




<b>SOGGETTO PROPONENTE:</b>  <b>LIMES 23 S.R.L.</b>  Via Alessandro Manzoni, 41 20121 – MILANO (MI)		<b>CODICE</b> SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.004.00
		<b>PAGINA</b> 1 di/of 23

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV CERIGNOLA"  
DELLA POTENZA NOMINALE 50,534 MWp  
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE  
COMPLESSIVE ANCHE DEGLI ADEGUAMENTI ALLA RETE TERNA**

di seguito sinteticamente elencati:

- collegamento RTN in cavo a 150 kV tra la SE "Valle" e la SE RTN a 380/150 KV, denominata "Deliceto";
- collegamento RTN a 150 kV tra la SE "Valle" e il futuro ampliamento della SE RTN a 380/150 kV, denominata "Melfi"

## Relazione Idrologica

	SCS Ingegneria S.R.L. Via F.do Ayroldi, 10 72017 – Ostuni (BR) Tel/Fax 0831.336390 <a href="http://www.scsingegneria.it">www.scsingegneria.it</a>	 
---	---	--

	<b>DATA:</b>			
<b>Scopo Documento: PROGETTO DEFINITIVO</b>				
<b>REV. N.</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>PREPARATO</b>	<b>APPROVATO</b>
00	31/03/2021	prima emissione	M. L'ABBRUZZI - G. CHIAIA	M. L'ABBRUZZI - G. CHIAIA

PROGETTO/Project	SCS CODE																		
FV CERIGNOLA  1308	COMPANY	FUNCTION	TYPE	DISCIPLINE	COUNTRY	TEC.	PLANT		PROGRESSIVE	REVISION									
	SCS	DES	R	C	I	V	I	T	A	P	1	3	0	8	0	0	4	0	0

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41  
20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

2 di/of 23

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO.....	5
2.1	Inquadramento Geografico e Territoriale .....	6
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>5</i>
<i>Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto. ....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 5: Sovrapposizione cartografia I.G.M. con curve di livello estratte dal DEM.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 6: Sezioni trasversali in prossimità del reticolo che evidenziano la reale linea di impluvio (in rosso). ....</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 topoietai 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 "LIMES 23 S.R.L.", nell'ambito della propria attività imprenditoriale, ha previsto la realizzazione di un parco fotovoltaico denominato "FV CERIGNOLA" che ricade nell'ambito del territorio amministrato dal Comune di Cerignola, in Provincia di Foggia.

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.

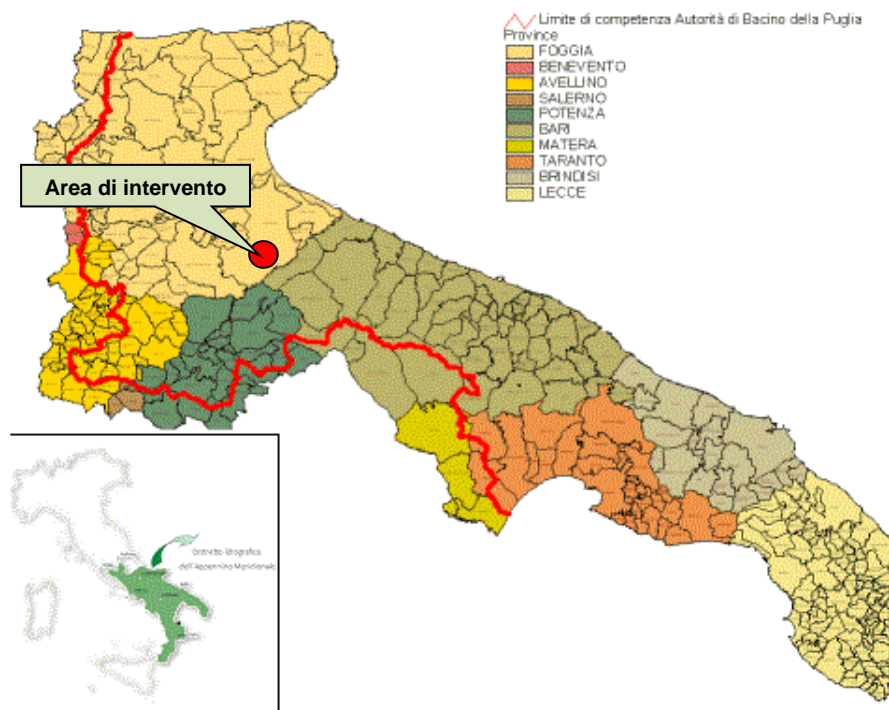


Figura 1: Inquadramento dell'area di studio.

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 della stazione pluviometrica di Loconia.

**SOGGETTO PROPONENTE:**

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



*CODE*

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

*PAGE*

4 di/of 23

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 della stazione pluviometrica di Loconia;

Alla presente Relazione sono allegati:

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

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

5 di/of 23

## 2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Come si è detto, l'area proposta per la realizzazione del parco fotovoltaico in progetto risulta di circa 93,6 ettari ed è ubicata, in linea d'aria, a circa 10 Km dal centro abitato di Cerignola.

- Latitudine: 41° 11' 23.02" N;
- Longitudine: 15° 51' 43.55" E

FV Cerignola	
<b>Localizzazione dell'impianto</b>	Località: Cafora Città: Cerignola (FG) Regione: Puglia Stato: Italia
<b>Coordinate GPS UTM84</b>	572295.76 m E; 4560177.19 m N
<b>Altitudine</b>	180 m s.l.m. ca.
<b>Città più vicina</b>	Cerignola – 10 km
<b>Aeroporto più vicino</b>	Aeroporto di Foggia Gino Lisa – aeroporto civile - 37 km in linea d'aria

Tabella 1: Scheda riepilogativa dell'impianto.

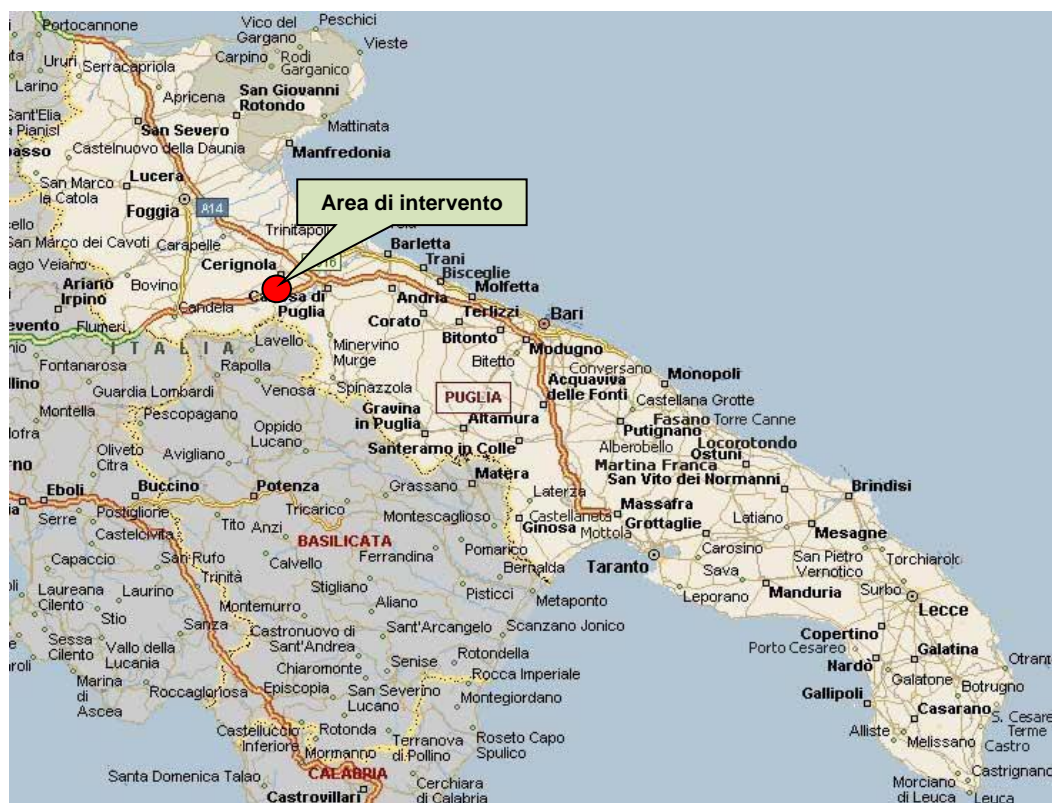


Figura 2: Inquadramento regionale.

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

6 di/of 23

## 2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'impianto oggetto di studio viene proposto dalla società Limes 23 s.r.l. e l'area interessata dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico è individuata al Catasto al foglio 401 del Comune di Cerignola, p.lle 2, 3, 5, 8, 23, ed al foglio 402 del Comune di Cerignola, p.lle 2 e 17.

N.progr.	Fg.	P.lla	Qualità/classe	Sup. [ha]
1	401	2	ORTO/U	51,2234
2	401	3	VIGNETO/1	20,5025
3	401	5	VIGNETO IRR/U	13,5536
4	401	8	VIGNETO/2	1,3561
5	401	23	SEMINATIVO/3	0,20
6	402	2	SEMIN IRRIG/U	7,0162
7	402	17	SEMINATIVO/3	11,4680

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

L'area d'impianto è composta da n. 3 macroaree di cui due poste a nord, che si affacciano su strada intestata al Demanio dello Stato ramo bonifiche, con sede in Roma, ubicata lungo il bordo superiore del sito; la terza macroarea si sviluppa longitudinalmente, a sud delle precedenti, estendendosi verso ovest.

Le superfici nelle due aree a nord sono interessate, totalmente e parzialmente da vigneti, per un totale di circa 200 mq. Tali vigneti sono stati analizzati ed individuati come non di pregio, pertanto, sarà avviata la pratica dell'espianto degli stessi e, una volta ricevuta l'autorizzazione a procedere, si avvanzerà con la cantierizzazione dell'area per la realizzazione del parco solare.

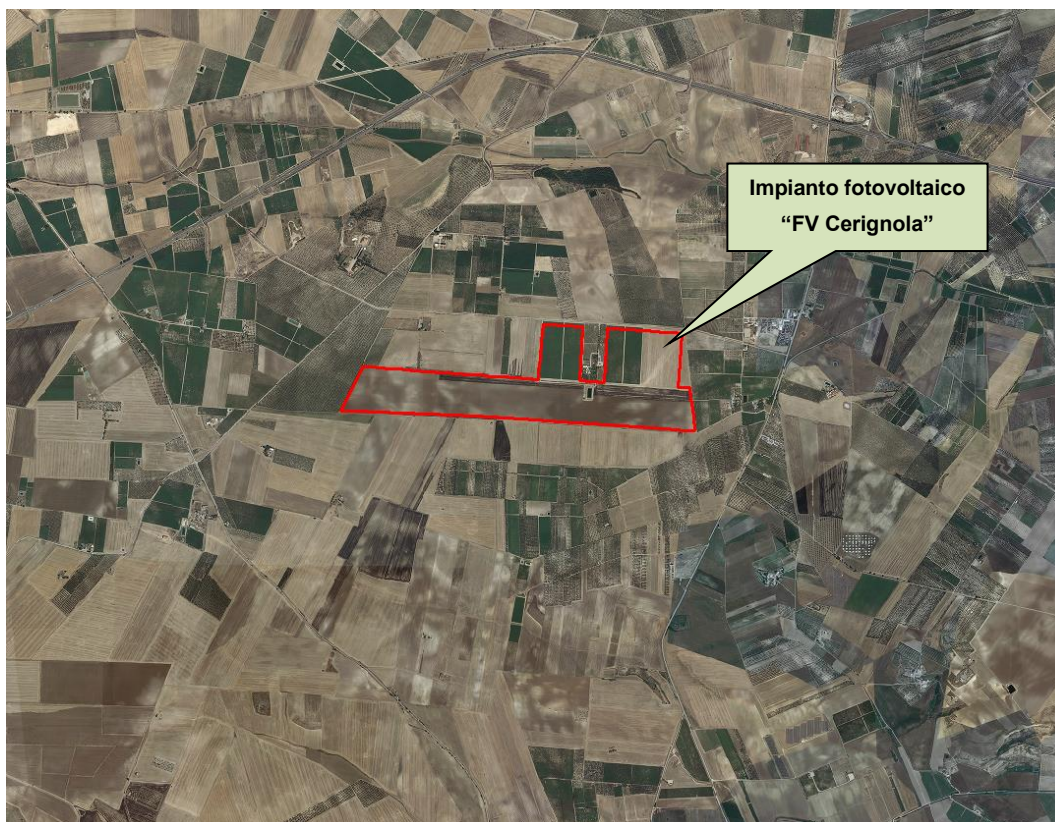


Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto.

**SOGGETTO PROPONENTE:**

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



*CODE*

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

*PAGE*

7 di/of 23

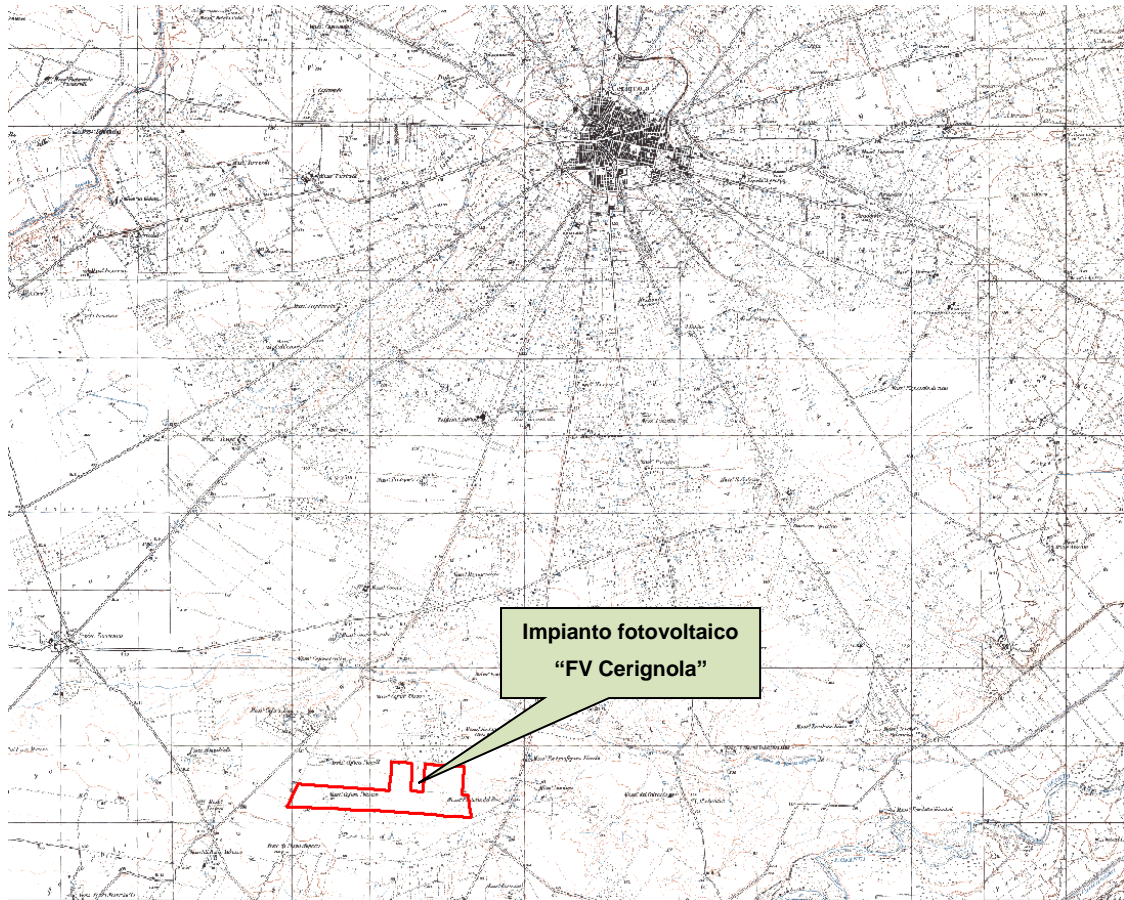


Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.

### 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 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.

Nelle figure seguenti sono rappresentate le sovrapposizioni del reticolo definito dalla carta I.G.M. e quello generato dalle curve di livello estratte dal DEM. Da esse si evince che l'impluvio che insiste nel territorio in esame è rappresentato dalla linea rossa che, a differenza del reticolo definito dalla carta I.G.M. (tratteggiato in blu), segue perfettamente il percorso di massima pendenza dell'orografia.

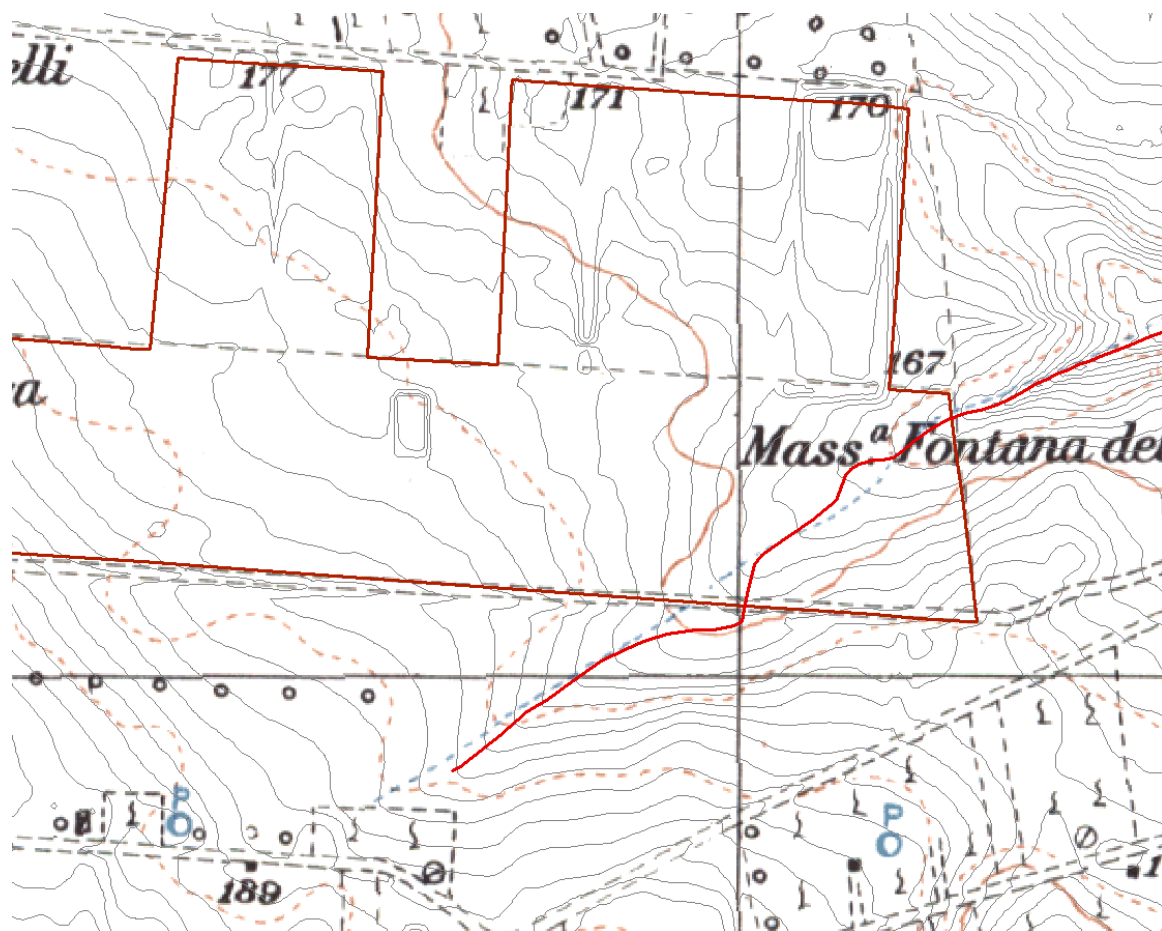


Figura 5: Sovrapposizione cartografia I.G.M. con curve di livello estratte dal DEM.



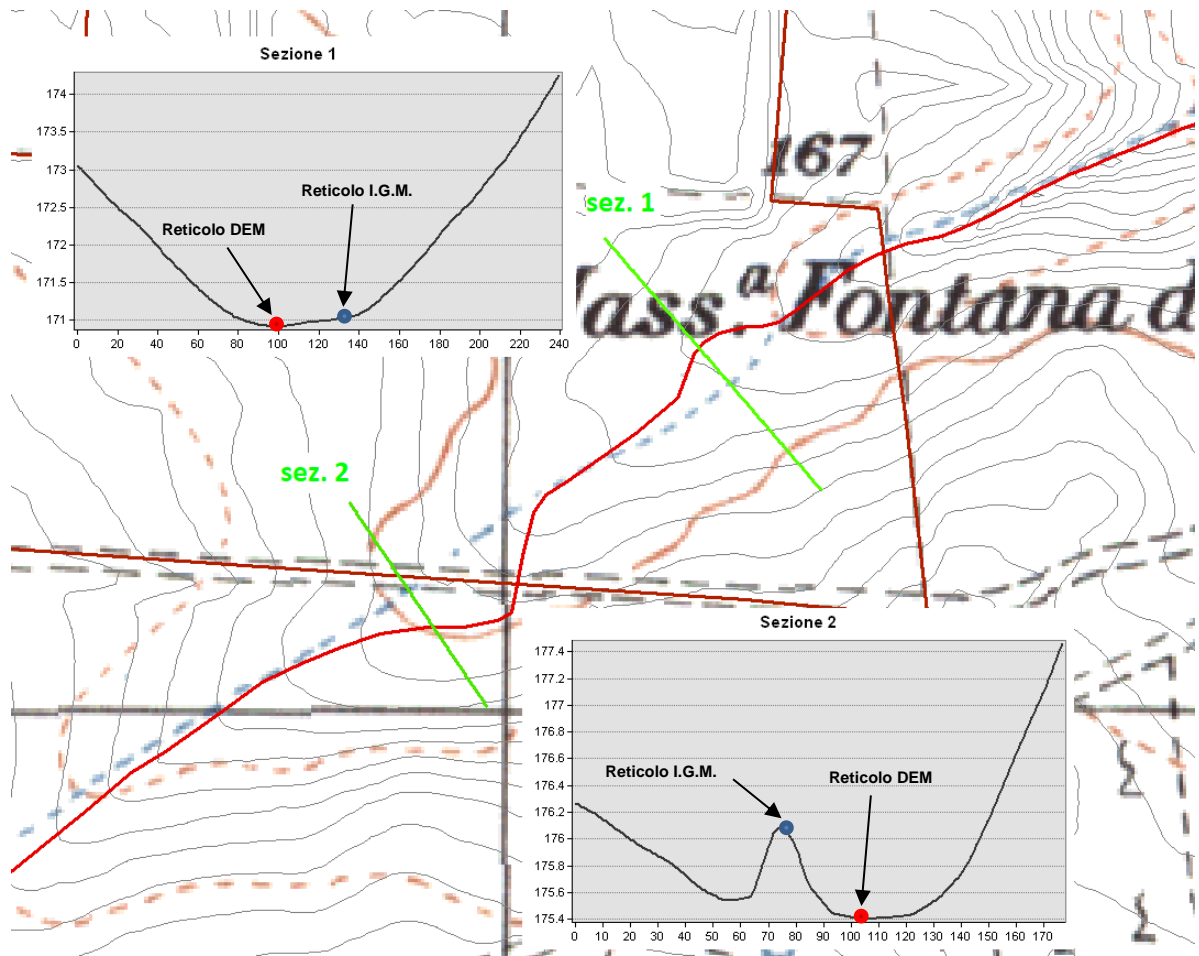


Figura 6: Sezioni trasversali in prossimità del reticolo che evidenziano la reale linea di impluvio (in rosso).

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 Cerignola, all'interno del foglio 435 della cartografia I.G.M. 25.000 (Figura 5).

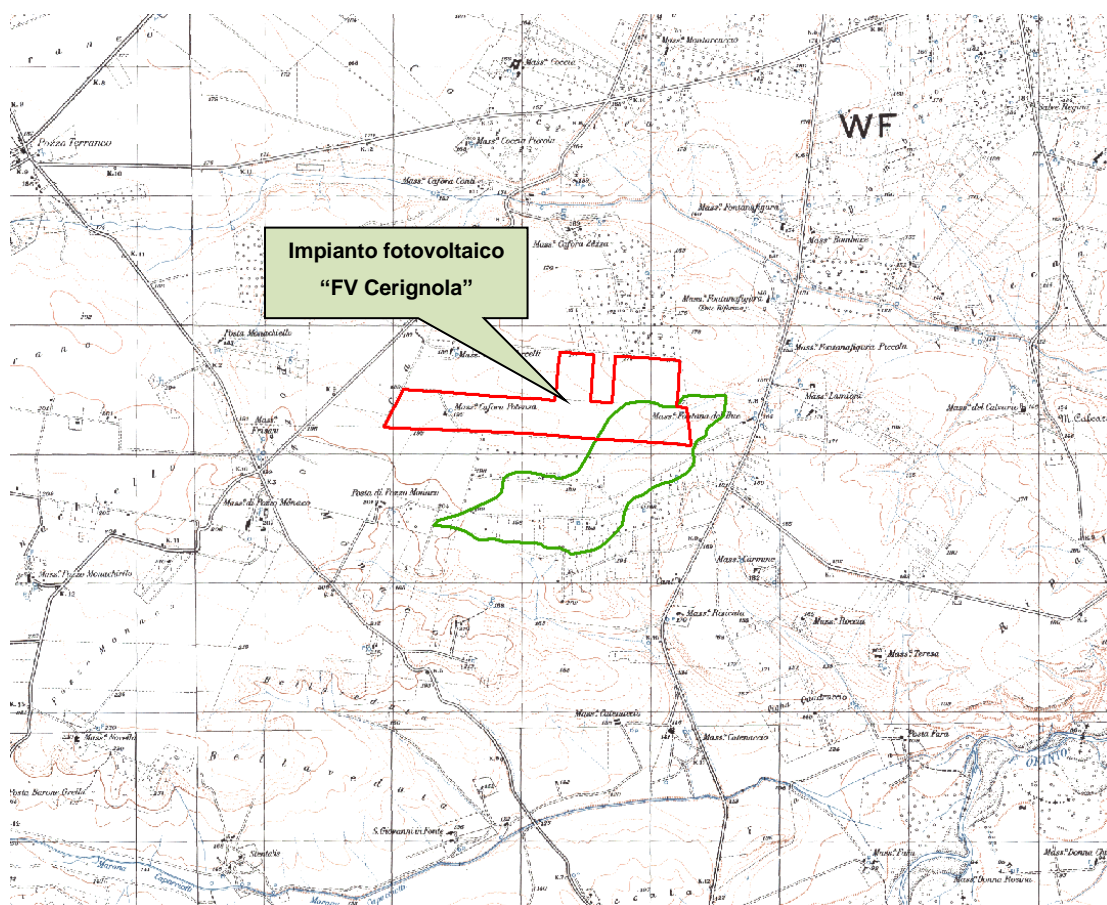


Figura 7: Inquadramento del bacino idrografico su carta IGM 1:25.000.

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

11 di/of 23

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 <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	1.14	1222.00	205.34	158.87	182.11	168.03	163.45	1.81	0.75

Tabella 3: Parametri geomorfologici del bacino idrografico.

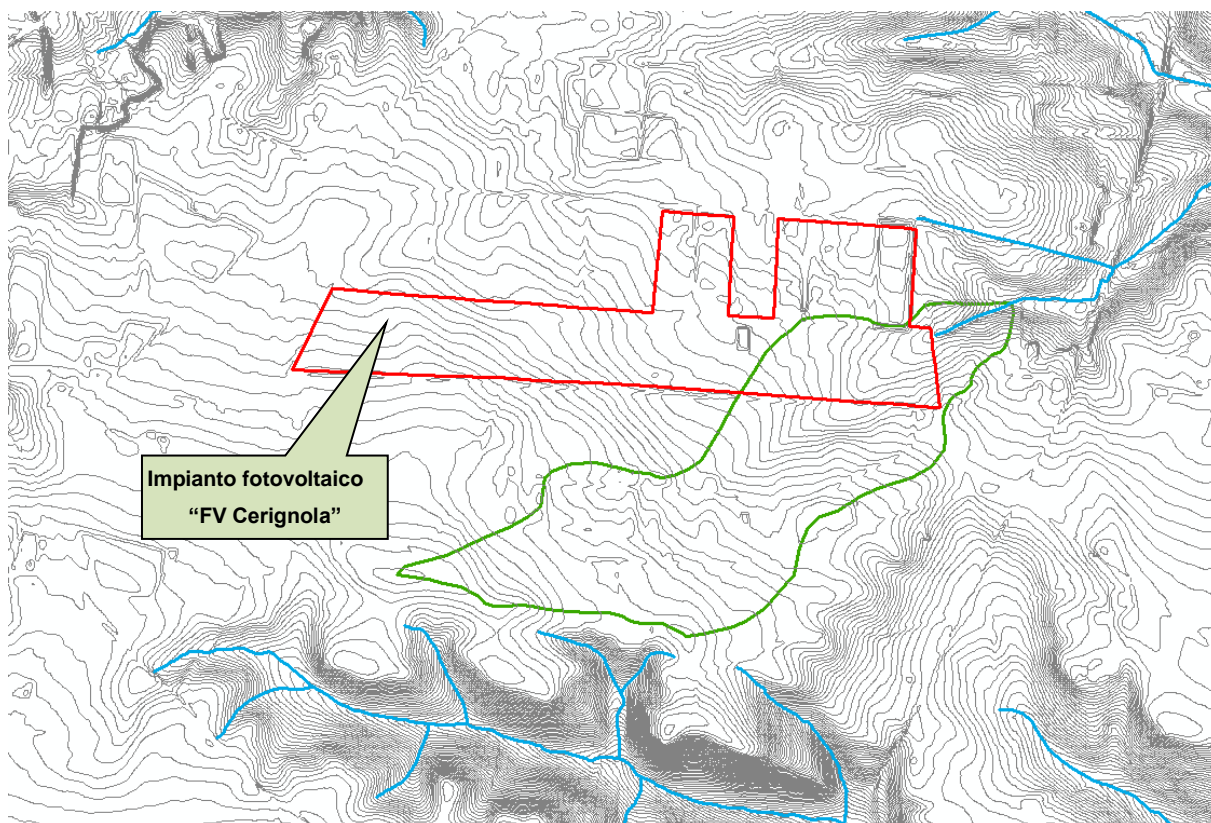


Figura 8: Inquadramento del bacino idrografico su AFG.

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

12 di/of 23

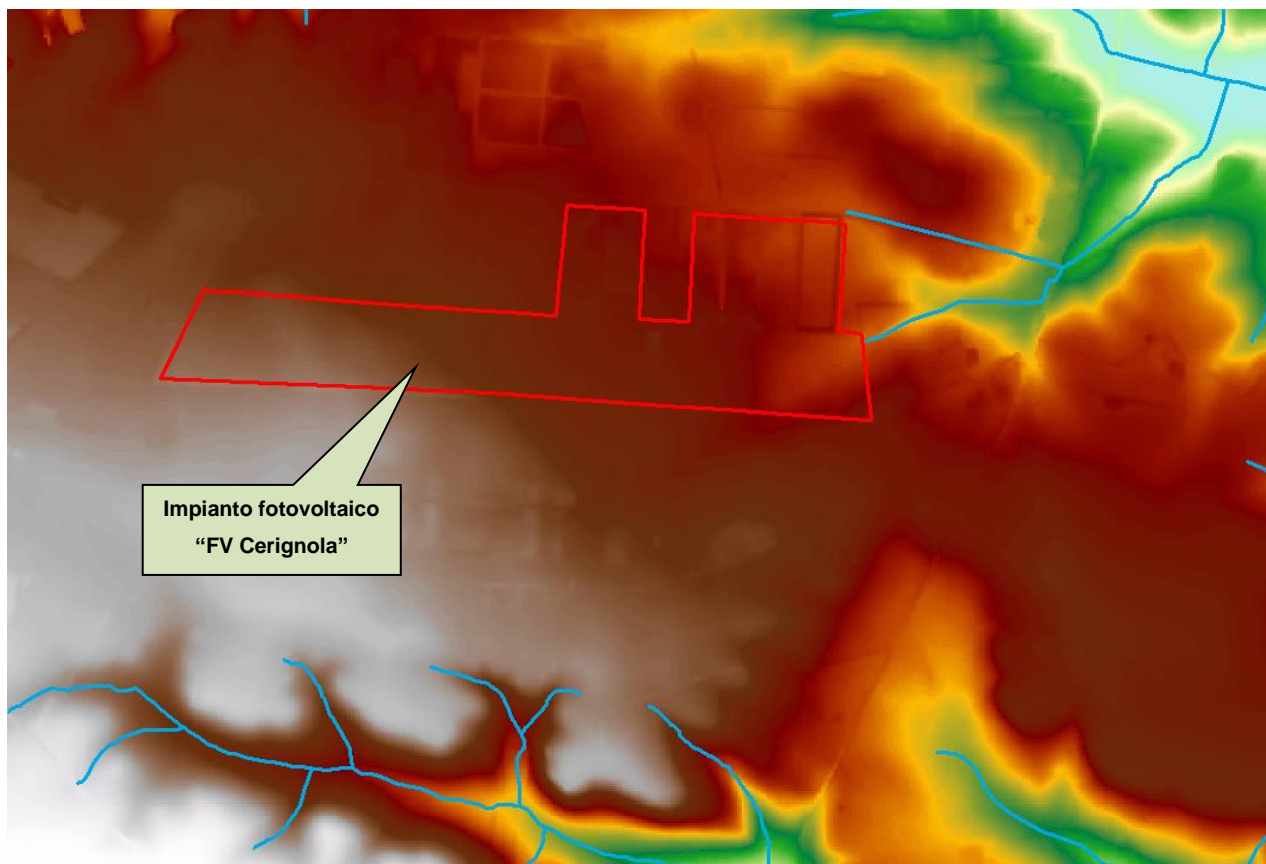


Figura 9: Inquadramento del bacino idrografico su DTM.

#### 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 Loconia (FG).

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.

<b>SOGGETTO PROPONENTE:</b>  <b>LIMES 23 S.R.L.</b>  Via Alessandro Manzoni, 41 20121 – MILANO (MI)		<b>CODE</b> SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00  <b>PAGE</b> 14 di/of 23
--	--	--

#### 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 settentrionale</b>	2.351	0.772	44.63

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  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  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  $T_R$  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  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  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 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  $\mu(X_t)$  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>	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+ln\alpha-lna)/ln24}$
<b>ZONA 2-4</b>	$\mu(h,t) = at^n$

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.

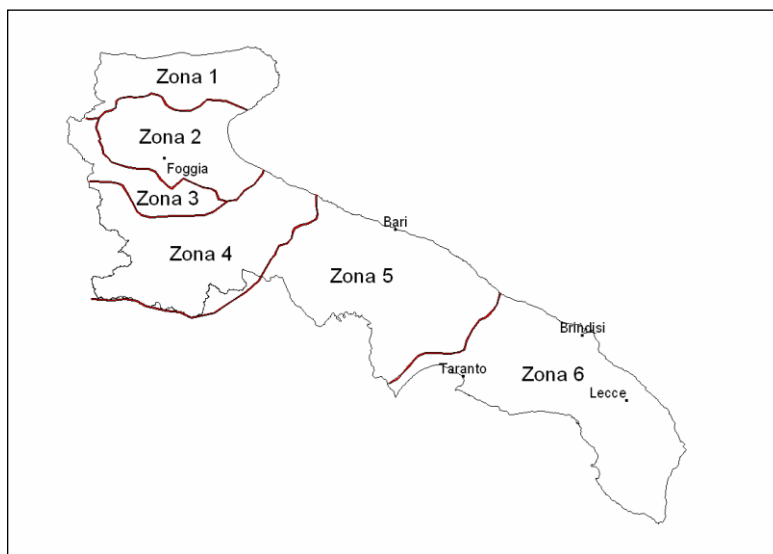


Figura 10: Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

<b>ZONA 5-6</b>	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+ln\alpha-lna)/ln24}$
-----------------	--

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:

$$\mu(X_d) = ad^{(Ch+D+ln\alpha-lna)/ln24} \quad (3)$$

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  $\alpha = xg/x24$  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	$\alpha$	$a$	$C$	$D$	$N$
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).

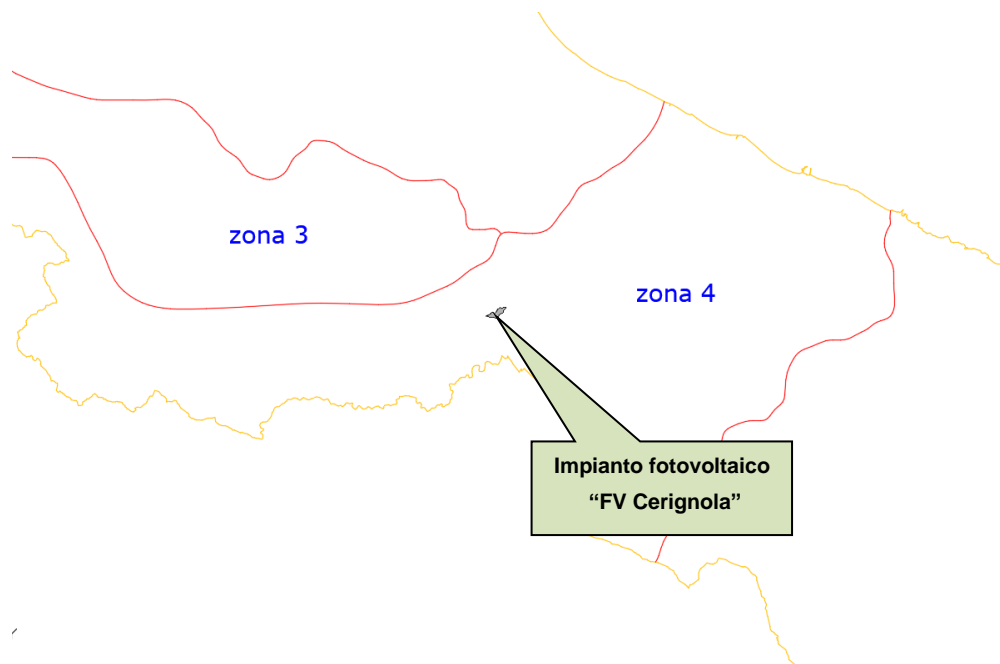


Figura 11: Individuazione della zona del VAPI in cui ricade il bacino idrografico.

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**.

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

19 di/of 23

T [anni]	a [mm/ore <sup>n</sup> ]	n [-]
1	17.69	0.256
5	30.45	0.256
10	37.55	0.256
20	44.66	0.256
30	48.81	0.256
50	54.05	0.256
100	61.16	0.256
200	68.26	0.256
500	77.65	0.256

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	17.69	23.43	27.98	33.42	39.90
5	30.45	40.34	48.17	57.52	68.69
10	37.55	49.75	59.41	70.94	84.72
20	44.66	59.16	70.65	84.37	100.75
30	48.81	64.67	77.22	92.22	110.12
50	54.05	71.61	85.51	102.11	121.94
100	61.16	81.02	96.75	115.53	137.97
200	68.26	90.43	107.99	128.96	153.99
500	77.65	102.87	122.85	146.70	175.18

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

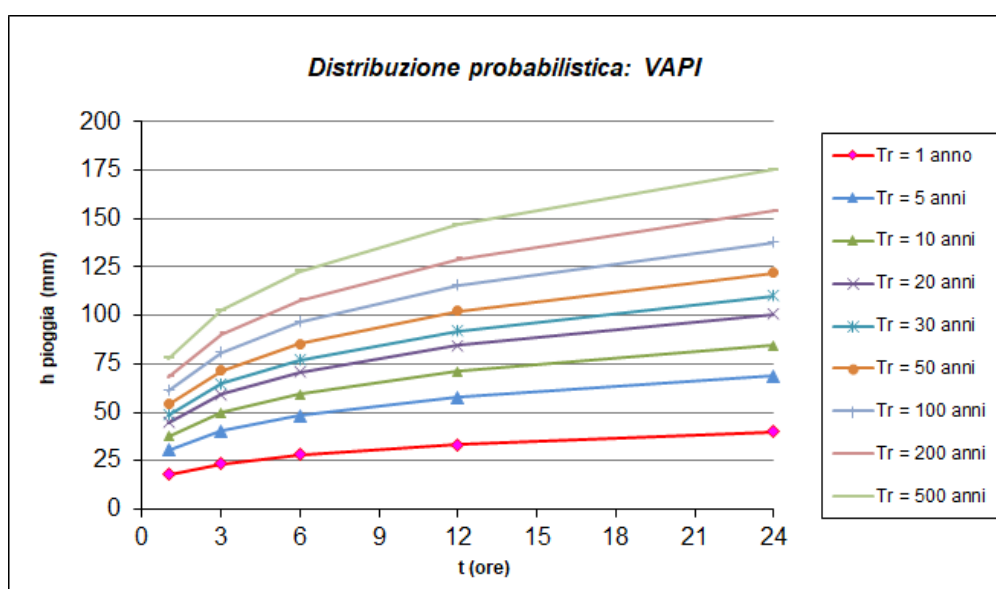


Figura 12: Curve di probabilità pluviometrica ricavate con la metodologia VAPI.

#### 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 topoieti della stazione pluviometrica di Loconia.

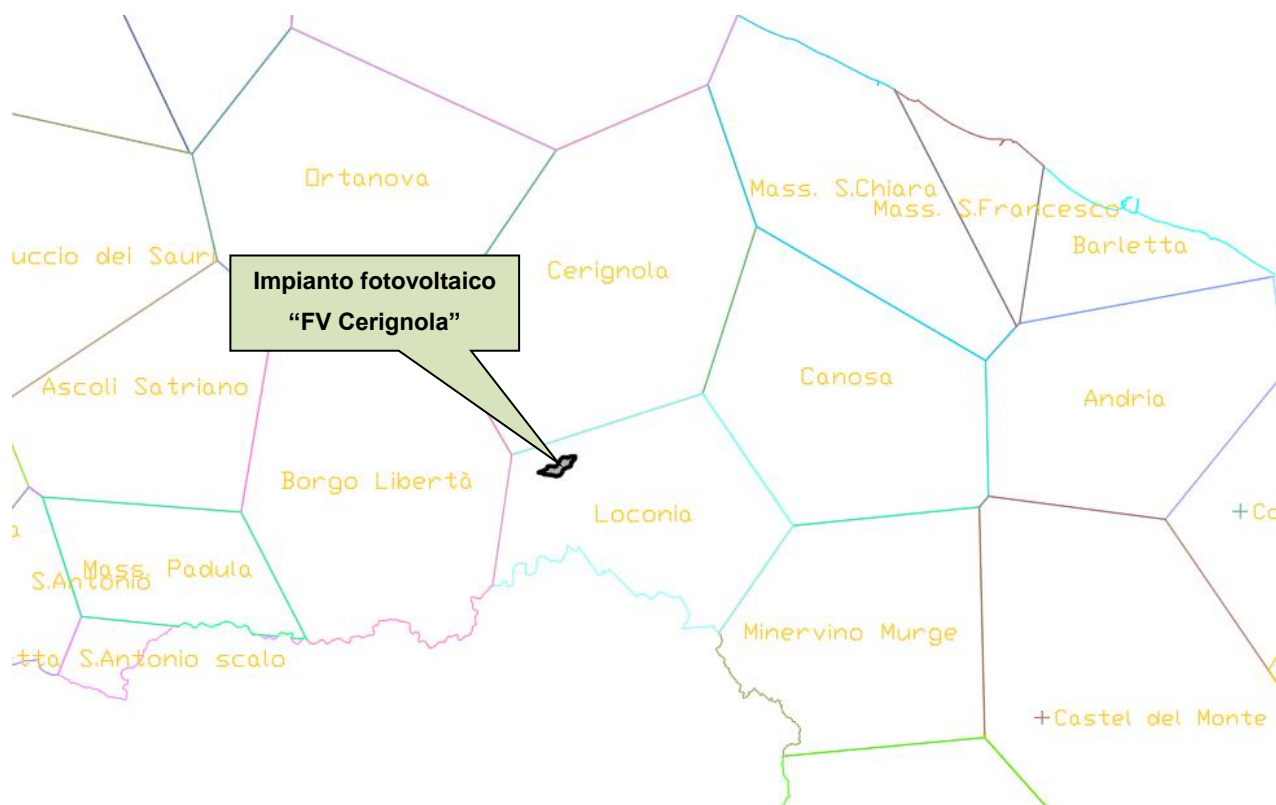


Figura 13: Individuazione dei topoieti delle stazioni pluviometriche in cui ricade il bacino idrografico.

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

21 di/of 23

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
1971	14.0	21.0	39.0	45.0	79.6
1972	43.6	46.6	54.6	67.4	84.6
1974	23.0	23.4	23.4	28.0	28.6
1975	24.0	46.2	50.0	67.8	70.8
1976	29.0	33.0	33.2	34.8	61.2
1977	9.4	11.4	16.6	21.2	28.8
1982	-	-	-	25.6	26.8
1983	34.8	38.8	44.4	52.0	66.0
1984	18.6	19.8	22.4	29.8	33.6
1985	18.8	18.8	28.2	39.4	44.2
1986	20.6	24.2	40.8	46.4	46.4
1987	9.2	17.0	21.4	31.6	39.6
1988	54.6	72.6	78	78	79.2
1989	19.4	31.6	31.6	31.6	31.6
1990	15.4	24.4	38.6	58.2	69.4
1991	32.4	34.6	35.0	35.0	45.2
1992	-	16.6	23.4	47.2	60.4
1993	14.6	18.0	22.6	27.0	44.4
1994	11.2	16.4	23.2	28.4	36.0
1995	41.0	42.0	42.0	42.2	42.4
1996	23.2	31.2	47.4	54.8	59.0
1997	24.4	24.4	26.0	27.6	32.8
1998	24.2	38.8	53.6	53.8	53.8
1999	32.6	32.6	41.4	41.6	41.6
2000	28.4	28.4	28.4	41.4	42.2
2001	14.0	25.6	35.0	42.8	48.0
2002	50.0	51.6	52.0	52.4	52.6
2005	15.6	23.4	26.0	26.6	38.6
2006	23.6	34.0	35.4	39.0	58.6
2007	23.8	27.2	28.0	28.0	33.2
2008	-	-	-	-	-
2009	26.4	26.4	30.0	30.4	44.4
2010	39.2	39.6	63.2	70.4	83.0
2011	26.0	27.0	38.8	54.4	59.6
2012	55.8	67.0	67.6	67.8	68.0
2013	29.8	36.4	39.0	61.0	78.8
2014	31.8	38.4	46.8	47.0	47.0
2015	35.8	41.0	41.0	41.0	41.0
2016	17.4	41.6	50.6	51.0	52.6
2017	13.6	25.0	27.6	36.4	36.4
2018	20.4	23.2	29.6	37.8	46.6
2019	22.0	25.8	26.4	43.2	53.4
2020	16.2	29.4	35.0	43.8	52.0

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 <sup>n</sup> ]	n [-]
1	18.69	0.253
5	33.63	0.191
10	40.36	0.176
20	46.82	0.166
30	50.54	0.161
50	55.20	0.155
100	61.47	0.149
200	67.73	0.144
500	75.99	0.139

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	18.69	24.69	29.43	35.08	41.82
5	33.63	41.47	47.33	54.02	61.65
10	40.36	48.97	55.33	62.51	70.62
20	46.82	56.16	62.99	70.65	79.24
30	50.54	60.30	67.40	75.34	84.21
50	55.20	65.46	72.90	81.19	90.42
100	61.47	72.43	80.33	89.09	98.80
200	67.73	79.37	87.72	96.95	107.15
500	75.99	88.52	97.47	107.33	118.18

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

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

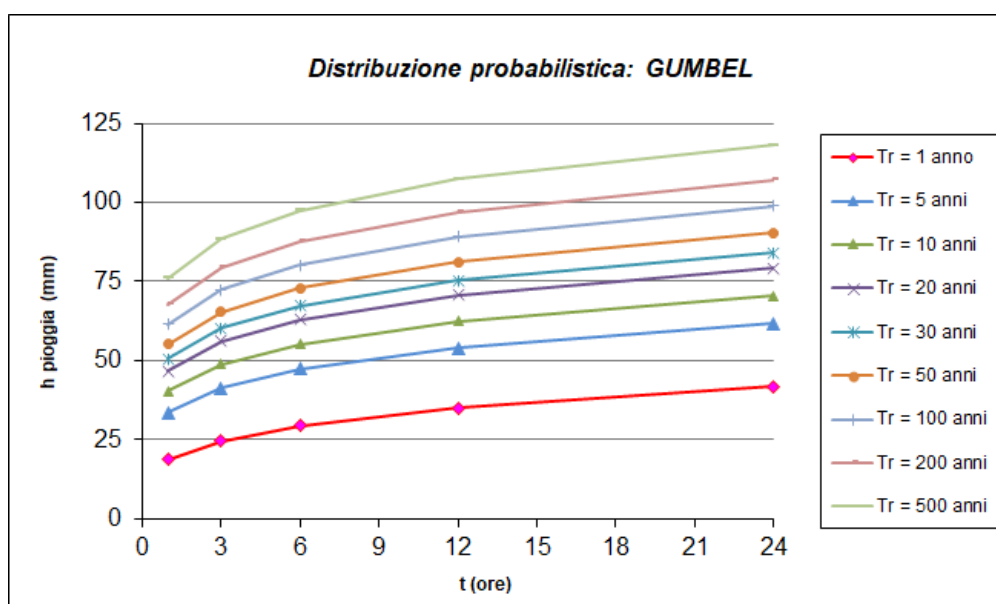


Figura 14: Curve possibilità climatica della metodologia GUMBEL.

SOGGETTO PROPONENTE:

**LIMES 23 S.R.L.**

Via Alessandro Manzoni, 41

20121 – MILANO (MI)



CODE

SCS.DES.R.CIV.ITA.P.1308.005.00

PAGE

23 di/of 23

## 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	33.63	30.45	41.47	40.34	47.33	48.17	54.02	57.52	61.65	68.69
10	40.36	37.55	48.97	49.75	55.33	59.41	62.51	70.94	70.62	84.72
20	46.82	44.66	56.16	59.16	62.99	70.65	70.65	84.37	79.24	100.75
30	50.54	48.81	60.30	64.67	67.40	77.22	75.34	92.22	84.21	110.12
50	55.20	54.05	65.46	71.61	72.90	85.51	81.19	102.11	90.42	121.94
100	61.47	61.16	72.43	81.02	80.33	96.75	89.09	115.53	98.80	137.97
200	67.73	68.26	79.37	90.43	87.72	107.99	96.95	128.96	107.15	153.99
500	75.99	77.65	88.52	102.87	97.47	122.85	107.33	146.70	118.18	175.18

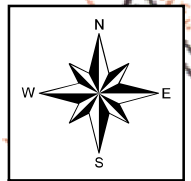
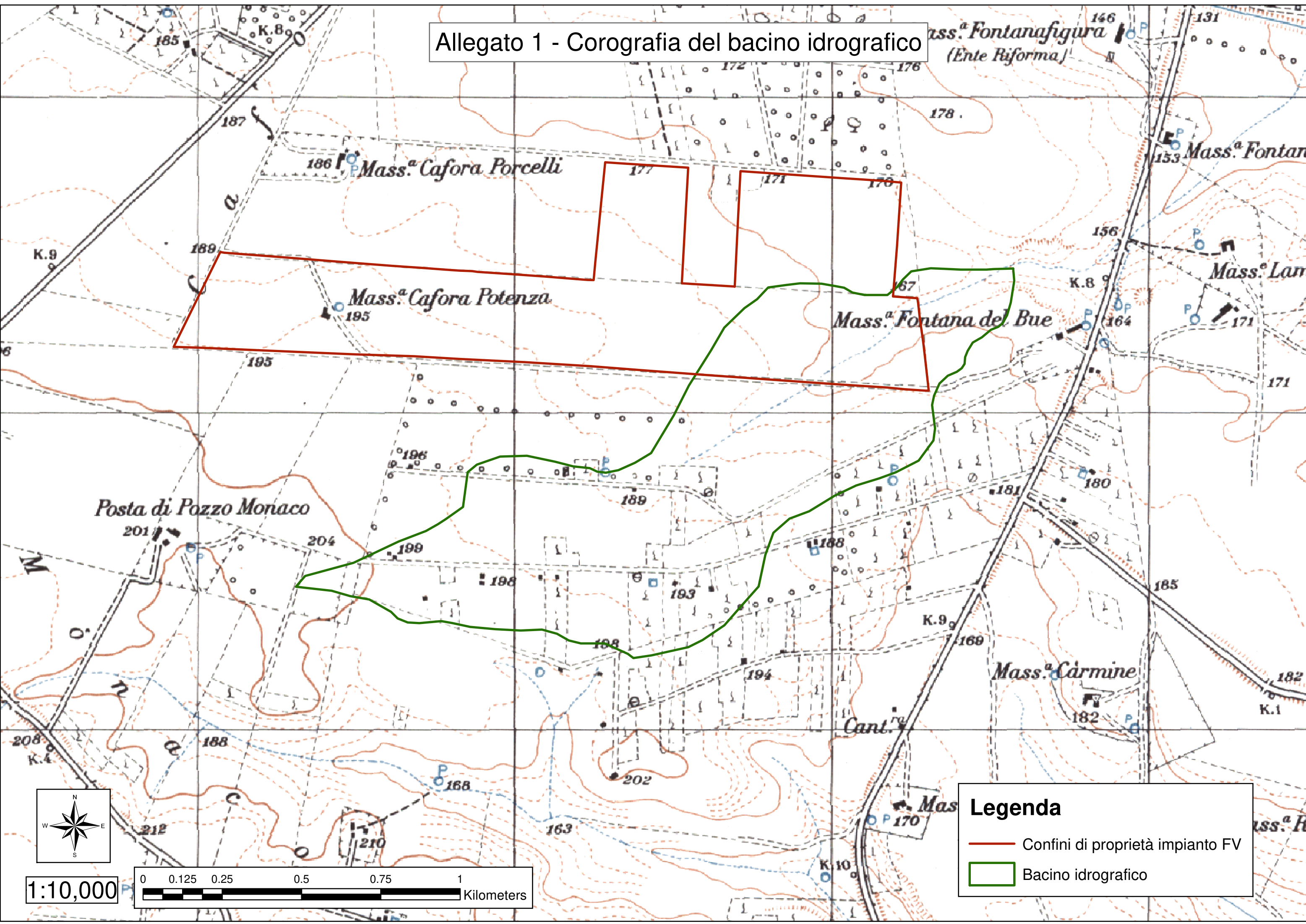
Tabella 13 : Confronto tra le altezze di pioggia ricavate con le due metodologie al variare della durata e del Tempo di Ritorno. In grassetto i valori maggiori per ciascuna delle durate analizzate

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 del VAPI.** 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.

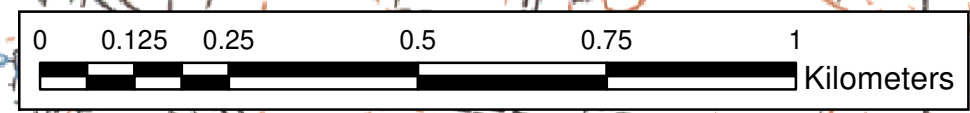
**IL TECNICO**



Allegato 1 - Corografia del bacino idrografico



1:10,000

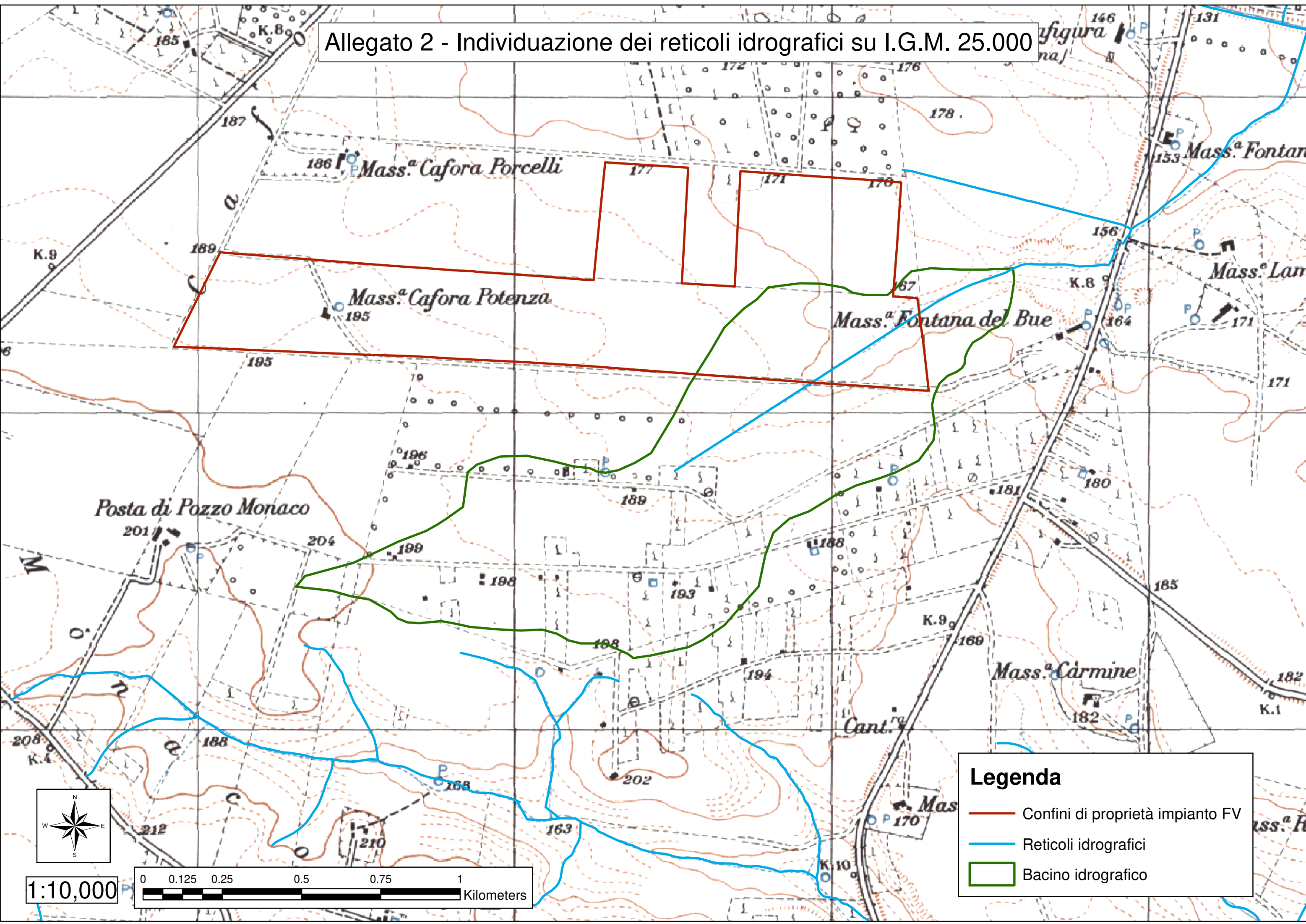


**Legenda**

- Confini di proprietà impianto FV
- Bacino idrografico



Allegato 2 - Individuazione dei reticoli idrografici su I.G.M. 25.000



**Legenda**

- Confini di proprietà impianto FV
- Reticoli idrografici
- Bacino idrografico

1:10,000

0 0.125 0.25 0.5 0.75 1 Kilometers