

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRENTO

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Corso di Idrologia

**ESERCITAZIONE
sul calcolo delle linee segnalatrici
di possibilità pluviometrica con R**

Docente

Prof. Riccardo Rigon

Studenti

**Alessandro Pirola
Simone Rover**

Anno accademico 2011-12

INDICE

• Presentazione della stazione metereologica di Lavarone	3
• Presentazione dei dati relativi alla serie storica della stazione	4
• Analisi preliminare dei dati orari	7
• Elaborazione dei dati orari	11
• Calcolo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica	18

PRESENTAZIONE DELLA STAZIONE METEOREOLOGICA DI LAVARONE

La stazione di rilevamento meteorologico da noi studiata si trova nel comune di Lavarone, centro abitato situato sull'altopiano di Folgaria, Lavarone e Luserna, nelle prealpi vicentine a circa 1.200 metri di altitudine.

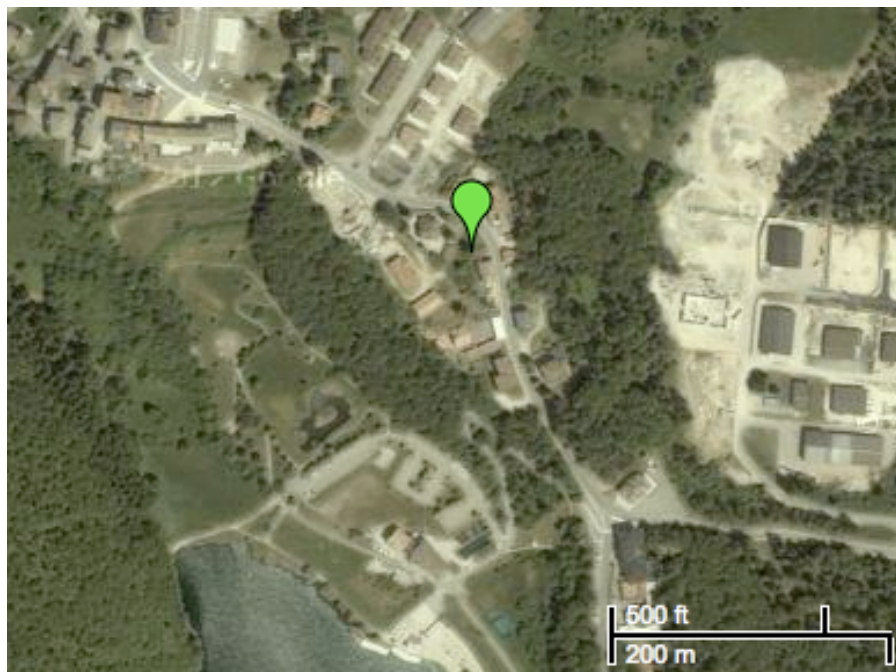
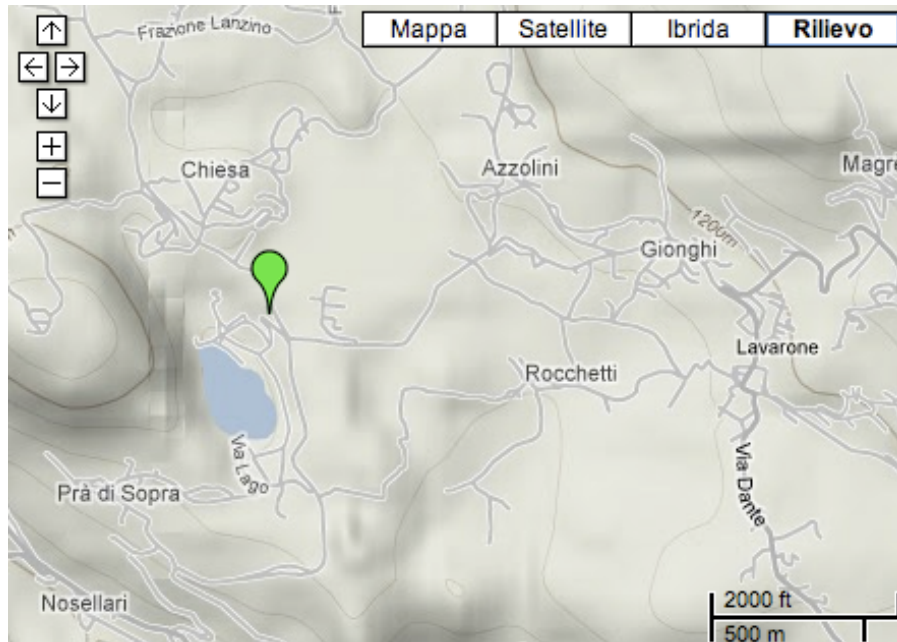


FIGURA 1 E 2: vista da satellite della zona in cui è situata la stazione di rilevamento

PRESENTAZIONE DEI DATI RELATIVI ALLA SERIE STORICA DI RILEVAMENTO DELLA STAZIONE

Nella tabella seguente sono riportati i valori relativi alle massime precipitazioni rilevate presso la stazione meteorologica di Lavarone dal 1921 al 2002.
La serie di dati presentata non è però continua, mancando infatti vari dati rilevamenti (N.A.), specie nella prima metà dello scorso secolo.

Stazione di Lavarone (Chiesa)

anno	15min	30min	45min	1ora	3ore	6 ore	12ore	24ore	1giorno	2giorni	3giorni	4giorni	5giorni
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1921	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	53	53	65	65	70,5
1922	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	57,5	81,5	102,5	109	120
1923	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	70	90	99,8	110,5	113,5
1924	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	87,2	87,2	107,6	107,8	107,8
1925	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	81	114,1	132,3	143,1	153,1
1926	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	162	259,8	293,4	310	319
1927	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	95,4	134,9	180,1	184,6	187,6
1928	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	194,6	231,4	250,6	250,6	363,6
1929	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	43,2	43,8	59,8	62,4	69,4
1930	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	86,8	104,8	109,4	109,6	116,6
1931	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	80,8	125	150	205	213,5
1932	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	52,2	56,5	69,2	101,2	102,6
1933	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	53,6	96,4	105,8	109,4	111,8
1934	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	81,4	115,8	160,4	165,4	174
1935	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	100,2	125	133,8	193	217,8
1936	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	77,6	85,4	88,2	89,2	92
1937	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	67,6	97,4	110,2	111,6	111,8
1938	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	74,6	101,6	116	130,8	151,6
1939	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	115,4	136	152	158,8	159,6
1940	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	126,6	135	135,6	135,6	169
1941	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	95,8	131,6	140,4	143,8	146,8
1942	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	101,4	109	145,4	155,6	159,2

[illegible]

1976	N.A.	21.0	N.A.	28.0	49.0	76.6	115.6	184.0	116,4	191,6	192,4	207,6	265
1977	6.0	8.2	9.4	12.4	21.6	35.0	51.6	71.6	71,4	88,2	96,2	102,2	110,2
1978	5.0	10.0	11.6	14.0	25.0	39.6	66.0	110.8	110,8	166	171	187,6	207
1979	10.2	14.6	15.4	16.8	35.0	62.0	105.0	148.2	147,2	184,4	220	239	256,8
1980	18.6	20.2	21.6	22.4	68.0	113.2	175.0	236.4	163,4	274,4	292,4	307	312,6
1981	15.6	18.8	20.4	21.8	43.0	73.8	105.8	128.4	128,2	137	139,8	139,8	147
1982	9.8	12.0	14.2	15.6	31.0	52.2	90.4	99.6	93,6	110,6	126,8	129,2	129,2
1983	9.4	11.6	12.0	12.6	19.8	28.6	56.6	73.2	67	78,6	92,8	112,2	132,4
1984	8.0	10.0	12.0	15.8	28.4	37.2	52.8	59.6	59,6	83,4	89,8	110,2	112,4
1985	10.8	12.2	17.8	19.8	31.6	40.2	42.0	54.2	53,8	100,2	116,8	142,6	145
1986	8.6	17.0	19.2	19.2	28.4	44.6	71.2	142.2	142,2	207	227,6	243,2	248,8
1987	14.0	21.0	23.0	30.0	50.6	78.0	106.0	147.8	147,8	150,6	153,2	153,4	153,4
1988	13.8	14.2	19.4	22.6	39.6	56.8	76.8	104.4	102,6	123	129,2	135,2	135,2
1989	26.0	34.4	34.4	38.8	45.8	45.8	59.8	88.0	84,4	139,8	142,6	145,4	148,6
1990	12.4	15.4	22.2	26.4	32.0	40.0	57.0	107.0	107	142	144	145	150,8
1991	N.A.	20,6	21,6	22,4	32,6	54,4	82,6	127,4	72,6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1992	7,8	11,4	14	17,2	37	59	87,6	130,2	100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1993	11,2	19,8	22,8	25,6	53,4	87,8	144,2	164	129,4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1994	18,4	22	29,8	34,8	43	51,6	59,6	80,4	66,8	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1995	9,8	12	14,4	15,2	21,6	36,2	41,8	59,8	51,2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1996	12	14,2	16,8	18	29	42,4	62,8	91,8	63,2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1997	6,6	10,4	12,2	14	31,8	48	56,4	66	61,6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1998	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1999	12,4	17	20,4	25,8	53,8	81,6	156	177,8	147	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2000	14,2	24,8	28,4	31,6	46,4	64,6	119	152,6	96,2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2001	14,8	17,4	19,4	20,6	26,6	41,4	60	87,4	70	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
2002	20,2	30,6	38,6	44,6	58	64,8	90	138,4	96	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

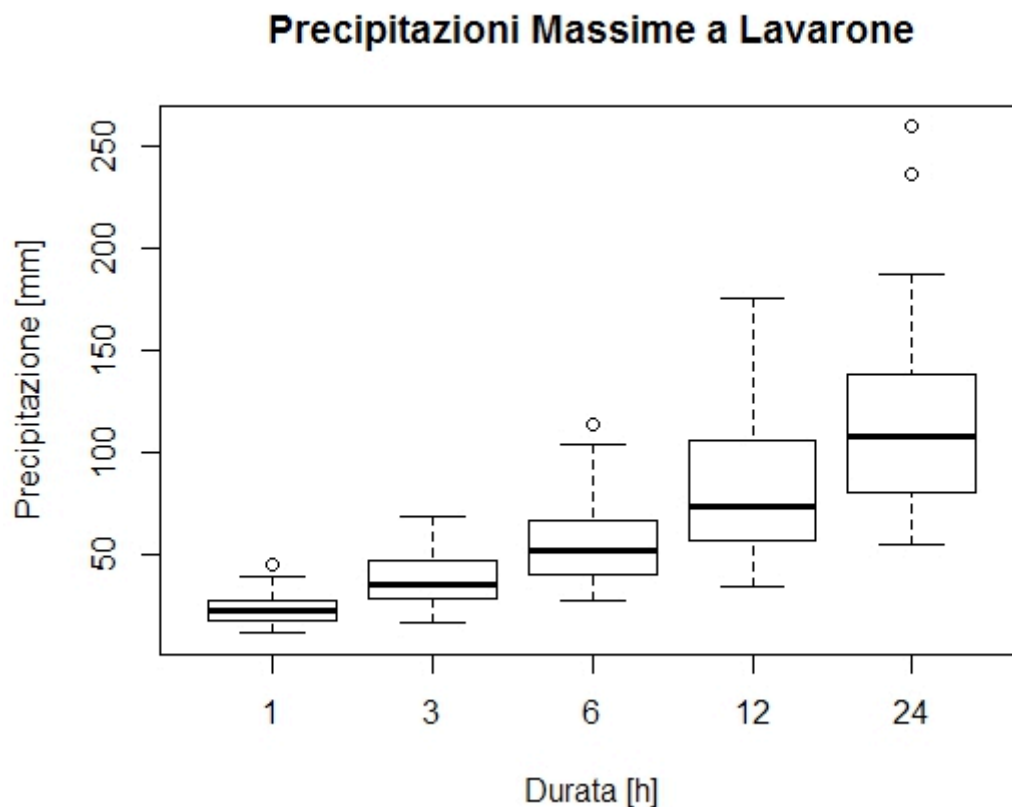
TABELLA 1: i dati di massima precipitazione rilevati a Lavarone.

ANALISI PRELIMINARE DEI DATI ORARI

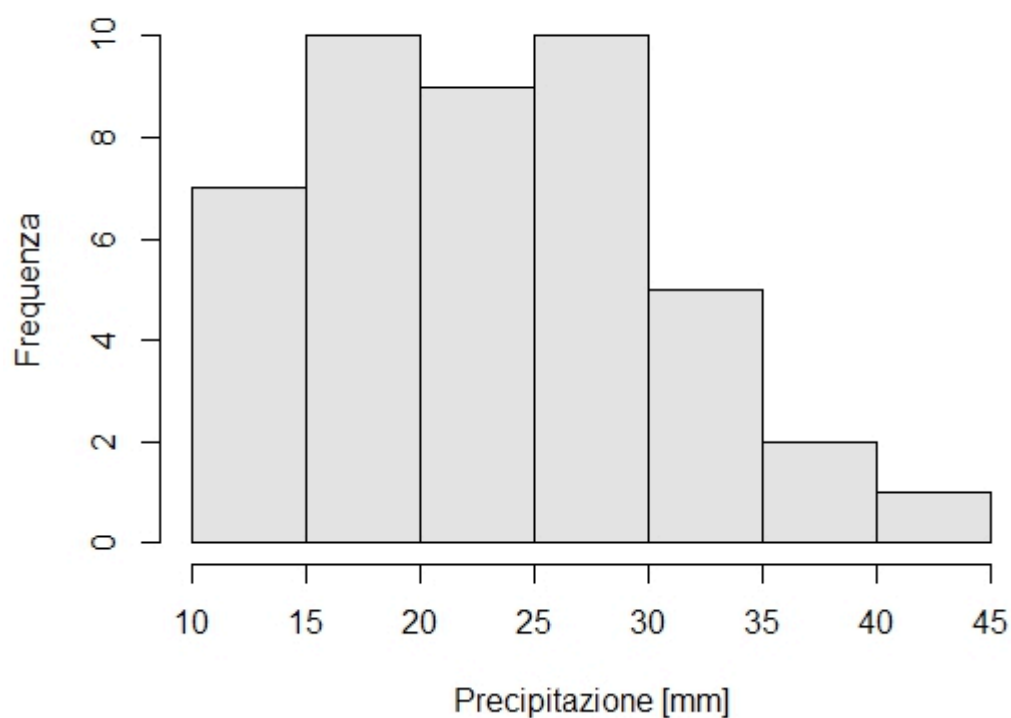
In questa relazione sono stati presi in considerazione i dati riguardanti intervalli temporali maggiori o uguali all'ora tralasciando invece quelli inerenti alla trattazione degli scrosci (15min, 30min e 45min).

Qui di seguito abbiamo riportato degli istogrammi al fine di verificare qualitativamente la distribuzione delle frequenze dei valori massimi di precipitazione, inerenti a intervalli orari omogenei.

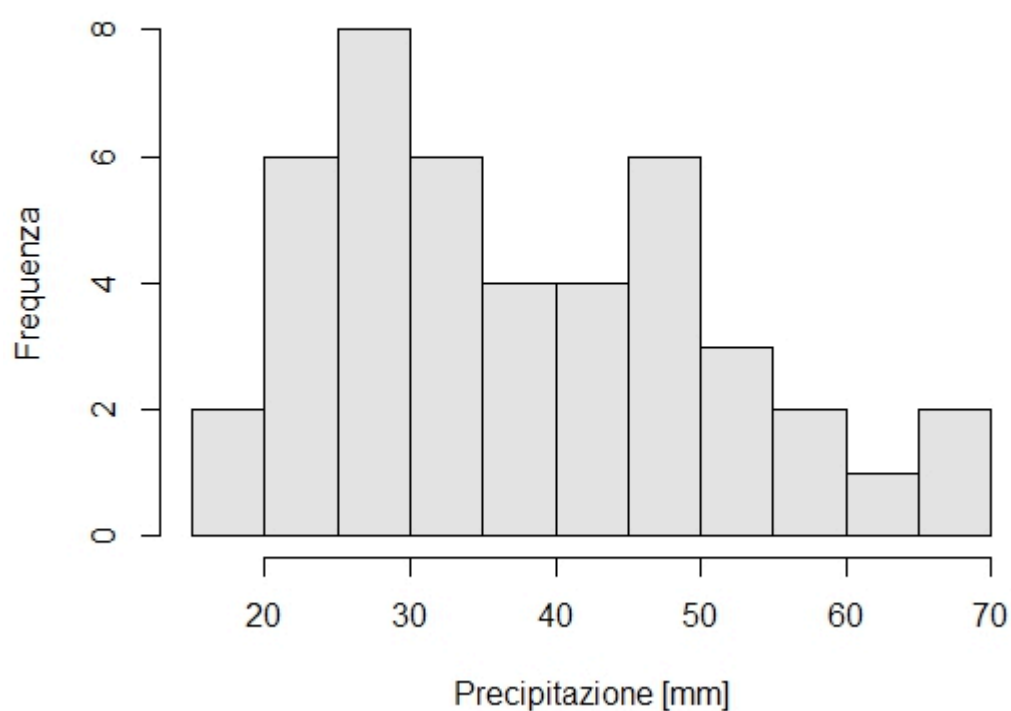
È inoltre presente un boxplot che ci dà informazioni relative all'andamento delle medie, dei quantili e della dispersione dei dati rispetto alla media stessa.



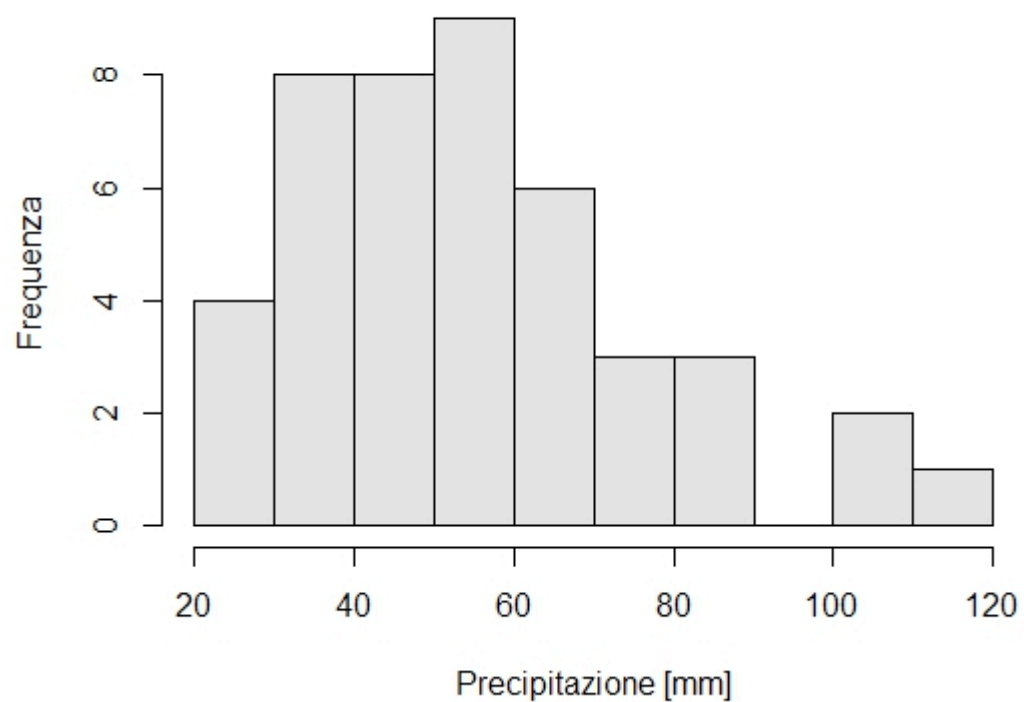
Precipitazioni Massime di 1 Ora a Lavarone



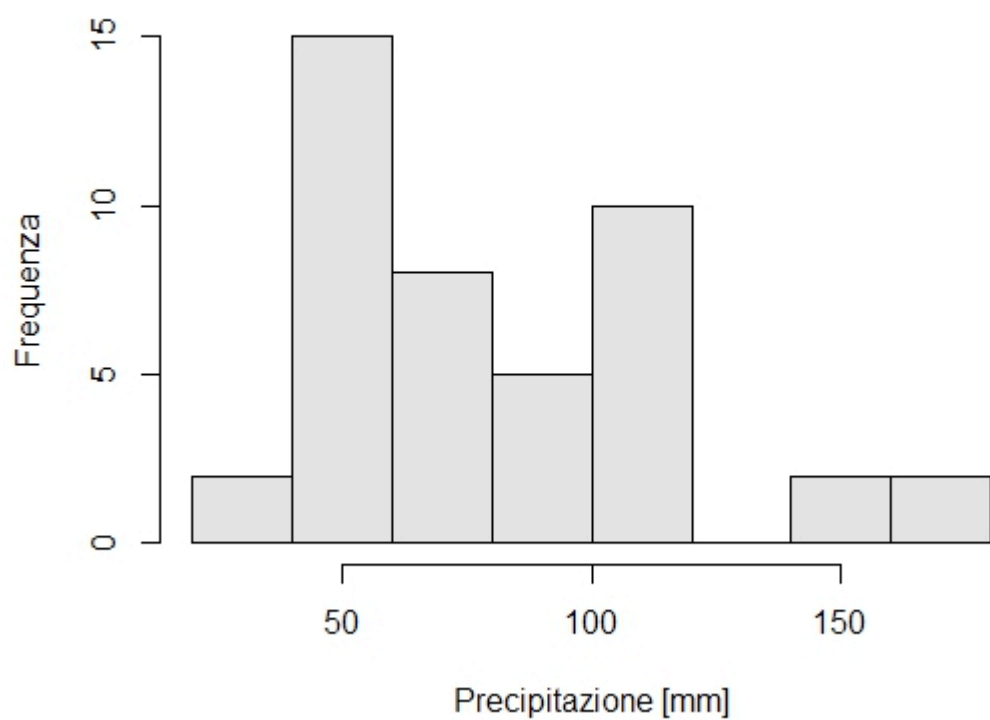
Precipitazioni Massime di 3 Ore a Lavarone



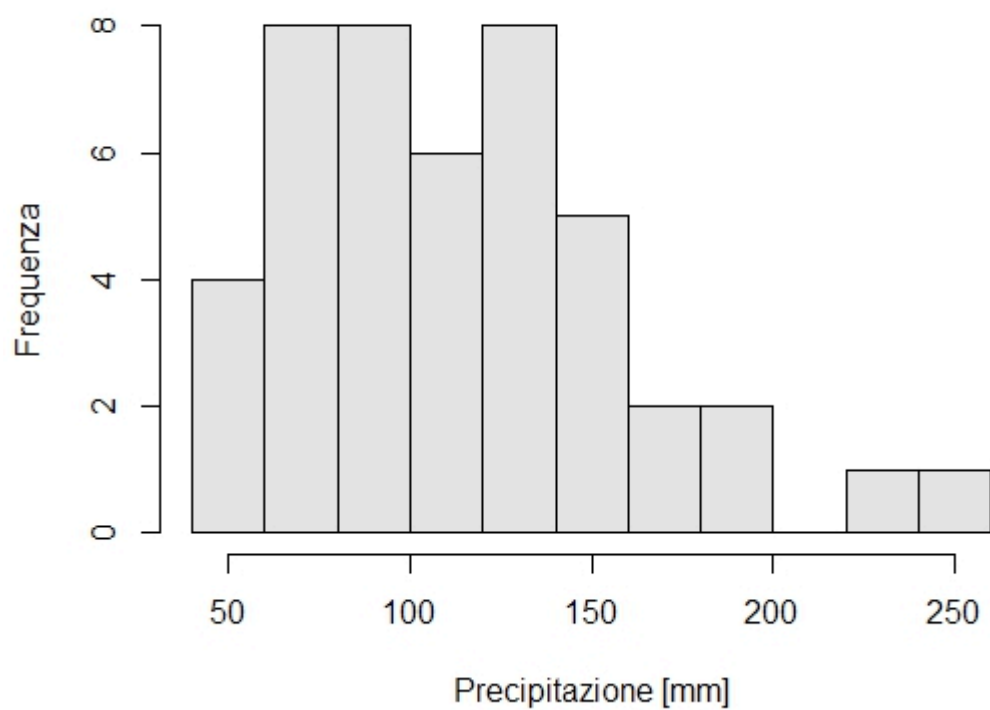
Precipitazioni Massime di 6 Ore a Lavarone



Precipitazioni Massime di 12 Ora a Lavarone



Precipitazioni Massime di 24 Ora a Lavarone



ELABORAZIONE DEI DATI ORARI

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, ciò che vogliamo ottenere, esprimono la relazione fra le altezze massime di precipitazione (o le intensità) e la loro durata, per un assegnato valore del tempo di ritorno.

La determinazione di tali linee si ottiene dall'analisi delle funzioni di distribuzione empirica cumulata (CDF), costruite per i valori dei massimi annuali, adattando a ciascuna di esse un predefinito modello probabilistico i cui parametri vengono stimati a partire dai campioni.

La funzione di distribuzione di probabilità da noi utilizzata è quella di Gumbel, le cui curve possono essere raggruppate nella seguente relazione algebrica:

$$P[H < h; a, b] = e^{-e^{-\frac{h-a}{b}}} \quad -\infty < h < \infty$$

dove b è un parametro di forma ed a un indicatore di posizione (la moda). Tali parametri sono legati rispettivamente alla media ed alla varianza dalle seguenti relazioni:

$$\text{media: } \mu_x = b\gamma + a \quad \text{varianza: } \sigma_x = b \frac{\pi}{\sqrt{6}}$$

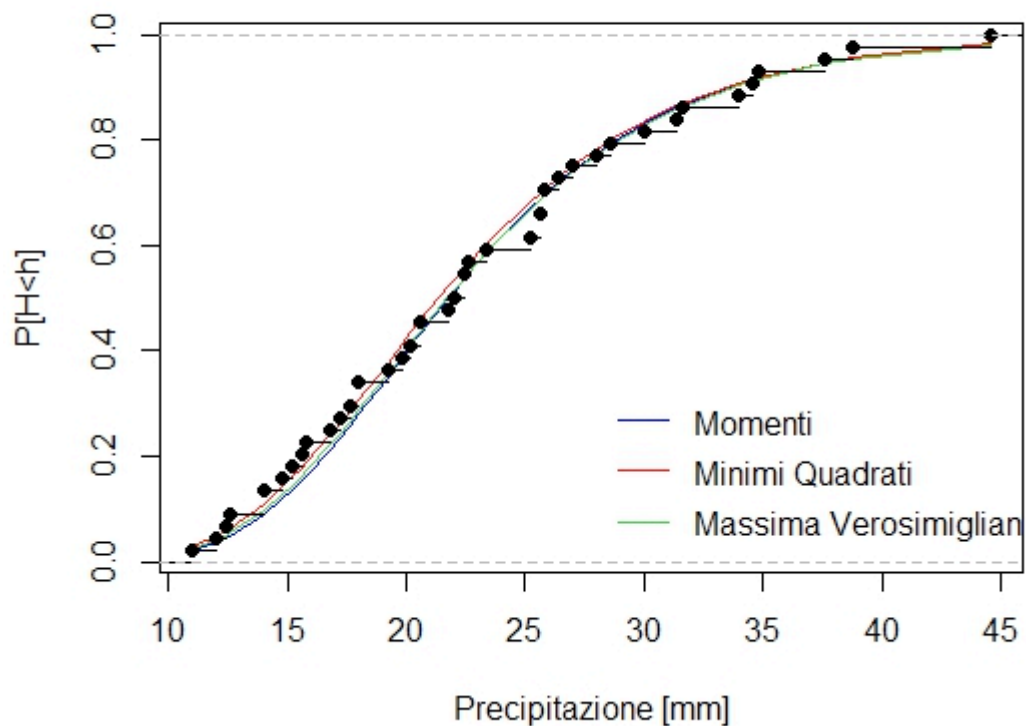
per adattare i parametri delle curve di Gumbel alle distribuzioni di frequenza empirica cumulata relative ai dati della serie storica in nostro possesso posso ricorrere a tre metodi differenti:

- metodo dei minimi quadrati;
- metodo dei momenti;
- metodo di massima verosimiglianza.

Dopo aver eseguito tramite R le tre diverse modalità risolutive ed aver trovato una coppia di valori, a e b , per ogni ECDF devo verificare quale è il metodo che meglio approssima la curva di distribuzione empirica cumulata tramite il test di Pearson (o test del χ^2): la curva di Gumbel migliore è quella che presenta il valore χ^2 più piccolo.

Qui di seguito vengono riportati, per ogni intervallo temporale preso in considerazione (1,3,6,12,24 ore), i grafici delle distribuzioni empiriche cumulate e le relative curve di Gumbel, calcolate tramite i tre diversi procedimenti.

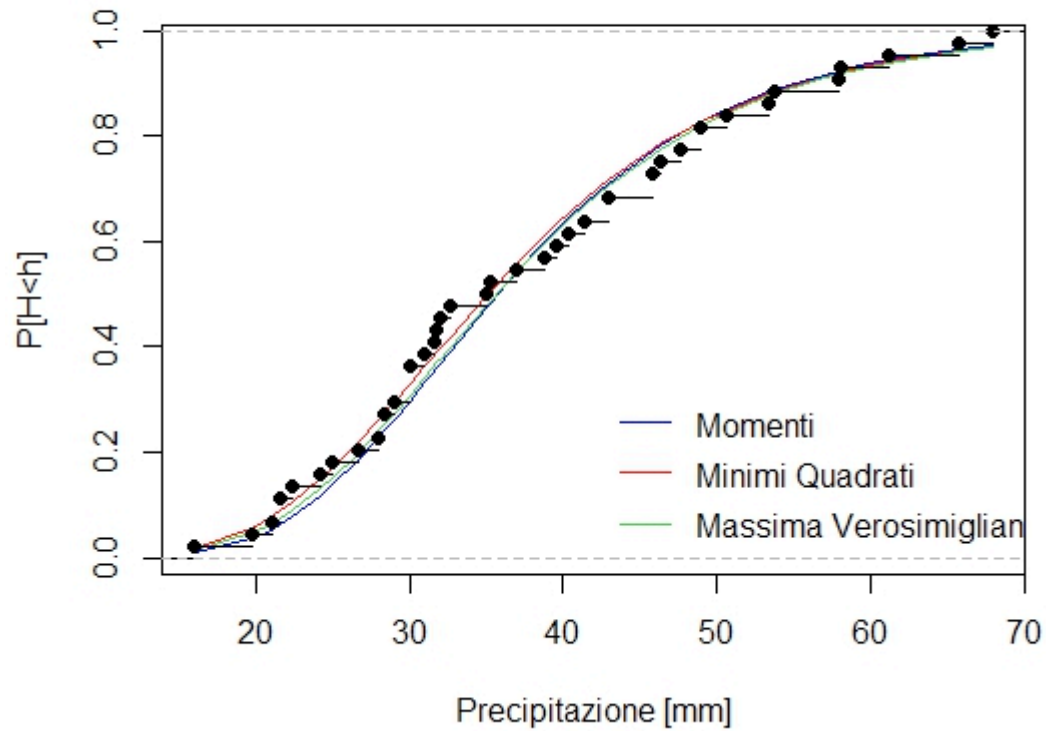
Ecdf e curve di Gumbel 1 ora



Dati relativi ad 1 ora	Media (mm)	Varianza (mm ²)
	23.0772727272727	63.1706342494715

	b	a	χ^2
Metodo dei momenti	6.19702675494966	19.5002497318877	0.545454545454545
Metodo dei minimi quadrati	6.35312469866884	19.0458337578686	1.22727272727273
Metodo della massima verosimiglianza	6.35877367538656	19.3982892713776	0.545454545454545

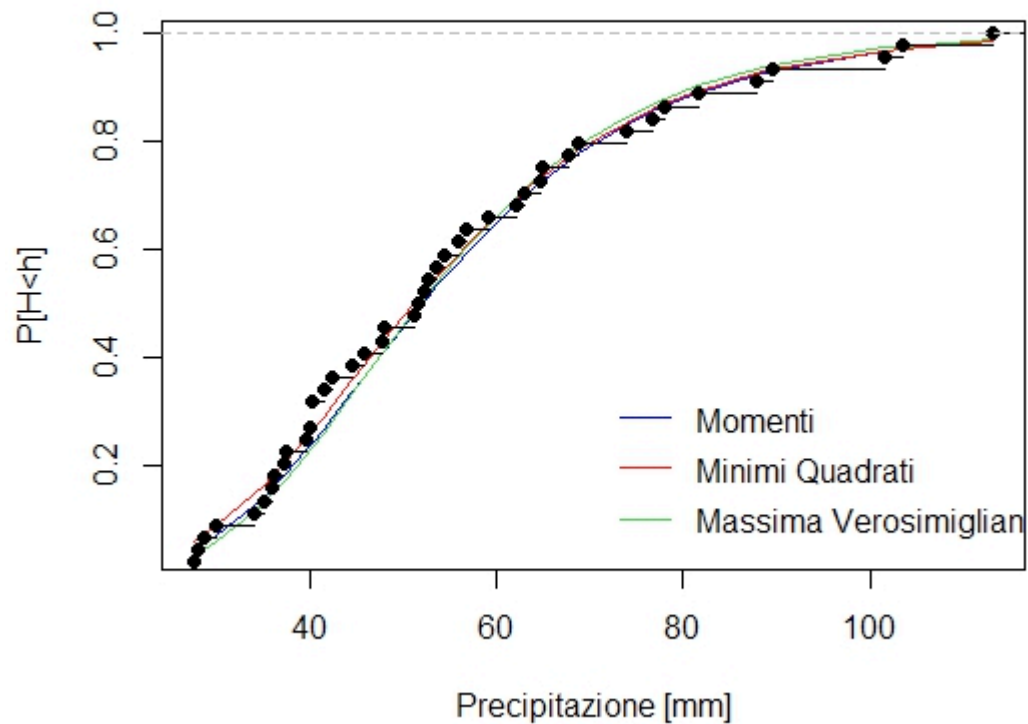
Ecdf e curve di Gumbel 3 ore



Dati relativi ad 3 ore	Media (mm)	Varianza (mm ²)
	37.8840909090909	172.107415433404

	b	a	χ^2
Metodo dei momenti	10.2288201798651	31.9798522401499	4.40909090909091
Metodo dei minimi quadrati	10.7928806660706	31.1329354078036	4.40909090909091
Metodo della massima verosimiglianza	10.6732677236426	31.7452816214943	3.95454545454545

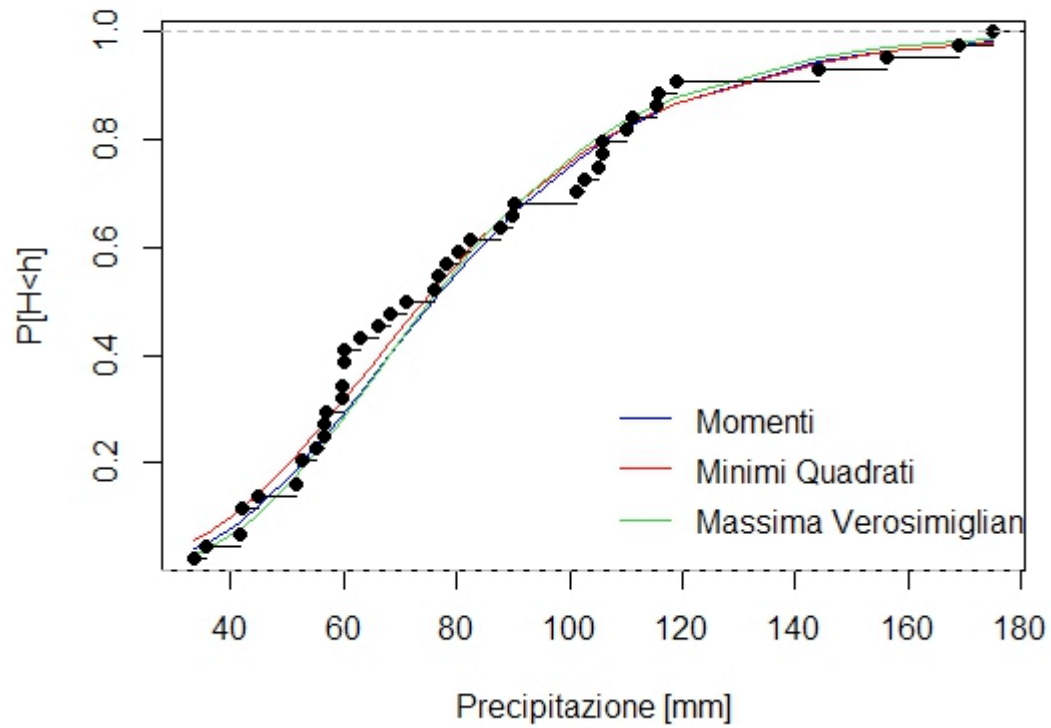
Ecdf e curve di Gumbel 6 ore



Dati relativi ad 6 ore	Media (mm)	Varianza (mm ²)
	55.5363636363636	452.367949260042

	b	a	χ^2
Metodo dei momenti	16.5833270595893	45.9642019243357	0.772727272727273
Metodo dei minimi quadrati	16.9231883405046	44.9426375739953	0.318181818181818
Metodo della massima verosimiglianza	15.6980878845722	46.040972746274	0.318181818181818

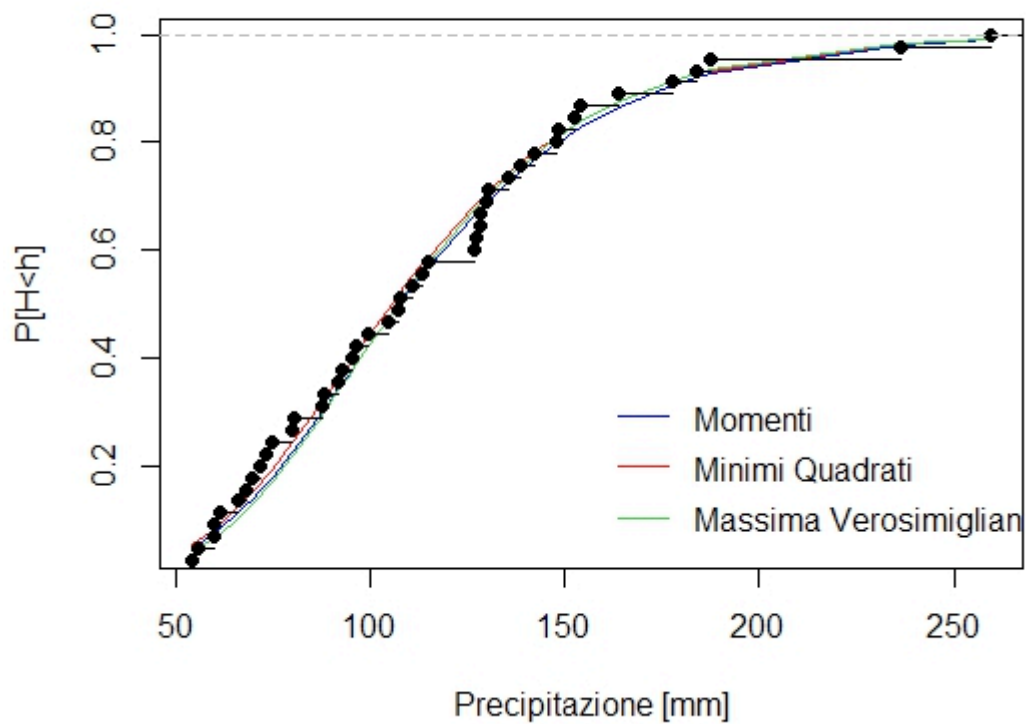
Ecdf e curve di Gumbel 12 ore



Dati relativi ad 12 ore	Media (mm)	Varianza (mm ²)
	81.5454545454545	1228.25928118393

	b	a	χ^2
Metodo dei momenti	27.3256675149109	65.7726420451677	2.81818181818182
Metodo dei minimi quadrati	28.1899286542142	63.8489438415869	4.40909090909091
Metodo della massima verosimiglianza	25.7389206513965	65.9410477166078	3.72727272727273

Ecdf e curve di Gumbel 24 ore

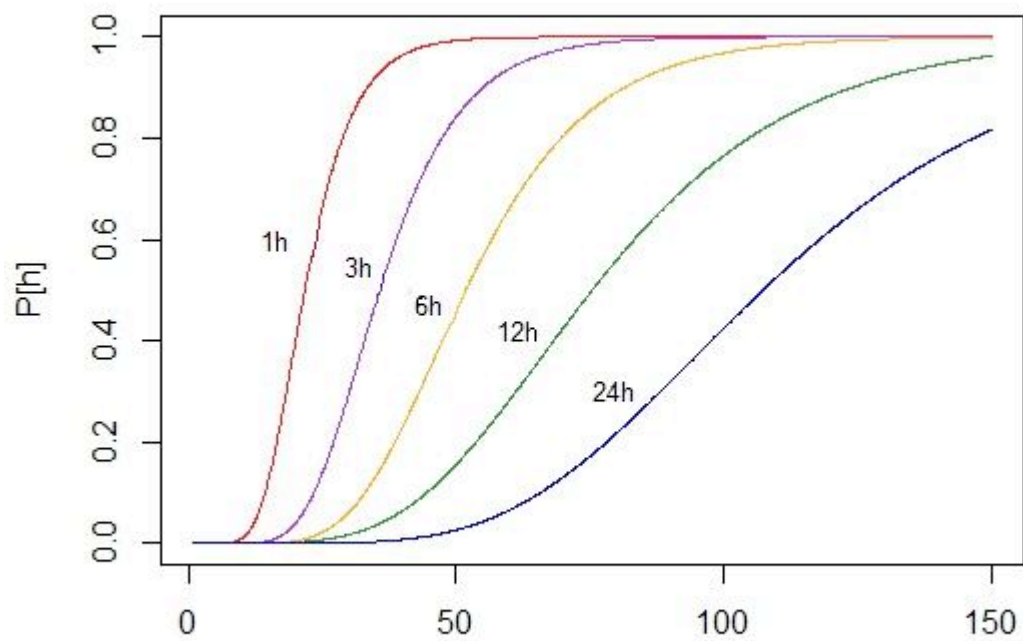


Dati relativi ad 24 ore	Media (mm)	Varianza (mm ²)
	115.157777777778	2143.00476767677

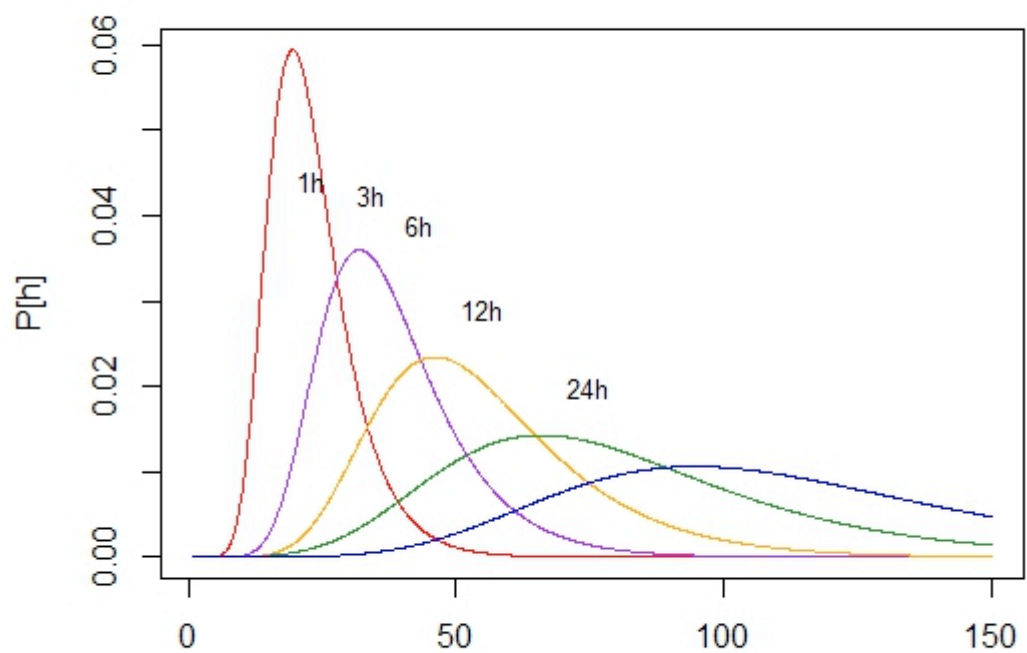
	b	a	χ^2
Metodo dei momenti	36.0941917442834	94.3236327959095	1.55555555555556
Metodo dei minimi quadrati	35.632604955372	92.4265550197637	1.11111111111111
Metodo della massima verosimiglianza	34.6120987358659	94.5321660509948	1.11111111111111

Una volta che abbiamo scelto per ogni intervallo temporale le curve di Gumbel è possibile visualizzare in grafico le varie distribuzioni di probabilità di non superamento e le relative funzioni di densità.

Distribuzione di Probabilità



Densità di Probabilità



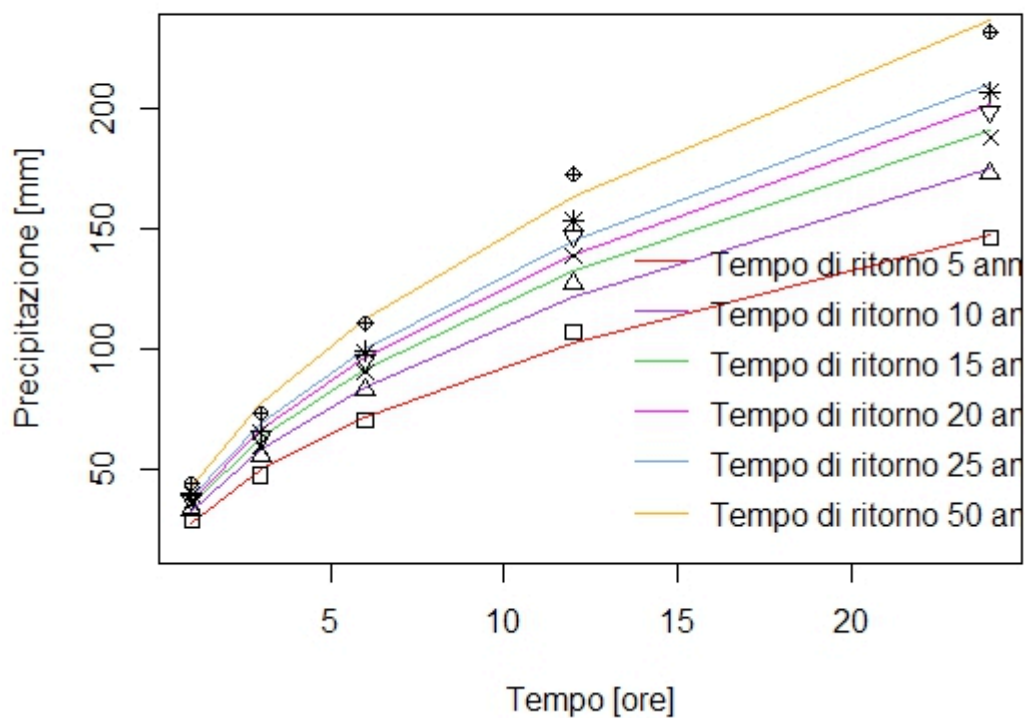
CALCOLO DELLE LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Definite le cinque curve di Gumbel, una per ogni intervallo temporale, è possibile ottenere, per un fissato tempo di ritorno, una relazione tra altezza di precipitazione e durata della medesima. Applicando la funzione “qgumbel” di R per ogni curva ottengo infatti i quantili associati che mi permettono di ottenere delle coppie (h, t_p) . Tali coppie di valori possono essere interpolate ottenendo una legge di potenza:

$$h = a \cdot t_p^n$$

Plottando tali curve in un piano bilogaritmico ottengo delle rette tanto più parallele quanto più preciso e corretto è stato il nostro lavoro (nel caso estremo in cui due linee con differente tempo di ritorno si incrociassero otterrei l'assurdo che quella con tempo di ritorno maggiore presenta un'altezza cumulata inferiore).

Linee Segnalatrici di Possibilita' Pluviometrica



Linee Segnalitrici di Possibilita' Pluviometrica

