



CREST s.n.c. di Perosino Gian Carlo & c. 10136 Torino (Italia) - Via Caprera, 15 - E-mail info@crestsnc.it
www.crestsnc - tel. 011/3299419 - P.IVA 02746980016 - CCIAA 599025 - Trib. Torino n. 4004/81

**IL METODO SIMPO CORRETTO
PER LA PORZIONE OCCIDENTALE
DEL BACINO DEL PO**
*(“area idrografica sette” individuata
dall’Autorità di Bacino del Fiume Po)*

A cura di: **Gian Carlo PEROSINO**

Torino, aprile 2014

1 - INTRODUZIONE

Il bacino del fiume Po è stato diviso in aree idrografiche omogenee sulla base dei risultati ottenuti dagli studi riguardanti le “azioni per la predisposizione di una normativa riguardante il minimo deflusso vitale negli alvei” (Progetto Speciale PS 2.5), in applicazione dell’art. 3 della Legge 183 del 18/01/89 “Piano Stralcio sul Deflusso Minimo Vitale” (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2004). In particolare l’Allegato “B” (*criteri di regolazione delle portate in alveo* - Parma, 21/11/2001) individua, per ogni area idrografica, il parametro sperimentale “K” che esprime la percentuale della portata media che deve essere considerata nel calcolo del Deflusso Minimo Vitale. È un parametro che rappresenta la sintesi di una serie di valutazioni ottenute dall’esame dei caratteri morfometrici, climatici ed idrologici dell’insieme dei bacini che alimentano il fiume Po. In particolare è stata delimitata l’**area idrografica sette** che individua l’insieme dei bacini compresi tra la Stura di Demonte e l’Orco.

Il Piano di Tutela delle Acque “PTA” (Approvato dal Consiglio Regionale del Piemonte, con D.C.R. n. 117-10731 del 13/03/2007, ai sensi del D. Lgs. 152/1999) ha recepito quanto previsto dall’Autorità di Bacino ed ha stabilito il valore $K = 0,15$ per tutta la succitata area idrografica “7”, comprensiva del bacino del Po fino alla sezione della confluenza con la Dora Baltea ad esclusione della Dora Baltea stessa, dell’asta fluviale del Po a valle della confluenza con il Maira e compreso l’intero bacino dello stura di Demonte; sono inoltre esclusi i piccoli bacini tributari di destra del Po a valle della confluenza con il Maira (cfr. cartografia di piano A2.12 “regolazione del deflusso minimo vitale” - REGIONE PIEMONTE, 2009). Rispetto a tale sistema, verso Est rimane escluso il bacino del Tanaro (compreso nell’area 6 che si estende fino al Curone, con valori $K = 0,07 \div 0,10$); verso Nord/Ovest rimane escluso il bacino della Dora Baltea (compreso nell’area 2 che si estende verso il settore alpino centrale, con valori $K = 0,10 \div 0,13$). Nell’area 2 è compreso anche il bacino del Chiusella, in quanto tributario di sinistra della Dora Baltea; tuttavia, considerando i caratteri idrologici di tale bacino sarebbe più corretto comprenderlo nell’area “7”. In attuazione del succitato PTA la Regione Piemonte ha predisposto il Regolamento 8R recante le “disposizioni per la prima attuazione delle norme in materia di deflusso minimo vitale (L.R. 61 del 29/12/2000)”¹ che prevede la determinazione del valore della portata media annua in corrispondenza della sezione ove si prevede una derivazione idrica ai fini del calcolo del Deflusso Minimo Vitale.

Secondo il D.P.G.R. 10/R/03, è necessaria una correlazione tra la caratterizzazione idrologica del corso d’acqua in esame e valori di portata misurati in corrispondenza della sezione ove è prevista l’opera di derivazione². Sul reticolo idrografico piemontese hanno operato alcune stazioni idrometriche per periodi di osservazione che, in alcuni casi, sono anche di alcuni decenni. Tuttavia raramente si hanno a disposizione dati idrometrici rilevati presso stazioni di misura con bacino sotteso sovrapponibile, in parte significativa, con quello sotteso alla sezione in studio; più spesso, si procede con l’applicazione di modelli idrologici. In tali situazioni si forniscono dati di sintesi che, essendo il risultato dell’applicazione di modelli che rappresentano fenomeni complessi mediante pochi parametri morfometrici e climatici, non sono certamente paragonabili, per significatività, a quelli ottenibili mediante elaborazione di dati ottenuti da misure dirette. Di conseguenza è richiesto di “validare” i risultati di elaborazione ottenuti da tali modelli con dati di portate effettive. Ma ciò pone diversi problemi.

Un determinato anno idrologico è rappresentato dalla serie di 365 portate medie giornaliere, alle quali si aggiungono due ulteriori dati: le portate massima e minima assolute istantanee. La prima è generalmente molto superiore al dato più elevato dei 365 valori, mentre la seconda è pari o leggermente inferiore al dato minimo dei 365 valori. In ogni caso vale il seguente concetto: *la caratterizzazione idrologica di una qualunque sezione su un corso d’acqua è fondata sull’elaborazione statistica di un insieme di dati costituiti dalle portate medie giornaliere*. Ciò vale sia nei casi fortunati in cui si dispone di misure effettuate presso una vicina stazione idrometrica, sia in quelli di utilizzo di modelli idrologici.

¹ Bollettino Ufficiale 29 del 19/07/2007.

² “Ove il prelievo massimo istantaneo richiesto superi la portata media annua del corso d’acqua e sia comunque superiore a 1.000 L/s, la caratterizzazione del regime idrologico nella sezione di presa deve essere sempre basata su misure dirette di portata. Nel caso di corsi d’acqua sprovvisti di stazioni fisse di monitoraggio il proponente dovrà validare la ricostruzione del regime di portate effettuata con i classici metodi dell’idrologia (ad esempio utilizzando i criteri della similitudine idrologica con riferimento a bacini analoghi strumentati) con i dati di portata misurati in continuo nella sezione di presa per un periodo non inferiore ad un anno ideologico...” (A2 della Parte II dell’Allegato A del D.P.G.R. 10R/03)

La portata giornaliera rappresenta il volume d'acqua che defluisce nell'intervallo di 24 ore; la portata, in quello stesso intervallo non è costante, ma può cambiare, anche in misura sensibile: quella misurata in un certo istante non coincide con quella media giornaliera. Solo nelle situazioni idrologiche di magra una portata istantanea è pari o molto simile a quella giornaliera. In altre condizioni essa cambia a seconda della situazione idrometeorologica, del regime termico, delle condizioni di innevamento del bacino, della stagione, delle dimensioni del bacino, della sua forma, della distribuzione delle fasce altimetriche,... In un corso d'acqua alimentato da un piccolo bacino e caratterizzato da brevi tempi di corrvazione, la massima portata istantanea dell'intervallo di 24 ore, in conseguenza di precipitazioni a carattere di rovescio, può essere decine di volte superiore a quella minima. In tarda primavera la portata varia dalle prime ore del mattino al primo pomeriggio, in funzione della fusione della neve accumulata nell'inverno. Vi sono altri fattori che determinano variazioni nell'arco delle 24 ore, a dimostrazione che **la portata misurata in un determinato istante (Qi) è un dato diverso dal valore di portata giornaliera (Qg) comunemente intesa (rappresentativa del volume d'acqua che defluisce alla sezione nell'intervallo di 24 ore).**

Affinché si possa procedere, ai fini della *validazione*, ad un confronto tra i dati di sintesi ottenuti dall'applicazione di modelli e quelli ottenuti da misure dirette, occorrerebbe effettuare tali misure in "... **continuo** nella sezione di presa per un periodo non inferiore ad un anno idrologico...", al fine di ottenere valori del tipo "Qg". La misura "*in modo continuo*" significa la registrazione del livello idrometrico istante per istante nelle 24 ore presso la sezione in studio. Si ottengono quindi 365 valori di portate medie giornaliere (Qg). Ma questi dati non sono ancora confrontabili con quelli ottenuti dall'applicazione di formule di regionalizzazione. Occorre conoscere anche quelli relativi alle precipitazioni sul bacino sotteso alla sezione di interesse o *afflussi meteorici (A)*.

L'analisi delle precipitazioni permette di ottenere valori di sintesi rappresentativi delle modalità ed intensità degli afflussi sul bacino nell'anno idrologico considerato. Dal confronto tra le portate, espresse come *deflussi (D)*, e gli afflussi si ricava il "comportamento idrologico" del bacino che viene "paragonato" alla caratterizzazione ottenuta con le formule di regionalizzazione per la validazione. Oppure dai dati di sintesi relativi agli stessi parametri (A e D), mediante modelli complessi, si ricavano i parametri fondamentali per la caratterizzazione idrologica della sezione in studio, ma si tratta di sistemi ai quali si ricorre quando non si dispongono di alternative migliori; il livello di attendibilità di tali sistemi infatti è quasi sempre inferiore a quello relativo alle formule di regionalizzazione.

Si supponga dunque di aver ben caratterizzato il regime idrologico di un corso d'acqua per una data sezione sulla base delle osservazioni dirette condotte per un periodo di un anno mediante la misura in continuo della portata. Se si utilizzassero i dati di sintesi così acquisiti, non rappresentativi di un periodo di osservazione significativo, quindi diversamente da quanto raccomandato dalla letteratura idrologica, qualunque taratura o validazione potrebbe portare a sovrastime o sottostime della risorsa idrica e ciò per svariati motivi.

Il parametro fondamentale di confronto è il **coefficiente di deflusso (D/A)**, il quale presenta una certa variabilità interannuale difficile da interpretare. Esso dipende dalle caratteristiche morfometriche, geologiche, pedologiche e dal tipo di copertura vegetale del bacino sotteso alla sezione in studio, più o meno costanti negli anni. Ma D/A dipende anche dalle vicende meteorologiche che determinano la distribuzione dei climi alle diverse fasce altimetriche. Il coefficiente di deflusso è tanto minore quanto più intensi sono i processi evapotraspirativi (le cosiddette "perdite apparenti" $A - D$ dei bacini impermeabili o prevalentemente impermeabili, come nella maggior parte dei casi in Piemonte). L'evapotraspirazione è evidente nei mesi estivi, con coefficienti di deflusso significativamente inferiori ad 1 anche nei bacini montani, mentre risulta prossima a zero nei mesi freddi. Gli anni con abbondanti precipitazioni estive sono caratterizzati da una maggiore copertura nuvolosa e da temperature meno elevate e quindi da minori perdite apparenti. Il risultato è un incremento del D/A anche su scala annua (es. l'estate 2002). Gli anni con estati calde e asciutte (es. il 2003), oltre ad essere caratterizzate da un più accentuato esaurimento delle riserve idriche, presentano più cospicui processi evapotraspirativi e minori coefficienti di deflusso. Inoltre occorre considerare gli eventi di piena più intensi; sono situazioni con grandi volumi d'acqua in gioco, in brevi intervalli di tempo, ma costituenti frazioni considerevoli rispetto ai totali annui. Quasi tutta l'acqua delle precipitazioni viene convertita in deflusso. Negli anni con frequenti e/o intensi fenomeni di piena il D/A è maggiore rispetto a quelli nei quali tali fenomeni sono scarsi o quasi inesistenti. Il parametro D/A rappresentativo di un anno è la "storia idrologica" unicamente di quell'anno, quindi da considerare con estrema cautela per la caratterizzazione media (o per la taratura o validazione) di una qualunque sezione in studio.

La misura “in continuo” delle portate presso una determinata sezione per un anno permette di valutare il volume totale di deflusso che ha attraversato quella sezione nell’intervallo di 365 giorni consecutivi. Esso dipende da quello delle precipitazioni sul bacino nello stesso intervallo temporale, ma non esclusivamente. All’inizio dell’intervallo temporale di osservazioni il bacino restituisce ancora acqua derivante dalle precipitazioni del periodo precedente ed una parte delle acque delle precipitazioni della fine dello stesso intervallo vengono “cedute” come deflussi nel periodo seguente. Ciò comporta un errore nella valutazione del rapporto D/A che introduce un ulteriore problema quando si intende utilizzare tale valore ai fini della validazione. Questo errore diminuisce di importanza per periodi di osservazione più lunghi, fino quasi ad annullarsi per quelli di almeno 25 ÷ 30 anni (come raccomandato per una corretta idrologia).

La caratterizzazione idrologica a livello di una determinata sezione permette di conoscere l’entità della risorsa idrica e le modalità con le quali essa si rende disponibile per l’uso e per la tutela. Per tale motivo è bene evitare, per quanto possibile, errori di valutazione, comunque tenendo conto che, in tali casi, è più conveniente il rischio di sottostime; infatti è molto meglio scoprire “dopo” che vi è più acqua da usare e più acqua nell’alveo per la tutela dell’ambiente che il contrario. A questo proposito bastano due esempi eclatanti. Se l’anno idrologico di osservazione fosse stato quello del 2002, ogni tipo di caratterizzazione idrologica basata su formule di regionalizzazione sarebbe risultata ampiamente sottostimata. Se, al contrario, l’anno idrologico fosse stato quello del 2003, si configurerebbe una forte sovrastima. Eppure si è trattato di due anni consecutivi.

La variabilità interannuale, sinteticamente rappresentata dal rapporto D/A, è molto spiccata. Per esempio per il Bacino dello Stura di Lanzo a Lanzo (582 km²) la portata media annua del periodo di osservazione di 50 anni è pari a 20,2 m³/s, con D/A = 0,82 (PEROSINO, 2005), come è tipico dei regimi nivopluviali; l’anno più abbondante è stato il 1977, con portata di 39,7 m³/s (quasi il doppio della media del periodo di osservazione) e con D/A = 0,96 (valori prossimi ad 1 sono tipici dei regimi nivoglaciali). L’anno più scarso è stato il 1970, con portata di 10,5 m³/s (la metà rispetto all’anno idrologico medio) e con D/A = 0,60 (tipico dei regimi pluviali).

Ragionamenti analoghi si possono dedurre dall’esame dei dati idrometrici di altre stazioni. Per citare un altro esempio si può considerare la portata media annua del Mastallone a Ponte Folle (149 km²) risultata pari a $Q_{med} = 7,8$ m³/s (rappresentativa di un intervallo di osservazione di 30 anni), con D/A = 0,83; l’anno più abbondante è stato il 1960, con portata annua di 12,7 m³/s (oltre il 60 % superiore alla media del periodo di osservazione) e con D/A = 1,01. L’anno più scarso è stato il 1952, con portata annua di 3,1 m³/s (decisamente meno della metà rispetto all’anno idrologico medio) e con D/A = 0,60. Il rapporto tra i succitati valori massimo e minimo assoluti è pari a 4,1 circa.

D’altra parte la **fig. 1** mette bene in evidenza la notevole variabilità del coefficiente di deflusso medio annuo in funzione delle precipitazioni e proprio il rapporto D/A è lo strumento fondamentale delle procedure di validazione. In sintesi, la validazione dei risultati ottenuti con l’utilizzo di formule di regionalizzazione mediante il confronto con i dati derivanti da misure condotte in modo “... *continuo nella sezione di presa per un periodo non inferiore ad un anno idrologico...*” va effettuata con estrema cautela, in quanto può, con alta probabilità, portare a risultati che potrebbero comportare anche forti sovrastime o sottostime della risorsa idrica realmente disponibile in natura.

Occorre inoltre considerare le difficoltà inerenti le misure di portata. La sezione del corso d’acqua interessato dalle indagini deve possedere caratteri morfo - idraulici adatti per rilevazioni idrometriche, non sempre facili da rinvenire; talvolta occorre perlustrare tratti di alveo lunghi anche centinaia di metri prima di identificare una situazione adatta alla misura. Inoltre se le misure devono essere effettuate per un qualunque intervallo temporale (un anno idrologico di 365 giorni), occorre una perfetta stabilità della sezione: i parametri morfo - idraulici devono rimanere costanti durante tutto l’intervallo.

Questo elemento complica non poco la scelta del sito adatto per le misure ed in molte situazioni tali condizioni non esistono. In qualche caso è possibile effettuare un intervento di sistemazione della sezione, sia per renderla adatta alle misure, sia per aumentarne la stabilità nel tempo. In ogni caso ciò non rappresenta alcuna sicurezza; può infatti verificarsi un evento di piena in grado di demolire il sistema di misure o di modificare la forma della sezione, rendendo inutili le misure effettuate in precedenza.

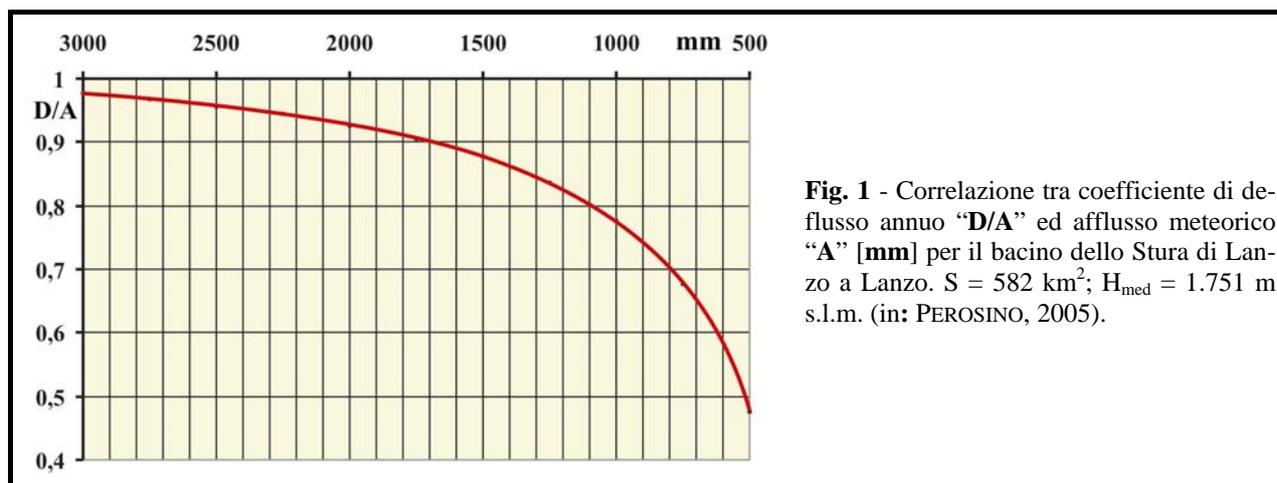


Fig. 1 - Correlazione tra coefficiente di deflusso annuo “D/A” ed afflusso meteorico “A” [mm] per il bacino dello Stura di Lanzo a Lanzo. $S = 582 \text{ km}^2$; $H_{\text{med}} = 1.751 \text{ m s.l.m.}$ (in: PEROSINO, 2005).

Si conclude quindi che è necessario un tempo adeguato (circa 18 mesi) per produrre un elaborato tecnico esaustivo sulla caratterizzazione idrologica (validata) per una determinata sezione fluviale. In ogni caso, per quanto si sia ben operato, rimangono seri dubbi sull’attendibilità delle portate misurate e per di più in un intervallo di un anno soltanto, fatto questo evidentemente contraddittorio rispetto a quanto normalmente raccomandato in qualunque manuale di climatologia/idrologia. Il rischio vero è quello di ottenere non tanto una “validazione”, ma una sorta di alterazione rispetto a valori di sintesi la cui rappresentatività già risente delle inevitabili approssimazioni espresse dall’applicazione di modelli di regionalizzazione.

2 - IL METODO SIMPO

Il metodo di regionalizzazione idrologica più ampiamente utilizzato e collaudato per la caratterizzazione idrologica di un corso d’acqua per il quale non sono disponibili dati rilevati presso una stazione idrometrica per un periodo di osservazione significativo, è il SIMPO (1980). A titolo esemplificativo, merita citare le seguenti esperienze:

- ha costituito la metodologia di riferimento per la “*Indagine conoscitiva e progetto generale di fattibilità per un sistema di monitoraggio idrometrico inerente il reticolo idrografico superficiale piemontese*” condotta da ENEL - CRIS - Mestre/Ydrodata (Torino); REGIONE PIEMONTE, 1989;
- è stato adottato quale metodo di riferimento nell’ambito delle “*Istruzioni integrative per l’applicazione del DMV - deflusso minimo vitale in un corso d’acqua naturale - e relative all’introduzione di uno standard di compatibilità ambientale per i prelievi da acque superficiali*” (REGIONE PIEMONTE, 1992); tali “Istruzioni” hanno costituito l’allegato alla L.R. 5/1994 ai sensi dei D.P.R. 8/1972 e 616/1977;
- è stata utilizzata da RISORSE IDRICHE s.r.l. *et al.* (1999) per lo studio sulle “*Aree metropolitane e qualità delle acque: area di Torino*” per il Progetto Speciale 2.2.1 dell’Autorità di Bacino del Fiume Po;
- ha costituito il metodo di riferimento per gli studi riguardanti le “*azioni per la predisposizione di una normativa riguardante il minimo deflusso vitale negli alvei*” di cui al Progetto Speciale PS 2.5 dell’Autorità del Bacino del Po (HYDRODATA, 1998/99) e recentemente riproposto, dalla Regione Piemonte, nell’ambito del Progetto di Piano di Tutela delle Acque in applicazione del D. Lgs. 152/99;
- è stata ampiamente utilizzata per i capitoli dedicati all’idrologia nell’ambito dello studio sulle “*Linee di gestione delle risorse idriche dei principali bacini idrografici affluenti del fiume Po in Provincia di Torino*” (PROVINCIA DI TORINO, 2000);
- è stata ampiamente utilizzata per la redazione delle monografie dei bacini idrografici nell’ambito del Piano di Tutela delle Acque (REGIONE PIEMONTE, 2009);
- viene suggerita, tra le altre metodologie, come adatta per la determinazione della portata media annua quale valore da inserire nella formula relativa al calcolo del DMV dal succitato Regolamento Regionale 8/R recante le: “*disposizioni per la prima attuazione delle norme in materia di deflusso minimo vitale - L.R. 61 del 29/12/2000*” (Bollettino Ufficiale 29 del 19/07/2007).

Il metodo SIMPO permette di determinare i parametri idrologici fondamentali per una data sezione su un corso d’acqua sulla base di quelli principali relativi al bacino sotteso, quali l’afflusso meteorico annuo “A”

[mm], l'area del bacino "S" [km²] e l'altitudine media "H_{med}" [m s.l.m.]³. Per gran parte del reticolo idrografico del bacino del Po (compresa la succitata area idrologica omogenea "7" individuata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po) le formule SIMPO sono le seguenti⁴:

$$Q_{s-med} = - 24,5694 + 0,0086 \cdot H_{med} + 0,03416 \cdot A \quad (1)$$

gennaio	$Q_{m_{s-med}} = 14,16232 - 0,00683 \cdot H_{med} + 0,36918 \cdot Q_{s-med}$
febbraio	$Q_{m_{s-med}} = 16,49263 - 0,00824 \cdot H_{med} + 0,37478 \cdot Q_{s-med}$
marzo	$Q_{m_{s-med}} = 22,74646 - 0,01111 \cdot H_{med} + 0,46902 \cdot Q_{s-med}$
aprile	$Q_{m_{s-med}} = 13,85406 - 0,01101 \cdot H_{med} + 1,15662 \cdot Q_{s-med}$
maggio	$Q_{m_{s-med}} = - 9,83665 + 0,00797 \cdot H_{med} + 1,63288 \cdot Q_{s-med}$
giugno	$Q_{m_{s-med}} = - 34,9228 + 0,02826 \cdot H_{med} + 1,62190 \cdot Q_{s-med}$
luglio	$Q_{m_{s-med}} = - 24,4942 + 0,02066 \cdot H_{med} + 1,04446 \cdot Q_{s-med}$
agosto	$Q_{m_{s-med}} = - 16,0687 + 0,00955 \cdot H_{med} + 0,95881 \cdot Q_{s-med}$
settembre	$Q_{m_{s-med}} = - 13,0179 + 0,00232 \cdot H_{med} + 1,21272 \cdot Q_{s-med}$
ottobre	$Q_{m_{s-med}} = - 4,54832 + 0,00479 \cdot H_{med} + 1,33784 \cdot Q_{s-med}$
novembre	$Q_{m_{s-med}} = 16,50714 - 0,01604 \cdot H_{med} + 1,25843 \cdot Q_{s-med}$
dicembre	$Q_{m_{s-med}} = 18,06197 - 0,01030 \cdot H_{med} + 0,56036 \cdot Q_{s-med}$

$$\begin{aligned}
 Q10_s &= 5,06749 \cdot S^{-0,057871} \cdot Q_{s-med}^{0,965037} \\
 Q91_s &= 1,29772 \cdot S^{0,009539} \cdot Q_{s-med}^{0,976926} \\
 Q182_s &= 0,54425 \cdot S^{0,049132} \cdot Q_{s-med}^{0,980135} \\
 Q274_s &= 0,18670 \cdot S^{0,069105} \cdot Q_{s-med}^{1,108675} \\
 Q355_s &= 0,07560 \cdot S^{0,068232} \cdot Q_{s-med}^{1,234733} \\
 Q355_s &= 0,07560 \cdot S^{0,068232} \cdot Q_{s-med}^{1,234733} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Tenuto conto che l'analisi idrologica, come ovvio e come chiaramente indicato dal succitato D.P.G.R. 10/R/03, costituisce un aspetto fondamentale della relazione tecnica allegata alla richiesta di concessione, è necessario curare al meglio l'attendibilità dei dati di sintesi che si ottengono dalle metodologie per la caratterizzazione idrologica della sezione ove si prevede l'opera di presa e del tratto fluviale sotteso dalla derivazione. Risulta quindi utile esprimere alcune considerazioni circa l'attendibilità dei dati che risultano dall'applicazione del metodo SIMPO.

Tale metodo deriva dall'elaborazione complessa dei dati idrologici rilevati alle stazioni idrometriche che hanno operato nel bacino del Po. Sono quindi risultate le formule succitate (almeno per una data porzione dello stesso bacino del Po). È importante considerare che, in generale, i modelli ricavati per aree molto vaste presentano problemi di varia natura nelle applicazioni su porzioni territoriali più limitate.

SIMPO, per esempio, permette di determinare la portata media annua specifica di durata pari a 355 giorni (Q_{355s}) mediante la formula 2), nella quale compare il termine Q_{s-med} (portata specifica media annua), a sua volta determinata mediante la formula 1). Dal confronto dei valori determinati con le suddette formule con quelli ottenuti tramite misure presso quelle sezioni sul reticolo idrografico piemontese ove hanno funzionato stazioni idrometriche per periodi di osservazione significativi, si è osservato che il metodo SIMPO tende a sovrastimare la q_{355s} nei bacini caratterizzati da elevate potenzialità idriche.

Questa situazione si verifica soprattutto nel Piemonte Nord - orientale, caratterizzato dalle più alte precipitazioni regionali. In tali situazioni l'inserimento nella formula (1) di un elevato valore di afflusso

³ Intesa come altezza del rettangolo equivalente all'area sottesa dalla curva ipsografica del bacino sotteso alla sezione idrologica in studio (STRAHLER, 1952, 1968).

⁴ Le stesse formule si possono applicare considerando, quale afflusso meteorico annuo, quello relativo all'anno idrologico scarso (A_{F80}). Sulla base degli stessi valori dell'altitudine media e della superficie del bacino sotteso, si ottengono i parametri idrologici riferiti ai valori caratterizzati dalla frequenza di superamento pari all'80 %.

meteorico annuo (A) porta, come atteso, ad una portata specifica annua (Q_{s-med}) elevata. Ma ciò non significa che debbano essere proporzionalmente elevate anche le portate di magra (Q_{355_s}), come l'applicazione della formula (2) lascia intendere. Infatti nelle aree caratterizzate da elevate precipitazioni l'apporto di acque meteoriche avviene, nella maggior parte dei casi, nelle situazioni meteorologiche responsabili delle piogge nell'intero settore italiano Nord - occidentale. In tali aree piove di più quando, più o meno, piove in tutta la regione, ma nei periodi di scarse precipitazioni (solitamente nell'inverno, anche per più mesi consecutivi), responsabili delle situazioni di magra, i diversi bacini, indipendentemente dalla loro collocazione geografica regionale, dal punto di vista idrologico, si comportano in modo analogo; o meglio i deflussi sono condizionati soprattutto dai fattori geomorfologici, pedologici e vegetazionali in modo sicuramente diverso a seconda dei bacini, ma in modo simile per quanto riguarda gli afflussi meteorici, in quanto, quasi sempre, scarsi o praticamente nulli in tutto il Piemonte nelle situazioni meteorologiche siccitose. Nella porzione Sud - orientale della nostra regione avviene il contrario: il metodo SIMPO tende ad una sottostima della Q_{355_s} , anche se in modo più contenuto.

In uno studio di FORNERIS *et al.* (2007) si sono considerate le sezioni sul reticolo idrografico del bacino del Po sotteso alla confluenza con la Dora Baltea ove hanno funzionato stazioni idrometriche per periodi di osservazione significativi. Gli Autori hanno messo a confronto i valori specifici annui delle portate medie e di durate caratteristiche ottenuti da misure con quelli determinati con SIMPO. Le medie annue stimate con SIMPO presentano valori intorno al $5 \div 10$ % in più o in meno rispetto a quelli "misurati", con uno scostamento medio di circa il 4 % e con estremi che variano intorno a ± 15 %. In alcuni casi SIMPO si rivela molto affidabile, con rapporti prossimi ad uno tra i valori "stimati" e "misurati" (es. Stura di Demonte, Stura di Lanzo e Dora Riparia a Beaulard). Per quanto attiene le portate di durate caratteristiche risultano scostamenti medi mai superiori al 10 % e con rapporti prossimi ad uno per quelle di durata maggiore (Q_{724_s} e Q_{355_s}). Ma se si esaminano i rapporti relativi alle singole stazioni, risulta una maggiore variabilità rispetto a quanto accade per le portate medie annue.

In un altro studio di MORESCO *et al.* (2012) sull'idrologia del bacino del Sessera si sono effettuate valutazioni analoghe. In particolare sono state esaminate venti stazioni idrometriche tra quelle piemontesi caratterizzate dai più lunghi periodi di osservazione. Gli Autori hanno osservato che la portata specifica media annua (Q_s) calcolata (teorica) con SIMPO è piuttosto vicina a quella (effettiva) ottenuta con le misure (Q_m). Dal calcolo della media dei rapporti $Q_m/Q_s = 0,99$ è risultata la "buona" validità di tale metodo, con una oscillazione compresa entro l'intervallo $0,83 \div 1,12$. Ciò non sorprende; infatti la determinazione della portata media annua, mediante qualunque modello, è relativamente semplice: si potrebbe affermare che si tratta del parametro idrologico più facile da stimare. Nello stesso studio è risultata assai diversa la situazione per lo stesso tipo di rapporto, ma riferito alla portata di magra Q_{355} . Risulta infatti un valore medio pari a 0,72; ciò significa che SIMPO tende ad una sovrastima quasi 1,4 volte la portata reale. Per di più l'ambito di variazione risulta molto pronunciato: $0,35 \div 1,08$. Indicativo è anche il rapporto tra le portate specifiche di durata di 355 giorni e medie annue misurate e calcolate. In altri termini i valori strumentali indicano che la portata di magra è pari a poco meno di un quinto delle medie annue. Con l'applicazione di SIMPO le portate di magra risultano un quarto rispetto alle medie annue.

Quanto sopra per dimostrare che, pur essendo vero che SIMPO è attualmente la metodologia migliore per la caratterizzazione idrologica dei bacini non strumentati, i risultati che si ottengono con la sua applicazione "tal quale" (quindi acritica), vanno considerati con grande cautela e quando possibile, risulta evidente la necessità di introdurre elementi correttivi al fine di ottenere risultati più attendibili dalle elaborazioni.

3 - SIMPO CORRETTO

Analogamente a quanto proposto da FORNERIS *et al.* (2007), da MORESCO *et al.* (2012) e da Perosino (2005) si è ritenuto di individuare dei coefficienti correttivi per le formule SIMPO adatti all'area idrologica omogenea "7" individuata dall'Autorità di Bacino. È importante sottolineare l'omogeneità idrologica di tale area, in quanto i valori dei suddetti coefficienti correttivi devono essere rappresentativi di un'area vasta. Da questo punto di vista essa coincide abbastanza bene con la "Regione idrologicamente omogenea "3" comprendente i bacini alpini del torinese e del cuneese individuata da CLAPS *et al.* (2007) ed è caratterizzata dallo stesso regime pluviometrico e precisamente il tipo sublitoraneo occidentale, secondo la classificazione

del MENNELLA (1967)⁵. Tutti i bacini che ne fanno parte si possono classificare “impermeabili” e presentano un sottosuolo dominato quasi esclusivamente dal tipo geologico cristallino. Sotto il profilo geomorfologico, morfometrico, climatico ed idrologico l’ambito di interesse quasi coincide con la “*sub area di pertinenza alpina occidentale sul versante padano*” (Z1.1) individuata da FORNERIS *et al.* (2005a,b) nell’ambito della divisione del distretto padano-veneto in zone omogenee sotto il profilo geografico-ambientale.

Al fine di considerare un’area un poco più ristretta, ma caratterizzata da maggiore omogeneità sotto il profilo idrologico, si è ritenuto di includere esclusivamente i bacini dominati dal regime nivopluviale, il più diffuso nell’area “7” (fig. 2). Pertanto, nel considerare l’insieme delle stazioni idrometriche, è stata esclusa quella di Crissolo (testata del bacino del Po), in quanto caratterizzata da un regime idrologico di tipo nivoglaciale, raro nell’area considerata.

Sono state escluse le seguenti stazioni: Usseglio sullo Stura di Viù e Limone sul Vermenagna, in quanto con periodi di osservazione inferiori a 20 anni⁶. Sono state escluse le stazioni: Bagni di Vinadio sul rio Bagni, Pietraporzio sul rio del Piz, Entracque sul Gesso di Entracque e S. Lorenzo sul Gesso della Valletta, in quanto con regimi ideologici significativamente alterati per la presenza di opere per la produzione idroelettrica.

Risultano quindi 11 stazioni (tab. 1), tutte con regime idrologico nivopluviale, dominante nell’area considerata, tutte con periodo di osservazione pari o superiore a 20 anni; quattro di esse hanno osservato per periodi compresi nell’intervallo 20 ÷ 25 anni; le altre sette hanno osservato per periodi superiori a 35 anni, anche superiori a 50 anni (Monterosso sul Grana e Lanzo sullo Stura di Lanzo).

Tab. 1 - Parametri descrittivi delle stazioni idrometriche (caratterizzate da regime idrologico nivopluviale) che hanno operato per un periodo di osservazione pari o superiore a N = 20 anni nell’area idrografica 7 (individuata dall’Autorità di Bacino del Fiume Po). Sono escluse le stazioni caratterizzate da regime idrologico nivoglaciale e quelle con regime significativamente alterato a causa degli utilizzi idroelettrici.

Fiume		Stazione	Area bacino [km ²]	Altitudini [m s.l.m.]			Periodo di osservazione [anni]		Portate [m ³ /s]	
				Max	med	sez	Intervallo	N	Max	Min
01	Orco	Pont Canavese	617	3.865	1.930	430	1928÷1943, 1948÷1976	45	1.400	2,50
02	Stura di Lanzo	Lanzo	582	3.632	1.751	447	1939÷1943, 1946÷1980, 2002÷2012	60	1.600	2,70
03	Dora di Bardonecchia	Beaulard	203	3.505	2.150	1.140	1931÷1944, 2002÷2007, 2010÷2012	23	-	-
04	Dora Riparia	Ulzio	262	3.304	2.169	1.071	1927÷1956	30	167	1,30
05	Dora Riparia	S. Antonino	1.048	3.627	1.613	385	1927÷1952	26	190	6,12
06	Chisone	Souchères Basses	94	3.280	2.223	1.460	1959÷1972, 2007÷2012	20	90	0,42
07	Chisone	Fenestrelle	155	3.280	2.169	1.137	1927÷1943, 1946÷1950	23	95	0,53
08	Chisone	S. Martino	581	3.280	1.751	400	1937÷1970, 2003÷2012	44	700	1,59
09	Grana	Monterosso	102	2.647	1.540	710	1934÷1973, 1975÷1978, 2002÷2007, 2009÷2012	54	219	0,36
10	Stura di Demonte	Pianche	181	3.297	2.070	958	1933÷1954	22	123	1,10
11	Stura di Demonte	Gaiola	562	3.297	1.817	644	1935÷1944, 1958÷1965, 2003÷2006, 2008÷2012	27	440	3,20

⁵ Con massimi nelle stagioni intermedie, con quello primaverile nettamente spiccato e due minimi, con quello invernale nettamente inferiore a quello estivo; interessa la parte occidentale del bacino del Po, dal Tanaro al Ticino e ad eccezione della Dora Baltea, della testata di quello della Dora Riparia, delle Alpi Marittime e del Monferrato;

⁶ L’intervallo di N = 25 ÷ 30 anni è quello raccomandato per elaborazioni statistiche di dati idroclimatici (BRUCE, CLARK, 1966; SOKOLOV, CHAPMAN, 1974). Una interpretazione meno restrittiva ha permesso di considerare anche le stazioni di Beaulard (N = 23), Souchères Basses (N = 20), Fenestrelle (N = 23) e Pianche (N = 22).

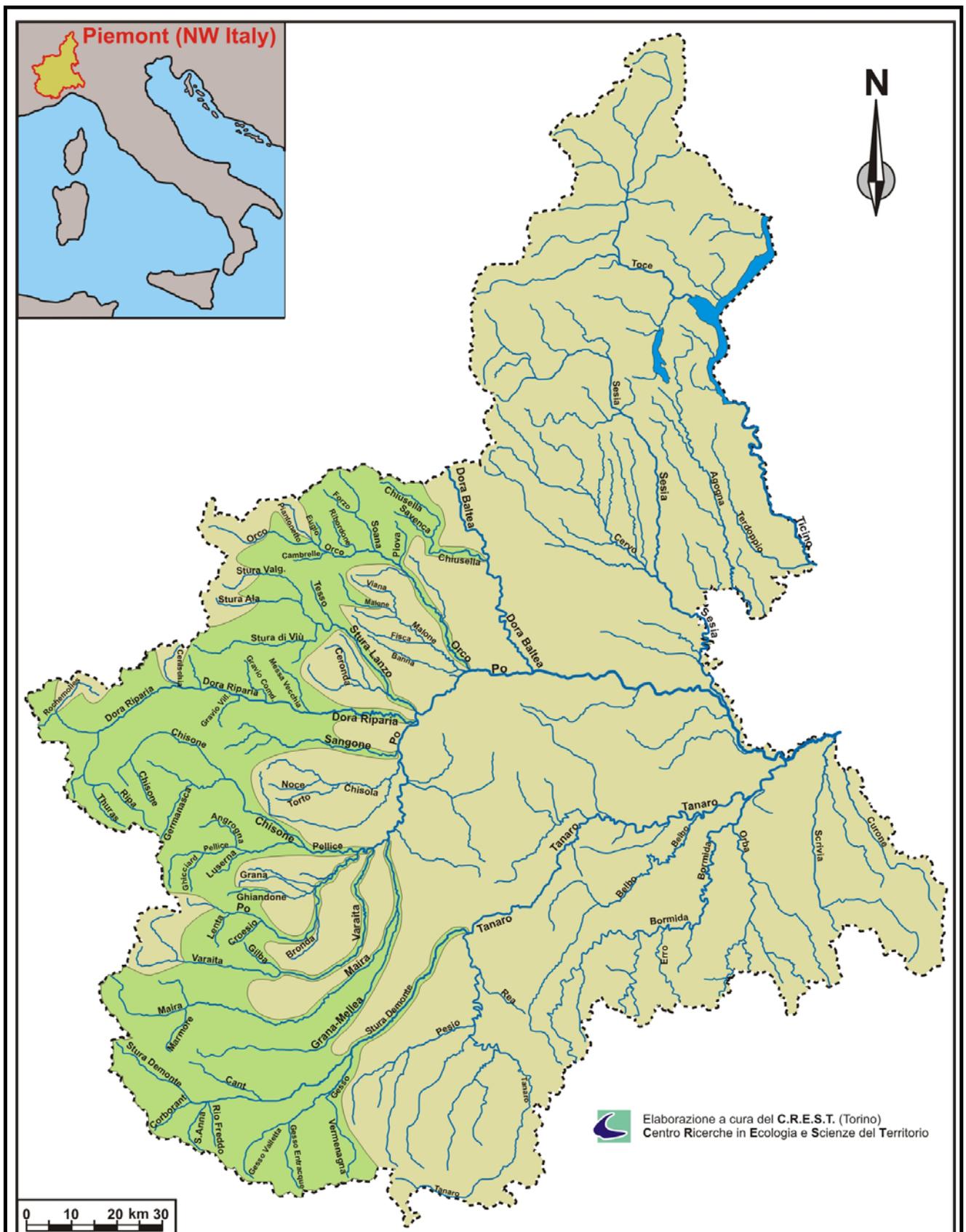


Fig. 2 - Reticolo idrografico del Piemonte. In verde è rappresentata la porzione dell'area idrologica 7, individuata dall'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2004), nella quale sono nettamente prevalenti i regimi idrologici di tipo nivopluviale. L'area di interesse è una porzione significativa dell'area 7 ed in particolare comprende il versante sinistro del Po dal Pellice al Chiusella in provincia di Torino, il bacino del Po sotteso alla sezione di confluenza con il Maira ed i bacini del Varaita, Maira e Stura di Demonte in provincia di Cuneo.

Come illustrato in **fig. 2** sono inoltre esclusi i bacini con altitudine massima inferiore a 1,700 m s.l.m. (limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale secondo DURIO *et al.*, 1982) o con estensione areale al di sopra di tale quota inferiore al 10 % dell'intera superficie dei bacini stessi. Nel dettaglio sono il Gallena (tributario di destra dell'Orco con altitudine massima Hmax = 1.971 m s.l.m., ma con appena l'1 % della sua area sopra i 1.700 m s.l.m.), Malone (Hmax = 2.168 m s.l.m., ma con appena l'1 % della sua area sopra i 1.700 m s.l.m. alla sezione di confluenza con il Po; solo nella testata di bacino, a monte di Levone, risulta intorno al 10 %), Ceronda (Hmax = 1.658 m s.l.m.), Chisola (Hmax = 1.445 m s.l.m.), Grana di Barge (Hmax = 1.601 m s.l.m.), Ghiandone (Hmax = 2.270 m s.l.m., ma con appena l'1 % della sua area sopra i 1.700 m s.l.m. alla chiusura del bacino; solo nella sua testata, a monte di Barge, risulta superiore al 10 %) ed il Bronda (Hmax = 1.165 m s.l.m.). Tali bacini sono caratterizzati da regimi idrologici prevalentemente pluviali.

Sono altresì esclusi i bacini con estensione significativa sopra la quota 3.100 m s.l.m. (limite climatico delle nevi persistenti secondo DURIO *et al.*, 1982); tali bacini sono caratterizzati da regimi idrologici nivoglaciali e che costituiscono una eccezione nell'area considerata. Nel dettaglio sono il Po a Crissolo (Hmax = 3.841 m s.l.m.), il Varaita a Sampeyre (Hmax = 3.841 m s.l.m.), il Rochemolles a Bardonecchia (Hmax = 3.505 m s.l.m.), il Cenischia a Susa (Hmax = 3.538 m s.l.m.), lo Stura di Ala a Balme e lo Stura di Valgrande a Chialamberto (Hmax = 3.676 m s.l.m.), l'Orco a Ceresole (Hmax = 3.777 m s.l.m.), il Piantonetto a Locana (Hmax = 3.692 m s.l.m.).

Le elaborazioni hanno interessato i dati pubblicati sugli *Annali Idrologici* (SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1927 ÷ 1985; SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1980), sui volumi del "Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese" (REGIONE PIEMONTE, 1980) e sul sito web dell'ARPA-Piemonte a partire dall'anno 2002. I risultati sono esposti nella **tab. 2**.

Tab. 2 - Valori medi mensili ed annui degli afflussi meteorici (A) dei deflussi (D), dei coefficienti di deflusso (D/A), delle portate espresse in valori assoluti (Q) e specifici (Qs) e di durata (10 ÷ 355 giorni). Valori specifici (QsS) delle portate ottenute dall'applicazione integrale del SIMPO relativamente alla media annua e dalla applicazione del SIMPO con utilizzo della media annua Qs per la determinazione delle portate mensili e di durata. Rapporti R = Qs/QsS.

		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno						
Orco a Pont Canavese	A	mm	47	64	79	150	165	141	82	106	127	134	129	64	1.288					
	D	mm	34	33	42	88	165	193	118	79	87	95	72	40	1.046					
	D/A		0,71	0,52	0,53	0,59	1,00	1,37	1,44	0,75	0,68	0,71	0,56	0,63	0,81					
	Q	m ³ /s	7,87	7,72	9,78	20,73	38,71	45,32	27,82	18,61	20,39	22,30	16,89	9,42	20,46					
	Qs	L/s/km ²	12,8	12,5	15,9	33,6	62,7	73,5	45,1	30,2	33,1	36,2	27,4	15,3	33,2					
	QsS	L/s/km ²	13,2	13,0	16,2	31,0	59,7	73,4	50,0	34,2	31,7	30,6	27,3	16,8	36,0					
	R		0,96	0,96	0,98	1,08	1,05	1,00	0,90	0,88	1,04	1,18	1,00	0,91	0,92					
	10 giorni				91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni			
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	80,55	130,6	102,5	1,27	23,46	38,0	42,2	0,90	12,48	20,2	23,1	0,88	8,46	13,7	14,1	0,97	4,38	7,1	8,8	0,81
Stura di Lanzo a Lanzo	A	mm	52	60	95	145	188	135	75	98	133	130	121	68	1.302					
	D	mm	28	29	50	96	187	203	111	75	88	89	73	39	1.068					
	D/A		0,54	0,48	0,52	0,66	0,99	1,50	1,48	0,77	0,66	0,68	0,61	0,57	0,79					
	Q	m ³ /s	6,32	6,46	11,09	21,40	41,48	45,20	24,71	16,65	19,49	19,78	16,25	8,59	19,79					
	Qs	L/s/km ²	10,9	11,1	19,1	36,8	71,3	77,7	42,5	28,6	33,5	34,0	27,9	14,8	34,0					
	QsS	L/s/km ²	14,8	14,8	19,2	33,9	59,4	69,7	47,2	33,3	32,3	32,6	31,2	19,1	35,0					
	R		0,74	0,75	0,99	1,08	1,20	1,11	0,90	0,86	1,04	1,04	0,89	0,77	0,97					
	10 giorni				91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni			
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	74,90	128,7	105,4	1,22	23,39	40,2	43,2	0,93	12,10	20,8	23,6	0,88	6,84	11,7	14,5	0,81	4,10	7,0	9,1	0,78

Segue **tab. 2**.

Continua **tab. 2.**

		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno						
Dora di Bardonecchia	A	mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	927						
	D	mm	30	30	38	65	124	151	95	57	52	48	44	35	769					
	D/A		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83					
	Q	m ³ /s	2,33	2,28	2,92	5,06	9,56	11,69	7,34	4,43	3,99	3,72	3,39	2,70	4,95					
	Qs	L/s/km ²	11,5	11,2	14,4	24,9	47,1	57,6	36,1	21,8	19,7	18,3	16,7	13,3	24,4					
	QsS	L/s/km ²	9,1	8,9	10,8	18,4	47,1	65,4	45,4	27,8	21,5	17,8	12,7	10,1	25,6					
	R		1,27	1,27	1,33	1,36	1,00	0,88	0,80	0,78	0,91	1,03	1,31	1,32	0,95					
	10 giorni				91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni			
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	16,12	79,4	81,3	0,98	5,72	28,2	30,9	0,91	3,65	18,0	16,2	1,11	2,56	12,6	9,3	1,36	1,71	8,4	5,6	1,51
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno						
Dora Riparia a Ulizio	A	mm	57	51	68	78	90	66	44	67	92	91	85	62	851					
	D	mm	23	22	27	60	123	151	77	41	39	40	33	25	661					
	D/A		0,40	0,43	0,40	0,77	1,36	2,30	1,75	0,61	0,43	0,44	0,39	0,40	0,78					
	Q	m ³ /s	2,27	2,16	2,67	5,98	12,25	15,09	7,69	4,10	3,88	4,00	3,32	2,50	5,49					
	Qs	L/s/km ²	8,7	8,2	10,2	22,8	46,7	57,6	29,4	15,7	14,8	15,3	12,7	9,5	21,0					
	QsS	L/s/km ²	7,1	6,5	8,5	17,5	41,7	60,4	42,2	24,7	17,4	13,1	9,6	7,5	23,1					
	R		1,22	1,27	1,20	1,30	1,12	0,95	0,70	0,63	0,85	1,16	1,32	1,28	0,91					
	10 giorni				91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni			
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	21,05	80,3	69,2	1,16	6,23	23,8	26,7	0,89	3,38	12,9	14,1	0,92	2,39	9,1	8,0	1,14	1,71	6,5	4,7	1,39
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno						
Dora Riparia a S. Antonino	A	mm	47	40	79	79	108	67	44	66	91	97	85	58	860					
	D	mm	32	30	32	45	88	105	61	37	40	46	43	33	592					
	D/A		0,68	0,75	0,40	0,57	0,82	1,56	1,39	0,56	0,44	0,47	0,50	0,58	0,73					
	Q	m ³ /s	12,20	11,92	12,64	18,10	35,19	41,67	24,51	14,73	15,95	18,21	16,99	13,30	19,62					
	Qs	L/s/km ²	12,10	11,4	12,1	17,3	33,6	39,8	23,4	14,1	15,2	17,4	16,2	12,7	18,8					
	QsS	L/s/km ²	10,1	10,2	12,5	17,1	33,6	41,1	28,4	17,3	14,3	12,8	14,2	12,0	18,7					
	R		1,20	1,11	0,97	1,01	1,00	0,97	0,82	0,81	1,06	1,36	1,14	1,06	1,00					
	10 giorni				91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni			
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	63,36	60,5	57,4	1,05	20,10	19,2	24,3	0,79	14,72	14,0	13,6	1,03	11,92	11,4	7,8	1,46	8,73	8,3	4,5	1,85
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno						
Chisone a Souchères Basses	A	mm	28	42	70	95	92	103	51	67	82	88	129	64	912					
	D	mm	21	19	21	52	176	188	97	47	38	42	33	24	759					
	D/A		0,74	0,46	0,30	0,55	1,91	1,82	1,92	0,70	0,47	0,48	0,26	0,38	0,83					
	Q	m ³ /s	0,75	0,68	0,74	1,87	6,29	6,71	3,49	1,67	1,37	1,51	1,18	0,87	2,26					
	Qs	L/s/km ²	8,0	7,3	7,9	19,9	66,9	71,4	37,1	17,8	14,6	16,1	12,6	9,2	24,1					
	QsS	L/s/km ²	7,9	7,2	8,0	17,2	51,5	66,9	46,6	28,2	20,7	17,0	11,1	8,6	25,7					
	R		1,02	1,01	0,99	1,16	1,30	1,07	0,80	0,63	0,71	0,95	1,13	1,07	0,94					
	10 giorni				91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni			
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	9,41	100,1	83,9	1,19	2,61	27,7	30,3	0,92	1,26	13,4	15,4	0,87	0,78	8,3	8,7	0,95	0,50	5,3	5,2	1,02

Segue **tab. 2.**

		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno						
Chisone a Fenestrelle	A	mm	44	36	63	89	155	71	46	70	105	88	88	54	910					
	D	mm	21	19	21	44	125	157	86	42	40	41	32	24	651					
	D/A		0,46	0,52	0,33	0,50	0,81	2,21	1,85	0,60	0,38	0,46	0,36	0,43	0,72					
	Q	m ³ /s	1,21	1,10	1,24	2,60	7,39	9,28	5,05	2,49	2,37	2,40	1,89	1,39	3,20					
	Qs	L/s/km ²	7,8	7,1	8,0	16,8	47,6	59,9	32,6	16,1	15,3	15,5	12,2	9,0	20,64					
	QsS	L/s/km ²	7,0	6,4	8,0	13,9	41,2	59,9	41,9	24,4	17,1	12,7	8,9	7,3	25,2					
	R		1,12	1,11	1,00	1,21	1,16	1,00	0,78	0,66	0,90	1,22	1,37	1,23	0,82					
	10 giorni			91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni				
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	12,83	82,8	70,3	1,18	3,49	22,5	26,2	0,86	1,86	12,0	13,6	0,88	1,23	7,9	7,6	1,04	0,68	4,4	4,5	0,97
Chisone a S. Martino	A	mm	38	38	71	120	142	107	48	68	106	118	107	61	1.024					
	D	mm	22	21	31	71	146	146	58	30	39	52	53	31	698					
	D/A		0,58	0,54	0,44	0,59	1,03	1,36	1,22	0,44	0,37	0,44	0,49	0,50	0,68					
	Q	m ³ /s	4,79	4,56	6,84	15,60	32,32	32,20	12,80	6,59	8,58	11,47	11,70	6,78	12,85					
	Qs	L/s/km ²	8,2	7,8	11,8	26,8	55,6	55,4	22,0	11,3	14,8	19,7	20,1	11,7	22,1					
	QsS	L/s/km ²	9,0	8,6	12,0	20,2	42	50,4	34,8	18,5	17,9	16,7	16,3	12,4	25,5					
	R		0,92	0,91	0,98	1,33	1,32	1,10	0,63	0,61	0,83	1,19	1,24	0,94	0,87					
	10 giorni			91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni				
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	51,64	88,9	69,6	1,28	14,73	25,3	28,4	0,89	7,18	12,4	15,5	0,80	4,56	7,8	9,0	0,87	2,86	4,9	5,3	0,92
Grana a Monterosso	A	mm	62	65	94	121	149	108	60	76	96	132	112	78	1.153					
	D	mm	28	29	61	133	188	117	48	30	40	63	64	37	839					
	D/A		0,45	0,45	0,65	1,10	1,26	1,08	0,81	0,39	0,42	0,48	0,57	0,48	0,73					
	Q	m ³ /s	1,08	1,14	2,37	5,18	7,30	4,53	1,87	1,16	1,56	2,43	2,48	1,45	2,71					
	Qs	L/s/km ²	10,6	11,2	23,2	50,8	71,6	44,4	18,3	11,4	15,3	23,9	24,4	14,2	26,6					
	QsS	L/s/km ²	13,5	13,8	18,1	27,7	45,9	51,7	35,1	24,1	22,8	23,7	25,3	17,1	28,1					
	R		0,79	0,81	1,28	1,84	1,56	0,86	0,52	0,47	0,67	1,01	0,96	0,83	0,95					
	10 giorni			91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni				
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	10,41	102,1	92,0	1,11	3,32	32,5	33,5	0,97	1,52	14,9	17,0	0,87	0,98	9,6	9,8	0,98	0,60	5,9	6,0	1,00
Stura di Demonte a Pianche	A	mm	79	71	97	91	125	76	48	82	97	126	124	93	1.111					
	D	mm	35	34	41	90	171	172	102	60	53	64	71	40	932					
	D/A		0,44	0,48	0,42	0,99	1,36	2,25	2,13	0,73	0,55	0,51	0,57	0,43	0,84					
	Q	m ³ /s	2,40	2,35	2,80	6,19	11,78	11,82	7,02	4,12	3,68	4,43	4,87	2,73	5,35					
	Qs	L/s/km ²	13,3	13,0	15,5	34,2	65,1	65,3	38,8	22,8	20,3	24,5	26,9	15,1	29,6					
	QsS	L/s/km ²	10,9	10,5	13,6	25,2	54,9	71,5	49,1	32,0	27,6	25,1	20,5	13,3	31,2					
	R		1,21	1,23	1,14	1,36	1,19	0,91	0,79	0,71	0,74	0,98	1,31	1,13	0,95					
	10 giorni			91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni				
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	17,80	98,3	103,7	0,95	6,23	34,4	39,3	0,88	3,60	19,9	20,5	0,97	2,55	14,1	12,1	1,16	1,71	9,4	7,5	1,25

		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno						
Stura di Demonte a Gaioia	A	mm	64	63	93	131	123	93	52	66	116	153	144	107	1.206					
	D	mm	41	38	52	102	182	183	95	57	61	74	78	52	1.014					
	D/A		0,63	0,59	0,56	0,78	1,48	1,96	1,81	0,86	0,53	0,49	0,54	0,49	0,84					
	Q	m ³ /s	8,66	8,04	11,07	21,85	38,90	39,22	20,26	12,20	13,13	15,85	16,59	11,09	18,07					
	Qs	L/s/km ²	15,4	14,3	19,7	38,9	69,2	69,8	36,1	21,7	23,4	28,2	29,5	19,7	32,2					
	QsS	L/s/km ²	13,6	13,6	17,6	31,0	57,1	68,6	46,6	32,1	30,2	29,8	27,8	17,4	32,3					
	R		1,13	1,05	1,12	1,25	1,21	1,02	0,77	0,68	0,77	0,95	1,06	1,14	0,99					
	10 giorni			91 giorni				182 giorni				274 giorni				355 giorni				
	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R	Q	Qs	QsS	R
	56,89	101,2	100,0	1,01	22,66	40,3	40,9	0,99	12,69	22,6	22,3	1,01	8,98	16,0	13,6	1,18	6,20	11,0	8,5	1,30

Per ogni stazione è stato applicato SIMPO considerando i parametri dell'altitudine media " H_{med} " [m s.l.m.], della superficie di bacino " S " [km²] e dell'afflusso meteorico medio annuo " A " [mm] indicati nelle **tabb. 1** e **2**. Si sono quindi ottenute le portate medie annue specifiche da modello SIMPO " Q_{med-ss} " [L/s/km²] che sono state confrontate con quelle medie ottenute dalle misure alle stazioni idrometriche " Q_{med-s} " mediante il rapporto $R = Q_{med-s}/Q_{med-ss}$. Risulta una certa omogeneità di comportamento. Tale rapporto è infatti risultato pari ad 1 per la stazione di S. Antonino sulla Dora Riparia, mentre per tutte le altre 10 stazioni è sempre risultato inferiore e precisamente:

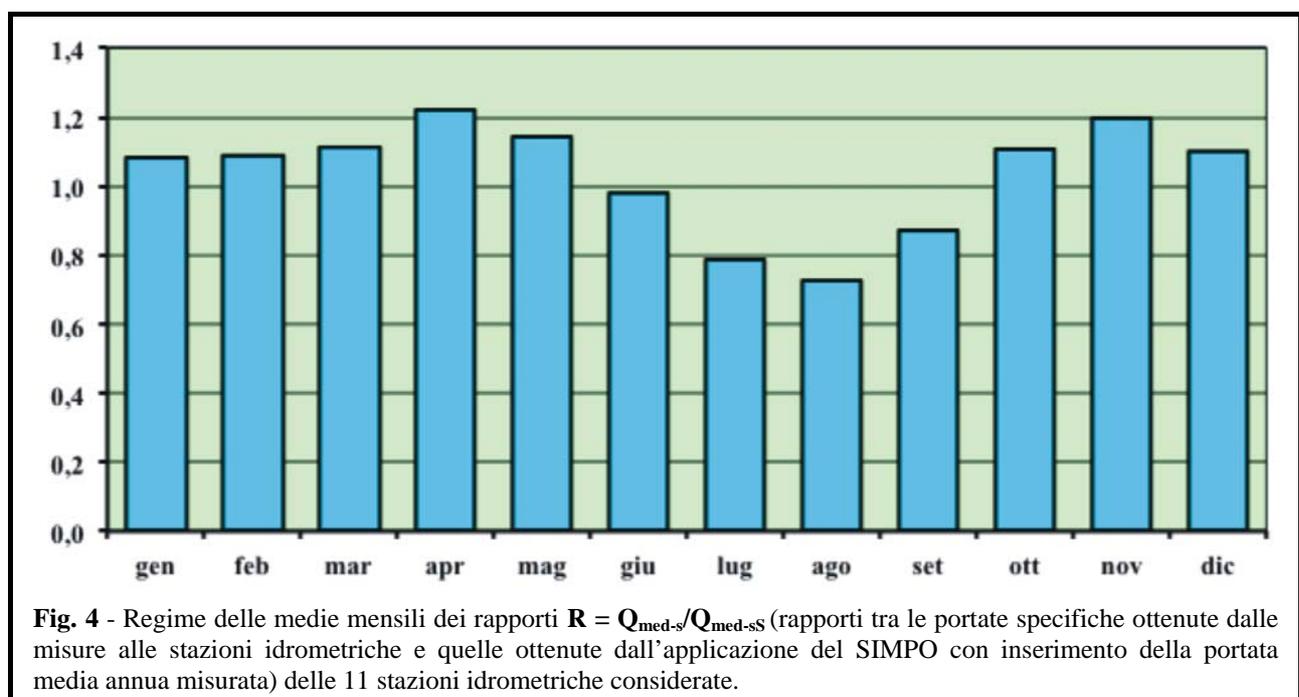
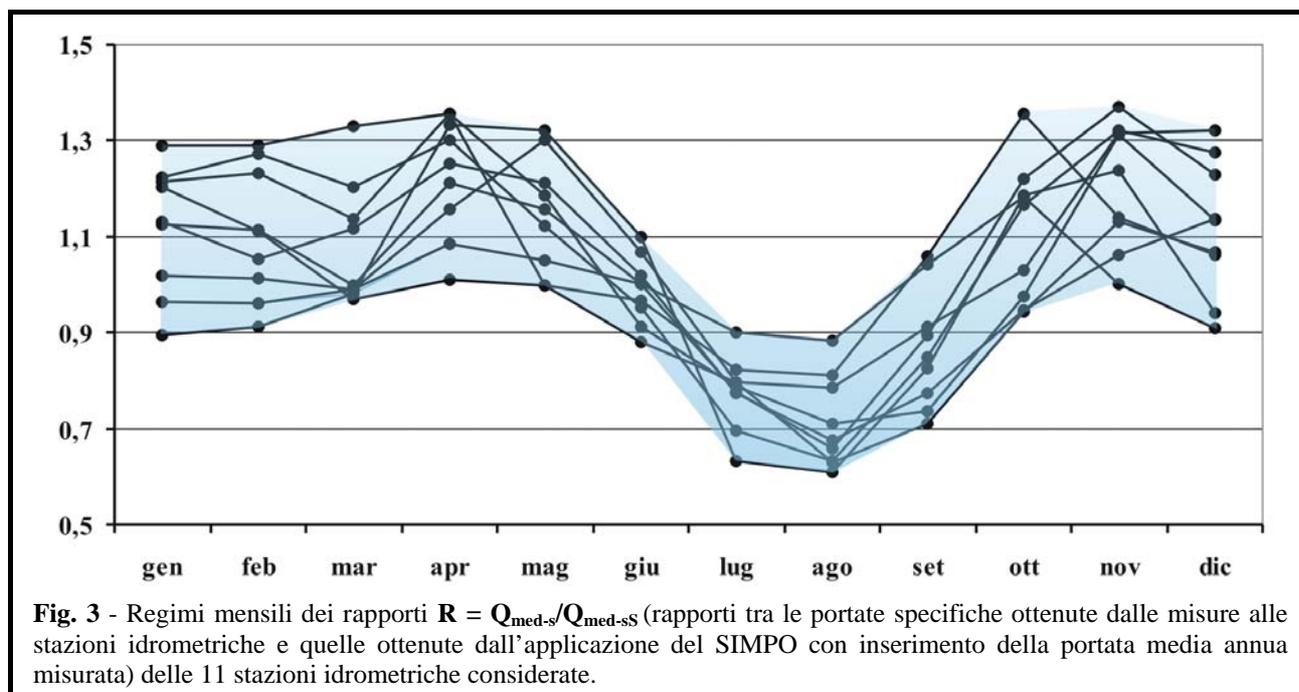
- **media dei rapporti $R = Q_{med-s}/Q_{med-ss}$ pari a 0,93** (calcolata sulla base dei valori delle 11 stazioni considerate);
- massimo dei rapporti Q_{med-s}/Q_{med-ss} pari a 1,00 (Dora Riparia a S. Antonino);
- minimo dei rapporti Q_{med-s}/Q_{med-ss} pari a 0,82 (Chisone a Fenestrelle);
- deviazione standard dei rapporti Q_{med-s}/Q_{med-ss} pari a 5,6 %.

Ad esclusione della stazione di Fenestrelle sul Chisone, caratterizzata da un rapporto $Q_{med-s}/Q_{med-ss} = 0,82$ relativamente basso, per quasi tutte le stazioni il metodo SIMPO sembra comportare una sovrastima della portata specifica media annua contenuta entro il 10 %, con una media pari a **0,93**, valore che si propone di inserire come fattore correttivo della formula di calcolo della portata media annua stessa.

Allo stesso modo si è proceduto per le portate mensili, ma inserendo nelle formule di calcolo il valore della portata media annua specifica ottenuta dalle misure idrometriche (Q_{med-s}). I risultati sono esposti nella succitata **tab. 2** e riproposti, in modo sintetico, nella **tab. 3** e nelle **figg. 3** e **4**.

Tab. 3 - Rapporti mensili $R = Q_{med-s}/Q_{med-ss}$ (rapporti tra le portate specifiche ottenute dalle misure alle stazioni idrometriche e quelle ottenute dall'applicazione del SIMPO con inserimento della portata media annua misurata). Valori medi, massimi e minimi e deviazione standard percentuale per 11 stazioni considerate.													
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
Medie	1,11	1,10	1,08	1,23	1,14	0,98	0,79	0,73	0,87	1,11	1,20	1,10	
Massimo	1,29	1,29	1,33	1,36	1,32	1,10	0,90	0,88	1,06	1,36	1,37	1,32	
Minimo	0,90	0,91	0,96	1,01	1,00	0,88	0,63	0,61	0,71	0,95	1,00	0,91	
Dev. St. %	12	12	11	10	10	7	10	14	15	12	11	13	

Anche per le portate mensili si osserva un comportamento omogeneo nell'area considerata. Per tutte le stazioni il rapporto R risulta più elevato in primavera, con picchi soprattutto in aprile. leggermente più accentuati risultano i valori autunnali con massimi in ottobre o novembre. Per tutte le stazioni risultano evidenti sottostime del SIMPO nella stagione estiva, soprattutto nei mesi di luglio e agosto (**fig. 3**). I valori medi, quelli che si propongono come fattori correttivi delle formule per il calcolo delle portate mensili, seguono un andamento ben distribuito (**fig. 4**) con due massimi (intorno a $R = 1,2$), quasi equivalenti, in aprile ed in novembre, un minimo poco accentuato in dicembre (1,10) ed un altro minimo, molto pronunciato in agosto ($R = 0,73$).



Per le portate di durata si è proceduto in modo analogo a quanto effettuato per quelle mensili. I risultati sono esposti in **tab. 4**. SIMPO dimostra un comportamento relativamente omogeneo per le portate di durata che stanno intorno alla media annua e precisamente quelle di 91 e 182 giorni. Per le prime il rapporto “R” è risultato sempre inferiore ad uno per tutte le 11 stazioni considerate. Per le seconde solo due casi sono risultati con R superiore ad uno, seppure di molto poco (1,01 per lo Stura di Demonte a Gaiola ed 1,03 per la Dora Riparia a S. Antonino). Le deviazioni standard % risultano rispettivamente pari a 5,9 % e 7,6 %, valori vicini, o poco superiori, a quello riscontrato per la media annua (5,6 %).

Risulta una maggiore variabilità per le portate di 10 giorni; infatti anche se risultano solo due casi con valori $R < 1$ (seppure di poco, con 0,98 per la Dora di Bardonecchia e con 0,95 per lo Stura di Demonte a Pianche) il valore della deviazione standard supera il 10 %.

Più problematica è la determinazione delle portate di maggiore durata, con numeri di casi con $R > 1$ e con $R < 1$ più o meno equivalenti; soprattutto risultano valori elevati della deviazione standard con oltre il 18 %

per le portate di 274 giorni e ben il 28 % per quelle di 355 giorni. In buona sostanza il SIMPO mostra limiti piuttosto evidenti soprattutto per la determinazione delle portate di magra.

Tab. 4 - Rapporti per le portate medie di durata caratteristica $R = Q_{med-s}/Q_{med-sS}$ (rapporti tra le portate specifiche ottenute dalle misure alle stazioni idrometriche e quelle ottenute dall'applicazione del SIMPO con inserimento della portata media annua misurata). Valori medi, massimi e minimi e deviazione standard percentuale per 11 stazioni considerate.					
	10 giorni	91 giorni	182 giorni	274 giorni	355 giorni
Medie	1,13	0,90	0,91	1,08	1,16
Massimo	1,28	0,99	1,03	1,46	1,85
Minimo	0,95	0,79	0,80	0,81	0,78
Dev. St. %	10,3	5,9	7,6	18,3	28,4

4 - SINTESI DELLA PROCEDURA DI CORREZIONE DEL SIMPO

La procedura di inserimento di fattori correttivi nelle formule SIMPO qui proposta vale per la porzione territoriale rappresentata in **fig. 2**, facente parte dell'area idrologica omogenea "7" individuata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. Si parte dalla determinazione dei tre parametri fondamentali per la normale applicazione del SIMPO e precisamente:

- superficie del bacino sotteso alla sezione fluviale di interesse "S" [km²];
- altitudine media del bacino " H_{med} " [m s.l.m.];
- afflusso meteorico medio annuo rappresentativo del bacino "A" [mm].

Il valore dell'afflusso "A" può essere stimato sulla base della cartografia tematica cartografia di piano A2.12 ("*regolazione del deflusso minimo vitale*" - REGIONE PIEMONTE, 2009), ma anche confrontando le carte regionali delle isoiete proposte in studi pregressi quali, per esempio, la "*distribuzione regionale di piogge e temperatura*" della REGIONE PIEMONTE (1998) o quella allegata alla nuova carta ittica della REGIONE PIEMONTE (in prep.) a cura degli Assessorati Tutela della Fauna e della Flora e Tutela e Gestione delle Risorse Idriche della Regione Piemonte ed in collaborazione con l'Università di Torino (**fig. 5**).

La portata specifica media annua " $Q_{c-s-med}$ " [L/s/km²] viene quindi determinata con la seguente formula corretta mediante il fattore "0,93" succitato:

$$Q_{c-s-med} = (- 24,5694 + 0,0086 \cdot H_{med} + 0,03416 \cdot A) \cdot 0,93$$

Le portate medie mensili specifiche " $Q_{cm-s-med}$ " [L/s/km²] vengono determinate con le seguenti formule corrette:

gennaio	$Q_{m-s-med} = (14,16232 - 0,00683 \cdot H_{med} + 0,36918 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,11$
febbraio	$Q_{m-s-med} = (16,49263 - 0,00824 \cdot H_{med} + 0,37478 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,10$
marzo	$Q_{m-s-med} = (22,74646 - 0,01111 \cdot H_{med} + 0,46902 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,08$
aprile	$Q_{m-s-med} = (13,85406 - 0,01101 \cdot H_{med} + 1,15662 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,23$
maggio	$Q_{m-s-med} = (- 9,83665 + 0,00797 \cdot H_{med} + 1,63288 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,14$
giugno	$Q_{m-s-med} = (- 34,9228 + 0,02826 \cdot H_{med} + 1,62190 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 0,98$
luglio	$Q_{m-s-med} = (- 24,4942 + 0,02066 \cdot H_{med} + 1,04446 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 0,79$
agosto	$Q_{m-s-med} = (- 16,0687 + 0,00955 \cdot H_{med} + 0,95881 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 0,73$
settembre	$Q_{m-s-med} = (- 13,0179 + 0,00232 \cdot H_{med} + 1,21272 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 0,87$
ottobre	$Q_{m-s-med} = (- 4,54832 + 0,00479 \cdot H_{med} + 1,33784 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,11$
novembre	$Q_{m-s-med} = (16,50714 - 0,01604 \cdot H_{med} + 1,25843 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,20$
dicembre	$Q_{m-s-med} = (18,06197 - 0,01030 \cdot H_{med} + 0,56036 \cdot Q_{c-s-med}) \cdot 1,10$

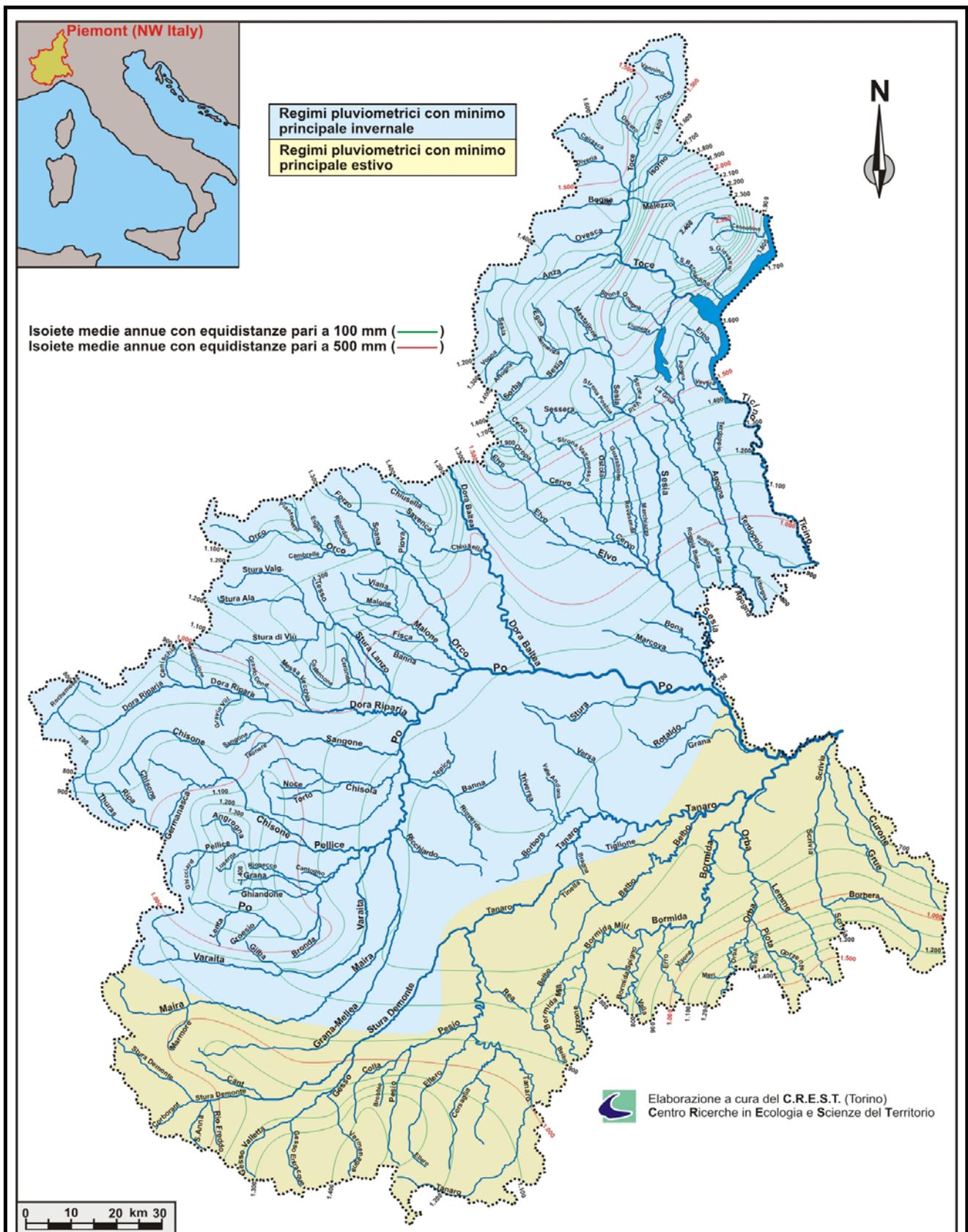


Fig. 2.7 - Rappresentazione delle **precipitazioni medie annue** [mm] del Piemonte mediante le **isoiete** (linee con uguale precipitazione). Nella porzione Sud-orientale della regione il minimo pluviometrico si manifesta in estate, in coincidenza con il massimo del regime termico. È una condizione responsabile, soprattutto in pianura, di pronunciati deficit idrici. Al contrario, nel resto del Piemonte, il minimo pluviometrico si manifesta nell'inverno, quando minori o nulli sono i processi di evapotraspirazione che sottraggono acqua ai deflussi.

Occorre precisare che l’inserimento dei fattori di correzione nelle formule per il calcolo delle portate specifiche medie mensili potrebbe portare a risultati la cui media potrebbe risultare leggermente diversa dalla “ $Q_{c-s-med}$ ”. Conviene pertanto determinare le distribuzioni percentuali delle portate mensili e quindi rapportarle alla “ $Q_{c-s-med}$ ” stessa.

Infine, per quanto riguarda le portate medie specifiche di durata caratteristica “ $Q_{10\div355c_s}$ ” [L/s/km²] si propongono le seguenti formule corrette:

$$Q_{c10_s} = (5,06749 \cdot S^{-0,057871} \cdot Q_{c-s-med}^{0,965037}) \cdot \mathbf{1,13}$$

$$Q_{c91_s} = (1,29772 \cdot S^{0,009539} \cdot Q_{c-s-med}^{0,976926}) \cdot \mathbf{0,90}$$

$$Q_{c182_s} = (0,54425 \cdot S^{0,049132} \cdot Q_{c-s-med}^{0,980135}) \cdot \mathbf{0,91}$$

$$Q_{c274_s} = (0,18670 \cdot S^{0,069105} \cdot Q_{c-s-med}^{1,108675}) \cdot \mathbf{1,08}$$

$$Q_{c355_s} = (0,07560 \cdot S^{0,068232} \cdot Q_{c-s-med}^{1,234733}) \cdot \mathbf{1,16}$$

Allegato al presente testo è un file excel “applicazione.xls” per il calcolo delle portate medie annua, mensili e di durata mediante il SIMPO corretto come sopra descritto.

N.B. Il metodo è ritenuto applicabile per i corsi d’acqua caratterizzati da regime idrologico nivopluviale e quindi esclusivamente per l’area indicata in fig. 2 con le esclusioni indicate nel testo. Ciò significa esclusione delle situazioni con $H_{med} < 950$ m s.l.m. rispetto alle quali il modello fornisce risultati privi di coerenza.

Esempio applicativo

Bacino del Bedale sotteso alla confluenza con il Grana (Monterosso - Cn)

$H_{max} = 2.357$ m s.l.m.

% area bacino superiore a 1.700 m s.l.m. = 18 %

$S = 25,4$ km²

$H_{med} = 1.406$ m s.l.m.

$H_{sez} = 840$ m s.l.m.

$A = 1.250$ mm

Torrente Bedale a Monterosso															
Portate medie mensili ed annua															
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno	
QcS	L/s/km ²	16,1	16,5	21,3	36,8	52,2	47,9	26,0	17,2	20,5	28,3	34,1	20,6	28,1	
Qc	L/s	408	418	540	935	1.326	1.215	659	437	521	719	866	523	714	
Portate medie di durata caratteristica															
		10 giorni			91 giorni			182 giorni			274 giorni			355 giorni	
QcS	L/s/km ²	118,8			31,3			15,3			10,2			6,7	
Qc	L/s	3.017			796			388			259			171	

Esempio applicativo

Bacino del Pellice a Villanova (Bobbio Pellice - To)

$H_{max} = 3.171$ m s.l.m.

% area bacino superiore a 1.700 m s.l.m. = 96 %

$S = 26,8 \text{ km}^2$
 $H_{\text{med}} = 2.213 \text{ m s.l.m.}$
 $H_{\text{sez}} = 1.310 \text{ m s.l.m.}$
 $A = 975 \text{ mm}$

Torrente Pellice a Villanova															
Portate medie mensili ed annua															
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno	
QcS	$L/s/km^2$	9,6	8,8	11,2	24,0	57,5	68,8	38,4	22,0	20,6	21,7	16,4	10,8	25,8	
Qc	L/s	258	236	300	644	1.541	1.843	1.030	589	552	583	439	290	692	
Portate medie di durata caratteristica															
		10 giorni			91 giorni			182 giorni			274 giorni			355 giorni	
QcS	$L/s/km^2$	109,1			28,9			14,1			9,3			6,1	
Qc	L/s	2.924			774			378			249			163	

Esempio applicativo

Bacino del Chiusella a Ponte dei Preti (Strambinello - To)

$H_{\text{max}} = 2.820 \text{ m s.l.m.}$
 % area bacino superiore a 1.700 m s.l.m. = 31 %
 $S = 145 \text{ km}^2$
 $H_{\text{med}} = 1.350 \text{ m s.l.m.}$
 $H_{\text{sez}} = 290 \text{ m s.l.m.}$
 $A = 1.300 \text{ mm}$

Torrente Chiusella a Ponte dei Preti															
Portate medie mensili ed annua															
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno	
QcS	$L/s/km^2$	17,7	18,2	23,5	41,2	55,2	48,4	26,0	18,0	22,6	32,1	39,3	23,1	30,4	
Qc	L/s	2.564	2.644	3.410	5.976	8.007	7.014	3.773	2.606	3.274	4.648	5.699	3.342	4.413	
Portate medie di durata caratteristica															
		10 giorni			91 giorni			182 giorni			274 giorni			355 giorni	
QcS	$L/s/km^2$	116,0			34,5			18,0			12,5			8,4	
Qc	L/s	16.814			4.995			2.608			1.819			1.212	

Esempio applicativo

Bacino dello Scaglione (Meana di Susa - To)

$H_{\text{max}} = 2.886 \text{ m s.l.m.}$
 % area bacino superiore a 1.700 m s.l.m. = 57 %
 $S = 22,9 \text{ km}^2$
 $H_{\text{med}} = 1.750 \text{ m s.l.m.}$
 $H_{\text{sez}} = 580 \text{ m s.l.m.}$
 $A = 820 \text{ mm}$

Torrente Scaglione a Meana di Susa														
Portate medie mensili ed annua														
		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
QcS	L/s/km ²	9,5	9,3	12,2	17,7	36,5	41,4	23,3	12,4	10,3	11,1	12,0	10,6	17,2
Qc	L/s	216	213	280	406	836	947	533	285	236	255	276	242	394
Portate medie di durata caratteristica														
		10 giorni		91 giorni		182 giorni		274 giorni		355 giorni				
QcS	L/s/km ²	74,4		19,4		9,4		5,9		3,6				
Qc	L/s	1.703		444		215		134		83				

5 - AUTORI CITATI

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2004. *Criteria di regolazione delle portate in alveo*. Allegato B della deliberazione n. 7 del Comitato Istituzionale del 3 marzo 2004 (Progetto Speciale PS 2.5 - Piano Stralcio sul Deflusso Minimo Vitale). Parma

BRUCE J.P., CLARK R.H., 1966. *Introduction to hydrometeorology*. Pèrgamon Press, Toronto.

CLAPS P., LAIO F., VIGLIONE A., 2007. *Valutazione delle risorse idriche utilizzabili per obiettivi multipli attraverso la realizzazione di alcuni grandi invasi artificiali in Piemonte*. Bando sulla ricerca scientifica applicata CIPE 2003. Dipartimento di Idraulica del Politecnico di Torino.

DURIO P., MORI D., PEROSINO G.C., 1982. *Le variazioni climatiche, le glaciazioni, la morfogenesi glaciale (particolari riferimenti al Piemonte ed alla Valle d'Aosta)*. Laboratorio della Riforma (Ce.Se.Di.). Assessorato alla Cultura della Provincia di Torino.

FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2005a. *Proposta di indice ittico (I.I.) per il bacino occidentale del Po e prime applicazioni in Piemonte*. Riv. Piem. St. Nat., XXVI: 3 - 39. Carmagnola (To).

FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2005b. *Materiali e metodi per i campionamenti e monitoraggi dell'ittiofauna. Determinazione della qualità delle comunità ittiche: l'indice ittico nel bacino occidentale del Po*. Digital Print., Torino.

FORNERIS G., MORESCO I., PASCALE M., PEROSINO G.C., ZACCARA P., 2007. *Metodi di studio di compatibilità/impatto ambientale relativi agli impianti di derivazione idrica dei corsi d'acqua del bacino del Po*. Centro Regionale per la Tutela della Biodiversità degli Ambienti Acquatici. Ente di gestione del Parco Regionale dei Laghi di Avigliana.

HYDRODATA, 1999. *Progetto speciale 2.5. Azioni per la predisposizione di una normativa riguardante il minimo deflusso vitale negli alvei*. Autorità Di Bacino del Fiume Po. Parma.

MENNELLA C., 1967. *Il clima d'Italia nelle sue caratteristiche e quale fattore dinamico del paesaggio*. EDART, Napoli.

MORESCO I., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2012. *Ecosistema fluviale del Sessera (valutazione inerente un progetto di impianto idroelettrico nel territorio di Prat - Biella)*. C.R.E.S.T. - Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del territorio, Torino.

PEROSINO G.C., 2005. *Idrologia dello Stura di Lanzo a Lanzo*. Riv. Piem. St. Nat., XXVII: 3 - 20. Carmagnola (To).

PROVINCIA DI TORINO, 2000. *Linee di gestione delle risorse idriche dei principali bacini idrografici affluenti del fiume Po in Provincia di Torino*. Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna. Servizio Gestione delle Risorse Idriche dell'Amministrazione Provinciale di Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1980. *Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese*. Assessorato Tutela Ambiente. Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1989. *Indagine conoscitiva e progetto generale di fattibilità per un sistema di monitoraggio idrometrico inerente il reticolo idrografico superficiale piemontese*. ENEL - CRIS - Mestre/YDRODATA (Torino); Assessorato Tutela Ambiente. Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1992. *Istruzioni integrative per l'applicazione del DMV - deflusso minimo vitale in un corso d'acqua naturale - e relative all'introduzione di uno standard di compatibilità ambientale per i prelievi da acque superficiali*. Settore Pianificazione e Gestione delle Risorse Idriche. Assessorato all'Ambiente. Torino.

REGIONE PIEMONTE, 1998. *Distribuzione regionale di piogge e temperature*. Settore Meteorografico e Reti di Monitoraggio. Torino.

- REGIONE PIEMONTE, 2009. *Tutela delle acque: istruzioni per l'uso*. Direzione Regionale 10 (Ambiente). Settore "tutela quantitativa e qualitativa delle acque". Torino.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1927 ÷ 1985. *Annali idrologici*. Ministero dei Lavori Pubblici. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1980. *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*. Ministero dei Lavori Pubblici. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- SIMPO S.p.A., 1980. *Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po, dalle sorgenti alla foce, finalizzata alla difesa ed alla conservazione del suolo e nella utilizzazione delle risorse idriche*. Magistrato del Po. Parma.
- SOKOLOV A.A., CHAPMAN T.G., 1974. *Methods for water balance computations*. Unesco Press, Parigi.
- STRAHLER A.N., 1952. *Hypsometric (area - altitudine) analysis of erosional topography*. Bull. Geol. Soc. Am., 63: 1111 - 1142.
- STRAHLER A.N., 1968. *Physical Geography*. J. Wiley & Sons. Inc., New York.