

Regione Puglia
Comune di Spinazzola (BAT)
Proponente RC WIND.

Parco eolico
"Spinazzola"
Progetto Definitivo

1.5

Relazione idrologica

Progettisti:

STC S.r.l.
Responsabile Tecnico Ing. Fabio Calcarella

Collaboratore
Ing. Pierfrancesco Maselli



Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
25.05.2018	A	Prima emissione	PM-	-FC	-PF

Comm. 90

Elaborato: SPN-1.5_Relazione Idrologica

E' vietata la riproduzione del presente documento, anche parziale, con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione di RC WIND S.r.l.

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO	4
3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....	6
4. CONSIDERAZIONI CLIMATICHE GENERALI	7
4.1. Precipitazioni	7
4.2. Temperature	7
4.3. Venti	8
5. PERIMETRAZIONE DEI BACINI.....	9
6. STUDIO IDROLOGICO.....	10
6.1. Analisi statistica – Regolarizzazione di Gumbel	10
6.1.1. Anagrafica stazione	10
6.1.2. Precipitazioni rilevate.....	10
6.1.3. Elaborazione dei dati	11
6.1.4. Verifica – Test di Kolmogorov	19
6.2. Progetto VA.PI. – Metodo di regionalizzazione	20
6.3. Confronto dei risultati.....	24
6.4. Calcolo dell’altezza di pioggia efficace	25
6.5. Calcolo delle portate di piena	30
6.5.1. Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.....	30
6.5.2. Tempo di corrivazione	35
6.5.3. Calcolo delle portate di piena e relativo andamento	36
7. ALLEGATI.....	42

I. PREMESSA

Il presente documento, redatto secondo quanto prescritto dal comma 1 b) dell'art. 26 D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207, è stato condotto allo scopo di studiare la compatibilità idrologica del progetto di costruzione di un impianto di produzione di energia da fonte eolica di potenza pari a 32.40 MW da realizzarsi nel territorio del comune di Spinazzola (BAT), proposto dalla RC Wind S.r.l.

Il parco eolico denominato "Spinazzola" sarà costituito da 9 aerogeneratori di grossa taglia, con altezza massima della torre pari a 112 m, diametro massimo del rotore pari a 138 m e potenza unitaria pari a 3.6 MW, per una potenza complessiva installata di 32.40 MW.

L'area di progetto sarà situata nel territorio comunale di Spinazzola, a sud del centro abitato, nell'estremità meridionale del territorio comunale, ai limiti del confine di Regione; la distanza minima dall'abitato è di oltre 2,5 km (aerogeneratore AG03). Le opere di connessione saranno costituite da una Sottostazione di trasformazione e consegna alla RTN da realizzarsi nel territorio comunale di Genzano di Lucania (PZ) e cavidotto interrato di connessione, che si sviluppa, per la quasi totalità, su strade pubbliche.

L'area presenta, da un punto di vista paesaggistico, una forte connotazione antropica, con intensa attività agricola, caratterizzata quasi esclusivamente da seminativi; le quote altimetriche saranno comprese tra 340 e 450 metri s.l.m.

Dal punto di vista della tutela idrogeologica, l'area è stata indagata dalle Autorità di Bacino di Puglia e da quella di Basilicata. Quest'ultima, infatti, ne detiene la competenza in quanto ricadente, come buona parte del territorio comunale di Spinazzola, nell'ambito del bacino idrografico del fiume Bradano. La Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB della Puglia, d'altro canto, censisce le emergenze geomorfologiche ed idrologiche del territorio regionale pugliese, comprendendo anche quello del comune di Spinazzola.

L'opera progettuale, nel suo sviluppo superficiale, pur non interessando direttamente nessuna delle aree delimitate dal PAI dell'AdB Basilicata a rischio idrogeologico, va ad intersecare alcune porzioni del reticolo idrografico presente (Vedere Fig. 1); pertanto si è ritenuto necessario verificare gli effetti che gli interventi progettuali possono produrre sull'equilibrio idrogeologico delle aree interessate.

Allo scopo è stato condotto un dettagliato rilevamento di campagna, per un'area sufficiente a definire i caratteri geolitologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area interessata dall'intervento e a definirne la dinamica geomorfologica. Successivamente sono state calcolate le portate massime, relative alla sezione di chiusura dei bacini studiati, per eventi critici di pioggia con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO

Dal punto di vista geologico-stratigrafico l'area è caratterizzata da affioramenti di successioni sedimentarie di età compresa tra il Cretaceo medio ed il Pliocene, appartenenti al ciclo sedimentario della "Fossa Bradanica".

A livello di area vasta la serie stratigrafica sedimentaria è costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie, depositatisi in mare poco profondo nell'era Mesozoica, su cui poggiano sedimenti flyscioidi, calcareniti, arenarie e argille dell'era Terziaria.

Alla base dei rilievi calcarei, nel fondovalle si rinvencono i depositi alluvionali che si sono depositi in seguito agli eventi di alluvionamento dei corsi d'acqua. I depositi alluvionali sono costituiti da sabbie e ghiaie di natura carbonatica e piroclastica, che si sono depositati e tuttora si depositano sulle sponde interne delle anse dei corsi d'acqua e da limi e argille che si depositano sulla pianura alluvionale in occasione delle piene.

I terreni sono costituiti da argille e subordinatamente sabbie e conglomerati in successione; frequente è la presenza di termini granulometrici intermedi e stratificazioni più distinte nella parte sabbiosa.

Le argille sono a luoghi interessate da rare e sottili intercalazioni sabbiose.

La formazione maggiormente affiorante nell'area in studio è quella delle **Sabbie di Montemarano**, delle Sabbie calcareo-quarzose, di colore giallastro, a volte con livelli arenacei, intercalazioni di calcare farinoso, lenti conglomeratiche e livelli fossiliferi.

La litofacies di cui si compone la formazione sono molto variabili e vanno dalle sabbie calcareo-quarzose alle sabbie argillose giallastre ed ocracee, per finire a livelli arenitici e conglomeratici. Lo spessore complessivo risulta mediamente valutabile intorno agli 80 m. la stratificazione risulta in genere abbastanza marcata, specie nei punti dove sottili intercanalizzazioni argilloso-marnose e livelletti di arenarie tenere (sabbie cementate) separano le bancate sabbiose. Le sabbie sono interessate, inoltre, da accentuati fenomeni di stratificazione incrociata e di discordanze angolari tra strati litologicamente differenti (sabbie-arenarie), appartenenti alla medesima formazione sabbiosa.

Esse si sono depositate in successione stratigrafica sulle argille marnoso-siltose; affiorano nella parte appenninica e assiale della Fossa Bradanica.

A chiusura del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica affiorano, nelle parti più elevate topograficamente i conglomerati poligenici contenenti lenti di sabbie, aventi spessore massimo di 50 m (Conglomerato di Irsina).

Le originarie paleo-superfici della chiusura del ciclo sedimentario pleistocenico sono state successivamente erose e parzialmente smantellate, in seguito alla formazione delle valli dei corsi d'acqua principali.

In queste aree sono anche presenti depositi di materiali sabbiosi e limosi, di probabile origine fluvio-lacustre, a copertura dei conglomerati; tali depositi hanno spessori modesti.

Si tratta di terrazzi alluvionali costituiti da argille, sabbie e, soprattutto, da ciottoli poligenici; a volte però si limitano a deboli veli di conglomerati e di sabbie argillose.

3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia del territorio di Spinazzola segue in prevalenza l'andamento delle strutture tettoniche, in particolare pieghe e faglie nei Calcari Murgiani; nei depositi della Fossa Bradanica, la morfologia segue principalmente le litologie affioranti: sono presenti, infatti, versanti più acclivi dove affiorano le Argille Subappennine e versanti meno acclivi in corrispondenza di Sabbie e Conglomerati.

Le caratteristiche dell'area interessata dal progetto sono classificabili in quest'ultima categoria, impegnando una parte di versante con pendenze relativamente ridotte, ma comunque caratterizzato da compluvi naturali con la formazione di una ramificazione di canali di tipo essenzialmente episodico, con corsi d'acqua privi di deflussi se non in occasione di eventi meteorici molto intensi, che raccolgono le acque convogliandole verso il corso del Torrente Basentello.

Le quote vanno dai 350 m circa del tratto del torrente corrispondente all'impianto ai circa 450 m delle posizioni degli aerogeneratori più elevati.

4. CONSIDERAZIONI CLIMATICHE GENERALI

Il territorio comunale di Spinazzola fa parte della provincia BAT della Regione Puglia.

La provincia BAT, riunisce in sé dieci comuni: Andria, Barletta, Bisceglie, Canosa di Puglia, Margherita di Savoia, Minervino Murge, San Ferdinando di Puglia, Spinazzola, Trani, Trinitapoli che sono dislocati in porzioni di territorio piuttosto disomogenee per altitudine e tipo di paesaggio. Le zone costiere sono caratterizzate da un clima mite con escursioni termiche stagionali meno spiccate rispetto al resto del territorio grazie all'azione mitigatrice dei mari Adriatico e Ionio, mentre le zone dell'entroterra nei pressi del promontorio del Gargano presentano un clima più simile a quello continentale con maggiori escursioni termiche al variare delle stagioni. Le precipitazioni piovose sono piuttosto scarse e concentrate soprattutto durante l'autunno inoltrato e l'inverno.

La temperatura media annua è compresa tra 15 e 16° C. In particolare nel mese di gennaio la temperatura oscilla intorno ai 7,3°C; i valori più bassi si registrano nel territorio delle Murge, a Spinazzola, con 6 °C a gennaio di media. Nei mesi estivi non si notano sensibili variazioni di temperatura; nei mesi di luglio e agosto la temperatura si assesta intorno ai 25°C.

Dal punto di vista climatico, il territorio può essere inquadrato in quello più ampio del bacino del Bradano.

Le caratteristiche climatiche dell'area di intervento, seppur in ambiente mediterraneo, sono di tipo continentale, con inverni freddi ed estati calde. Le precipitazioni piovose annuali, comunque, sono ben distribuite durante tutto il corso dell'anno. Il clima, in ogni modo, risulta caratterizzato da una notevole variabilità, con temperature miti sui versanti più riparati dai venti del Nord, ma con abbassamenti anche molto sensibili nelle zone alto-collinari.

4.1. Precipitazioni

Le precipitazioni annuali si aggirano intorno ai 500-700 mm e vanno gradualmente aumentando da Est ad Ovest assumendo valori maggiori con il progredire delle altitudini.

Notevoli risultano, inoltre, le variazioni che, nei massimi e nei minimi assoluti, si aggirano intorno al 40% del dato medio.

La irregolare distribuzione è l'altro aspetto determinante della piovosità, la quale ricorre per circa il 60-65% durante l'autunno-inverno, per circa il 20-25% in primavera e per appena il 10-15% durante l'estate.

4.2. Temperature

Le temperature tra i 10° ed i 20° sono prevalenti e risultano distribuite con maggiore uniformità, conferendo al clima un carattere temperato.

Le temperature medie annue dell'ambiente oscillano intorno ai 13°- 15°, con medie massime sui 23° e medie minime fra i 5° delle aree più interne e collinari e i 9° del metapontino. Quelle

estive raggiungono eccezionalmente i 35°, con punte massime di 40° nelle zone vallive e minime al di sotto di 0° nelle zone ad altitudine superiore ai 600 m.

4.3. Venti

Per quanto riguarda i venti, infine, interessano soprattutto quelli provenienti da Nord e da Nord-Ovest durante l'inverno, che provocano immediati abbassamenti di temperatura lungo la valle del Bradano. Quelli da Sud-Est e Sud-Ovest frequenti, invece, durante l'estate giungono, i primi, ancora umidi e non causano danni, mentre quelli da Sud-Ovest arrivando asciutti, accrescono notevolmente l'aridità dell'aria proprio nel periodo di maggiore siccità.

5. PERIMETRAZIONE DEI BACINI

Lo sviluppo lineare dell'intervento, fa sì che venga interessata una vasta porzione di territorio con medesime caratteristiche morfologiche e idrogeologiche.

Questa porzione di territorio fa parte, come detto, del bacino idrografico del fiume Bradano, in particolare di un versante afferente al letto del torrente Basentello, immissario del Bradano. Tutto il bacino del Bradano fa parte della regione di competenza dell'Autorità di Bacino di Basilicata, ente il quale, nello studio del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) ha perimetrato le fasce di pertinenza fluviale, arrivando a perimetrare le fasce a rischio di inondazione a seguito di piena con tempo di ritorno 30, 200 e 500 anni.

L'area di progetto non è interessata da queste perimetrazioni, risultando quindi esente da rischio di inondazione.

Si è comunque proceduto all'individuazione ed alla perimetrazione dei *sottobacini* relativi ai tratti di reticolo interessati dalle opere di progetto, allo scopo di individuare eventuali criticità ed approfondire puntualmente lo studio idraulico puntuale.

I bacini, sono stati delimitati attraverso un attento rilevamento sul terreno, tenendo conto delle naturali pendenze della superficie topografica, della presenza di edifici e/o altre opere di un certo rilievo, delle strade e di eventuali opere di regimentazione delle acque di pioggia. (Vedere All.2 – Delimitazione bacini idrografici).

Le principali caratteristiche geometriche dei bacini sono riportate in tabella 1:

Bacino <i>n</i>	Superficie		Perimetro [km]	Lunghezza asta L [km]	Quota max asta <i>Hmax</i>	Quota sez uscita <i>Hmin</i>	Quota media <i>Hmed</i>	Pendenza asta <i>i</i>
	[ha]	[kmq]						
1	78,40	0,78	5,01	2,27	453	362	407,5	4,01%
2	109,53	1,10	5,15	1,35	405	359	382,0	3,41%
3	145,08	1,45	6,80	2,87	451	350	400,5	3,52%
4	823,30	8,23	15,61	5,40	438	346	392,0	1,70%
5	129,38	1,29	5,55	1,55	399	340	369,5	3,81%
6	618,76	6,19	12,93	4,70	460	358	409,0	2,17%
7	446,49	4,46	9,08	3,35	458	361	409,5	2,90%

Tab. 1 – Caratteristiche geometriche dei bacini

All'interno dei bacini per i quali è stato approfondito lo studio idraulico, per tutti i corsi d'acqua rilevati sulla Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia è stata verificata l'effettiva presenza sul terreno, attraverso puntuali e meticolosi rilievi sul campo. Pertanto sulle cartografie utilizzate per le verifiche idrauliche, sono presenti esclusivamente i corsi d'acqua rilevati sul terreno.

6. STUDIO IDROLOGICO

Per stimare le portate di piena riferite a dei bacini idrografici di non eccessive dimensioni, spesso si ricorre a dei metodi affidabili dal punto di vista scientifico e notevolmente semplificati per rendere più agevole il calcolo.

La portata, nella maggior parte dei casi, è originata dalle precipitazioni meteoriche, e più in generale dipenderà dalle caratteristiche molto variabili sia nel tempo che nello spazio, delle trasformazioni che l'acqua subisce durante il suo ciclo idrologico. Secondo tale ciclo, parte delle acque di precipitazione che interessano un dato bacino fluiscono nel sottosuolo per "infiltrazione" e vanno ad alimentare la falda, parte viene assorbita dalle piante e dagli organismi presenti sul suolo, parte ritorna in testa al ciclo, direttamente in forma di vapore per i fenomeni diretti di evaporazione o evapotraspirazione delle piante, e la parte più cospicua va a formare il deflusso superficiale.

Lo studio delle precipitazioni è stato condotto confrontando un'analisi statistica basata sulle serie storiche disponibili ed il metodo di regionalizzazione del progetto VA.PI. del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrologiche.

6.1. Analisi statistica – Regolarizzazione di Gumbel

La curva di possibilità pluviometrica è stata calcolata considerando che i dati delle piogge, della durata di un'ora e superiori (1, 3, 6, 12, 24 ore), della stazione pluviometrica di Spinazzola, situata a circa 3 km a Nord dell'area interessata dal Parco Eolico.

La scelta è stata determinata anche perché, oltre alla vicinanza e all'orografia, questa stazione pluviometrica presenta un numero di misurazioni sufficientemente completo su base storica.

Sono state considerate le altezze massime di pioggia registrate dal 1936 al 2013 per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore (Tab. 1)

6.1.1. Anagrafica stazione

SPINAZZOLA

COMUNE: SPINAZZOLA

PROVINCIA: BAT

COORDINATE: lat. 40°57'45,2", long. 16°05'52,1" (40.95056, 16.08417)

QUOTA: 458 m s.l.m.

6.1.2. Precipitazioni rilevate

Le osservazioni sono costituite dai valori massimi annuali delle altezze di pioggia in mm per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore (Tab. 2).

Stazione pluviometrica Spinazzola											
Altezze massime pioggia [mm]											
Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1936	26,0	28,0	28,2	29,4	35,8	1984	26,0	31,4	40,2	40,6	43,2
1937	12,4	19,4	26,8	33,2	36,0	1985	15,6	19,8	24,6	32,4	42,4
1938	12,0	13,2	18,2	25,2	35,0	1986	25,8	28,8	31,6	32,0	53,8
1942	27,6	35,4	35,4	35,4	48,4	1988	23,4	30,6	40,8	45,0	56,2
1951	25,4	29,8	29,8	39,2	60,8	1989	26,4	31,8	35,8	36,0	36,0
1952	18,6	21,0	27,8	46,6	64,6	1990	19,6	24,2	36,4	65,0	79,2
1953	17,2	29,2	35,8	52,0	57,4	1991	>>	>>	>>	>>	>>
1954	15,4	29,2	43,0	58,4	84,8	1992	>>	>>	>>	>>	>>
1955	40,0	42,4	42,4	58,2	85,4	1993	32,6	36,4	38,6	38,8	38,8
1956	17,6	28,2	30,6	44,0	60,0	1994	67,4	73,8	74,4	74,4	74,4
1957	18,2	29,2	47,4	58,0	94,8	1995	>>	>>	>>	>>	>>
1958	24,4	35,2	42,8	48,2	53,2	1996	23,2	24,4	35,4	47,6	54,6
1962	25,0	37,6	38,8	42,8	44,0	1998	19,0	22,4	25,4	30,8	53,4
1963	37,4	37,4	51,2	51,2	51,2	1999	33,8	36,0	36,2	36,2	36,2
1964	33,8	36,2	37,4	37,6	50,0	2000	13,8	20,6	36,0	22,6	30,8
1966	23,0	39,8	39,8	41,2	61,4	2001	25,4	30,6	31,0	31,0	35,4
1967	30,0	35,6	35,8	35,8	46,2	2002	27,4	29,0	29,0	31,8	41,2
1968	27,8	28,4	36,4	41,2	43,4	2003	23,6	31,8	36,0	41,6	70,8
1969	29,0	31,8	31,8	34,4	36,0	2004	51,8	53,2	53,2	60,4	64,8
1970	19,8	42,8	54,0	71,4	102,6	2005	18,6	26,4	26,4	33,4	33,4
1972	42,8	59,0	63,0	69,0	108,6	2006	11,0	14,0	18,2	30,0	53,8
1973	29,2	64,8	72,0	75,8	78,0	2007	21,6	26,6	29,8	37,8	43,6
1974	33,6	34,0	34,0	47,0	48,8	2008	>>	>>	>>	49,6	68,6
1975	25,8	25,8	33,8	35,6	45,8	2009	26,8	27,8	30,8	35,4	41,2
1976	24,0	42,8	54,0	75,2	110,2	2010	36,2	36,2	59,8	89,8	114,2
1977	20,2	20,8	22,8	26,6	33,0	2011	23,0	28,6	48,6	66,2	78,2
1978	19,8	22,6	24,2	30,2	32,6	2012	19,0	22,4	28,0	38,0	48,2
1979	16,6	21,8	34,0	36,8	47,2	2013	29,6	48,8	51,8	59,8	70,4
1980	15,8	16,8	26,8	37,8	46,0						
1981	22,6	25,6	39,0	39,0	40,0	n. eventi	55	55	55	56	56
1982	38,6	46,6	49,6	49,6	49,6	max	67,4 mm	73,8 mm	74,4 mm	89,8 mm	114,2 mm

Tab. 2 - Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo di Spinazzola

6.1.3. Elaborazione dei dati

I dati relativi alle precipitazioni rilevate sono stati elaborati applicando una analisi statistica diretta delle massime altezze di pioggia, sviluppata nell'ipotesi di applicabilità della legge di Gumbel alla serie storica di dati di precipitazioni orarie, registrate nella stazione pluviometrica di riferimento. La distribuzione probabilistica dei valori delle altezze di pioggia viene rappresentata dalla formula:

$$\Phi(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

dove i parametri ε ed α sono legati alla media η e allo scarto quadratico medio σ della x dalle relazioni:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma = \frac{\sigma}{1,28255} \qquad \varepsilon = \eta - 0,450 \sigma$$

Dall'elaborazione delle serie storiche si ottengono i seguenti parametri per la distribuzione:

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	55	55	55	56	56
Valore medio	25,640	32,109	37,902	44,861	56,314
Dev. standard σ	9,9410	11,7227	12,0825	14,8663	21,1808
α	0,12902	0,10941	0,10615	0,08627	0,06055
ε	21,16657	26,83387	32,46470	38,17086	46,78291

da cui si ricavano le seguenti espressioni di distribuzione:

Gumbel: 1 ora	$\Phi(x) = e^{-e^{-0,129(x-21,167)}}$
Gumbel: 3 ore	$\Phi(x) = e^{-e^{-0,109(x-26,834)}}$
Gumbel: 6 ore	$\Phi(x) = e^{-e^{-0,106(x-32,465)}}$
Gumbel: 12 ore	$\Phi(x) = e^{-e^{-0,086(x-38,171)}}$
Gumbel: 24 ore	$\Phi(x) = e^{-e^{-0,061(x-46,783)}}$

ed infine i valori delle altezze massime secondo la distribuzione probabilistica adottata:

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	24,0074	30,1839	35,9175	42,4192	52,8357
5 anni	32,7925	40,5436	46,5951	55,5570	71,5539
10 anni	38,6090	47,4026	53,6647	64,2554	83,9469
20 anni	44,1884	53,9819	60,4459	72,5991	95,8346
30 anni	47,3980	57,7669	64,3470	77,3990	102,6733
50 anni	51,4103	62,4982	69,2236	83,3991	111,2220
100 anni	56,8220	68,8800	75,8012	91,4923	122,7527
200 anni	62,2141	75,2384	82,3548	99,5558	134,2413
500 anni	69,3279	83,6272	91,0011	110,1942	149,3984
1000 anni	74,7043	89,9673	97,5357	118,2345	160,8537

Tab. 3 - Altezze di pioggia massima (mm) prevista, in funzione dei tempi di ritorno T

Di seguito le rappresentazioni grafiche delle distribuzioni di Gumbel:

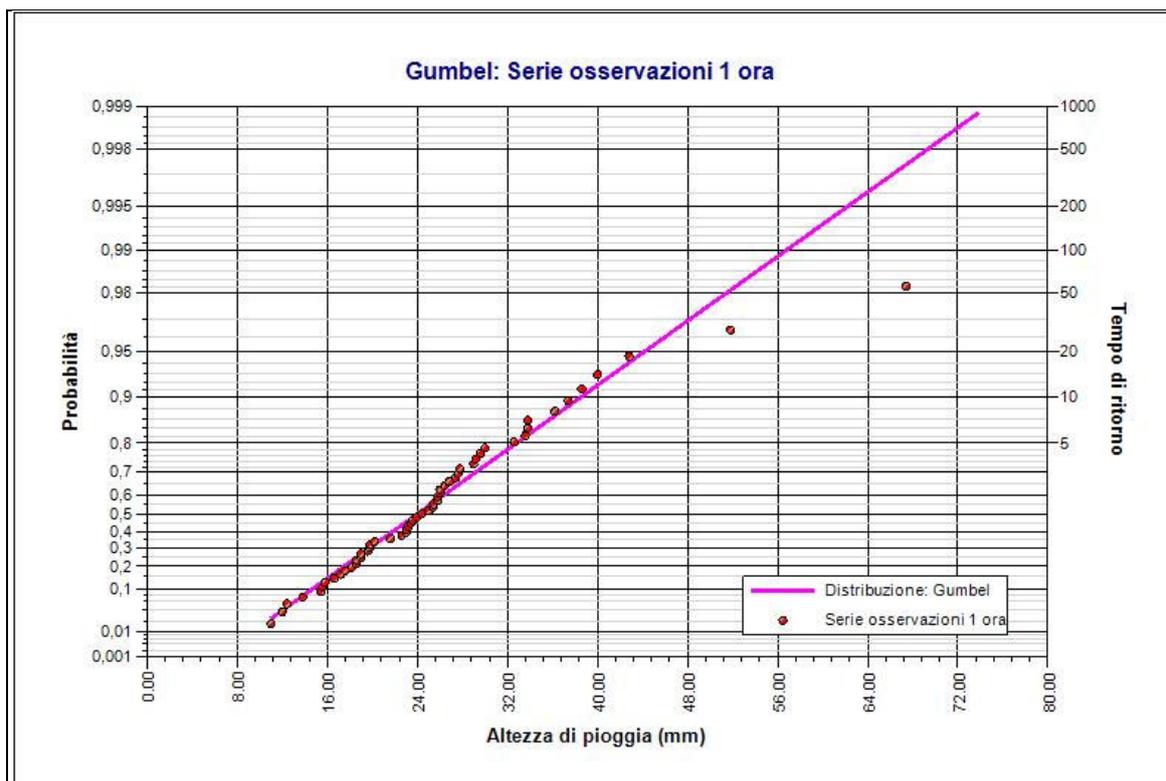


Fig. 2 - Elaborazione Gumbel. Durata 1 ora

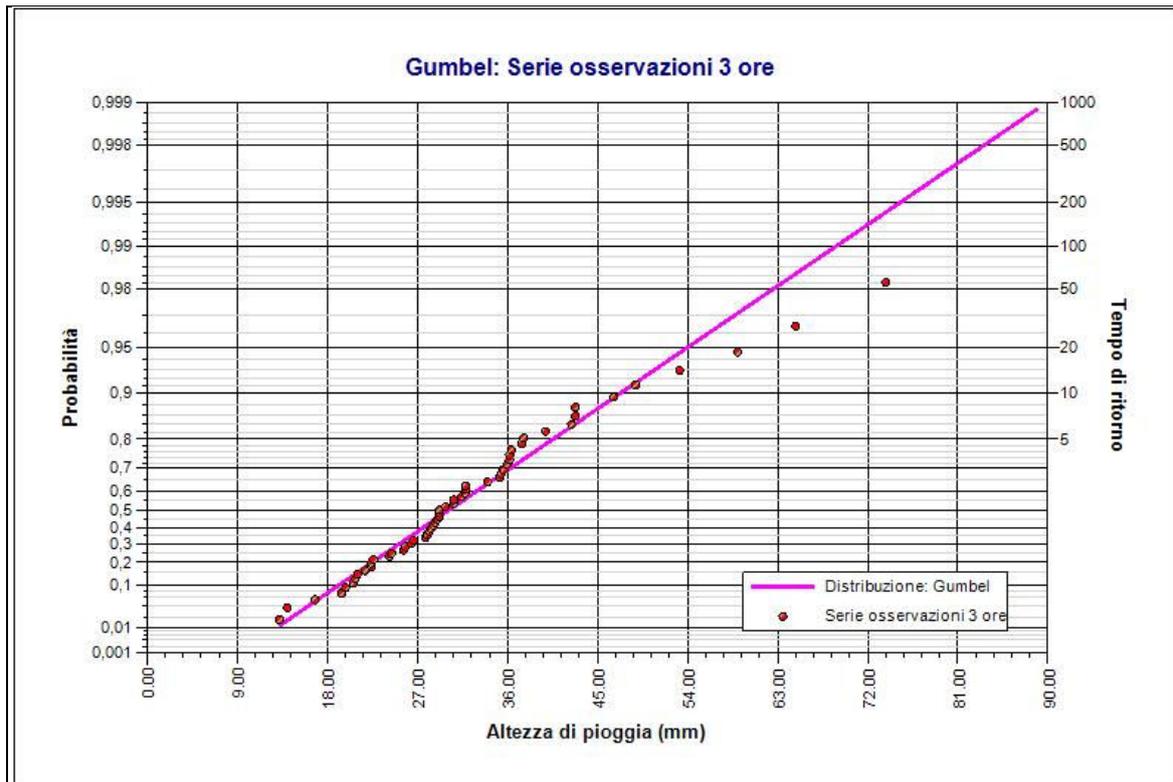


Fig. 3 - Elaborazione Gumbel. Durata 3 ore

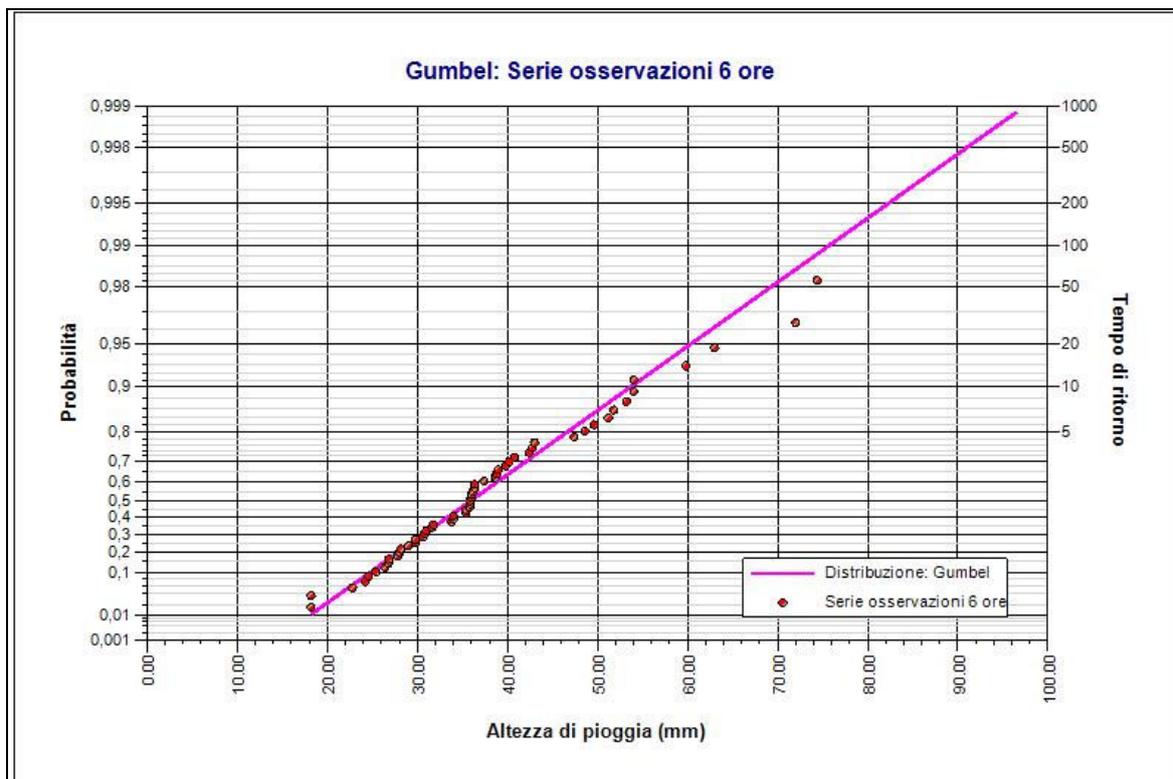


Fig. 4 - Elaborazione Gumbel. Durata 6 ore

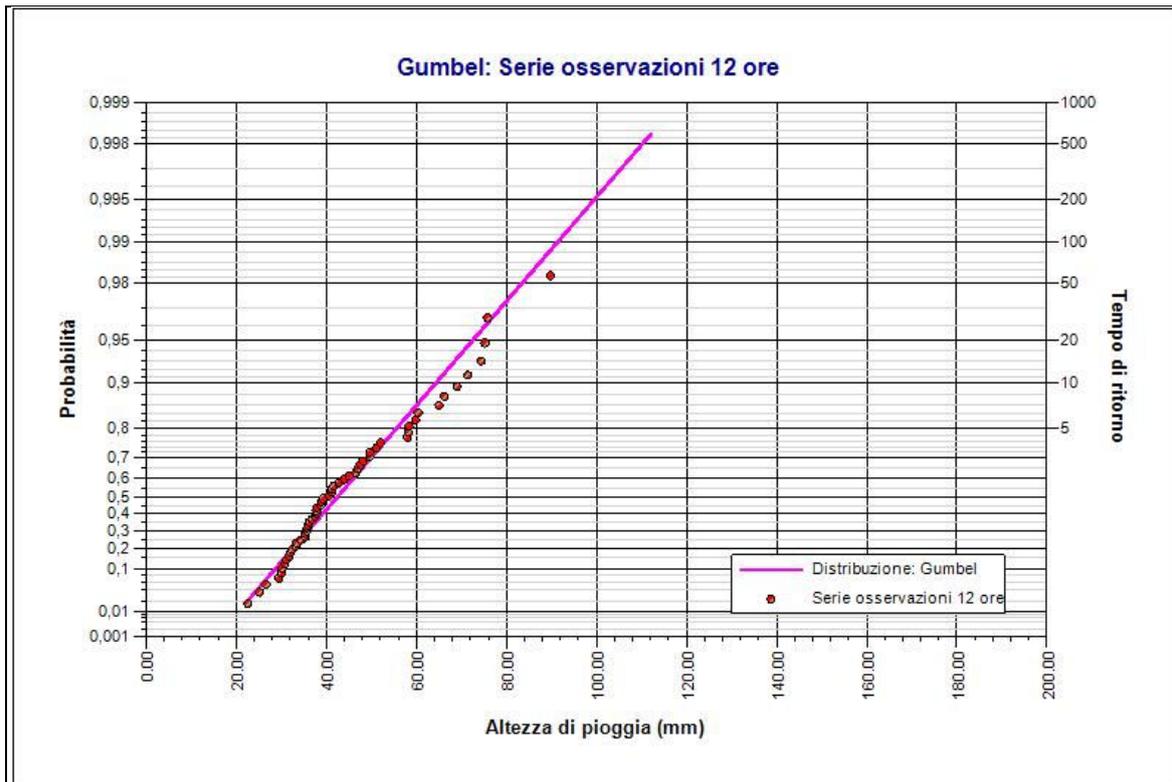


Fig. 5 - Elaborazione Gumbel. Durata 12 ore

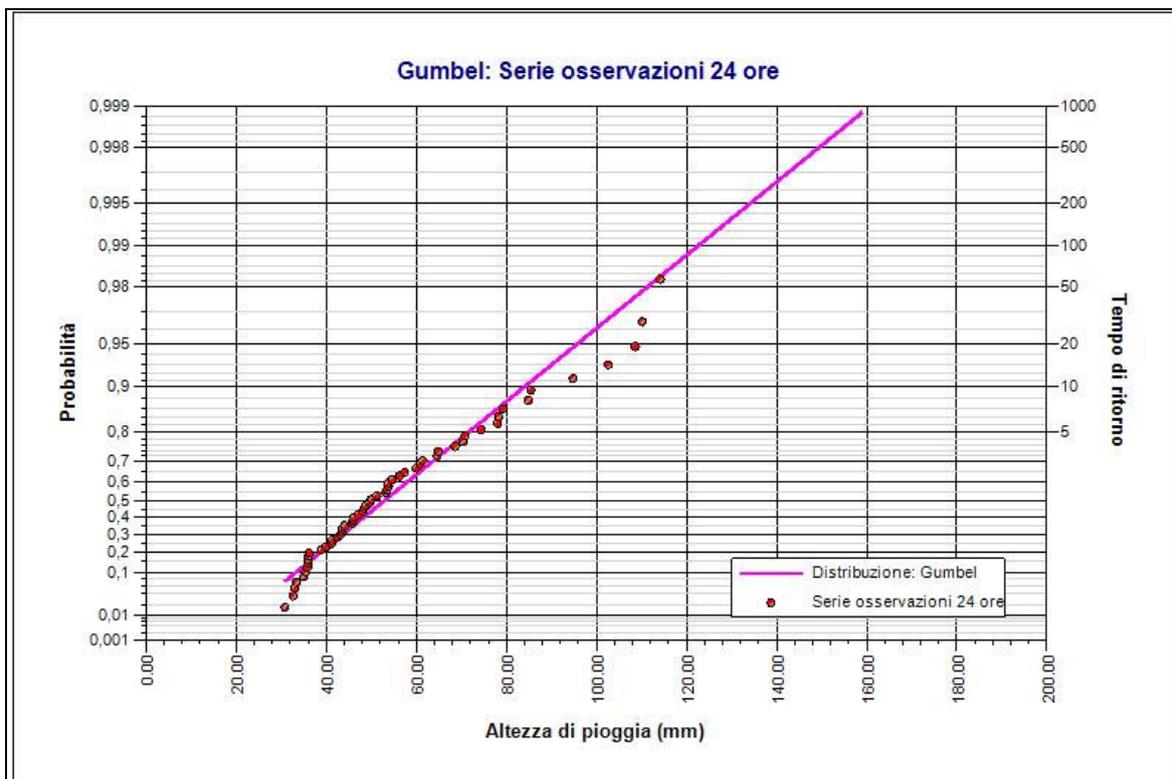


Fig. 6 - Elaborazione Gumbel. Durata 24 ore

Attraverso tale elaborazione, per ciascuna popolazione di dati pluviometrici, relativi ad un determinato tempo di pioggia (t), è stato possibile ricavare il rispettivo valore dell'altezza dell'evento meteorico con un Tempo di Ritorno (T), pari a quello prefissato. Dati i valori di $H(t,T)$, con il metodo dei minimi quadrati, si sono determinati i valori dei coefficienti a ed n , che figurano nell'espressione $H(t,T) = a \times t^n$, tracciando su scala bilogarithmica, in ordinata i valori di $H(t,T)$, stimati tramite l'applicazione della legge di Gumbel, e in ascisse i valori del tempo, espresso in ore.

a e n sono due parametri, il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona.

Con riferimento ai dati storici esaminati, si ottengono i seguenti risultati:

Tempo di ritorno 30 anni

Coefficients curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
45,23	0,234	0,979	$h(t)=45,23 t^{0,234}$

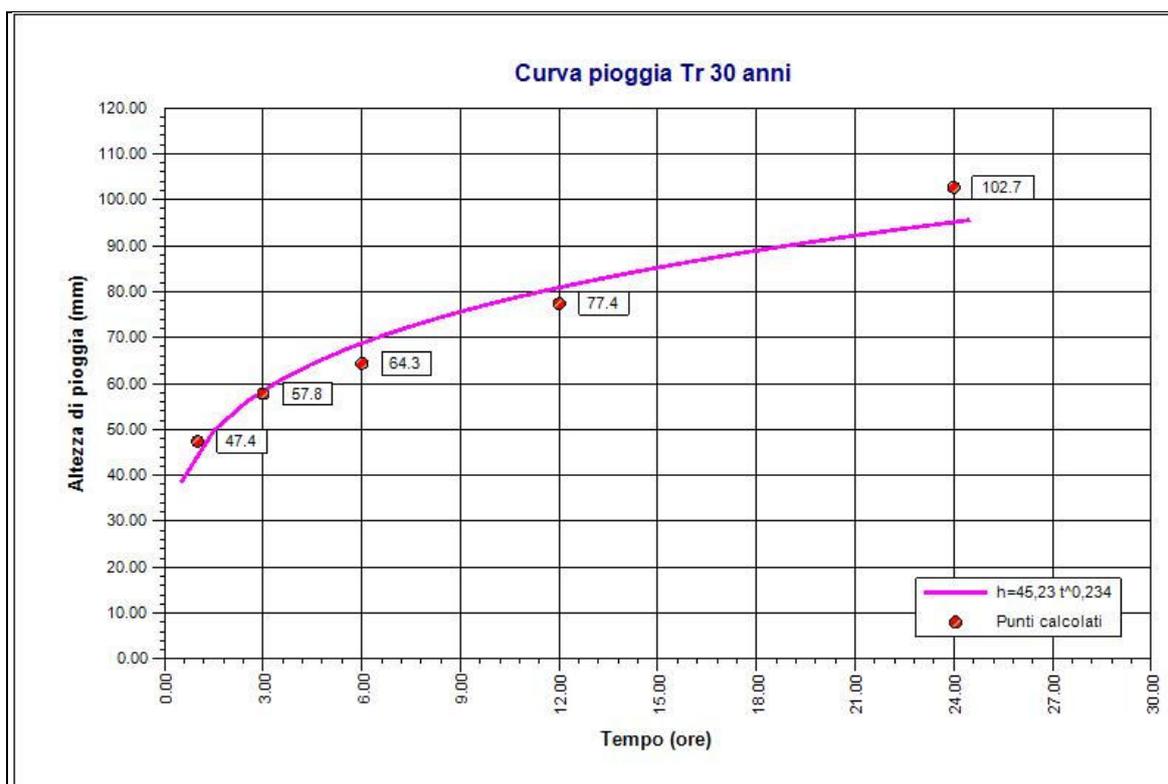


Fig. 7 - Curva pioggia calcolata per tempo di ritorno di 30 anni

Tempo di ritorno 200 anni

Coefficienti curva			Espressione
a	N	correlazione (r)	
59,01	0,231	0,971	$h(t)=59,01 t^{0,231}$

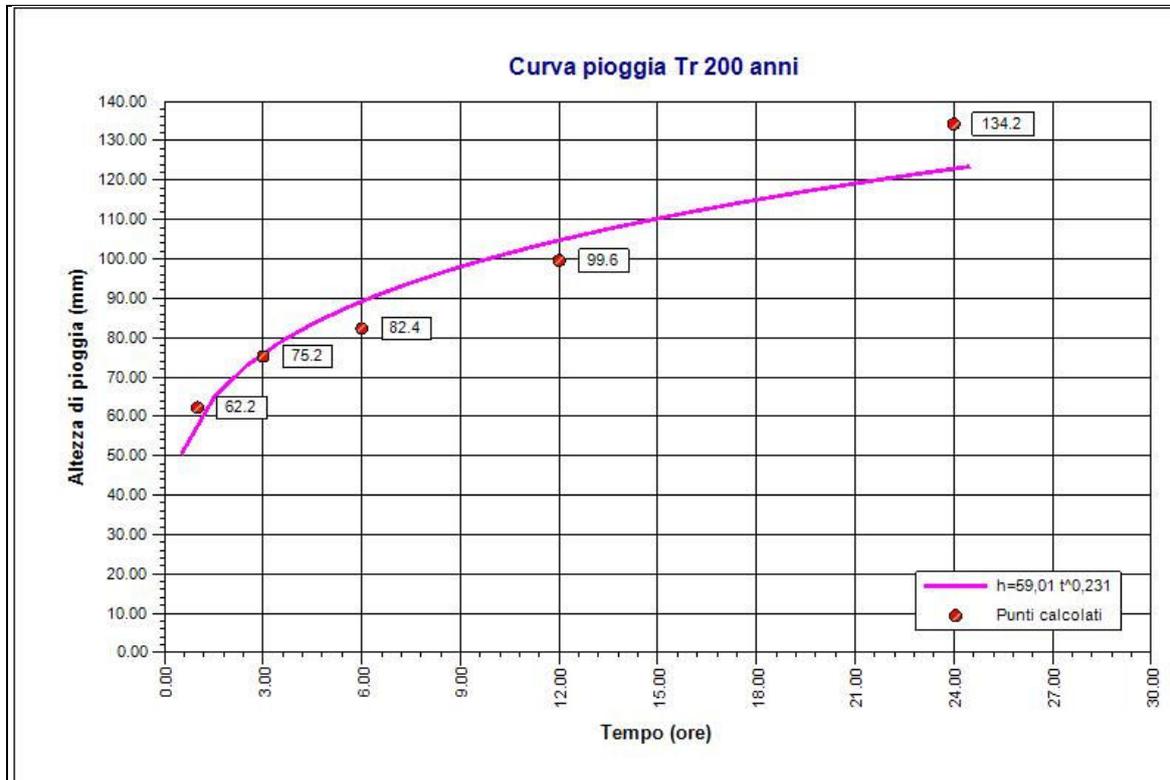


Fig. 8 - Curva pioggia calcolata per tempo di ritorno di 200 anni

Tempo di ritorno 500 anni

Coefficients curva			Espressione
a	N	correlazione (r)	
65,62	0,230	0,968	$h(t)=65,62 t^{0,230}$

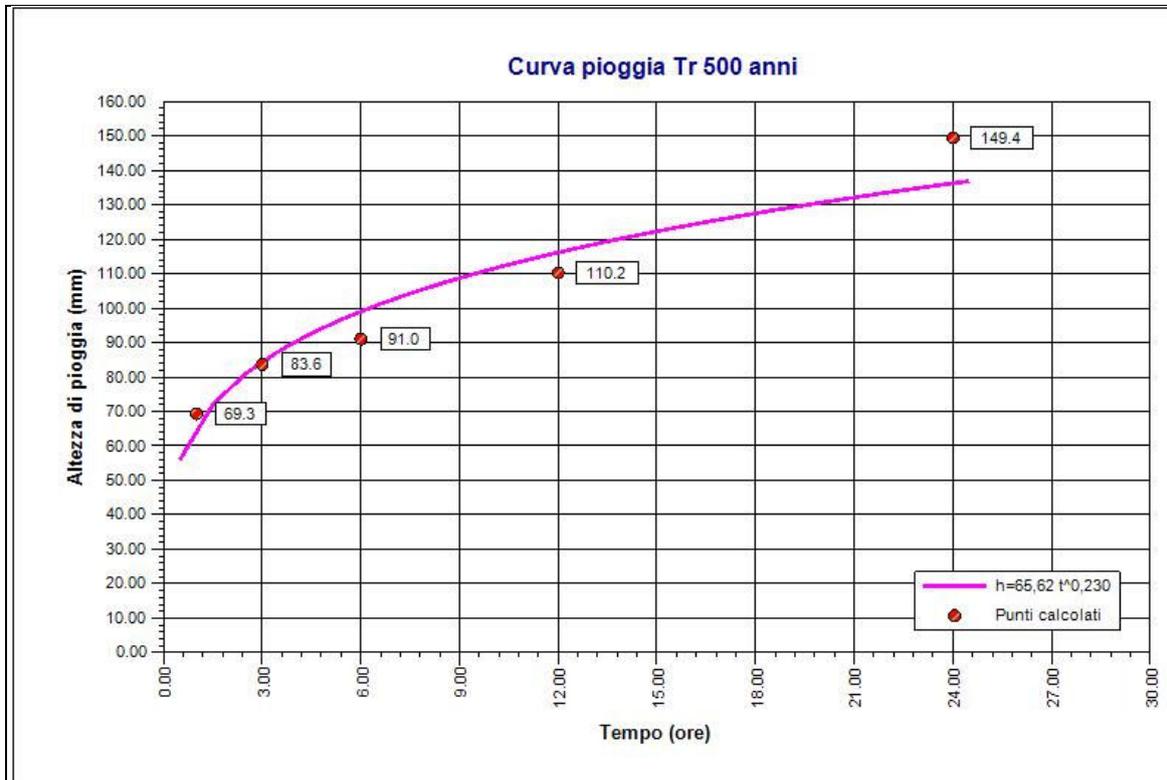


Fig. 9 - Curva pioggia calcolata per tempo di ritorno di 500 anni

6.1.4. Verifica – Test di Kolmogorov

Per verificare l'affidabilità della statistica è stato eseguito il test di Kolmogorov (Allegato 1).

Il test si articola nei seguenti passaggi:

- ordinamento crescente dei dati pluviometrici per ogni durata considerata (1-3-6-12-24 ore);
- calcolo della frequenza cumulata, con n numero d'ordine del dato ed N numero di dati della serie considerata:

$$F(x) = \frac{n}{N + 1}$$

- calcolo della distribuzione di Gumbel per ogni dato pluviometrico:

$$F_x(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

- calcolo della quantità:

$$D_N = \max |F(x) - F_x(x)|$$

- verifica che:

$$D_N \leq \frac{1,36}{\sqrt{N}}$$

corrispondente ad un intervallo di confidenza del 95%.

Il test, riportato integralmente nelle tabelle allegate, risulta **sempre verificato**.

6.2. Progetto VA.PI. – Metodo di regionalizzazione

Nel determinare le portate di piena, riducendo sia le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari, sia alla variabilità nei diversi punti del valore indice di piena, si adotta una metodologia nota con il termine di “analisi regionale”, che si avvale di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense che si verificano sul bacino.

L’analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene viene effettuata attraverso un metodo di analisi regionale di tipo gerarchico, così come indicato nel Cap. VI 3.1 della Relazione di Piano proposta dall’Autorità di Bacino della Puglia.

Tale procedura si basa nel considerare l’esistenza di zone geografiche sempre più ampie, omogenee nei confronti dei parametri statistici della distribuzione, man mano che il loro ordine aumenta.

La Regione Puglia è stata suddivisa in 6 regioni aventi caratteristiche pluviometriche differenti. (Fig. 10)

Per ognuna di esse è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica.

Lo studio condotto nell’area centro-meridionale della Puglia, ha permesso 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 nella Puglia Settentrionale.



Fig. 10 – Regione Puglia – zone omogenee

L'area oggetto di intervento ricade nell'ambito della zona pluviometrica omogenea "zona 5", per la quale la formula che esprime l'equazione della curva di possibilità pluviometrica è:

$$\text{Zona 5} \quad X(t, z) = 28,2 \times t^{\frac{(0,628+0,0002 z)}{3,178}}$$

che è funzione della sola quota media sul livello del mare (z) del bacino idrografico considerato.

Ai valori così ottenuti vanno applicati i coefficienti moltiplicativi relativamente al fattore di crescita K_T , funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni. Il valore di K_T può essere calcolato attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995), che, per la Puglia Centro-Meridionale assume la forma:

$$K_T = 0,1599 + 0,5166 \times \ln T_r$$

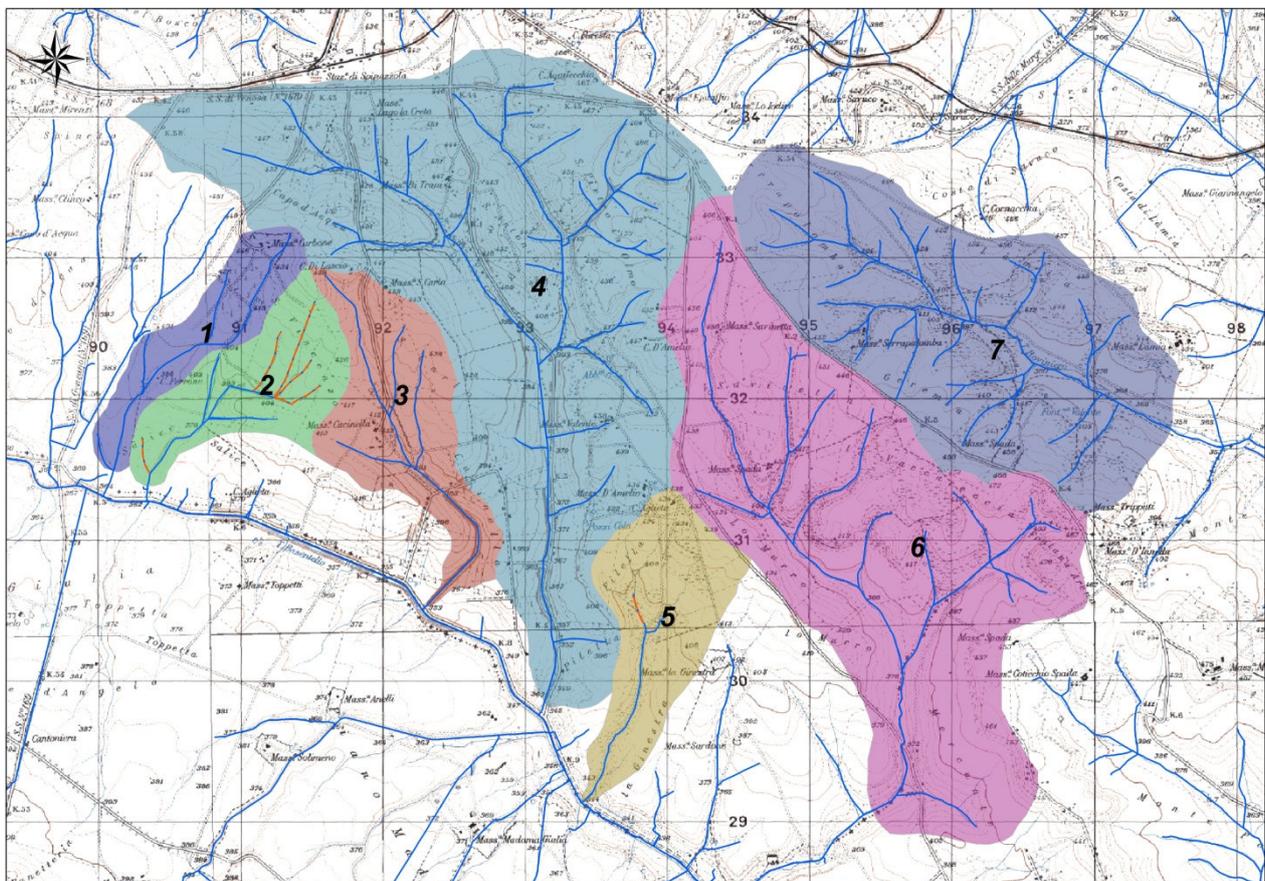


Fig. 11 – Individuazione dei bacini di studio

Sono stati calcolati pertanto i valori di altezza di pioggia critica con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni per i 7 bacini, individuati nel paragrafo 5 e riportati nella figura 11:

Bacino 1		z = 407,5 m s.l.m.				
	t [ore]	1	3	6	12	24
	X(t,z) [mm]	28,20	36,04	42,07	49,11	57,33
Tr = 30 anni						
KT = 1,92	X(30) [mm]	54,06	69,08	80,65	94,14	109,90
Tr = 200 anni						
KT = 2,90	X(200) [mm]	81,70	104,40	121,88	142,28	166,09
Tr = 500 anni						
KT = 3,37	X(500) [mm]	95,04	121,46	141,79	165,52	193,23
<i>Altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 2		z = 382,0 m s.l.m.				
	t [ore]	1	3	6	12	24
	X(t,z) [mm]	28,20	35,98	41,95	48,92	57,04
Tr = 30 anni						
KT = 1,92	X(30) [mm]	54,06	68,96	80,42	93,77	109,34
Tr = 200 anni						
KT = 2,90	X(200) [mm]	81,70	104,22	121,53	141,71	165,24
Tr = 500 anni						
KT = 3,37	X(500) [mm]	95,04	121,25	141,38	164,86	192,24
<i>Altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 3		z = 400,5 m s.l.m.				
	t [ore]	1	3	6	12	24
	X(t,z) [mm]	28,20	36,02	42,04	49,06	57,25
Tr = 30 anni						
KT = 1,92	X(30) [mm]	54,06	69,05	80,58	94,04	109,75
Tr = 200 anni						
KT = 2,90	X(200) [mm]	81,70	104,35	121,78	142,12	165,85
Tr = 500 anni						
KT = 3,37	X(500) [mm]	95,04	121,40	141,68	165,34	192,95
<i>Altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 4		z = 392,0 m s.l.m.				
	t [ore]	1	3	6	12	24
	X(t,z) [mm]	28,20	36,00	42,00	48,99	57,15
Tr = 30 anni						
KT = 1,92	X(30) [mm]	54,06	69,01	80,51	93,92	109,56
Tr = 200 anni						
KT = 2,90	X(200) [mm]	81,70	104,29	121,66	141,93	165,57
Tr = 500 anni						
KT = 3,37	X(500) [mm]	95,04	121,33	141,54	165,12	192,63
<i>Altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 5		z = 369,5 m s.l.m.				
	t [ore]	1	3	6	12	24
	X(t,z) [mm]	28,20	35,94	41,89	48,82	56,90
Tr = 30 anni						
KT = 1,92	X(30) [mm]	54,06	68,90	80,30	93,59	109,07
Tr = 200 anni						
KT = 2,90	X(200) [mm]	81,70	104,13	121,36	141,43	164,83
Tr = 500 anni						
KT = 3,37	X(500) [mm]	95,04	121,14	141,19	164,54	191,76
<i>Altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 6		z = 409,0 m s.l.m.				
	t [ore]	1	3	6	12	24
	X(t,z) [mm]	28,20	36,04	42,08	49,12	57,35
Tr = 30 anni						
KT = 1,92	X(30) [mm]	54,06	69,09	80,66	94,17	109,93
Tr = 200 anni						
KT = 2,90	X(200) [mm]	81,70	104,42	121,90	142,31	166,14
Tr = 500 anni						
KT = 3,37	X(500) [mm]	95,04	121,48	141,82	165,56	193,28
<i>Altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 7					z = 409,5 m s.l.m.	
	t [ore]	1	3	6	12	24
	X(t,z) [mm]	28,20	36,04	42,08	49,13	57,35
<hr/>						
Tr = 30 anni						
KT = 1,92	X(30) [mm]	54,06	69,09	80,66	94,17	109,94
<hr/>						
Tr = 200 anni						
KT = 2,90	X(200) [mm]	81,70	104,42	121,91	142,32	166,15
<hr/>						
Tr = 500 anni						
KT = 3,37	X(500) [mm]	95,04	121,48	141,82	165,57	193,30
<hr/>						
<i>Altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

6.3. Confronto dei risultati

I risultati ottenuti con i due metodi per le altezze critiche di pioggia nei tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni sono confrontati nelle tabelle 4.1, 4.2 e 4.3.

Tempo di ritorno 30 anni	Durate					
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
Gumbel	47,40	57,77	64,35	77,40	102,67	
VAPI	Bacino 1	54,06	69,08	80,65	94,14	109,90
	Bacino 2	54,06	68,96	80,42	93,77	109,34
	Bacino 3	54,06	69,05	80,58	94,04	109,75
	Bacino 4	54,06	69,01	80,51	93,92	109,56
	Bacino 5	54,06	68,90	80,30	93,59	109,07
	Bacino 6	54,06	69,09	80,66	94,17	109,93
	Bacino 7	54,06	69,09	80,66	94,17	109,94

Tab. 4.1 – Confronto per altezze di pioggia massima (mm) prevista, con tempo di ritorno T = 30 anni

Tempo di ritorno 200 anni	Durate					
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
Gumbel	62,21	75,24	82,35	99,56	134,24	
VAPI	Bacino 1	81,70	104,40	121,88	142,28	166,09
	Bacino 2	81,70	104,22	121,53	141,71	165,24
	Bacino 3	81,70	104,35	121,78	142,12	165,85
	Bacino 4	81,70	104,29	121,66	141,93	165,57
	Bacino 5	81,70	104,13	121,36	141,43	164,83
	Bacino 6	81,70	104,42	121,90	142,31	166,14
	Bacino 7	81,70	104,42	121,91	142,32	166,15

Tab. 4.2 – Confronto per altezze di pioggia massima (mm) prevista, con tempo di ritorno T = 200 anni

Tempo di ritorno 500 anni		Durate				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Cumbel		69,33	83,63	91,00	110,19	149,40
VAPI	Bacino 1	95,04	121,46	141,79	165,52	193,23
	Bacino 2	95,04	121,25	141,38	164,86	192,24
	Bacino 3	95,04	121,40	141,68	165,34	192,95
	Bacino 4	95,04	121,33	141,54	165,12	192,63
	Bacino 5	95,04	121,14	141,19	164,54	191,76
	Bacino 6	95,04	121,48	141,82	165,56	193,28
	Bacino 7	95,04	121,48	141,82	165,57	193,30

Tab. 4.3 – Confronto per altezze di pioggia massima (mm) prevista, con tempo di ritorno T = 500 anni

Allo scopo del presente studio, si opta per utilizzare i valori ricavati con il metodo della regionalizzazione, sempre superiori e quindi a favore di sicurezza.

6.4. Calcolo dell'altezza di pioggia efficace

Individuate le altezze lorde di pioggia, si procede alla distinzione nelle acque di pioggia della componente che partecipa al deflusso e quella che invece risulta persa.

I fattori che incidono sono dati in primo luogo dal tipo di terreno, grado di saturazione, tipo e dimensioni della copertura vegetale, della pendenza e da altri fattori variabili.

Diversi sono i metodi utilizzati per la determinazione della pioggia efficace, uno di questi è Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN).

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- R è il deflusso fino all'istante t (mm)
- P è la precipitazione fino all'istante t (mm)
- S sono le perdite fino all'istante t (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite S e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione, S' (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'}$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso R nota la precipitazione P e la massima infiltrazione S' .

Con riferimento ad un evento di durata t e con un tempo di ritorno T_r , P corrisponde all'altezza di pioggia $X(t, T_r)$; considerando che un'aliquota di X si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$h_{netta}(t, T_r) = \frac{(X(t, T_r) - I_a)^2}{X(t, T_r) - I_a + S}$$

dove:

- $h_{netta}(t, T_r)$ in mm, è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento di durata t e tempo di ritorno T_r ;
- $X(t, T_r)$ in mm, è il volume specifico di pioggia lorda relativo all'evento di durata t e tempo di ritorno T_r ;
- I_a in mm, rappresenta il fattore iniziale di ritenzione (*Initial abstraction*);
- S in mm, è la quantità massima di acqua assorbita dopo l'inizio del deflusso.

Il fattore iniziale di ritenzione (I_a), include tutte quelle perdite prima dell'inizio del deflusso e include l'acqua trattenuta in depressioni naturali, quella trattenuta dalla vegetazione, evaporazione e infiltrazioni.

Per cui nella pratica il valore di I_a risulta uguale a:

$$I_a = 0,2 \times S$$

dove S è correlato al tipo di suolo e alle sue caratteristiche di copertura per cui avremo:

$$S = 254 \times \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il valore di CN è determinato attraverso diversi fattori; il più importante è la determinazione del tipo di suolo in riferimento alla permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi (Tab. 5):

TIPO	DESCRIZIONE
A	Scarsa potenzialità di deflusso superficiale
B	Bassa potenzialità di deflusso superficiale
C	Potenzialità di deflusso superficiale media
D	Potenzialità di deflusso superficiale molto alta

Tab. 5 – Categorie di suddivisione del suolo metodo S.C.S

Determinato il tipo di suolo, bisogna verificare le condizioni iniziali di imbibizione del terreno, attribuendo allo stesso una classe AMC (Antecedent Moisture Condition), in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 gg precedenti l'evento considerato:

- I molto asciutto (< 50 mm)
- II standard (50 ÷ 110 mm)
- III molto umido (> 110 mm)

Considerando che il calcolo va effettuato per determinare le portate di piena, si utilizza il valore di CN corrispondente alla classe AMC **tipo III** legato a quella normale dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{(0,43 + 0,0057 \times CN_{II})}$$

Quindi in base alle condizioni di permeabilità ed alle coperture vegetali, il valore normale di CN (CN_{II}), compreso tra 0 – 100, per alcuni tipi di coperture si ricava dai valori indicati in tabella 6.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini d'acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporaneamente associate a colture permanenti	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tab. 6 – Valore del CN per zone umide in funzione del tipo di suolo e di condizioni d'uso e copertura vegetale

In generale, ogni sottobacino scolante viene analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso; si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino viene ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come media pesata dei valori singolari imposti sulle i-esime sub-aree:

$$CN = \sum p_i \times CN_i$$

Dove p_i è la percentuale dell'area del bacino caratterizzata da un valore del Curve Number pari a CN_i .

L'area in esame si può considerare in prima approssimazione omogenea e si utilizzano pertanto i seguenti valori:

- classe idrologica tipo "C"
- uso del suolo di tipo "Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo"
- CN_{II} 88
- CN_{III} 94
- $p = 1$

Utilizzando le formule precedenti si ottengono i seguenti risultati:

$$CN = 94 \qquad S = 16,2 \text{ mm}$$

I valori delle altezze efficaci di pioggia relative ad un evento di pioggia di durata 1-3-6-12-24 ore con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni applicati ai diversi bacini saranno dunque:

Bacino 1					Sup = 0,78 kmq	
	t [ore]	1	3	6	12	24
Tr = 30 anni	h _{netta} (30) [mm]	38,53	52,84	64,01	77,15	92,60
Tr = 200 anni	h _{netta} (200) [mm]	65,03	87,20	104,38	124,53	148,11
Tr = 500 anni	h _{netta} (500) [mm]	78,03	103,98	124,05	147,55	175,06
<i>Altezze efficaci di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 2					Sup = 1,10 kmq	
	t [ore]	1	3	6	12	24
Tr = 30 anni	h _{netta} (30) [mm]	38,53	52,73	63,79	76,79	92,05
Tr = 200 anni	h _{netta} (200) [mm]	65,03	87,02	104,04	123,97	147,28
Tr = 500 anni	h _{netta} (500) [mm]	78,03	103,76	123,65	146,90	174,08
<i>Altezze efficaci di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 3					Sup = 1,45 kmq	
	t [ore]	1	3	6	12	24
Tr = 30 anni	h _{netta} (30) [mm]	38,53	52,81	63,95	77,05	92,45
Tr = 200 anni	h _{netta} (200) [mm]	65,03	87,15	104,29	124,37	147,88
Tr = 500 anni	h _{netta} (500) [mm]	78,03	103,92	123,94	147,37	174,79
<i>Altezze efficaci di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 4					Sup = 8,23 kmq	
	t [ore]	1	3	6	12	24
Tr = 30 anni	h _{netta} (30) [mm]	38,53	52,77	63,87	76,93	92,26
Tr = 200 anni	h _{netta} (200) [mm]	65,03	87,09	104,17	124,19	147,60
Tr = 500 anni	h _{netta} (500) [mm]	78,03	103,85	123,80	147,16	174,46
<i>Altezze efficaci di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>						

Bacino 5						Sup = 1,29 kmq	
	t [ore]	1	3	6	12	24	
Tr = 30 anni	h _{netta} (30) [mm]	38,53	52,67	63,68	76,61	91,78	
Tr = 200 anni	h _{netta} (200) [mm]	65,03	86,93	103,87	123,69	146,87	
Tr = 500 anni	h _{netta} (500) [mm]	78,03	103,66	123,45	146,58	173,60	
<i>Altezze efficaci di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>							

Bacino 6						Sup = 6,19 kmq	
	t [ore]	1	3	6	12	24	
Tr = 30 anni	h _{netta} (30) [mm]	38,53	52,85	64,02	77,18	92,63	
Tr = 200 anni	h _{netta} (200) [mm]	65,03	87,21	104,40	124,56	148,16	
Tr = 500 anni	h _{netta} (500) [mm]	78,03	103,99	124,07	147,59	175,12	
<i>Altezze efficaci di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>							

Bacino 7						Sup = 4,46 kmq	
	t [ore]	1	3	6	12	24	
Tr = 30 anni	h _{netta} (30) [mm]	38,53	52,85	64,03	77,18	92,64	
Tr = 200 anni	h _{netta} (200) [mm]	65,03	87,21	104,41	124,57	148,18	
Tr = 500 anni	h _{netta} (500) [mm]	78,03	103,99	124,08	147,60	175,13	
<i>Altezze efficaci di pioggia relative ad eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni</i>							

6.5. Calcolo delle portate di piena

6.5.1. Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

Utilizzando i valori delle altezze efficaci di pioggia si possono costruire le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP), che forniscono una relazione fra altezza [h] e durata [t] della pioggia per un assegnato tempo di ritorno, mediante la formula:

$$h_{netta} = a \times t^n$$

dove:

- h è l'altezza della pioggia in mm
- t è la durata corrispondente in ore
- a [mm/h] ed n sono coefficienti calcolati sugli eventi critici di pioggia netta.

Sarà così possibile stimare per ciascun bacino l'altezza di pioggia critica, per una durata pari al tempo di corrivazione t_c , e valutare la portata massima per i differenti tempi di ritorno T_r .
Le LSPP così ottenute sono state ragguagliate alla superficie di ogni bacino, nella formula

$$h'_{netta} = a' \times t^{n'}$$

Dove (Formule di Marchetti):

- A è la superficie del bacino in kmq
- $a' = F(a, A) = a \times 1 - 0,06 \times A^{0,4}$
- $n' = F(n, A) = n + 0,003 \times A^{0,6}$

Di seguito i risultati delle LSPP per ciascun bacino e per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Bacino 1

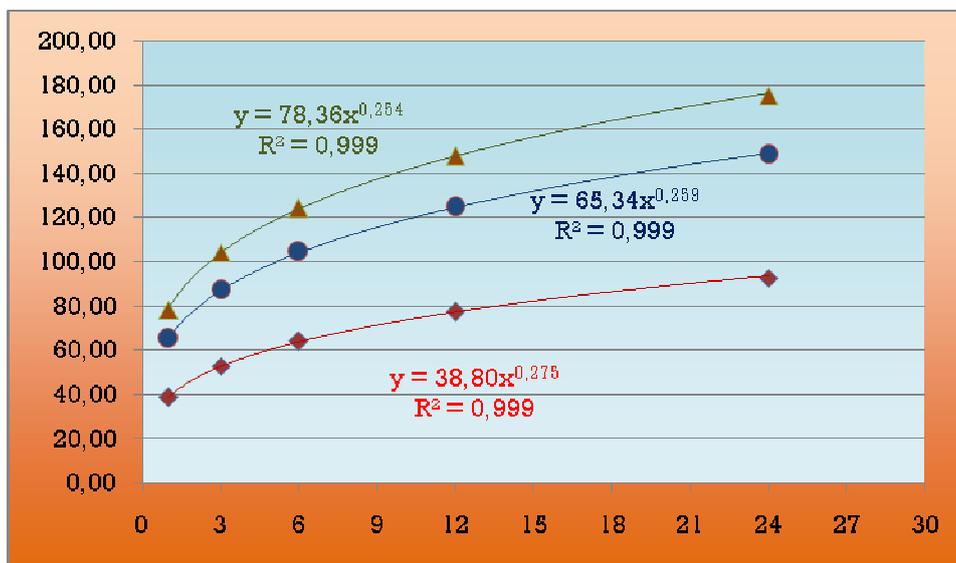


Fig. 12.1 - Bacino 1 --- LSPP $T_r=30 - 200 - 500$ anni

Bacino 1	Sup = 0,78 kmq			
	a	n	a'	n'
$T_r = 30$ anni	38,80	0,275	36,69	0,278
$T_r = 200$ anni	65,34	0,259	61,78	0,262
$T_r = 500$ anni	78,36	0,254	74,09	0,257

Equazione delle LSPP ragguagliate per il Bacino 1:

$T_r = 30$ anni

$$h'_{netta-1}(t, 30) = 36,69 \times t^{0,278}$$

$T_r = 200$ anni

$$h'_{netta-1}(t, 200) = 61,78 \times t^{0,262}$$

$T_r = 500$ anni

$$h'_{netta-1}(t, 500) = 74,09 \times t^{0,257}$$

Bacino 2

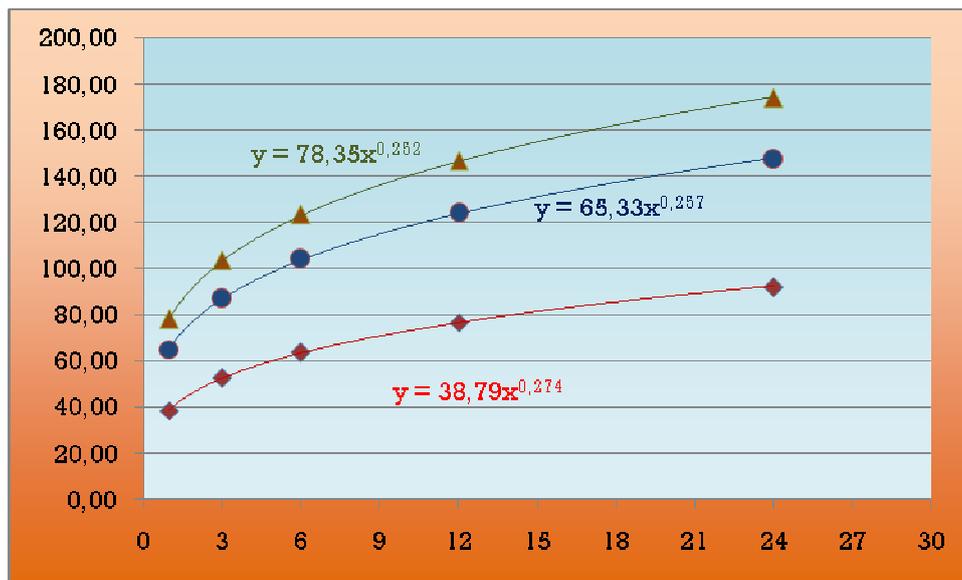


Fig. 12.2 - Bacino 2 --- LSPP Tr=30 – 200 – 500 anni

Bacino 2	Sup = 1,10 kmq			
	a	n	a'	n'
Tr = 30 anni	38,79	0,274	36,38	0,277
Tr = 200 anni	65,33	0,257	61,26	0,260
Tr = 500 anni	78,35	0,252	73,47	0,255

Equazione delle LSPP ragguagliate per il Bacino 2:

$T_r = 30$ anni

$h'_{netta-2}(t, 30) = 36,38 \times t^{0,277}$

$T_r = 200$ anni

$h'_{netta-2}(t, 200) = 61,26 \times t^{0,260}$

$T_r = 500$ anni

$h'_{netta-2}(t, 500) = 73,47 \times t^{0,255}$

Bacino 3

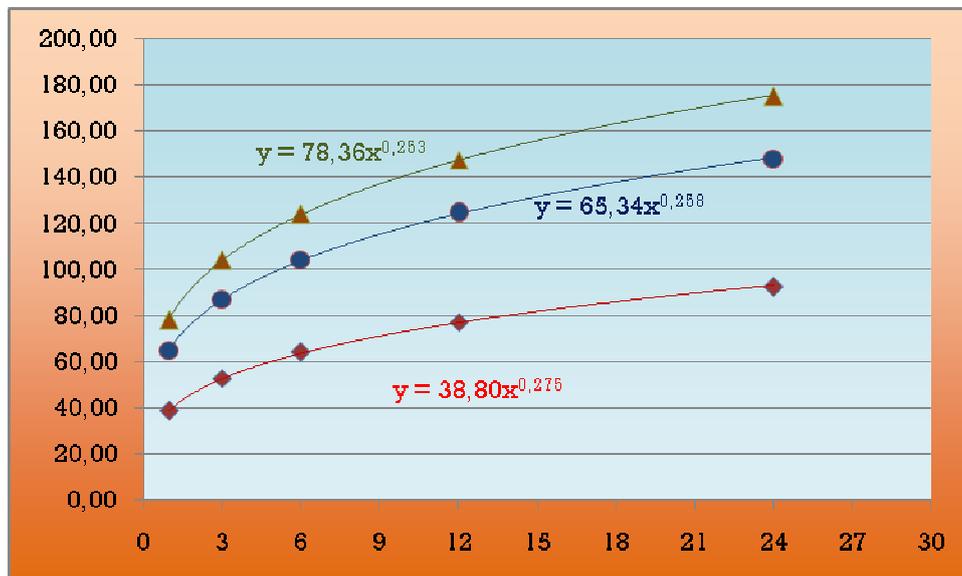


Fig. 12.3 - Bacino 3 --- LSPP Tr=30 – 200 – 500 anni

Bacino 3			Sup = 1,45 kmq	
	a	n	a'	n'
Tr = 30 anni	38,80	0,275	36,10	0,279
Tr = 200 anni	65,34	0,259	60,79	0,263
Tr = 500 anni	78,36	0,254	72,90	0,258

Equazione delle LSPP ragguagliate per il Bacino 3:

$$T_r = 30 \text{ anni} \quad h'_{netta-3}(t, 30) = 36,10 \times t^{0,279}$$

$$T_r = 200 \text{ anni} \quad h'_{netta-3}(t, 200) = 60,79 \times t^{0,263}$$

$$T_r = 500 \text{ anni} \quad h'_{netta-3}(t, 500) = 72,90 \times t^{0,258}$$

Bacino 4

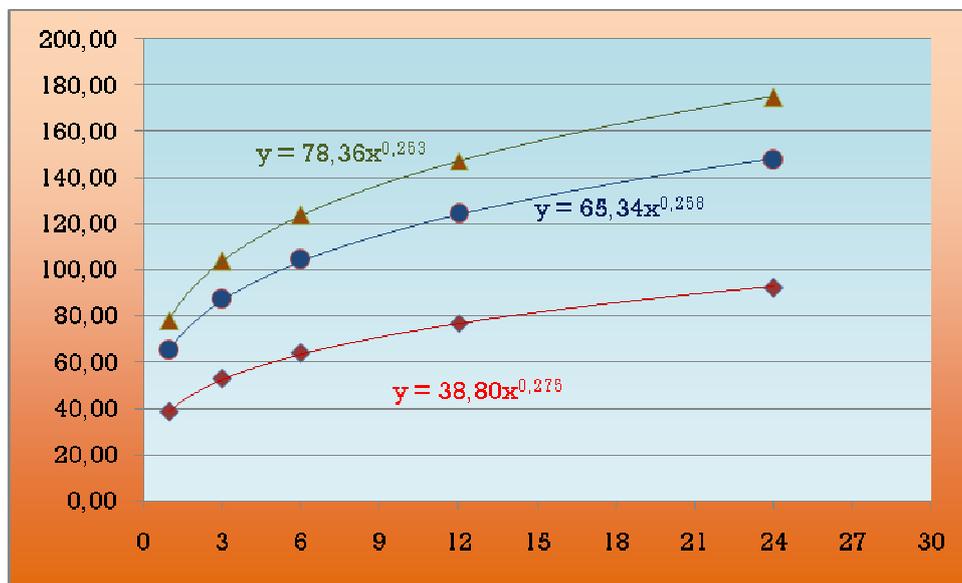


Fig. 12.4 - Bacino 4 --- LSPP Tr=30 – 200 – 500 anni

Bacino 4			Sup = 8,23 kmq	
	a	n	a'	n'
Tr = 30 anni	38,80	0,275	33,39	0,286
Tr = 200 anni	65,34	0,258	56,23	0,269
Tr = 500 anni	78,36	0,253	67,43	0,264

Equazione delle LSPP ragguagliate per il Bacino 4:

$$T_r = 30 \text{ anni} \quad h'_{netta-4}(t, 30) = 33,39 \times t^{0,286}$$

$$T_r = 200 \text{ anni} \quad h'_{netta-4}(t, 200) = 56,23 \times t^{0,269}$$

$$T_r = 500 \text{ anni} \quad h'_{netta-4}(t, 500) = 67,43 \times t^{0,264}$$

Bacino 5

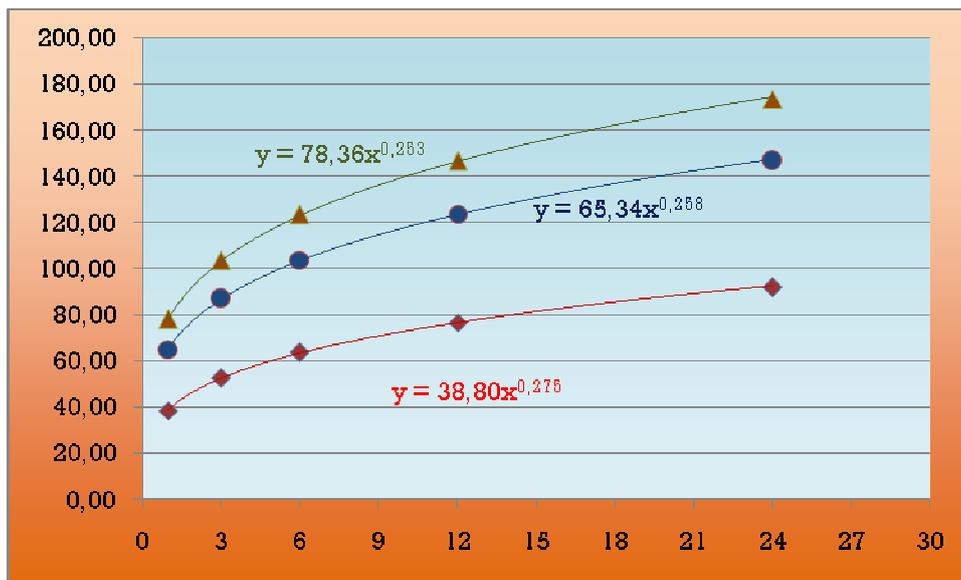


Fig. 12.5 - Bacino 5 --- LSPP Tr=30 – 200 – 500 anni

Bacino 5	Sup = 1,29 kmq			
	a	n	a'	n'
Tr = 30 anni	38,80	0,275	36,22	0,279
Tr = 200 anni	65,34	0,258	60,99	0,262
Tr = 500 anni	78,36	0,253	73,15	0,257

Equazione delle LSPP ragguagliate per il Bacino 5:

$$\begin{aligned}
 T_r = 30 \text{ anni} & \quad h'_{netta-5}(t, 30) = 36,22 \times t^{0,279} \\
 T_r = 200 \text{ anni} & \quad h'_{netta-5}(t, 200) = 60,99 \times t^{0,262} \\
 T_r = 500 \text{ anni} & \quad h'_{netta-5}(t, 500) = 73,15 \times t^{0,257}
 \end{aligned}$$

Bacino 6

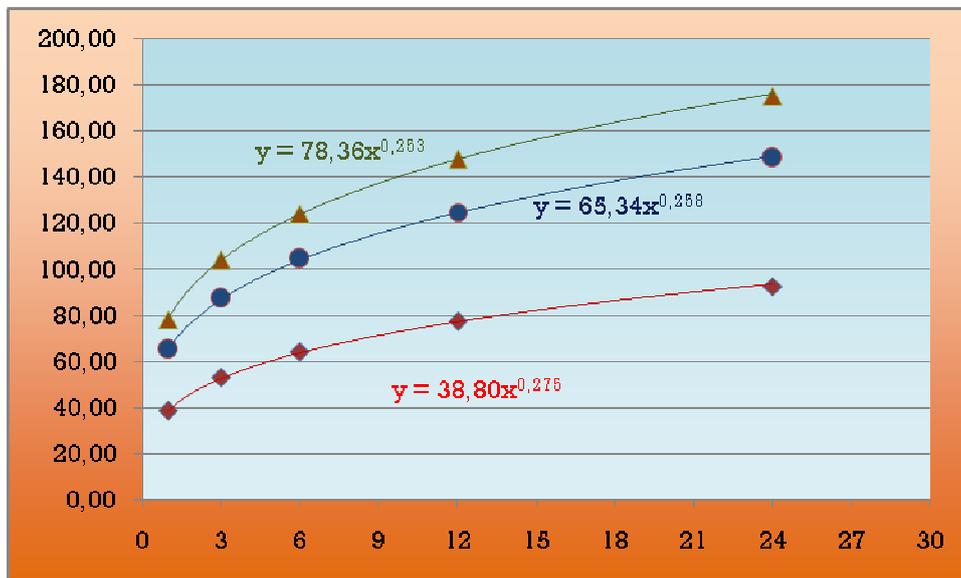


Fig. 12.6 - Bacino 6 --- LSPP Tr=30 – 200 – 500 anni

Bacino 6			Sup = 6,19 kmq	
	a	n	a'	n'
Tr = 30 anni	38,80	0,275	33,97	0,284
Tr = 200 anni	65,34	0,258	57,21	0,267
Tr = 500 anni	78,36	0,253	68,61	0,262

Equazione delle LSPP ragguagliate per il Bacino 6:

$$T_Y = 30 \text{ anni} \quad h'_{netta-6}(t, 30) = 33,97 \times t^{0,284}$$

$$T_Y = 200 \text{ anni} \quad h'_{netta-6}(t, 200) = 57,21 \times t^{0,267}$$

$$T_Y = 500 \text{ anni} \quad h'_{netta-6}(t, 500) = 68,61 \times t^{0,262}$$

Bacino 7

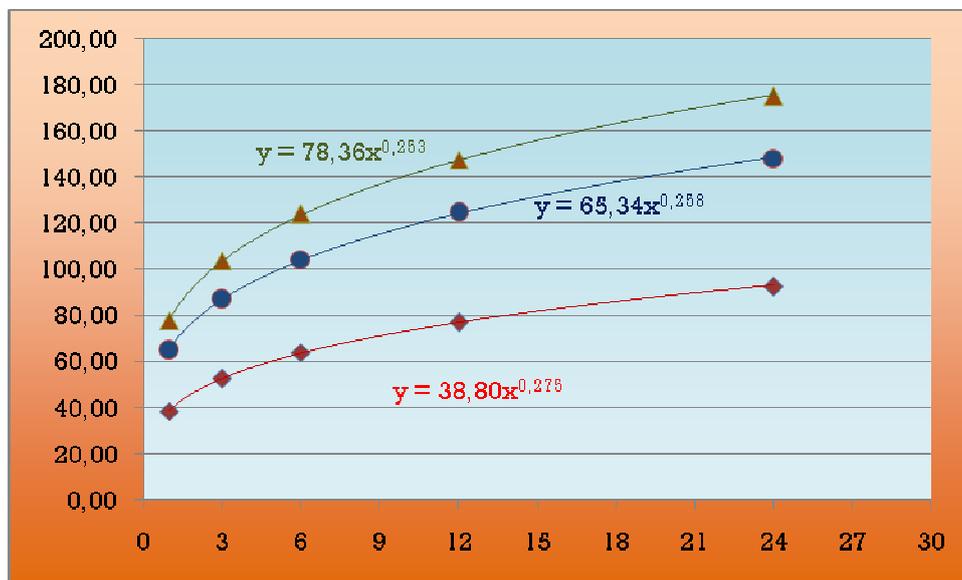


Fig. 12.7 - Bacino 7 --- LSPP Tr=30 – 200 – 500 anni

Bacino 7			Sup = 4,46 kmq	
	a	n	a'	n'
Tr = 30 anni	38,80	0,275	34,56	0,282
Tr = 200 anni	65,34	0,258	58,21	0,265
Tr = 500 anni	78,36	0,253	69,81	0,260

Equazione delle LSPP ragguagliate per il Bacino 7:

$$T_Y = 30 \text{ anni} \quad h'_{netta-7}(t, 30) = 34,56 \times t^{0,282}$$

$$T_Y = 200 \text{ anni} \quad h'_{netta-7}(t, 200) = 58,21 \times t^{0,265}$$

$$T_Y = 500 \text{ anni} \quad h'_{netta-7}(t, 500) = 69,81 \times t^{0,260}$$

6.5.2. Tempo di corrivazione

Il valore massimo della portata, $Q_{max}(T_Y)$, per un evento di pioggia di assegnato tempo di ritorno T_Y , secondo il metodo della corrivazione, si ha per una durata dell'evento pari a t_c , detto

tempo di corrivazione. Esso è definito come il tempo che impiega l'ultima particella d'acqua caduta sul bacino, nella sezione più lontana da quella di chiusura, a raggiungere quest'ultima. Per il calcolo del tempo di corrivazione, in ore, è stata utilizzata la formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 L}{0,8\sqrt{H}}$$

dove:

- A è l'area del bacino in kmq
- L è la lunghezza dell'asta principale in km
- H è la differenza di quota, in metri, tra la quota media del bacino (H_m) e la quota di chiusura del bacino (H_c).

In considerazione delle dimensioni dei bacini, si sceglie di utilizzare quest'ultima formula, ottenendo i seguenti risultati:

Bacino 1	$t_c = 1,29$ h
Bacino 2	$t_c = 1,62$ h
Bacino 3	$t_c = 1,60$ h
Bacino 4	$t_c = 3,61$ h
Bacino 5	$t_c = 1,58$ h
Bacino 6	$t_c = 2,98$ h
Bacino 7	$t_c = 2,42$ h

6.5.3. Calcolo delle portate di piena e relativo andamento

Per ciascun bacino è stata dunque calcolata l'intensità di pioggia $i_c(T_r)$ (in m/s) per un evento di durata pari a t_c ed assegnato tempo di ritorno T_r , ed infine la portata massima in m³/s, con le formule:

$$i_c(T_r) = a' \times t_c^{(n'-1)} \qquad Q_{max}(T_r) = i_c(T_r) \times A$$

In tabella 7 si riassumono i risultati ottenuti per i 7 bacini individuati.

		<i>Tr = 30 anni</i>		<i>Tr = 200 anni</i>		<i>Tr = 500 anni</i>	
		<i>ic (30)</i>	<i>Qmax (30)</i>	<i>ic (200)</i>	<i>Qmax (200)</i>	<i>ic (500)</i>	<i>Qmax (500)</i>
BACINI	1	8,49E-06	6,66 mc/s	1,42E-05	11,17 mc/s	1,71E-05	13,37 mc/s
	2	7,13E-06	7,81 mc/s	1,19E-05	13,05 mc/s	1,43E-05	15,61 mc/s
	3	7,13E-06	10,34 mc/s	1,19E-05	17,29 mc/s	1,43E-05	20,68 mc/s
	4	3,71E-06	30,53 mc/s	6,11E-06	50,31 mc/s	7,28E-06	59,95 mc/s
	5	7,23E-06	9,35 mc/s	1,21E-05	15,62 mc/s	1,44E-05	18,69 mc/s
	6	4,32E-06	26,75 mc/s	7,15E-06	44,21 mc/s	8,52E-06	52,74 mc/s
	7	5,09E-06	22,74 mc/s	8,45E-06	37,73 mc/s	1,01E-05	45,05 mc/s

Tab. 7 – Intensità di pioggia e portate di piena

Dalla combinazione del metodo di corrivazione con l'equazione della curva segnalatrice di possibilità climatica relativa ad un determinato tempo di ritorno si può calcolare il valore della portata Q per un evento di durata d nel seguente modo:

$$\begin{aligned}
 d \leq t_c & \qquad \qquad \qquad Q(T_r) = a' \times A \times \frac{d^{n'}}{t_c} \\
 d \geq t_c & \qquad \qquad \qquad Q(T_r) = a' \times A \times d^{(n'-1)}
 \end{aligned}$$

Tali espressioni presentano un massimo del valore della portata in corrispondenza di un evento di durata esattamente pari al tempo di corrivazione.

Di seguito si riportano i valori ed i grafici relativi all'andamento della portata nelle ventiquattro ore per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni per tutti i bacini:

Bacino 1

d [ore]	0	1	1,29	3	6	12	24
Q(30) [mc/s]	0,00	6,21	6,66	3,61	2,19	1,33	0,80
Q(200) [mc/s]	0,00	10,45	11,17	5,98	3,58	2,15	1,29
Q(500) [mc/s]	0,00	12,53	13,37	7,13	4,26	2,54	1,52

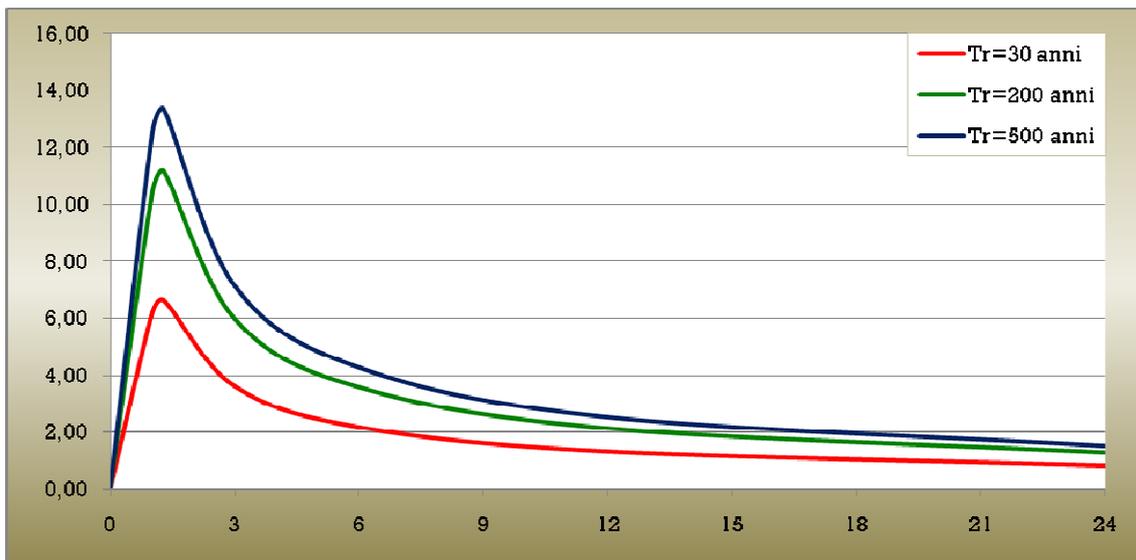


Fig. 13.1 - Bacino 1 --- Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno

Bacino 2

d [ore]	0	1	1,62	3	6	12	24
Q(30) [mc/s]	0,00	6,84	7,81	5,00	3,03	1,84	1,11
Q(200) [mc/s]	0,00	11,51	13,05	8,27	4,95	2,97	1,78
Q(500) [mc/s]	0,00	13,81	15,61	9,86	5,89	3,51	2,10

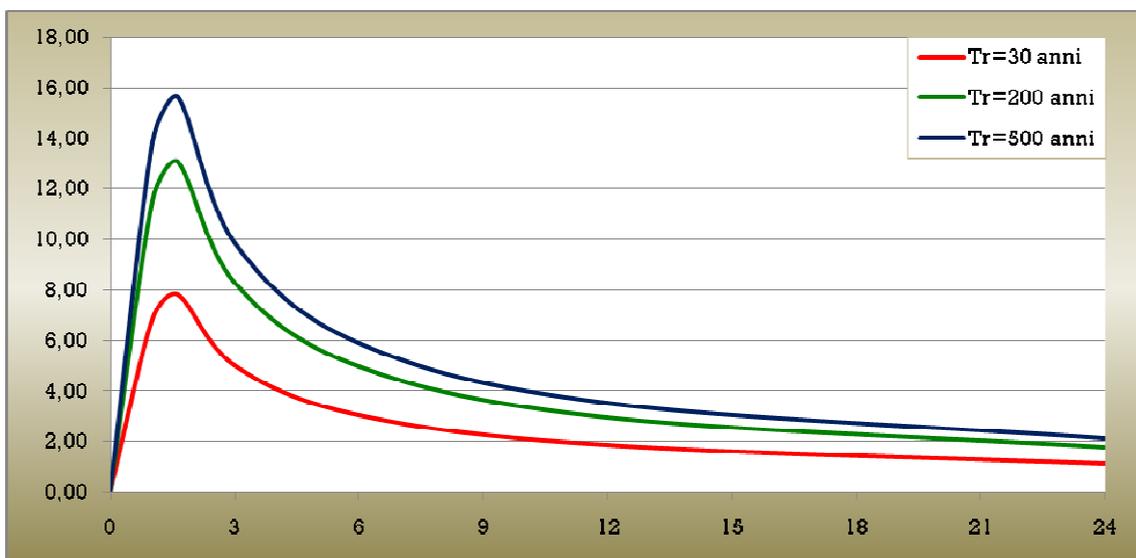


Fig. 13.2 - Bacino 2 --- Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno

Bacino 3

d [ore]	0	1	1,60	3	6	12	24
Q(30) [mc/s]	0,00	9,07	10,34	6,59	4,00	2,42	1,47
Q(200) [mc/s]	0,00	15,27	17,29	10,90	6,54	3,92	2,35
Q(500) [mc/s]	0,00	18,31	20,68	13,00	7,77	4,65	2,78

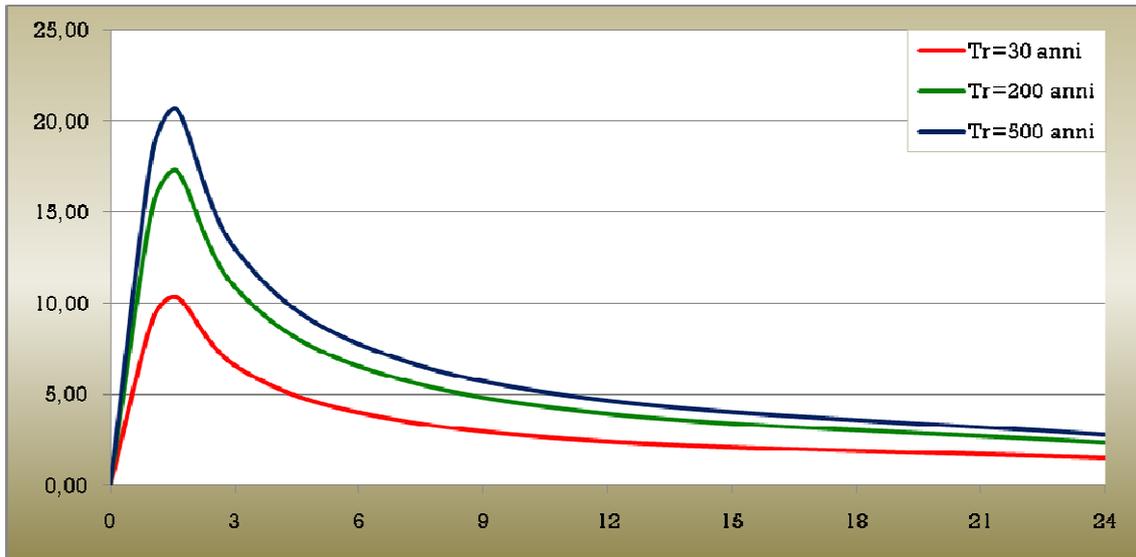


Fig. 13.3 - Bacino 3 --- Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno

Bacino 4

d [ore]	0	1	3	3,61	6	12	24
Q(30) [mc/s]	0,00	21,16	28,96	30,53	21,23	12,94	7,89
Q(200) [mc/s]	0,00	35,64	47,87	50,31	34,68	20,89	12,58
Q(500) [mc/s]	0,00	42,74	57,10	59,95	41,22	24,74	14,85

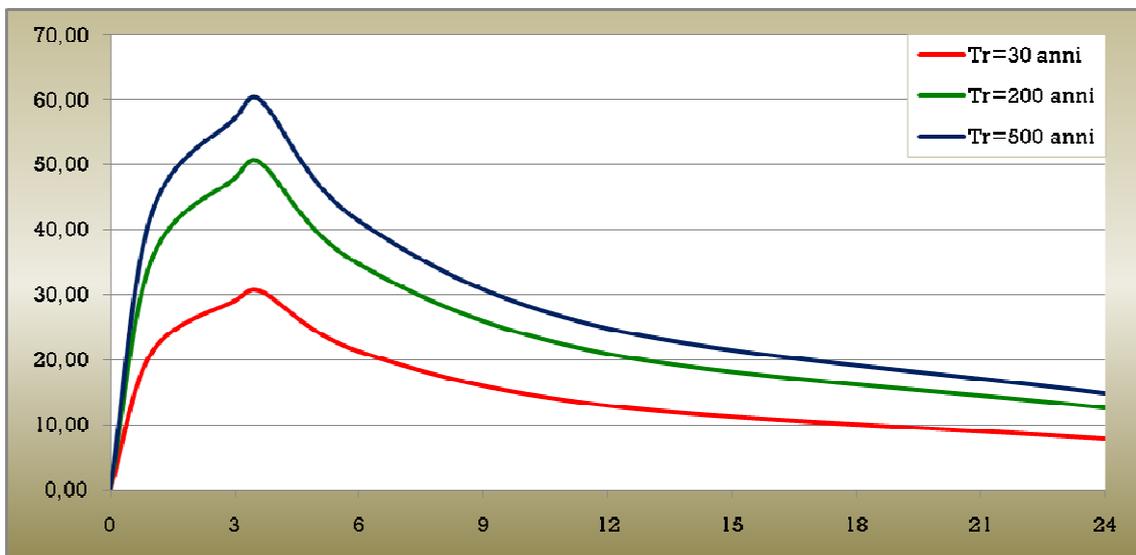


Fig. 13.4 - Bacino 4 --- Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno

Bacino 5

d [ore]	0	1	1,58	3	6	12	24
Q(30) [mc/s]	0,00	8,23	9,35	5,89	3,57	2,17	1,31
Q(200) [mc/s]	0,00	13,85	15,62	9,74	5,84	3,50	2,10
Q(500) [mc/s]	0,00	16,62	18,69	11,62	6,94	4,14	2,48

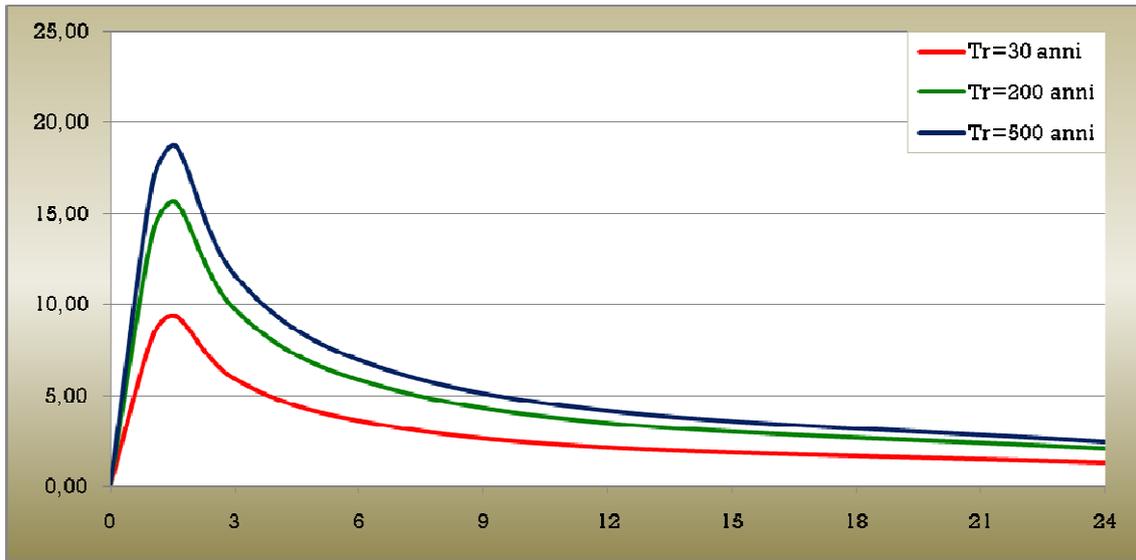


Fig. 13.5 - Bacino 5 --- Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno

Bacino 6

d [ore]	0	1	2,98	3	6	12	24
Q(30) [mc/s]	0,00	19,62	26,75	26,59	16,19	9,85	6,00
Q(200) [mc/s]	0,00	33,05	44,21	43,95	26,44	15,91	9,57
Q(500) [mc/s]	0,00	39,63	52,74	52,42	31,43	18,84	11,30

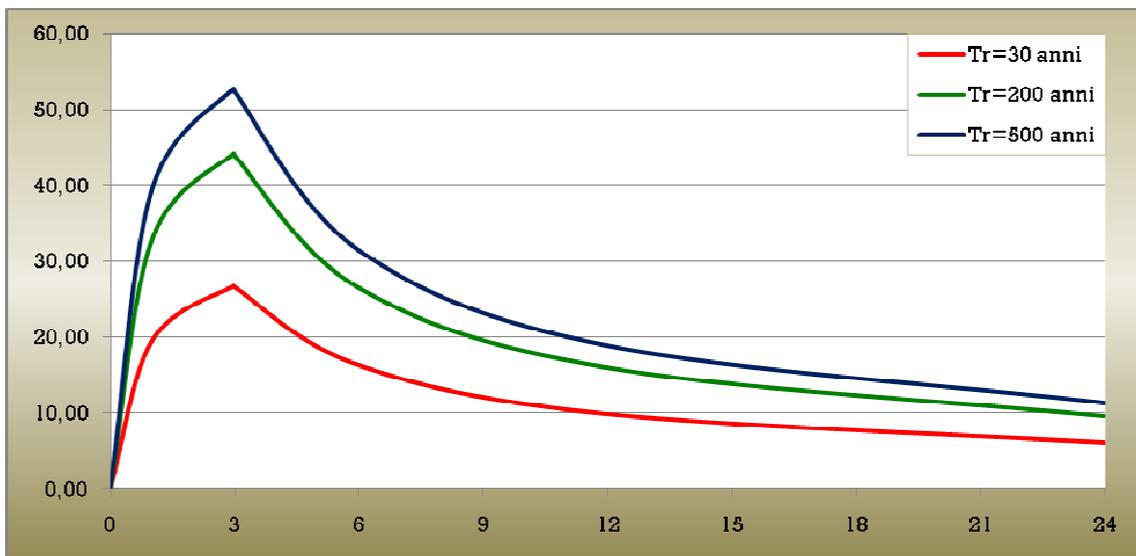


Fig. 13.6 - Bacino 6 --- Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno

Bacino 7

d [ore]	0	1	2,42	3	6	12	24
Q(30) [mc/s]	0,00	17,72	22,74	19,49	11,85	7,21	4,38
Q(200) [mc/s]	0,00	29,84	37,73	32,21	19,36	11,63	6,99
Q(500) [mc/s]	0,00	35,79	45,05	38,42	23,01	13,78	8,25

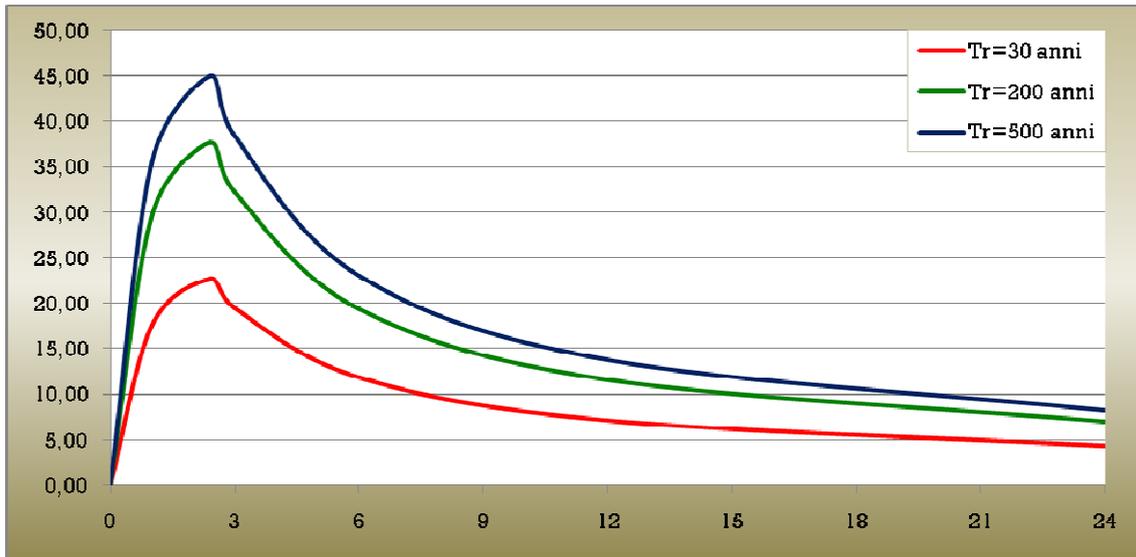


Fig. 13.7 - Bacino 7 --- Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno

7. ALLEGATI

1. Test di Kolmogorov
2. Individuazione dei bacini

TEST DI KOLMOGOROV - PIOGGE DI DURATA PARI A 1 ORA

N. ordine	X = 1 ora	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	Dn= F(X)-F _x (X)
1	11.0	0.018	0.024	0.007
2	12.0	0.036	0.038	0.003
3	12.4	0.054	0.045	0.008
4	13.8	0.071	0.075	0.004
5	15.4	0.089	0.122	0.033
6	15.6	0.107	0.129	0.022
7	15.8	0.125	0.136	0.011
8	16.6	0.143	0.165	0.022
9	17.2	0.161	0.189	0.028
10	17.6	0.179	0.205	0.027
11	18.2	0.196	0.231	0.034
12	18.6	0.214	0.248	0.034
13	18.6	0.232	0.248	0.016
14	19.0	0.250	0.266	0.016
15	19.0	0.268	0.266	0.001
16	19.6	0.286	0.294	0.008
17	19.8	0.304	0.303	0.000
18	19.8	0.321	0.303	0.018
19	20.2	0.339	0.322	0.017
20	21.6	0.357	0.388	0.031
21	22.6	0.375	0.436	0.061
22	23.0	0.393	0.454	0.061
23	23.0	0.411	0.454	0.043
24	23.2	0.429	0.463	0.035
25	23.4	0.446	0.472	0.026
26	23.6	0.464	0.482	0.017
27	24.0	0.482	0.500	0.017
28	24.4	0.500	0.517	0.017
29	25.0	0.518	0.543	0.026
30	25.4	0.536	0.560	0.025

N. ordine	X = 1 ora	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	Dn= F(X)-F _x (X)
31	25.4	0.554	0.560	0.007
32	25.8	0.571	0.577	0.005
33	25.8	0.589	0.577	0.012
34	26.0	0.607	0.585	0.022
35	26.0	0.625	0.585	0.040
36	26.4	0.643	0.601	0.042
37	26.8	0.661	0.617	0.044
38	27.4	0.679	0.639	0.039
39	27.6	0.696	0.647	0.050
40	27.8	0.714	0.654	0.061
41	29.0	0.732	0.695	0.037
42	29.2	0.750	0.701	0.049
43	29.6	0.768	0.714	0.054
44	30.0	0.786	0.726	0.060
45	32.6	0.804	0.795	0.008
46	33.6	0.821	0.818	0.004
47	33.8	0.839	0.822	0.017
48	33.8	0.857	0.822	0.035
49	36.2	0.875	0.866	0.009
50	37.4	0.893	0.884	0.009
51	38.6	0.911	0.900	0.011
52	40.0	0.929	0.916	0.013
53	42.8	0.946	0.940	0.006
54	51.8	0.964	0.981	0.017
55	67.4	0.982	0.997	0.015

VERIFICA

Dn max = 0.061
 Ic 95 = 0.183 (Intervallo confidenza 95%)

POSITIVA

TEST DI KOLMOGOROV - PIOGGE DI DURATA PARI A 3 ORE

N. ordine	X = 3 ore	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	D _n = F(X)-F _x (X)
1	13.2	0.018	0.012	0.006
2	14.0	0.036	0.017	0.018
3	16.8	0.054	0.051	0.003
4	19.4	0.071	0.106	0.034
5	19.8	0.089	0.116	0.027
6	20.6	0.107	0.139	0.032
7	20.8	0.125	0.145	0.020
8	21.0	0.143	0.151	0.008
9	21.8	0.161	0.177	0.016
10	22.4	0.179	0.198	0.019
11	22.4	0.196	0.198	0.001
12	22.6	0.214	0.205	0.010
13	24.2	0.232	0.264	0.032
14	24.4	0.250	0.271	0.021
15	25.6	0.268	0.319	0.051
16	25.8	0.286	0.327	0.041
17	26.4	0.304	0.350	0.047
18	26.6	0.321	0.358	0.037
19	27.8	0.339	0.407	0.067
20	28.0	0.357	0.415	0.057
21	28.2	0.375	0.422	0.047
22	28.4	0.393	0.430	0.038
23	28.6	0.411	0.438	0.028
24	28.8	0.429	0.446	0.018
25	29.0	0.446	0.454	0.008
26	29.2	0.464	0.462	0.003
27	29.2	0.482	0.462	0.020
28	29.2	0.500	0.462	0.038
29	29.8	0.518	0.485	0.033
30	30.6	0.536	0.515	0.021

N. ordine	X = 3 ore	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	D _n = F(X)-F _x (X)
31	30.6	0.554	0.515	0.038
32	31.4	0.571	0.544	0.027
33	31.8	0.589	0.559	0.031
34	31.8	0.607	0.559	0.048
35	31.8	0.625	0.559	0.066
36	34.0	0.643	0.633	0.010
37	35.2	0.661	0.669	0.008
38	35.4	0.679	0.675	0.004
39	35.6	0.696	0.681	0.016
40	36.0	0.714	0.692	0.022
41	36.2	0.732	0.697	0.035
42	36.2	0.750	0.697	0.053
43	36.4	0.768	0.703	0.065
44	37.4	0.786	0.729	0.057
45	37.6	0.804	0.734	0.070
46	39.8	0.821	0.784	0.037
47	42.4	0.839	0.833	0.007
48	42.8	0.857	0.839	0.018
49	42.8	0.875	0.839	0.036
50	46.6	0.893	0.891	0.002
51	48.8	0.911	0.913	0.002
52	53.2	0.929	0.945	0.017
53	59.0	0.946	0.970	0.024
54	64.8	0.964	0.984	0.020
55	73.8	0.982	0.994	0.012

VERIFICA

D_n max = 0.070

I_c 95 = 0.183 (Intervallo confidenza 95%)

POSITIVA

TEST DI KOLMOGOROV - PIOGGE DI DURATA PARI A 6 ORE

N. ordine	X = 6 ore	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	D _n = F(X)-F _x (X)
1	18.2	0.018	0.011	0.007
2	18.2	0.036	0.011	0.025
3	22.8	0.054	0.062	0.008
4	24.2	0.071	0.091	0.019
5	24.6	0.089	0.100	0.011
6	25.4	0.107	0.121	0.014
7	26.4	0.125	0.149	0.024
8	26.8	0.143	0.162	0.019
9	26.8	0.161	0.162	0.001
10	27.8	0.179	0.194	0.015
11	28.0	0.196	0.201	0.004
12	28.2	0.214	0.208	0.007
13	29.0	0.232	0.236	0.004
14	29.8	0.250	0.265	0.015
15	29.8	0.268	0.265	0.002
16	30.6	0.286	0.296	0.010
17	30.8	0.304	0.303	0.000
18	31.0	0.321	0.311	0.010
19	31.6	0.339	0.334	0.005
20	31.8	0.357	0.342	0.015
21	33.8	0.375	0.420	0.045
22	34.0	0.393	0.427	0.035
23	34.0	0.411	0.427	0.017
24	35.4	0.429	0.481	0.052
25	35.4	0.446	0.481	0.034
26	35.8	0.464	0.495	0.031
27	35.8	0.482	0.495	0.013
28	35.8	0.500	0.495	0.005
29	36.0	0.518	0.503	0.015
30	36.0	0.536	0.503	0.033

N. ordine	X = 6 ore	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	D _n = F(X)-F _x (X)
31	36.2	0.554	0.510	0.043
32	36.4	0.571	0.517	0.054
33	36.4	0.589	0.517	0.072
34	37.4	0.607	0.553	0.054
35	38.6	0.625	0.593	0.032
36	38.8	0.643	0.600	0.043
37	39.0	0.661	0.606	0.054
38	39.8	0.679	0.632	0.047
39	40.2	0.696	0.644	0.053
40	40.8	0.714	0.661	0.053
41	42.4	0.732	0.705	0.027
42	42.8	0.750	0.716	0.034
43	43.0	0.768	0.721	0.047
44	47.4	0.786	0.814	0.029
45	48.6	0.804	0.835	0.031
46	49.6	0.821	0.850	0.028
47	51.2	0.839	0.872	0.032
48	51.8	0.857	0.879	0.022
49	53.2	0.875	0.895	0.020
50	54.0	0.893	0.903	0.010
51	54.0	0.911	0.903	0.008
52	59.8	0.929	0.946	0.018
53	63.0	0.946	0.961	0.015
54	72.0	0.964	0.985	0.021
55	74.4	0.982	0.988	0.006

VERIFICA

D_n max = 0.072

I_c 95 = 0.183 (Intervallo confidenza 95%)

POSITIVA

TEST DI KOLMOGOROV - PIOGGE DI DURATA PARI A 12 ORE

N. ordine	X = 12 ore	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	Dn= F(X)-F _x (X)
1	22.6	0.018	0.022	0.004
2	25.2	0.035	0.047	0.012
3	26.6	0.053	0.067	0.014
4	29.4	0.070	0.119	0.049
5	30.0	0.088	0.133	0.045
6	30.2	0.105	0.137	0.032
7	30.8	0.123	0.152	0.029
8	31.0	0.140	0.157	0.016
9	31.8	0.158	0.177	0.019
10	32.0	0.175	0.183	0.007
11	32.4	0.193	0.193	0.000
12	33.2	0.211	0.216	0.005
13	33.4	0.228	0.222	0.007
14	34.4	0.246	0.251	0.005
15	35.4	0.263	0.281	0.018
16	35.4	0.281	0.281	0.000
17	35.6	0.298	0.287	0.011
18	35.8	0.316	0.293	0.022
19	36.0	0.333	0.300	0.034
20	36.2	0.351	0.306	0.045
21	36.8	0.368	0.325	0.044
22	37.6	0.386	0.350	0.036
23	37.8	0.404	0.356	0.047
24	37.8	0.421	0.356	0.065
25	38.0	0.439	0.362	0.076
26	38.8	0.456	0.388	0.068
27	39.0	0.474	0.394	0.080
28	39.2	0.491	0.400	0.091
29	40.6	0.509	0.444	0.065
30	41.2	0.526	0.463	0.064

N. ordine	X = 12 ore	Freq cumulata F(X)	F _x (X)	Dn= F(X)-F _x (X)
31	41.2	0.544	0.463	0.081
32	41.6	0.561	0.475	0.086
33	42.8	0.579	0.511	0.068
34	44.0	0.596	0.546	0.051
35	45.0	0.614	0.574	0.040
36	46.6	0.632	0.616	0.015
37	47.0	0.649	0.626	0.023
38	47.6	0.667	0.641	0.025
39	48.2	0.684	0.656	0.029
40	49.6	0.702	0.688	0.014
41	49.6	0.719	0.688	0.031
42	51.2	0.737	0.722	0.015
43	52.0	0.754	0.738	0.017
44	58.0	0.772	0.834	0.062
45	58.2	0.789	0.836	0.047
46	58.4	0.807	0.839	0.032
47	59.8	0.825	0.856	0.031
48	60.4	0.842	0.863	0.020
49	65.0	0.860	0.905	0.046
50	66.2	0.877	0.914	0.037
51	69.0	0.895	0.932	0.037
52	71.4	0.912	0.944	0.032
53	74.4	0.930	0.957	0.027
54	75.2	0.947	0.959	0.012
55	75.8	0.965	0.961	0.003
56	89.8	0.982	0.988	0.006

VERIFICA
Dn max = 0.091
Ic 95 = 0.182 (Intervallo confidenza 95%)

POSITIVA

TEST DI KOLMOGOROV - PIOGGE DI DURATA PARI A 24 ORE

N. ordine	X = 24 ore	Freq cumulata F(X)	Fx(X)	Dn= F(X)-Fx(X)
1	30.8	0.018	0.071	0.053
2	32.6	0.035	0.093	0.058
3	33.0	0.053	0.098	0.046
4	33.4	0.070	0.104	0.034
5	35.0	0.088	0.128	0.041
6	35.4	0.105	0.135	0.030
7	35.8	0.123	0.142	0.019
8	36.0	0.140	0.145	0.005
9	36.0	0.158	0.145	0.013
10	36.0	0.175	0.145	0.030
11	36.2	0.193	0.149	0.044
12	38.8	0.211	0.196	0.014
13	40.0	0.228	0.220	0.008
14	41.2	0.246	0.245	0.000
15	41.2	0.263	0.245	0.018
16	42.4	0.281	0.271	0.010
17	43.2	0.298	0.288	0.010
18	43.4	0.316	0.293	0.023
19	43.6	0.333	0.297	0.036
20	44.0	0.351	0.306	0.045
21	45.8	0.368	0.346	0.023
22	46.0	0.386	0.350	0.036
23	46.2	0.404	0.355	0.049
24	47.2	0.421	0.377	0.044
25	48.2	0.439	0.400	0.039
26	48.4	0.456	0.404	0.052
27	48.8	0.474	0.413	0.061
28	49.6	0.491	0.431	0.060
29	50.0	0.509	0.440	0.069
30	51.2	0.526	0.466	0.060

N. ordine	X = 24 ore	Freq cumulata F(X)	Fx(X)	Dn= F(X)-Fx(X)
31	53.2	0.544	0.509	0.035
32	53.4	0.561	0.513	0.049
33	53.8	0.579	0.521	0.058
34	53.8	0.596	0.521	0.075
35	54.6	0.614	0.538	0.076
36	56.2	0.632	0.569	0.062
37	57.4	0.649	0.593	0.057
38	60.0	0.667	0.640	0.027
39	60.8	0.684	0.654	0.031
40	61.4	0.702	0.664	0.038
41	64.6	0.719	0.714	0.006
42	64.8	0.737	0.717	0.020
43	68.6	0.754	0.768	0.013
44	70.4	0.772	0.789	0.017
45	70.8	0.789	0.794	0.004
46	74.4	0.807	0.831	0.024
47	78.0	0.825	0.862	0.037
48	78.2	0.842	0.863	0.021
49	79.2	0.860	0.871	0.011
50	84.8	0.877	0.906	0.029
51	85.4	0.895	0.910	0.015
52	94.8	0.912	0.948	0.036
53	102.6	0.930	0.967	0.038
54	108.6	0.947	0.977	0.030
55	110.2	0.965	0.979	0.014
56	114.2	0.982	0.984	0.001

VERIFICA
Dn max = 0.076
Ic 95 = 0.182 (Intervallo confidenza 95%)

POSITIVA

