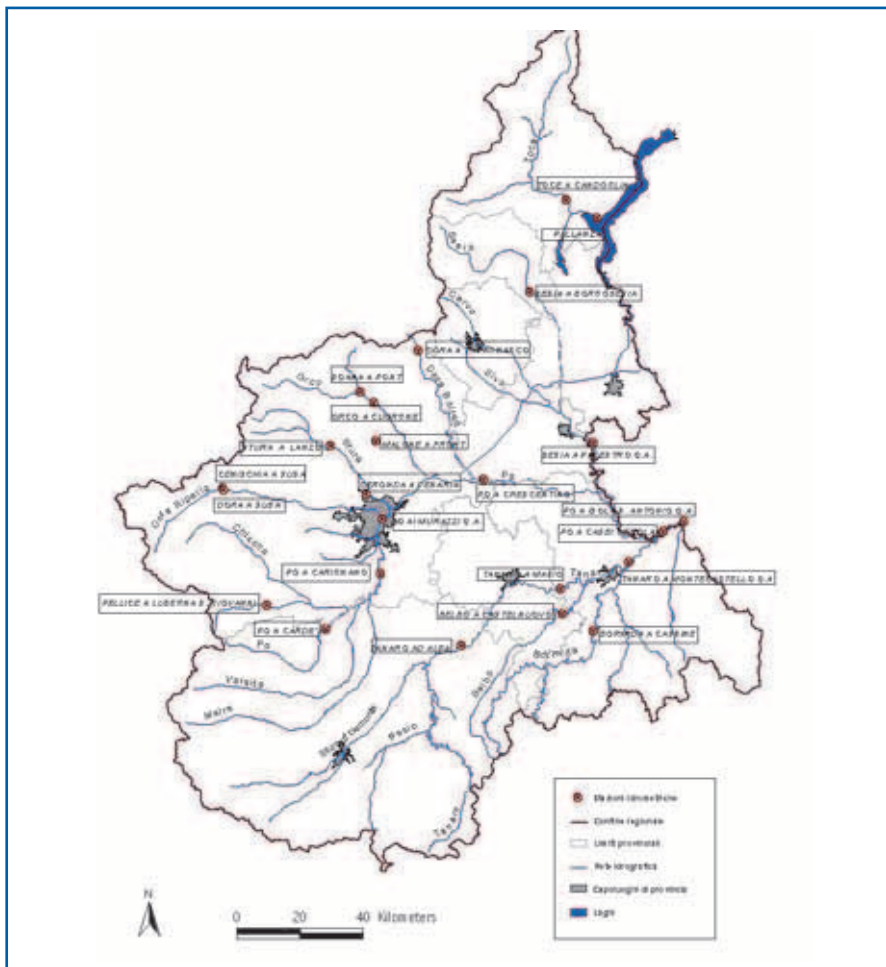


## ◆ 1.4 ANALISI IDROMETRICA

Secondo Barbero, Mariella Graziadei (\*\*), Davide Rabuffetti (\*\*),  
(\*\*) Collaboratore esterno CSI Piemonte

### 1.4.1 INTRODUZIONE

L'intensità, la persistenza e l'ampia distribuzione spaziale delle precipitazioni hanno generato significative onde di piena sui principali corsi d'acqua del reticolo idrografico piemontese, che hanno raggiunto carattere di eccezionalità in tutto il settore settentrionale del bacino del Po, interessando tutti gli affluenti di sinistra sino al Ticino. Vengono evidenziati di seguito i dati di maggior interesse acquisiti dalla strumentazione idrometrica della regione Piemonte, integrata con la rete nazionale del Servizio Idrografico e Mareografico, disponibile in tempo reale ai sensi del protocollo d'intesa tra Regione Piemonte e Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali del 24/4/1996.



**Figura 1.39** ◆  
Rete idrografica con l'ubicazione delle stazioni idrometriche

Nel successivo capitolo l'eccezionalità dell'evento sarà evidenziata dal confronto con gli eventi storici. Nella **Figura 1.39** ◆ è rappresentato lo sviluppo della rete idrografica piemontese, con l'ubicazione delle stazioni di misura disponibili in tempo reale durante l'evento.

## 1.4.2 L'EVENTO DI PIENA LUNGO LA RETE IDROGRAFICA PRINCIPALE

L'evento alluvionale appare eccezionale sull'intera asta del Po. A Carignano, grazie ai contributi della parte montana del Po, del Pellice e del Chisone, la portata ha superato i 2000 m<sup>3</sup>/s. Da segnalare la rarità dell'evento sul Chisone dove il tempo di ritorno del picco ha superato il secolo. Ulteriore notevole contributo alla formazione della piena del Po a monte di Torino è stato quello del Sangone per cui tuttavia non si dispone di dati misurati. La portata massima a Torino, registrata nella mattinata del 16 ottobre, è valutabile in 2350 m<sup>3</sup>/s ed è quindi superiore alla massima storica di 2230 m<sup>3</sup>/s verificatasi nel corso dell'evento del 1949.

A valle di Torino i deflussi hanno risentito dei cospicui apporti di Dora Riparia, Stura di Lanzo, Malone e Orco. In particolare è importante segnalare che le onde di piena formatasi in questi corsi d'acqua risultano sfasate rispetto a quelle dei bacini di monte; questo ha certamente avuto effetti positivi per quanto riguarda gli effetti sul fiume Po.

Sulla Dora Riparia l'evento di piena rappresenta uno dei più gravosi registrati per quanto riguarda la media e la bassa valle. I livelli hanno iniziato ad aumentare il giorno 14, tuttavia l'onda di piena ha raggiunto i massimi il giorno successivo in due successivi picchi; nella fase di crescita legata al secondo picco, il più gravoso, la corrente ha mandato in avaria la stazione esistente a Susa. Considerazioni di carattere idrologico legate alla composizione delle onde di piena note per le sezioni della Dora R. a Oulx, della Dora di Bardonecchia a Beaulard e del Cenischia a Susa unitamente alla valutazione della risposta del bacino residuo, consentono di stimare in circa 500-600 m<sup>3</sup>/s il valore della portata al colmo, che risulta essere superiore ai massimi storici registrati. Da questa analisi si evidenzia ulteriormente come i contributi maggiori sono stati apportati dai tributari della media valle, primo fra tutti il Cenischia; a conferma di questo si nota come la piena registrata a Oulx e sulla Dora di Bardonecchia a Beaulard non hanno assunto carattere di eccezionalità. Inoltre è stato possibile stimare, anche grazie alle tracce della piena, il valore di 700 m<sup>3</sup>/s per la portata di picco a Torino.

Nei bacini dello Stura di Lanzo, del Malone e dell'Orco le precipitazioni hanno registrato valori elevati già a partire dalle prime ore del giorno 14. Un primo colmo si è infatti registrato nel pomeriggio del 14, seguito da un apprezzabile abbassamento nella serata, ed un secondo colmo ad iniziare dalle prime ore del 15 ottobre. Questo secondo colmo è risultato decisamente il più gravoso per Stura di Lanzo, Ceronda e Malone con valori della portata al colmo rispettivamente di 2000 m<sup>3</sup>/s, 480 m<sup>3</sup>/s e 490 m<sup>3</sup>/s; per l'Orco invece i due colmi sono molto simili con valori del primo picco di 1650 m<sup>3</sup>/s. In particolare i processi di piena dei bacini della Stura di Lanzo e dell'Orco rappresentano i più gravosi finora registrati; si deve inoltre segnalare come la presenza di ripetuti scrosci di precipitazione localizzati e di elevata intensità abbiano contribuito a mandare in crisi i tributari minori con conseguente notevole apporto di trasporto solido alle aste principali ed aggravamento degli effetti delle piene di questi ultimi.

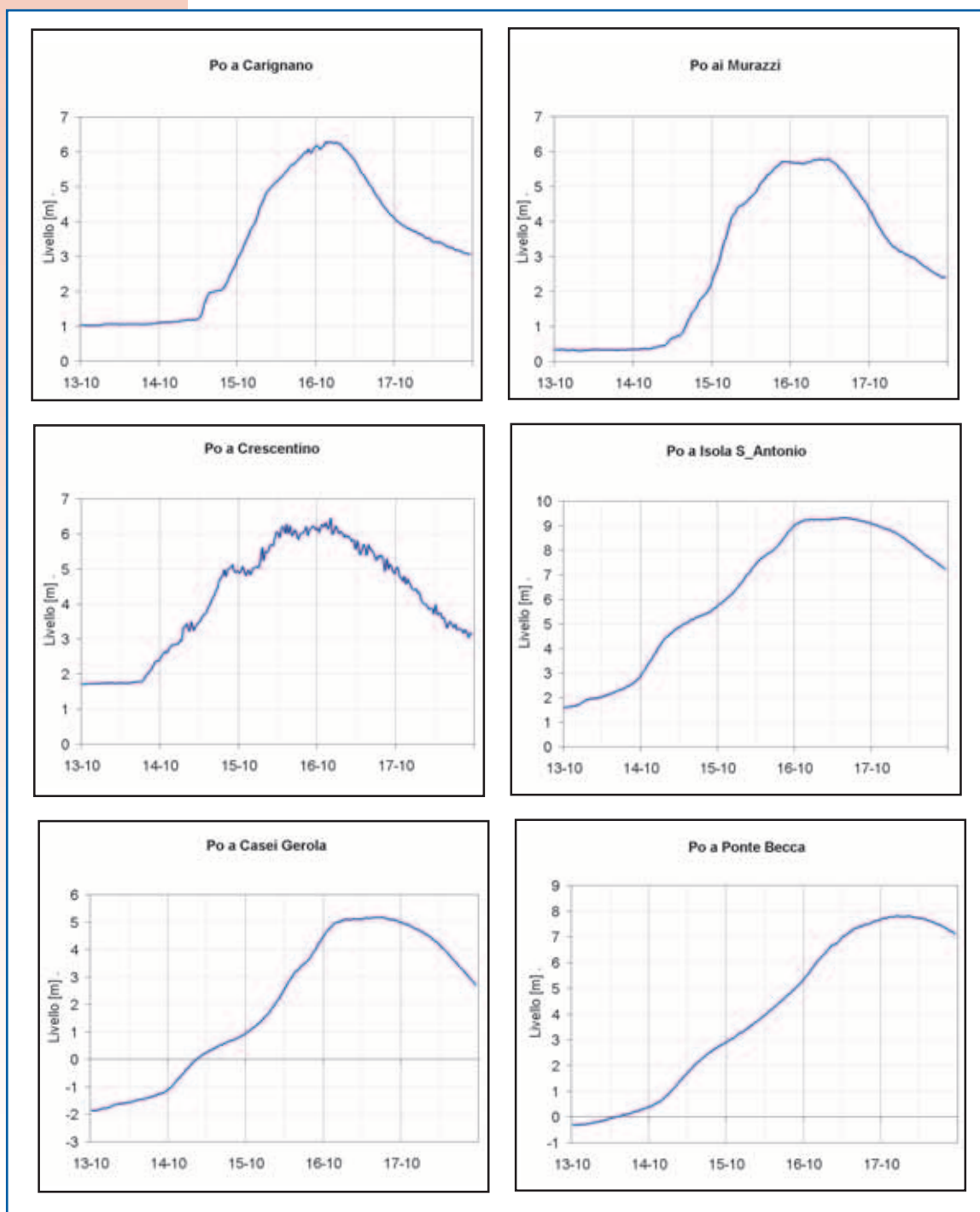
Il contributo proveniente dalla Dora Baltea ha costituito un importante apporto alla portata del Po. L'idrogramma della Dora Baltea a Tavagnasco, interrotto in corso d'evento per l'avaria dello strumento, è integrato da quello registrato dalla stazione dell'Ufficio Cartografico e Assetto del Territorio della Regione Valle d'Aosta a Hone Bard. Al momento dell'interruzione il livello registrato a Tavagnasco era prossimo al livello del 1993 ma, come testimoniato dalle tracce di piena lasciate sul ponte di Tavagnasco, il livello massimo raggiunto è ulteriormente aumentato di circa 1.70 m corrispondente ad una portata valutabile in 3100 m<sup>3</sup>/s. Il colmo della piena si è registrato alle 14.30 del 15 ottobre alla stazione di Hone, e nella prima mattina del giorno successivo alla stazione di Verolengo, posta in chiusura di bacino. Procedendo verso valle, il Po ha ricevuto il contributo del Sesia che ha presentato una fase di cospicuo innalzamento delle portate e dei livelli nel corso della giornata di Domenica 15 Ottobre fino a raggiungere, a Palestro, una portata al colmo di 4000 m<sup>3</sup>/s, che si è poi progressivamente attenuata nel corso della giornata del 16 ottobre. L'entità delle portate sul Po è valutabile in 8150 m<sup>3</sup>/s a Crescentino e di circa 10500 m<sup>3</sup>/s a Isola Sant' Antonio. I valori raggiunti sono confrontabili con quelli del 1994.

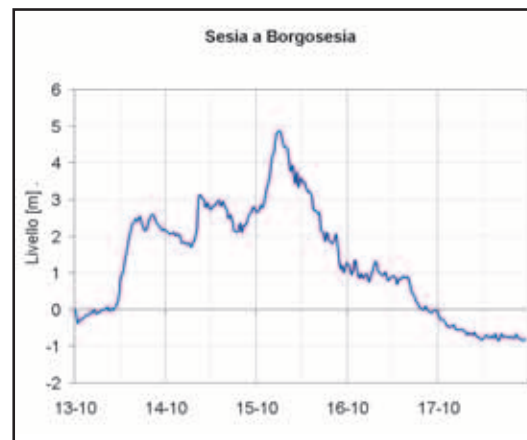
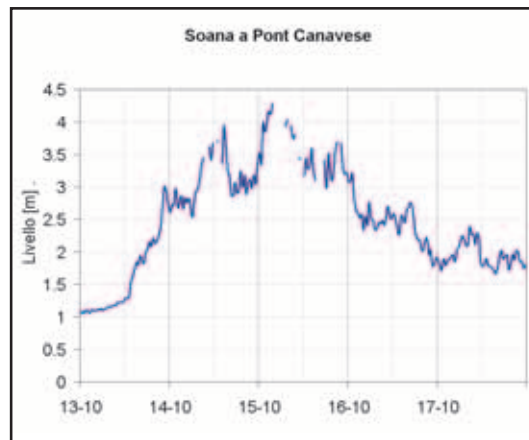
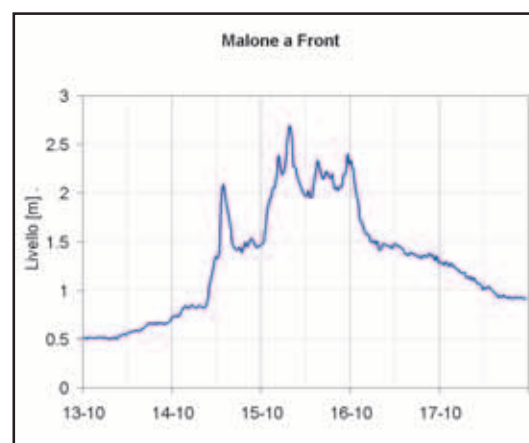
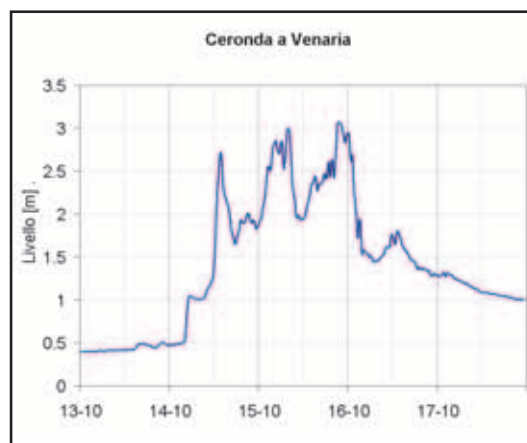
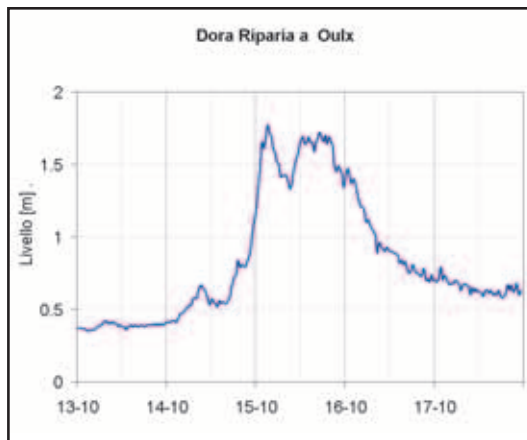
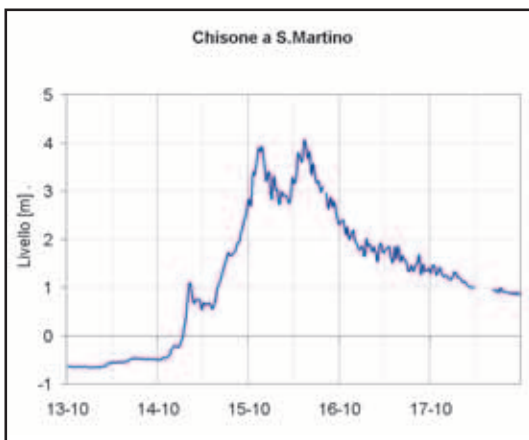
Anche nel bacino del Toce la piena ha raggiunto valori di eccezionalità. L'apporto maggiore è fornito dai tributari di destra nella media valle Ossola come il Diveria, il Bogna, l'Ovesca e l'Anza. Per l'effetto del progressivo sommarsi delle onde provenienti dai suddetti affluenti, accentuato dall'andamento delle precipitazioni, anche il Toce mostra una serie di colmi secondari nelle prime ore del 14 ottobre, nel pomeriggio della stessa giornata, prima di registrare il valore massimo di 9.16 nel pomeriggio del 15, corrispondente ad una portata di circa 2600 m<sup>3</sup>/s e ad un tempo di ritorno valutabile attorno ai 90 anni. Il lago Maggiore (Figura 41) ha presentato un livello massimo di 7.94 m sullo zero idrometrico pari a 197.94 m slm; a partire da venerdì il livello è cresciuto di 3.56 m. Tuttavia, grazie alla diminuzione delle portate degli affluenti, primo fra tutti il Toce, il livello è calato a partire dalle ore 06:00 del 17 ottobre. La dinamica del livello del lago registrata risulta simile a quella del Settembre 1993 sebbene quest'ultima sia stata di minore intensità con un livello di 7.61 registrato il 25 Settembre 1993. Tale valore si pone come il più elevato registrato a partire dall'inizio del secolo scorso, ed inferiore solamente ai due eventi del 1840 e 1868 in cui la regolazione del Lago non era ancora realizzata. Le registrazioni del livello idrico del lago, unitamente a quelle delle portate di Ticino Immissario e Maggia (L'alluvione del 12-17 Ottobre 2000 in Ticino, Istituto di scienze della Terra – SUPSI) e del Ticino Emissario (L'evento di piena dell'Ottobre 2000 sul bacino del Ticino, Cattaneo et al. – L'ACQUA 6/2000) hanno consentito di verificare le stime di portate elaborate per il Toce attraverso una modellazione inversa dell'invaso del lago. La procedura descritta ha portato alla conferma delle stime fatte a partire dalle registrazioni idrometriche.

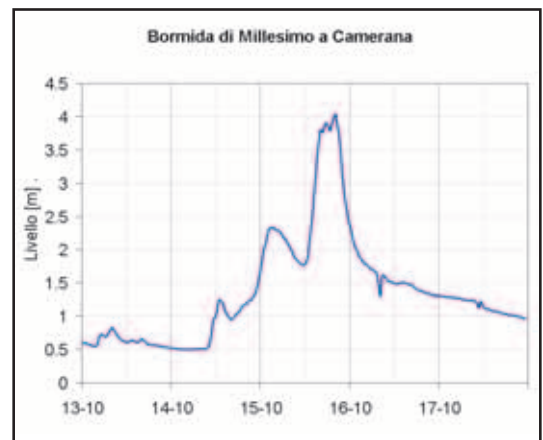
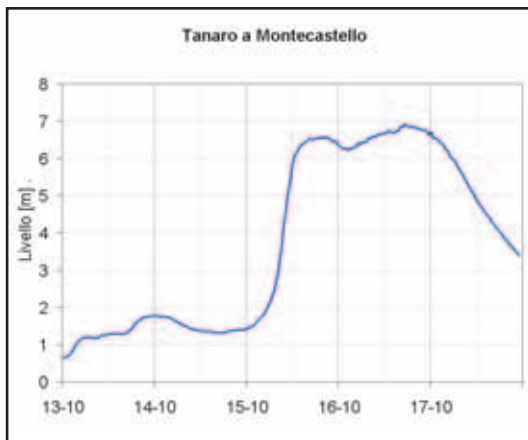
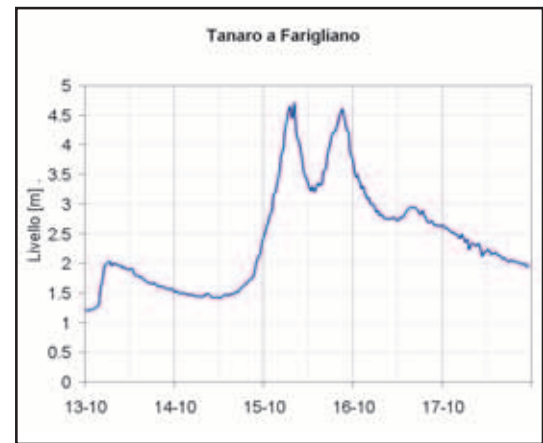
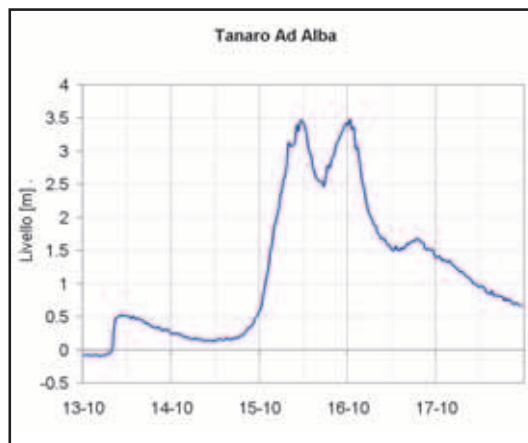
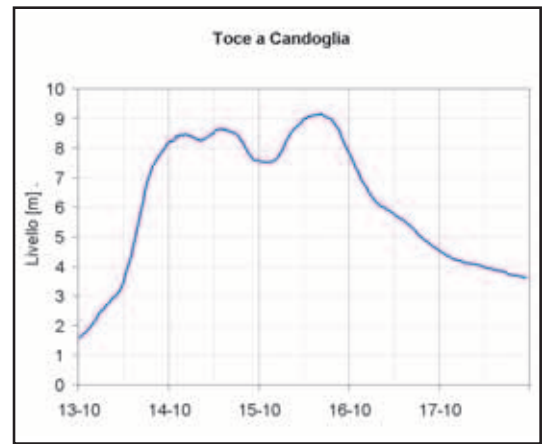
Sul bacino del Tanaro l'evento è sensibilmente meno gravoso di quello del Po, e decisamente inferiore a quello del 1994. Sull'alto bacino, ove si sono registrate le prime e le maggiori precipitazioni dell'evento, si è manifestata una prima onda di piena a cavallo del

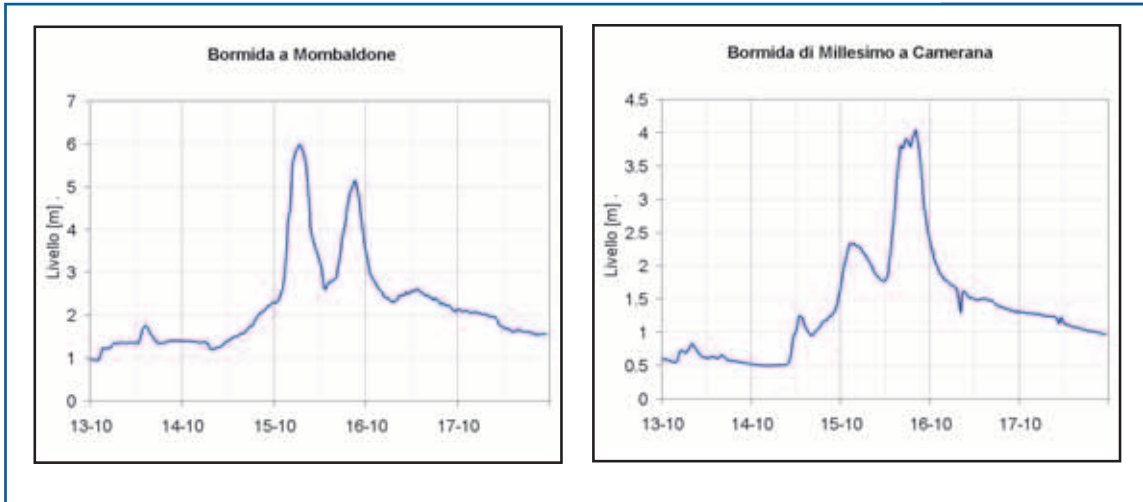
mezzogiorno del 15 Ottobre. Nelle prime ore del mattino del 16 Ottobre, tra Alba ed Alessandria è transitata una seconda onda di entità paragonabile alla precedente. Il colmo di piena a Montecastello ha presentato un valore massimo di circa 3000 m<sup>3</sup>/s nelle prime ore del mattino del 15, inferiore ai 4800 m<sup>3</sup>/s valutati nel corso dell'evento del 1994. L'evento è stato risentito anche nel bacino del Belbo e soprattutto della Bormida: ad Alessandria la coda della piena ha presentato nelle prime ore del pomeriggio di Lunedì un secondo colmo di entità paragonabile a quello del 15 Ottobre, in parte sostenuto dal rigurgito del Tanaro. Nella **Figura 1.40** ♦ sono riportati gli idrogrammi registrati dalle stazioni idrometriche nelle sezioni più significative.

**Figura 1.40** ♦  
Idrogrammi  
dei livelli registrati

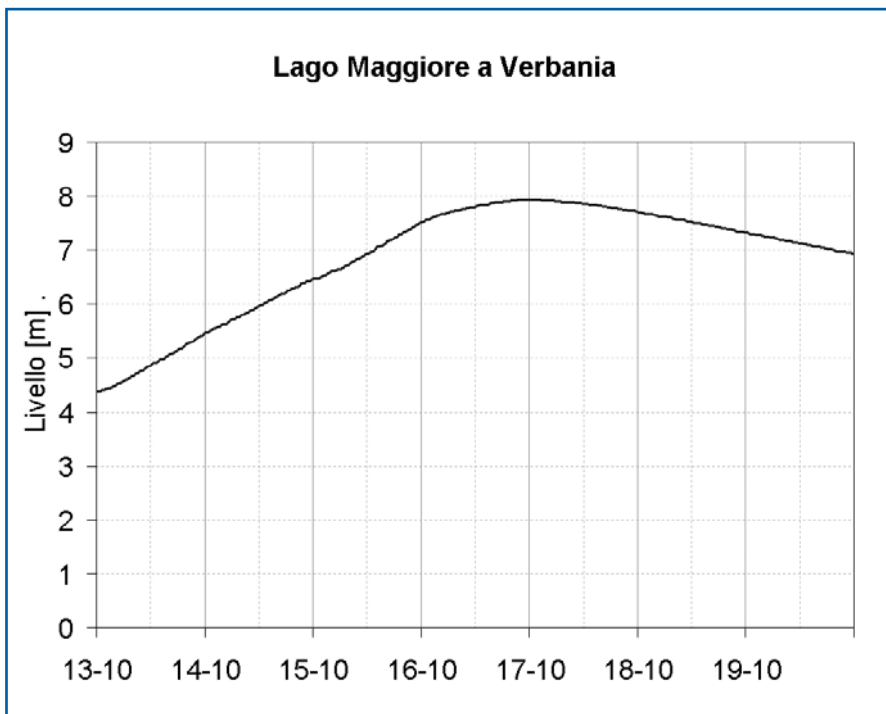








Nella seguente Tabella 7 vengono riportati alcuni dati di sintesi degli idrogrammi precedenti. Da notare il rapido innalzamento dei livelli registrato che, in molte sezioni, ha avuto velocità di crescita superiori ad 1 m/h a testimonianza dell'occorrenza di scrosci di pioggia molto elevati, in particolare si segnalano il Cenischia a Susa e il Bogna a Pontecaddo. Si segnalano inoltre le elevate escursioni totali dei livelli nelle sezioni del Po, del Toce a Candoglia e del Verbano.



**Figura 1.41** ♦  
*La piena del Verbano*

La propagazione della piena lungo il fiume Po presenta alcune caratteristiche particolari evidenziate dall'andamento sincrono dei livelli nelle diverse sezioni del fiume da Torino a Isola S. Antonio causato dalla distribuzione spazio-temporale delle piogge. Innanzitutto si nota che la stazione dove i livelli manifestano i primi innalzamenti è quella di Isola S. Antonio, seguita da Casei Gerola e Ponte Becca (**Figura 1.42** ♦) : questo è dovuto al contributo note-

Tabella 7 - Dati di sintesi relativi agli idrogrammi più significativi registrati nei giorni 13-16 Ottobre 2000

Stazione	Colmo [m]	Data [UTC]	Incrementi massimi registrati [m]					Totale
			1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
Po a Carignano	6.29	04:00 16-10-00	0.36	0.75	1.33	2.55	3.94	5.26
Po ai Murazzi	5.79	11:30 16-10-00	0.36	0.96	1.81	2.74	4.29	5.49
Po a Crescentino	6.45	04:00 16-10-00	0.57	0.73	1.28	1.86	3.03	4.74
Po a Isola S. Antonio	9.31	15:00 16-10-00	0.23	0.64	1.25	2.07	3.29	7.72
Po a Casei Gerola	5.17	16:00 16-10-00	0.22	0.63	1.16	1.97	3.7	7.05
Po a Ponte Becca	7.81	04:30 17-10-00	0.17	0.51	0.94	1.74	3.03	8.12
Chisone a S. Martino	4.05	14:30 15-10-00	0.80	1.32	2.12	3.32	4.32	4.72
Dora Riparia a Oulx	1.77	03:00 15-10-00	0.29	0.72	0.98	1.22	1.33	1.42
Cenischia a Susa	2.97	19:30 15-10-00	1.84	2.41	2.48	2.54	2.55	2.82
Ceronda a Venaria	3.07	21:30 15-10-00	0.96	1.56	1.71	2.24	2.3	2.67
Malone a Front	2.69	07:30 15-10-00	0.69	0.92	1.25	1.35	1.86	2.19
Orco a Cuornè	4.29	12:30 14-10-00	1.07	1.13	2.01	2.10	3.55	3.78
Soana a Pont Canavese	4.28	03:30 15-10-00	1.13	1.13	1.28	1.78	2.45	3.23
Sesia a Borgosesia	4.87	06:00 15-10-00	1.14	1.77	2.5	2.71	3.17	5.71
Mastallone a Varallo	4.6	16:30 13-10-00	1.06	1.58	2.28	2.78	2.78	3.24
Diveria a Crevola D'ossola	4.02	08:00 14-10-00	0.53	0.93	1.55	1.9	2.28	2.7
Bogna a Pontecaddo	4.57	16:30 13-10-00	1.46	1.65	2.4	2.75	2.75	3.19
Toce a Candoglia	9.16	16:30 15-10-00	0.62	1.79	3.24	4.83	6.61	7.57
Lago Maggiore a Verbania	7.94	21:30 16-10-00	0.08	0.17	0.33	0.6	1.15	3.56
Tanaro a Farigliano	4.7	08:00 15-10-00	0.5	1.2	1.98	2.99	3.25	3.50
Tanaro Ad Alba	3.47	00:30 16-10-00	0.47	1.03	2.03	3.02	3.33	3.57
Tanaro a Montecastello	6.92	17:00 16-10-00	0.88	2.39	3.81	4.79	5.21	6.28
Bormida a Cassine	3.27	11:30 15-10-00	0.39	1	1.69	2.3	2.68	2.85
Bormida di M. a Camerana	4.04	20:00 15-10-00	0.7	1.76	2.13	2.13	2.87	3.54
Bormida di S. Mombaldone	5.98	06:30 15-10-00	1.25	3.04	3.68	4.19	4.67	5.02

vole del fiume Sesia nel cui bacino le piogge del giorno 13 hanno causato la massima piena di alcuni importanti affluenti come il Mastallone. Successivamente, nella notte tra Venerdì 13 e Sabato 14, i livelli crescono a Crescentino dove risulta evidente il contributo dell'onda di piena della Dora Baltea, a cui si sommano quelle di Orco, Malone e Stura di Lanzo. Le ultime sezioni a segnalare l'innalzamento dei livelli sono quelle di Torino Murazzi, Carignano e Cardè. In questo caso sono le piogge della parte terminale dell'evento a generare l'onda di piena. Il giorno 15 infatti le precipitazioni hanno investito in particolare la parte occidentale e nord-occidentale della regione quindi i bacini idrografici di: Alto Po, Pellice, Chisone, Sangone e Dora Riparia. La dinamica descritta ha prodotto uno sfasamento tra le onde di piena degli affluenti maggiori a valle della Stura di Lanzo e quella generatasi nella parte di bacino a monte di Torino. Questo ha contribuito a non incrementare ulteriormente i valori del colmo di piena nelle sezioni a valle di Torino ma ha favorito la formazione di un'onda di piena estremamente allungata nel tempo con portate che hanno mantenuto valori di colmo per 8-10 ore consecutive rendendo poco sensibili gli effetti della laminazione. Lungo il fiume Tanaro si evidenzia la sovrapposizione di due processi di piena differenti, quello relativo



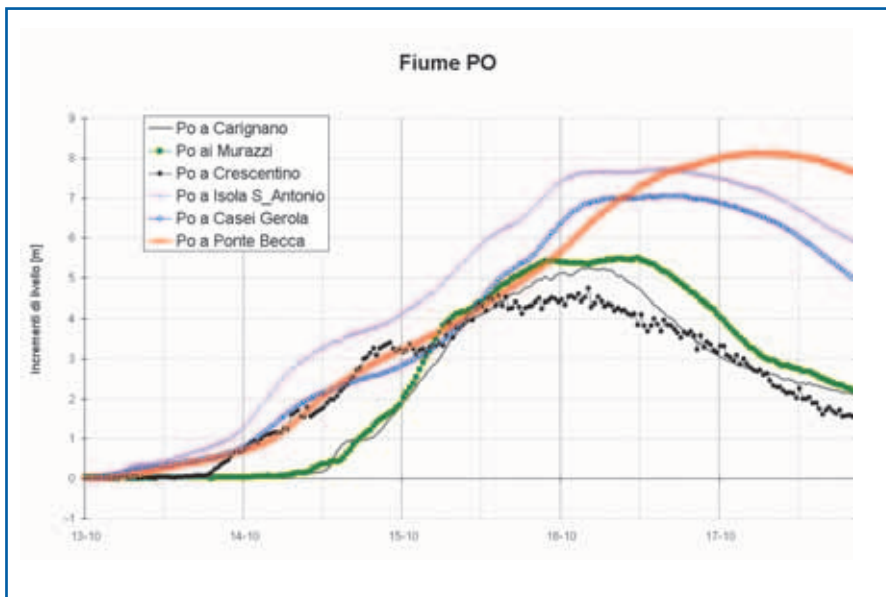
al bacino montano del Tanaro da una parte e quello relativo alle Bormide dall'altra, che portano al contemporaneo innalzamento dei livelli a Masio e a Montecastello (**Figura 1.43** ♦).

Nella parte montana del bacino si è avuta la formazione di un'onda a due picchi, evidente a Farigliano e ad Alba, che a causa dei fenomeni di laminazione si regolarizza in un'unica onda a Masio.

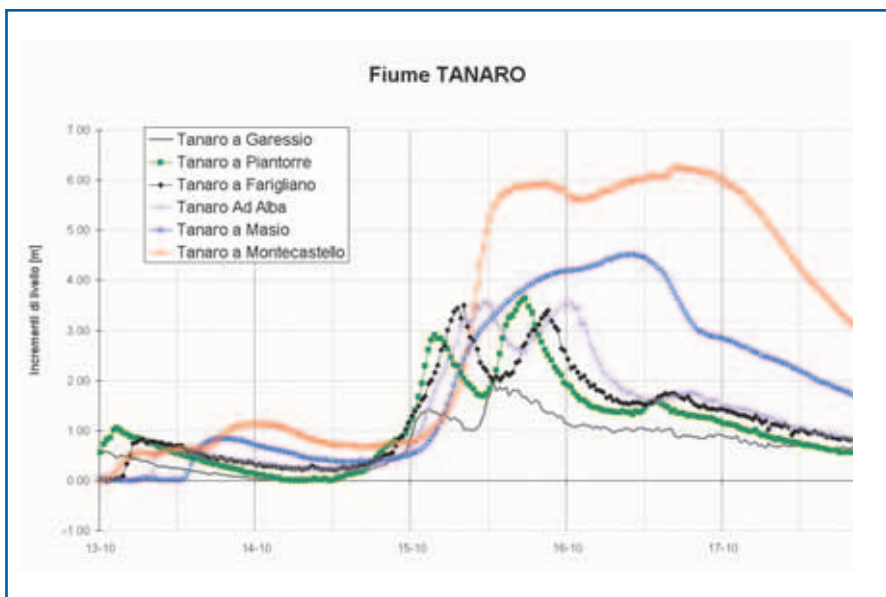
Da notare in particolare l'assenza di contributi significativi da parte della Stura di Demonte.

Il processo di piena delle Bormide, anch'esso caratterizzato da due picchi, apporta un contributo notevole alla piena del Tanaro, evidente nell'idrogramma di Montecastello, il cui primo colmo è proprio dovuto al primo picco di piena della Bormida.

Da notare infine come il secondo colmo registrato a Montecastello sia caratterizzato da un lungo permanere dei valori massimi: questo fenomeno trova una spiegazione nel rigurgito dovuto al concomitante passaggio dell'onda nel Po.



**Figura 1.42** ♦  
*Traslazione dell'onda di piena lungo il Po*



**Figura 1.43** ♦  
*Traslazione dell'onda di piena lungo il Tanaro*

### 1.4.3 ANALISI STATISTICA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA

L'analisi statistica relativa ai valori del colmo di piena è stata effettuata sulla base dell'analisi dei valori definiti nella Direttiva "Piena di Progetto" emessa dall'Autorità di Bacino nell'ambito del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), almeno per i corsi d'acqua coperti dalla direttiva stessa. Negli altri casi, il quadro idrologico della direttiva è stato integrato dalle valutazioni di portata effettuate con il modello probabilistico M.G. (Maione 1997; Maione et al.1998) sull'intero territorio italiano. Come si vede dalla tabella si è trattato di un evento estremo con ricorrenza secolare per i fiumi Toce, Orco, Chisone, e l'asta del Po fino a Torino e plurisecolare per Dora Baltea, Stura di Lanzo, Ceronda, Torrente Soana e per il Po a valle di Crescentino.

Nella Tabella 8 vengono riportati i valori delle portate al colmo transitate nelle sezioni più significative e la stima del relativo tempo di ritorno. I valori del picco di portata sono stati ottenuti applicando una modellistica idraulica di dettaglio alla geometria dell'alveo, disponibile da rilievi precedenti l'evento, integrata a misure dirette di velocità durante l'evento stesso laddove è stato possibile.

I valori delle portate di piena analizzati precedentemente, devono essere interpretati alla luce del diverso grado di affidabilità delle stazioni di misura considerate; durante l'evento, infatti, come già ricordato, la geometria dell'alveo di alcune sezioni dei corsi d'acqua maggiormente colpiti ha subito significative modifiche richiedendo un aggiornamento delle scale di deflusso dopo opportuni sopralluoghi. Inoltre alcuni degli strumenti, sono stati irrimediabilmente danneggiati o addirittura asportati dal passaggio dell'onda di piena non consentendo una registrazione attendibile dei livelli. Pertanto si è scelto di suddividere i punti di misura in tre classi di affidabilità per quanto riguarda il valore di portata: alta, media e bassa in funzione dell'attendibilità dei dati registrati che dipende dalle condizioni della sezione di deflusso, dal funzionamento dello strumento di misura e dalla disponibilità di misure dirette di portata. Sono considerate ad alta affidabilità la stazione del Po a Carignano, del Chisone a S.Martino, del Ceronda a Venaria, dell'Orco a Cuornè, del Sessera a Pray, del Toce a Condoglia e del Tanaro a Montecastello.

Su queste, le campagne di misura in fase di esaurimento dell'evento, mostrano piena concordanza con gli idrogrammi registrati e le caratteristiche stesse delle sezioni confermano l'attendibilità dei dati. Le stazioni del Pellice a Luserna, della Dora Baltea a Tavagnasco e della Dora Riparia a Susa, sono da considerarsi a bassa affidabilità per avaria dello strumento in corso d'evento. Per quanto riguarda l'idrometro sul Sesia a Borgosesia, la campagna di misura effettuata ha mostrato una staratura dello strumento in corso d'evento pertanto le misure da questo effettuate non possono essere considerate pienamente attendibili. Le registrazioni idrometriche relative al Toce a Pontemaglio e al Diveria a Crevola

Tabella 8 - Portate al colmo di piena

Stazione Corso d'acqua	Sezione	Bacino imbrifero sotteso		Stima della portata al colmo		Affidabilità
		Superficie [km <sup>2</sup> ]	Altitudine media [m slmm]	Colmo [m <sup>3</sup> /s]	Tempo di ritorno [anni]	
Asta PO	PO a Cardè	496	936	900	20	
	PO a Carignano	3976	1087	2050	80	Alta
	PO ai Murazzi	5362	907	2350	90	
	PO a Crescentino	13230	1291	8150	>200	
	PO a Isola S. Antonio	25857	948	10500	200	
	PO a Ponte Becca	36770	921	13220	>200	
Chisone	Chisone a San Martino	581	1730	980	130	Alta
Pellice	Pellice a Luserna S.G.	214	1635	700	30	Bassa
Banna	Banna a Poirino	272	293	170	<10	
	Banna a Santena	361	291	120	<10	
	Rio verde a Poirino	73	293	50	<10	
Dora Riparia	Dora di Bardonecchia a Beaulard	200	2195	70	<10	
	Dora Riparia a Oulx	258	2169	100	<10	
	Dora Riparia a Susa	827	2022	500*	50	Bassa
	Cenischia a Susa	145	1984	165	40	
Stura di Lanzo	Stura di Lanzo a Lanzo	580	1763	2000 *	>200	Bassa
	Ceronda a Venaria	173	527	480	>200	Alta
Malone	Malone a Front	126	670	490	60	
Orco	Orco a Cuorgnè'	630	1897	1650	80	Alta
Dora Baltea	Dora Baltea a Tavagnasco	3313	2094	3100 *	>200	Bassa
Sesia	Sesia a Borgosesia	696	1502	2400	30	Bassa
	Sessera a Pray	126	1155	460	30	Alta
	Sesia a Palestra	2587	737	4000	50	Bassa
Scivia	Scivia a Serravalle	619	685	130	<10	
Toce	Melezzo a Masera	51	1192	150	<10	
	Diveria a Crevola	321	1949	650	10	Bassa
	Isorno a Pontetto	70	1618	170	<10	
	Ovesca a Villadossola	145	1750	360	10	
	Anza a Piedimulera	257	1785	600	<10	Bassa
	Bogna a Pontecaddo	81	1594	700	>200	
	Toce a Candoglia	1475	1647	2600	90	Alta
Tanaro	Tanaro a Gressio	249	1424	370	<10	
	Tanaro a Piantorre	499	1058	770	30	
	Tanaro a Farigliano	1508	940	1850	30	
	Tanaro ad Alba	3379	1071	1700	<10	
	Tanaro a Masio	4534	853	1800	<10	
	Tanaro a Montecastello	7994	653	3000	10	Alta
Stura di Demonte	Stura di Demonte a Gaiola	560	1818	80	<10	
	Stura di Demonte a Fossano	1249	1587	390	30	
Borbore	Borbore a San Damiano	85	241	30	<10	
Belbo	Belbo a Castelnuovo	422	372	350	<10	
Bormida	B. di Spigno a Mombaldone	392	487	730	10	
	B. di Millesimo a Camerana	256	765	360	<10	
	B. a Cassine	1521	489	1200	<10	
	B. ad Alessandria	2568	441	1400	<10	
Orba	Orba a Casalcemelli	798	442	320	<10	

\* Strumento in avaria, portata stimata da tracce di piena e da considerazioni di carattere idrologico

Tabella 9 - Campagna di misura del 15-16 /10/2000 Quadro riassuntivo dei risultati

Stazione	Data	Ora	Livello (m)	Portata (mc/s)
Po a Carignano	16-10-00	13:05	5.95	1557
Po a Crescentino	16-10-00	14:00	6.00	6634
Pellice a Luserna	16-10-00	16:50	1.37	248
Chisone a S.Martino	16-10-00	15:20	1.63	281
Sangone a Moncalieri	16-10-00	16:30	4.20	220
Dora Riparia a Torino	16-10-00	18:40	4.06	626
Stura di Lanzo a Lanzo	16-10-00	13:10	2.30	469
Ceronda a Venaria	16-10-00	10:50	1.65	133
Orco a Cuorgnè	15-10-00	09:30	3.94	1442
	16-10-00	15:55	1.94	579
Malone a Front	16-10-00	15:10	1.70	188
Dora Baltea a Tavagnasco	16-10-00	17:40	3.10	1086
Sesia a Borgosesia	16-10-00	12:45	1.65	704
Sessera a Pray	16-10-00	12:00	2.10	161
Toce a Candoglia	16-10-00	15:15	5.55	1034
Tanaro a Montecastello	16-10-00	17:10	6.90	2899

sono poco affidabili in quanto notevoli fenomeni rispettivamente di erosione e di sovralluvionamento hanno determinato profonde modificazioni dell'alveo.

La sezione strumentata sull'Anza a Piedimulera si trova in corrispondenza di una traversa e non consente di ricavare un legame diretto tra livelli e portate e di conseguenza è stato possibile effettuare una stima di tipo idrologico della portata.

Il Tanaro a Piantorre presenta una scala di deflusso non attendibile per valori alti di portata, per cui anche questa stazione è da far rientrare tra quelle a bassa affidabilità.

Le rimanenti vanno ad inserirsi in una fascia di media affidabilità.

#### 1.4.4 VOLUMI DI PIENA E COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

Per le sezioni di maggiore interesse e dove la qualità delle registrazioni idropluviometriche lo ha consentito, è stata svolta un'analisi accurata per la determinazione dei volumi delle onde di piena e delle piogge ragguagliate cumulate relative all'evento.

Per l'analisi dei volumi delle onde di piene sono stati valutati separatamente i contributi legati al deflusso superficiale ed ipodermico da quelli del deflusso di base, tale analisi è stata condotta sulla base degli idrogrammi delle portate disponibili. La valutazione delle piogge ragguagliate è stata condotta tramite interpolazione spaziale dei dati pluviometrici misurati aggregati a scansione oraria. Si è dapprima stimato il campo di pioggia sull'intera regione utilizzando un metodo di interpolazione basato sulla distanza inversa. Il valore della pioggia ragguagliata si è quindi ottenuto come valore medio dell'altezza di pioggia cumulata totale su ciascun bacino. Infine è stato determinato il coefficiente di deflusso relativamente al solo deflusso superficiale.

I risultati sono riportati in Tabella 10 :

Tabella 10 - Volumi affluiti, volumi di piena e coefficienti di deflusso

Corso d'acqua	Sezione di chiusura	Pioggia cumulata ragguagliata [mm]	Vol. totale defluito [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Coeff. di deflusso [-]
Asta PO	CARDE'	257.4	72	0.57
	CARIGNANO	234.4	262	0.31
	MURAZZI	217.6	386	0.33
	CRESCENTINO	315.2	1431	0.34
	ISOLA S.ANTONIO	259.6	2428	0.36
	PONTE BECCA	260.6	3395	0.35
Chisone	SAN MARTINO	356	114	0.55
Ceronda	VENARIA	367.2	46	0.73
Malone	FRONT CANAVESE	388.2	40	0.82
Orco	PONT CAVANESE	454.9	190	0.66
Sesia	BORGOSESIA	550.4	182	0.47
Toce	PONTECADDO	690.5	57	0.95
	CREVOLA	604	90	0.58
	CANDOGLIA	516.8	606	0.70
Bormida di Spigno	MOMBALDONE	203	43	0.54
Bormida di Millesimo	CAMERANA	235	22	0.36
Tanaro	FARIGLIANO	217.1	185	0.56
	MONTECASTELLO	173	482	0.36

N.B. Il coefficiente di deflusso è dato dal rapporto:  $V_{\text{deflusso-superficiale}} / V_{\text{pioggia}}$

Non è stato possibile effettuare stime soddisfacenti per la Bormida ad Alessandria in quanto a causa del livello elevato in Tanaro, gli effetti di rigurgito non consentono la determinazione della portata nel ramo discendente dell'idrogramma.

Dai valori così ottenuti si evidenzia un coefficiente di deflusso crescente procedendo verso valle lungo il Po. Questo comportamento evidenzia ulteriormente l'importanza e la magnitudine degli apporti provenienti dagli affluenti maggiori a valle di Torino. In alcuni bacini si sono registrati valori del coefficiente di deflusso estremamente elevati come ad esempio per il Bogna, la Ceronda, il Malone ed il Toce.