



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI NAPOLI "FEDERICO II"

PROBLEMI IDROLOGICI NELLE DICHE

ING. R. FERRAIUOLO

OPEN DAY ON DAMS
VERIFICHE, CONTROLLI, ADEGUAMENTI

Università degli Studi di Napoli Federico II
Aula Magna Leopoldo Massimilla, Piazzale Tecchio 80 - Napoli
10 Aprile 2024 - ore 8.30-16.00

SOMMARIO



Impianti Idroelettrici

Principali differenze
schemi tipici, quadro
Nazionale

Portate medie giornaliere e BFI

Indice di Deflusso di Base
e Curva di Durata delle
Portate

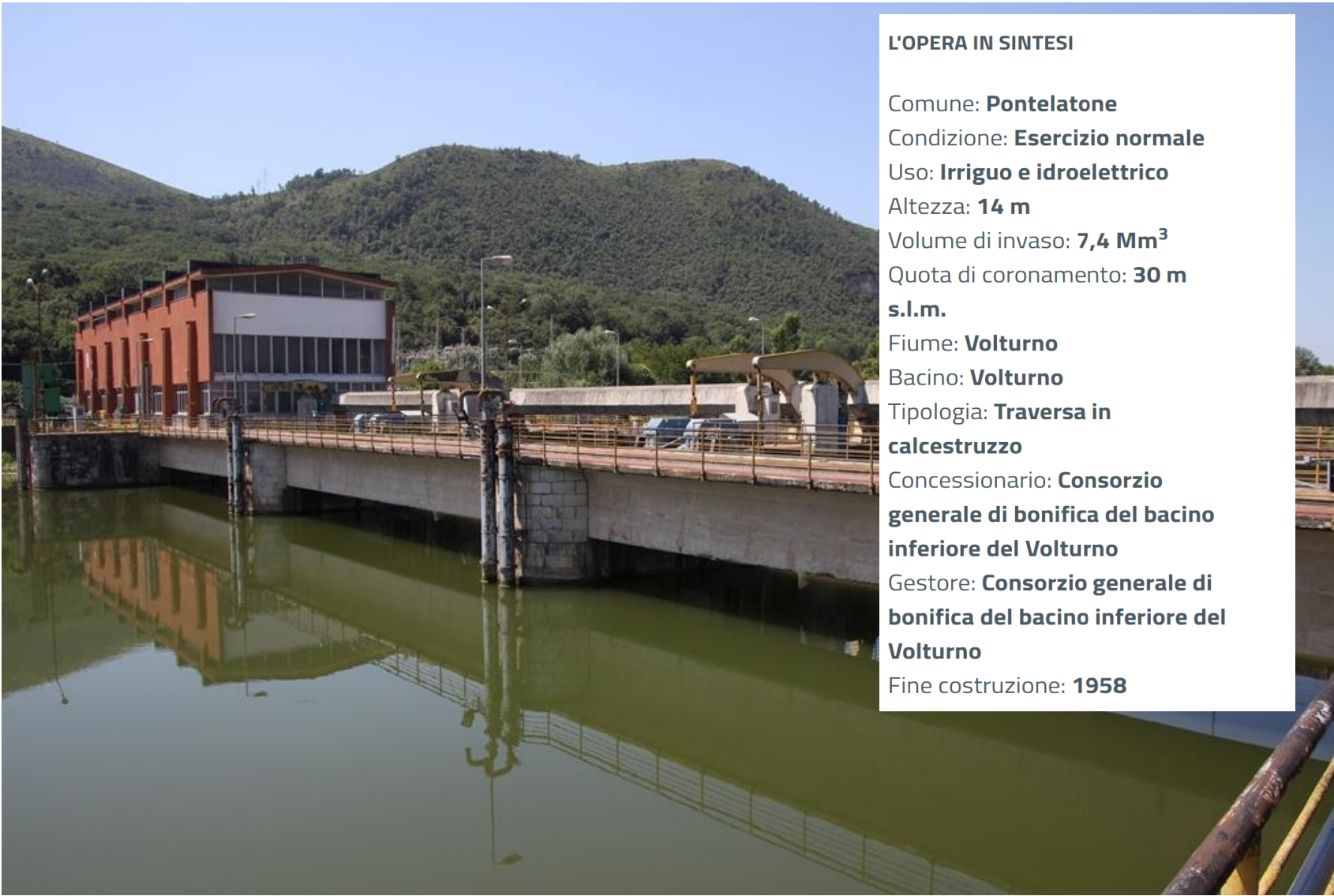
Regionalizzazione

Tracciamento Curva di
Durata delle Portate e
tecniche di
Regionalizzazione

Conclusioni

Finalità e informazioni
ricavabili ai fini
dell'individuazione di un
impianto idroelettrico

Esempi di sbarramenti



L'OPERA IN SINTESI

Comune: **Pontelatone**
Condizione: **Esercizio normale**
Uso: **Irriguo e idroelettrico**
Altezza: **14 m**
Volume di invaso: **7,4 Mm³**
Quota di coronamento: **30 m s.l.m.**
Fiume: **Volturno**
Bacino: **Volturno**
Tipologia: **Traversa in calcestruzzo**
Concessionario: **Consorzio generale di bonifica del bacino inferiore del Volturno**
Gestore: **Consorzio generale di bonifica del bacino inferiore del Volturno**
Fine costruzione: **1958**



L'OPERA IN SINTESI

Comune: **Santa Sofia**
Condizione: **Esercizio normale**
Uso: **Potabile**
Altezza: **101 m**
Volume di invaso: **33 Mm³**
Quota di coronamento: **561,00 m s.l.m.**
Fiume: **Bidente**
Bacino: **Emilia Romagna**
Tipologia: **Arco gravità**
Concessionario: **Romagna Acque**
Gestore: **Romagna Acque**
Fine costruzione: **1982**

TRAVERSA FLUVIALE DI PONTE ANNIBALE (CE)

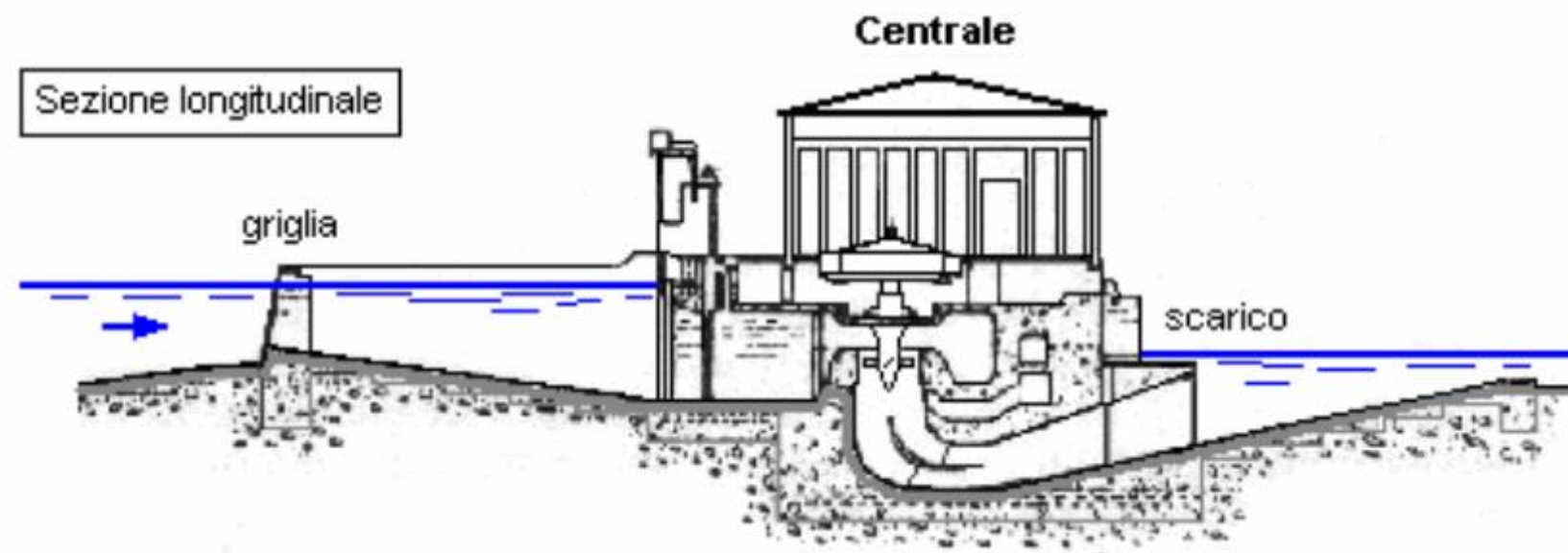
https://dgdighe.mit.gov.it/categoria/articolo/_dighe_di_rilievo/traversa_di_ponte_annibale

DIGA AD ARCO-GRAVITA' DI RIDRACOLI (FO)

https://dgdighe.mit.gov.it/categoria/articolo/_dighe_di_rilievo/diga_di_ridracoli

Schemi tipici

IMPIANTO AD ACQUA FLUENTE



SBARRAMENTO REALIZZATO TRAMITE TRAVERSA LA PORTATA DERIVATA COINCIDE CON QUELLA DISPONIBILE.

IMPIANTO A SERBATOIO



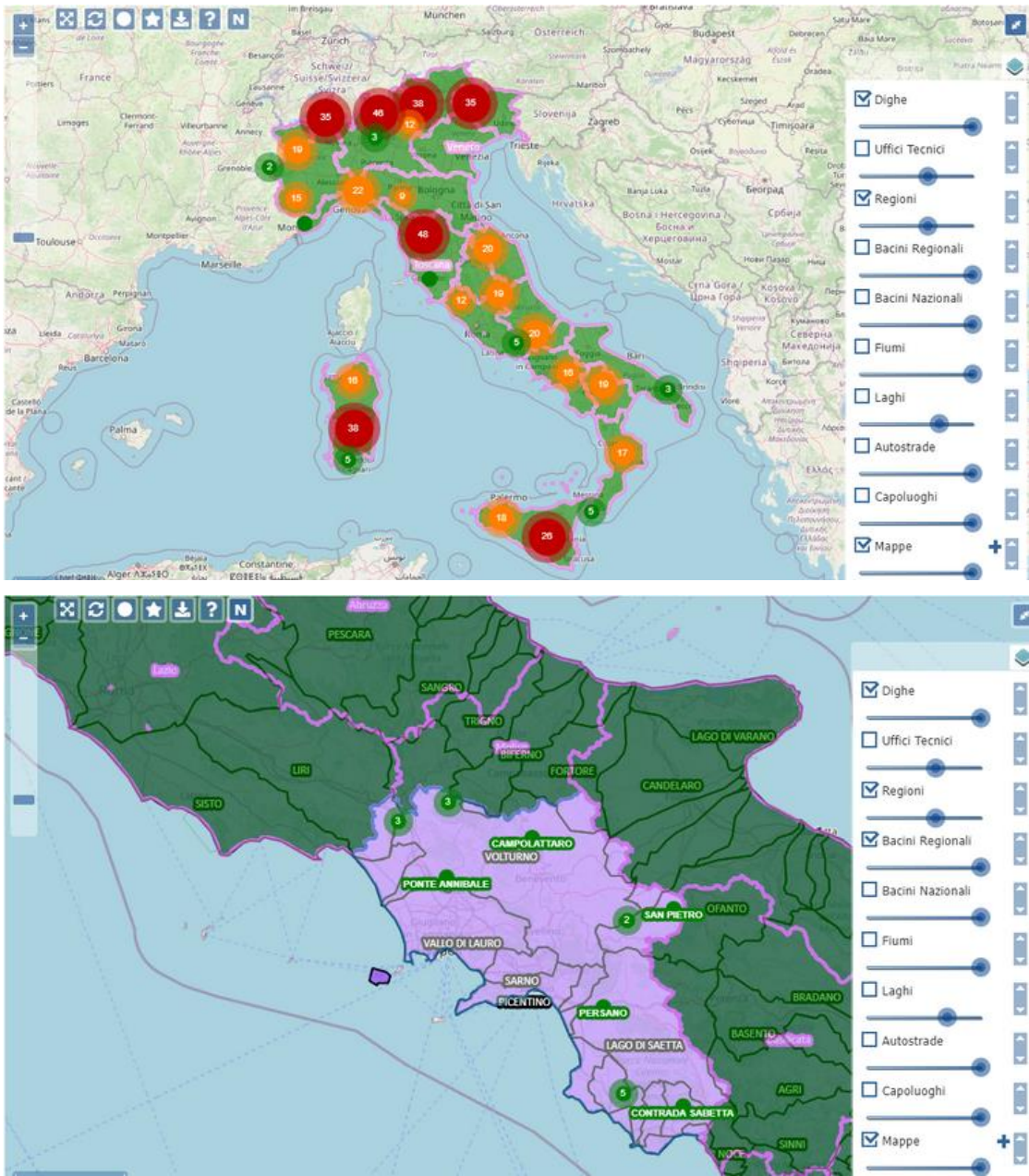
SBARRAMENTO REALIZZATO TRAMITE DIGA E GALLERIA IN PRESSIONE DI DERIVAZIONE

Competenze Stato e Regioni

Legge 21 ottobre 1994, n. 584: Rientrano nella competenza dello Stato (Servizio Nazionale Dighe, oggi Direzione Dighe del M.I.T.) “le opere di sbarramento, dighe di ritenuta o traverse che superano 15 metri di altezza o che determinano un volume di invaso superiore a 1'000'000 di metri cubi” [c.d. “grandi dighe”]. rientrano nella competenza delle Regioni e “gli sbarramenti che non superano i 15 metri di altezza e che determinano un invaso non superiore a 1'000'000 di metri cubi” [c.d. “piccole dighe”].

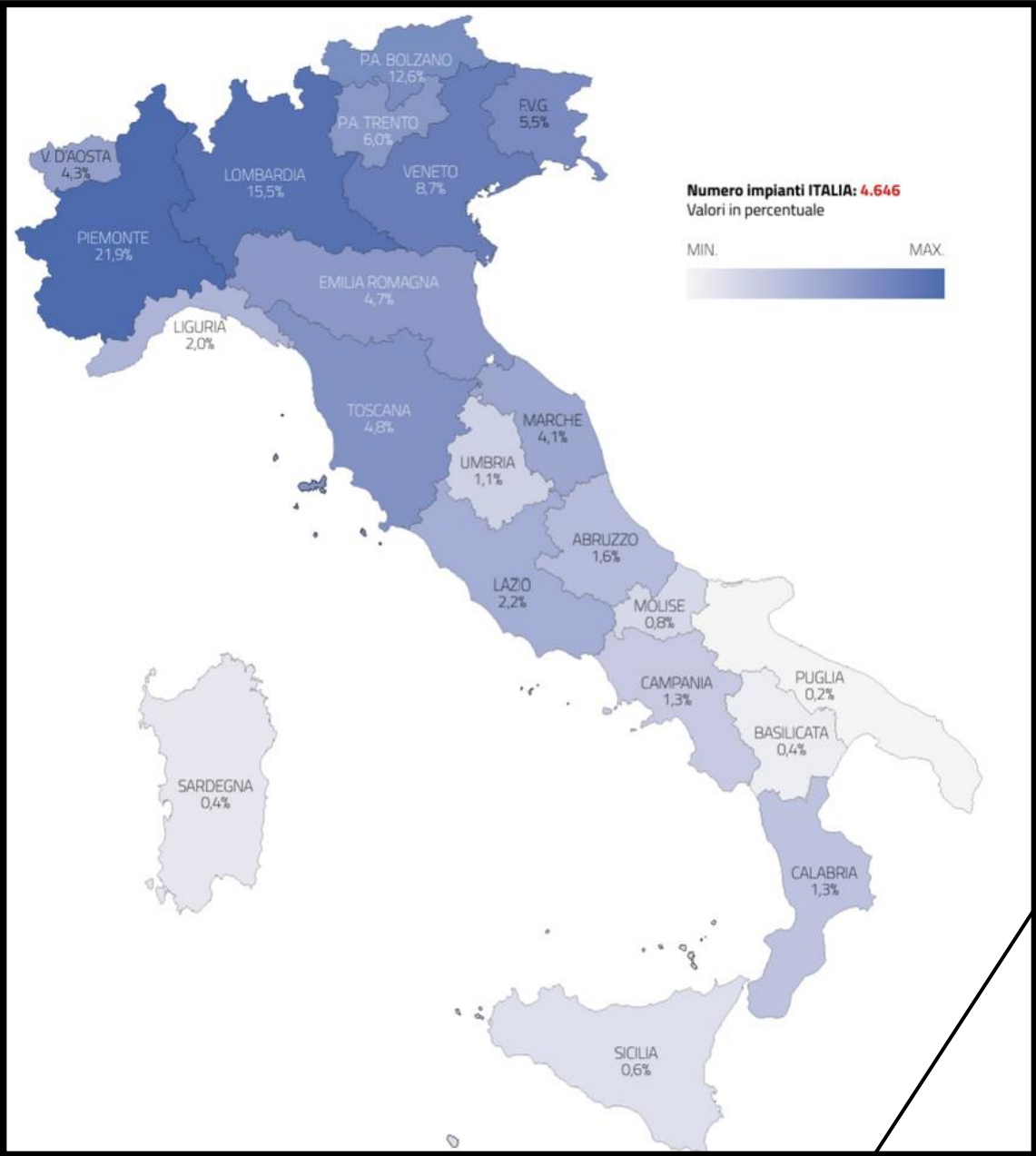
Al 31/12/2023 le grandi Dighe di competenza della Direzione Generale sono: 526, così ripartite sul territorio:

| Regione | Numero di Dighe |
|-----------------------|-----------------|
| ABRUZZO | 14 |
| BASILICATA | 14 |
| CALABRIA | 20 |
| CAMPANIA | 17 |
| EMILIA ROMAGNA | 24 |
| FRIULI VENEZIA GIULIA | 12 |
| LAZIO | 21 |
| LIGURIA | 11 |
| LOMBARDIA | 77 |
| MARCHE | 16 |
| MOLISE | 6 |
| PIEMONTE | 59 |
| PUGLIA | 9 |
| SARDEGNA | 59 |
| SICILIA | 46 |
| TOSCANA | 50 |
| TRENTINO ALTO ADIGE | 36 |
| UMBRIA | 9 |
| VALLE D'AOSTA | 8 |
| VENETO | 18 |
| TOTALI | 526 |



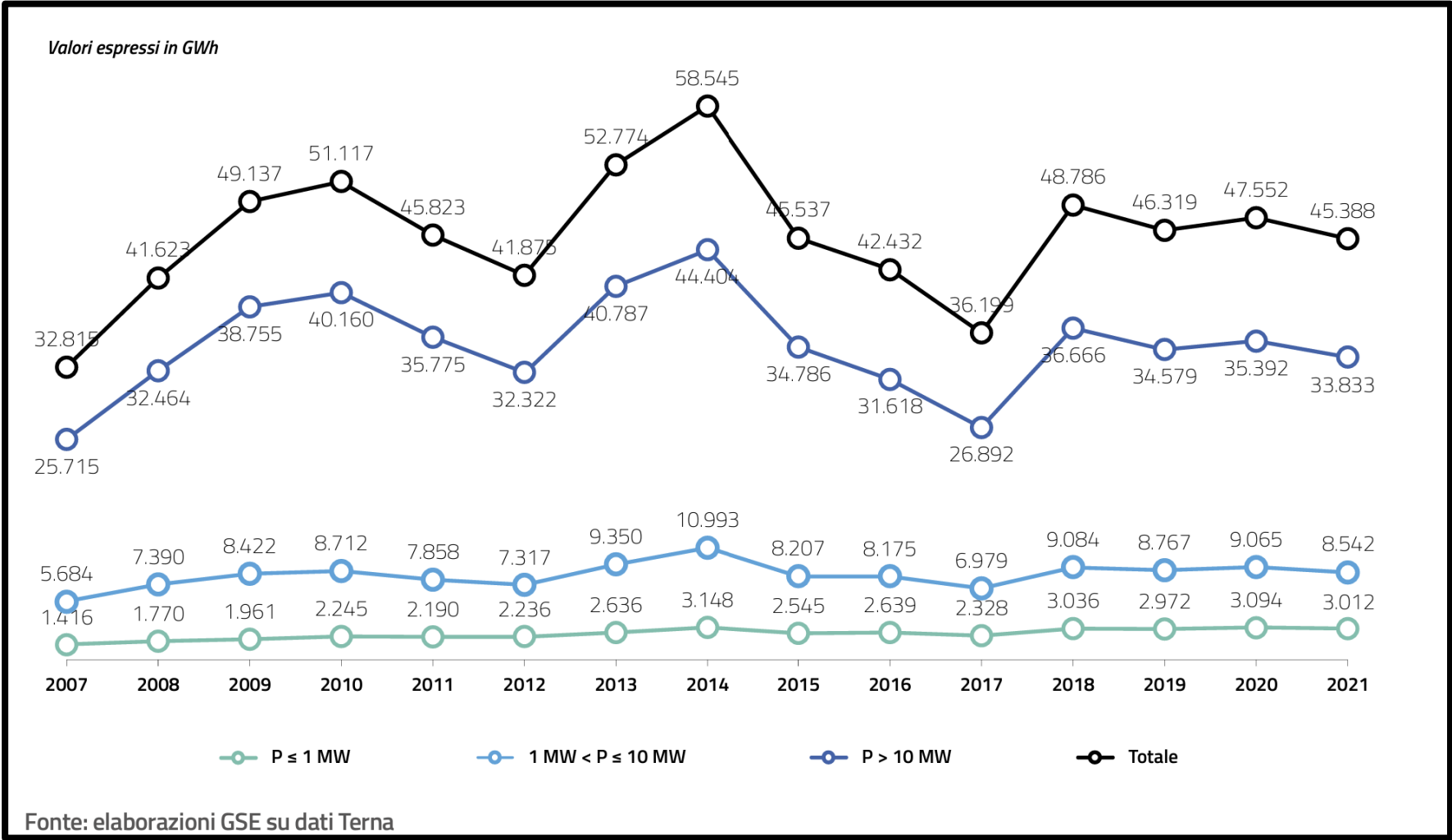
Numero di impianti in Italia

La potenza degli impianti idroelettrici rappresenta il **33% di quella relativa all'intero parco impianti rinnovabile installato in Italia.**



73.35 % N tot

81 % P tot

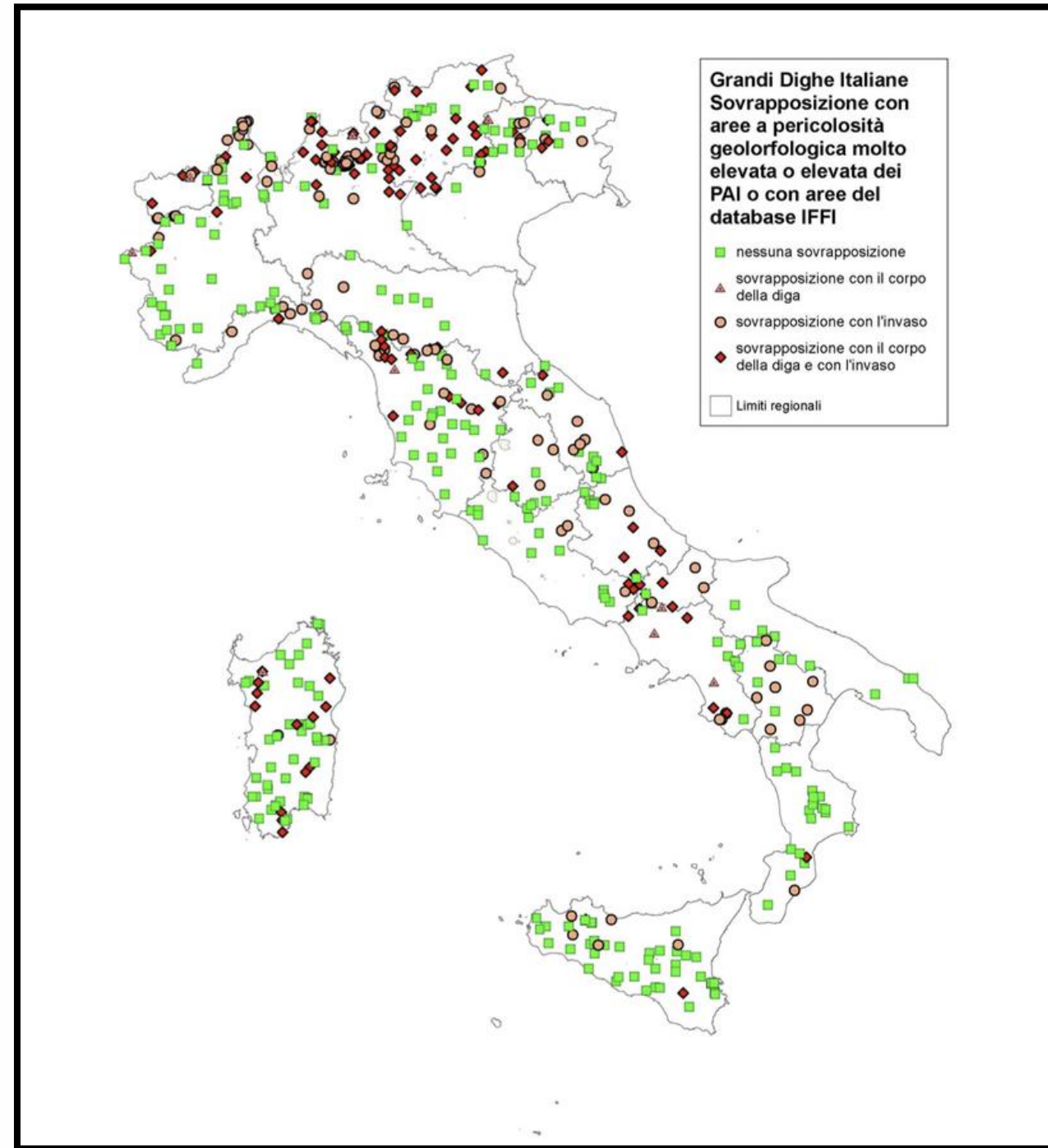


| Classi di potenza | Numero | Potenza (MW) | Energia Elettrica GWh |
|-------------------|--------|--------------|-----------------------|
| | | | Produzione (GWh) |
| P ≤ 1 MW | 3.408 | 897 | 3.012 |
| 1 MW < P ≤ 10 MW | 928 | 2.765 | 8.542 |
| P > 10 MW | 310 | 15.510 | 33.833 |
| Totale | 4.646 | 19.172 | 45.388 |

- Il 6.63% dell'EE totale è prodotta da impianti con potenza installata P<1 MW
- Il 18.81% dell'EE totale è prodotta da impianti con potenza installata 1MW< P<10MW
- Il 74.54% dell'EE totale è prodotta da impianti con potenza installata P>10MW

Pericolosità connessa alle dighe

Agli invasi artificiali è connessa una condizione di pericolosità che li espone a fenomeni naturali quali;



Pericolosità geomorfologica molto elevata e elevata rilevata nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) delle Autorità di Bacino Distrettuale



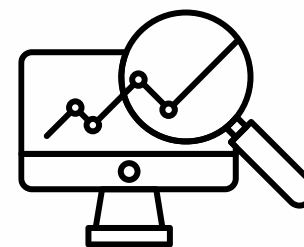
- rischio geomorfologico
- rischio idraulico
- rischio sismico
- rischio di cedimento strutturale dell'opera di ritenuta, per difetti di costruzione o vetustà.

Frane o afflussi d'acqua concentrati in un arco temporale ristretto possono determinare, sugli invasi o sui corpi delle dighe, condizioni di rischio elevato. Per cui risulta necessaria un'adeguata:



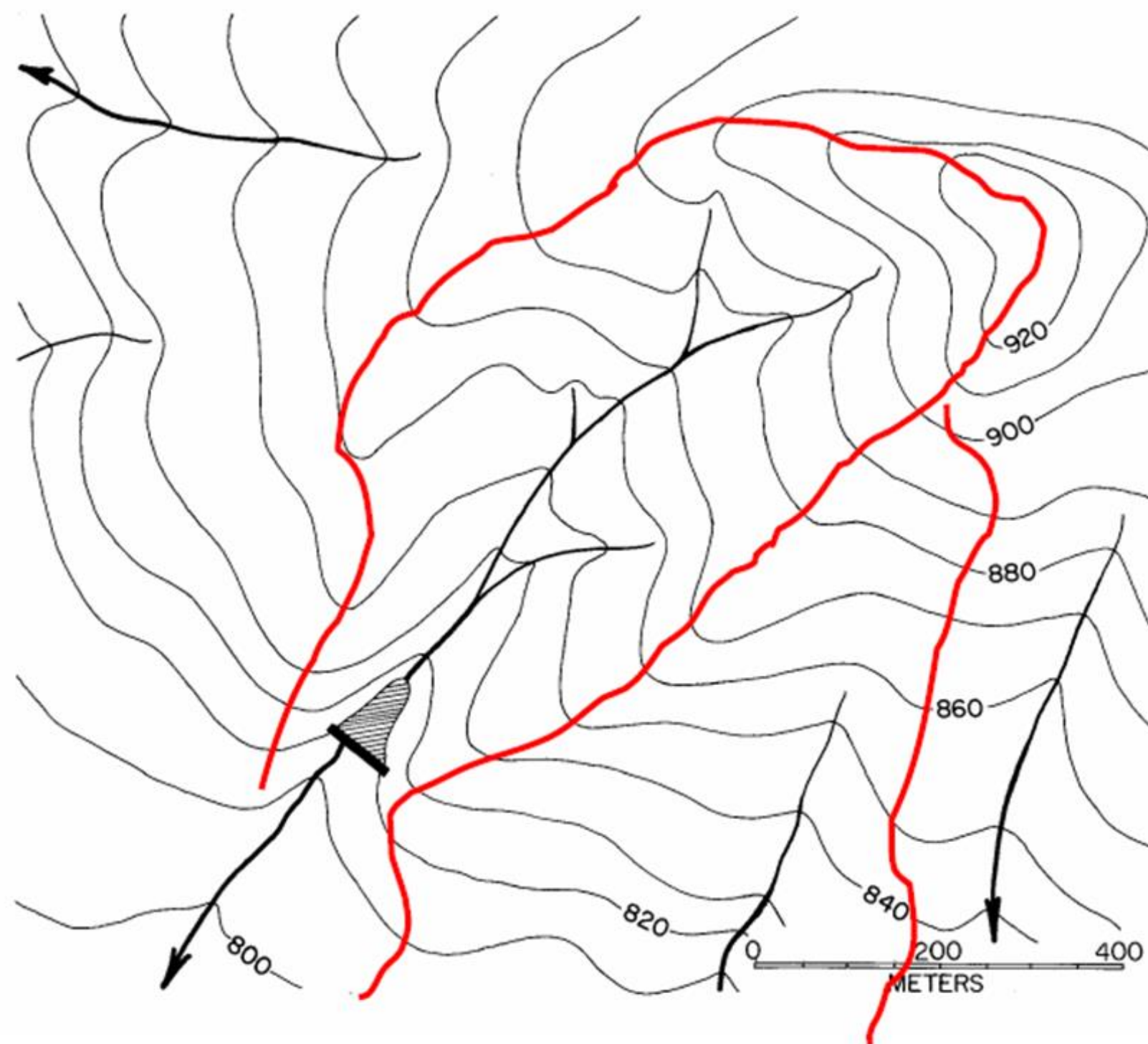
- progettazione,
- localizzazione,
- capacità di regolazione delle portate negli eventi di piena.

- valutazione dei diversi rischi presenti
- monitoraggio efficace



(sensori di movimento sui corpi delle dighe, controllo dei fenomeni franosi, disponibilità di stazioni idrometriche a monte e a valle degli invasi, studi di propagazione delle onde di piena naturali e di quelle artificiali per cedimento dell'opera o manovre errate, determinazione delle massime portate che possono transitare negli alvei, predisposizione di piani di allarme adeguati.

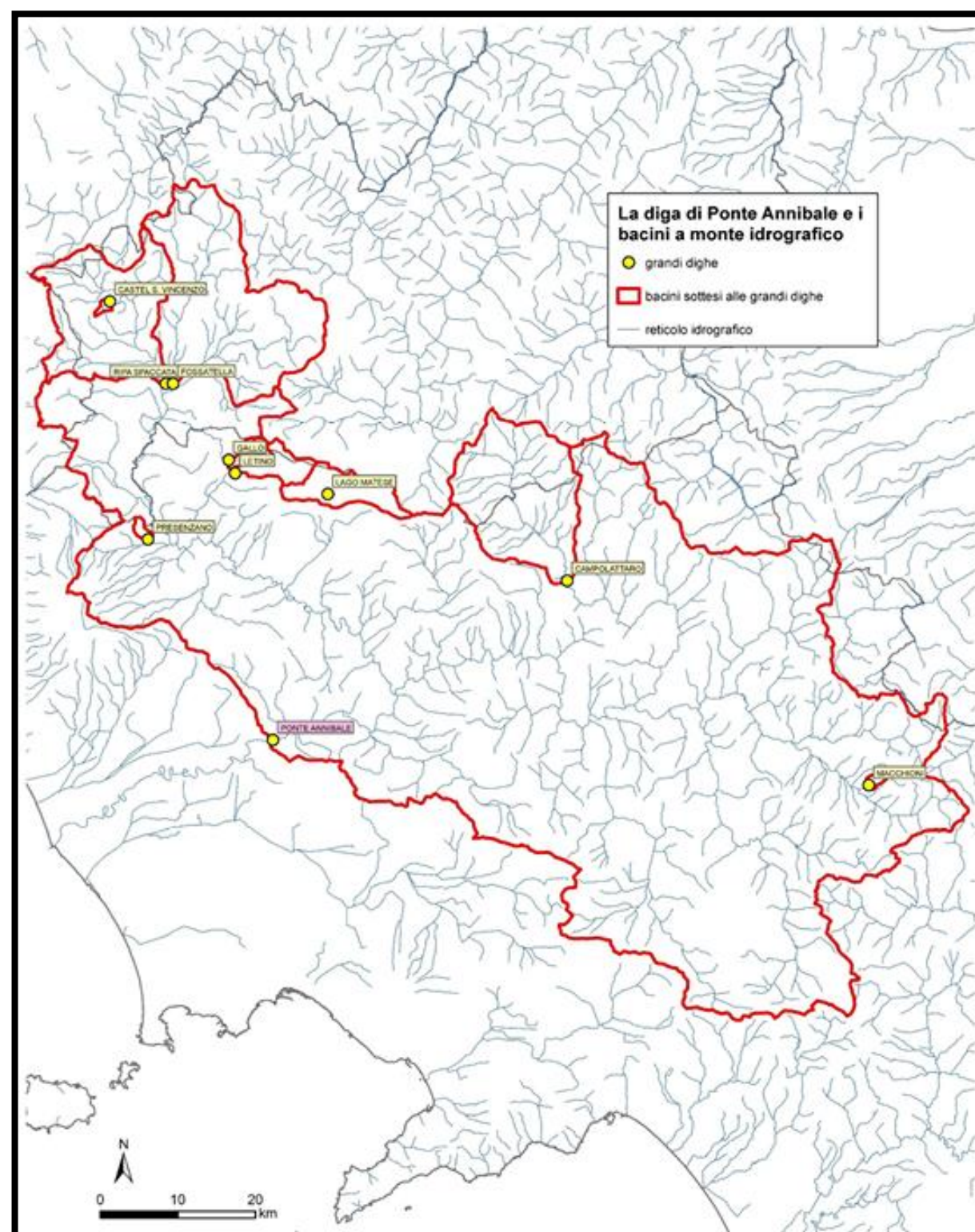
Schema di un Bacino Idrografico



Fissata una sezione del corso d'acqua, che si indica come sezione di chiusura del bacino, si definisce bacino idrografico o imbrifero relativo alla sezione considerata, il luogo dei punti della superficie terrestre che raccoglie le precipitazioni meteoriche che scorrendo in superficie raggiungono tale sezione.

La delimitazione del bacino si effettua individuando su una carta topografica base il cosiddetto spartiacque sotteso dalla sezione di chiusura. Lo spartiacque individua il luogo dei punti da cui hanno origine le linee di massima pendenza che finiscono per raggiungere la sezione di chiusura e si traccia in base alle isoipse e alle teste dei canali del reticolo.

Esempio di Bacino Idrografico



In Figura è rappresentata la traversa di Ponte Annibale con relative 10 dighe di monte, tra Campania e Molise.

L'estensione areale complessiva del bacino idrografico è pari a 5600 km quadrati.

Ad ogni sbarramento è associato un determinato bacino idrografico, mediante un'interdipendenza biunivoca.



E' possibile tracciare il bacino idrografico relativo ad una sezione di chiusura esistente come in figura, oppure al fine di localizzare un nuovo impianto, andando a variare la posizione di quest'ultimo, e conseguente la dimensione del bacino idrografico ad essa corrispondente, mediante GIS.

www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/rapporti/le-risorse-idriche-nel-contesto-geologico-del-territorio-italiano-disponibilita-grandi-dighe-rischi-geologici-opportunita-v2.pdf

Variazione Stato idrometrico



PIENA



MAGRA



Idrogramma di piena e BFI

Forma caratteristica dell'Idrogramma (corrisponde ad un evento di pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio):

- **Ramo ascendente** (curva di concentrazione) in cui la portata aumenta sempre più rapidamente
- **Colmo** quando si raggiunge il massimo dell'idrogramma
- **Ramo discendente** o di esaurimento (o di recessione) in cui si ha una diminuzione continua, ma progressivamente sempre più lenta della portata.

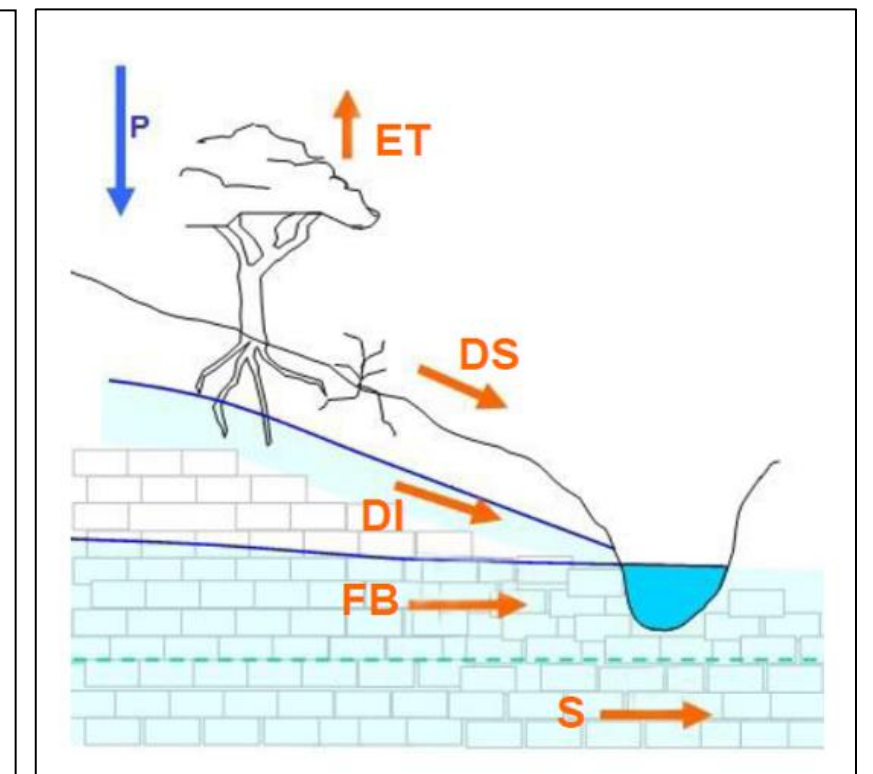
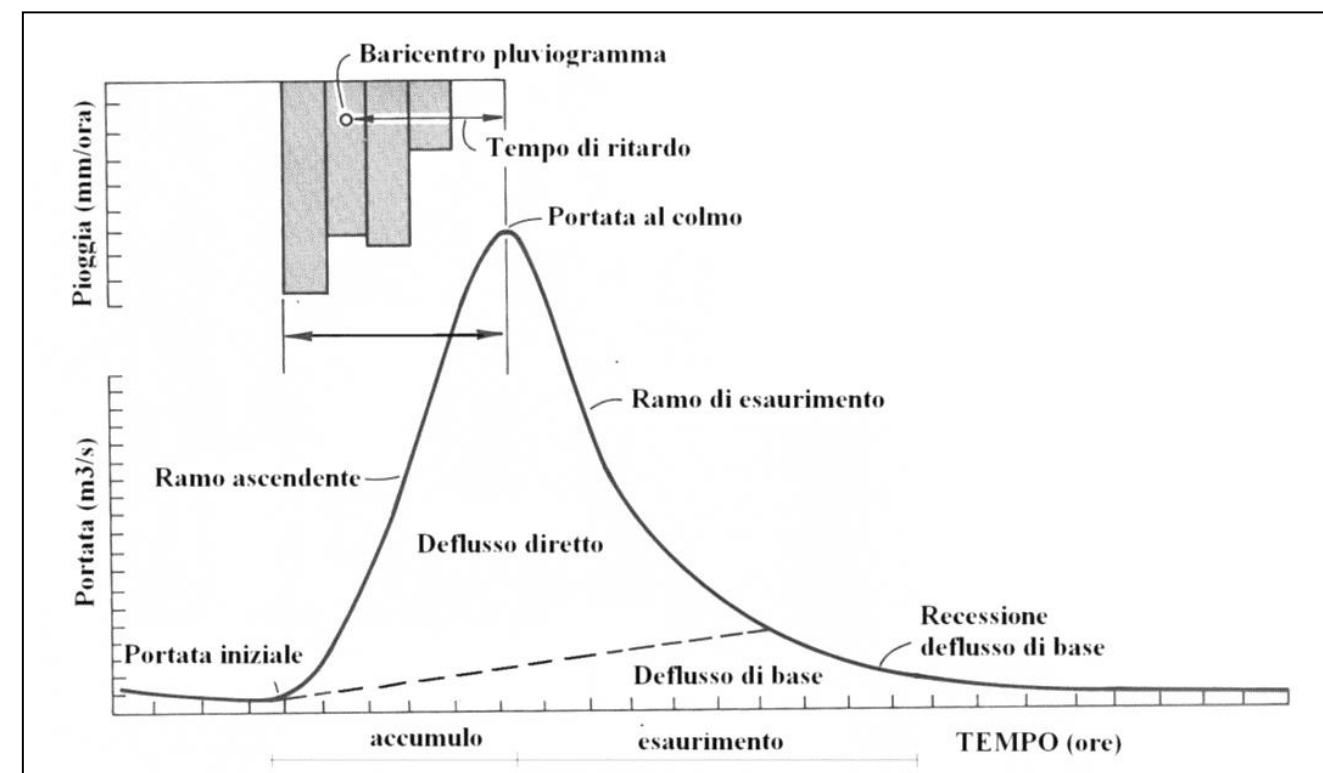
$$BFI = \frac{V_b}{V_a}$$

V_b = volume annuo di deflusso di base

V_a = volume del deflusso totale

Tra i numerosi parametri geomorfologici che possono influire più direttamente sul BFI si possono considerare:

- **superficie del bacino**
- **pendenza media**
- **caratteristiche idrogeologiche**



Nella grande maggioranza dei casi di interesse pratico, si individuano due forme di deflusso molto diverse fra loro:

- **il deflusso di base**
- **il deflusso di pioggia**

Curva di durata delle Portate

È sempre necessario uno studio idrologico diretto ai seguenti scopi:

- Determinazione delle **portate da derivare** individuando la miglior soluzione di compromesso tra volume derivato e tempo di funzionamento (**progetto**).
- Previsione delle **condizioni di funzionamento** per assicurare all'impianto la miglior utilizzazione nel contesto esistente (**esercizio**).
- Previsione degli **eventi estremi di piena** e di magra per ragioni di sicurezza e ripercussioni sull'esercizio.

Risulta fondamentale lo studio approfondito della curva di durata sia:

- In fase di **progetto** per il dimensionamento delle macchine
- In fase di **esercizio** per la regolazione delle stesse

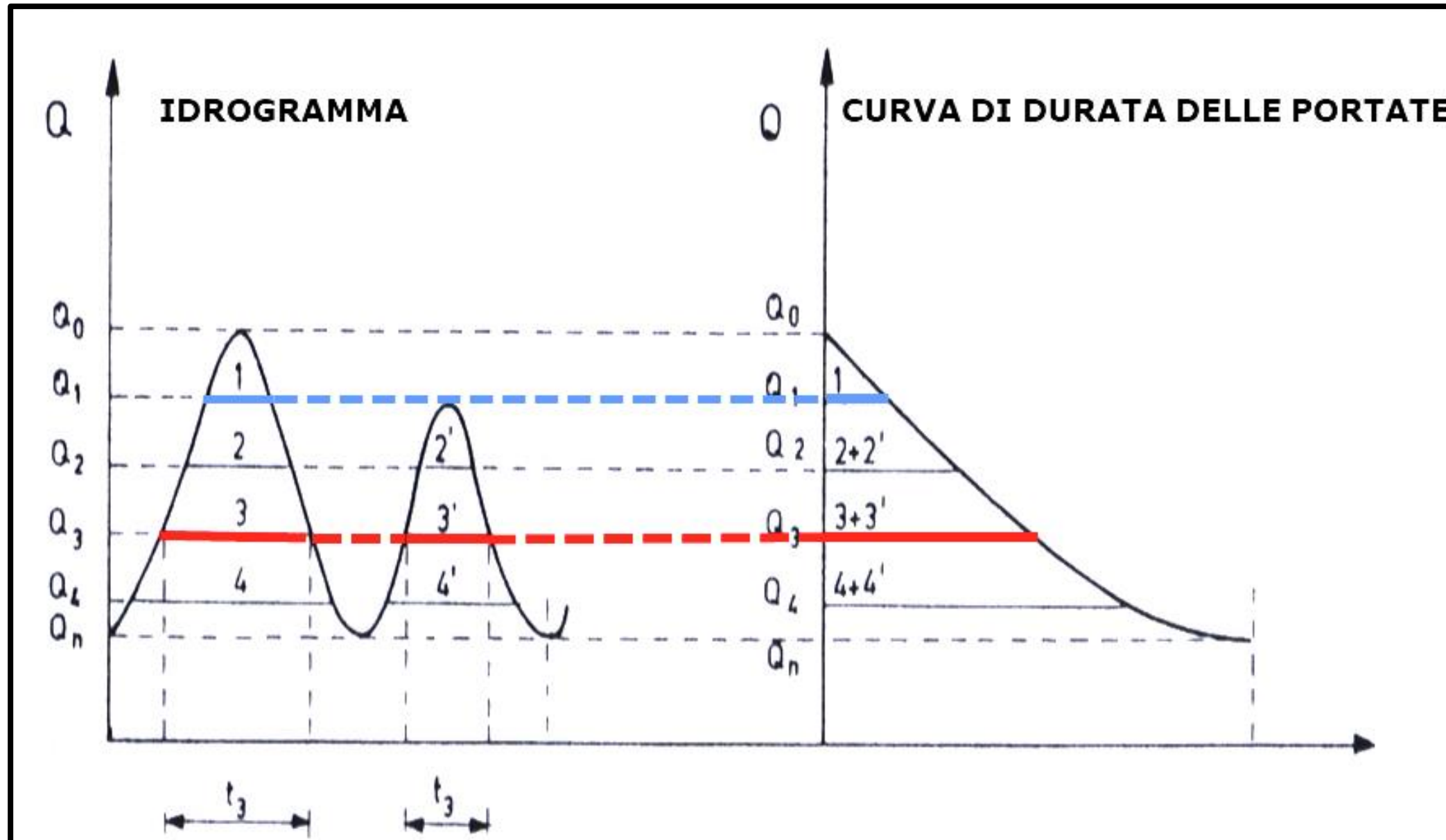
Le curva di durata delle portate si possono costruire:

- In presenza di dati
- In assenza di dati ricorrendo a tecniche di Regionalizzazione

Curva di durata delle Portate

Come si costruisce una Curva di durata delle Portate?

Si riuniscono tutte le osservazioni in una unica serie temporale, che può essere giornaliera, settimanale, mensile e annuale.

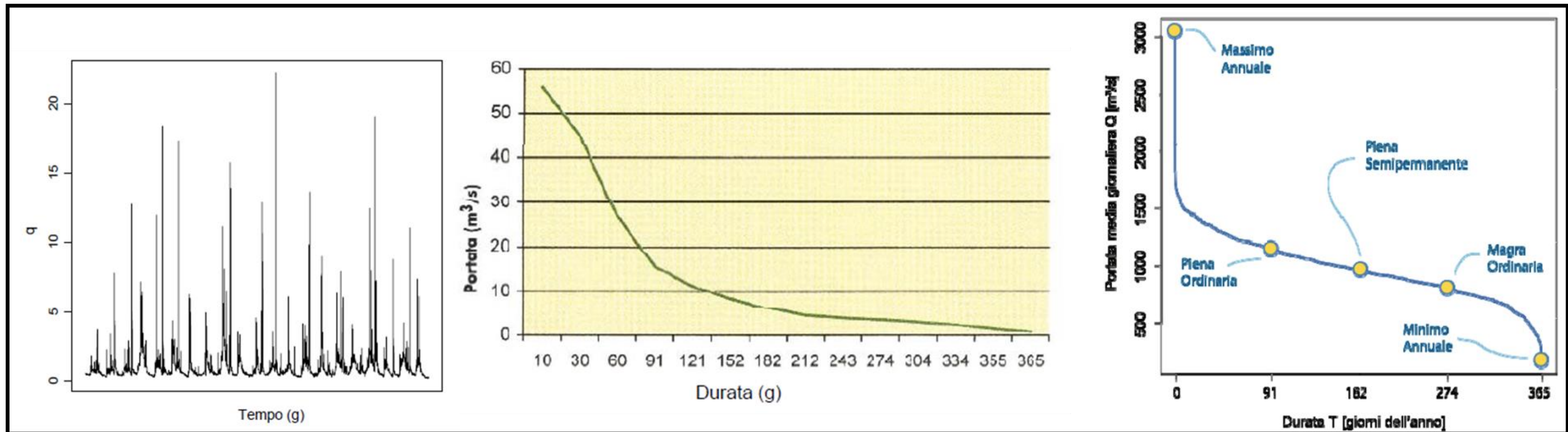


- Si ordina la serie temporale dal valore più alto a quello più basso. Alle osservazioni ordinate viene associato un numero d'ordine.
- Si riporta in un grafico ciascuna osservazione di portata (in ordinata) in funzione del numero d'ordine relativo, ovvero il numero di volte nelle quali l'osservazione è stata eguagliata o superata diviso per il numero totale delle osservazioni.

Curva di durata delle Portate

La curva di durata è uno strumento grafico che evidenzia la relazione tra frequenza ed entità delle portate giornaliere, settimanali, mensili o altri intervalli temporali, per uno specifico corso d'acqua.

Essa fornisce una stima della percentuale di tempo in cui un determinato valore di portata è uguagliato o superato all'interno di un assegnato periodo storico. E' dunque uno strumento grafico sintetico, capace di condensare al suo interno un ampio numero di informazioni idrologiche legate alla specifica sezione d'interesse.

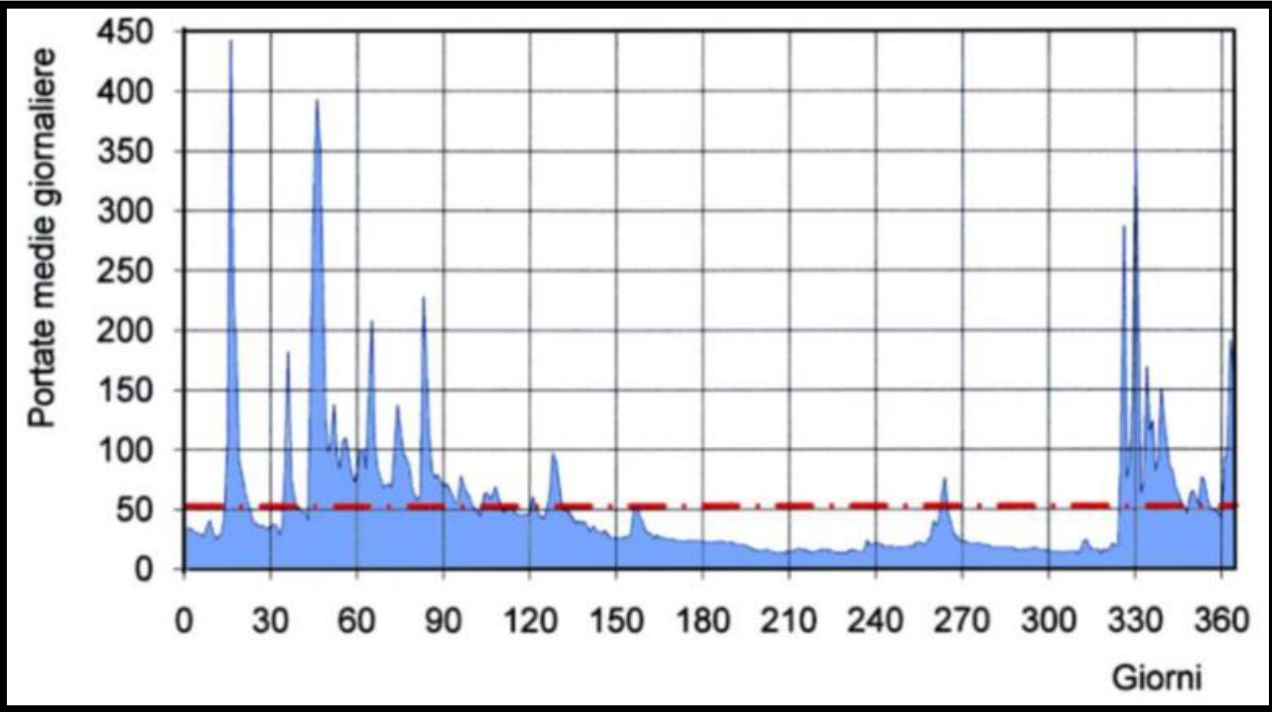


Curva di durata delle Portate

Esempio di una stazione idrometrica monitorata del Fiume Volturno (1968) fornita e raccolta dall' ex SIMN.

I dati della serie vengono prima ordinati in senso cronologico delle portate, per poi calcolare il valore di portata media relativo all'anno di osservazione considerato. Nello specifico essa risulta:

$Q_{med}=53 \text{ m}^3/\text{s}$



II – VOLTURNO ad AMOROSI (Mr)

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio km^2 2015 (parte permeabile 46% circa); altitudine max 2241 m s.m.; media 587 m s.m.; zero idrometrico 35.12 m s.m.; distanza dalla foce km 85 circa; inizio delle osservazioni: 1931 con lacune 1943 ÷ 49; inizio misure: ottobre 1931. Altezza idrometrica max m 5.12 (19 dicembre 1968), minima m -0.01 (16 agosto 1941). Portata max m^3/s 1490.00 (19 dicembre 1968), minima (giornaliera) m^3/s 8.40 (2 agosto 1968). VEDERE NOTA A PAG. 30

| PORTATE MEDIE GIORNALIERE in m^3/s | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| GIORNO | Gennaio | Febbraio | Marzo | Aprile | Maggio | Giugno | Luglio | Agosto | Settembre | Ottobre | Novembre | Dicembre |
| 1 | 34.70 | 36.20 | 83.80 | 71.00 | 60.60 | 26.40 | 22.50 | 16.80 | 18.20 | 21.00 | 13.80 | 115.00 |
| 2 | 34.00 | 28.30 | 100.00 | 67.80 | 50.90 | 26.50 | 22.10 | 16.90 | 19.10 | 21.10 | 13.50 | 124.00 |
| 3 | 31.90 | 35.20 | 100.00 | 62.60 | 46.30 | 27.60 | 22.50 | 15.20 | 18.60 | 21.10 | 14.40 | 82.00 |
| 4 | 30.70 | 82.70 | 83.80 | 54.90 | 43.80 | 28.20 | 22.70 | 16.10 | 17.70 | 19.90 | 14.80 | 91.20 |
| 5 | 29.30 | 182.00 | 144.00 | 55.80 | 42.20 | 48.90 | 22.80 | 13.50 | 17.50 | 20.10 | 14.50 | 151.00 |
| 6 | 28.90 | 77.20 | 208.00 | 77.90 | 51.10 | 53.80 | 23.00 | 13.80 | 17.50 | 19.90 | 13.10 | 123.00 |
| 7 | 27.20 | 62.60 | 106.00 | 69.60 | 64.00 | 44.80 | 22.40 | 14.40 | 18.20 | 18.50 | 15.30 | 103.00 |
| 8 | 36.20 | 50.20 | 83.80 | 64.00 | 97.20 | 40.40 | 21.90 | 15.30 | 18.40 | 17.40 | 23.00 | 85.40 |
| 9 | 40.40 | 51.90 | 76.60 | 60.00 | 90.20 | 32.40 | 22.70 | 15.70 | 19.10 | 18.20 | 24.40 | 81.50 |
| 10 | 30.90 | 47.00 | 68.20 | 52.60 | 71.90 | 29.70 | 20.80 | 16.10 | 18.30 | 18.10 | 18.00 | 68.10 |
| 11 | 24.80 | 47.50 | 69.60 | 50.40 | 52.80 | 30.30 | 20.50 | 15.40 | 21.70 | 17.90 | 16.30 | 63.60 |
| 12 | 27.80 | 40.80 | 71.00 | 47.30 | 49.20 | 25.40 | 20.20 | 15.90 | 22.70 | 17.90 | 16.10 | 55.60 |
| 13 | 29.60 | 192.00 | 68.20 | 44.20 | 49.20 | 28.50 | 20.20 | 14.50 | 21.20 | 17.70 | 16.50 | 51.40 |
| 14 | 45.00 | 323.00 | 101.00 | 61.90 | 45.20 | 26.20 | 19.50 | 13.90 | 19.60 | 17.80 | 12.90 | 46.80 |
| 15 | 104.00 | 393.00 | 137.00 | 64.00 | 41.70 | 26.20 | 17.90 | 13.40 | 24.00 | 17.10 | 15.90 | 62.30 |
| 16 | 443.00 | 353.00 | 117.00 | 59.10 | 38.30 | 25.60 | 17.50 | 13.50 | 25.90 | 15.30 | 14.90 | 65.10 |
| 17 | 223.00 | 241.00 | 96.00 | 61.30 | 40.10 | 24.80 | 15.40 | 13.20 | 40.20 | 15.70 | 16.80 | 58.90 |
| 18 | 188.00 | 126.00 | 92.40 | 68.90 | 38.30 | 24.50 | 15.50 | 13.80 | 35.80 | 16.50 | 21.10 | 53.90 |
| 19 | 92.00 | 98.00 | 87.00 | 60.70 | 39.70 | 24.70 | 15.20 | 15.40 | 42.20 | 15.30 | 19.10 | 76.60 |
| 20 | 78.40 | 106.00 | 68.20 | 49.80 | 34.60 | 23.10 | 15.10 | 15.30 | 61.30 | 16.70 | 19.30 | 72.90 |
| 21 | 64.10 | 138.00 | 61.30 | 47.70 | 31.80 | 23.80 | 16.40 | 15.40 | 76.30 | 16.50 | 101.00 | 58.50 |
| 22 | 55.60 | 94.20 | 57.40 | 50.20 | 36.40 | 23.40 | 15.40 | 14.70 | 47.30 | 17.70 | 287.00 | 50.70 |
| 23 | 46.70 | 83.80 | 62.00 | 55.00 | 31.90 | 22.50 | 14.40 | 14.40 | 39.30 | 16.90 | 76.10 | 48.90 |
| 24 | 38.90 | 106.00 | 228.00 | 50.70 | 31.20 | 24.10 | 13.60 | 15.20 | 29.20 | 16.20 | 87.10 | 49.10 |
| 25 | 38.00 | 110.00 | 168.00 | 45.90 | 30.00 | 23.50 | 13.00 | 23.60 | 27.30 | 15.80 | 135.00 | 46.40 |
| 26 | 35.70 | 94.20 | 110.00 | 46.00 | 32.30 | 23.80 | 14.10 | 19.40 | 23.70 | 15.70 | 352.00 | 42.70 |
| 27 | 36.60 | 80.40 | 82.20 | 45.00 | 28.70 | 23.20 | 12.60 | 20.20 | 22.50 | 14.80 | 210.00 | 90.30 |
| 28 | 34.40 | 72.60 | 75.80 | 44.50 | 25.70 | 23.40 | 14.40 | 21.70 | 23.20 | 14.90 | 63.40 | 102.00 |
| 29 | 33.30 | | 79.00 | 45.90 | 26.10 | 22.60 | 14.50 | 21.30 | 21.50 | 14.40 | 72.10 | 191.00 |
| 30 | 36.60 | | 74.20 | 46.70 | 25.90 | 22.30 | 14.40 | 20.30 | 20.40 | 14.10 | 169.00 | 163.00 |
| 31 | 37.40 | | 68.70 | | 25.40 | | 15.70 | 18.00 | | 14.00 | | 250.00 |

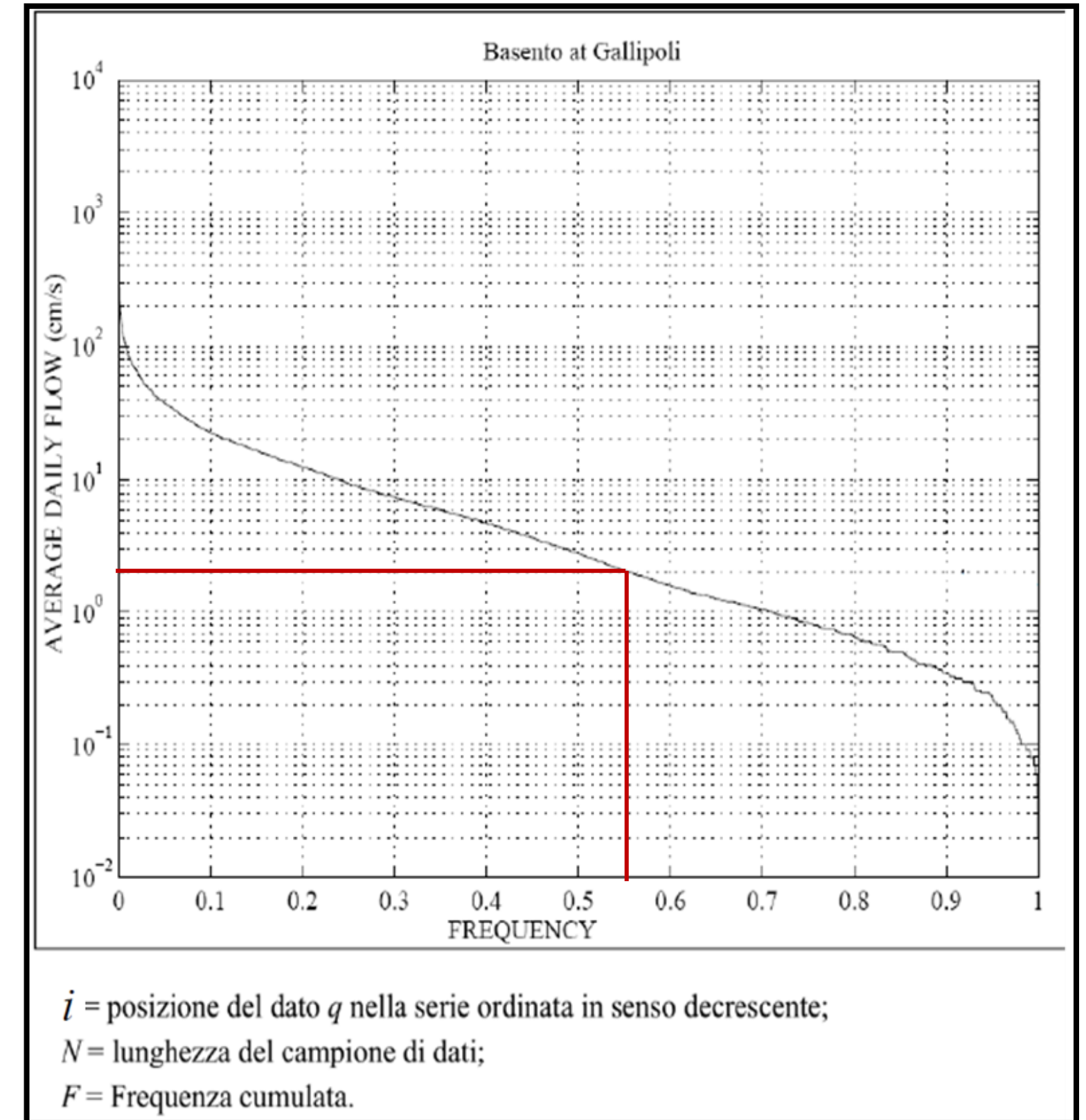
Curva di durata delle Portate

La curva di durata delle portate viene rappresentata graficamente mediante una curva che **può essere interpretata come la complementare della funzione di distribuzione cumulata**.

$$p = 1 - P\{Q \leq q\} \Rightarrow p = 1 - FQ(q)$$

La funzione di distribuzione cumulata $FQ(q)$ rappresenta, per ogni valore registrato q della portata Q , la **probabilità che Q assuma un valore non superiore a q** (probabilità di non superamento).

Avendo la funzione di distribuzione cumulata andamento monotono crescente, vista l'interpretazione statistica fornita, una curva di durata ha sempre andamento decrescente; il **valore minimo di portata Q_{365} registrato ha, dunque, una durata pari all'intero periodo di osservazione** mentre, al valore massimo Q_1 di portata corrisponde la durata minima, in quanto eguagliato una sola volta e mai superato.



Curva di durata delle Portate

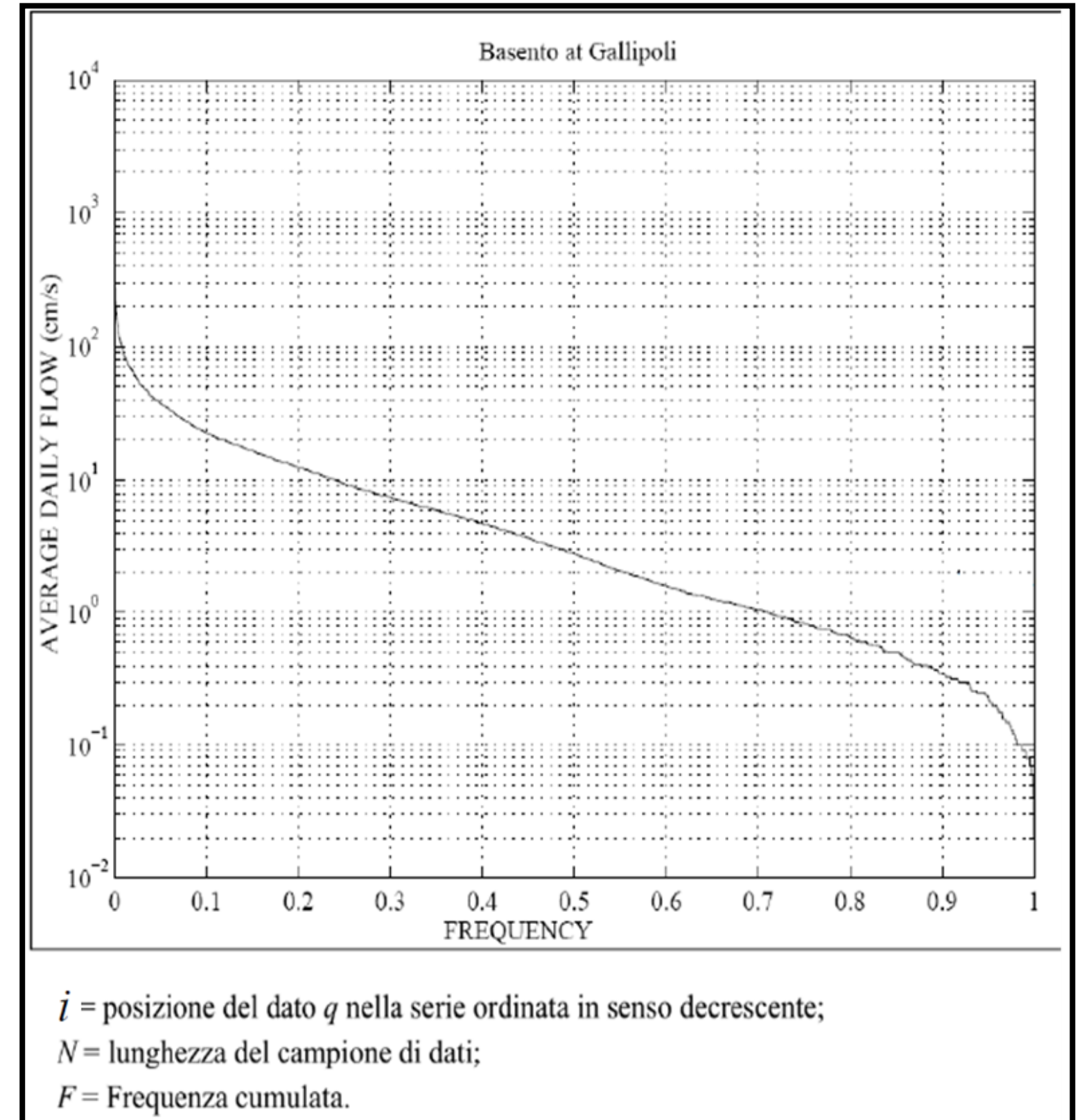
Le curve durata delle portate risultano molto sensibili all'intervallo di osservazione considerato,

Q_1 rappresenta la portata massima osservata nell'intero periodo di osservazione e Q_{365} la portata minima. A questo punto, ad ogni valore di portata viene fatto corrispondere il suo valore di durata.

Affinché ogni singola durata possa anche essere interpretata come una probabilità di superamento, è possibile adimensionalizzare la durata dividendola per l'intero periodo di osservazione.

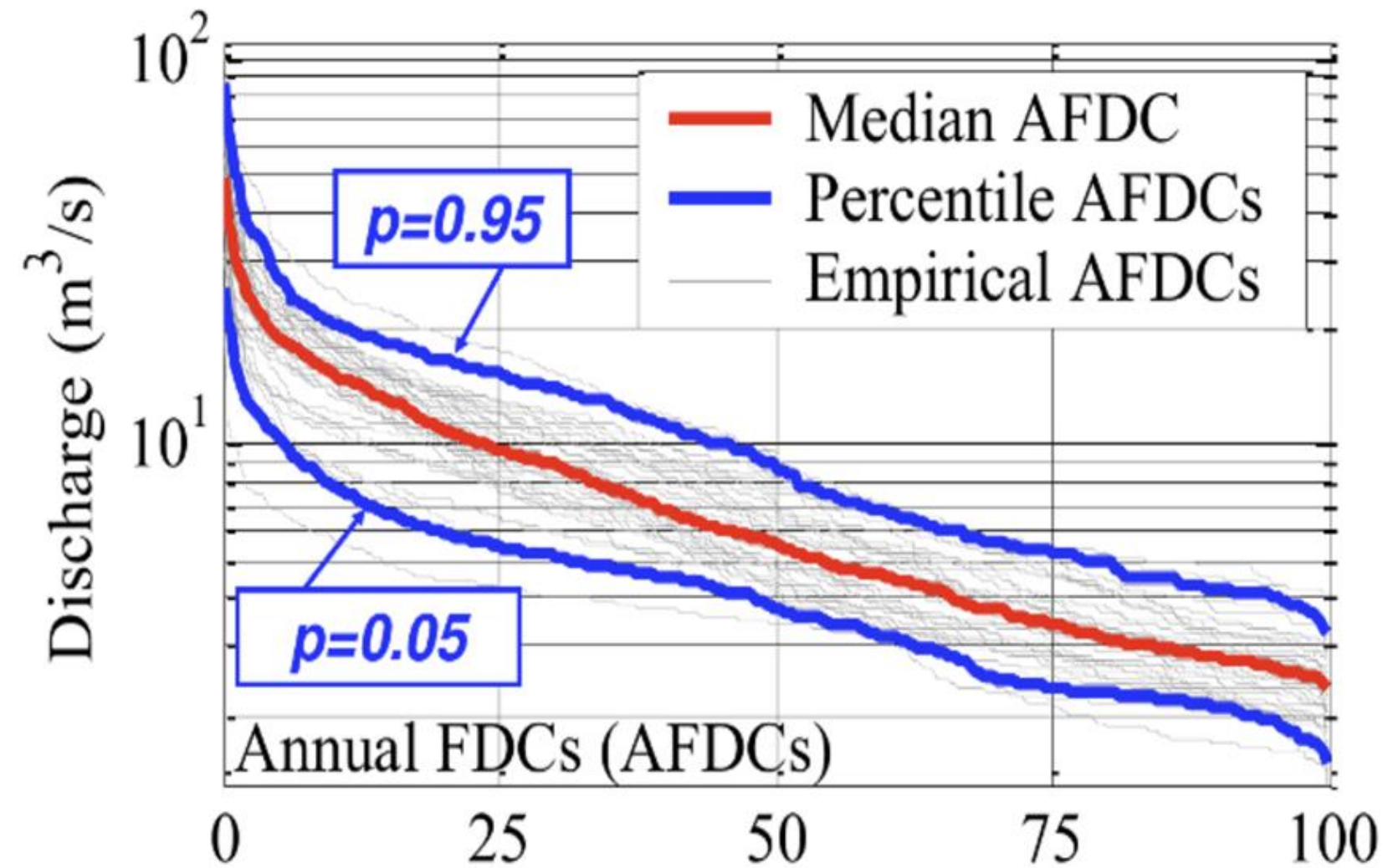
La durata relativa D_i viene stimata mediante l'utilizzo della plotting position di Weibull; per cui, nel caso di portate medie giornaliere, D_i è esprimibile tramite l'espressione:

$$D_i = \frac{i}{365 + 1}$$



Curva di durata delle Portate

Per riassumere la risultante variabilità di anno in anno tra gli n anni osservati, Vogel e Fennessey (1994) suggeriscono di utilizzare la media e la mediana delle Curva di Durata delle Portate su base annuale per rappresentare la frequenza e la grandezza del flusso in un anno tipico. Questo perché la media e la mediana della c.d.p. sono meno suscettibili al periodo di osservazione considerato, risentendo meno di eventi estremi di piena o di magra.



AFDCs = «Annual Flow Duration Curves»

Regionalizzazione

Il secondo problema che deve affrontare un idrologo è quello di trasferire le informazioni sulle distribuzioni di probabilità delle grandezze idrologiche studiate, da dove disponibili le misure, alle sezioni, ai punti o ai bacini d'interesse.

Per rendere confrontabili le curve di durata di bacini di diverse dimensioni, è opportuno adimensionalizzare la portata Q_i con la portata media Q_{med} della serie storica analizzata.

Le leggi probabilistiche utilizzate più di frequente, per regolarizzare le serie storiche delle portate giornaliere sono:

- **Log-normale**
- **Gumbel**
- **Pearson**

Poiché q_0 ha il significato di grandezza limite inferiore della curva log-normale, è necessario che questo valore non sia superiore al minimo assoluto dei dati osservati. Per attribuire un valore ragionevole a q_0 basato sui dati a disposizione, si considera $q_0 = 0,95 q_{min}$

Regionalizzazione

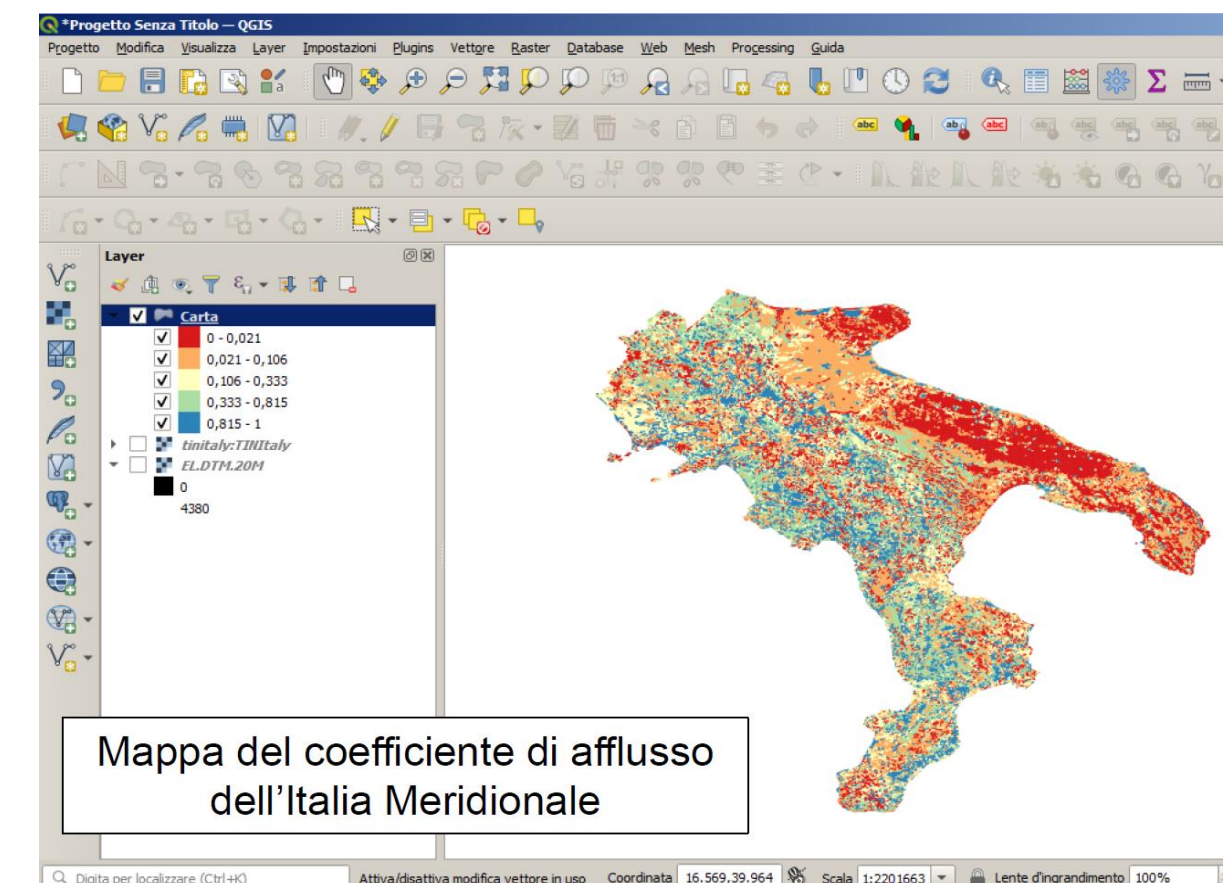
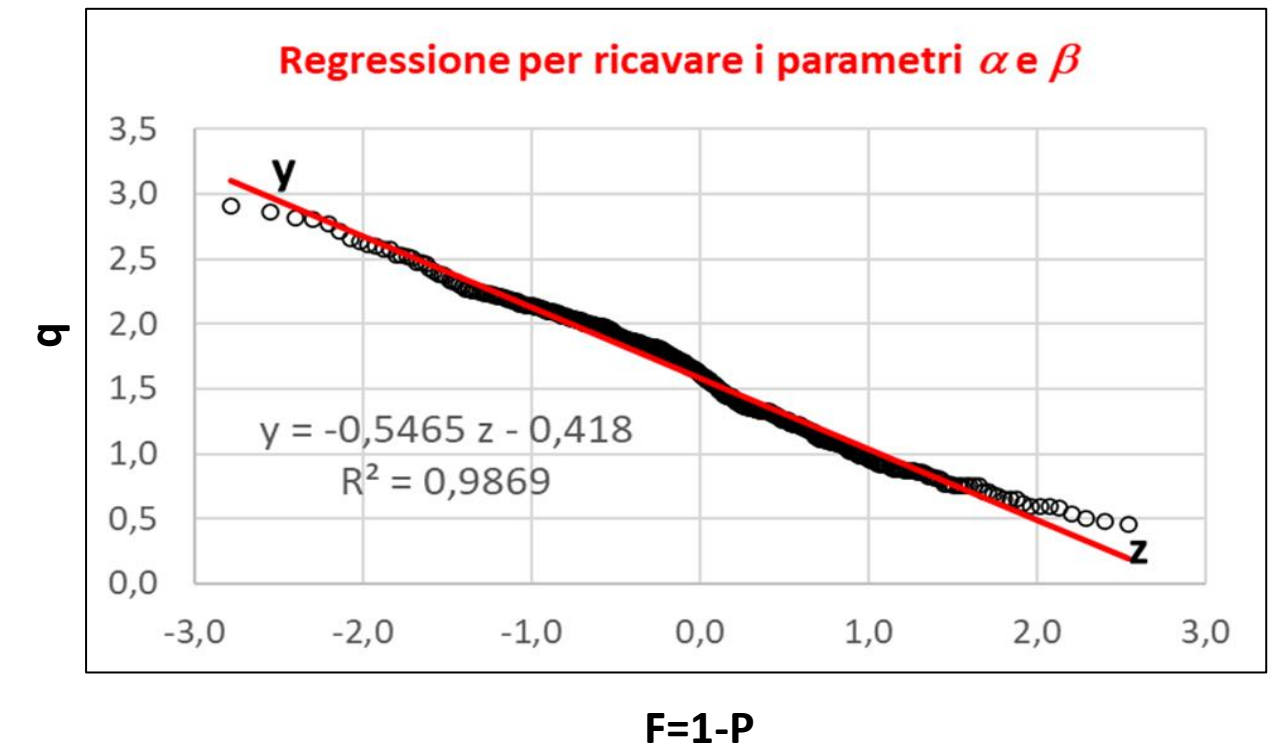
Andando a stimare le c.d.p. di tutte le stazioni monitorate ricadenti nella medesima zona omogenea per similitudini idrogeologiche.

E' possibile stimare i parametri **a b q0 locali** della distribuzione log-normale, mediante la **retta di regressione dei valori delle y riferiti alla curva di durata osservata** (anno medio ordinato) e la variabile ridotta $z(F)$.

E a partire dalla conoscenza del BFI regionale:

I valori di **a b e q0** di una regione omogenea sono ricavati nell'ipotesi in cui $BFI \equiv PERM$. (% area permeabile variabile tra 0 ed 1).

Informazione a sua volta estraibile da Sistemi Informativi geografici (GIS) e dalle mappe dei **coefficienti di afflusso**, estratte sul bacino tracciato rispetto alla sezione d'interesse. $\Phi = A_{eff}/A_{tot}$ **rapporto tra il volume idrico che raggiunge le rete idrografica (A_{eff}) e il volume di pioggia totale (A_{tot}):**



Conclusioni

1. Per qualsiasi tipo di Impianto Idroelettrico, sia esso ad Acqua fluente o a Serbatoio, è fondamentale avere un numero adeguato di **informazioni idrologiche** relative alla sezione in cui si ipotizza di realizzare l'impianto
2. La curva di Durata delle Portate è uno strumento molto utile per la determinazione della **portata da derivare** e per la regolazione delle macchine. Oltre che per ricavare informazioni rispetto al regime fluviale del corso d'acqua analizzato ed i **costi-ricavi** connessi alla portata derivata.
3. E' altrettanto necessario **avere a disposizione dati idrologici aggiornati**, relativi alle portate defluenti nelle sezioni di chiusura d'interesse.
4. E' possibile stabilire delle **similitudini idrologiche** per sezioni ricadenti in **zone omogenee**, attingendo a tecniche di Regionalizzazione, lì dove non c'è disponibilità di dati relativi ai livelli idrometrici.
5. Il valore del **Deflusso di Base o BFI** per un Bacino Idrografico è un indice idrologico di fondamentale importanza
6. Valutazione e quantificazione dei **rischi diretti e indiretti** a cui è esposta un impianto idroelettrico.
7. Efficace monitoraggio.

Bibliografia

1. Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche.
2. Rapporto Statistico 2020 GSE Energia da Fonti Rinnovabili.
3. Rapporti ISPRA-Le risorse idriche nel contesto geologico del territorio italiano disponibilità grandi dighe rischi geologici opportunità.
4. Richard M. Vogel and Neil M. Fennessey-1995- Water Resources Bulletin- Flow Duration Curves II: A Review of applications in water resources planning.
5. Vogel, Richard M., and Neil M. Fennessey. 1995. "FLOW DURATION CURVES II: A REVIEW OF APPLICATIONS IN WATER RESOURCES PLANNING." Journal of the American Water Resources Association 31 (6): 1029–39.
<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1995.tb03419.x>
6. Centro Funzionale Multi rischi Regione Campania- Annali Idrologici ex SIMN.
7. Petrucci, Guido, Fabrice Rodriguez, José-Frédéric Deroubaix, and Bruno Tassin. 2014. "Linking the Management of Urban Watersheds with the Impacts on the Receiving Water Bodies: The Use of Flow Duration Curves." Water Science and Technology 70 (1): 127–35.