

# REGIONE PUGLIA



## Provincia di Brindisi

### COMUNI DI BRINDISI

**OGGETTO** PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI

**COMMITTENTE** **LIGHTSOURCE RENEWABLE  
ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.**  
Via Giacomo Leopardi, 7 Milano (MI)  
C.F./P.IVA: 11015610964

Codice Commessa PHEEDRA: 20\_05\_PV\_MRR

<b>CONSULENZA SPECIALISTICA</b>	 <p><b>PHEEDRA S.r.l.</b> Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285 e-mail: info@pheedra.it web: www.pheedra.it</p> <p><b>ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO</b> Dott. Ing. Angelo Micolucci Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851 Dott. Geol. Antonio Mattia Fusco</p> <p style="text-align: center;">Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione</p>	 <p><b>SOUTHERNERGY S.r.l.</b> Via del Commercio, 66 72017 - Ostuni (BR) Tel. 0831.331594 e-mail: info@southenergy.it web: www.southenergy.it</p> <p style="text-align: center;">Dott. Ing. Ilario Morciano</p>
		

REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO
2	Dicembre 2020	INTEGRAZIONI A.U. n.8485 del 27/11/2020	AF	AM	VS
1	Maggio 2020	PRIMA EMISSIONE	AF	AM	VS

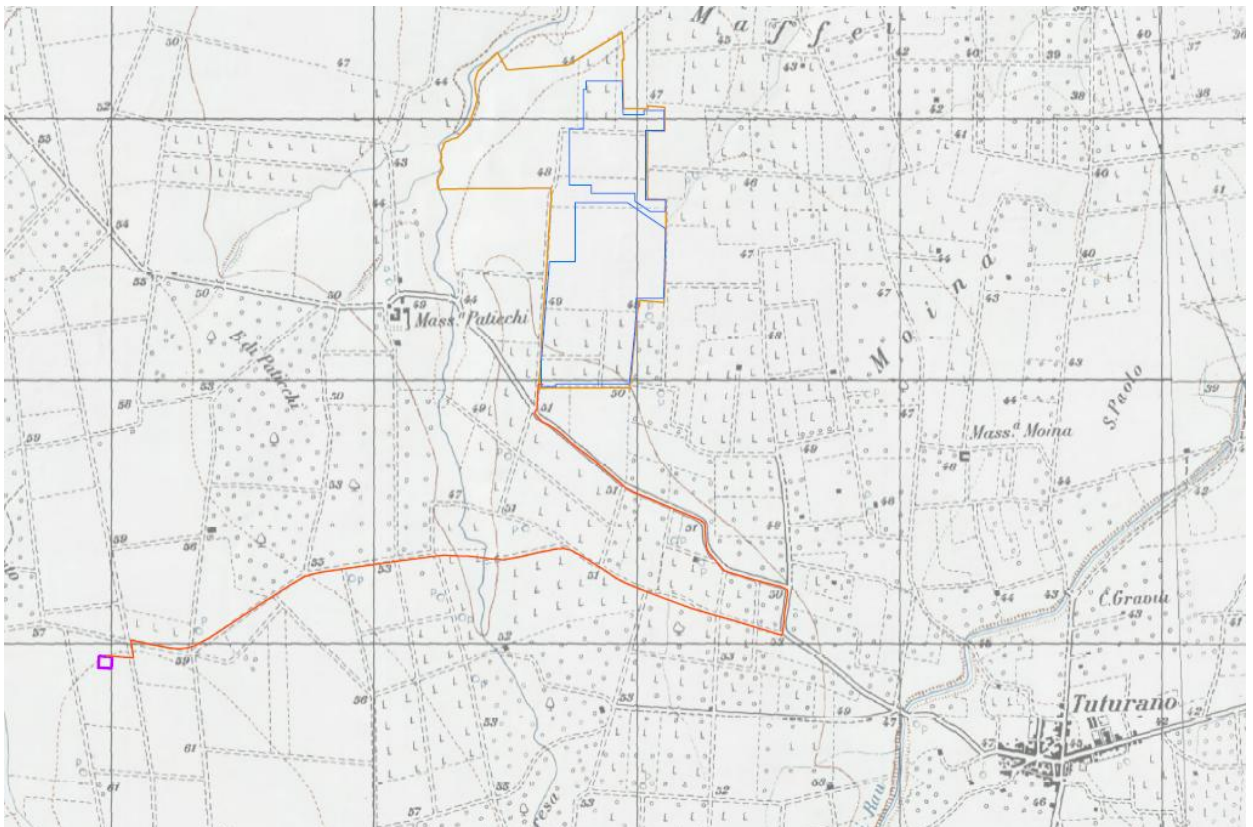
**OGGETTO DELL'ELABORATO** **RELAZIONE IDRAULICA**

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	MRR	AMB	CIV	006	02	MRR-AMB-REL-006_02	-

## 1. PREMESSA

Lo scrivente Dott. Antonio Mattia Fusco, iscritto all'Ordine dei Geologi Puglia al n.587, su incarico affidatogli dalla Società d'ingegneria – Pheedra s.r.l. per conto della società proponente ha eseguito il seguente studio nell'ambito del **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI.**

*L'impianto sarà collegato alla sottostazione di trasformazione mediante un cavidotto in media tensione interrato posta a sud-est dell'impianto in prossimità della masseria Cerrito.*



### LEGENDA

- Cavidotto di connessione
- Sottostazione elettrica
- Area impianto in progetto
- Limite catastale

Nei paragrafi che seguono sarà illustrata la situazione litostratigrafica locale, con la definizione dell'origine e natura dei litotipi, il loro stato di alterazione e fratturazione e la loro degradabilità, nonché i lineamenti morfologici della

zona. Lo studio geologico si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dal nuovo Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018 al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico atto a fornire i caratteri stratigrafici, litologici del sito.

Per lo svolgimento di tale relazione, preliminarmente è stato effettuato un rilevamento geologico di dettaglio è stata consultata la cartografia dell'area e si è fatto riferimento alle informazioni di carattere bibliografico disponibile per la zona oggetto di studio.

***Inoltre come recepito dalla normativa il modello geologico di riferimento è stato validato e supportato da indagini specifiche sia di tipo indiretto.***

Le indagini sono consistite in:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua;
- n. 1 indagine sismica a rifrazione;
- n. 1 indagine geoelettrica tomografica;
- n. 1 indagine sismica Re.Mi per l'individuazione della categoria sismica del suolo di fondazione.

## 2. ANALISI IDROLOGICA

Con riferimento alle precipitazioni che si verificano nel Brindisino, gli afflussi meteorici si attestano sul valore medio di circa 600 mm/anno, nonostante si segnali una tendenza di riduzione degli apporti in generale per la regione Puglia.

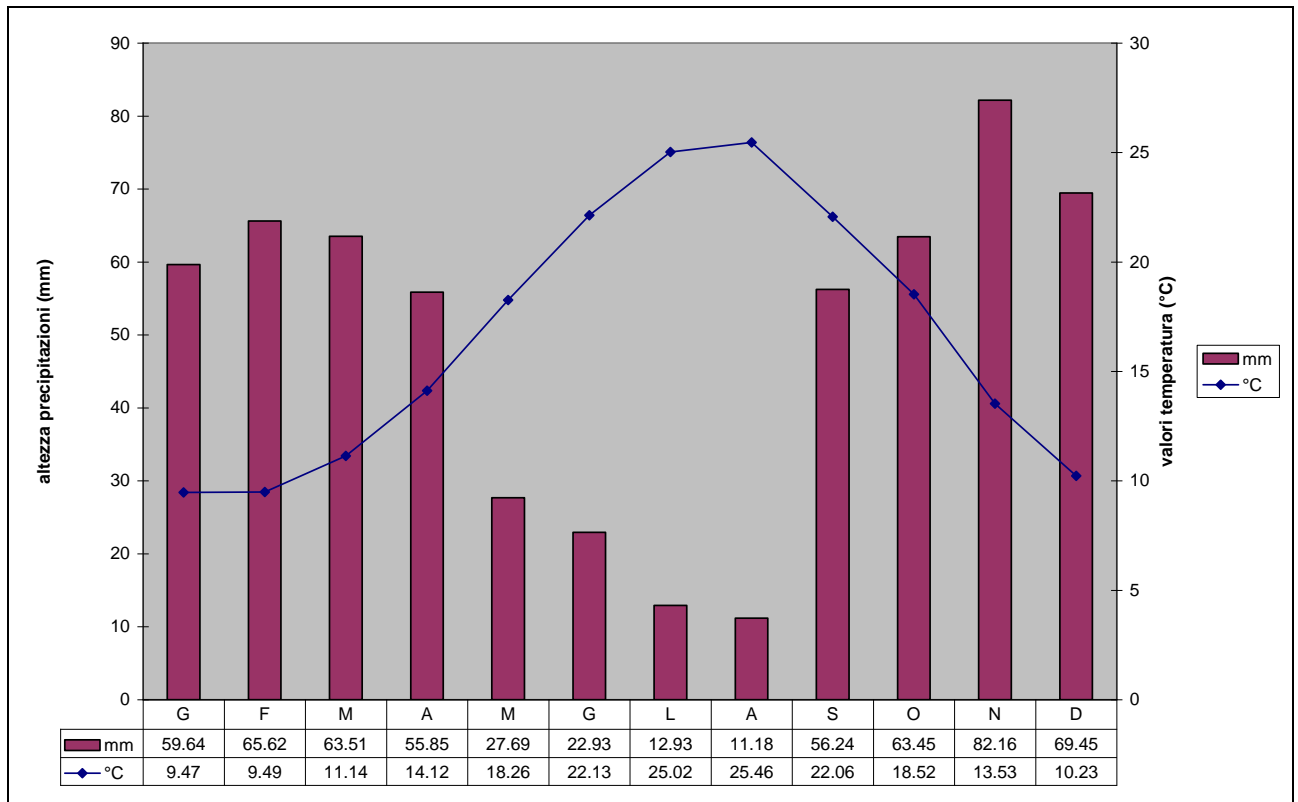
Le piogge sono prevalentemente concentrate a cavallo tra l'autunno e l'inverno mentre si riducono al sopraggiungere della stagione estiva, tanto che può verificarsi la scomparsa dei fenomeni precipitativi.

Mese	Precipitazione [mm]	Umidità relativa [%]	Temp max min
Gennaio	60,2	78	12,7 -6,3
Febbraio	63,1	75	13,2 6,6
Marzo	73,4	74	15,0 7,9
Aprile	35,0	72	18,0 10,1
Maggio	28,7	70	22,0 13,7
Giugno	19,4	71	25,8 17,6
Luglio	10,3	70	28,5 20,4
Agosto	25,3	72	28,6 20,6
Settembre	45,6	74	25,9 18,2
Ottobre	71,0	76	21,6 14,7
Novembre	74,2	77	17,4 10,5
Dicembre	68,1	77	14,1 7,6

**Tabella – Valori di precipitazione, umidità relativa e temperatura mensile; Fonte: elaborazione su dati stazione 320 A.M.**

I mesi invernali, durante i quali sono maggiori gli apporti meteo, sono anche quelli in cui si ha la maggior frequenza di giorni piovosi. Le temperature nel territorio sono mediamente comprese tra 9 e 24 °C. L'intervallo termico in genere tende a salire durante l'estate ma l'escursione tra massima e minima rimane pressoché costante durante tutto l'anno.

Per i dati climatici si è fatto riferimento ai dati delle statistiche meteorologiche ISTAT e ai dati del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare; la stazione presa in considerazione è quella di Brindisi.



**Fig. Grafico dati pluviometrici-temperature medie mensili relativi alla Stazione di Brindisi**

Il territorio di San Pietro Vernotico rientra nella zona Laetum sottozona calda (classificazione fitoclimatica di Pavari). Dall'esame dei dati climatici rilevati, risulta chiaro che il clima è tipicamente mediterraneo, caratterizzato da inverni miti ed estati caldo aride.

### **Analisi della piovosità critica**

L'analisi della piovosità critica a livello di bacino è stata condotta determinando le curve di possibilità pluviometrica, considerando le procedure individuate dal CNR-GNDICI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) nell'ambito del progetto VAPI (Valutazione delle Piene) e contenute nel Rapporto Sintetico (Analisi regionale dei massimi annuali dette precipitazioni in Puglia centro-meridionale).

Facendo riferimento a quest'ultimo, l'analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno è stata effettuata per il territorio della Puglia centro-meridionale ad integrazione di quanto effettuato in Puglia settentrionale da Claps et al., (1994).

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

I risultati hanno evidenziato (Castorani e Iacobellis, 2001) per l'area esaminata la consistenza di zona unica di primo e secondo livello. L'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta quindi diviso, al primo e secondo livello, in due sottozone. La prima (Claps et al, 1994) comprende la Capitanata, il Sub-appennino dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia e la Penisola Salentina. L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione, oltre alle quattro zone omogenee in Claps et al. (1994), di altre due zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

I dati pluviometrici utilizzati per le elaborazioni sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del Compartimento di Bari del S.I.M.N., le cui stazioni costituiscono una rete di misura con buona densità territoriale.

Le osservazioni pluviometriche interessano il periodo dal 1932 al 1994 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. Si è potuto disporre di serie variabili da un minimo di 19 dati ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, appartenenti alla Puglia centro-meridionale.

L'analisi condotta sulle piogge giornaliere, consente di accogliere l'ipotesi che le 66 stazioni appartengano ad una zona unica, al primo livello, entro la quale si possono ritenere costanti i valori teorici dei parametri  $\Theta^*$  e  $\Lambda^*$ . La stima, ottenuta utilizzando la procedura iterativa standard (Claps et al 1994), ha fornito i seguenti risultati:

$$\Theta^* = 2.121$$

$$\Lambda^* = 0.351$$

Anche nella procedura operata al 2° livello di regionalizzazione, la verifica dell'ipotesi di unica zona omogenea ha condotto ad un risultato positivo con valore costante di  $\Lambda_1$ .

Di seguito, in Tabella sono riepilogati i risultati ottenuti in tutta la regione.

Zona	$\Lambda^*$	$\Theta^*$	$\Lambda 1$
Puglia Settentrionale	<b>0.772</b>	<b>2.351</b>	<b>44.63</b>
Puglia Centro-meridionale	<b>0.353</b>	<b>2.121</b>	<b>17.55</b>

**Tabella Parametri regionali TCEV di 1 e 2 livello.**

Zona	Ca	$\sigma^2$ (Ca)	Cv	$\sigma^2$ (Cv)
Puglia Settentrionale	<b>1.66</b>	<b>0.52</b>	<b>1.31</b>	<b>0.554</b>
Puglia Centro-meridionale	<b>1.31</b>	<b>0.50</b>	<b>0.45</b>	<b>0.007</b>

**Tabella Asimmetria (Ca) e coefficiente di variazione (Cv) osservati.**

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (CV e G), è utile rappresentare la legge  $F(Xt)$  della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata  $Xt$  come prodotto tra il suo valore medio  $\mu(Xt)$  ed una quantità  $Kt,t$ , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno  $T$  e della durata  $t$ , definito dal rapporto:

$$Kt,T = Xt,T/\mu(Xt) \quad (1)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (1) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV.

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile; infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria,  $Ca$ , e dei coefficienti di variazione,  $Cv$ , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di  $Kt,T$  (nel seguito indicato con  $KT$ ), autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

In base ai valori regionali dei parametri  $\Theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda 1$ , si ottiene la curva di crescita per la zona della Puglia centro – meridionale riportata in Figura 3.5.

Il valore di  $KT$  può essere calcolato in funzione di  $T$  attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995):

$$KT = a + b \ln T \quad (2)$$

in cui :

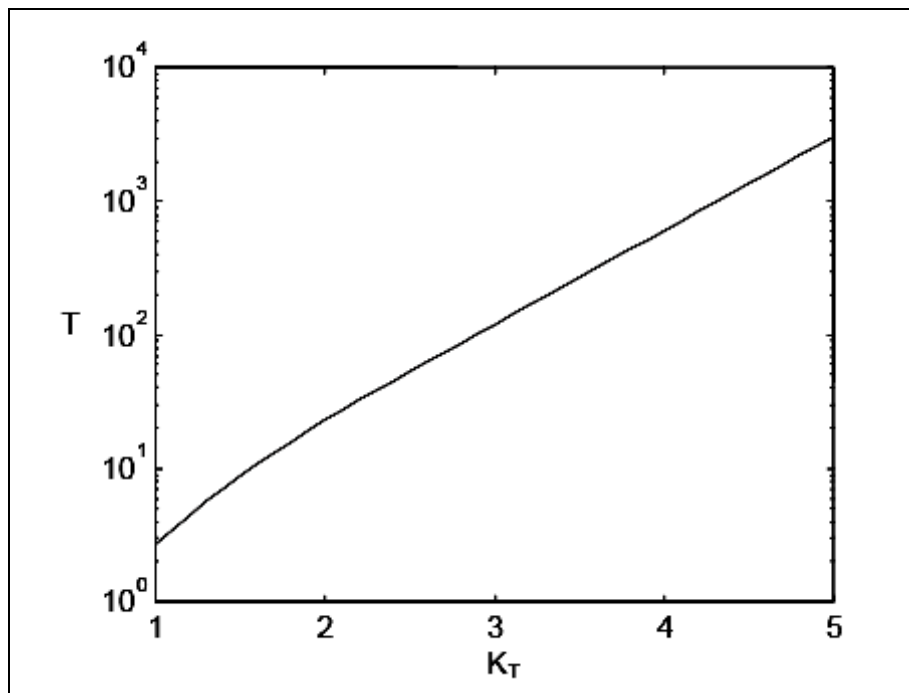
$$a = (\Theta \cdot \ln \lambda^* + \ln \Lambda 1) / \eta; \quad b = \Theta^* / \eta$$

$$\eta = \ln \Lambda 1 + C - T_0$$

C = 0.5772, (costante di Eulero).

$$T_0 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^i \cdot \lambda^i}{i!} \cdot \Gamma\left(\frac{i}{\theta^*}\right)$$

Nella Tabella 3.5 seguente sono riportati i valori dei parametri a e b, e i relativi valori η e T<sub>0</sub>, che consentono di determinare nella forma (2) le leggi di crescita relative all'area in esame:



**Figura . Curva di crescita per la Puglia centro – meridionale.**

Zona omogenea	a	b	T <sub>0</sub>	η
Puglia centro-meridionale	0.1599	0.5166	0.6631	4.1053

**Tabella Parametri dell'espressione asintotica (2).**

Va tuttavia osservato che l'uso 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.



Per semplificare la valutazione del fattore di crescita, nella Tabella 3.6 sono riportati, i valori di KT relativi ai valori del periodo di ritorno più comunemente adottati nella pratica progettuale.

T (anni)	5	10	20	30	40	50	100	200	500	1000
KT	<b>1,26</b>	<b>1,53</b>	<b>1,82</b>	<b>2,00</b>	<b>2,13</b>	<b>2,23</b>	<b>2,57</b>	<b>2,90</b>	<b>3,38</b>	<b>3,73</b>

**Tabella Valori del coefficiente di crescita KT per la Puglia Centro-Meridionale.**

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  $\mu(Xt)$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$  alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(Xt) = a t^n \quad (3)$$

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

Nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera  $\mu(Xg)$  e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori  $\mu(Xg)$  e le quote sul mare  $h$ :

$$\mu(Xg) = C h + D \quad (4)$$

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

Lo studio condotto nell'area centro-meridionale della Puglia, ha condotto alla individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota s.l.m. per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione. 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, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.

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, viene generalizzata nella forma:

$$\mu(X_t) = at(Ch + D + \log a - \log a) / \log 24$$

in cui  $a$  è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di  $\mu$  ( $X_1$ ) relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea;  $a = xg/x_{24}$  è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche di pari 6 numerosità. Per la Puglia il valore del coefficiente  $a$  è praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89;  $C$  e  $D$  sono i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare.

Per le due zone individuate i valori dei parametri sono riportati in Tabella 3.7.

Zona	$a$	$a$	$C$	$D$	$N$
5	<b>0.89</b>	<b>28.2</b>	<b>0.0002</b>	<b>4.0837</b>	-
6	<b>0.89</b>	<b>33.7</b>	<b>0.0022</b>	<b>4.1223</b>	

**Tabella Parametri delle curve di 3° livello.**

Nelle Figure di seguito sono rappresentate le curve di possibilità climatica, nelle due zone omogenee (5 e 6) individuate dallo studio nell'area centro meridionale della regione (Figura 3.6).



**Figura Sottozone omogenee**

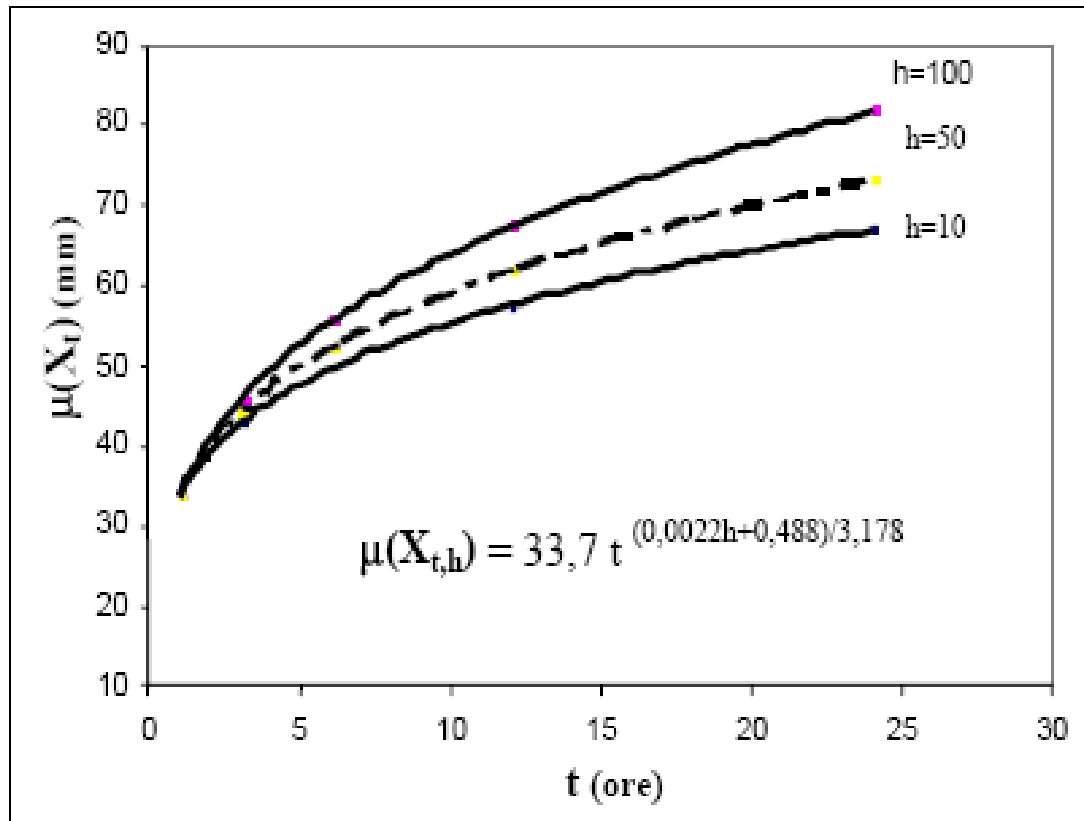


Figura. Curva di probabilità pluviometrica, Zona 6 (Penisola salentina).

In aderenza a tale metodologia sono state pertanto determinate le altezze di pioggia attese con diversi tempi di ritorno, nello specifico 10, 30 e 200 anni. La zona climatica in cui è compresa l'area di studio è quella "sei". Per lo sviluppo del calcolo, è stata considerata una altitudine media del bacino idrografico di riferimento pari a 48 metri s.l.m, mentre i coefficienti di crescita sono stati considerati pari a 1,53 ( $Tr = 10$  anni), 2 ( $Tr = 30$  anni) e 2,9 ( $Tr = 200$  anni).

I valori delle altezze di pioggia in millimetri per le diverse durate di tempo, di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, sono riportati nella Tabella 3.8 ed esplicitati nel grafico di Figura 3.8

Durata di pioggia (ore)	Altezza (mm) $Tr = 10$ anni	Altezza (mm) $Tr = 30$ anni	Altezza (mm) $Tr = 200$ anni
1	51,56	67,40	97,73
3	63,45	82,94	120,26
6	72,23	94,54	137,09
12	82,44	107,76	156,26
24	93,97	122,84	178,11

Tabella 3.8 Valori delle altezze di pioggia, per definita durata, in funzione del tempo di ritorno ( $Tr$ ) dell'evento.

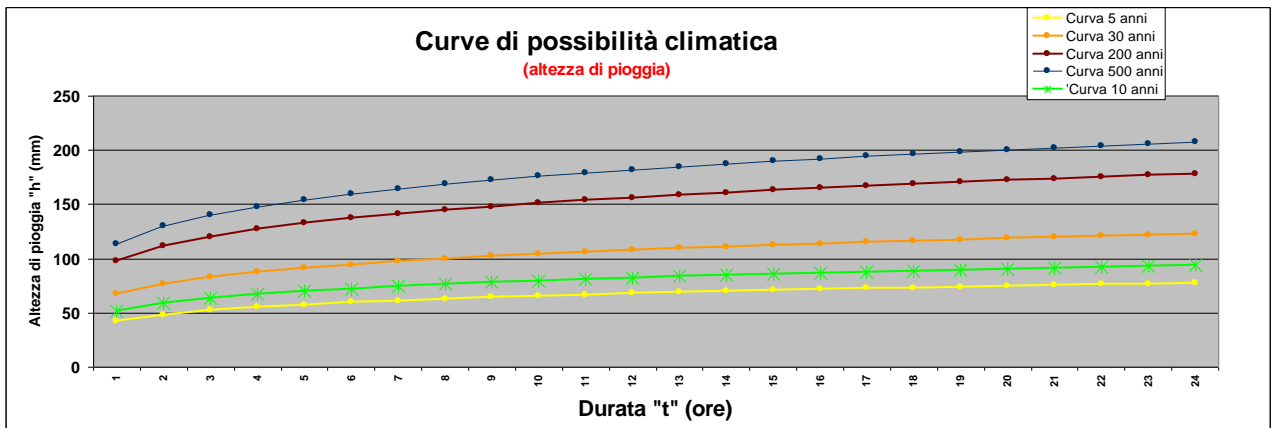
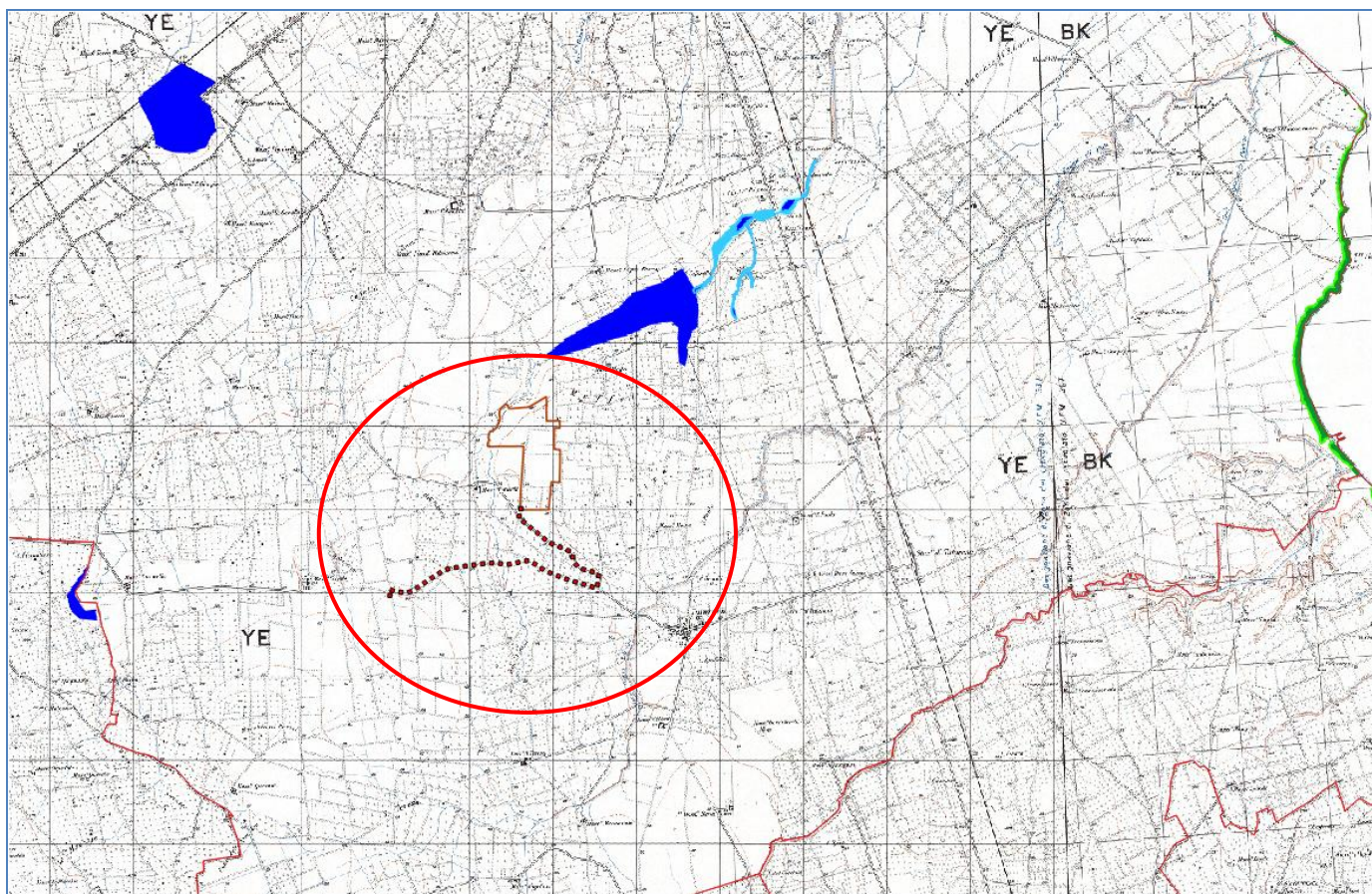


Figura 3.8. Curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno ( $T_r$ ) dell'evento (10, 30, 200 anni).

### 3. INQUADRAMENTO PAI

Dalla cartografia PAI si evince che le aree interessate dal **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI** oltre alle aree interessate dalle opere di connessione e dalla sottostazione di trasformazione, sono escluse da qualsiasi tipo di pericolosità, *sai IDRAULICA CHE GEOMORFOLOGICA*.



- Inquadramento sul PAI