

**VARIAZIONI DEI GHIACCIAI ITALIANI 1998-99 (\*)**  
**FLUCTUATIONS OF THE ITALIAN GLACIERS 1998-99 (\*\*)**

bacino e n. catasto basin and n. of Inv.	ghiacciaio glacier	variazione fluctuation	quota fronte snout elevat.	bacino e n. catasto basin and n. of Inv.	ghiacciaio glacier	variazione fluctuation	quota fronte snout elevat.	
Stura di Demonte-Po 1 2 6	Clapièr	- 23.5 (1997)	2615	399	Orient. della Rasica	0	2800	
	Peirabróc	- 3.5 "	2440	408	Predarossa	- 30.5	2625	
	Gelas	- 14 (1995)	2720	411	Orient. di Cassandra	- 14	2720	
					" lobo destro	- 3	—	
					416	Ventina	- 7	2205
					419	Disgrazia	- X	2330
Varaita-Po 13	Inf. di Vallanta	- 4.5	2755	422	Sissone	- 7.5	2620	
				433	Superiore di Scerscen	- 27	2560	
Rio dei Quarti-Po 20	Sup. di Coolidge	- 2 (1988)	3100	435	Caspoggio	- X	2650	
				439	Occidentale di Fellaria	- 18	2550	
Dora Riparia-Po 29	Agnello	- 14 (1997)	—	440	Orientale di Fellaria	- 7	2540	
				443	Pizzo Scalino	- 15	2595	
Stura di Lanzo-Po 35 36 37 40 42 43 46 47 49	Rocciamelone	- 0	3030	473	Orient. di Dosdè	- 11.5	2580	
	Bertà	- 15	2920	476	Orient. di Val Viola	- 2	2835	
	Pera Ciavàl	- 0.5	2970	477	Occident. di Val Viola	- 5.5	2820	
	Bessanese	- 1.5	2580	482	Vitelli	- 10	2560	
	Collerin d'Arnas	- 1	2950	494	Occident. dei Castelli	0	2710	
	Ciamarella	- 6.5	3070	502	Gran Zèbrù	—	3005	
	Sea	- 1	2688		(ramo occidentale)	- 1	—	
	Mer. del Mulinet	- 5	2510		(ramo centrale)	- 6.5	—	
	Martellot	- 5.5	2440	503	Cedèc	—	2660	
					(lobo meridionale)	- 14	—	
Orco-Po 57 61 64 69 72 80.1 81	Centr. e Occ. di Nel	- 21	2570	506.1	Rosole	- 135	2945	
	Capra	- 7 (1990)	2450	507	Col della Mare 1	0	2735	
	Basei	- 1	2950	507.1	Palon della Mare	—	2990	
	Broglio	- 3	2975	511	(lobo orientale)	- 3	—	
	Occ. di Noaschetta	- 8	3080		(lobo centrale)	- 7	—	
	Valsoera (settore N)	0	3000		Forni	- 26	2465	
	Ciardoney	- 10.5	2850		Trezero	—	3000	
					(lobo settentrionale)	- 0	—	
					(lobo meridionale)	- 5	—	
					512.1	Dosegù	- 27.5	2800
Dora Baltea-Po 101 103 109 110 111 112 113 115 116 127.1 131 133 134 138 140 142 143 144 145 146 147 155 160 161 162 163 181 185 189 198 200 201 202 203 208 232 235 261 266 272 280 289 304 306 308 311	Arolla	- 2	2840	516	Sforzellina	- 4	2790	
	Valeille	+ 1	2675	519	Mer. dell'Alpe	- X	3100	
	Coupé di Money	- 38.5	2660	541	Marovin	- 4	2025	
	Money	- 30.5	2640	543	Lupo	- X	2410	
	Grand Croux	- 13	2430	549	Porola	- X	2345	
	Tribolazione	- 61.5	2605	576	Or. del Pisgana	- 18.5	2560	
	Dzasset	- 3.5	2950	581	Venerocolo	- 8	2560	
	Gran Val	- 2	3105	603	Corno Salarno	- 14.5	2550	
	Lauson	- 3	2965	604	Salarno	ST	2730	
	Occ. del G. Neyron	- 54 (1980)	2820					
	Moncorvè	- 8.5	2870		Sarca-Mincio-Po			
	Occ. del Breuil	- 52.5	2705		633	Niscli	- 15.5	2590
	Grand Etrèt	- 10.5	2630		634	Lares	- 17.5	2600
	Aouillè	- 3 (1973)	3060		637	Lobbie	- 17	—
	Sett. di Entrélor	- 1	2820		639	Mandron	- 16.5	—
	Vaudaletta	- 4	2950		640	Occ. di Nardis	+ 2.5	2790
	Gran Vaudala	- 7	2950		644	Arnola	- 15	—
	Lavassey	- 32	2690		646	Mer. di Cornisello	- 25.5	—
	Orientale del Fond	- 9	2695		650	Tuckett	- 4	2360
	Occidentale del Fond	- 4	2690		656	Camosci	0	—
	Soches-Tsanteleina	- 16	2705		657	Agola	- 3.5	2590
	Torrent	- 21 (1997)	2620					
	Rabugne	- 3	2960		Adige			
	Monte Forciáz	- 14.5	2850		678	Presanella	- 4.5	—
	Invergnan	- 2	2610		697	Vedretta Rossa	- 70.5 (1997)	2720
	Giasson	- 12	2750		698	Vedretta Venezia	- 42	2785
	Château Blanc	+ 41.5 (1973)	—		699	La Mare	+ 2.5	2590
	Usselettes	- 1.5	2870		723	Or. delle Monache	- 13	2740
	Rutor	- 6	2480		730	Vedretta Alta	- 13	2695
	Valaisan	- 9 (1997)	—		731	Forcola	- 33	2645
	Mer. di Argurey	- 7	2690		732	Cevedale	- X	2635
	Sett. di Argurey	- 4.5	2620		733	Vedretta Lunga	- 28	2650
	Mer. del Breuil	- 1.5	2590		749	Di Dentro di Zai	- 6.5	2955
	Sett. del Breuil	+ 2	2780		750	Di Mezzo di Zai	- 16.5	2880
	Estellette	+ 5	2385		751	Di Fuori di Zai	- 15 (1997)	—
	Orient. di Gruetta	- 4	2530		777	Rosim	- 3	2870
	Prè de Bar	- 16	2073		778	Vallolunga	- 82 ? (1995)	2395
	Peitès Murailles	- 29 (1998)	3030		828	Barbadorlo di D.	- 197 (1993)	2690
	Nord-Occ. di Balanselmo	- 117.5	2500		829	Croda Rossa	- 6 (1997)	2722
	La Roisette	- 6 (1997)	—		875	Tessa	0	2698
Jumeaux	- 7	2650		876	Malavalle	- 6	2525	
Vallournenche	- 6	2990		889	Pendente	- 1	2620	
Lys	- 13	2355		893	Quaira Bianca	- 9	2575	
Indren	- 5	3060		902	Gran Pilastrò	- 19.5	2465	
Netscho	- 5	2770		913	Or. di Neves	- 18	2570	
Bors	0	—		919	Lana	- 6	2240	
				920	Valle del Vento	- 24.5	2475	
				927	Rosso Destro	- 7.5	2520	
				929	Collallo	- 4	2515	
				930	Centr. d. Gigante	- 31 (1997)	2535	
				941	Gigante Occ.	- 2.5	2610	
					Marmolada	—	—	
					(fr. orientale)	- 6.5 (1997)	—	
					(fr. centrale)	- 2.5 (1996)	2550	
					(fr. occidentale)	- 12 (1997)	—	
				947	Travignolo	- 6 (1996)	2280	
				950	Fradusta	- 7.5 (1997)	2640	
				Piave				
				966	Sup. dell'Antelao	- 4 (Val Antelao)	2510	
				967	Inf. dell'Antelao	- 5.5	2340	
				Tagliamento				
				981	Occ. di Montasio	- 32.5 (1994)	1880	
				984	Or. del Canin	- 31	2180	

SETTORE PIEMONTESE-VALDOSTANO  
PIEDMONT-VAL D'AOSTA SECTOR

La campagna glaciologica 1999 si è svolta regolarmente, con la collaborazione di 33 operatori, che hanno visitato complessivamente 134 ghiacciai (3 in più rispetto al 1998); di questi 83 sono stati oggetto di misurazioni (7 per la prima volta); per 2 ghiacciai è stato eseguito il rilievo topografico completo della fronte.

La distribuzione fra i vari sotto-settori alpini è la seguente:

Sotto-settori	GHIACCIAI					
	Osservati	Misurati	Misurati per la prima volta	In progresso	In regresso	Stazionari
Alpi Marittime	4	3	-	-	3	-
Alpi Cozie	5	4	1	-	3	-
Alpi Graie	75	56	3	4	47	2
Alpi Pennine	40	17	3	-	13	1
Alpi Lepontine	10	3	-	-	2	1
TOTALI	134	83	7	4	68	4

Nelle Alpi Marittime continua il progressivo disfaccimento delle poche unità glaciali rimaste, sulle quali è stato rilevato un innevamento residuo nullo, a causa anche delle abbondanti piogge nella tarda primavera; particolarmente marcato il ritiro del Ghiacciaio del Clapier (1).

Nelle Alpi Cozie si è colmata la nicchia di distacco del crollo del Luglio 1989 sul Ghiacciaio Superiore di Coolidge (20), ma sia questo sia gli altri apparati sono in forte ritiro; da segnalarsi, in particolare, la formazione di tavole glaciali e di un laghetto frontale sul Ghiacciaio dell'Agnello (29). Valori negativi pure per i ghiacciai delle Alpi Graie Meridionali; un piccolo lago si è formato anche sul ghiacciaio sospeso della Croce Rossa (38), fra le rocce sommitali della cresta Nord ed il margine glaciale (3500 m); crolli di tunnel subglaciali ed ampliamenti di finestre rocciose (Ghiacciai di Pian Gias (41) e di Collierin d'Arnas (42)), nonché l'affioramento di un vecchio segnale rimasto sepolto per oltre un trentennio (Ghiacciai Centrale ed Occidentale di Nel (57)), sono ulteriori sintomi della perdita di massa globale in atto. Si segnala inoltre il ritrovamento e l'esplorazione di un pozzo glaciale profondo circa 35 m, nel settore mediano del Ghiacciaio di Ciardoney (81), oggetto anche di misure di bilancio di massa.

Nel Gruppo del Gran Paradiso si ha l'unico valore positivo, rispetto all'anno precedente, di tutto il Settore Piemontese-Valdostano (Ghiacciaio di Valeille (103)); tutte le altre unità sono in ritiro, con un valore massimo assoluto, per tutto il Settore, di 61.5 m (media di due segnali frontali), rispetto al 1998, per il Ghiacciaio della Tribolazione (112); anche in questo Gruppo si hanno cospicui sintomi di riduzione di massa, quali la formazione di un grande lago alla fronte del Ghiacciaio Occidentale del Gran Neyron (127.1), non più osservato dal 1982.

Nel Gruppo Teu Blanc-Granta Parei il Ghiacciaio di Auouillé (138) si è ritirato di 3 m rispetto al 1973, anno dell'ultima misurazione, già corrispondente ad una fase di minimo prima dell'espansione del 1972-1986; al contrario, la fronte del Ghiacciaio di Chateau Blanc (181), nel Gruppo del Rutor, risulta ancora 41.5 m più avanzata rispetto alla posizione raggiunta nel 1973.

Nel Gruppo del Monte Bianco e nell'adiacente Miravidi-Lechaud si sono registrati i due unici valori positivi, su breve periodo di tempo (2 anni), delle Alpi Graie Settentrionali: si tratta dei

Ghiacciai Settentrionale del Breuil (203) e di Estellette (208), avanzati rispettivamente di 2 e 5 m rispetto al 1997, forse a causa delle condizioni climatiche moderatamente favorevoli al glacialismo verificatesi in questa zona nell'annata 1998-99. Un rallentamento del ritiro è riscontrabile, grazie al rilievo topografico dettagliato della fronte, anche al Ghiacciaio di Pré de Bar (235), con un valore medio frontale di 16 m contro i 21 m del 1998; tuttavia, è prevedibile che, continuando l'attuale tendenza regressiva, si verifichi, in un prossimo futuro, la separazione fra il bacino alimentatore e la parte inferiore del ghiacciaio.

Anche i ghiacciai delle Alpi Pennine sono in forte regresso, con valori che raggiungono quasi i 120 m, rispetto al 1997, per il Ghiacciaio Nord-occidentale di Balanselmo (266). Il Ghiacciaio dei Jumeaux (280) ha subito, nella sua intera massa, uno scivolamento verso il basso, che potrebbe preludere ad un disastroso crollo, data la mancanza di aderenza al substrato roccioso.

Ritiro generalizzato anche nel Gruppo del Monte Rosa; la fronte del Ghiacciaio del Lys (304) è ormai arretrata anche rispetto al minimo del 1971, condizione mai osservata dal 1812. Crolli alla fronte del Ghiacciaio Settentrionale delle Loccie (321) hanno creato, o ingrandito, una notevole porta glaciale. La forte deposizione di morenico, insieme all'abbassamento globale della superficie del Ghiacciaio del Belvedere (325), nasconde ormai il ghiaccio in corrispondenza dello sfondamento della morena laterale, verificatosi nel 1979.

Crolli di ghiaccio sono stati osservati alle fronti dei Ghiacciai Occidentale di Roffel (330), Settentrionale di Andolla (336) e del Monte Leone (337); in quest'ultimo è prevedibile un prossimo distacco della porzione inferiore dal corpo del ghiacciaio.

Per quanto riguarda le Alpi Lepontine, si segnala la formazione di un pozzo glaciale un centinaio di m a monte della fronte del Ghiacciaio Meridionale di Hohnsand (356), ormai completamente emersa dal bacino artificiale dei Sabbioni.

*The 1999 glaciological survey was carried out regularly by 33 collaborators, who examined a total of 134 glaciers (3 more than in 1998). Of these, 83 were measured (7 for the first time); in 2 glaciers, complete topographic surveys of the snout were carried out. Distribution among the various Alpine subsectors is as follows:*

Subsectors	GLACIERS					
	Observed	Measured	Measured for 1 <sup>st</sup> time	Advancing	Retreating	Stationary
Maritime Alps	4	3	-	-	3	-
Cottian Alps	5	4	1	-	3	-
Graian Alps	75	56	3	4	47	2
Pennine Alps	40	17	3	-	13	1
Lepontine Alps	10	3	-	-	2	1
TOTAL	134	83	7	4	68	4

*In the Maritime Alps, progressive dismantling of the few remaining glaciers continues. Nil residual snow cover was recorded on them, partly due to abundant rain in late spring. The retreat of the Ghiacciaio del Clapier (1) is particularly marked.*

*In the Cottian Alps, the scar left by the collapse of July 1989 on the Ghiacciaio Superiore di Coolidge (20) has been filled in, but both this glacier and others are retreating fast. In particular, of note is the formation of a small marginal lake on the Ghiacciaio dell'Agnello (29).*

SETTORE LOMBARDO  
LOMBARDIA SECTOR

Negative values are also recorded for the glaciers of the Southern Graian Alps, and a small lake has also formed on the hanging Ghiacciaio della Croce Rossa (38), among the summit rocks of the northern crest and the glacial margin (3500 m). Subglacial tunnel collapses and amplifications of rocky «windows» (Ghiacciaio di Pian Gias, 41, and Ghiacciaio di Collerin d'Arnas, 42), as well as the emergence of an old signal which had been buried for more than 30 years (Ghiacciai Centrale and Occidentale di Nel, 57 and 58) are further symptoms of the continuing loss of overall mass.

Also reported is the finding and exploration of a glacial moulin about 35 m deep, in the median sector of the Ghiacciaio di Ciardoney (81), subjected to mass balance measurements.

In the Gran Paradiso group, there was only one positive value with respect to the preceding year, throughout the Piedmont-Val D'Aosta sector (Ghiacciaio di Valeille, 103). All the other glaciers are retreating, with an absolute maximum value for the whole sector of 61.5 m (mean of two snout signals) with respect to 1998, for the Ghiacciaio della Tribolazione (112). In this group too, there are conspicuous symptoms of mass reduction, such as the formation of a lake at the snout of the Ghiacciaio Occidentale del Gran Neyron (127.1), not observed since 1982.

In the Teu Blanc-Granta Parei group, the Ghiacciaio di Aouillié (138) has retreated by 3 m with respect to 1973, the last year it was measured, corresponding to a minimum phase before the expansion of 1972-86. Instead, the snout of the Ghiacciaio di Château Blanc (181) in the Rutor group, is still 41.5 m further forward than the position it had reached in 1973.

The only two positive values were recorded in the Mont Blanc and adjacent Miravidi-Lechaud groups, over a short period of time (2 years) in the Northern Graian Alps: the Ghiacciaio Settentrionale del Breuil (203) and the Ghiacciaio di Estellette (208), advanced respectively by 2 and 5 m over 1997 values, perhaps due to the climatic conditions which were moderately favourable to glacialism in this area in 1998-99. Slowed retreat is noticeable, thanks to the detailed topographic survey of the snout, also in the Ghiacciaio di Pré de Bar (235), with a mean snout value of 16 m, as opposed to 21 m in 1998; however, if the current tendency toward retreat continues, separation between the accumulation basin and the lower part of the glacier is expected to occur in the near future.

The glaciers of the Pennine Alps are also in strong retreat, with values which almost reach 120 m with respect to 1997 for the Ghiacciaio Nord-occidentale di Balanselmo (266). The entire mass of the Ghiacciaio dei Jumeaux (280) has slipped downwards, possibly preluding a disastrous collapse, in view of its lack of adherence to the rocky substrate.

Retreat is also generalized in the Monte Rosa group. The snout of the Ghiacciaio del Lys (304) has now retreated even with respect to the 1971 minimum, a condition never observed since 1812. Collapses at the snout of the Ghiacciaio Settentrionale delle Loccie (321) have created, or enlarged, a large ice cave.

Considerable moraine deposits, together with the overall lowering of the surface of the Ghiacciaio del Belvedere (325), now hides the ice near the breach of the lateral moraine, which took place in 1979.

Ice falls were observed at the snouts of the Ghiacciaio Occidentale di Roffel (330), Ghiacciaio Settentrionale di Andolla (336) and Ghiacciaio del Monte Leone (337). In the latter case, detachment of the lower portion from the glacier body is expected in the near future.

In the Lepontine Alps, the snout of the Ghiacciaio Meridionale di Hobsand (356) has completely emerged from the waters of the Sabbioni reservoir.

Sono riportate le relazioni relative a 40 ghiacciai campione, misurati o solo osservati da 26 operatori glaciologici; suddivise per gruppi montuosi, le relazioni sono così distinte:

Tambò-Stella	2	ghiacciai
Badile-Disgrazia	7	»
Bernina	6	»
Piazzì-Campo	4	»
Ortles-Cevedale	13	»
Orobìe	3	»
Adamello	5	»

Sono state misurate le variazioni frontali di 32 ghiacciai, mentre per otto apparati vengono presentate solo osservazioni descrittive. Quest'anno non è stato purtroppo possibile osservare il grande Ghiacciaio dell'Adamello. Si è reso necessario posizionare nuovi segnali alla fronte di due ghiacciai e modificare gli azimut di riferimento rilevati da un paio di caposaldi. Le misure sono riferite quasi esclusivamente al 1998 (31 casi) e in un solo caso al 1997. Per alcuni ghiacciai, le misure riferite allo scorso anno vengono integrate dal controllo di segnali che non è stato possibile misurare nel 1998 (misure riferite al 1997 o 1996). Il Servizio Glaciologico Lombardo ha proseguito il monitoraggio e l'osservazione di un campione più numeroso di ghiacciai delle Alpi Centrali.

Dal punto di vista dinamico, i risultati si possono così sintetizzare:

ghiacciai in ritiro	28 (87.5% dei ghiacciai misurati)
» stazionari	4 (12.5% » )
» in avanzata	0 —

Per quanto concerne i ghiacciai campione solo osservati, due sembrano stabili e sei mostrano evidenze di contrazione.

Anche nel 1999 si è pertanto registrato un generalizzato arretramento dei ghiacciai lombardi, mentre nessun apparato registra la sia pur minima avanzata. Alla fine della stagione estiva, oltre venti ghiacciai campione si sono trovati fortemente penalizzati nella zona di accumulo o, addirittura, risultano completamente sprovvisti di neve residua, con conseguenti perdite di massa che hanno interessato anche il nevato e il ghiaccio sottostante. Solo alcuni dei bacini che si sviluppano alle quote più elevate (oltre i 3400 m), nei Gruppi Bernina e Ortles-Cevedale, risultano un po' meglio alimentati. Il limite delle nevi risale pertanto inesorabilmente e si trova alcune centinaia di m al di sopra delle quote raggiunte negli ultimi decenni. Come conseguenza diretta, interi apparati si trovano completamente al di sotto del limite annuo delle nevi.

Riduzioni areali dei bacini d'accumulo hanno caratterizzato quasi la metà dei ghiacciai controllati. Le riduzioni areali sono accompagnate da evidenti allargamenti delle finestre rocciose e dalla concentrazione di detrito alle fronti.

Quattro ghiacciai (Pizzo Ferrè, Gruppo Tambò-Stella; Rosole e Meridionale dell'Alpe, Gruppo Ortles-Cevedale; Pisgana Orientale, Gruppo Adamello) subiscono consistenti distacchi di porzioni frontali, anche superiori al centinaio di m. Numerosi altri ghiacciai registrano distacchi di blocchi di ghiaccio nei pressi delle fronti, con abbandono di consistenti placche di ghiaccio morto. La decisa contrazione ha determinato l'evidente appiattimento di una quindicina di fronti e lo smagrimento della zona di ablazione di una ventina di ghiacciai. Una decina di apparati presenta fronti suddivise in lobi e altrettante sono le lingue coperte

di detrito, localmente accompagnate da coni di ghiaccio (oltre a quelli ben noti del Ghiacciaio Occidentale di Pisgana si segnalano quelli alla fronte del Ghiacciaio Orientale della Rasica).

In aumento l'estensione dei laghi proglaciali che, in alcuni casi, impediscono la misura delle variazioni frontali.

La fase negativa è ben documentata dal bilancio di massa di tre ghiacciai appartenenti ad altrettanti gruppi montuosi, che mostrano perdite paragonabili o addirittura superiori a quelle dello scorso anno, tra i più negativi degli ultimi decenni. Il Ghiacciaio della Ventina (Gruppo del Badile-Disgrazia), il Ghiacciaio del Pizzo Scalino (Gruppo del Bernina) e il Ghiacciaio della Sforzellina (Gruppo dell'Ortles-Cevedale) sono stati interessati, rispettivamente, da perdite nette di 1377 mm, 1759 mm e 1209 mm di equivalente in acqua.

Tutti i ghiacciai vallivi sono in ritiro, con valori massimi superiori al centinaio di m e in molti altri casi di ordine pluri-decennale. Il Ghiacciaio dei Forni arretra ancora di 26 m e valori superiori a 10 m sono frequenti tra i ghiacciai del settore lombardo dell'Ortles-Cevedale, il gruppo montuoso che anche quest'anno sembra avere maggiormente sofferto delle sfavorevoli condizioni meteorologiche.

Tutti i ghiacciai del Gruppo del Bernina sono in ritiro e lo stesso vale per quelli del Gruppo Badile-Disgrazia, ad eccezione del Ghiacciaio Orientale della Rasica, stabile alla fronte, ma in evidente contrazione.

I ghiacciai delle Alpi Orobiche arretrano alle fronti e mostrano riduzioni areali anche nei bacini di accumulo.

Le effluenze del grande Ghiacciaio dell'Adamello continuano a contrarsi o a ridurre il proprio spessore, e lo stesso fanno gli altri ghiacciai minori dell'omonimo gruppo montuoso.

La dolina in ghiaccio formatasi lo scorso anno sul Ghiacciaio Occidentale di Fellaria, nel Gruppo del Bernina, ha raggiunto la fronte. Una forma analoga si è formata quest'anno sulla lingua del Ghiacciaio dei Forni.

*Reports on 40 glaciers are made here, measured or only observed by 26 operators. Subdivided by mountain group, the reports are as follows:*

<i>Tambò-Stella</i>	2	<i>glaciers</i>
<i>Badile-Disgrazia</i>	7	»
<i>Bernina</i>	6	»
<i>Piazz-Campo</i>	4	»
<i>Ortles-Cevedale</i>	13	»
<i>Orobiche</i>	3	»
<i>Adamello</i>	5	»

*The snout variations of 32 glaciers were measured; descriptive observations only were made for 8. This year, unfortunately, it was not possible to observe the large Ghiacciaio dell'Adamello. It was necessary to position new signals near the snouts of two glaciers and change the reference azimuths measured by two benchmarks. Nearly all measurements (32 cases) refer to 1998, and only one to 1997. For some glaciers, measurements referring to 1998 were completed by checking of signals which could not be carried out in 1998 (measurements referring to 1997 or 1996). The Servizio Glaciologico Lombardo continued its monitoring and observation of a larger number of sample glaciers in the Central Alps.*

*From the dynamic viewpoint, results may be summarized as follows:*

<i>retreating glaciers</i>	28	(87.5% of recorded examples)
<i>stationary glaciers</i>	4	(12.5% » )
<i>advancing glaciers</i>	0	—

*As regards glaciers subjected only to observations, two appear to be stable and six show signs of reduction.*

*In 1999 too, therefore, there was generalized retreat by the Lombard glaciers; none registered even minimum advance. At the end of the summer, the accumulation areas of more than 20 glaciers had been greatly affected or were even completely without residual snow, with consequent mass losses which also involve the firn and underlying ice. Only some of the highest basins (at altitudes of more than 3400 m) in the Bernina and Ortles-Cevedale groups turn out to be slightly better fed. The snow line thus rises inexorably and is some hundreds of metres above the altitudes reached in recent decades. A direct consequence of this is that entire glaciers are now completely under the annual snowline.*

*Spatial reductions in accumulation basins were found in almost half the checked glaciers, accompanied by obvious enlargements of rocky «windows» and accumulation of debris at the snouts.*

*Four glaciers (Pizzo Ferrè, Tambò-Stella group; Rosole and Meridionale dell'Alpe, Ortles-Cevedale group; Pisgana Orientale, Adamello group) are subject to large detachments of portions of snout, sometimes amounting to more than hundreds of metres. Many other glaciers undergo detachment of ice blocks near their snouts, many large bodies of dead ice being abandoned. This reduction has caused evident flattening of about 15 snouts and impoverishment of the ablation area in about 20 glaciers. About ten have snouts subdivided into lobes and a similar number have tongues covered with debris, locally accompanied by ice cones (as well as the well-known examples of the Ghiacciaio Occidentale di Pisgana, there are those on the snout of the Ghiacciaio Orientale della Rasica). The extent of proglacial lakes is increasing and, in some cases, prevents measurement of snout variations.*

*This negative phase is well documented by the mass balances of three glaciers in three mountain groups, which show losses equal to or even higher than those of 1998, among the most negative in recent decades. The Ghiacciaio della Ventina (Badile-Disgrazia group), Pizzo Scalino (Bernina group) and Sforzellina (Ortles-Cevedale group) lost respectively 1377, 1759 and 1209 mm of water equivalent.*

*All valley glaciers are in retreat, with maximum values exceeding 100 m and in many other cases several dozen metres. The Ghiacciaio dei Forni has retreated still further by 26 m and values exceeding 10 m are frequent among the glaciers of the Lombard sector of Ortles-Cevedale, the mountain group which, this year too, seems to have suffered worst from unfavourable meteorological conditions.*

*All the Bernina glaciers are in retreat and so are those of the Badile-Disgrazia group, except for the Ghiacciaio Orientale della Rasica, stable at the snout but with evident areal reduction.*

*The glaciers in the Orobian Alps are undergoing snout retreat and also show areal reductions in their feed basins.*

*The peripheric tongues of the large Ghiacciaio dell'Adamello continue to retreat or reduce their thickness, as do the other minor glaciers of the same mountain group.*

*The ice doline which formed in 1998 on the Ghiacciaio Occidentale di Fellaria (Bernina group) has reached the snout. A similar form appeared in 1999 on the tongue of the Ghiacciaio dei Forni.*

SETTORE TRIVENETO  
TRE VENEZIE SECTOR

La campagna glaciologica 1999 è stata effettuata da 10 operatori del CGI; ad essi si sono aggiunti, per i Gruppi Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta, vari operatori CAI-SAT, ai quali va un vivo ringraziamento, in particolare al dott. R. Bombarda e al dott. F. Marchetti.

Sono stati controllati complessivamente 46 apparati glaciali, così ripartiti nei gruppi montuosi e sezioni delle Alpi trivenete:

Adamello-Presanella	8
Brenta	3
Ortles-Cevedale	12
Venoste	5
Breonie	2
Aurine e Pusteresi	8
Dolomiti	5
Giulie	3

Di essi, 41 sono risultati in ritiro, 2 in progresso, 2 stazionari, 1 incerto.

Nel Gruppo-Adamello Presanella (F. Marchetti e altri operatori CAI-SAT) i valori di arretramento frontale sono apparsi anche quest'anno compresi quasi ovunque tra 10 e 20 m, con un picco di 25.5 m per il Meridionale di Cornisello (646). Fanno eccezione il leggero progresso della Vedretta di Nardis (640), non facilmente interpretabile, ma comunque non dovuto a cause dinamiche, e il ritiro relativamente ridotto per la Vedretta della Presanella (678), che fa seguito alle importanti modificazioni strutturali dello scorso 1998. Condizioni di lenta, ma continua riduzione e una persistente carenza di innevamento residuo caratterizzano invece i piccoli apparati montani del contiguo Gruppo di Brenta (650, 656, 657; R. Bombarda e altri operatori CAI-SAT).

Le più significative situazioni negative dell'intero settore si sono tuttavia verificate per il versante trentino e altoatesino del Gruppo Ortles-Cevedale. In Val di Pejo (C. Voltolini) si sono infatti riscontrati (dal 1997) 70.5 m di arretramento alla fronte della Vedretta Rossa (697) e 42 m alla vicina Vedretta Venezia (698), mentre la Vedretta della Mare (699) ha mostrato inaspettatamente un sia pur minimo progresso, presumibilmente in rapporto alla situazione morfologica della fronte, attualmente sospesa su una soglia rocciosa. È proseguito, inoltre, il forte ritiro dei ghiacciai della Val Martello (G. Perini), con valori intorno alla trentina di m per le Vedrette Forcola (731), Cevedale (732), Lunga (733); relativamente notevole anche la riduzione, dal 1997, alle fronti delle Vedrette di Mezzo (750) e di Fuori di Zai (751), nell'omonima valle tributaria della Valle di Solda (U. Ferrari).

Di rilievo, dopo un intervallo di alcuni anni, sono apparse le variazioni negative sui ghiacciai delle Venoste Occidentali (G. Zanon), con un picco di quasi 200 m in 6 anni per il Barbadorso di Dentro (778) e modificazioni particolarmente evidenti per la lingua del vicino Vallelunga (777); significativa anche la variazione di spessore del ghiaccio riscontrata a 2763 m di quota per il Gio-go Alto (813), il cui dato si inquadra nella serie di misure iniziata nel 1929. Sulle Venoste Orientali (M. Meneghel) risulta invece in fase di stagnazione il Tessa (829); apparentemente contenuto anche il ritiro alle fronti dei due ghiacciai delle Breonie (875, 876), dove, tuttavia, si segnalano, specie per il Malavalle, sempre continue modificazioni.

Per i ghiacciai delle Aurine e delle Pusteresi il ritiro è apparso in genere poco omogeneo, in evidente rapporto con le condizioni morfologiche e topografiche alle fronti; valori di arretramento intorno ai 20 m si riscontrano per il Gran Pilastro (893) e per l'Orientale di Neves (902) (G. Franchi), di quasi 25 m per il Valle

del Vento (919, R. Serandrei Barbero); per i restanti, i valori sono largamente inferiori alla decina di metri. Un'analisi sul comportamento dei ghiacciai controllati in Valle Aurina (913, 919, 920) per gli ultimi due decenni, è riportata da R. Serandrei Barbero. Differenze notevoli nell'intensità del ritiro dimostrano anche i ghiacciai delle Pusteresi in Valle di Riva (G. Cibin), con i -4 m del Collalto (927) e i -31 del Centrale del Gigante (929).

Sulle Dolomiti, i controlli alle tre fronti del Ghiacciaio della Marmolada (941, U. Mattana) hanno posto in evidenza non soltanto il persistere di valori anche notevoli di ritiro lineare (dal 1997), ma, soprattutto, l'ulteriore insorgere di importanti modificazioni dell'apparato glaciale; ne è un esempio il prevedibile isolamento della porzione inferiore della lingua centrale, che porterebbe ad un innalzamento della quota della relativa fronte di circa 150 metri. Anche sulle Pale di S. Martino (M. Cesco Cancian) l'entità dell'arretramento del Ghiacciaio della Fradusta (950), apparentemente limitato dalla conformazione a falesia della fronte, si accompagna a continue modificazioni di geometria del corpo glaciale, ormai privo da anni di una vera e propria area di alimentazione. Anche sulle Dolomiti Orientali i controlli (G. Perini), che hanno riguardato i soli due ghiacciai dell'Antelao (966, 967), ne hanno posto in evidenza una continua riduzione, accompagnata dalla persistente carenza di alimentazione, anche per valanghe.

Infine, dopo un'interruzione di 5 anni, è stato effettuato (R. Serandrei Barbero) un controllo ai ghiacciai delle Alpi Giulie (Gruppi Montasio e Canin, 981, 984, 985), con la ricostruzione della loro evoluzione dal 1951 ad oggi; per il futuro, i rilievi saranno affidati a Claudio Pohar.

*The 1999 glaciological survey was carried out by 10 operators of the CGI and, for the Adamello-Presanella and Dolomiti di Brenta groups, by various CAI-SAT operators, to whom go grateful thanks, particularly to Drs. R. Bombarda and F. Marchetti.*

*A total of 46 glaciers were checked, subdivided into the mountain groups and sections of the Tre Venezie Alps as follows:*

Adamello-Presanella	8
Brenta	3
Ortles-Cevedale	12
Venoste	5
Breonie	2
Aurine and Pusteresi	8
Dolomites	5
Giulie	3

*Of these, 41 are in retreat, 2 advancing, 2 stationary, and 1 uncertain.*

*In the Adamello-Presanella group (F. Marchetti, and other CAI-SAT operators), snout retreat values of 10-20 m appeared almost everywhere, with a peak of 25.5 m for the Ghiacciaio Meridionale di Cornisello (646). Exceptions are the slight advance of the Vedretta di Nardis (640), not easy to interpret but in any case not due to dynamic causes, and the relatively small retreat for the Vedretta della Presanella (678), following the significant structural changes which took place in 1998. Conditions of slow but steady reduction and a persisting lack of residual snow are typical of the small mountain glaciers of the nearby Brenta group (650, 656, 657; R. Bombarda and other CAI-SAT operators).*

*However, the most significant negative situations of the entire sector were observed on the Trentino and Alto Adige-South Tyrol flank of the Ortles-Cevedale group. In Val di Pejo (C. Voltolini) a retreat of 70.5 m (since 1997) was measured at the snout of the Vedretta Rossa (697) and 42 m on the nearby Vedretta Venezia (698);*

the Vedretta della Mare (699) unexpectedly showed advance, although very slight, presumably due to the morphological situation of the snout, currently suspended on a rocky threshold. Severe retreat of the Val Martello glaciers continued (G. Perini), with values around 30 m for the Vedrette Forcola (731), Cevedale (732) and Lunga (733). Also relatively large is the reduction in the snouts of the Vedrette di Mezzo (750) and Di Fuori di Zai (751) (since 1997), in the Zai tributary valley of the Valle di Solda (U. Ferrari).

Of significance, after an interval of several years, is the appearance of negative variations on the Venoste Occidentali glaciers (G. Zanon), with a peak of almost 200 m in 6 years for the Barbadorso di Dentro (778) and particularly manifest changes in the tongue of the nearby Vallelunga (777). Also of significance is the changed thickness of ice found at 2763 m on the Giogo Alto Glacier (813), measurements for which form part of the series of recordings begun in 1929. Instead, as regards the Venoste Orientali (M. Meneghel), the Tessa (829) is in a stagnant phase. Snout retreat of the two Brentone Alps glaciers (875, 876) is apparently modest but, especially for the Malavalle, changes constantly occur.

For the glaciers of the Aurine and Pusteresi Alps, retreat generally appears to be only slightly homogeneous, evidently due to the morphological and topographic conditions at the snouts; retreat values of around 20 m were measured for the Gran Pilastrò (893) and Orientale di Neves (902) (G. Franchi) and almost 25 m for the Valle del Vento (919) (R. Serandrei Barbero). For the remaining

glaciers, values are far lower than 10 m. Analysis of the behaviour of checked glaciers in Valle Aurina (913, 919, 920) in the last two decades is reported by R. Serandrei Barbero. Considerable differences in the intensity of retreat also highlight the glaciers of the Pusteresi in Valle di Riva (G. Cibin), with 4 m for the Collalto (927) and 31 m for the Gigante Centrale (929).

On the Dolomites, checks on the three snouts of the Ghiacciaio della Marmolada (941) (U. Mattana) revealed not only persisting and sometimes considerable linear retreat (since 1997) but above all the further emergence of large-scale modifications to the glacier. One example is the predictable isolation of the lower portion of the central tongue, which would lead to a rise in the altitude of the relative snout by about 150 m. Also in the Pale di S. Martino group (M. Cesco Cancian), the extent of retreat of the Ghiacciaio della Fradusta (950), apparently limited by the cliff-like shape of the snout, is accompanied by steady changes in the geometry of the glacier body, which has lacked a true accumulation area for several years now. In the Eastern Dolomites too, checks (G. Perini), which dealt with the only two glaciers of the Antelao massif (966, 967), highlighted continual reduction, accompanied by a persistent lack in accumulation, even by avalanches.

Lastly, after a five-year interruption, the glaciers of the Julian Alps (Montasio and Canin groups; 981, 984, 985) (R. Serandrei Barbero) was made, with reconstruction of their evolution from 1951 until today. Future surveys will be carried out by C. Pobar.

---

ANNO IDROLOGICO 1998-1999: LINEAMENTI  
METEOROLOGICI PER L'ARCO ALPINO ITALIANO  
THE HYDROLOGICAL YEAR 1998-1999:  
METEOROLOGICAL FEATURES FOR THE ITALIAN ALPS

a cura di (ed.) FRANCO RAPETTI

PREMESSA

L'analisi delle condizioni meteorologiche che hanno interessato l'arco alpino nel corso dell'anno idrologico 1998-1999 è stata condotta con i dati forniti dalle stazioni che appaiono in figura (fig. 1). Sono stati considerati la temperatura dell'aria, le precipitazioni, lo spessore del manto nevoso al suolo. Per l'opportuna valutazione delle caratteristiche meteorologiche dell'anno in studio<sup>1</sup> rispetto agli andamenti di lungo periodo, sono state considerate le medie del trentennio 1969-1999 o, per alcune stazioni, di periodi più lunghi o più brevi, in relazione alla disponibilità dei dati. Le elaborazioni, sia quelle grafiche, sia quelle numeriche, che hanno consentito di tracciare il presente quadro sintetico, sono state svolte da S. Fratianni & L. Motta per le Alpi Occidentali, da S. Belloni, M. Sodo, G. Diolaiuti & C. Smiraglia per le Alpi Centrali e da F. Rapetti per le Alpi Orientali.

<sup>1</sup> I dati inediti sono stati gentilmente concessi dall'Azienda Elettrica Municipale di Torino, dalla Società del Traforo del M. Bianco, da W. Monterin (stazione di D'Ejola), dai Compartimenti di Torino e di Milano dell'ENEL, dall'AEM-Milano, dal Centro Nivometeorologico di Bormio, dagli Uffici Idrografici e Marcografici di Trento, di Bolzano e di Venezia.

LA TEMPERATURA DELL'ARIA

*Alpi Occidentali*

Nella stazione di Gressoney d'Ejola l'anno idrologico 1998-1999 si è aperto con una temperatura dell'Ottobre simile a quella normale, cui ha fatto seguito un Novembre nettamente più freddo e un periodo molto caldo che si è protratto fino alla prima decade di Gennaio. Nei mesi successivi, salvo un periodo più caldo dall'ultima decade di Aprile fino alla prima di Giugno, le temperature sono state simili a quelle normali (fig. 2).

*Alpi Centrali*

Nelle stazioni di Lago d'Avio e dell'Alpe Gera le temperature dell'anno in osservazione rispetto alle medie trentennali sono state generalmente più elevate da Dicembre a Gennaio e ancora di più fra Marzo e Settembre; valori più bassi si sono registrati in alcune decadi autunnali e invernali (fig. 3). Lo scarto positivo più rilevante è stato osservato nella prima decade di Luglio nella stazione di Alpe Gera ( $\Delta t = 2.7$  °C). In alcuni periodi dell'anno l'andamento termico a S. Caterina Valfurva è risultato significativamente diverso rispetto alle altre stazioni; infatti, nei mesi da Giugno ad Agosto le temperature dell'anno in osservazione sono risultate inferiori a quelle normali, persino di 2.8 °C nella seconda decade di Agosto.

*Alpi Orientali*

Le temperature dell'anno idrologico 1998-1999 sono risultate generalmente inferiori a quelle normali nei mesi del tardo Autunno e più elevate in Primavera, con lo scarto maggiore nel mese di Maggio, quando si sono superate anche di 2.0 °C le medie del pe-

riodo, come si è osservato a S. Valentino alla Muta e a Cortina d'Ampezzo. Nei mesi estivi, e specialmente in quelli di Luglio e di Agosto, se si eccettua la stazione di Riva di Tures nelle Alpi Aurine, le temperature dell'anno considerato hanno superato i valori normali anche di 0.6° (S. Valentino alla Muta) (fig. 4).

## LE PRECIPITAZIONI

### *Alpi Occidentali*

A Gressoney d'Ejola le precipitazioni autunnali sono state piuttosto scarse in confronto ai valori normali; quelle invernali e primaverili invece sono risultate più abbondanti, così come quelle della fine dell'estate. L'andamento a Ceresole Reale presenta qualche similitudine con quello della stazione precedente, pur considerando che alcune decadi hanno fatto registrare afflussi meteorici molto maggiori di quelli normali, come si è verificato nell'ultima decade di Aprile e nella seconda decade di Settembre; in quest'ultima decade l'afflusso, che è stato pari a 150 mm, ha superato di quattro volte quello normale (fig. 5).

### *Alpi Centrali*

Nelle stazioni di questo settore le precipitazioni della seconda decade di Ottobre sono state sensibilmente maggiori di quelle normali, ma minori dalla seconda decade di Ottobre a Gennaio. Molto maggiori sono stati gli afflussi di Settembre; a questo proposito è opportuno considerare che a S. Caterina Valfurva nella terza decade sono caduti 148 mm di pioggia, che rappresentano quasi il quadruplo del valore normale (39,4 mm) (fig. 6).

### *Alpi Orientali*

Le precipitazioni dell'anno idrologico in osservazione, se si eccettuano quelle registrate a Pinzolo, sono state sensibilmente più elevate di quelle normali, con scarti positivi compresi fra il 36% di S. Valentino alla Muta (fig. 7) e il 7,7% di Riva di Tures. Gli afflussi meteorici invernali hanno segnato invece uno scarto negativo, particolarmente sensibile nelle stazioni di Pinzolo, Vipiteno e Cortina d'Ampezzo, mentre a S. Valentino alla Muta e a Riva di Tures essi sono stati di poco superiori a quelli normali.

## L'INNEVAMENTO

### *Alpi Occidentali*

Nell'anno in osservazione le precipitazioni nevose a Ceresole Reale si sono concentrate nella prima e nella seconda decade di Gennaio; nelle altre decadi esse sono risultate nettamente inferiori a quelle registrate nel periodo 1969-1999 (fig. 8). Il manto nevoso ha coperto il suolo fino ai primi di Maggio. A Gressoney d'Ejola la quantità di neve ha superato i valori normali dalla decade centrale di Gennaio fino alla prima di Aprile, con l'eccezione di quelle centrali di Febbraio e di Marzo.

### *Alpi Centrali*

Nella stazione di Lago d'Avio le precipitazioni nevose dell'anno in osservazione sono state tardive e molto inferiori a quelle normali, se si eccettuano quelle della prima decade di Marzo e della decade centrale di Aprile (fig. 9). A Lago d'Avio si è osservata la presenza di neve al suolo dalla terza decade di Settembre alla prima di Giugno, con un valore massimo di 99 cm nella terza

di Febbraio. Nell'Alpe Gera il suolo è stato coperto di neve dalla prima decade di Ottobre alla prima di Giugno, con uno spessore massimo di 98 cm verificatosi nella prima decade di Marzo.

### *Alpi Orientali*

Disponendo dei soli dati nivometrici di S. Valentino alla Muta e di Cortina d'Ampezzo, non è possibile trarre indicazioni generali circa l'andamento della nevosità in questo settore dell'arco alpino, poiché nell'anno in studio a S. Valentino alla Muta lo spessore del manto nevoso ha raggiunto i 270 cm, che supera del 24% quello del periodo 1969-1999; a Cortina d'Ampezzo i valori normali hanno invece superato dell'8% quelli dell'anno idrologico 1998-1999 (fig. 10). A S. Valentino alla Muta nei valori normali il regime stagionale della nevosità ha visto l'Inverno raccogliere il 65% del totale, la Primavera il 26% e l'Autunno il 9%; a Cortina d'Ampezzo l'Inverno ha raccolto il 63% delle precipitazioni nevose annue, la Primavera il 26% e l'Autunno l'11%.

## CONCLUSIONI

La notevole estensione longitudinale delle Alpi, la varia morfologia del rilievo, i diversi influssi della circolazione generale e regionale sui settori dell'arco alpino, hanno determinato andamenti difforni da luogo a luogo, che non consentono di tracciare un quadro unitario dei fenomeni meteorologici occorsi. Nell'anno in osservazione, nelle stazioni del settore occidentale si è registrata una stagione di accumulo relativamente ricca di precipitazioni nevose, seguita, nei mesi di Aprile e di Maggio, da pioggia. A Gressoney d'Ejola il mese di Maggio, che sulle Alpi costituisce il mese di transizione fra la stagione di accumulo e quella d'ablazione, è stato più caldo dei valori normali di 1-2 °C, ma la stagione di ablazione ha registrato temperature complessivamente inferiori a quelle normali. Le stazioni di Lago d'Avio e di Alpe Gera nella stagione di ablazione hanno fatto registrare temperature significativamente superiori a quelle normali, a fronte di un innevamento nettamente inferiore. Per completare il quadro del settore centrale risulta che a S. Caterina Valfurva il regime termico ha registrato temperature del periodo di ablazione inferiori a quelle normali, mentre, per la mancanza di dati, non è possibile valutare lo spessore del manto nevoso.

Nell'anno in osservazione le stazioni del settore orientale hanno segnato temperature del periodo di ablazione maggiori dei valori normali, con gli scarti positivi più elevati in Maggio. Rispetto ai valori normali le precipitazioni nevose di S. Valentino alla Muta sono state più elevate del 24%; a Cortina d'Ampezzo sono invece risultate inferiori dell'8%.

Negli ultimi decenni le tendenze degli elementi meteorologici descritti mostrano, come circostanza osservata sia negli studi alla scala regionale, sia in quelli relativi a numerose stazioni prealpine e alpine, generalmente un aumento delle temperature medie annue, una diminuzione delle precipitazioni, e in particolare, una diminuzione delle precipitazioni nevose, quest'ultima particolarmente accentuata negli ultimo ventennio.

Nella stazione di Cortina d'Ampezzo dal 1969 a oggi la temperatura dell'aria mostra un *trend* positivo, nei valori medi stimabile in 0.4 °C/10 anni (fig. 11). Le precipitazioni hanno invece fatto segnare una flessione valutabile in 30 mm/10 anni (fig. 12). La tendenza nivometrica a Cortina d'Ampezzo (fig. 13), unica stazione tra quelle considerate nelle Alpi Orientali ad avere una serie completa, mostra che lo spessore del manto nevoso tende a ridursi, con un decremento stimabile in 60 cm/10 anni, particolarmente accentuato dalla fine degli anni Ottanta.

## INTRODUCTION

The analysis of meteorological conditions recorded in the southern slope of the Alps during the hydrologic year 1998-1999 has been performed by means of data collected in the stations shown on the map (fig. 1). Air temperature, precipitations and snow cover have been considered. In order to compare the meteorological features of this year<sup>1</sup> to the long period trends, the mean values of the thirty years 1969-1999 or, for certain stations, of longer or shorter periods, depending on available data, have been taken into account. Graphical as well as numerical processing, which allowed to draw this sketch, are due to S. Fratianni & L. Motta for the Western Alps, to S. Belloni, M. Sodo, G. Diolaiuti & C. Smiraglia for the Central Alps and to F. Rapetti for the Eastern Alps.

## AIR TEMPERATURE

### Western Alps

In the station of Gressoney d'Ejola the hydrologic year 1998-1999 opened with temperatures which, in October, were close to the normal ones, while in November a definitely colder period and later on a much warmer one followed, the latter lasting till the first ten days of January. In the following months, except for a warmer period from the last ten days of April to the first ten days of June, temperatures were close to the normal ones (fig. 2).

### Central Alps

In the stations of Lago d'Avio and Alpe Gera the temperatures during this year compared to the mean thirty-year values were generally higher from December to January, and even higher than that between March and September; lower values have been recorded during a few Autumn and Winter decades (fig. 3). The most relevant positive variation has been recorded in the first ten days of July in the station of Alpe Gera ( $\Delta t = 2.7$  °C). During certain periods of the year the trend of temperatures in S. Caterina Valfurva was remarkably different from the ones of the other stations; in fact from June to August temperatures were lower than the normal ones, of as much as 2.8 °C in the second ten days of August.

### Eastern Alps

In late Autumn of the hydrologic year 1998-1999 temperatures were generally lower than the normal ones, while in Spring they were higher, with the most considerable variation in the month of May, when values recorded exceeded even of 2.0 °C the mean values of the period, as it occurred in S. Valentino alla Muta and in Cortina d'Ampezzo. In Summer, and especially in July and in August, a part from the station of Riva di Tures in the Aurine Alps, temperatures were even 0.6 °C higher than the normal ones (S. Valentino alla Muta) (fig. 4).

<sup>1</sup> Unpublished data have been kindly supplied by: Azienda Elettrica Municipale di Torino, Società del Traforo del M. Bianco, W. Monerlin (station of D'Ejola), ENEL (Compartimenti di Torino e Milano), AEM-Milano, Centro Nivometeorologico di Bormio, Uffici Idrografici e Mareografici di Trento, Bolzano e Venezia.

## PRECIPITATION

### Western Alps

At Gressoney d'Ejola Autumn precipitation was rather scanty if compared to normal values; on the contrary, in Winter and Spring it was more abundant, and the same was at the end of Summer. The situation in Ceresole Reale was in some way similar, although some decades were much more rainy than the ordinary, as it happened in the last ten days of April and in the second ten days of September; in the latter period the rainfall, with 150 mm, was four times as much as the normal one (fig. 5).

### Central Alps

In the stations situated in this sector, precipitation in the second ten days of October was remarkably more abundant than the normal one, while from the second ten days of October on to January it was below average. September was much more rainy; in connection with this, we should also point out that in the third ten days, in S. Caterina Valfurva, 148 mm of rain have fallen, which is almost four times as much as the normal value (39.4 mm) (fig. 6).

### Eastern Alps

During this hydrologic year, precipitations, a part from the ones recorded in Pinzolo, were remarkably more abundant than the normal ones, with positive variations between 36% of S. Valentino alla Muta (fig. 7) and 7.7% of Riva di Tures. Winter precipitation showed a negative variation, especially in the stations of Pinzolo, Vipiteno and Cortina d'Ampezzo, while in S. Valentino alla Muta and Riva di Tures it just exceeded slightly the normal values.

## SNOWFALL

### Western Alps

During this year, snowfall at Ceresole Reale concentrated in the first and in the second ten days of January; in the last ten days its values were decidedly lower than the ones recorded in 1969-1999 (fig. 8). Snow covered the ground till the beginning of May. At Gressoney d'Ejola the quantity of snow exceeded the normal values from the central ten days of January till the first ten days of April, except for the central decades of February and March.

### Central Alps

During this year, in the station of Lago d'Avio precipitation was belated and much less than the normal one, except for the first ten days of March and the central ten days of April (fig. 9). At Lago d'Avio there was snow on the ground from the third ten days of September to the first ten days of June, with a maximum value of 99 cm in the third ten days of February. At Alpe Gera the ground was covered from the first ten days of October to the first ten days of June, with a maximum height of 98 cm gauged in the first ten days of March.

### Eastern Alps

Since the only available data concerning snow are the ones recorded in S. Valentino alla Muta and in Cortina d'Ampezzo, we cannot draw general conclusions about the snowfall in this sector of the Alps: during this year, in S. Valentino alla Muta the thickness of snow cover reached 270 cm, that is 24% more than it

was in the thirty years 1969-1999; on the other hand in Cortina d'Ampezzo the normal values were 8% higher than the ones of the hydrologic year 1998-1999 (fig. 10). In S. Valentino alla Muta the normal values of snowfall were thus distributed: 65% in Winter, 26% in Spring and 9% in Autumn; in Cortina d'Ampezzo 63% of the yearly snowfall were in Winter, 26% in Spring and 11% in Autumn.

## CONCLUSIONS

The great longitudinal extension of the Alps, the uneven morphology of the relief and the different influences of general and local circulation produce situations which may vary from place to place, and do not allow a unitary account of meteorological phenomena. During this year in the stations of the western sector there was a relatively rich snow cover, followed by rainfall in the months of April and May. A Gressoney d'Ejola the month of May, which, in the Alps, is the month of transition between the snowing season and the ablation one, was 1-2 °C warmer than the normal values, but during the ablation season temperatures were on the whole lower than the normal ones. In the stations of Lago d'Avio and Alpe Gera, during the ablation season, temperatures were significantly higher than the normal ones, and, during the accumulation

season, snowfall was decidedly less. In order to complete the description of the central sector, we may add that in S. Caterina Valfurva, during the ablation period, temperatures were lower than the normal ones, while, for lack of information, we cannot estimate thickness of snow cover.

During this year, in the stations of the eastern sector the temperatures of the ablation period were higher than the normal ones, with the main positive variations in May. Snowfall in S. Valentino alla Muta was 24% over the normal values; in Cortina d'Ampezzo instead, the snow-gauge showed values that were 8% under the normal ones.

During the last decades, all the above-described meteorological elements showed a general trend toward an increase of the mean annual temperatures and a decrease of precipitation; the decrease of snowfall was more evident in the last twenty years. Such circumstances were pointed out both in local studies, and in many Alpine and Pre-alpine stations.

In the station of Cortina d'Ampezzo from 1969 till now air temperature has been showing a positive trend, with a mean of about 0.4 °C/10 years (fig. 11). On the contrary, precipitation have diminished of about 30 mm/10 years (fig. 12). In Cortina d'Ampezzo (fig. 13), our only station in the Eastern Alps where a complete series has been recorded, annual snowfall tends to reduce, with a decrease of about 60 cm/10 years, and this is particularly evident at the end of the Eighties.

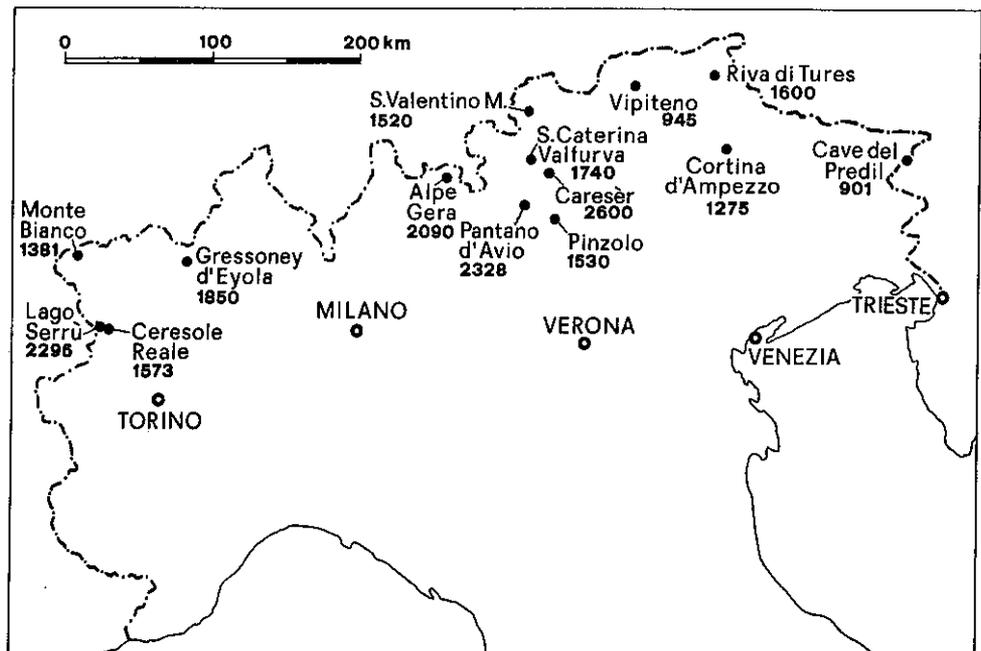


FIG. 1 - Distribuzione delle stazioni meteorologiche nei tre settori dell'arco alpino. Distribution of meteorological stations in the three sectors of the Alps.

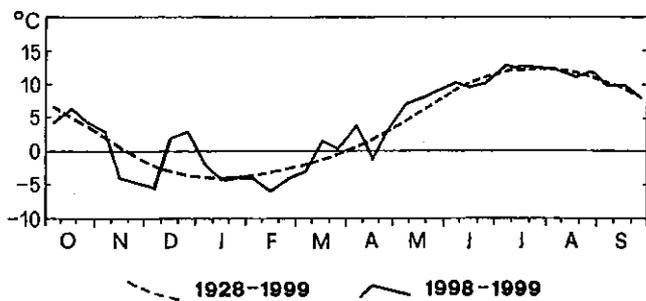


FIG. 2 - Andamento delle temperature medie decadiche a Gressoney d'Ejola. *Mean ten-days temperatures.*

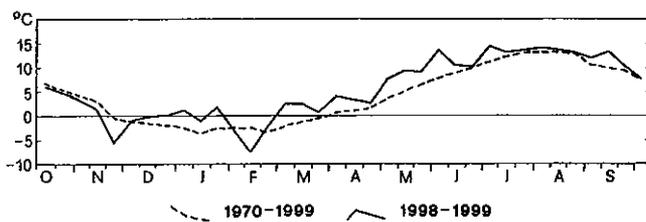


FIG. 3 - Andamento delle temperature medie decadiche a Lago d'Avio. *Mean ten-days temperatures.*

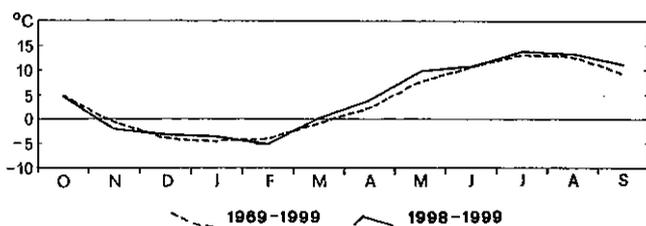


FIG. 4 - Andamento delle temperature medie mensili a S. Valentino alla Muta. *Mean monthly temperatures.*

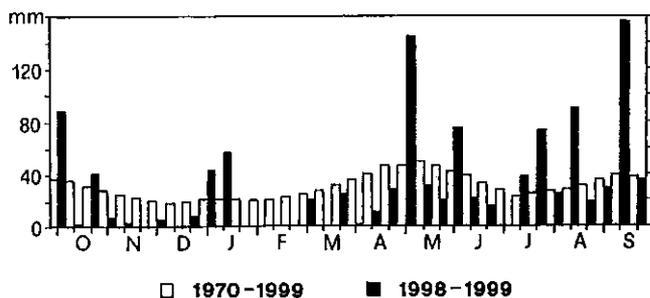


FIG. 5 - Andamento delle precipitazioni decadiche totali (pioggia e neve fusa) a Ceresole Reale. *Total ten-days precipitation (rainfall and melted snow).*

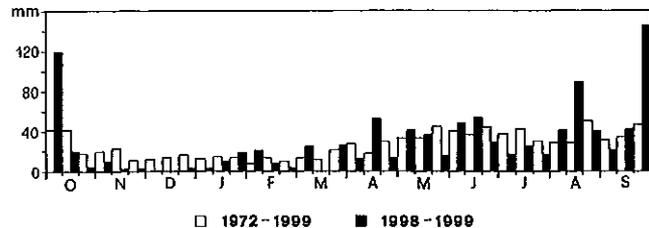


FIG. 6 - Andamento delle precipitazioni decadiche totali (pioggia e neve fusa) all'Alpe Gera. *Total ten-days precipitation (rainfall and melted snow).*

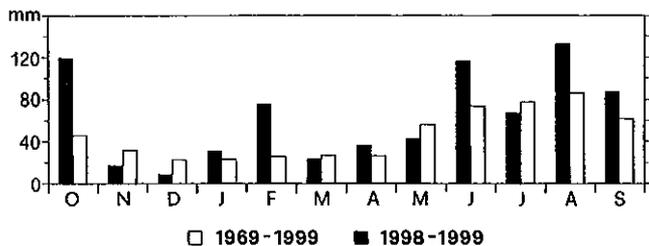


FIG. 7 - Andamento delle precipitazioni mensili totali (pioggia e neve fusa) a S. Valentino alla Muta. *Total monthly precipitation (rainfall and melted snow).*

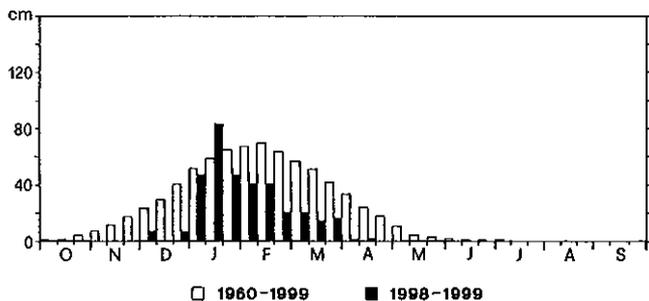


FIG. 8 - Andamento decadico dello spessore della neve al suolo a Lago d'Avio. *Thickness of snow cover over ten days.*

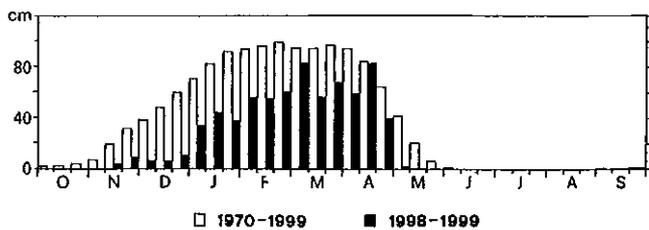


FIG. 9 - Andamento decadico dello spessore della neve al suolo a Ceresole Reale. *Thickness of snow cover over ten days.*

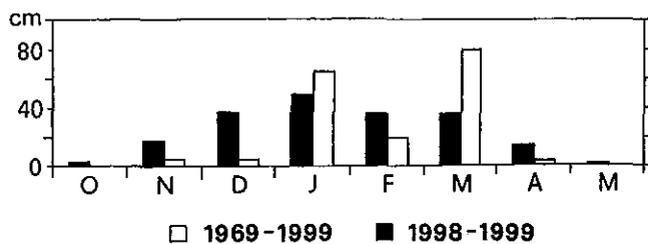


FIG. 10 - Andamento mensile dello spessore della neve al suolo a Cortina d'Ampezzo. *Thickness of snow cover over one month.*

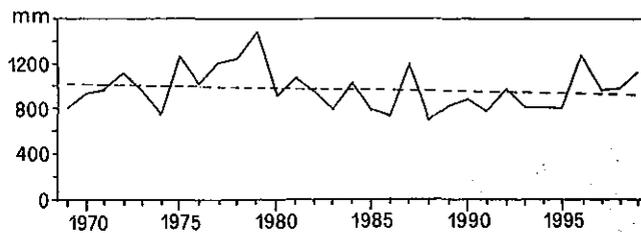


FIG. 12 - Andamento delle precipitazioni annue (pioggia e neve fusa) a Cortina d'Ampezzo (1969-1999). *Annual precipitation (rainfall and melted snow).*

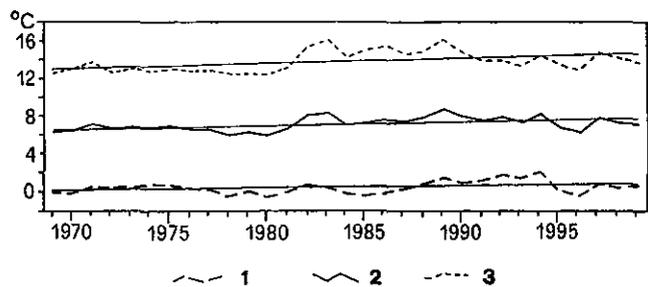


FIG. 11 - Andamento della temperatura media annua dell'aria a Cortina d'Ampezzo (1969-1999). 1 - temperature minime; 2 - temperature medie; 3 - temperature massime. *Mean annual air temperature. 1 - minimum temperatures; 2 - average temperatures; 3 - maximum temperatures.*

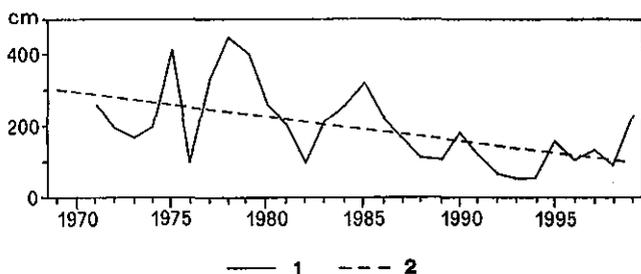


FIG. 13 - Totali annui di neve caduta a Cortina d'Ampezzo (1969-1999). *Annual total snowfall.*