INDICE

1 INTRODUZIONE 2

2 ANALISI DEI DEFLUSSI 3

2.1 STAZIONI STORICHE DI MISURA SUL BACINO 3

2.2 DEFINIZIONE DELLE PORTATE CARATTERISTICHE NELLA SEZIONE DI ISOLABONA 3

2.2.1 Determinazione delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno *4*

3 PARAMETRI IDROLOGICI CARATTERISTICI 7

3.1 DATI CARATTERISTICI DELLA SEZIONE DI ISOLABONA 7

4 PORTATE DERIVATE 9

4.1 PORTATA MASSIMA 9

4.2 PORTATA MEDIA 11

5 PORTATE RILASCIATE 13

6 CONCLUSIONI 14

BIBLIOGRAFIA 15

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per scopo la classificazione idrologica dell'area su cui il progetto viene sviluppato.

I parametri caratteristici (portate liquide, trasporto solido etc…) sono desunti dal Piano di Bacino del Torrente Nervia fornito dalla Provincia di Imperia. Questi parametri a loro volta derivano dall'elaborazione delle serie storiche di dati forniti dalle stazioni idrometriche del S.I.M.N. (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale) installate sul bacino del Nervia.

In particolare si è ritenuto corretto utilizzare, per la sezione di chiusura del bacino sotteso dall'impianto in progetto, i dati misurati di portata relativi alla stazione di misura di Isolabona (IM) anziché procedere ad una valutazione delle portate tramite l'analisi delle precipitazioni ricorrendo ad un modello di afflussi-deflussi, notevolmente più impreciso per l'arbitrarietà dei coefficienti che concorrono nel modello di analisi.

Si precisa che la sezione di Isolabona presa in considerazione è ubicata circa 70 m a monte dell'impianto in questione, che il bacino idrologico afferente alla stessa è di 123,0 km^2; vista l'estrema vicinanza della stazione di misura al punto di prelievo il bacino relativo alla sezione chiusa in prossimità di quest'ultimo può essere considerato il medesimo senza incorrere in errori grossolani.

Considerata la geologia dei luoghi, l'orografia, la similitudine tra i due bacini in termini di coefficiente di deflusso e di area sottesa che dà un contributo simile dal punto di vista dell'apporto meteorico, si ritiene corretto valutare le portate moltiplicando per il rapporto areale (molto prossimo all'unità) tra il bacino sotteso alla sezione di chiusura ove avviene la captazione sul Torrente Nervia ed il bacino chiuso presso la stazione di misura ad Isolabona.

2 ANALISI DEI DEFLUSSI

2.1 Stazioni storiche di misura sul bacino

Nell'intero comprensorio non sussistono stazioni di misurazione idrologica delle portate (l'idrometro di Isolabona non è più funzionante), mentre vi sono stazioni pluviometriche ubicate a Rocchetta Nervina, Colle Melosa, Colle Belenda, Pigna.

L'idrometro installato ad Isolabona ha però a disposizione una serie storica cospicua. Tale stazione di misura ha infatti registrato le portate nei seguenti periodi 1929-1939, 1941-43, 1951-55, 1957-73, 1975.

2.2 Definizione delle portate caratteristiche nella sezione di Isolabona

Per la definizione delle caratteristiche di deflusso ordinario nella sezione di Isolabona (si veda il successivo Capitolo 3 per una analisi di dettaglio) sono stati considerati tutti i risultati numerici a disposizione derivati dall'analisi delle portate misurate nelle stazioni del S.I.M.N.
Tale bacino risulta compreso tra quello del fiume Roja a ponente e il torrente Verbone a levante. A monte si estende fino ai 2038 m s.l.m. del monte Pietravecchia e sfocia nel Mar Ligure, lungo la costa del Comune di Camporosso Mare (IM). Nell'ambito del territorio in oggetto vi sono due strumenti di misurazione delle portate: uno posizionato nella stazione di Isolabona (83 m s.l.m.) e l'altro in quella di Nervina a Buggio (500 m s.l.m.). Tali misurazioni non possono essere utilizzate in quanto in numero insufficiente alla realizzazione di un'analisi statistica corretta e significativa. Pertanto la determinazione delle massime portate di piena caratteristiche del torrente Nervia e dei suoi sottobacini può essere condotta solo tramite la valutazione e la successiva elaborazione dei dati di pioggia estrapolati dalle misurazioni effettuate dai quattro pluviometri considerati (utilizzando formule empiriche e/o analitiche): Ventimiglia (9 m s.l.m.), Rocchetta Nervina (225 m s.l.m.), Pigna (280 m s.l.m.) e Colle Belenda (1350 m s.l.m.). Alla luce di quanto sopra si è proceduto all'analisi idrologica utilizzando come dati di partenza le osservazioni pluviometriche delle stazioni suddette in quanto sufficientemente distribuite sia planimetricamente che altimetricamente sul territorio in oggetto.
Si fa presente che, a causa della limitatezza dei dati a disposizione ed a seguito di osservazioni di carattere generale sul comprensorio idrico, sono state formulate una serie di ipotesi che se da un lato consentono il corretto svolgimento delle successive analisi statistiche, dall'altro necessitano di una adeguata verifica che può essere condotta solo dopo l'effettuazione di misure pluviometriche e idrometriche almeno decennali.

Nell’ambito in oggetto esistono altri due pluviometri che hanno funzionato per alcuni anni: quello di Colle Melosa e Valle Tane. I dati registrati da questi strumenti non sono stati utilizzati poiché la loro ubicazione èpressoché coincidente con quella del pluviometro di Colle Belenda; quest’ultimo, inoltre, ha un maggior numero di registrazioni che lo rendono più significativo ai fini dell’analisi statistica.

In particolare sono state effettuate le seguenti considerazioni preliminari:

- il comprensorio idrico dell'intero territorio oggetto dello studio è caratterizzato da quattro distinti regimi pluviometrici determinabili dall'assunzione dei dati di pioggia delle stazioni di Ventimiglia, Pigna, Rocchetta Nervina e Colle Belenda, i quali insistono su aree di competenza determinabili con il metodo dei topoieti o di Thiessen; su tali aree si sono assunti, come piogge efficaci, i valori elaborati statisticamente dalle registrazioni dei quattro pluviometri in questione ottenendo pertanto, in accordo con la teoria dei topoieti, dei solidi di pioggia ad altezza costante per l'intera area di competenza;
- le altezze di pioggia elaborate statisticamente per diverse durate (10 min, 15 min, 1 h, 3 h, ecc.), dopo

essere state ragguagliate all'intero bacino, sono state assunte come set di valori di un evento meteorologico fittizio avente tempo di ritorno predeterminato e tale evento è stato considerato come quello che causa l'onda di piena di progetto;
- la formula che regola la trasformazione degli afflussi in deflussi per l'evento di piena è data dal volume di pioggia affluito sul bacino nella durata pari al tempo di corrivazione del bacino stesso moltiplicata per il coefficiente di deflusso, che verrà valutato nella seconda fase del presente studio; tale valore viene determinato empiricamente in base alle caratteristiche del suolo per ogni bacino imbrifero, tenendo conto

anche dei fenomeni di evapotraspirazione e trascurando quelli di infiltrazione profonda delle acque.

2.2.1 Determinazione delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno

Nell'ambito dei sottoprogetti dell'Autorità di Bacino del fiume Po (SP1, 1996 - SP2,1996 - variante del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico, 2007) sono stati condotti appositi studi idrologici finalizzati alla definizione dei valori delle piene di assegnato tempo di ritorno su numerose sezioni fluviali del bacino del Po.

Tali studi hanno sviluppato i seguenti aspetti: regionalizzazione dell'informazione pluviometrica, caratterizzazione dei bacini idrografici, simulazione idrologico-idraulica utilizzando modellistica numerica, regionalizzazione dell'informazione idrometrica. Sono state quindi appositamente sviluppate specifiche procedure di calcolo e nel contempo è stata

condotta una caratterizzazione idrologica di piena dell'intero sistema idrografico che può essere assunta come dato di riferimento per la presente analisi.

L'approccio metodologico per la determinazione delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno è stato differenziato in base alle caratteristiche del sistema idrografico in esame.

STAZIONE DI VENTIMIGLIA

Per la stazione di Ventimiglia le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere 35 per tutte e cinque le durate considerate. I dati rappresentano la serie delle registrazioni effettuate a partire dal 1951 fino al 1987, con la mancanza dei dati relativi al 1983 e 1984.

STAZIONE DI ROCCHETTA NERVINA

Per la stazione di Rocchetta Nervina le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere al massimo 33 per le durate maggiori o uguali all'ora. I dati rappresentano la serie delle registrazioni effettuate a partire dal 1951 fino al 1986, con la mancanza dei dati relativi al 1983, 1984, 1985 e in alcuni casi del 1982.

STAZIONE DI PIGNA

Per la stazione di Pigna le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere al massimo 35 per le durate maggiori o uguali all'ora. I dati riportati rappresentano la serie delle registrazioni effettuate a partire dal 1949 fino al 1996, con la mancanza di quelli relativi ad alcuni anni.

STAZIONE DI COLLE BELENDA

Per la stazione di Colle Belenda le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere al massimo 35 per le durate maggiori o uguali all'ora. I dati riportati rappresentano la serie completa delle registrazioni effettuate a partire dal 1961 fino al 1996, con la sola mancanza del dato relativo al 1990.

Trattandosi di valori massimi i dati di pioggia sono stati regolarizzati con la legge del "massimo valore" di Gumbel.

Sono stati analizzati i valori di altezza di pioggia massima registrati dai pluviometri per le seguenti durate: 10', 15', 20', 30', 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, trascurando, nelle diverse stazioni, le durate con set di valori numericamente scarsi.

Per alcuni di essi mancano i dati in alcuni anni, o perché non sono stati registrati, o perché sono poco significativi. Quindi si sono regolarizzati i dati di ogni campione costruendo la tabella tipica della distribuzione di Gumbel. si é quindi proceduto al calcolo dei tempi di corrivazione (determinati in ore) usando le seguenti formule fornite dalla letteratura:

Pasini: $t_c = 0{,}108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i}}$

Pezzoli: $t_c = 0{,}055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$

Ventura: $t_c = 0{,}1272 \cdot \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$

Kirpich: $t_c = 0{,}1947 \left(\frac{L \cdot \sqrt{L}}{\sqrt{\Delta H}} \right)^{0.77}$

Puglisi: $6 \cdot L^{\frac{2}{3}} \cdot \Delta H^{-\frac{1}{3}}$

Giandotti: $t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1{,}54 \cdot L}{0{,}8 \cdot \sqrt{H_{med}}}$

Dove:

S= superficie del bacino in Km^2

L= lunghezza dell'asta principale (Km)

i= pendenza del corso d'acqua (m/m)

DH= altitudine massima del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura (m)

H_{med}= altitudine media del bacino

di seguito sono riportati i dati necessari al calcolo di T_c ed i valori ottenuti con le varie metodologie:

Tab. 1: Dati caratteristici della sezione di Isolabona.

Sezione	S [hm^2]	H_{max} [m]	H_{min} [m]	L [Km]	i [%]
Nervia a Isolabona (IM)	123.0	2038	90	17,25	0.097

Tab. 2: tempi di corrivazione calcolati mediante varie espressioni utilizzate in letteratura.

Sezione	Tc Pasini [ore]	Tc Pezzoli [ore]	Tc Ventura [ore]	Tc Kirpich [ore]	Tc Puglisi [ore]	Tc Giandotti [ore]	Tc Medio [ore]
Nervia a Isolabona (IM)	4.79	3.61	4.64	1.65	3.57	3.47	3.62

Il valore di t_c scelto è stato calcolato mediante una media aritmetica dei dati sopra riportati e risulta quindi essere pari a 3,62 ore.
Determinate le curve di possibilità climatica delle altezze di pioggia ragguagliate ad ogni bacino per
diversi tempi di ritorno, si calcola la portata defluente nella sezione terminale di sbocco a mare mediante il volume di pioggia caduto sul bacino:

$$Vtot = h_{ri} \cdot A_{tot}$$

Noto il volume defluito si può così calcolare la portata massima per assegnato tempo di ritorno:

$$Q_{\max} = \frac{hr}{tc} \cdot Atot \cdot Cd$$

dove:
hr = altezza di pioggia ragguagliata determinata dalla curva di possibilità climatica per un dato tempo di ritorno con un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione dell'intero bacino;
Tc = tempo di corrivazione del bacino dato dalla media dei valori ottenuti con le formule sopra descritte;
Cd = coefficiente di deflusso assunto pari a 1.
Utilizzando le suddette formule si ottengono i seguenti valori di portata calcolati alla sezione di chiusura di Isolabona:

Tab. 3: portate per vari tempi di ritorno calcolate mediante analisi idrologica

Sezione	Superficie [Km^2]	Portata T= 50 anni m^3/s	Portata T= 200 anni m^3/s	Portata T= 500 anni m^3/s
Nervia a Isolabona (IM)	123	878,75	1064	1178

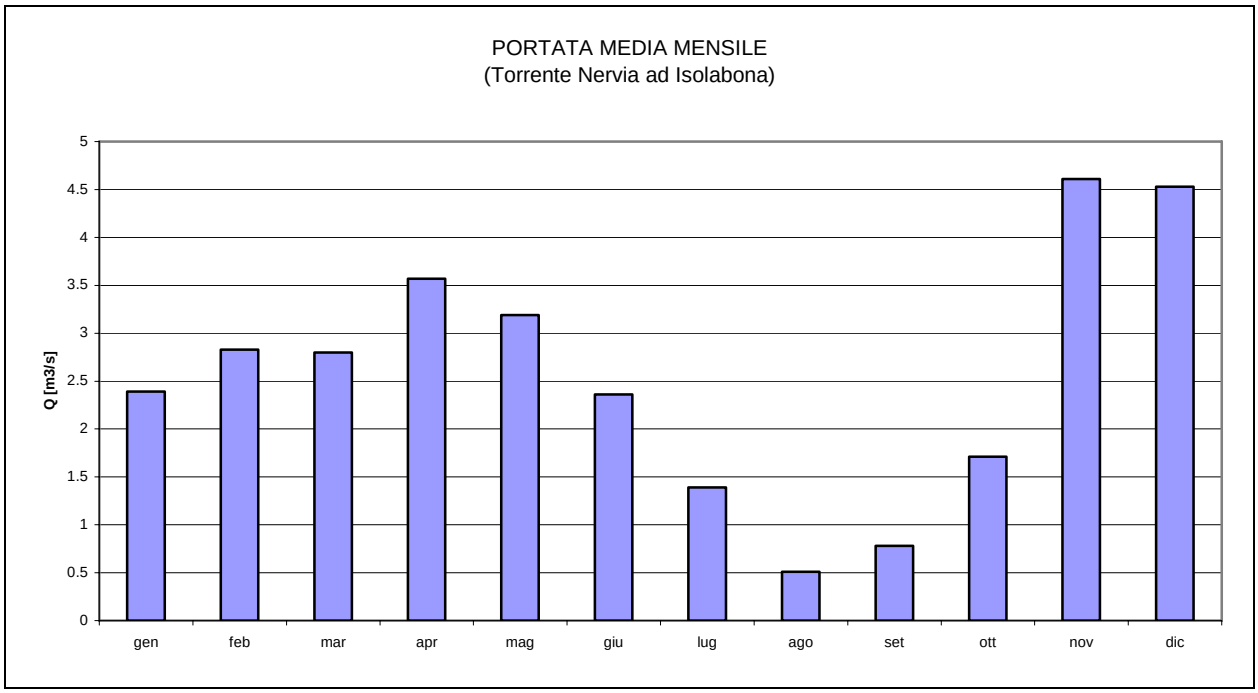
3 PARAMETRI IDROLOGICI CARATTERISTICI

I valori di portate medie mensili così come le curve di durata delle portate sono presenti all'interno del "*Piano di Tutela delle Acque*" (sottobacino del Torrente Nervia) redatto dalla *Regione Liguria*.

3.1 Dati caratteristici della sezione di Isolabona

Di seguito si riportano i grafici e le tabelle riassuntive dei dati idrologici caratteristici per la sezione di Isolabona, desunti dal Piano di Tutela delle acque (sottobacino del Torrente Nervia), tali dati riguardano sia le portate medie mensili che quelle giornaliere espresse mediante la curva di durata delle portate.

Fig. 1: Regime delle portate naturali medie mensili nella sezione di Isolabona.



Tab. 4: portate medie mensili per la sezione di isolabona

Torrente NERVIA												
Portate medie mensili												
Mese	**gen**	**feb**	**mar**	**apr**	**mag**	**giu**	**lug**	**ago**	**set**	**ott**	**nov**	**dic**
Q [m^3/s]	2.39	2.83	2.8	3.57	3.19	2.36	1.39	0.51	0.78	1.71	4.61	4.53

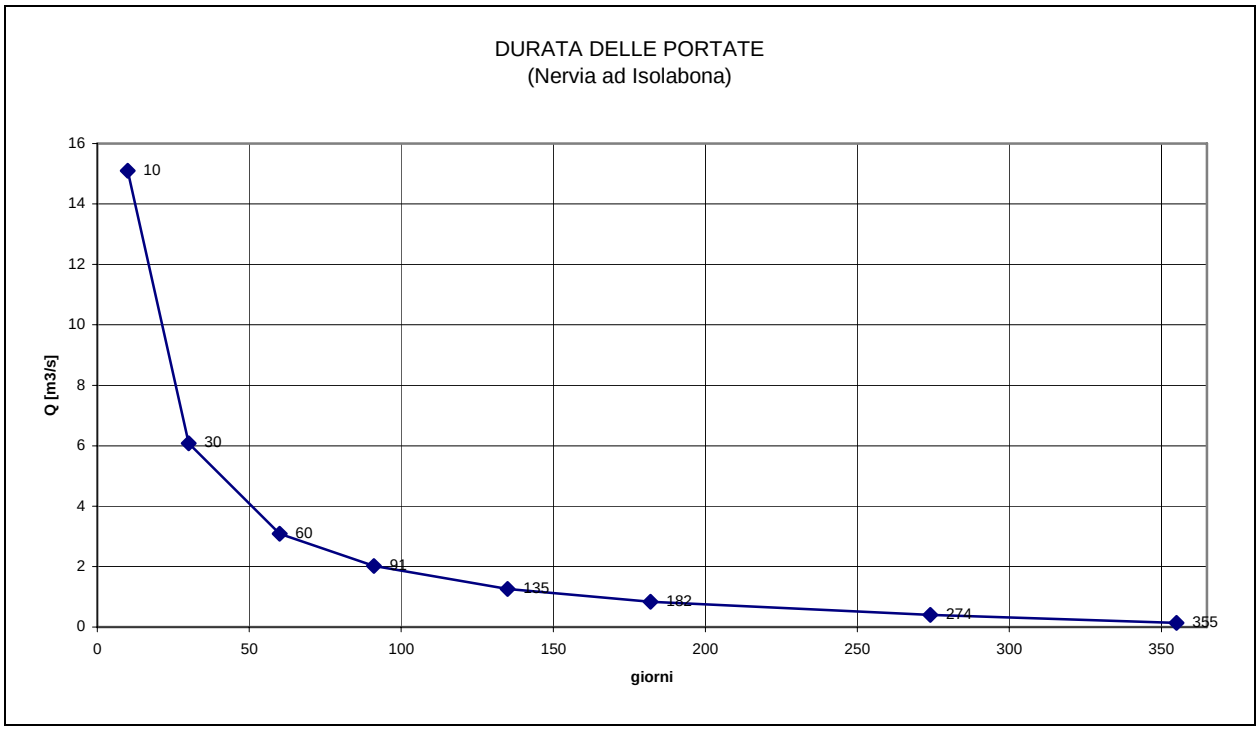


Fig. 2: Curva di durata delle portate naturali nella sezione di Isolabona.

Tab. 5: valori di durata delle portate naturali nella sezione di Isolabona.

Torrente NERVIA								
Durata delle portate								
Giorni	10	30	60	91	135	182	274	355
Q [m^3/s]	15.1	6.08	3.09	2.02	1.26	0.84	0.4	0.14

4 PORTATE DERIVATE

4.1 Portata massima

La massima portata derivata è stata fissata in 2.5 m^3/s; dal confronto con la portata media mensile disponibile Q_{disp} (figura 3), calcolata depurando il valore di $Q_{misurata}$ della portata di dmv, sembrerebbe che la Q max sia presente in alveo per circa 4 mesi all'anno, tale supposizione è però confutata se si va ad analizzare la curva di durata delle portate: in questo caso si evince che la portata massima è presente per circa 60 giorni l'anno.

Questa discrepanza è dovuta al fatto che la media mensile risente dell'effetto dei picchi di portata giornalieri i quali, pur essendo limitati a pochi giorni all'anno (vedi figura 4), presentano valori di Q_{disp} abbastanza elevati**.**

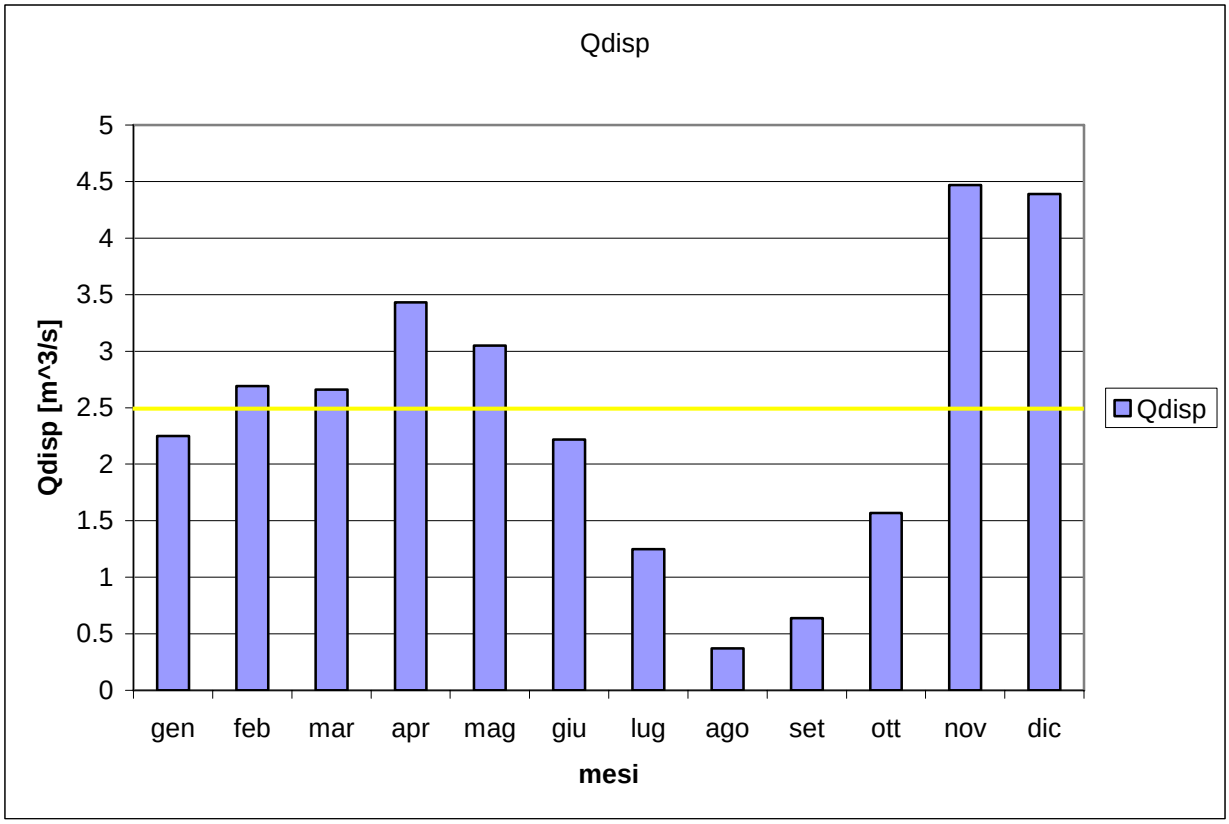


Fig. 3: Confronto tra le portate disponibilimedie mensili (Q_{disp}) e le portate massime derivate ($Q_{der.\ max}$).

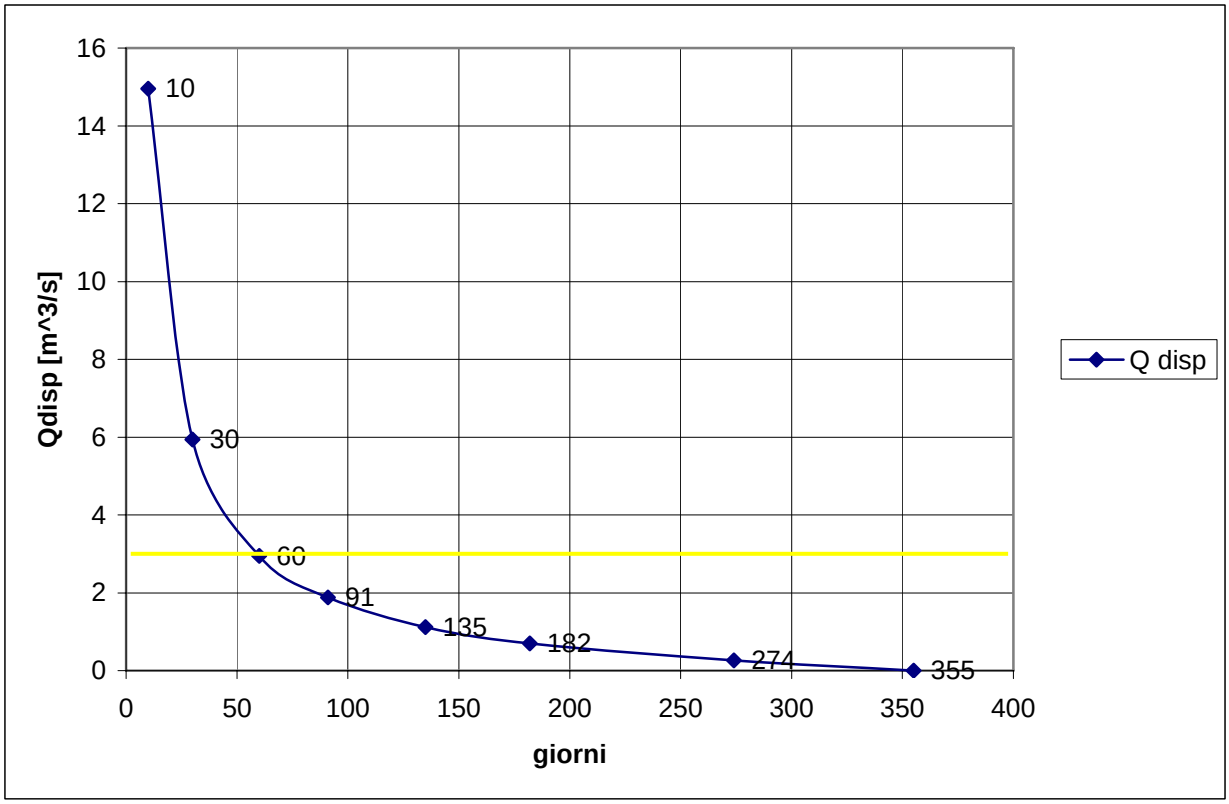


Fig. 4: Confronto tra le portate disponibili giornaliere (Q_{disp}) e le portate massime derivate ($Q_{der.\ max}$).

4.2 Portata media

Il calcolo della portata media derivata è effettuato sulla base della curva di durata delle portate, in quanto, come visto nel paragrafo precedente, essa fornisce un'indicazione più veritiera sull'andamento idrologico annuale del corso d'acqua.

Il valore di $Q_{derivata}$ viene calcolato nel seguente modo:

- si depura la Q_{mis} del valore di dmv (vedi relazione di calcolo del dmv)
- dato il valore di portata massima derivata Q_{max}

se $Q_{disp} > Q_{max}$ allora $Q_{der} = Q_{max}$

se $Q_{disp} < Q_{max}$ allora $Q_{der} = Q_{disp}$

Tab. 6: valori delle portate giornaliere naturali, dmv, disponibili, derivate e rilasciate a valle della traversa (vedi relazione di calcolo del dmv).

giorni	Q_{mis} [m^3/s]	Q_{dmv} [m^3/s]	Q_{disp} [m^3/s]	Q_{der} [m^3/s]	Q_{ril} [m^3/s]
10	15.1	0.14	14.96	2.50	12.6
30	6.08	0.14	5.94	2.50	3.58
60	3.09	0.14	2.95	2.50	0.59
91	2.02	0.14	1.88	1.88	0.14
135	1.26	0.14	1.12	1.12	0.14
182	0.84	0.14	0.70	0.70	0.14
274	0.40	0.14	0.26	0.26	0.14
355	0.14	0.14	0.00	0.00	0.14

Q_{mis} = portata misurata a monte della traversa

Q_{dmv} = deflusso minimo vitale

Q_{disp} = portata disponibile alla derivazione = **Q_{mis} - Q_{dmv}**

Q_{der} = portata derivata

Q_{ril} = portata rilasciata a valle della traversa

Il valore della portata media derivata è quindi ottenuto dividendo l'area sottesa alla curva di durata delle portate (fig.5) per il numero di giorni corrispondenti, e cioè 355; il valore ottenuto è di 0.79 m^3/s.

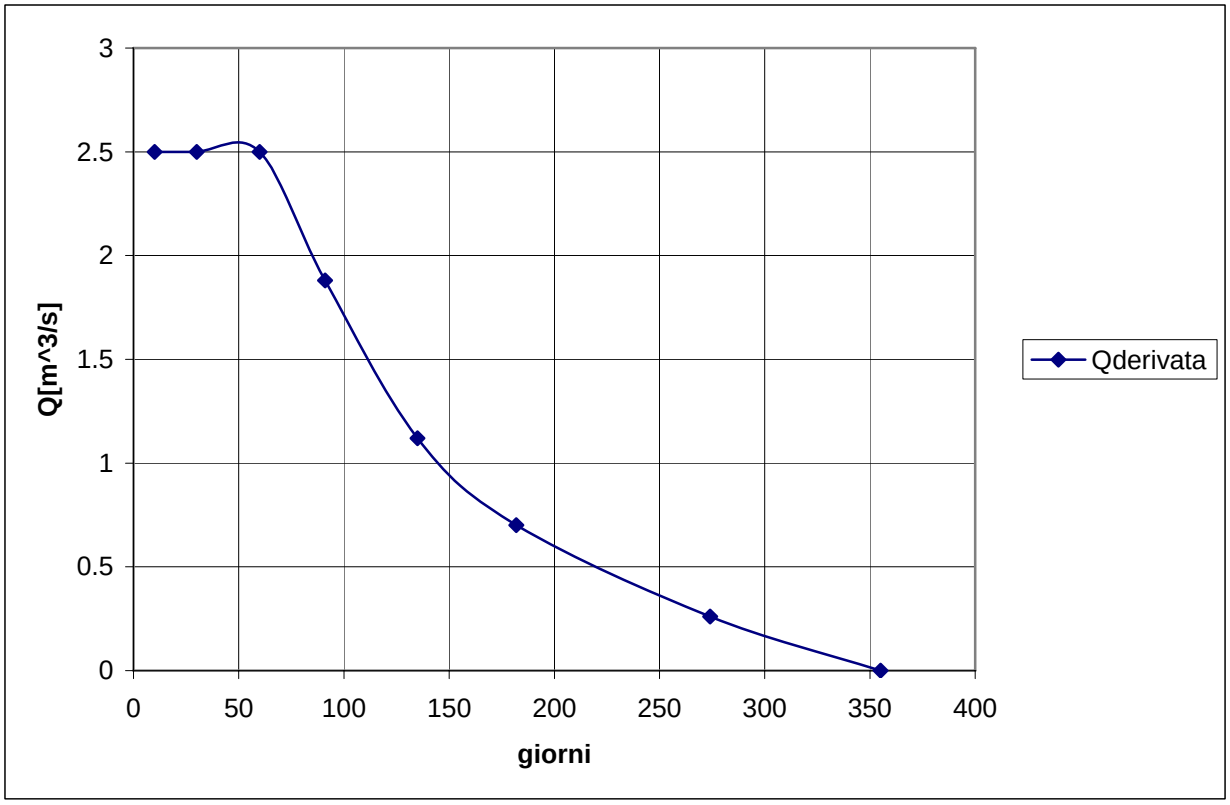


Fig. 5: curva di durata delle portate derivate

5 PORTATE RILASCIATE

Anche per il calcolo delle portate rilasciate a valle della centrale Q_{ril} è stato utilizzata la curva di durata delle portate; il procedimento è lo stesso riportato nel paragrafo 4.2:

se $Q_{disp} > Q_{max}$ allora $Q_{der} = Q_{max}$ e $Q_{ril} = Q_{disp} - Q_{max} + Q_{dmv}$

se $Q_{disp} < Q_{max}$ allora $Q_{der} = Q_{disp}$ e $Q_{ril} = Q_{dmv}$

nel grafico che segue sono riportati in azzurro i valori delle portate derivate, in rosso quelli delle portate rilasciate:

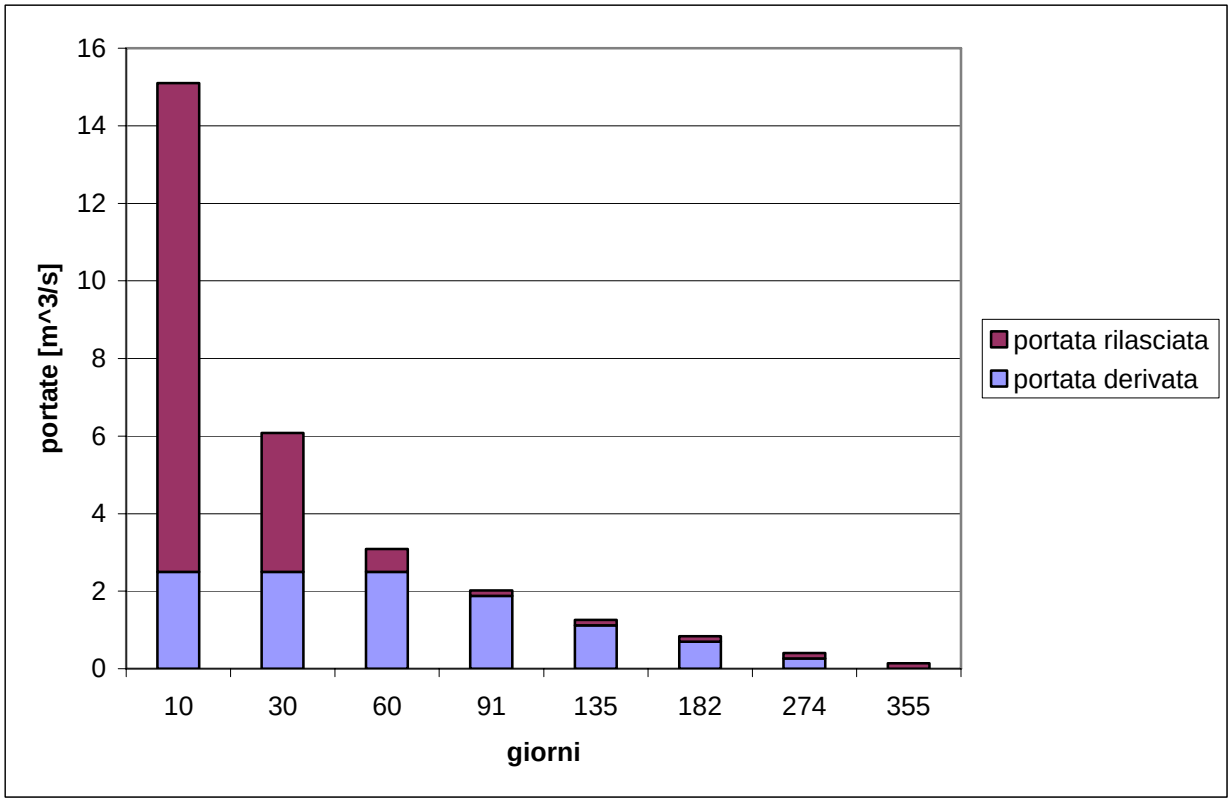


Fig. 6: confronto tra le portate giornaliere derivate (in azzurro) e quelle rilasciate (in viola)

6 CONCLUSIONI

Dalle analisi sopra riportate si assume una portata di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno **Tr = 200 anni,** compatibile con il tipo di opera, di **Q = 1064 m^3/s**. Tale valore è presente nel piano stralcio per il bilancio idrologico del bacino del Nervia redatto nel 2004 ed è riferito alla sezione di Isolabona, collocata 50 m monte della sezione interessata dall'opera in progetto. Il valore di portata indicato sarà utilizzato, in via cautelativa, per le valutazioni delle altezze idrometriche al colmo di piena nella sezione di Isolabona e per la verifica dell'opera in progetto.

La portata massima derivata $Q_{der.max}$ = 2.5 m^3/s risulta disponibile per due mesi all'anno, con un rilascio in alveo maggiore o uguale al DMV. Il DMV è stato calcolato secondo quanto riportato all'interno del D.G.R. 1146 del 15/10/2004 (allegato A punto 7.4).

La portata necessaria al DMV verrà sempre garantita e verrà rilasciata attraverso uno stramazzo posto sulla traversa in corrispondenza della scala di risalita per l'ittiofauna, la portata di eccesso durante gli eventi di piena sfiora liberamente sulla traversa.

BIBLIOGRAFIA

REGIONE LIGURIA, (1996). *Piano di tutela delle acque-bacino Nervia*