

AUGUSTO BIANCOTTI (*), ENRICO DESTEFANIS (*), SIMONA FRATIANNI (*)
& LUCIANO MASCIOTTO (*)

OSSERVAZIONI SU PLUVIOMETRIA E IDROLOGIA DELLA VALLE DI SUSA (Alpi Occidentali)

ABSTRACT: BIANCOTTI A., DESTEFANIS E., FRATIANNI S. & MASCIOTTO L., *On precipitation and hydrology of Susa Valley (Western Alps)*. (IT ISSN 1724-4757, 2005).

The Susa Valley is a transverse glacial valley belonging to the Cottian and Graian Alps. For this study, climatological and hydrological data from different sources have been collected and analysed. Monthly cumulated values of precipitations, discharge and hydrometric height have been calculated from daily data. Annual precipitation values result quite constant along the year within a range from 700 to 900 mm, with exception of Gad, a dry site (around 600 mm/y). The annual distribution of precipitation shows a bimodal trend, with a winter main minimum and an autumn maximum with secondary maximum in spring or summer according to the place considered. The pluviometric rate is thus subalpine or subcontinental. Peak discharge and hydrometric height maximum generally occur in March and in June, together with secondary maximum of precipitations and the melting of snow cover. Water resources in Susa Valley have been assessed on annual basis. By taking annual values for rainfall (isohyetal method) and runoff comparison, a water balance has been calculated at St. Antonino gauging station. Also on the basis of the lithologies outcropping on the area, it emerges that mean average precipitation (886 mm) are balanced by an evapotranspiration of 318 mm, a water runoff of 350 mm and a groundwater flow of 218 mm.

KEY WORDS: Precipitations, Discharge, Water balance, Susa Valley, Italy.

RIASSUNTO: BIANCOTTI A., DESTEFANIS E., FRATIANNI S. & MASCIOTTO L., *Osservazioni su pluviometria e idrologia della Valle di Susa (Alpi Occidentali)*. (IT ISSN 1724-4757, 2005).

La Valle di Susa è una valle glaciale trasversale rispetto all'arco alpino e incuneata tra le Alpi Cozie e le Graie. Per il presente studio, sono stati acquisiti ed analizzati i dati climatici ed idrologici derivanti da fonti diverse. A partire dai dati giornalieri, sono stati calcolati i valori cumulati mensili delle precipitazioni, delle portate e dei livelli idrometrici. I valori delle precipitazioni medie annue sono generalmente costanti e rientrano nell'intervallo che oscilla tra 700 e 900 mm, ad eccezione del sito particolarmente secco di Gad, dove si registrano soltanto 600 mm. La distribu-

zione delle precipitazioni mostra un andamento bimodale con il minimo concentrato nella stagione invernale e il massimo autunnale; a seconda dei siti analizzati il massimo secondario cade in primavera (regime subalpino) o in autunno (regime subcontinentale). Il picco di aumento del livello idrometrico e di portata si ottiene quasi sempre in Marzo e in Giugno, mese in cui si assommano le precipitazioni e la fusione della neve. Sono state valutate le risorse idriche della Valle di Susa su base annua. È stato calcolato il bilancio idrologico della valle di Susa con chiusura alla stazione idrometrica di Sant'Antonino, considerando i valori medi annui di precipitazione (metodo delle isoiete) e di deflusso globale. Anche sulla base delle litologie affioranti nell'area, emerge che le precipitazioni medie pari a 886 mm vengono bilanciate da un'evapotraspirazione reale di 318 mm, da un deflusso superficiale di 350 mm e da un deflusso sotterraneo di 218 mm.

TERMINI CHIAVE: Precipitazioni, Portata, Bilancio idrologico, Valle di Susa.

INTRODUZIONE

La Valle di Susa (Alpi Cozie) è il principale dei solchi vallivi piemontesi. Posta da un lato al contatto con i massicci delle Alpi Graie, dall'altro con i rilievi delle Cozie e delle Marittime, segnati dall'influenza mediterranea, è interessata da una grande variabilità climatica. All'interno del suo bacino si alternano oasi xerotermiche, areali con abbondanti precipitazioni liquide e solide; esistono forti variabilità pluviotermiche fra alta e bassa valle, ed è percorsa periodicamente da correnti di foehn.

Questo lavoro intende proseguire nello studio del suo clima, argomento già affrontato dagli scriventi in altre precedenti pubblicazioni. La tematica risulta oggi ancora più interessante, e fertile di ricadute applicative, date le nuove importanti funzioni attribuite alla valle: sito sciistico di importanza mondiale, corridoio di transito dell'alta capacità ferroviaria. L'analisi delle risorse climatiche è pertanto utile preliminarmente per qualsiasi progetto di riqualificazione territoriale, in particolare per quanto concerne la pianificazione e la valorizzazione delle risorse idriche.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, via Valperga Caluso 35 - 10125 Torino.

L'area di studio è la Valle di Susa, coincidente con il bacino della Dora Riparia, che taglia trasversalmente il settore occidentale delle Alpi Piemontesi all'interno della cerchia delle Alpi Cozie (fig. 1).

Il bacino vallivo si estende da Torino a Susa per circa 50 km con orientamento NW-SE. Da Susa si dipartono verso NNW la Valle Cenischia, che giunge fino al valico del Moncenisio, e verso SE la Valle della Dora Riparia, che si estende fino al Colle del Monginevro. Tra Salbertrand e Oulx si innesta nella valle principale il terzo vallone laterale, quello di Bardonecchia, orientato da Nord-Ovest a Sud-Est. La superficie totale del bacino valsusino alla confluenza della Dora Riparia con il Po è di 1251 km².

L'area studiata si colloca nel settore alpino storicamente definito come Dominio Pennidico, uno dei sistemi tettonici più estesi nella catena alpina occidentale.

PLUVIOMETRIA

Le caratteristiche topografiche del Piemonte, regione alpina per eccellenza con catene montuose che occupano il 73% del territorio, definisce e regola la peculiarità climatica. Sul territorio regionale, infatti, s'incontrano le masse d'aria continentali provenienti dalla piana del Po, l'umidità del Mediterraneo e le correnti atlantiche nord-occidentali. I rilievi modificano ed interagiscono sulla circolazione, creando effetti dinamici di cui il più evidente è il fenomeno del foehn. La presenza dei rilievi, inoltre, favori-

sce la convezione, intensificando le precipitazioni ed agendo come fattore di innesco. Ne deriva una grande variabilità del campo delle precipitazioni e, conseguentemente, la Regione presenta zone in cui si registrano piovosità medie annue tra le più elevate dell'area alpina (fascia pedemontana settentrionale), accanto ad aree con valori di piovosità tra i più bassi in assoluto (zone interne dell'arco alpino occidentale).

Tutto ciò condiziona in maniera particolare non tanto i quantitativi meteorici medi, quanto i regimi del settore alpino. In effetti, alla quota media di 2000 m i totali pluviometrici oscillano tra i 1200-1400 mm e i massimi nivometrici tra i 500-600 cm nelle Alpi Marittime, tra i 700-900 mm e i 400-500 cm nelle Alpi Cozie e i 1200-1300 mm e i 500-700 cm nelle Alpi Pennine. La ripartizione annuale delle precipitazioni mostra invece caratteri submediterranei nei settori centro-meridionali delle Alpi piemontesi, ove predomina un regime di tipo sublitoraneo bimodale, con massimo principale in autunno, secondario primaverile e minimo principale estivo (Fratanni & Motta, 2002). Ne consegue un evidente cambiamento nei regimi nivometrici che variano dall'unimodale a massimo primaverile di Limone Piemonte e Macugnaga all'equilibrato di Bardonecchia.

Per meglio comprendere la peculiarità climatica della Val di Susa ed ottenerne delle informazioni più dettagliate possibili, si sono utilizzati i dati provenienti da 11 stazioni meteorologiche automatiche della rete di monitoraggio dell'ARPA Piemonte, localizzate nella bassa, media e alta Valle Susa (tab. 1).



FIG. 1 - Inquadramento geografico della Valle di Susa.

TABELLA 1 - Stazioni meteorologiche analizzate. Data di inizio attività, Coordinate geografiche e quota

Stazione	Comune	Inizio	Latit. N	Longit. E	Quota (m)
<i>Buon Pastore</i>	Torino	22/03/1989	45°4'42"	4°46'46"	240
<i>Avigliana</i>	Torino	09/01/1991	45°5'17"	5°2'59"	340
<i>Borgone</i>	Susa	09/01/1991	45°6'58"	5°12'29"	400
<i>Pietrastretta</i>	Susa	06/12/1990	45°8'34"	7°3'18"	520
<i>Finiere</i>	Chiomonte	20/12/1990	45°7'4"	6°58'2"	813
<i>Graviere</i>	Salbertrand	16/11/1990	45°4'20"	5°53'42"	1010
<i>Gad</i>	Ulzio	20/12/1990	45°2'37"	6°50'29"	1065
<i>Prerichard</i>	Bardonecchia	07/12/1990	45°4'33"	6°43'3"	1353
<i>Camini Frejus</i>	Bardonecchia	10/11/1990	45°7'5"	6°41'23"	1800
<i>Le Selle</i>	Salbertrand	27/07/1991	45°3'19"	6°55'6"	1950
<i>Lago Pilone</i>	Salice d'Ulzio	01/01/1990	45°0'12"	6°52'38"	2320

Per tutte le stazioni dotate di pluviometro, si è calcolato il dato medio di precipitazione mensile e quello annuale, sommando i valori dei vari mesi (tab. 2).

Si sono poi individuati, per ogni stazione, l'anno più piovoso e l'anno in cui le precipitazioni sono state meno abbondanti (tab. 3). Il 1994 è stato l'anno più piovoso per le stazioni di Torino-Buon Pastore ed Avigliana; il 2000 è

stato invece il più ricco di apporti meteorici per Borgone (1264 mm) e Pietrastretta (1022 mm). In generale, l'anno meno piovoso è il 1998, anche se il minimo di precipitazione si è verificato nel 1997 (260 mm) a Lago Pilone.

Al fine di evidenziare una relazione tra le precipitazioni annue e la quota delle stazioni considerate, si è costruito un grafico di correlazione (fig. 2) che ci permette di notare che generalmente i valori annuali di precipitazione oscillano, nel corso dell'anno, da 700 a 900 mm. Per le stazioni ubicate a quote superiori, si verifica una correlazione inversa a partire da 1800 m, nel senso che, al crescere della quota, si ha una diminuzione delle precipitazioni. Il valore più basso si registra a Lago Pilone, la stazione posta a quota maggiore (2320 m).

Diversa è la situazione per le stazioni di fondovalle, dove non esiste una relazione semplice e diretta tra quota e precipitazione, ma l'andamento risulta irregolare: il massimo di piovosità si riscontra a Finiere-Chiomonte con circa 800 mm annui. Allineate su 710-780 mm annui si trovano le stazioni di Pietrastretta, Graviere e Prerichard; ad esse segue Gad con 600 mm annui circa ed è la stazione che riceve minori apporti pluviometrici.

Poiché le serie di dati delle stazioni automatiche considerate arriva ad un massimo di 13 anni, si è voluto effettuare un confronto con quelle di dati provenienti da stazioni

TABELLA 2 - Valori medi mensili di precipitazione e loro somma. Tutti i valori sono espressi in mm. I valori massimi e minimi sono visualizzabili in grassetto corsivo. M' = Maggio, G' = Giugno, A' = Agosto

Stazioni	G	F	M	A	M'	G'	L	A'	S	O	N	D	Tot.
<i>Torino</i>	39.9	35.7	31.8	85.4	134.1	98.7	51.8	83.1	94.2	92.1	87.1	39.2	873
<i>Avigliana</i>	39.5	39.1	30.3	81.8	126.5	93.7	51.5	77.8	112.4	112	77.5	38.5	881
<i>Borgone</i>	31.1	27.5	26.9	93.1	131.4	125.3	44.3	58.2	105.3	107.1	75.0	25.5	851
<i>Pietrastretta</i>	56.5	26.6	41.7	88.0	79.2	86.0	30.4	35.9	81.6	84.6	64.6	37.2	712
<i>Finiere</i>	56.7	25.3	46.3	105.2	86.2	94.3	42.2	42.7	100.7	110.5	66.1	41.4	818
<i>Graviere</i>	46.1	23.2	34.0	102.6	77.6	86.2	42.6	48.5	86.8	95.6	62.5	39.2	745
<i>Le Selle</i>	26.2	13.6	12.7	70.2	122.2	114.7	41.9	50.6	110.0	91.2	63.2	17.8	734
<i>Gad</i>	35.8	16.1	23.5	67.2	66.6	79.4	35.9	43.6	74.1	74.4	55.0	32.9	604
<i>Lago Pilone</i>	13.6	11.3	12.9	35.4	48.2	78.9	47.3	51.9	91.5	71.7	31.9	5.9	501
<i>Prerichard</i>	62.1	29.4	18.2	71.4	80.6	77.8	46.8	45.8	102.6	111.9	84.0	49.3	780
<i>Camini Frejus</i>	50.9	28.1	45.6	66.9	86.9	102.7	65.7	74.6	114.3	127.3	90.5	51.5	905

TABELLA 3 - Valori annuali di precipitazione (in mm), loro media dal 1991 al 2003

Stazione	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Media
<i>Torino</i>	651	1021	1019	1191	857	993	574	728	905	845	474	1365	728	855
<i>Avigliana</i>	746	1186	1075	1194	769	1091	587	721	744	640	686	1413	595	881
<i>Borgone</i>	652	958	1006	1158	836	877	598	645	699	1264	693	1169	505	851
<i>Pietrastretta</i>	652	911	785	978	636	797	510	461	656	1022	653	1014	472	721
<i>Graviere</i>	609	946	894	886	760	873	473	467	597	956	643	988	552	723
<i>Le Selle</i>	598	838	835	961	713	854	496	478	722	1164	474	1015	445	719
<i>Gad</i>	528	822	737	703	624	769	447	347	437	787	498	794	343	600
<i>Lago Pilone</i>	515	790	652	735	393	503	260	327	319	537	188	382	330	455
<i>Prerichard</i>	640	1018	889	867	771	1024	673	446	745	300	613	1026	564	727

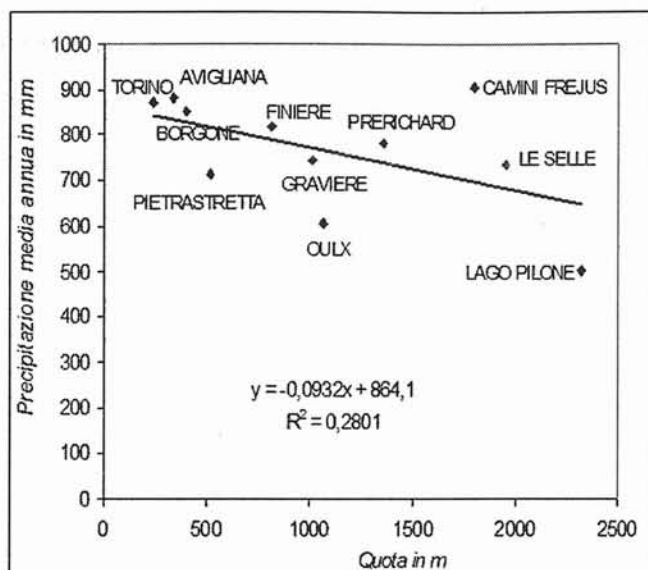


FIG. 2 - Correlazione fra quota delle stazioni e somma dei valori medi mensili di precipitazione.

manuali in cui solitamente si considera almeno un trentennio (tab. 4). Quindi, ad esempio, il valore pluviometrico medio annuo della stazione automatica di Pietrastretta, sita nel comune di Susa, è stata paragonata a quella manuale di Susa e quella di Graviere a Salbertrand e così via...

Dal confronto, risulta che i valori di precipitazione media annua esaminati coincidono quasi perfettamente nelle diverse stazioni paragonate; diversa è la situazione a Camini Frejus in cui il confronto risulta in ogni modo inappropriato perché Rochemolles si trova in un vallone in cui le condizioni fisico-geografiche cambiano notevolmente.

Regimi pluviometrici

Si è tentata una classificazione dei regimi a partire dai valori di precipitazione cumulata trimestrale in modo da avere a disposizione più di 30 misure per l'elaborazione. Si è inoltre calcolato l'andamento mensile delle precipitazioni cumulata seguendo la classificazione di Mounier in Péguy (1970).

TABELLA 4 - Confronto dei valori annuali di precipitazione (somma delle precipitazioni medie mensili) tra alcune stazioni automatiche considerate in questo lavoro e quelle manuali ottenuti da fonti diverse. A) Biancotti A. & alii (1998); B) Montacchini F. & alii (1982); C) Cati L. (1981); D) Ministero dei lavori pubblici (1959)

Stazione	Quota m	Valore mm	Stazione	Quota m	A	B	C	D
Piastretta	520	712	Susa	501	765	762	765	
Graviere	1010	745	Salbertrand	1031	775	720	725	725
Gad	1065	604	Oulx	1121		667		672
Prerichard	1353	780	Bardonecchia	1275	724		725	736
Camini Frejus	1800	905	Rochemolles	1926			815	773

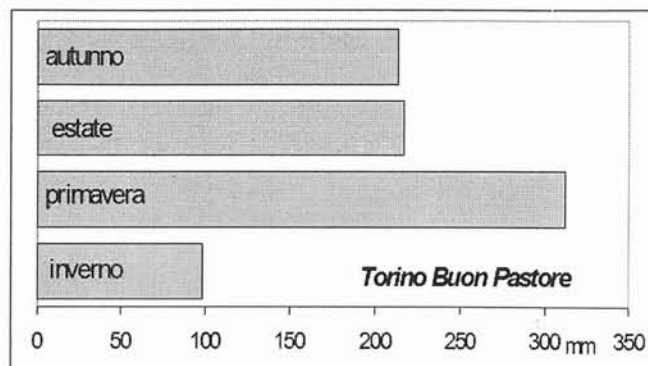


FIG. 3 - Distribuzione trimestrale delle precipitazioni secondo Mori (1969) a Torino Buon Pastore.

Dall'analisi dei dati mensili, il minimo principale si riscontra nel mese di Febbraio per tutte le stazioni considerate ad eccezione di Prerichard (fig. 3) e Le Selle, dove cade in Marzo. Le due stazioni poste nel comune di Bardonecchia e Finiere presentano un massimo di precipitazione nel mese di Ottobre. A Pietrastretta e Graviere il mese più piovoso è Aprile e poi si assiste ad un graduale spostamento del massimo principale verso il mese di Maggio per la stazione di Le Selle, di Giugno per Gad e di Settembre per Lago Pilone.

La distribuzione stagionale delle precipitazioni nelle stazioni esaminate presenta un andamento bimodale, con un minimo principale invernale e con un massimo autunnale o primaverile a seconda del luogo considerato. L'unica eccezione è Torino-Buon Pastore (fig. 4) dove il massimo principale è primaverile ed il secondario estivo.

A Camini Frejus, nel trimestre autunnale si raggiungono 330 mm di pioggia che, considerando tutte le stazioni esaminate, è il valore massimo di precipitazione raggiunto.

Nelle stazioni situate a quota inferiore (ad eccezione di Gad e Torino), il minimo trimestrale principale si presenta

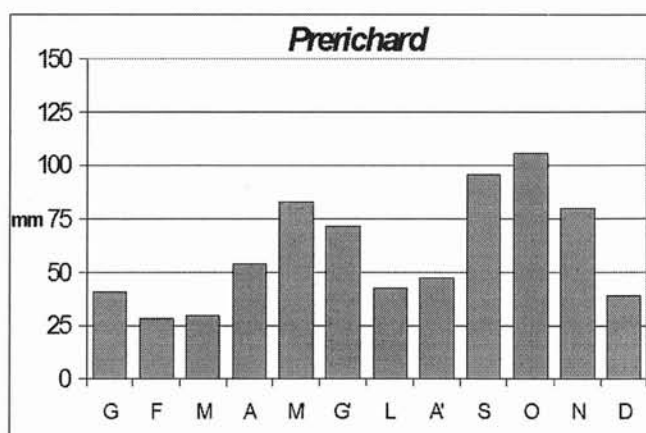


FIG. 4 - Distribuzione cumulata mensile delle precipitazioni a Prerichard, secondo Mounier (Péguy, 1970).

in Inverno, il massimo trimestrale principale in Autunno e il secondario in Primavera. Il regime risulta quindi *subalpino*.

Nelle stazioni situate a quota superiore, il minimo trimestrale principale cade in Inverno, il massimo trimestrale principale in Autunno e secondario in Estate. Il regime risulta quindi *subcontinentale*.

Precipitazioni solide

Al fine di individuare relazioni tra gli apporti nivometrici e l'aumento della portata e di livello idrometrico dei principali corsi d'acqua valsusini, si fa cenno alle condizioni di innevamento delle stazioni dotate di nivometro. Dall'analisi dell'andamento medio mensile (tab. 5), si osserva che, per buona parte delle stazioni, il mese con più neve al suolo è Gennaio, seguito da febbraio e da Marzo. Le stazioni situate a quote inferiori presentano un unico massimo nel mese di Gennaio: in tutte queste località, solo nel mese più freddo i valori di temperatura sono negativi e permettono la precipitazione e la conservazione al suolo della neve. A quote più elevate (Le Selle, 1950 m) il massimo si sposta in Febbraio. Salendo ancor di quota (Lago Pilone, 2320 m), le precipitazioni nevose risultano quasi equivalenti nei mesi di Febbraio, Marzo e Aprile, anche se il massimo cade in Marzo.

ANALISI IDROLOGICA

La risposta dei bacini idrografici alla sollecitazione meteorica viene di seguito riportata attraverso l'analisi dei dati relativi alle stazioni pluviometriche di Salbertrand, Bardonecchia e Sant'Antonino di Susa: le prime due correlate all'andamento della Dora Riparia ad Ulzio e la terza alla stazione idrometrica di Susa. I dati delle stazioni analizzate si riferiscono al periodo 1927-1969 (Regione Piemonte, 1980).

Il picco massimo del livello idrometrico e della portata si ottiene quasi sempre in Marzo e in Giugno, mese in cui si assommano l'aumento delle precipitazioni e la fusione delle nevi.

L'aumento di portata della Dora Riparia è più strettamente connesso alle precipitazioni cadute a Salbertrand, più che non a quelle di Bardonecchia.

A Bardonecchia le precipitazioni medie mensili registrate dal 1927 al 1969 sono molto simili a quelle di Salbertrand: rispettivamente 60 e 61 mm. I valori massimi di precipitazione di 438 e 407 mm si sono ottenuti nel Dicembre del 1935 (secondo massimo: Ottobre 1960 con 279.6 mm) per la stazione di Bardonecchia e nel Maggio del 1949 (con secondo massimo nell'Ottobre 1953) per Salbertrand. La portata media del periodo considerato è di 5.45 m³/s e un massimo di 37 m³/s nel giugno del 1957 (secondo massimo nel Giugno del 1969 con 31.8 m³/s).

La stazione pluviometrica di Susa registra 63.3 mm medi mensili, con un massimo di 390 mm verificatosi nel Maggio 1949 e Giugno 1957 con 334 mm. La portata media di Sant'Antonino di Susa è la più elevata tra quelle considerate e raggiunge in media 19.3 m³/s con un massimo di 111 m³/s nel giugno 1957 e 94.1 nel giugno del 1969 (fig. 5).

Dalla Provincia di Torino, si sono poi ottenuti i dati di portata e di livello idrometrico relativi ai periodi degli eventi brevi ed intensi manifestatisi nel Giugno e nell'Ottobre del 2002, anno di inizio dell'operatività delle stazioni idrometriche di monitoraggio valsusine. I dati si riferiscono al bacino della Dora Riparia per le stazioni di Oulx, Susa e Torino e a quello della Dora di Bardonecchia per la stazione di Beaulard.

Il livello idrometrico e, qualora disponibile, la portata, sono stati correlati con le precipitazioni avvenute durante gli stessi periodi. In particolare, nel 2002, si sono verificati due eventi brevi ed intensi: il primo ha interessato l'area della Val di Susa nei giorni dal 4 al 6 Giugno, mentre il secondo si è manifestato in Novembre, dal 14 al 16 (Arpa Piemonte, 2000).

Osservando l'andamento dei grafici di fig. 6, risulta evidente che l'aumento di portata e di livello idrometrico più consistenti si sono verificati nel primo evento, dove in concomitanza con l'esaurirsi del fenomeno meteorologico, si è registrato il massimo annuale di portata a Torino: 114.9

TABELLA 5 - Valori medi di spessore del manto nevoso in cm. M = media; s = stima della deviazione standard del campione

Stazione		quota	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio
Graviere	M	1010	0	2	14	22	22	9	0	0
	s		0.5	2.4	13.9	21.3	22.0	15.3	1.0	0
Le Selle	M	1950	3	10	32	57	68	67	34	5
	s		3.8	10.4	29.3	33.6	35.5	25.9	18.8	8.3
Lago Pilone	M	2320	8	26	50	72	84	89	85	42
	s		13.0	19.3	35.0	39.8	35.9	31.2	33.5	48.7
Prerichard	M	1353	0	4	16	35	34	9	0	0
	s		0.4	8.4	22.7	34.0	26.3	13.5	0.4	0
Camini Frejus	M	1800	2	12	29	57	56	37	6	0
	s		3.2	14.2	30.1	39.1	29.2	23.1	3.8	0.7
Rochemolles	M	1926	14	51	114	114	154	126	46	3

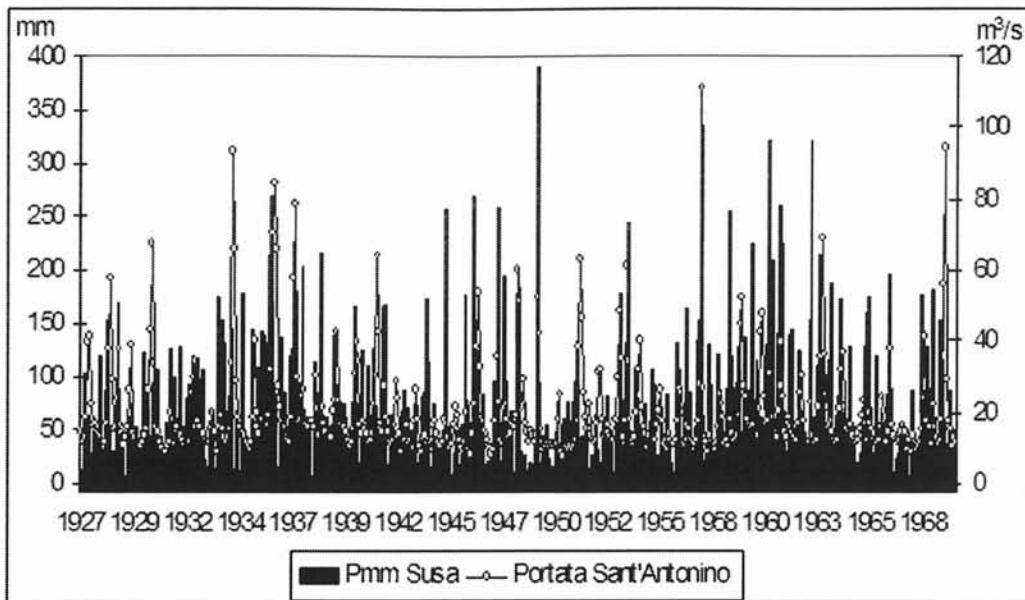


FIG. 5 - Correlazione tra i dati delle stazioni pluviometriche manuali di Susa e portata della stazione idrometrica di Sant'Antonino, nel periodo 1927-1969.

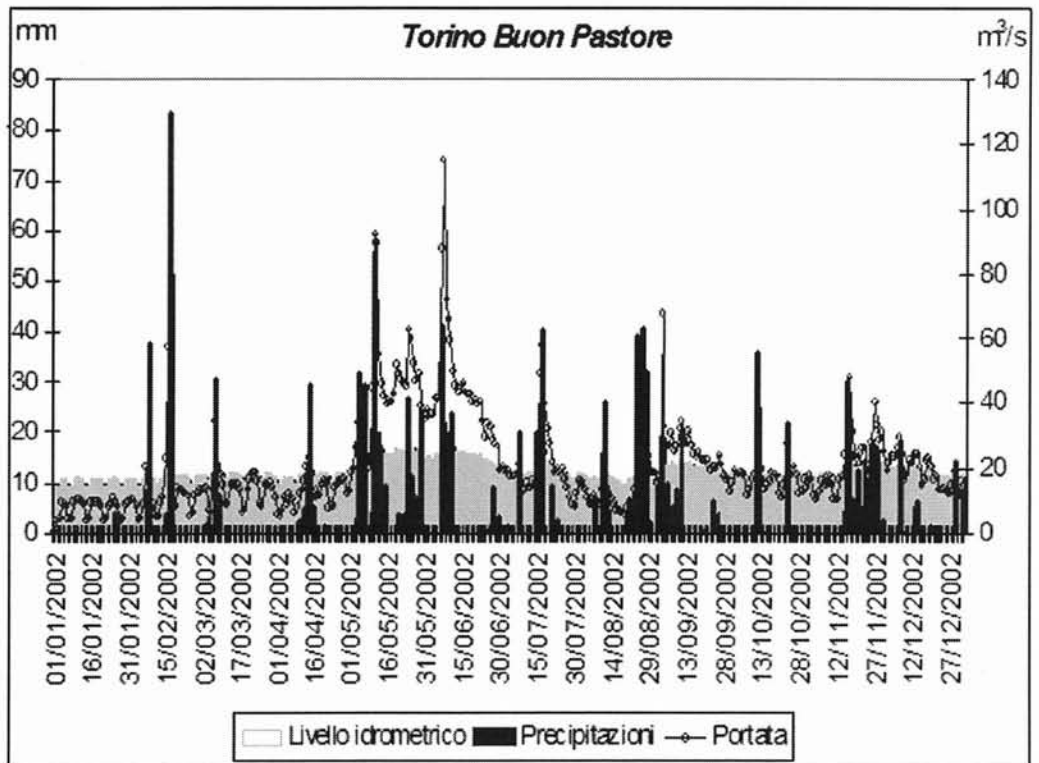


FIG. 6 - Correlazione tra precipitazioni, livello idrometrico e portata per la stazione di Torino-Buon Pastore nel 2002.

m^3/s . Si è passati da $41.7 m^3/s$ del 4 Giugno a $114.9 m^3/s$ del 6 Giugno dopo i 40 mm di pioggia concentrati nella giornata del 5 Giugno. Negli stessi giorni il livello idrometrico è passato da 1.6 m a 2.3 m, facendo registrare il massimo annuale.

Tuttavia anche il secondo evento, manifestatosi in Novembre, ha visto l'aumento sostanziale della portata della Dora Riparia da $17.5 m^3/s$ del 13 Novembre a $47.7 m^3/s$ del 16 Novembre, ultimo giorno interessato da alluvione.

Analizzando ora la situazione pluviometrica della stazione di Bardonecchia-Camini Frejus e le conseguenze idrologiche registrate alla stazione idrometrica di Beaulard, ci si rende conto che la fusione delle nevi verso la fine del mese di Aprile è la causa dell'instaurarsi dell'aumento della portata del torrente di Bardonecchia presso Beaulard. La portata aumenta di più del doppio, passando da un valore medio di 3 m³/s a circa 7 m³/s. Con l'episodio dei primi giorni di Giugno, la portata aumenta notevolmente da circa 8 m³/s di qualche giorno prima ai 15 m³/s del 6 giugno che segna la fine dell'evento. Anche il livello idrometrico del torrente di Bardonecchia passa da 0.1 a 0.4 m. L'aumento più consistente di portata si è però verificato il 24 maggio 2002 dopo la caduta di 39 mm di pioggia e ha fatto registrare il massimo annuale di 18.8 m³/s.

L'altro episodio che ha interessato l'aumento della portata del torrente di Bardonecchia è da imputarsi al 14-16 novembre in cui caddero ben 108 mm di pioggia; si passò da 4.9 m³/s il 13/11 a 8.9 m³/s il 16/11 e da -0.01 m a 0.2 m di livello idrometrico.

Per valutare i valori di precipitazione della stazione di Gad, si è considerato il livello idrometrico della Dora Riparia ad Oulx: solitamente, come accade per le altre stazioni, l'aumento del livello idrometrico si manifesta con il raggiungimento del picco massimo di precipitazione, ad eccezione di Giugno, dove l'aumento del livello si verifica soltanto 5 giorni dopo l'esaurirsi degli apporti meteorici. È probabile un aumento dovuto anche alla fusione della neve da Salice d'Ulzio-Lago Pione che in maggio presenta ancora uno spessore medio del manto nevoso di 42 cm (anni 1991-2003).

Per quanto concerne invece la stazione di Susa-Pietrastretta, risulta che il livello idrometrico della Dora Riparia a Susa si eleva leggermente da 1.1 a 1.3 m in concomitanza con l'evento del 14-16 Novembre in cui caddero 51 mm.

La distribuzione mensile della precipitazione nevosa è strettamente connessa con il regime pluviometrico e soprattutto con quello della temperatura come dimostra il fatto che la Primavera risulta più nevosa dell'Autunno proprio perché le temperature medie che si registrano da Marzo in poi sono di solito più basse di quelle che precedono il minimo termico invernale di Gennaio.

Il regime nivometrico perciò non si presenta simmetrico rispetto al periodo di freddo più intenso (mese di Gennaio) in quanto le cadute di neve sono più abbondanti nella Primavera rispetto all'Autunno. Per questo motivo, sono molto più pericolosi i mesi di Maggio e di Giugno per l'instaurarsi di fenomeni di aumento repentino di portata e livello idrometrico connessi sia alle precipitazioni elevate e costanti in questi mesi sia al maggior apporto e contributo della fusione delle coltri nevose.

Valutazione delle risorse idriche della Valle di Susa

La quantificazione dei volumi d'acqua disponibili rappresenta una delle basi indispensabili per una corretta e razionale utilizzazione del patrimonio idrico. Detta quantificazione viene effettuata calcolando il bilancio idrologico del dominio idrogeologico in cui è compreso il territorio in studio.

$$P^* = E_R + R + I$$

dove:

P = quantitativi d'acqua di precipitazione (in mm/a);

E_R = quantitativi d'acqua di evapotraspirazione reale (in mm/a);

R = quantitativi d'acqua di ruscellamento superficiale (in mm/a);

I = quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace (in mm/a).

Le acque di ruscellamento (R) danno origine alle risorse idriche superficiali, le quali vengono convogliate più o meno velocemente verso i corsi d'acqua. Le acque di infiltrazione efficace (I) rappresentano le risorse idriche sotterranee, le quali defluiscono più o meno lentamente verso ben determinati punti di recapito naturale quali le sorgenti, i fiumi, i laghi e che generalmente si uniscono alle acque di ruscellamento superficiale. Ne deriva che le misure di portata eseguite nei fiumi consentono di valutare le risorse idriche globali del bacino idrologico o idrogeologico relativo alla sezione di chiusura. Il deflusso idrico globale (D), espresso in mm/a di altezza d'acqua, è dato da:

$$D = R + I$$

È stato calcolato il bilancio idrologico sul bacino della Valle di Susa con chiusura alla stazione idrografica di Sant'Antonino (superficie pari a 1072 km²). Partendo dai dati pluviometrici medi annui (Biancotti & alii, 1998), che hanno consentito la realizzazione di una relativa cartografia informatizzata, si è calcolata la precipitazione media annua, relativa a tale bacino, col metodo delle isoiete (tab. 6): le altezze di precipitazione, misurate in corrispondenza dei singoli pluviometri, sono state interpolate con il metodo del kriging a costruire una carta delle isoiete, dalla quale è risultato che gli afflussi medi annui P sono pari a 886 mm. I deflussi globali sono stati calcolati a partire dai dati di portata registrati alla stazione di Sant'Antonino negli anni 1936-1970 (Regione Piemonte, 1980) che forniscono un valore medio annuo di 19.3 m³/s. I dati concordano con quelli rilevati dalle nuove stazioni idrometriche installate nel 2002. Il deflusso globale è stato ricavato calcolando il volume di acqua defluita in un anno attraverso la sezione di chiusura considerata e dividendolo per l'area del bacino sotteso; tale deflusso è risultato pari a 568 mm.

TABELLA 6 - Calcolo della precipitazione media annua col metodo delle isoiete

Fasce pluviometriche	Area (km ²)	Precipitazione media (mm)	Afflussi (m ³)
da 800 mm a 844 mm	478.6	822	393.373.442
da 844 mm a 888 mm	91.3	866	79.051.505
da 888 mm a 932 mm	263.1	910	239.439.868
da 933 mm a 977 mm	46.3	955	44.194.495
da 978 mm a 1022 mm	167.0	1000	166.963.966
da 1022 mm a 1066 mm	11.9	1044	12.450.044
da 1067 mm a 1111 mm	13.9	1089	15.157.367
TOTALE	1072.0	TOTALE	950.630.687

Precipitazione media annua = 886 mm

TABELLA 7 - Complessi idrogeologici affioranti nel bacino della Val di Susa (con chiusura alla stazione idrometrica di Sant'Antonino) e relativi coefficienti di infiltrazione

	Litologia	Tipo di permeabilità	Grado di permeabilità	Area (km ²)	Coefficiente di infiltrazione potenziale %
Substrato prequaternario	Ofiolti, quarziti, scisti anagenetici, micascisti e gneiss di vario tipo	fratturazione	da molto basso a basso	197.3	10
	calcescisti, calcescisti filladici e filladi con livelli di marmi	fratturazione e microcarsismo	da molto basso a basso	367.5	10
	Arenarie, scisti arenaci, puddinghe e filladi carboniose	fratturazione	da basso a medio-basso	5.3	25
	dolomie e metadolomie	fratturazione e carsismo	da medio basso a buono	76.7	50
	calcarei e calcari dolomitici	fratturazione e carsismo	da medio basso a elevato	8.7	60
	gessi, anidriti e carniole	fratturazione e carsismo	da medio a elevato	4.6	60
Quaternario	Depositi glaciali di ablazione e alloggiamento	porosità	da medio a elevato	168.2	60
	Coni e fasce detritiche, accumuli di frana	porosità	elevato	172.9	80
	depositi alluvionali antichi e recenti	porosità	elevato	68.1	80
	depositi lacustri, talvolta torbosi	porosità	basso	2.5	10

Sottraendo il deflusso globale alle precipitazioni, si ricava un'evapotraspirazione reale di 318 mm, da cui risulta un coefficiente di evapotraspirazione di 0.36 e un coefficiente di deflusso pari a 0.64.

Per valutare la ripartizione dei deflussi globali in deflussi superficiali (ruscellamento) e deflussi sotterranei (infiltrazione) si è utilizzato il metodo del coefficiente di infiltrazione potenziale. Le litologie affioranti nell'area di studio sono state raggruppate per tipo e grado di permeabilità; quindi, ad ogni complesso idrogeologico così definito, è stato associato un coefficiente di infiltrazione potenziale (tab. 7). Dalla media ponderale dei vari coefficienti di infiltrazione relativi ai diversi complessi affioranti, si è ricavato un coefficiente d'infiltrazione potenziale dell'intero bacino pari a 0.38, dal quale risulta un deflusso superficiale di 350 mm e un deflusso sotterraneo pari a 218 mm.

Tale bilancio rivela come le risorse idriche della Valle di Susa siano in gran parte legate al reticolo idrografico e come solo un'aliquota poco rilevante sia legata a circuiti sotterranei. Una corretta gestione di tale risorse deve quindi prevedere un utilizzo sostenibile delle risorse idriche superficiali, in modo da non impoverire le portate dei corsi d'acqua al di sotto del deflusso minimo vitale, e deve tutelare dagli inquinamenti provenienti dall'attività antropica, lo scarno ma prezioso patrimonio idrico sotterraneo.

BIBLIOGRAFIA

- ARPA PIEMONTE (2000) - *Eventi alluvionali in Piemonte. Evento alluvionale regionale del 13-16 ottobre 2000*. Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, 327 pp.
- BIANCOTTI A., BELLARDONE G., BOVO S., CAGNAZZI B., GIACOMELLI L. & MARCHISIO C. (1998) - *Distribuzione regionale di piogge e temperature*. Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteorografico e Reti di Monitoraggio, Dipartimento di Scienze della Terra, 80 pp.
- CATI L. (1981) - *Idrografia ed idrologia del Po*. Pubbl. n. 19 dell'Ufficio Idrografico del Po. Roma, 17-91.
- FRATIANNI S. & MOTTA L. (2002) - *Andamento climatico in Alta Val di Susa negli anni 1990-1999*. Collana studi climatologici in Piemonte, vol. 4, 91 pp.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, SERVIZIO IDROGRAFICO (1959) - *Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950*. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma. Pubbl. n. 24 del Servizio - Fascicolo XII c), 140-144.
- MONTACCHINI F., CARAMIELLO-LOMAGNO R., FORNERIS G. & PIERVITTORE R. (1982) - *Carta della vegetazione della Valle di Susa ed evidenziazione dell'influsso antropico*. C.N.R. Collana del Programma finalizzato «Promozione della qualità dell'ambiente», 114 pp.
- MORI A. (1969) - *Carta del regime delle precipitazioni*. CNR, Roma.
- PEGUY CH.P. (1970) - *Précis de Climatologie*. Masson, Paris.
- REGIONE PIEMONTE (1980) - *Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese*. Tabulati, voll. 1 e 2.