricade il bacino idrografico.

Nelle tabelle che seguono si riportano i valori dei parametri a ed n (**Tabella 8**) le altezze di pioggia ricavate dalla (4) e (5) (**Tabella 9**), rappresentate graficamente in **Figura 12**.

| T [anni] | a [mm/ore ⁿ] | n [-] |
|----------|--------------------------|-------|
| 1 | 11,74 | 0,263 |
| 5 | 33,41 | 0,263 |
| 10 | 45,48 | 0,263 |
| 20 | 57,54 | 0,263 |
| 30 | 64,60 | 0,263 |
| 50 | 73,49 | 0,263 |
| 100 | 85,56 | 0,263 |
| 200 | 97,63 | 0,263 |
| 500 | 113,58 | 0,263 |

Tabella 8 : 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 | 15,67 | 18,80 | 22,55 | 27,06 |
| 5 | 33,41 | 44,59 | 53,50 | 64,19 | 77,02 |
| 10 | 45,48 | 60,70 | 72,83 | 87,38 | 104,84 |
| 20 | 57,54 | 76,80 | 92,15 | 110,57 | 132,66 |
| 30 | 64,60 | 86,23 | 103,46 | 124,13 | 148,94 |
| 50 | 73,49 | 98,10 | 117,70 | 141,22 | 169,44 |
| 100 | 85,56 | 114,20 | 137,02 | 164,41 | 197,26 |
| 200 | 97,63 | 130,31 | 156,35 | 187,59 | 225,08 |
| 500 | 113,58 | 151,60 | 181,90 | 218,24 | 261,86 |

Tabella 9 : Distribuzione probabilistica: VAPI - Altezze di pioggia (mm).

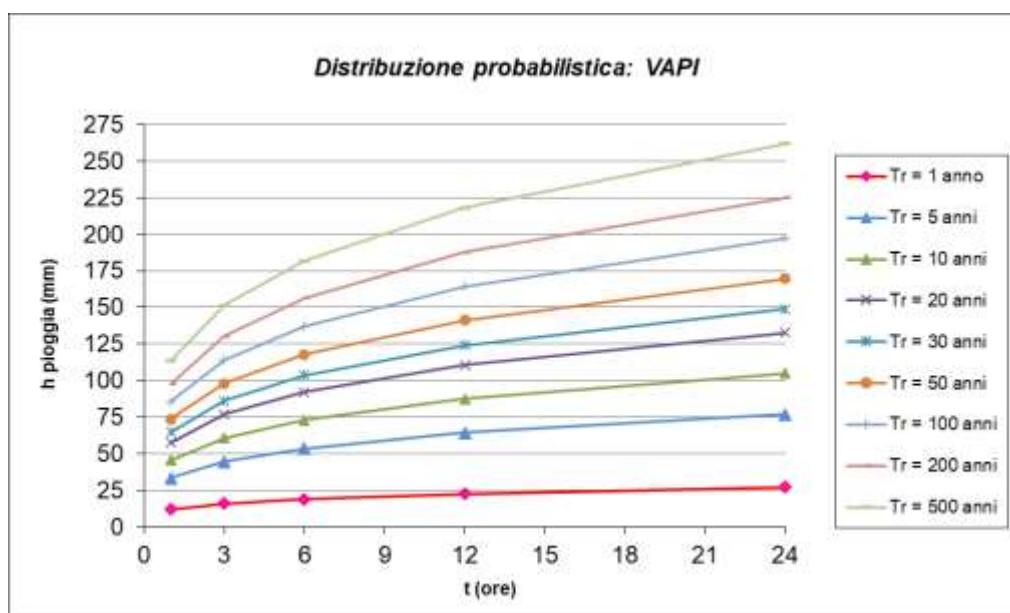


Figura 12: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.

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 il bacino idrografico di interesse. Essi ricadono all'interno dei topoi dei della stazione pluviometrica di Loconia.



Figura 13: Individuazione dei topoi delle stazioni pluviometriche in cui ricade il bacino idrografico.

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

| Stazione di: | LOCONIA | | | | |
|--------------|--------------|------|-------|-------|-------|
| | durate [ore] | | | | |
| anni | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 |
| 1958 | 43,4 | 44,6 | 46,6 | 46,6 | 47,0 |
| 1959 | 40,6 | 46,8 | 54,6 | 67,0 | 75,4 |
| 1960 | 18,4 | 32,6 | 41,8 | 53,0 | 90,6 |
| 1961 | 63,0 | 65,4 | 65,6 | 66,6 | 66,8 |
| 1963 | 43,6 | 66,8 | 66,8 | 67,2 | 103,0 |
| 1964 | 34,6 | 50,0 | 76,4 | 113,4 | 128,0 |
| 1965 | 12,2 | 18,6 | 30,0 | 40,2 | 47,2 |
| 1966 | 38,6 | 43,8 | 45,6 | 49,4 | 49,4 |
| 1967 | 38,6 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,4 |
| 1968 | 26,8 | 35,4 | 41,2 | 41,2 | 41,2 |
| 1969 | 26,2 | 38,4 | 41,6 | 71,6 | 73,6 |
| 1970 | 51,2 | 55,2 | 63,0 | 82,0 | 94,0 |
| 1971 | 13,6 | 21,2 | 31,0 | 41,4 | 45,0 |
| 1972 | 32,2 | 36,6 | 38,8 | 48,6 | 49,4 |
| 1973 | 42,0 | 54,2 | 54,2 | 54,2 | 54,4 |
| 1974 | 28,2 | 31,6 | 43,0 | 59,2 | 71,2 |
| 1975 | 21,0 | 29,2 | 32,4 | 41,4 | 43,4 |
| 1977 | 41,2 | 54,2 | 55,2 | 57,8 | 57,8 |
| 1978 | 14,8 | 25,6 | 33,2 | 45,8 | 45,8 |
| 1979 | 20,8 | 22,4 | 22,4 | 29,4 | 49,4 |
| 1980 | 44,0 | 75,0 | 77,2 | 77,2 | 77,2 |
| 1981 | 19,8 | 30,0 | 45,8 | 50,2 | 50,2 |
| 1982 | 57,8 | 58,6 | 58,6 | 58,8 | 66,2 |
| 1983 | 29,2 | 29,2 | 36,6 | 38,0 | 44,6 |
| 1985 | 31,6 | 35,6 | 36,0 | 38,4 | 48,4 |
| 1986 | 15,8 | 18,4 | 18,4 | 19,0 | >> |
| 1987 | 15,4 | 18,4 | 18,4 | 26,0 | 29,0 |
| 1988 | 54,2 | 66,6 | 67,0 | 86,8 | 87,0 |
| 1989 | 23,4 | 24,6 | 28,8 | 31,4 | 31,4 |
| 1990 | >> | >> | 137,4 | 137,4 | 137,4 |
| 1991 | 28,2 | 28,2 | 34,4 | 42,0 | 44,0 |
| 1992 | 28,0 | 56,2 | 62,8 | 64,0 | 70,4 |
| 1993 | >> | >> | >> | >> | 64,0 |
| 1994 | 26,6 | 26,6 | 30,4 | 32,6 | 35,8 |
| 1996 | 37,8 | 46,6 | 54,0 | 74,8 | 89,4 |
| 1997 | 40,0 | 43,6 | 47,2 | 56,8 | 71,2 |
| 1998 | 35,2 | 46,6 | 49,4 | 67,4 | 69,0 |
| 2000 | 35,0 | 37,6 | 37,8 | 37,8 | 47,0 |
| 2001 | 21,4 | 21,8 | 26,8 | 35,8 | 43,2 |
| 2002 | 49,8 | 52,2 | 52,2 | 54,4 | 88,6 |
| 2003 | 22,8 | 49,4 | 70,0 | 72,4 | 79,0 |
| 2004 | 61,8 | 69,0 | 81,8 | 82,6 | 82,6 |
| 2005 | 35,2 | 49,2 | 58,2 | 70,0 | 77,0 |
| 2006 | >> | >> | >> | >> | >> |
| 2007 | >> | >> | >> | >> | >> |
| 2008 | 29,4 | 40,8 | 67,6 | 73,8 | 75,8 |
| 2009 | 34,4 | 41,6 | 42,2 | 42,2 | 59,4 |
| 2010 | 23,4 | 41,0 | 51,2 | 66,0 | 82,0 |
| 2011 | 16,0 | 21,8 | 27,0 | 43,4 | 51,8 |
| 2012 | 80,2 | 87,8 | 87,8 | 87,8 | 88,0 |
| 2013 | 22,4 | 32,0 | 44,4 | 51,8 | 67,0 |

Tabella 10 : Serie degli eventi pluviometrici – stazione di Loconia.

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 | 24,90 | 0,229 |
| 5 | 43,84 | 0,201 |
| 10 | 52,36 | 0,195 |
| 20 | 60,53 | 0,191 |
| 30 | 65,24 | 0,189 |
| 50 | 71,12 | 0,186 |
| 100 | 79,05 | 0,184 |
| 200 | 86,95 | 0,182 |
| 500 | 97,38 | 0,180 |

Tabella 11 : 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 | 24,90 | 32,00 | 37,50 | 43,94 | 51,48 |
| 5 | 43,84 | 54,69 | 62,88 | 72,30 | 83,13 |
| 10 | 52,36 | 64,88 | 74,27 | 85,03 | 97,34 |
| 20 | 60,53 | 74,64 | 85,20 | 97,24 | 110,98 |
| 30 | 65,24 | 80,26 | 91,48 | 104,26 | 118,83 |
| 50 | 71,12 | 87,28 | 99,33 | 113,03 | 128,63 |
| 100 | 79,05 | 96,76 | 109,92 | 124,87 | 141,86 |
| 200 | 86,95 | 106,19 | 120,47 | 136,66 | 155,04 |
| 500 | 97,38 | 118,64 | 134,38 | 152,22 | 172,42 |

Tabella 12 : Distribuzione probabilistica: GUMBEL - Altezze di pioggia (mm)

In (Figura 14) si è riportata la rappresentazione grafica delle curve di possibilità climatica.

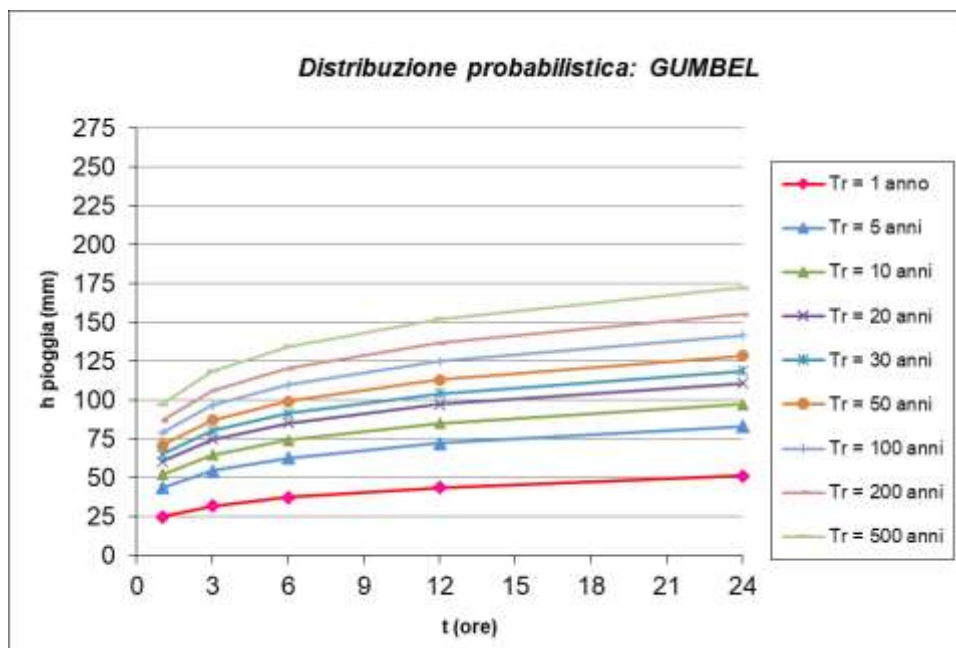


Figura 14: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL.

5. CONCLUSIONI

Nella **Tabella 13** 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.

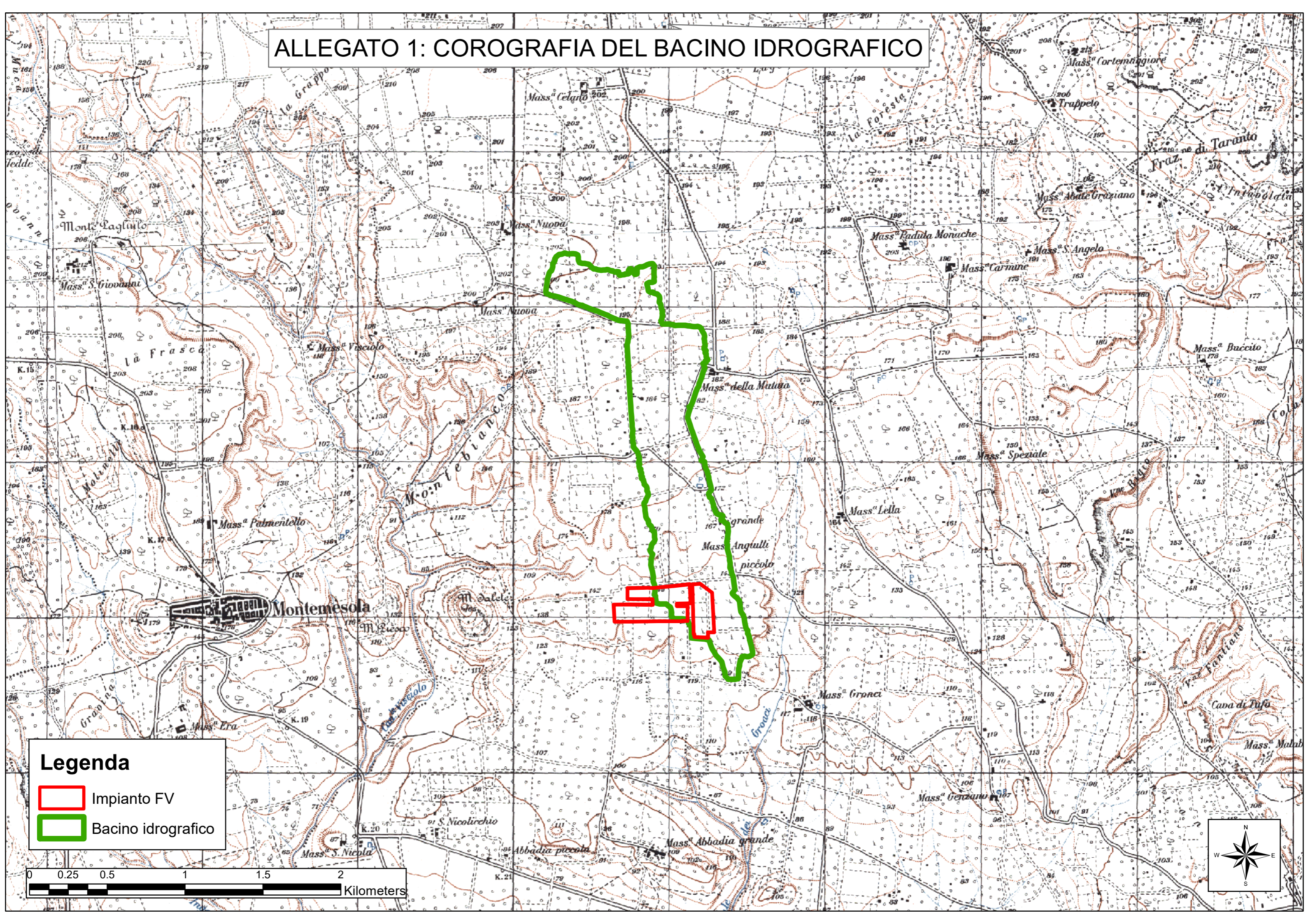
| Tr anni | DURATE [ore] | | | | | | | | | |
|------------|--------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | 1 h | | 3 h | | 6 h | | 12 h | | 24 h | |
| | GUMBEL | VAPI | GUMBEL | VAPI | GUMBEL | VAPI | GUMBEL | VAPI | GUMBEL | VAPI |
| 5 | 43,84 | 33,41 | 54,69 | 44,59 | 62,88 | 53,50 | 72,30 | 64,19 | 83,13 | 77,02 |
| 10 | 52,36 | 45,48 | 64,88 | 60,70 | 74,27 | 72,83 | 85,03 | 87,38 | 97,34 | 104,84 |
| 20 | 60,53 | 57,54 | 74,64 | 76,80 | 85,20 | 92,15 | 97,24 | 110,57 | 110,98 | 132,66 |
| 30 | 65,24 | 64,60 | 80,26 | 86,23 | 91,48 | 103,46 | 104,26 | 124,13 | 118,83 | 148,94 |
| 50 | 71,12 | 73,49 | 87,28 | 98,10 | 99,33 | 117,70 | 113,03 | 141,22 | 128,63 | 169,44 |
| 100 | 79,05 | 85,56 | 96,76 | 114,20 | 109,92 | 137,02 | 124,87 | 164,41 | 141,86 | 197,26 |
| 200 | 86,95 | 97,63 | 106,19 | 130,31 | 120,47 | 156,35 | 136,66 | 187,59 | 155,04 | 225,08 |
| 500 | 97,38 | 113,58 | 118,64 | 151,60 | 134,38 | 181,90 | 152,22 | 218,24 | 172,42 | 261,86 |

Tabella 13 : 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, per tempi di ritorno maggiori, risultino sempre più elevate di quelle derivate dall'utilizzo della distribuzione probabilistica di Gumbel**. 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.

IL TECNICO

ALLEGATO 1: COROGRAFIA DEL BACINO IDROGRAFICO



Legenda

-  Impianto FV
-  Bacino idrografico

