2. DISPONIBILITÀ IDRICA DEL BACINO DELLA STURA CON SEZIONE DI CHIUSURA A GAIOLA

Per la sezione idrometrica di Gaiola sulla Stura di Demonte sono disponibili le serie storiche di portata giornaliera relative ad un totale di 18 anni completi. Le misure sono state effettuate in maniera discontinua a partire dal 1942 fino al 2010 e pubblicate prima dal Servizio Idrografico Nazionale e, per quanto riguarda le misure recenti (1990-2006), da ARPA Piemonte (Figura 2.2).

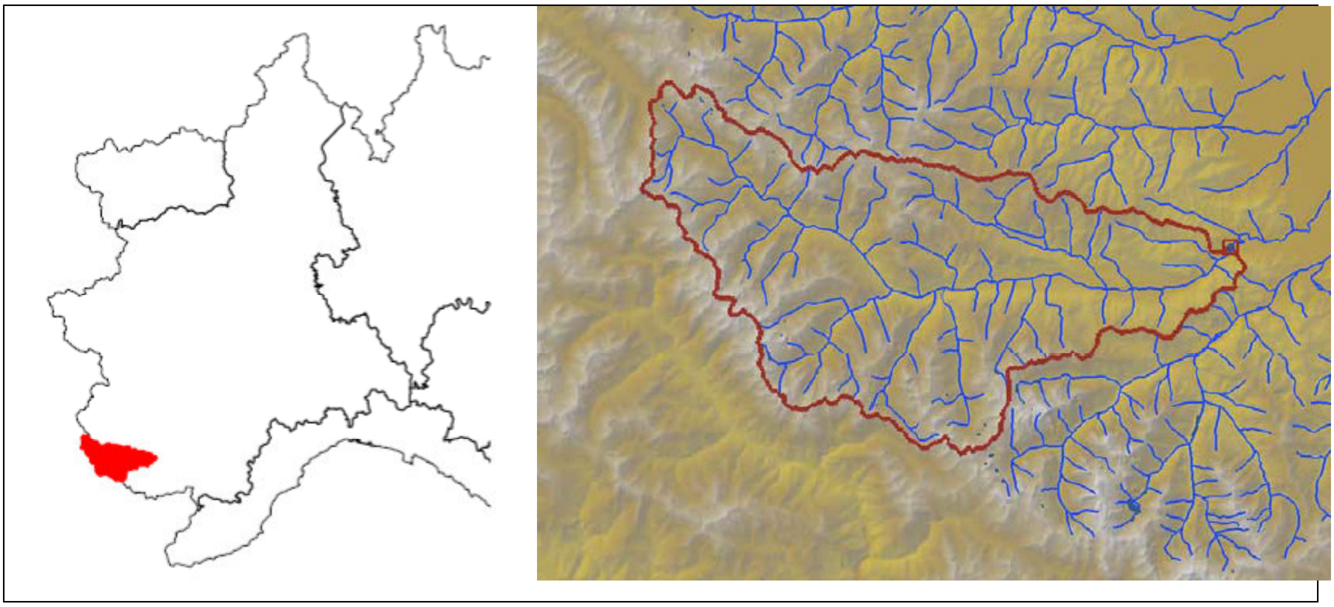


Figura 2. 1 Il bacino della Stura di Demonte a Gaiola

A partire da questi dati, si sono riportate in forma grafica le curve di durata annuali (CDD annuali), evidenziandone i diversi periodi di misura, e si è determinata la curva di durata media annua (Figura 2.3).

Per ricavare tali curve è stato necessario prendere, per ogni anno, il campione di osservazioni e ordinarlo in senso decrescente. La curva di durata delle portate è una curva di distribuzione di frequenza: in ascissa si trovano i giorni dell'anno in cui un dato valore di portata viene eguagliato o superato, probabilità di superamento. Ad ogni valore di portata della serie ordinata può essere affiancato un numero d'ordine tramite il quale viene ricavata la frequenza del valore stesso, ottenuta mediante la seguente espressione:

$$F = \frac{i}{N+1}$$

con i numero d'ordine e N numero complessivo delle osservazioni (numero di giorni in un anno).

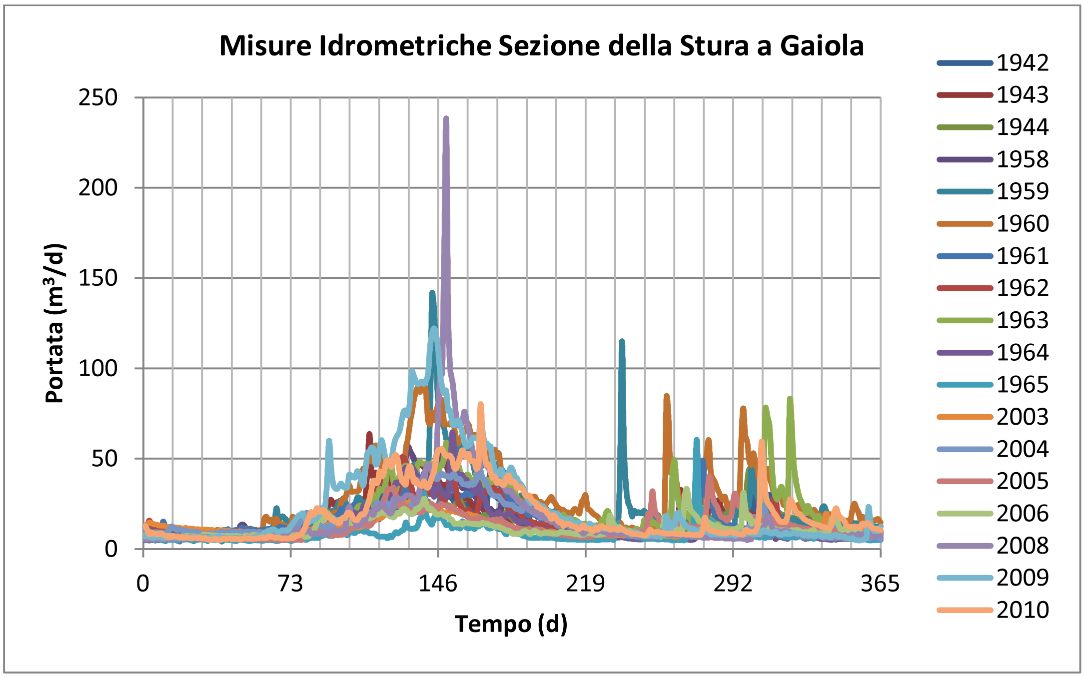


Figura 2. 2 Misure Idrometriche del bacino della Stura di Demonte a Gaiola

L'andamento della curva di durata rispecchia il regime idrometrico del corso d'acqua su cui sono state fatte le misure di portata: la Stura di Demonte a monte della sezione di Gaiola presenta, infatti un regime torrentizio caratterizzato da una curva esponenziali, derivante dal fatto che le piene si formano molto rapidamente e nel resto dell'anno le portate sono molto basse.

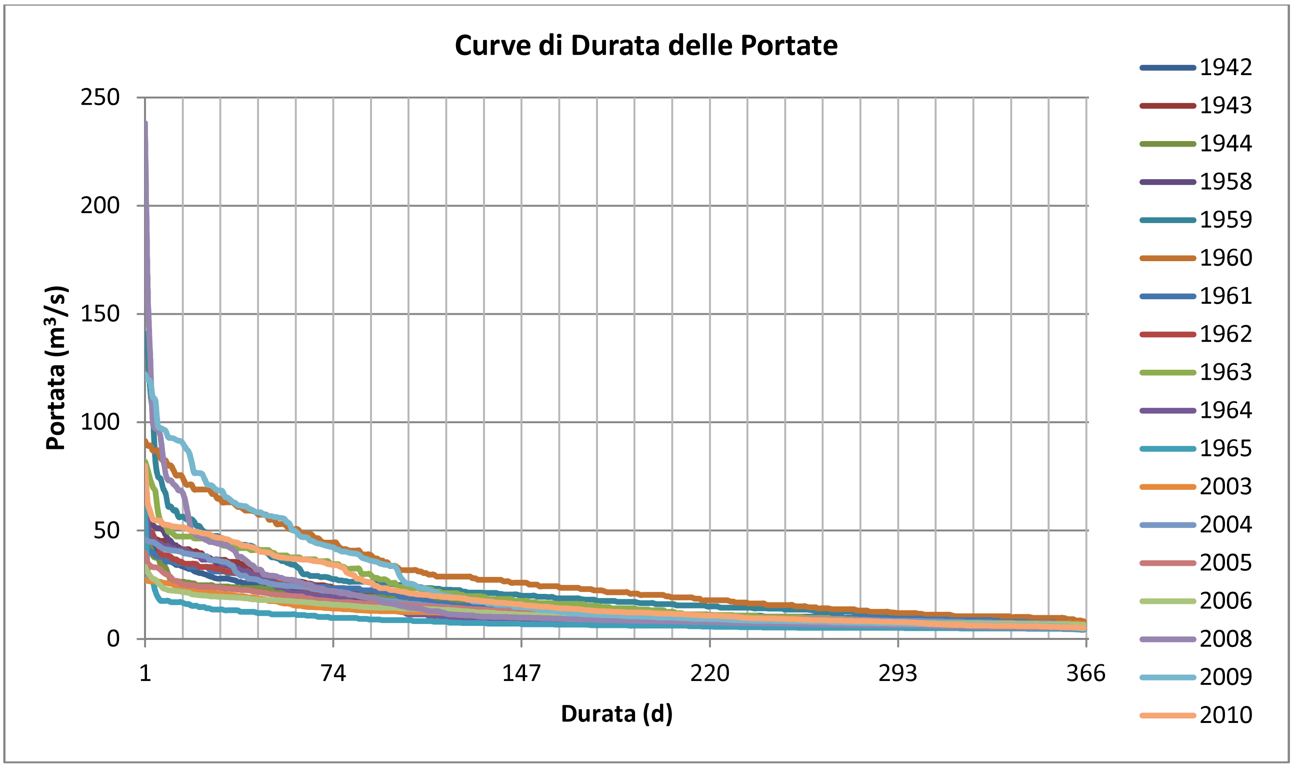


Figura 2. 3 Curve di durata delle portate

In Figura 2.4 viene rappresentata la curva di durata delle portate in scala semilogaritmica con la frequenza sull'asse delle ascisse. Questo tipo di rappresentazione permette di visualizzare meglio l'andamento della curva essendo ridotta l'influenza della presenza dei picchi di portata. Nella Figura sono evidenziati con colori diversi le serie di dati che provengono dal Servizio Idrografico Nazionale e quelle fornite dall'ARPA Piemonte.

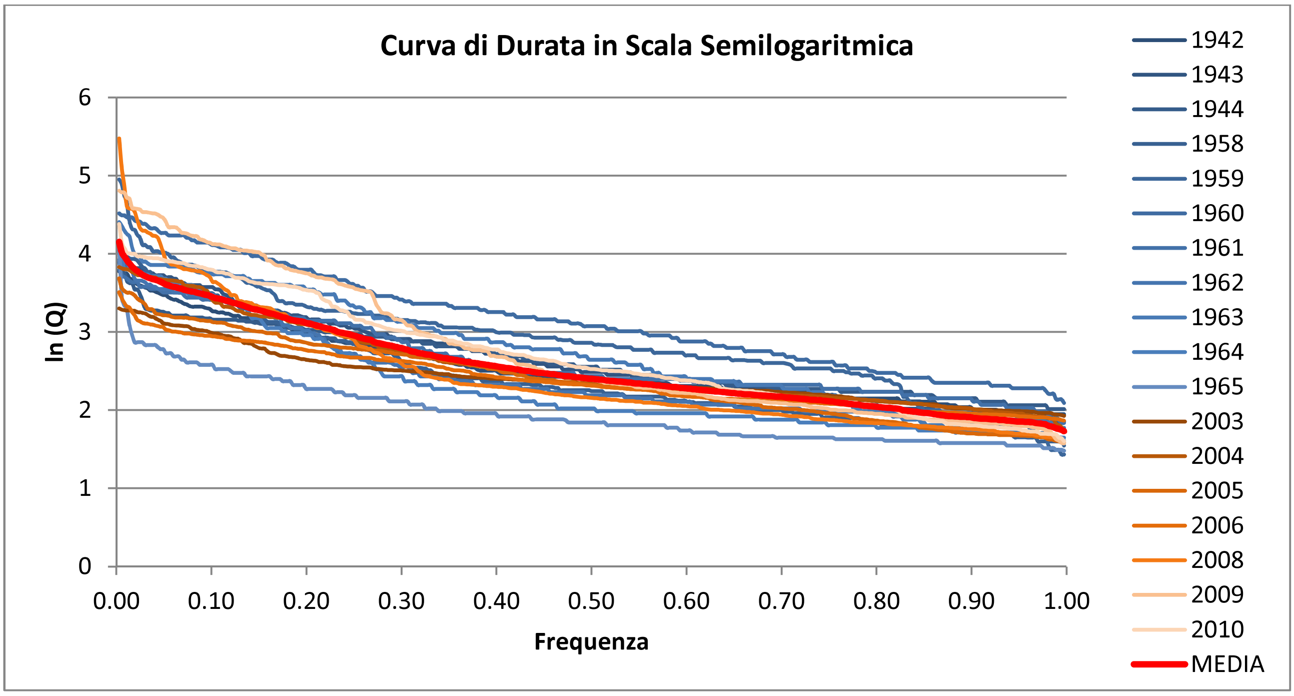


Figura 2. 4 Curve di durata delle portate in scala semilogaritmica

Messa in evidenza la curva di durata media annua, è possibile rappresentare quest'ultima in forma analitica, utilizzando:

1. La distribuzione log-Normale. Si tratta dell'applicazione della distribuzione Normale al logaritmo dei valori delle osservazioni. I due parametri da cui essa dipende sono stati stimati mediante regressione in carta probabilistica;

2. La distribuzione di Burr. Si adatta bene a descrivere l'andamento dei valori medi di portata di un corso d'acqua: il minimo di questa distribuzione è zero, per cui è ideale per rappresentare i valori di portata che sono sempre non negativi. Ha una forma analitica piuttosto semplice: dipende da tre parametri che sono stati stimati con il metodo degli L-momenti. La portata, funzione quantile, viene espressa secondo la distribuzione di Burr come:

$$Q(P) = a\left(\frac{(1-P)^{-b}-1}{b}\right)^{\frac{1}{c}}$$

dove a è il parametro di scala, b e c sono i parametri di forma e P è la probabilità di non superamento.

Per rappresentare la curva di durata media annua utilizzando la distribuzione log-Normale sono state effettuate le seguenti operazioni (Tabella 2.1):

- Ordinata la serie in senso decrescente, ad ogni valore è stato affiancato il numero d'ordine (durata) e la sua frequenza di superamento.

- Calcolato il logaritmo dei valori della serie, è stata calcolata la variabile ridotta z, l'inversa della distribuzione normale cumulativa, se si assegna alla media il valore zero e alla deviazione standard il valore uno. Su Excel, z = INV.NORM(B2;0;1) .
- In carta probabilistica normale tra lnQ e z esiste una relazione lineare esplicitabile nella forma:

$$\ln Q = \alpha + z\beta$$

i cui parametri per il caso in esame sono stimati tramite regressione lineare (Figura x).

- I valori di portata sono stati quindi calcolati e riportati nella rappresentazione lineare e semilogaritmica:

$$Q(d) = e^{\ln(Q)}$$

Tabella 2. 1 Passaggi per la rappresentazione analitica della curva di durata attraverso distribuzione lognormale

Durata	F	Portata Q	ln Q	z	CDD lognormale stimata
1	0.0027	74.08	4.15	-2.778	59.1
2	0.0055	63.85	4.02	-2.545	51.9
3	0.0082	59.42	3.96	-2.400	48.0
4	0.0109	55.53	3.91	-2.293	45.2
5	0.0137	53.14	3.87	-2.207	43.1
…	…	**…**	…	**…**	**…**

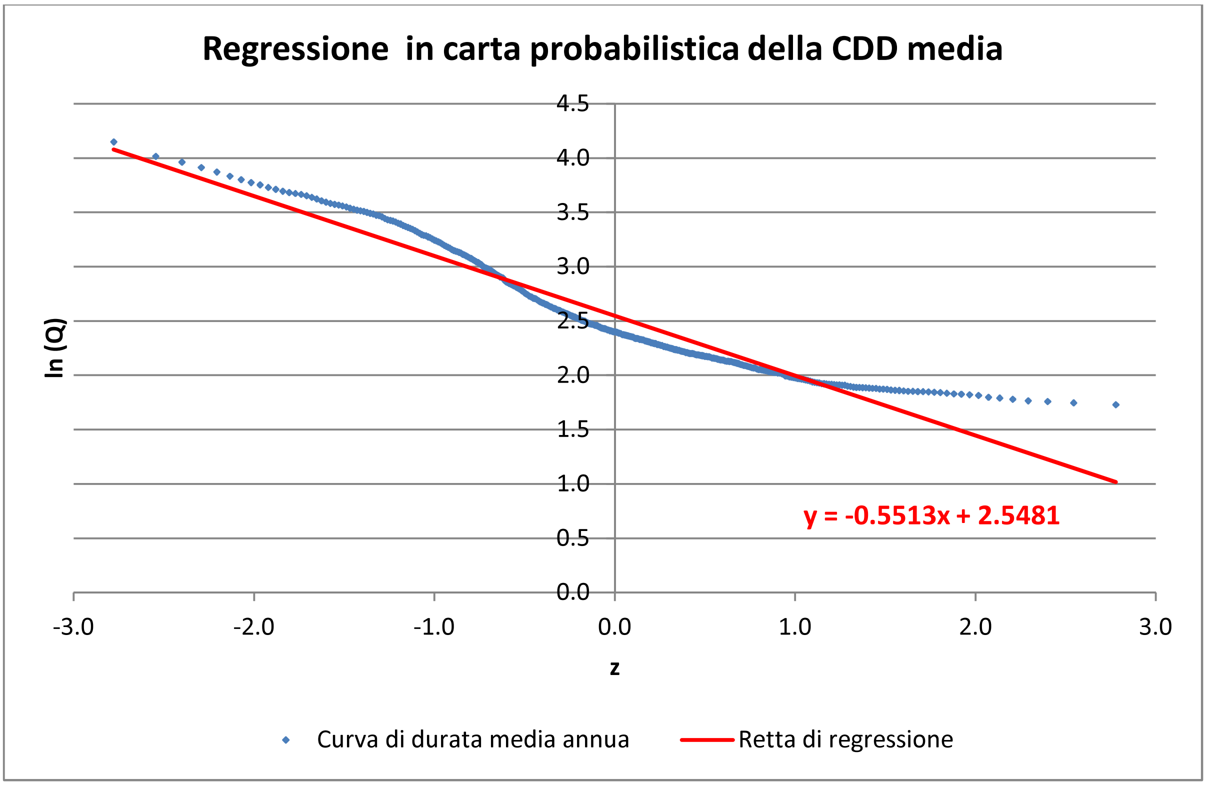


Figura 2. 5 Rappresentazione in carta probabilistica della CDD media annua e retta di regressione

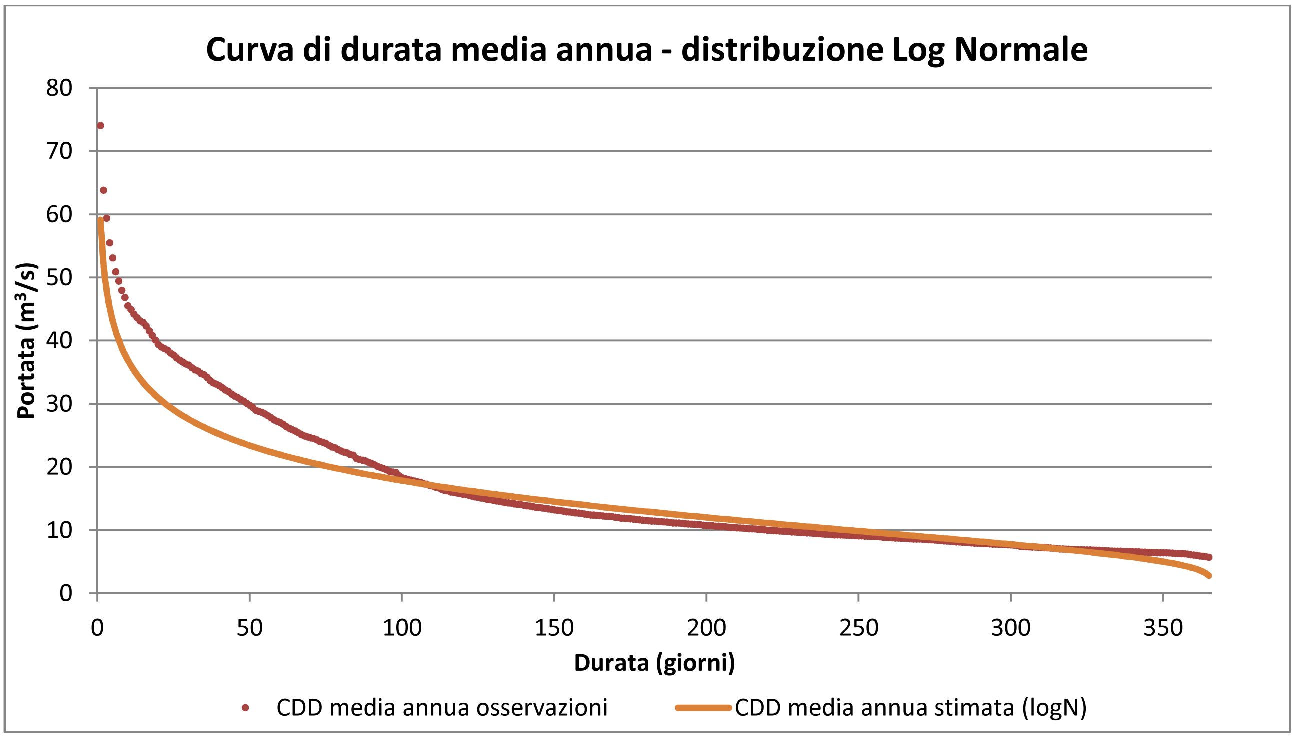


Figura 2. 6 Rappresentazione lineare della CDD media annua stimata mediante distribuzione log-Normale

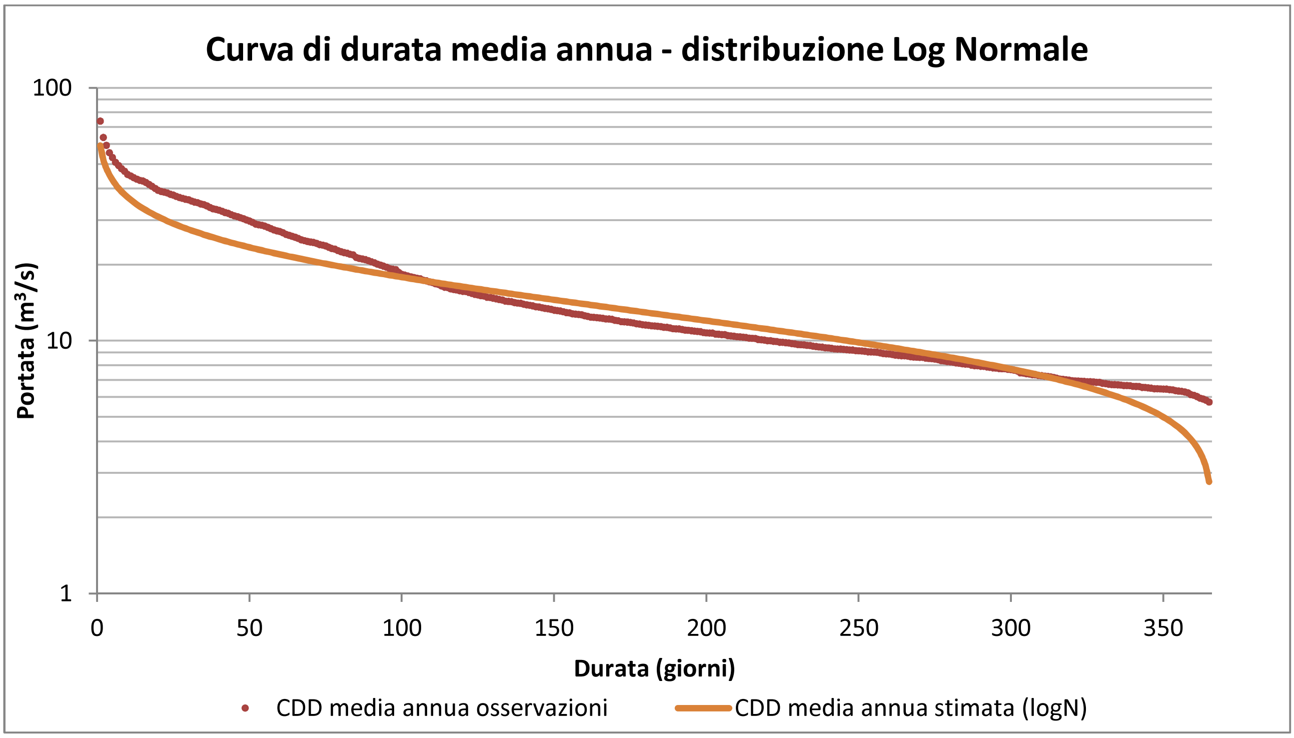


Figura 2. 7 Rappresentazione semilogaritmica della CDD media annua stimata mediante distribuzione log-Normale

Si è poi passati alla rappresentazione della curva di durata media annua tramite l'utilizzo della distribuzione di Burr.

Come detto in precedenza, i parametri della distribuzione sono stati stimati attraverso il metodo degli L-momenti. Gli L-momenti teorici λ della distribuzione, combinazioni lineari dei momenti pesati di probabilità teorici β, vengono assunti uguali agli L-momenti campionari l, combinazioni lineari dei momenti pesati di probabilità campionari b. I parametri da stimare sono ricavati in funzione dei seguenti coefficienti adimensionali:

$$L-CV=\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{l_2}{l_1}$$
$$L-CA=\frac{\lambda_3}{\lambda_2}=\frac{l_3}{l_2}$$

$$l_1=b_0 \qquad l_2=2b_1-b_0 \qquad l_3=6b_2-6b_1+b_0$$

$$b_0=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_{i:n} \qquad b_1=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(i-1)}{(n-1)}x_{i:n} \qquad b_1=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(i-1)(i-2)}{(n-1)(n-2)}x_{i:n}$$

I passaggi operativi sono i seguenti:

- Ordinata la serie in senso crescente, ad ogni valore è stato affiancato un indice.
- Sono stati calcolati i valori dei momenti pesati di probabilità campionari, gli L-momenti campionari e i coefficienti adimensionali (Tabella 2.2).

Tabella 2. 2 Valori dei momenti pesati di probabilità campionari, gli L-momenti campionari e i coefficienti adimensionali

	Valore
b_2	8.59
b_1	10.91
b_0	16.16
l_3	2.27
l_2	5.66
l_1	16.16
L - CV	0.35
L- CA	0.40

- La stima dei parametri b e c secondo la distribuzione di Burr non è possibile in forma chiusa, ma solo attraverso dei grafici o delle tabelle in funzione dei due coefficienti adimensionali L-CV e L-CA. Tramite l'uso di tabelle apposite si è ricavato il valore dei parametri b e c (Tabella 2.3).
- Noti i parametri b e c, si è calcolato il parametro a (Tabella 2.3) tramite la seguente espressione:

$$a = \frac{L_1}{b^{-1/c}} \cdot \frac{\Gamma\left[\frac{1}{b}\right]}{\Gamma\left[\frac{1}{b} - \frac{1}{c}\right] \cdot \Gamma\left[1 + \frac{1}{c}\right]}$$

con Γ funzione gamma.

Tabella 2. 3 I parametri della distribuzione di Burr

Parametro	Valore
a	12.23
b	1.38
c	3.46

- I valori di portata sono stati quindi calcolati e riportati nella rappresentazione lineare e semilogaritmica (Figure 2.8 e 2.9):

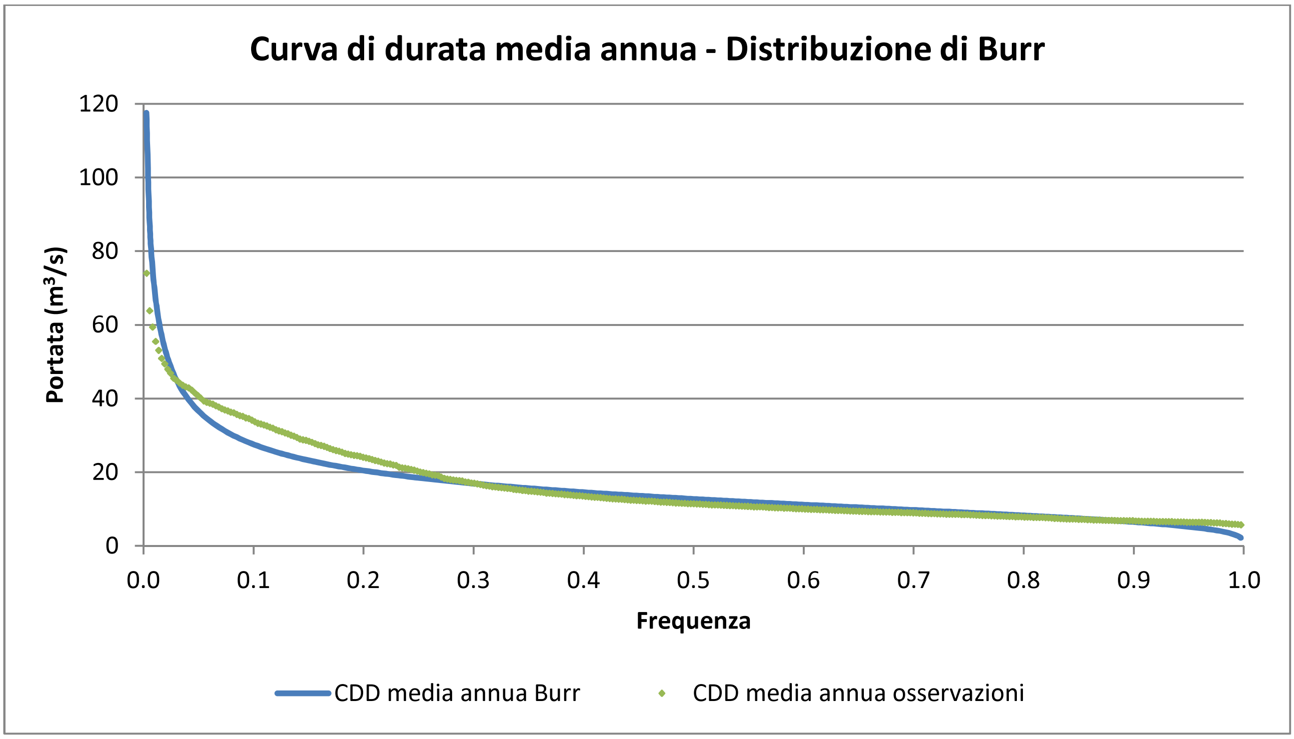


Figura 2. 8 Rappresentazione lineare CDD media annua stimata mediante distribuzione di Burr

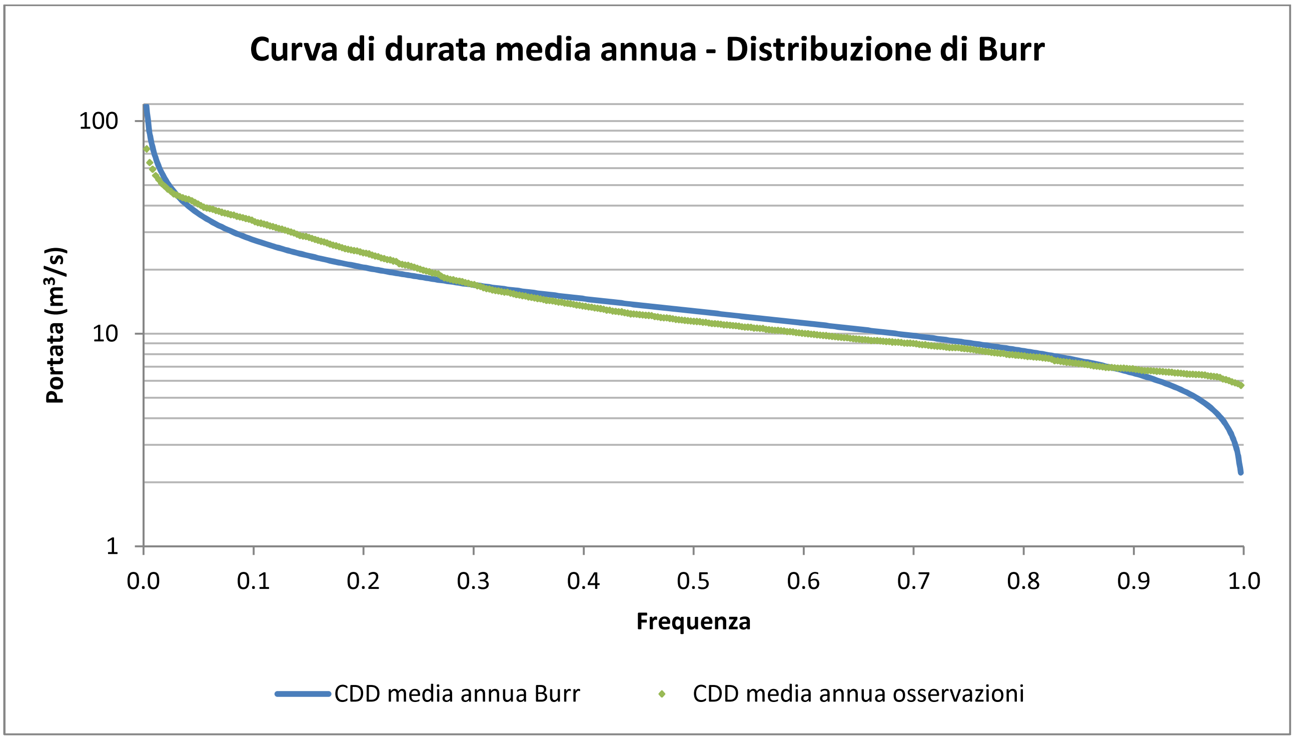
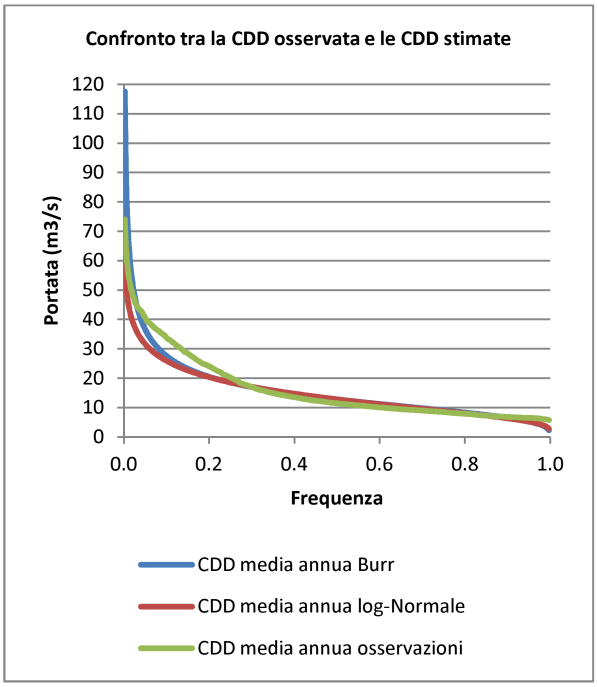


Figura 2. 9 Rappresentazione semilogaritmica CDD media annua stimata mediante distribuzione di Burr

Di seguito viene proposto il confronto tra le due curve stimate attraverso le due differenti distribuzioni e la curva derivata dalle osservazioni a disposizione, in rappresentazione lineare e semilogaritmica (Figura 2.10).



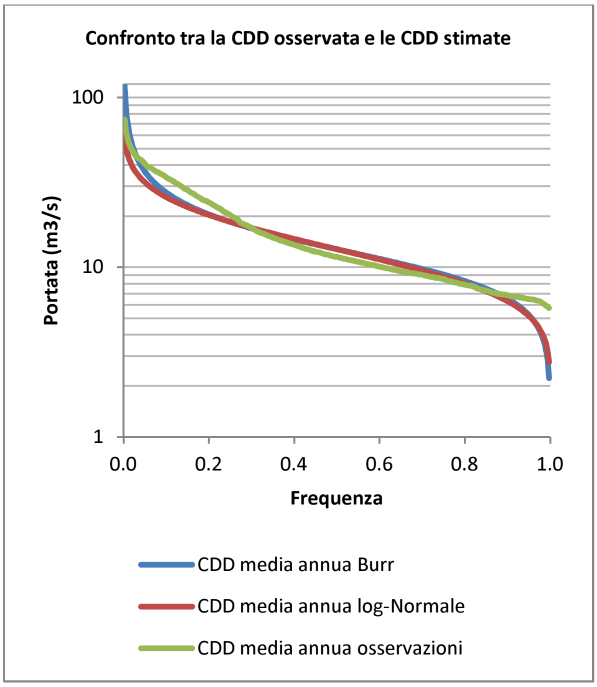


Figura 2. 10 Rappresentazione lineare e logaritmica del confronto tra le CDD