

ANNO IDROLOGICO 2006-2007:
LINEAMENTI METEOROLOGICI PER L'ARCO ALPINO
ITALIANO

HYDROLOGICAL YEAR 2006-2007:
METEOROLOGICAL FEATURES FOR THE ITALIAN ALPS

a cura di (eds.) MARCO FALCINI (*) & FRANCO RAPETTI (*)

L'analisi delle condizioni meteorologiche che hanno interessato il versante italiano dell'arco alpino nel corso dell'anno idrologico 2006-2007 è stata condotta sulla base dei dati rilevati in alcune stazioni significative per altitudine e posizione geografica (tab. 1, fig. 1). Gli elementi meteorologici considerati sono la temperatura dell'aria, le precipitazioni totali e l'altezza della neve caduta. In alcune stazioni gli andamenti meteorologici dell'anno in studio sono stati messi a confronto con quelli degli anni idrologici precedenti¹.

TABELLA 1 - Distribuzione geografica e altimetrica delle stazioni meteorologiche

Settore	Stazioni	Altitudine (m s.l.m.m.)	Valle o sistema montuoso
Alpi Occidentali	Chiotas Diga	1980	Valle del Gesso
	Goillet Diga	2529	Valtournenche
	Ceresole Reale Diga	1573	Val Locana
	Serrù Diga	2296	Val Locana
	Gressoney D'Ejola	1850	Valle di Gressoney
Alpi Centrali	Alpe Gera Diga	2090	Valmalenco
	Pantano d'Avio Diga	2328	Valcamonica
	S. Caterina Valfurva	1740	Valfurva
	Caresèr Diga	2600	Ortles-Cevedale
Alpi Orientali	S. Valentino alla Muta	1520	Val Venosta
	Riva di Tures	1600	Alpi Pusteresi
	Cortina d'Ampezzo	1275	Dolomiti Orientali

ANDAMENTI TERMICI

Temperatura dell'aria

Le condizioni termiche dell'arco alpino, pur considerando alcune lievi differenze nei diversi settori, sono state caratterizzate da valori superiori alle medie normali da Ottobre a Giugno, con l'eccezione di Marzo, risultato generalmente più fresco, come osservato ad esempio a Serrù Diga, Goillet Diga e Riva di Tures. I mesi di Agosto e di Settembre, e in misura minore quello di Luglio, sono risultati invece più freschi, salvo che a Chiotas Diga (tab. 2; fig. 2).

(*) Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria, 53 - 56126 Pisa - E-mail: rapetti@dst.unipi.it

¹ I dati inediti sono stati gentilmente concessi dall'ENEL Produzione di Cuneo, dalla Compagnia Valdostana delle Acque, dalle Aziende Elettriche Municipali di Torino e di Milano, da W. Monterin (stazione di Gressoney D'Ejola), dai Compartimenti ENEL di Torino, di Milano e di Venezia, dal Centro Nivometeorologico di Bormio, dagli ex Uffici Idrografici delle Province Autonome di Trento e di Bolzano e dall'Ufficio di Venezia, dal Centro Meteorologico di Teolo.

TABELLA 2 - Campo di variazione dei valori minimi, massimi e medi mensili della temperatura dell'aria (°C) a Goillet Diga (1970-2006) a confronto con i valori dell'anno idrologico 2006-2007

	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
T _{min}	-4.6	-5.1	-8.9	-10.2	-10.8	-8.2	-5.2	-1.0	3.0	6.2	6.1	2.4	-0.8
Data	1974	1993	1991	1985	2005	1971	1980	1984	1980	1980	1977/06	1972	1976/77
T _{max}	5.5	1.5	-0.6	-1.0	-1.0	0.3	2.3	6.4	11.3	12.2	12.2	10.7	3.8
Data	1985	1994	1985	1989	1990	1989	2007	1990	2003	1990	2003	1987	1988/89
T _{med} (1970-06)	2.5	-2.0	-4.7	-5.8	-5.9	-4.3	-2.0	2.6	6.4	9.3	9.1	6.0	0.9
T _{med} (2006-07)	4.1	-0.1	-4.2	-3.6	-3.8	-4.7	-2.3	3.6	7.0	8.2	7.9	4.7	1.8

Le temperature più fresche dell'Estate non hanno potuto compensare quelle elevate di gran parte dell'anno idrologico: ne risulta che i valori termici annui sono stati tra i più elevati dell'ultimo trentennio. Per tali motivi l'escursione termica annua è stata molto bassa: nella media di tutte le stazioni inferiore di 7,8 °C rispetto a quella dell'anno precedente (tab. 3).

TABELLA 3 - Temperature medie delle minime, delle massime, medie mensili ed escursione termica annua (°C)

Stazioni		O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno	Esc.
Chiotas Diga	min	4.9	1.4	-3.2	-0.7	-2.4	-3.2	1.3	4.9	7.5	10.1	8.5	4.9	2.8	13.3
	max	11.4	8.4	1.9	5.9	4.7	3.4	8.7	10.7	12.8	16.7	16.2	11.3	9.3	14.8
	med	8.2	4.9	-0.7	2.6	1.1	0.1	5.0	7.8	10.1	13.4	12.4	8.1	6.1	14.1
Goillet Diga	min	1.1	-3.1	-7.1	-6.9	-7.7	-8.3	-1.8	-0.2	3.0	3.8	4.0	0.7	-1.9	6.2
	max	7.2	2.9	-1.3	-0.3	0.0	-1.0	6.4	7.4	11.0	12.6	11.8	8.7	5.5	6.9
	med	4.1	-0.1	-4.2	-3.6	-3.8	-4.7	2.3	3.6	7.0	8.2	7.9	4.7	1.8	6.5
Ceresole Reale D.	min	3.8	-0.6	-5.6	-4.3	-5.1	-3.1	1.3	5.0	7.8	9.7	9.0	6.2	2.0	15.3
	max	11.3	7.3	1.7	4.9	3.7	5.5	11.8	12.5	15.3	18.4	18.7	15.4	10.5	17.0
	med	7.5	3.4	-2.0	0.3	-0.7	1.2	6.6	8.7	11.5	14.0	13.4	10.8	10.2	16.1
Serrù Diga	min	3.0	-1.1	-5.2	-4.7	-6.0	-6.2	-0.1	1.5	4.9	6.7	6.8	3.8	0.3	13.0
	max	8.4	4.3	0.1	1.5	1.6	0.4	7.3	8.4	11.6	13.1	13.6	10.7	6.7	13.5
	med	5.7	1.6	-2.5	-1.6	-2.2	-2.9	3.6	5.0	8.3	9.8	10.3	7.2	3.5	13.2
Gressoney D'Ejola	min	3.7	-0.6	-3.8	-3.6	-3.8	-3.2	1.9	3.5	6.1	7.8	7.8	4.5	1.7	11.6
	max	12.0	6.8	1.3	3.5	3.7	5.0	12.4	13.4	15.7	19.1	17.1	14.2	10.4	17.8
	med	7.8	3.1	-1.3	-0.1	0.0	0.9	7.2	8.5	10.9	13.4	12.5	9.4	6.0	14.7
Alpe Gera Diga	min	2.4	-2.7	-4.4	-6.1	-7.3	-6.4	-0.2	2.1	5.1	6.3	5.9	2.1	-0.3	13.6
	max	10.3	4.9	2.0	2.0	1.7	2.8	10.0	10.3	12.9	15.0	14.4	10.4	8.1	13.3
	med	6.3	1.1	-1.2	-2.0	-2.8	-1.8	4.9	6.2	9.0	10.6	10.1	6.3	3.9	13.4
Pantano d'Avio D.	min	1.9	-2.8	-5.5	-6.5	-8.4	-7.0	0.1	1.0	4.6	6.0	5.5	1.3	-0.8	14.4
	max	8.5	3.8	0.2	0.5	0.4	1.5	9.3	8.7	11.3	14.0	12.6	9.1	6.7	13.8
	med	5.2	0.5	-2.6	-3.0	-4.0	-2.8	4.7	4.9	8.0	10.0	9.0	5.2	2.9	14.0
S. Caterina Valfur.	min	0.9	-4.0	-6.9	-8.0	-8.2	-5.9	0.0	2.4	6.2	5.5	6.1	1.4	-0.9	14.4
	max	11.5	5.7	1.9	2.3	3.6	5.3	13.3	13.6	16.7	18.9	17.0	12.8	10.2	17.0
	med	6.2	0.9	-2.5	-2.9	-2.3	-0.3	6.7	8.0	11.5	12.2	11.6	7.1	4.7	15.1
S. Valentino alla M.	min	4.2	-0.7	-3.7	-4.8	-5.8	-3.2	3.0	5.1	8.1	8.3	8.3	4.2	1.9	14.1
	max	12	6.4	2.5	2.8	3.2	5.6	15.2	15.4	18.5	19.8	17.9	13.2	11.0	17.3
	med	8.1	2.9	-0.6	-1.0	-1.3	1.2	9.1	10.3	13.3	14.1	13.1	8.7	6.5	15.4
Caresèr Diga	min	-	-2.0	-4.6	-4.4	-7.7	-8.8	-2.6	-0.6	2.9	4.1	3.8	-0.7	-	-
	max	-	4.5	1.8	-	-	-0.5	7.2	7.2	10.4	12.7	11.1	7.0	-	-
	med	-	1.3	-1.4	-	-	-4.6	2.3	3.3	6.7	8.4	7.5	3.2	-	-
Riva di Tures	min	1.4	-3.5	-7.0	-7.2	-7.5	-5.8	-0.6	3.0	6.0	5.8	5.7	1.8	-0.7	13.3
	max	11.4	3.6	-1.5	0.0	2.4	5.5	14.4	15.0	18.3	19.9	17.9	12.8	10.0	18.4
	med	6.4	0.0	4.3	-3.6	-2.6	-0.2	6.9	9.0	12.1	12.9	11.8	7.3	4.7	16.5
Cortina d'Ampezzo	min	4.9	-0.2	-2.4	-3.3	-2.8	-1.6	3.7	6.1	9.1	9.5	9.0	5.1	3.1	12.8
	max	14.5	8.6	6.4	5.3	7.0	7.9	16.2	16.8	18.9	21.9	19.5	15.3	13.2	16.6
	med	9.7	4.2	2.0	1.0	2.1	3.2	10.0	11.5	14.0	15.7	14.3	10.2	8.1	14.7

REGIME TERMICO STAGIONALE

Il regime termico stagionale conferma il quadro esposto: nella stazione di Goillet Diga, rappresentativa degli andamenti registrati in quasi tutte le altre stazioni, le temperature medie dell'Autunno, dell'Inverno e della Primavera sono state significativamente superiori ai valori normali, mentre quelle estive inferiori di 0,6 °C (tab. 4; fig. 9).

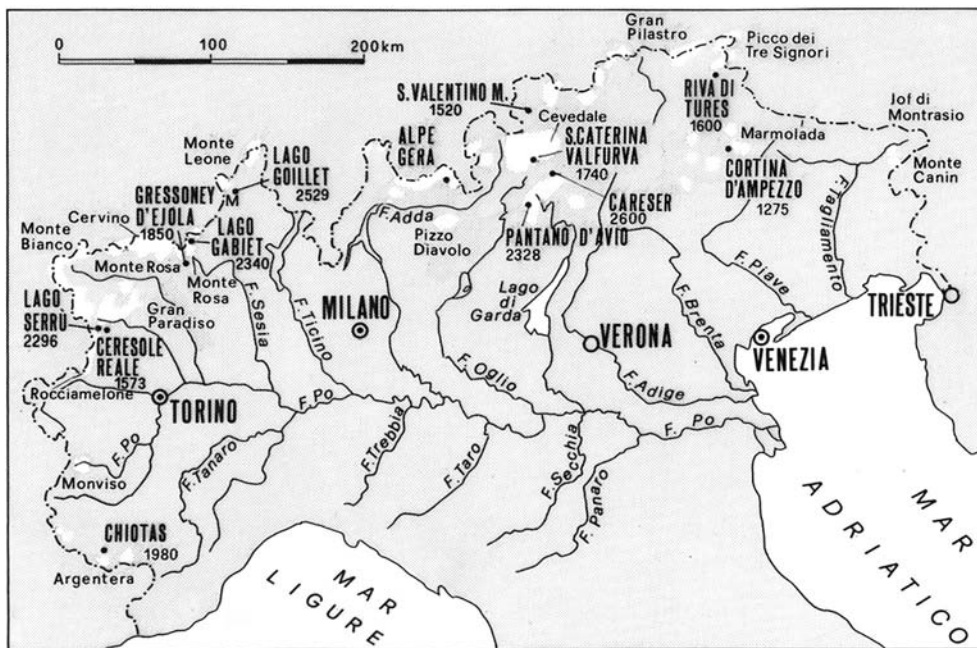


FIG. 1 - Distribuzione geografica delle stazioni meteorologiche. Locations of meteorological stations.

TABELLA 4 - Campo di variazione delle temperature medie stagionali e annue dell'aria (°C) a Goillet Diga (1971-2006) a confronto con i valori dell'anno idrologico 2006-2007

	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Anno
T_{min}	-1.3	-7.6	-3.8	5.5	0.0
Data	1974/75	2004/05	1983/84	1976/77	1980/81
T_{max}	5.7	-1.2	2.0	11.4	3.8
Data	1986/87	1988/89	1989/1990	2002/03	1988/89
T_{med} (1971-2006)	2.1	-5.4	-1.2	8.3	0.9
T_{min} (2006-2007)	0.7	-7.2	-3.5	3.6	-1.6
T_{max} (2006-2007)	6.9	-0.5	4.3	11.8	5.6
T_{med} (2006-2007)	3.8	-3.9	0.4	7.7	2.0

Giorni senza gelo, con gelo e di gelo e cicli di gelo/disgelo

Il numero mensile e annuo dei giorni senza gelo ($T_{min} > 0$ °C), insieme a quello dei giorni con gelo ($T_{min} \leq 0$ °C) e di gelo ($T_{max} \leq 0$ °C) è un indicatore della distribuzione della temperatura dell'aria rispetto agli zero gradi nella scala Celsius. A Chiotas Diga i giorni senza gelo sono stati presenti in tutti i mesi e il loro numero annuo ha superato di 49 unità la media del quinquennio precedente; i giorni con gelo e di gelo hanno invece subito una diminuzione rispettivamente di 1 e 48 unità. A Goillet Diga i giorni senza gelo sono stati presenti in tutti i mesi, pur registrando una flessione di 4 unità; i giorni con gelo e quelli di gelo hanno subito invece una variazione rispettivamente di 19 e di -15 unità. A Serrù Diga i giorni senza gelo sono stati assenti a Dicembre e a Febbraio, segnando un aumento di 13 unità; quelli con gelo sono aumentati di 23 unità e quelli di gelo diminuiti di 36 unità. A S. Caterina Valfurva i giorni senza gelo, assenti da Gennaio a Marzo, sono passati dai 150 del quinquennio precedente a 172; quelli con gelo e di gelo sono aumentati di 26 e diminuiti di 49 unità. In tali stazioni il numero dei cicli di gelo/disgelo è sensibilmente aumentato, fino al valore massimo di S. Caterina Valfurva dove si sono raggiunti i 346 passaggi intorno allo zero (tab. 5).

TABELLA 5 - Regime mensile dei giorni senza gelo ($T_{min} > 0$ °), con gelo ($T_{min} \leq 0$ °) e di gelo ($T_{max} \leq 0$ °C). Numero di cicli di gelo/disgelo. Variazioni dei parametri rispetto al quinquennio precedente (Δ)

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno	Δ	
Chiotas Diga	N° gg. senza gelo	31	22	2	13	2	6	20	26	28	31	31	28	240	49
	N° gg. con gelo	0	7	20	13	25	16	9	3	2	0	0	2	97	-1
	N° gg. di gelo	0	1	9	5	1	9	1	2	0	0	0	0	28	-48
	N° cicli gelo/disgelo	0	14	40	26	50	30	18	6	4	0	0	4	192	-2
Goillet Diga	N° gg. senza gelo	15	3	0	1	0	0	4	15	24	24	25	19	130	-4
	N° gg. con gelo	16	22	5	13	11	12	21	13	5	6	5	10	139	19
	N° gg. di gelo	0	5	26	17	17	19	5	3	1	1	1	1	96	-15
	N° cicli gelo/disgelo	32	43	11	26	22	23	43	26	11	13	11	20	281	40
Serrù Diga	N° gg. senza gelo	24	7	0	2	0	1	18	17	28	28	31	23	179	13
	N° gg. con gelo	7	22	17	18	19	16	10	13	2	3	0	7	134	23
	N° gg. di gelo	0	1	14	11	9	14	2	1	0	0	0	0	52	-36
	N° cicli gelo/disgelo	14	44	34	36	37	32	21	26	4	6	0	14	268	46
S. Caterina Val.	N° gg. senza gelo	16	3	3	0	0	0	14	25	30	31	29	21	172	23
	N° gg. con gelo	15	25	21	25	27	28	16	6	0	0	2	9	174	26
	N° gg. di gelo	0	2	7	6	1	3	0	0	0	0	0	0	19	-49
	N° cicli gelo/disgelo	30	50	42	50	54	56	32	12	0	0	2	18	346	55

Distribuzione delle temperature massime diurne

Considerata l'importanza delle temperature massime diurne nei processi di ablazione della neve, sono state analizzate le loro frequenze mensili e annue, secondo le seguenti cinque classi di intensità: I^a $\Rightarrow 0$ °C $\leq T_{max} < 5$ °; II^a $\Rightarrow 5$ ° $\leq T_{max} < 10$ °C; III^a $\Rightarrow 10$ ° $\leq T_{max} < 15$ °C; IV^a $\Rightarrow 15$ ° $\leq T_{max} < 20$ °C; V^a $\Rightarrow T_{max} \geq 20$ °C.

A Chiotas Diga si sono verificati 10 giorni con $T_{max} \geq 20$ °C e 39 giorni con 15 ° $\leq T_{max} < 20$ °C. A Goillet Diga i giorni con $T_{max} \geq 20$ °C, che in questa stazione costituiscono una eccezionalità meteorologica, sono stati assenti, mentre nelle Estati del 2003 e del 1990, le più calde dell'ultimo quarantennio (tab. 15), se ne erano verificati rispettivamente 12 e 9. A Serrù Diga sono stati registrati 25 giorni nella IV^a classe e 1 nella V^a; a S. Caterina Valfurva

va rispettivamente 81 e 28 giorni (fig. 3a). A Goillet Diga si osserva un forte incremento tendenziale soprattutto del numero di giorni con $15^\circ \leq T_{\max} < 20^\circ \text{C}$, che è più che doppio rispetto al numero di giorni con $10^\circ \leq T_{\max} < 15^\circ \text{C}$ T_{\max} (fig. 3b).

«Gradi-giorno»

Il potenziale di fusione (mm/giorno) delle superfici glacializzate è funzione complessa di vari elementi meteorologici, quali la radiazione solare netta assorbita dalla superficie, la temperatura dell'aria, quella del ghiaccio o della neve, la velocità del vento e gli afflussi liquidi, con il loro contenuto termico. Il dato sperimentale più facilmente disponibile è tuttavia costituito dalla differenza tra la temperatura di fusione della neve e quella dell'aria misurata convenzionalmente in capannina meteorologica. La sommatoria degli scarti termici positivi relativi ai due mezzi, calcolata secondo una scansione oraria, consente la stima di detto potenziale di fusione (M_d), secondo relazioni del tipo:

$$M_d \text{ (mm/giorno)} = K \times \sum (T_{\text{aria}} - 0^\circ \text{C})$$

dove K rappresenta il potenziale di fusione per ogni grado-giorno in millimetri per giorno e la $\sum (T_{\text{aria}} - 0^\circ \text{C})$ i gradi-giorno. Per la finalità applicativa di questa analisi il computo dei gradi-giorno è stato sviluppato considerando gli scarti positivi fissando due soglie termiche: la prima rispetto agli 0°C , la seconda rispetto ai 10°C . Il primo valore rappresenta i gradi-giorno totali, il secondo quello relativo ai giorni nei quali la $T_{\max} \geq 10^\circ \text{C}$. È opportuno considerare che il calcolo sviluppato con un solo valore diurno (T_{\max}) può determinare errori anche significativi nella stima del potenziale di fusione (tab. 6).

$$\text{«gradi-giorno»} = \sum (T_{\max} - T_{0^\circ}) \quad T_{\max} > T_{0^\circ}$$

$$\text{«gradi-giorno»} = \sum (T_{\max} - T_{10^\circ}) \quad T_{\max} > T_{10^\circ}$$

TABELLA 6 - Regime mensile e valore annuo dei «gradi-giorno» relativi alle soglie termiche $T_{\max} > 0^\circ \text{C}$ e $T_{\max} > 10^\circ \text{C}$

Stazioni	ΣT	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	ΣT_{\min}	152	69	3	51	3	13	60	158	226	313	265	151	1464
	ΣT_{\max}	73	27	0	18	0	2	28	74	103	208	197	67	797
Goillet Diga	ΣT_{\min}	48	5	0	1	0	0	5	42	94	120	123	54	492
	ΣT_{\max}	5	0	0	0	0	2	34	60	106	84	29	320	
Serrù Diga	ΣT_{\min}	95	20	0	3	0	1	37	71	148	209	212	119	915
	ΣT_{\max}	17	2	0	0	0	0	6	41	70	113	130	53	452
S. Caterina Val.	ΣT_{\min}	48	4	1	0	0	0	30	78	185	171	176	50	743
	ΣT_{\max}	64	2	0	0	0	5	113	128	205	276	206	109	1107
Caresèr Diga	ΣT_{\min}	-	7	1	-	-	0	4	37	91	134	115	28	-
	ΣT_{\max}	-	0	0	-	-	0	0	20	40	110	63	4	-

A Chiotas Diga i «gradi-giorno» mensili per le $(T) > 0^\circ \text{C}$ e $\Sigma(T) > 10^\circ \text{C}$ hanno raggiunto il valore massimo in Luglio, rispettivamente con 313 e 208 gradi; i totali annui, che sono stati di 1464 e 797 unità, hanno subito incrementi di 324 e 207 unità rispetto alle medie del periodo 1980-2006. In Estate sono stati registrati 804 ($\Sigma(T) > 0^\circ \text{C}$) e 508 gradi ($\Sigma(T) > 10^\circ \text{C}$), che rappresentano il 54,9% e il 63,7% dei rispettivi totali annui. A Goillet Diga i valori più elevati si sono verificati in Agosto ($\Sigma(T) > 0^\circ \text{C}$) e in Luglio ($\Sigma(T) > 10^\circ \text{C}$), rispettivamente con 123 e 106 «gradi-giorno»; i totali annui, che hanno raggiunto rispettivamente di 492 e di 320 gradi, sono risultati inferiori di 81 e di 12 unità rispetto alle medie del periodo 1970-2006. In Estate i «gradi-giorno» hanno raggiunto 337 ($\Sigma(T) > 0^\circ \text{C}$) e 250 unità ($\Sigma(T) > 10^\circ \text{C}$), che rappresentano il 68,5 e il 78,1% dei rispettivi totali annui (tab. 6; fig. 4a, 4b; 5a, 5b).

Temperature minime e massime assolute

I valori estremi delle temperature diurne minime e massime sono stati registrati rispettivamente in Gennaio e tra Luglio e Agosto. Minimi diurni negativi sono stati presenti in nove mesi a Chiotas Diga e a S. Caterina Valfurva, in dodici a Goillet Diga. A Chiotas Diga i giorni più precoci e più tardivi di gelo ($T_{\max} \leq 0^\circ \text{C}$) si sono verificati rispettivamente il 1 Dicembre e il 4 Marzo. A Serrù Diga tali valori si sono presentati il 3 Novembre e il 29 Maggio; a S. Caterina Valfurva il 2 Novembre e il 22 Marzo (tab. 7). Le temperature massime diurne hanno raggiunto valori elevati dall'inizio dell'anno idrologico fino all'Estate, quando invece sono risultate nel complesso moderate rispetto a quelle degli anni passati.

TABELLA 7 - Valori minimi e massimi giornalieri della temperatura dell'aria ($^\circ \text{C}$) nell'anno idrologico 2006-2007

Stazioni	T	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	T_{\min}	1.0	-6.0	-9.0	-11.0	-6.0	-10.0	-5.0	-2.0	-1.0	5.0	3.0	-2.0	-11.0
	T_{\max}	17.0	15.0	7.0	14.0	10.0	11.0	15.0	18.0	17.0	22.0	24.0	16.0	24.0
Goillet Diga	T_{\min}	-4.0	-10.0	-14.0	-18.0	-11.0	-15.0	-8.0	-7.0	-3.0	-1.0	0.0	-5.0	-18.0
	T_{\max}	12.0	8.0	4.0	6.0	4.0	4.0	12.0	16.0	18.0	18.0	19.0	19.0	19.0
Serrù Diga	T_{\min}	-2.0	-7.0	-12.0	-15.0	-9.0	-14.0	-6.0	-4.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	-15.0
	T_{\max}	14.0	11.0	5.0	10.0	7.0	6.0	12.0	17.0	16.0	18.0	21.0	16.0	21.0
Pant. d'Avio Diga	T_{\min}	-3.0	-11.0	-12.0	-17.0	-13.0	-15.0	-6.3	-3.7	0.0	0.0	0.0	-4.0	-17.0
	T_{\max}	13.0	9.0	5.0	8.0	5.0	8.0	14.0	17.1	19.0	20.0	19.0	16.0	20.0
S. Caterina Val.	T_{\min}	-2.7	-9.9	-12.0	-17.2	-12.4	-15.4	-5.2	-1.6	0.6	0.5	2.2	-2.5	-17.2
	T_{\max}	16.9	11.7	7.3	8.5	7.7	12.5	17.2	20.3	24.2	25.1	22.3	18.4	25.1
Caresèr Diga	T_{\min}	-	-8.1	-11.8	-	-	-16.0	-9.0	-5.8	-1.8	-2.2	-0.7	-6.2	-
	T_{\max}	-	8.6	9.6	-	-	5.4	10.3	13.6	17.0	18.7	16.0	11.6	18.7

PRECIPITAZIONI TOTALI

Le precipitazioni totali annue, in confronto a quelle dell'anno precedente e ai valori medi di periodo, hanno presentato una distribuzione non omogenea nei diversi settori alpini: sono state nettamente inferiori nel settore più occidentale delle Alpi e nel complesso di poco superiori in quello centrale ed orientale. A Chiotas Diga, dove l'afflusso è stato di 739,2 mm, la flessione rispetto alla media normale è stata di 306,0 mm; a Riva di Tures l'incremento è stato di 43,6 mm. I mesi più siccitosi sono stati Novembre, Febbraio e Aprile (tab. 8; fig. 6).

TABELLA 8 - Precipitazioni totali mensili e annue (mm) nell'anno idrologico 2006-2007 in confronto a quelle dell'anno precedente

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	2006/07	2005/06
Chiotas Diga	102.4	37.8	107.9	18.5	16.0	28.9	59.8	103.0	168.9	1.8	44.8	49.4	739.2	950.2
Ceresole Diga	62.0	23.6	49.2	31.8	16.0	80.2	41.0	243.6	127.2	47.6	100.4	30.8	858.4	1082.0
Serrù Diga	70.4	31.2	65.6	61.8	39.8	102.8	32.4	145.2	96.8	96.8	102.4	42.4	887.6	1015.9
Gressoney D'Ejola	56.6	21.6	89.5	53.1	15.3	78.6	46.8	252.4	189.4	47.9	125.4	37.3	1009.4	860.1
Alpe Gera Diga	105.0	26.6	53.0	47.5	23.0	32.5	21.0	118.1	161.0	131.5	183.2	70.1	972.5	835.5
Pant. d'Avio Diga	56.0	34.0	43.0	56.0	21.0	36.9	17.1	121.4	162.0	156.0	247.0	96.0	1046.4	891.0
S. Caterina Valf.	130.6	9.6	0.0	25.6	14.6	27.8	4.8	117.2	120.8	143.2	139.6	48.2	782.0	602.2
S. Valentino M.	56.2	13.8	24.2	35.2	19.0	34.0	1.4	44.2	76.6	87.8	153.6	45.4	591.4	529.7
Caresèr Diga	-	-	41.2	-	-	67.6	18.6	104.4	110.2	82.2	167.8	74.0	-	-
Riva di Tures	64.6	19.8	43.6	71.2	45.6	46.2	6.2	107.0	135.6	180.2	164.0	92.4	976.4	917.1

Nelle Alpi occidentali il regime pluviometrico stagionale è stato piuttosto equilibrato, mentre nel settore centro-orientale gli afflussi estivi sono stati nettamente prevalenti, fino a superare il 54,9% del totale annuo a S. Caterina Valfurva (tab. 9).

TABELLA 9 - Regimi pluviometrici stagionali (mm) nell'anno idrologico 2006-2007

Stazioni	Autunno		Inverno		Primavera		Estate		Regime
Chiotas Diga	314.9	36.4%	142.4	16.5%	191.7	22.2%	215.5	24.9%	AEPI
Ceresole R. Diga	519.4	41.4%	97.0	7.7%	364.8	29.0%	275.2	21.9%	APEI
Serrù Diga	388.7	34.3%	167.2	14.8%	280.4	24.8%	296.0	26.1%	AEPI
Alpe Gera Diga	230.5	20.5%	157.9	14.0%	377.8	33.6%	358.2	31.9%	PEAI
S. Caterina Valfurva	141.6	19.3%	40.2	5.5%	149.8	20.4%	403.6	54.9%	EPAI
S. Valentino M.	100.9	17.5%	78.4	13.6%	79.6	13.8%	318.0	55.1%	EAPI
Riva di Tures	118.2	13.0%	160.4	17.6%	150.4	16.5%	479.8	52.9%	EIPA

A Chiotas Diga e a Riva di Tures le precipitazioni mensili ed annue, messe a confronto con i rispettivi valori normali e con i loro campi di variazione, si sono mantenute lontane dai valori estremi, se si esclude quanto occorso a Chiotas Diga dove il mese di Luglio è stato il meno piovoso dal 1980 (tab. 10).

TABELLA 10 - Campo di variazione e valori medi delle precipitazioni totali mensili (mm) a Chiotas Diga (1980-2006) e a Riva di Tures (1966-2006) in confronto ai valori dell'anno idrologico 2006-2007

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno		
Chiotas Diga	P _{min}	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	39.9	19.2	8.6	23.0	21.5	647.1		
	Data	1986/1987	1981/1982	vari	vari	vari	2000/2001	2005/2006	2000/2001	1983/1984	1999/2000	1996/1997	1989/1990		
	P _{max}	411.4	461.2	148.5	275.2	110.2	247.4	295.0	339.6	230.0	233.2	200.9	352.4	1502.3	
	Data	1993/1994	2002/2003	1982/1983	1995/1996	2003/2004	1990/1991	1980/1981	1990/1991	1980/1981	1999/2000	1982/1983	1993/1994	1992/1993	
	P ₍₁₉₈₀₋₂₀₀₆₎	153.7	108.8	62.2	50.5	30.4	53.1	116.4	116.0	94.5	65.3	73.6	121.1	1045.6	
	P ₂₀₀₆₋₂₀₀₇	102.4	37.8	107.9	18.5	16.0	28.9	59.8	103.0	168.9	1.8	44.8	49.4	739.2	
	Riva di Tures	P _{min}	4.6	13.8	5.0	3.8	2.1	1.4	6.2	27.6	46.4	21.4	35.1	30.0	678.6
		Data	1969/1970	1988/1989	1969/1970	1991/1992	1974/1975	2002/2003	2006/2007	2000/2001	2004/2005	1970/1971	1972/2003	2005/2006	
		P _{max}	231.8	230.8	135.8	109.4	103.4	136.6	162.0	197.0	317.0	265.0	223.4	204.4	1254.1
		Data	1993/1994	2000/2001	1991/1992	2000/2001	1989/1990	1999/2000	1989/1990	1971/1972	1983/1984	1971/1972	1984/1985	1993/1994	1971/1972
P ₍₁₉₈₀₋₂₀₀₆₎		73.4	66.4	45.6	41.8	32.3	40.9	61.9	97.2	138.2	133.3	121.2	81.5	929.0	
P ₂₀₀₆₋₂₀₀₇		64.6	19.8	43.6	71.2	45.6	46.2	6.2	107.0	135.6	180.2	164.0	92.4	976.4	

INNEVAMENTO

Gli spessori di neve caduta sono stati inferiori a quelli dell'anno idrologico precedente, ad eccezione di quanto osservato a Serrù Diga e a Gressoney D'Ejola. La flessione più rilevante ha riguardato Chiotas Diga e Alpe Gera Diga: nella stazione di Chiotas (Alpi Marittime), generalmente la più nevosa tra quelle considerate, la riduzione annua dell'accumulo di neve al suolo è stata del 56,3% rispetto all'anno precedente e del 50,2% sulle medie di periodo; in quella di Alpe Gera Diga (Valmalenco) la riduzione, nel confronto con l'anno idrologico 2005-2006, ha raggiunto il valore del 69,0% (tab. 11; tab. 12).

TABELLA 11 - Altezza mensile e annua di neve caduta nell'anno idrologico 2006-2007 (cm)

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	S	2006/2007	2005/2006
Chiotas Diga	0	3	52	43	22	85	34	30	20	12	301	689
Ceresole Reale Diga	0	3	22	35	23	73	2	0	0	0	158	291
Serrù Diga	5	25	57	35	20	100	45	45	5	10	347	324
Gressoney D'Ejola	0	9	80	65	21	96	25	41	5	12	354	249
Pantano d'Avio Diga	21	18	50	66	30	-	-	-	0	30	-	-
Alpe Gera Diga	0	10	57	17	18	5	0	0	0	0	107	345
S. Valentino alla Muta	0	4	6	28	26	7	0	0	0	0	71	188
Riva di Tures	0	0	18	71	54	28	1	3	0	16	191	238

TABELLA 12 - Campo di variazione e valori medi mensili dell'altezza di neve caduta (cm) a Chiotas Diga (1979-2006) in confronto ai valori dell'anno idrologico 2006-2007

	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Anno
H _{min}	6	8	18	0	317
Data	1981/02	1989/90	1996/77	vari	1994/95
H _{max}	262	542	565	65	881
Data	2003/04	2005/06	1990/91	1993/94	1983/84
H ₁₉₇₉₋₂₀₀₆	108	258	226	8	600
H ₂₀₀₆₋₂₀₀₇	15	117	149	20	301

In tutte le stazioni considerate le precipitazioni nevose dell'Autunno sono state scarsissime: a Chiotas Diga hanno raggiunto solo il 14% del valore normale; riduzioni importanti, tra il 55% e il 34%, hanno riguardato anche l'Inverno e la Primavera (tab. 11, 12, 13; fig. 7).

TABELLA 13 - Regimi stagionali dell'altezza di neve caduta nell'anno idrologico 2006-2007 (cm)

Stazione	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Chiotas Diga	15 5.0%	117 38.9%	149 49.5%	20 6.6%
Serrù Diga	3 1.9%	80 50.6%	75 47.5%	0 0%
Gressoney D'Ejola	9 2.6%	166 48.5%	162 47.4%	5 1.5%
Alpe Gera Diga	10 9.3%	92 86%	5 4.7%	0 0%
Riva di Tures	0 0%	143 81.7%	32 18.3%	0 0%

Le prime nevicate, molto tardive rispetto alla norma, si sono verificate tra la fine di Novembre e i primi di Dicembre, salvo che a Serrù Diga dove si è osservato un piccolo afflusso nevoso il 5 Ottobre; le nevicate più tardive, che hanno interessato Chiotas Diga e Gressoney D'Ejola, sono avvenute all'inizio di Giugno. Il suolo è rimasto sotto la copertura della neve per periodi inferiori ai valori medi dell'ultimo quinquennio: a Chiotas Diga e a Riva di Tures la diminuzione è stata rispettivamente di 74 e di 44 giorni (tab. 14).

TABELLA 14 - Nevicate precoci e tardive; massima durata continua della copertura nevosa del suolo (giorni), durata totale della copertura nevosa del suolo, durata media (2002-2006) e massimo spessore di neve caduta in un giorno (Hn_{max}) (cm) (2006-2007)

Stazioni	prima nevicata	ultima nevicata	massima durata continua	durata totale	durata media	Hn _{max}	data
Chiotas Diga	3 Dicembre	2 Giugno	41	114	188	32	26 Marzo
Serrù Diga	5 Ottobre	5 Maggio	178	182	212	50	26 Marzo
Gressoney D'Ejola	22 Novembre	1 Giugno	125	136	155	50	9 Dicembre
Alpe Gera D.	22 Novembre	22 Marzo	149	151	170	31	9 Dicembre
Riva di Tures	4 Dicembre	1 Aprile	123	126	170	36	24 Gennaio

A Chiotas Diga la debole tendenza all'aumento dello spessore annuo della neve caduta, iniziata nell'anno idrologico 1999-2000, ha subito una brusca inversione: 301 cm di neve caduta nell'anno idrologico in studio rappresentano, infatti, il penultimo valore in ordine decrescente della serie storica dal 1979, di poco superiore al minimo assoluto di 289 cm registrati nel 1989-1990 (fig. 9).

SINTESI METEOROLOGICA

I mesi da Ottobre a Giugno sono stati molto più caldi della norma: in alcuni settori dell'arco alpino, come ad esempio nelle Alpi Aurine, sono stati superati molti record termici precedenti. Tale condizione meteorologica è da mettere in relazione all'elevata frequenza di configurazioni anticicloniche dall'Autunno alla Primavera, con afflusso di aria subtropicale molto calda, che ha interessato anche le quote più elevate della catena alpina. Solo per periodi brevi, come quello che ha interessato la terza decade di Marzo, l'irruzione di aria polare ha determinato significativi abbassamenti delle temperature, accompagnati da nevicate fino alle quote più basse della catena. Il mese di Luglio ha fatto registrare valori termici generalmente intorno alle medie di periodo, mentre i mesi di Agosto e di Settembre sono stati sensibilmente più freschi.

Le precipitazioni totali annue rispetto alle medie normali sono state nettamente inferiori nel settore più occidentale delle Alpi e dello stesso valore o appena superiori nei settori centrale ed orientale. La siccità meteorologica più marcata ha riguardato Novembre, Febbraio e Aprile.

Lo spessore della neve caduta è stato generalmente basso; in alcuni settori, come nelle Alpi Marittime, la riduzione ha raggiunto valori anche inferiori al 50% rispetto alle medie normali. La copertura nevosa del suolo ha interessato per conseguenza periodi più brevi in tutte le stazioni considerate.

VALUTAZIONE SINTETICA DELL'IMPATTO DEL CLIMA SULLA DINAMICA GLACIALE

Il tipo dei dati meteorologici disponibili consente di sviluppare l'analisi delle condizioni climatiche dell'arco alpino sulla base dei valori della temperatura dell'aria e dello spessore del manto nevoso.

Per gli aspetti termici si considerano le temperature dell'Estate, quando si sviluppa la massima parte dell'ablazione glaciale. A questo proposito i criteri di classificazione delle condizioni termiche delle Estati nelle diverse stazioni dell'arco alpino, a causa delle loro differenze di latitudine, longitudine, altitudine, esposizione dei versanti, non si prestano ad una definizione generale. In quest'indagine, che riguarda la stazione di Goillet Diga in alta Valtourneche, per la sua altitudine e per la vicinanza al M. Cervino rappresentativa delle condizioni termiche dell'alta montagna, l'ordinamento è sviluppato sulla base dei valori crescenti delle temperature medie stagionali da 1970 al 2007, considerando tuttavia alcuni altri parametri termici significativi per l'ablazione glaciale, come il numero stagionale di giorni con $T_{max} \geq 15^\circ C$ e quello con $T_{max} \geq 20^\circ C$. Secondo il sistema di classificazione proposto risulta che l'Estate del 2007, con una T_{med} compresa tra 7,1 e 8,0 $^\circ C$, rientra nella classe delle «estati fresche» (tab. 15; fig. 3b; fig. 10).

Tabella 15 - Ordinamento delle Estati in sette classi di temperatura media crescente ($^\circ C$), numero di giorni con $T_{max} \geq 15^\circ C$ e con $T_{max} \geq 20^\circ C$ a Goillet Diga e le temperature estreme (1970 al 2007)

Anno	T_{min}	T_{max}	T_{med}	N° gg- $T \geq 15^\circ C$	N° gg- $T \geq 20^\circ C$	T_{min} assoluta	T_{max} assoluta
$T_{med} \leq 6,0^\circ C$ (Estati fredde)							
1977	2.2	7.7	5.0	1	0	-2.0	15.0
1978	2.0	9.6	5.8	5	0	-5.0	19.0
$6.1 \leq T_{med} \leq 7.0^\circ C$ (Estati molto fresche)							
1972	2.9	10.4	6.7	10	0	-2.0	18.0
1974	2.5	11.5	7.0	20	2	-3.0	20.0
1975	3.4	10.3	6.9	17	0	-6.0	18.0
1980	2.6	10.0	6.3	14	1	-6.0	20.0
1984	2.8	10.5	6.7	14	0	-6.0	18.0

$7.1 \leq T_{med} \leq 8.0^\circ C$ (Estati fresche)							
1970	3.9	11.3	7.6	19	0	0.0	18.0
1971	3.8	11.7	7.8	25	0	-4.0	19.0
1973	4.4	11.3	7.9	19	0	-2.0	17.0
1976	4.0	10.7	7.4	5	0	-4.0	16.0
1979	3.4	11.1	7.3	8	0	-2.0	17.0
1981	3.4	10.8	7.1	15	0	-3.0	18.0
1996	3.9	11.9	7.9	19	0	-3.0	18.0
2007	3.6	11.8	7.7	24	0	-3.0	19.0
$8.1 \leq T_{med} \leq 9.0^\circ C$ (Estati normali)							
1982	4.7	11.8	8.3	22	1	0.0	20.0
1983	4.7	11.8	8.3	23	3	-3.0	21.0
1986	5.9	12.1	9.0	39	0	-5.0	18.0
1992	4.5	13.2	8.9	41	2	-3.0	20.0
1993	4.2	13.2	8.9	31	0	-3.0	19.0
1995	3.3	13.0	8.2	42	4	-5.0	21.0
1997	4.6	11.7	8.2	23	0	-2.0	19.0
1999	4.6	12.2	8.4	14	0	-3.0	19.0
2000	5.1	12.6	8.9	31	0	-1.0	18.0
2001	4.8	12.7	8.8	32	0	-5.0	19.0
2004	4.0	12.3	8.2	24	0	-2.0	19.0
2005	3.9	12.5	8.2	27	3	-4.0	20.0
2006	4.1	12.8	8.5	36	0	-8.0	19.0
$9.1 \leq T_{med} \leq 10.0^\circ C$ (Estati calde)							
1985	5.1	13.5	9.3	43	4	-5.0	22.0
1987	5.3	12.8	9.1	36	3	-2.0	21.0
1988	6.0	13.2	9.6	36	0	-1.0	19.0
1991	4.9	14.5	9.7	57	6	-4.0	21.0
1994	5.0	14.6	9.8	53	8	-5.0	21.0
1998	5.4	13.8	9.6	45	4	-4.0	22.0
2002	5.3	12.8	9.1	29	5	0.0	21.0
$10.1 \leq T_{med} \leq 11.0^\circ C$ (Estati molto calde)							
1989	6.4	14.2	10.3	46	2	-3.0	20.0
1990	6.7	14.5	10.6	43	9	0.0	22.0
$T_{med} \geq 11.1^\circ C$ (Estati estremamente calde)							
2003	6.9	16.0	11.5	64	12	0.0	21.0

Gli andamenti meteorologici descritti indicano che l'anno in studio è stato caratterizzato da temperature elevate per la maggior parte del periodo, pur in presenza di una «estate fresca». L'innevamento è stato scarso e concentrato in Inverno e in Primavera, con l'assenza quasi totale di afflussi di neve in Autunno; tali condizioni hanno determinato una copertura nevosa del suolo più breve rispetto ai valori medi dell'ultimo quinquennio. Nel complesso l'anno idrologico 2006-2007 è valutato sfavorevole per l'equilibrio dei ghiacciai del versante meridionale delle Alpi.

Analysis of meteorological conditions on the Italian side of the Alps during the hydrological year 2006-2007 was based on data from some stations significant from the viewpoints of altitude and location (see tab. 1, fig. 1). Meteorological parameters were air temperature, total precipitation and snowfall. In some stations, the meteorological features of the current hydrological year were compared with those of previous years¹.

¹ Unpublished data kindly supplied by ENEL Produzione of Cuneo, Compagnia Valdostana delle Acque, Electricity Boards of Turin and Milan, W. Monerlin (station of Gressoney D'Ejola), ENEL Departments of Turin, Milan and Venice, Centro Nivometeorologico of Bormio, ex-Uffici Idrografici of the Provinces of Trento, Bolzano and Venice, and Centro Meteorologico of Teolo.

TABLE 1 - Locations and altitudes of meteorological stations

Sector	Station	Altitude (m a.s.l.)	Valley or mountain system
Western Alps	Chiotas Diga	1980	Valle del Gesso
	Goillet Diga	2529	Valtournenche
	Ceresole Reale Diga	1573	Val Locana
	Serrù Diga	2296	Val Locana
	Gressoney D'Ejola	1850	Valle di Gressoney
Alpi Centrali	Alpe Gera Diga	2090	Valmalenco
	Pantano d'Avio Diga	2328	Valcamonica
	S. Caterina Valfurva	1740	Valfurva
	Caresèr Diga	2600	Ortles-Cevedale
	S. Valentino alla Muta	1520	Val Venosta
Alpi Orientali	Riva di Tures	1600	Pustertal Alps
	Cortina d'Ampezzo	1275	Eastern Dolomites

TEMPERATURE TRENDS

Air temperature

Temperature conditions in the Alps, even taking into account some slight differences in the various sectors, were typified by higher than average values from October to June, with the exception of March, which was generally cooler, as observed for example at Serrù Diga, Goillet Diga and Riva di Tures. The months of August and September, and to a lesser extent that of July, were cooler, except for at Chiotas Diga (tab. 2; fig. 2).

TABLE 2 - Range of variation in minimum, maximum and monthly means of air temperature (°C) at Goillet Diga (1970-2006) compared with the values of the hydrological year 2006-2007

T _{°C}	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
T _{min}	-4.6	-5.1	-8.9	-10.2	-10.8	-8.2	-5.2	-1.0	3.0	6.2	6.1	2.4	-0.8
Data	1974	1993	1991	1985	2005	1971	1980	1984	1980	1980	1977/06	1972	1976/77
T _{max}	5.5	1.5	-0.6	-1.0	-1.0	0.3	2.3	6.4	11.3	12.2	12.2	10.7	3.8
Data	1985	1994	1985	1989	1990	1989	2007	1990	2003	1990	2003	1987	1988/89
T _{med} (1970-06)	2.5	-2.0	-4.7	-5.8	-5.9	-4.3	-2.0	2.6	6.4	9.3	9.1	6.0	0.9
T _{med} (2006-07)	4.1	-0.1	-4.2	-3.6	-3.8	-4.7	-2.3	3.6	7.0	8.2	7.9	4.7	1.8

The cooler Summer temperatures did not compensate for the higher values of most of the hydrological year. In fact, the annual temperatures were among the highest for the last thirty years. For this reason the annual thermic range was very low: on average at all the stations lower than 7.8 °C compared with that of the previous year (tab. 3).

TABLE 3 - Minimum and maximum temperature means, monthly means and annual thermic range (°C)

Stations	T _{°C}	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year	Range
Chiotas Diga	min	4.9	1.4	-3.2	-0.7	-2.4	-3.2	1.3	4.9	7.5	10.1	8.5	4.9	2.8	13.3
	max	11.4	8.4	1.9	5.9	4.7	3.4	8.7	10.7	12.8	16.7	16.2	11.3	9.3	14.8
	med	8.2	4.9	-0.7	2.6	1.1	0.1	5.0	7.8	10.1	13.4	12.4	8.1	6.1	14.1
Goillet Diga	min	1.1	-3.1	-7.1	-6.9	-7.7	-8.3	-1.8	-0.2	3.0	3.8	4.0	0.7	-1.9	6.2
	max	7.2	2.9	-1.3	-0.3	0.0	-1.0	6.4	7.4	11.0	12.6	11.8	8.7	5.5	6.9
	med	4.1	-0.1	-4.2	-3.6	-3.8	-4.7	2.3	3.6	7.0	8.2	7.9	4.7	1.8	6.5
Ceresole Reale D.	min	3.8	-0.6	-5.6	-4.3	-5.1	-3.1	1.3	5.0	7.8	9.7	9.0	6.2	2.0	15.3
	max	11.3	7.3	1.7	4.9	3.7	5.5	11.8	12.5	15.3	18.4	18.7	15.4	10.5	17.0
	med	7.5	3.4	-2.0	0.3	-0.7	1.2	6.6	8.7	11.5	14.0	13.4	10.8	10.2	16.1
Serrù Diga	min	3.0	-1.1	-5.2	-4.7	-6.0	-6.2	-0.1	1.5	4.9	6.7	6.8	3.8	0.3	13.0
	max	8.4	4.3	0.1	1.5	1.6	0.4	7.3	8.4	11.6	13.1	13.6	10.7	6.7	13.5
	med	5.7	1.6	-2.5	-1.6	-2.2	-2.9	3.6	5.0	8.3	9.8	10.3	7.2	3.5	13.2

Gressoney D'Ejola	min	3.7	-0.6	-3.8	-3.6	-3.8	-3.2	1.9	3.5	6.1	7.8	7.8	4.5	1.7	11.6
	max	12.0	6.8	1.3	3.5	3.7	5.0	12.4	13.4	15.7	19.1	17.1	14.2	10.4	17.8
	med	7.8	3.1	-1.3	-0.1	0.0	0.9	7.2	8.5	10.9	13.4	12.5	9.4	6.0	14.7
Alpe Gera Diga	min	2.4	-2.7	-4.4	-6.1	-7.3	-6.4	-0.2	2.1	5.1	6.3	5.9	2.1	-0.3	13.6
	max	10.3	4.9	2.0	2.0	1.7	2.8	10.0	10.3	12.9	15.0	14.4	10.4	8.1	13.3
	med	6.3	1.1	-1.2	-2.0	-2.8	-1.8	4.9	6.2	9.0	10.6	10.1	6.3	3.9	13.4
Pantano d'Avio D.	min	1.9	-2.8	-5.5	-6.5	-8.4	-7.0	0.1	1.0	4.6	6.0	5.5	1.3	-0.8	14.4
	max	8.5	3.8	0.2	0.5	0.4	1.5	9.3	8.7	11.3	14.0	12.6	9.1	6.7	13.8
	med	5.2	0.5	-2.6	-3.0	-4.0	-2.8	4.7	4.9	8.0	10.0	9.0	5.2	2.9	14.0
S. Caterina Valfur.	min	0.9	-4.0	-6.9	-8.0	-8.2	-5.9	0.0	2.4	6.2	5.5	6.1	1.4	-0.9	14.4
	max	11.5	5.7	1.9	2.3	3.6	5.3	13.3	13.6	16.7	18.9	17.0	12.8	10.2	17.0
	med	6.2	0.9	-2.5	-2.9	-2.3	-0.3	6.7	8.0	11.5	12.2	11.6	7.1	4.7	15.1
S. Valentino alla M.	min	4.2	-0.7	-3.7	-4.8	-5.8	-3.2	3.0	5.1	8.1	8.3	8.3	4.2	1.9	14.1
	max	12	6.4	2.5	2.8	3.2	5.6	15.2	15.4	18.5	19.8	17.9	13.2	11.0	17.3
	med	8.1	2.9	-0.6	-1.0	-1.3	1.2	9.1	10.3	13.3	14.1	13.1	8.7	6.5	15.4
Caresèr Diga	min	-	-2.0	-4.6	-4.4	-7.7	-8.8	-2.6	-0.6	2.9	4.1	3.8	-0.7	-	-
	max	-	4.5	1.8	-	-	-0.5	7.2	7.2	10.4	12.7	11.1	7.0	-	-
	med	-	1.3	-1.4	-	-	-4.6	2.3	3.3	6.7	8.4	7.5	3.2	-	-
Riva di Tures	min	1.4	-3.5	-7.0	-7.2	-7.5	-5.8	-0.6	3.0	6.0	5.8	5.7	1.8	-0.7	13.3
	max	11.4	3.6	-1.5	0.0	2.4	5.5	14.4	15.0	18.3	19.9	17.9	12.8	10.0	18.4
	med	6.4	0.0	4.3	-3.6	-2.6	-0.2	6.9	9.0	12.1	12.9	11.8	7.3	4.7	16.5
Cortina d'Ampezzo	min	4.9	-0.2	-2.4	-3.3	-2.8	-1.6	3.7	6.1	9.1	9.5	9.0	5.1	3.1	12.8
	max	14.5	8.6	6.4	5.3	7.0	7.9	16.2	16.8	18.9	21.9	19.5	15.3	13.2	16.6
	med	9.7	4.2	2.0	1.0	2.1	3.2	10.0	11.5	14.0	15.7	14.3	10.2	8.1	14.7

SEASONAL TEMPERATURE REGIME

The seasonal temperature regime confirms the picture above: at the Goillet Diga station, typical of the trends recorded at almost all the other stations, the mean Autumn, Winter and Spring temperatures were significantly higher than normal, whilst the Summer values were lower by 0.6 °C (tab. 4; fig. 9).

TABLE 4 - Range of variation in seasonal and annual mean air temperatures (°C) at Goillet Diga (1971-2006) compared with the hydrological year 2006-2007

T _{°C}	Autumn	Winter	Spring	Summer	Year
T _{min}	-1.3	-7.6	-3.8	5.5	0.0
Data	1974/75	2004/05	1983/84	1976/77	1980/81
T _{max}	5.7	-1.2	2.0	11.4	3.8
Data	1986/87	1988/89	1989/1990	2002/03	1988/89
T _{med} (1971-2006)	2.1	-5.4	-1.2	8.3	0.9
T _{min} (2006-2007)	0.7	-7.2	-3.5	3.6	-1.6
T _{max} (2006-2007)	6.9	-0.5	4.3	11.8	5.6
T _{med} (2006-2007)	3.8	-3.9	0.4	7.7	2.0

Days without frost, with frost and of frost and freeze-thaw cycles

The monthly and yearly number of days without frost (T_{min} > 0 °C), together with those of days with frost (T_{min} ≤ 0 °C) and of frost (T_{max} ≤ 0 °C) is an indicator of the distribution of air temperature with respect to zero degrees Celsius. At Chiotas Diga there were days without frost in every month and their annual total was higher by 49 units than the mean of the previous five years; the days with frost and of frost, on the other hand, decreased by 1 and 48 units respectively. At Goillet Diga there were days without frost every month, although lower by 4 units; in contrast, the days with frost and of frost were fewer by 19 and 15 respectively. At Serrù Diga there were no days without frost in December and February, with an increase of 13 units; days with frost increased by 23 and those of frost decreased by 36. At S. Caterina Valfurva the days without frost, absent from January to March, increased from the 150 of the previous five-year period to 172; days with and of frost increased by 26 and fell by 49 respectively. At these stations the number of freeze-thaw cycles showed a considerable increase, up to the maximum of S. Caterina Valfurva, where there were 346 freeze-thaw cycles (tab. 5).

TABLE 5 - Monthly regime of days without frost ($T_{min} > 0^\circ$), with frost ($T_{min} \leq 0^\circ$) and of frost ($T_{max} \leq 0^\circ$). Number of freeze-thaw cycles. Variations of parameters compared with the previous five-year period (Δ)

Stations	N° days	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year	Δ
Chiotas Diga	N° days w/o frost	31	22	2	13	2	6	20	26	28	31	31	28	240	49
	N° days with frost	0	7	20	13	25	16	9	3	2	0	0	2	97	-1
	N° days of frost	0	1	9	5	1	9	1	2	0	0	0	0	28	-48
	N° f/t cycles	0	14	40	26	50	30	18	6	4	0	0	4	192	-2
Goillet Diga	N° days w/o frost	15	3	0	1	0	0	4	15	24	24	25	19	130	-4
	N° days with frost	16	22	5	13	11	12	21	13	5	6	5	10	139	19
	N° days of frost	0	5	26	17	17	19	5	3	1	1	1	1	96	-15
	N° f/t cycles	32	43	11	26	22	23	43	26	11	13	11	20	281	40
Serrù Diga	N° days w/o frost	24	7	0	2	0	1	18	17	28	28	31	23	179	13
	N° days with frost	7	22	17	18	19	16	10	13	2	3	0	7	134	23
	N° days of frost	0	1	14	11	9	14	2	1	0	0	0	0	52	-36
	N° f/t cycles	14	44	34	36	37	32	21	26	4	6	0	14	268	46
S. Caterina Val.	N° days w/o frost	16	3	3	0	0	0	14	25	30	31	29	21	172	23
	N° days with frost	15	25	21	25	27	28	16	6	0	0	2	9	174	26
	N° days of frost	0	2	7	6	1	3	0	0	0	0	0	0	19	-49
	N° f/t cycles	30	50	42	50	54	56	32	12	0	0	2	18	346	55

Distribution of maximum daytime temperatures

Considering the importance of the maximum daytime temperatures in snow ablation processes, their monthly and yearly frequencies were analysed, according to the following five intensity classes: I $\Rightarrow 0^\circ \text{C} \leq T_{max} < 5^\circ$; II $\Rightarrow 5^\circ \leq T_{max} < 10^\circ \text{C}$; III $\Rightarrow 10^\circ \leq T_{max} < 15^\circ \text{C}$; IV $\Rightarrow 15^\circ \leq T_{max} < 20^\circ \text{C}$; V $\Rightarrow T_{max} \geq 20^\circ \text{C}$.

At Chiotas Diga there were 10 days with $T_{max} \geq 20^\circ \text{C}$ and 39 days with $15^\circ \leq T_{max} < 20^\circ \text{C}$. At Goillet Diga the days with $T_{max} \geq 20^\circ \text{C}$, which at this station are meteorologically exceptional, were absent, whereas in the Summers of 2003 and 1990, the warmest of the last forty years (tab. 15), there were respectively 12 and 9. At Serrù Diga there were 25 days recorded in class IV and 1 in class V; at S. Caterina Valfurva 81 and 28 days respectively (fig. 3a). At Goillet Diga there is a considerable tendential increase above all in the number of days with $15^\circ \leq T_{max} < 20^\circ \text{C}$, which is more than double the number of days with $10^\circ \leq T_{max} < 15^\circ \text{C}$ T_{max} (fig. 3b).

Degree days

The melt potential (mm/day) of glaciated surfaces is a complex function of various meteorological characteristics, such as net solar radiation absorbed by the surface, temperature of the air, ice or snow, wind speed and liquid flows, with their thermic content. The most easily available experimental data are still however the differences between the temperature of snow melt and that of the air, conventionally measured in an instrument shelter. The summation of the positive thermic differences between the two, calculated by means of hourly scanning, enables an estimation of this melt potential (M_d), according to relations such as the following:

$$M_d \text{ (mm/day)} = K \leftrightarrow \Sigma (T_{air} - 0^\circ \text{C})$$

where K represents the melt potential for each degree day in millimetres per day and $\Sigma (T_{aria} - 0^\circ \text{C})$ the degree days. For the applicational purpose of this analysis the calculation of the degree days was developed considering the positive differences fixing two thermic thresholds: the first as regards 0°C , the second referring to 10°C . The first value represents the total degree days, the second the days in which the $T_{max} \geq 10^\circ \text{C}$. It is important to take into account that the calculation done only with a single daily value (T_{max}) can cause also significant errors in the estimation of the melt potential (tab. 6).

$$\begin{aligned} \text{degree days} &= \Sigma (T_{max} - T_0^\circ) \quad T_{max} > T_0^\circ \\ \text{degree days} &= \Sigma (T_{max} - T_{10^\circ}) \quad T_{max} > T_{10^\circ} \end{aligned}$$

TABLE 6 - Monthly regime and annual value of degree days relative to the thermic thresholds $T_{max} > 0^\circ \text{C}$ and $T_{max} > 10^\circ \text{C}$

Stations	ΣT_c	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	ΣT_{min}	152	69	3	51	3	13	60	158	226	313	265	151	1464
	ΣT_{max}	73	27	0	18	0	2	28	74	103	208	197	67	797
Goillet Diga	ΣT_{min}	48	5	0	1	0	0	5	42	94	120	123	54	492
	ΣT_{max}	5	0	0	0	0	0	2	34	60	106	84	29	320
Serrù Diga	ΣT_{min}	95	20	0	3	0	1	37	71	148	209	212	119	915
	ΣT_{max}	17	2	0	0	0	0	6	41	70	113	130	53	432
S. Caterina Val.	ΣT_{min}	48	4	1	0	0	0	30	78	185	171	176	50	743
	ΣT_{max}	64	2	0	0	0	5	113	128	205	276	206	109	1107
Caresèr Diga	ΣT_{min}	-	7	1	-	-	0	4	37	91	134	115	28	-
	ΣT_{max}	-	0	0	-	-	0	0	20	40	110	63	4	-

At Chiotas Diga the monthly degree days for the $(T) > 0^\circ \text{C}$ e $\Sigma_{(T)} > 10^\circ \text{C}$ reached their maximum in July, respectively with 313 and 208 degrees; the yearly totals, which were of 1464 and 797 units, increased by 324 and 207 units compared with the means of the period 1980-2006. In Summer 804 ($\Sigma_{(T)} > 0^\circ \text{C}$) and 508 degrees ($\Sigma_{(T)} > 10^\circ \text{C}$) were recorded, which represent 54.9% and 63.7% of the respective yearly totals. At Goillet Diga the highest values were recorded in August ($\Sigma_{(T)} > 0^\circ \text{C}$) and July ($\Sigma_{(T)} > 10^\circ \text{C}$), respectively with 123 and 106 degree days; the annual totals, which reached respectively 492 and 320 degrees, were lower by 81 and 12 units compared with the means of the period 1970-2006. In Summer the degree days reached 337 ($\Sigma_{(T)} > 0^\circ \text{C}$) and 250 units ($\Sigma_{(T)} > 10^\circ \text{C}$), which represent 68.5 and 78.1% of the respective yearly totals (tab. 6; fig. 4a, 4b; 5a, 5b).

Absolute minimum and maximum temperatures

The extreme values of minimum and maximum day temperatures were recorded respectively in January and between July and August. Negative day minima were recorded in nine months at Chiotas Diga and at S. Caterina Valfurva, and in twelve at Goillet Diga. At Chiotas Diga the earliest and latest days of frost ($T_{max} \leq 0^\circ \text{C}$) were respectively on 1 December and 4 March. At Serrù Diga these were on 3 November and 29 May; at S. Caterina Valfurva on 2 November and 22 March (tab. 7). The maximum day temperatures reached high values from the start of the hydrological year up until the Summer, when they were instead generally moderate compared with previous years.

TABLE 7 - Minimum and maximum daily air temperatures ($^\circ \text{C}$) in the hydrological year 2006-2007

Stations	T_c	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	T_{min}	1.0	-6.0	-9.0	-11.0	-6.0	-10.0	-5.0	-2.0	-1.0	5.0	3.0	-2.0	-11.0
	T_{max}	17.0	15.0	7.0	14.0	10.0	11.0	15.0	18.0	17.0	22.0	24.0	16.0	24.0
Goillet Diga	T_{min}	-4.0	-10.0	-14.0	-18.0	-11.0	-15.0	-8.0	-7.0	-3.0	-1.0	0.0	-5.0	-18.0
	T_{max}	12.0	8.0	4.0	6.0	4.0	4.0	12.0	16.0	18.0	18.0	19.0	19.0	19.0
Serrù Diga	T_{min}	-2.0	-7.0	-12.0	-15.0	-9.0	-14.0	-6.0	-4.0	0.0	0.0	1.0	-2.0	-15.0
	T_{max}	14.0	11.0	5.0	10.0	7.0	6.0	12.0	17.0	16.0	18.0	21.0	16.0	21.0
Pant. d'Avio Diga	T_{min}	-3.0	-11.0	-12.0	-17.0	-13.0	-15.0	-6.3	-3.7	0.0	0.0	0.0	-4.0	-17.0
	T_{max}	13.0	9.0	5.0	8.0	5.0	8.0	14.0	17.1	19.0	20.0	19.0	16.0	20.0
S. Caterina Val.	T_{min}	-2.7	-9.9	-12.0	-17.2	-12.4	-15.4	-5.2	-1.6	0.6	0.5	2.2	-2.5	-17.2
	T_{max}	16.9	11.7	7.3	8.5	7.7	12.5	17.2	20.3	24.2	25.1	22.3	18.4	25.1
Caresèr Diga	T_{min}	-	-8.1	-11.8	-	-	-16.0	-9.0	-5.8	-1.8	-2.2	-0.7	-6.2	-
	T_{max}	-	8.6	9.6	-	-	5.4	10.3	13.6	17.0	18.7	16.0	11.6	18.7

TOTAL PRECIPITATION

The total annual precipitation, compared with the previous year and with the mean values for the period, showed a non homogenous distribution in the various alpine sectors: they were clearly lower in the more western sector of the Alps and on the whole higher in the

central and eastern sectors. At Chiotas Diga, where precipitation was 739.2 mm, the drop compared with the normal average was 306.0 mm; at Riva di Tures the increase was 43.6 mm. The driest months were November, February and April (tab. 8; fig. 6).

TABLE 8 - Total monthly and annual precipitation (mm) in the hydrological year 2006-2007 compared with values of the previous year

Stations	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	2006/07	2005/06
Chiotas Diga	102.4	37.8	107.9	18.5	16.0	28.9	59.8	103.0	168.9	1.8	44.8	49.4	739.2	950.2
Ceresole Diga	62.0	23.6	49.2	31.8	16.0	80.2	41.0	243.6	127.2	47.6	100.4	30.8	858.4	1082.0
Serrù Diga	70.4	31.2	65.6	61.8	39.8	102.8	32.4	145.2	96.8	96.8	102.4	42.4	887.6	1015.9
Gressoney D'Ejola	56.6	21.6	89.5	53.1	15.3	78.6	46.8	252.4	189.4	47.9	125.4	37.3	1009.4	860.1
Alpe Gera Diga	105.0	26.6	53.0	47.5	23.0	32.5	21.0	118.1	161.0	131.5	183.2	70.1	972.5	835.5
Pant. d'Avio Diga	56.0	34.0	43.0	56.0	21.0	36.9	17.1	121.4	162.0	156.0	247.0	96.0	1046.4	891.0
S. Caterina Valf.	130.6	9.6	0.0	25.6	14.6	27.8	4.8	117.2	120.8	143.2	139.6	48.2	782.0	602.2
S. Valentino M.	56.2	13.8	24.2	35.2	19.0	34.0	1.4	44.2	76.6	87.8	153.6	45.4	591.4	529.7
Careser Diga	-	-	41.2	-	-	67.6	18.6	104.4	110.2	82.2	167.8	74.0	-	-
Riva di Tures	64.6	19.8	43.6	71.2	45.6	46.2	6.2	107.0	135.6	180.2	164.0	92.4	976.4	917.1

In the western Alps the seasonal rainfall regime was relatively balanced, whereas in the central-eastern sector Summer rainfall was prevalent, to the point of exceeding 54.9% of the yearly total at S. Caterina Valfurva (tab. 9).

TABLE 9 - Seasonal rainfall regimes (mm) in the hydrological year 2006-2007

Stations	Autumn	Winter	Spring	Summer	Regime				
Chiotas Diga	314.9	36.4%	142.4	16.5%	191.7	22.2%	215.5	24.9%	AEPI
Ceresole R. Diga	519.4	41.4%	97.0	7.7%	364.8	29.0%	275.2	21.9%	APEI
Serrù Diga	388.7	34.3%	167.2	14.8%	280.4	24.8%	296.0	26.1%	AEPI
Alpe Gera Diga	230.5	20.5%	157.9	14.0%	377.8	33.6%	358.2	31.9%	PEAI
S. Caterina Valfurva	141.6	19.3%	40.2	5.5%	149.8	20.4%	403.6	54.9%	EPAI
S. Valentino M.	100.9	17.5%	78.4	13.6%	79.6	13.8%	318.0	55.1%	EAPI
Riva di Tures	118.2	13.0%	160.4	17.6%	150.4	16.5%	479.8	52.9%	EIPA

At Chiotas Diga and at Riva di Tures the monthly and annual precipitation, compared with the respective normal values and their variation fields, were far from the extreme values, if we exclude Chiotas Diga where the month of July was the least rainy since 1980 (tab. 10).

TABLE 10 - Field of variation and mean values of the total monthly precipitation (mm) at Chiotas Diga (1980-2006) and at Riva di Tures (1966-2006). compared with the values of the hydrological year 2006-2007

Stations	P _{mm}	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	P _{min}	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	39.9	19.2	8.6	23.0	21.5	647.1
	Data	1986/1987	1981/1982	vari	vari	vari	vari	2000/2001	2005/2006	2000/2001	1983/1984	1999/2000	1996/1997	1989/1990
	P _{max}	411.4	461.2	148.5	275.2	110.2	247.4	295.0	339.6	230.0	233.2	200.9	352.4	1502.3
	Data	1993/1994	2002/2003	1982/1983	1995/1996	2003/2004	1990/1991	1980/1981	1983/1984	1999/2000	2001/2002	1982/1983	1993/1994	1992/1993
	P ₍₁₉₈₀₋₂₀₀₆₎	153.7	108.8	62.2	50.5	30.4	53.1	116.4	116.0	94.5	65.3	73.6	121.1	1045.6
	P ₂₀₀₆₋₂₀₀₇	102.4	37.8	107.9	18.5	16.0	28.9	59.8	103.0	168.9	1.8	44.8	49.4	739.2
	P _{min}	4.6	13.8	5.0	3.8	2.1	1.4	6.2	27.6	46.4	21.4	35.1	30.0	678.6
	Data	1969/1970	1988/1989	1969/1970	1991/1992	1974/1975	2002/2003	2006/2007	2000/2001	2004/2005	1970/1971	1972/1973	2005/2006	2004/2005
	P _{max}	231.8	230.8	135.8	109.4	103.4	136.6	162.0	197.0	317.0	265.0	223.4	204.4	1254.1
	Data	1993/1994	2000/2001	1991/1992	2000/2001	1989/1990	1999/2000	1971/1972	1983/1984	1971/1972	1984/1985	1993/1994	1993/1994	1971/1972
P ₍₁₉₆₆₋₂₀₀₆₎	73.4	66.4	45.6	41.8	32.3	40.9	61.9	97.2	138.2	133.3	121.2	81.5	929.0	
P ₂₀₀₆₋₂₀₀₇	64.6	19.8	43.6	71.2	45.6	46.2	6.2	107.0	135.6	180.2	164.0	92.4	976.4	

SNOWFALL

The depths of snowfall were lower than those of the previous hydrological year, except for Serrù Diga and Gressoney D'Ejola. The largest decrease regarded Chiotas Diga and Alpe Gera Diga: at the station of Chiotas (Maritime Alps), generally the snowiest of those stations considered, the yearly decrease in snowfall at the ground was 56.3% compared with the previous year and 50.2% with respect to seasonal means. At the Alpe Gera Diga station (Valmalenco) the reduction, compared with the hydrological year 2005-2006, was as much as 69.0% (tab. 11; tab. 12).

TABLE 11 - Monthly and annual depth of snowfall in the hydrological year 2006-2007 (cm)

Stations	O	N	D	J	F	M	A	M	J	S	2006/2007	2005/2006
Chiotas Diga	0	3	52	43	22	85	34	30	20	12	301	689
Ceresole Reale Diga	0	3	22	35	23	73	2	0	0	0	158	291
Serrù Diga	5	25	57	35	20	100	45	45	5	10	347	324
Gressoney D'Ejola	0	9	80	65	21	96	25	41	5	12	354	249
Pantano d'Avio Diga	21	18	50	66	30	-	-	-	0	30	-	-
Alpe Gera Diga	0	10	57	17	18	5	0	0	0	0	107	345
S. Valentino alla Muta	0	4	6	28	26	7	0	0	0	0	71	188
Riva di Tures	0	0	18	71	54	28	1	3	0	16	191	238

TABLE 12 - Field of variation and monthly means of snowfall (cm) at Chiotas Diga (1979-2006) compared with the hydrological year 2006-2007

H _{cm}	Autumn	Winter	Spring	Summer	Year
H _{min}	6	8	18	0	317
Data	1981/02	1989/90	1996/77	vari	1994/95
H _{max}	262	542	565	65	881
Data	2003/04	2005/06	1990/91	1993/94	1983/84
H ₁₉₇₉₋₂₀₀₆	108	258	226	8	600
H ₂₀₀₆₋₂₀₀₇	15	117	149	20	301

In all the stations considered snow precipitation in Autumn was very limited: at Chiotas Diga values reached only 14% of the normal; there were considerable decreases, between 55% and 34%, in Winter and Spring (tab. 11, 12, 13; fig. 7).

TABLE 13 - Seasonal regimes of depth of snowfall in the hydrological year 2006-2007 (cm)

Stations	Autumn	Winter	Spring	Summer				
Chiotas Diga	15	5.0%	117	38.9%	149	49.5%	20	6.6%
Serrù Diga	3	1.9%	80	50.6%	75	47.5%	0	0%
Gressoney D'Ejola	9	2.6%	166	48.5%	162	47.4%	5	1.5%
Alpe Gera Diga	10	9.3%	92	86%	5	4.7%	0	0%
Riva di Tures	0	0%	143	81.7%	32	18.3%	0	0%

The first snowfall, very late compared to normal, occurred between the end of November and the first days of December, except for at Serrù Diga, where there was a small snowfall on 5th October; the latest snow, at Chiotas Diga and Gressoney D'Ejola, fell at the beginning of June. The ground remained under snow cover for periods lower than the mean values for the last five year period: at Chiotas Diga and at Riva di Tures the decrease was respectively 74 and 44 days (tab. 14).

TABLE 14 - Early and late snowfalls; maximum continuous duration of ground snow cover (days), total duration of ground snow cover, mean duration (2002-2006) and maximum depth of snowfall in one day ($H_{n,max}$) (cm) (2006-2007)

Stations	first snowfall	last snowfall	continuous maximum	total duration	mean duration	$H_{n,max}$	date
Chiotas Diga	3 December	2 June	41	114	188	32	26 March
Serrà Diga	5 October	5 May	178	182	212	50	26 March
Gressoney D'Ejola	22 November	1 June	125	136	155	50	9 December
Alpe Gera D.	22 November	22 March	149	151	170	31	9 December
Riva di Tures	4 December	1 April	123	126	170	36	24 January

At Chiotas Diga the weak trend towards an increase in annual snowfall depth, beginning in the hydrological year 1999-2000, was sharply reversed: the 301 cm of snow fallen in the hydrological year under study represent, in fact, the penultimate value in decreasing order of the historical series since 1979, slightly higher than the absolute minimum of 289 cm recorded in 1989-1990 (fig. 9).

METEOROLOGICAL SUMMARY

The months from October to June were much warmer than the norm: in some sectors of the alpine range, such as in the Aurine Alps, many previous temperature records were broken. This meteorological situation has to do with the high number of anticyclonic systems from Autumn to Spring, with the flow of very warm subtropical air, which also influenced the highest altitudes of the alpine chain. Only for short periods, such as in the last ten days of March, did the incursion of polar air cause significantly lower temperatures, together with snowfall also at the lower altitudes of the chain. July recorded temperatures generally around the means for the period, whereas August and September were considerably cooler.

Total annual precipitation compared with the normal means was clearly lower in the western sector of the Alps and the same or just above the values in the central and eastern sectors. The driest periods were in November, February and April.

The depth of snowfall was generally limited; in some sectors, as in the Maritime Alps, the decrease was as much as 50% compared with the normal average. Snow cover at the ground consequently lasted for shorter periods in all the stations considered.

SHORT ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE ON GLACIAL DYNAMICS

The type of meteorological data available enables us to develop an analysis of the climatic conditions of the alpine chain on the basis of air temperature and depth of snow cover.

For thermic aspects Summer temperatures are taken into account, when most glacial ablation takes place. In this regard the classification criteria of the temperature conditions of the Summers in the various alpine stations, due to their differences of latitude, longitude, altitude and slope aspect, do not lend themselves to a general definition. In this survey, which regards the station of Goillet Diga in the high Valtournenche, due to its altitude and closeness to Mt. Cervino typical of high mountain temperature conditions, the sorting was developed on the basis of the increasing values of the seasonal temperature means from 1970 to 2007, considering however some other temperature parameters important for glacial ablation, such as the seasonal number of days with $T_{max} \geq 15^\circ\text{C}$ and that with $T_{max} \geq 20^\circ\text{C}$. According to the classification system proposed, it results that the Summer of 2007, with a T_{med} of between 7.1 and 8.0 $^\circ\text{C}$, can be classified as one of the «cool Summers» (tab. 15; fig. 3b; fig. 10).

TABLE 15 - Sorting of Summers into seven classes of increasing mean temperature ($^\circ\text{C}$), number of days with $T_{max} \geq 15^\circ\text{C}$ and with $T_{max} \geq 20^\circ\text{C}$ at Goillet Diga and extreme temperatures (1970 to 2007)

Year	T_{min}	T_{max}	T_{med}	N° days $T \geq 15^\circ\text{C}$	N° days $T \geq 20^\circ\text{C}$	absolute T_{min}	absolute T_{max}
$T_{med} \leq 6.0^\circ\text{C}$ (cold Summers)							
1977	2.2	7.7	5.0	1	0	-2.0	15.0
1978	2.0	9.6	5.8	5	0	-5.0	19.0
$6.1 \leq T_{med} \leq 7.0^\circ\text{C}$ (very cool Summers)							
1972	2.9	10.4	6.7	10	0	-2.0	18.0
1974	2.5	11.5	7.0	20	2	-3.0	20.0
1975	3.4	10.3	6.9	17	0	-6.0	18.0
1980	2.6	10.0	6.3	14	1	-6.0	20.0
1984	2.8	10.5	6.7	14	0	-6.0	18.0
$7.1 \leq T_{med} \leq 8.0^\circ\text{C}$ (cool Summers)							
1970	3.9	11.3	7.6	19	0	0.0	18.0
1971	3.8	11.7	7.8	25	0	-4.0	19.0
1973	4.4	11.3	7.9	19	0	-2.0	17.0
1976	4.0	10.7	7.4	5	0	-4.0	16.0
1979	3.4	11.1	7.3	8	0	-2.0	17.0
1981	3.4	10.8	7.1	15	0	-3.0	18.0
1996	3.9	11.9	7.9	19	0	-3.0	18.0
2007	3.6	11.8	7.7	24	0	-3.0	19.0
$8.1 \leq T_{med} \leq 9.0^\circ\text{C}$ (normal Summers)							
1982	4.7	11.8	8.3	22	1	0.0	20.0
1983	4.7	11.8	8.3	23	3	-3.0	21.0
1986	5.9	12.1	9.0	39	0	-5.0	18.0
1992	4.5	13.2	8.9	41	2	-3.0	20.0
1993	4.2	13.2	8.9	31	0	-3.0	19.0
1995	3.3	13.0	8.2	42	4	-5.0	21.0
1997	4.6	11.7	8.2	23	0	-2.0	19.0
1999	4.6	12.2	8.4	14	0	-3.0	19.0
2000	5.1	12.6	8.9	31	0	-1.0	18.0
2001	4.8	12.7	8.8	32	0	-5.0	19.0
2004	4.0	12.3	8.2	24	0	-2.0	19.0
2005	3.9	12.5	8.2	27	3	-4.0	20.0
2006	4.1	12.8	8.5	36	0	-8.0	19.0
$9.1 \leq T_{med} \leq 10.0^\circ\text{C}$ (warm Summers)							
1985	5.1	13.5	9.3	43	4	-5.0	22.0
1987	5.3	12.8	9.1	36	3	-2.0	21.0
1988	6.0	13.2	9.6	36	0	-1.0	19.0
1991	4.9	14.5	9.7	57	6	-4.0	21.0
1994	5.0	14.6	9.8	53	8	-5.0	21.0
1998	5.4	13.8	9.6	45	4	-4.0	22.0
2002	5.3	12.8	9.1	29	5	0.0	21.0
$10.1 \leq T_{med} \leq 11.0^\circ\text{C}$ (very warm Summers)							
1989	6.4	14.2	10.3	46	2	-3.0	20.0
1990	6.7	14.5	10.6	43	9	0.0	22.0
$T_{med} \geq 11.1^\circ\text{C}$ (very hot Summers)							
2003	6.9	16.0	11.5	64	12	0.0	21.0

The meteorological trends described indicate that the year under study was characterised by high temperatures for most of the period, even though it was a «cool Summer». Snowfall was scarce and concentrated in Winter and Spring, with the almost total lack of snowfall in Autumn. These conditions determined a ground snow cover shorter than the mean values of the last five-year period. On the whole, the hydrological year 2006-2007 was regarded as unfavourable for the equilibrium of the glaciers on the southern side of the Alps.

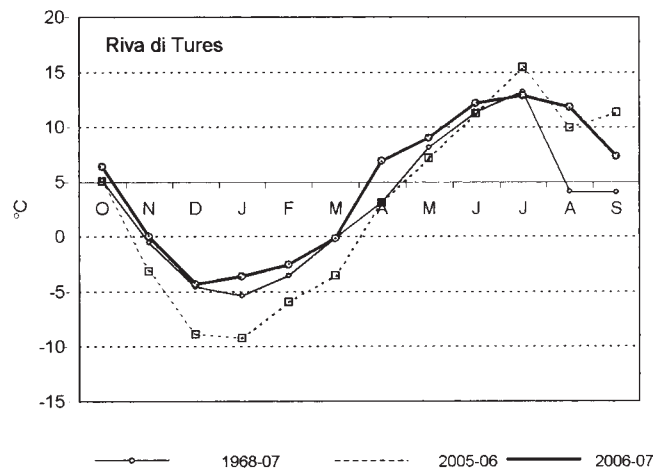
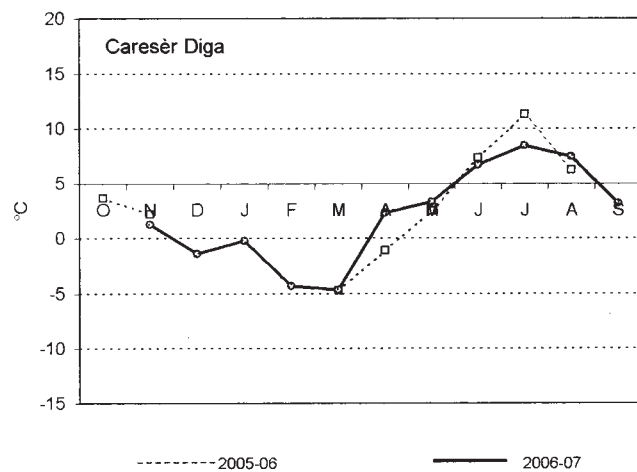
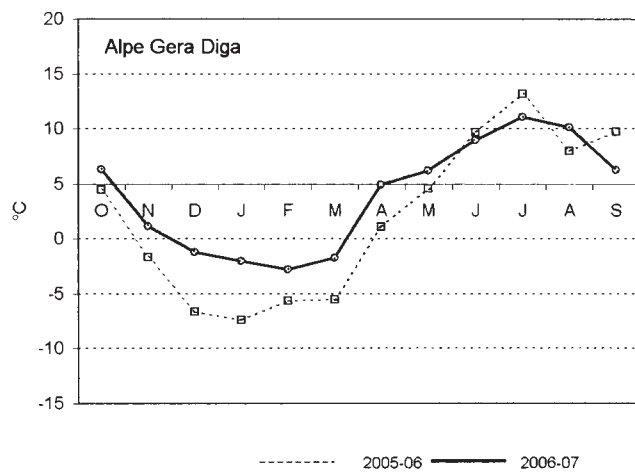
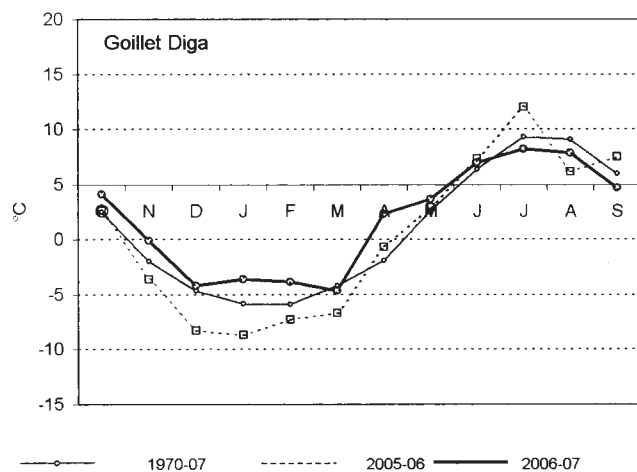
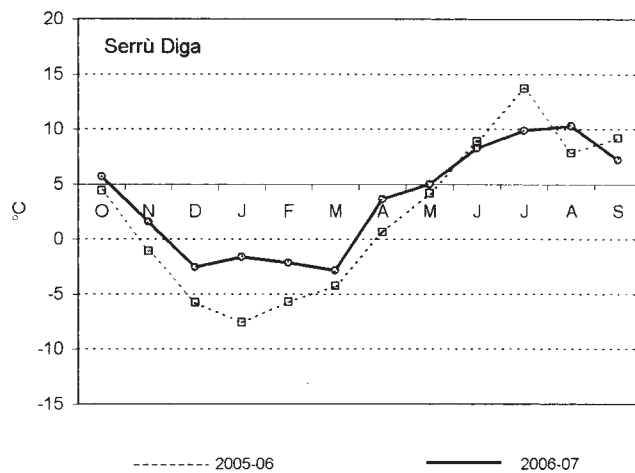
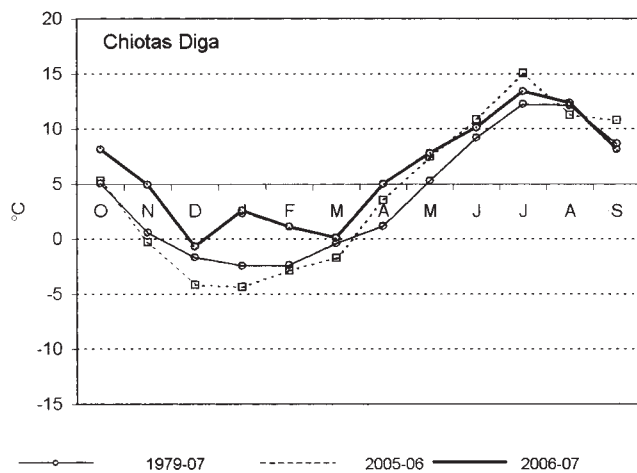


Fig. 2 - Regime mensile della temperatura dell'aria.
Monthly regime of air temperature.

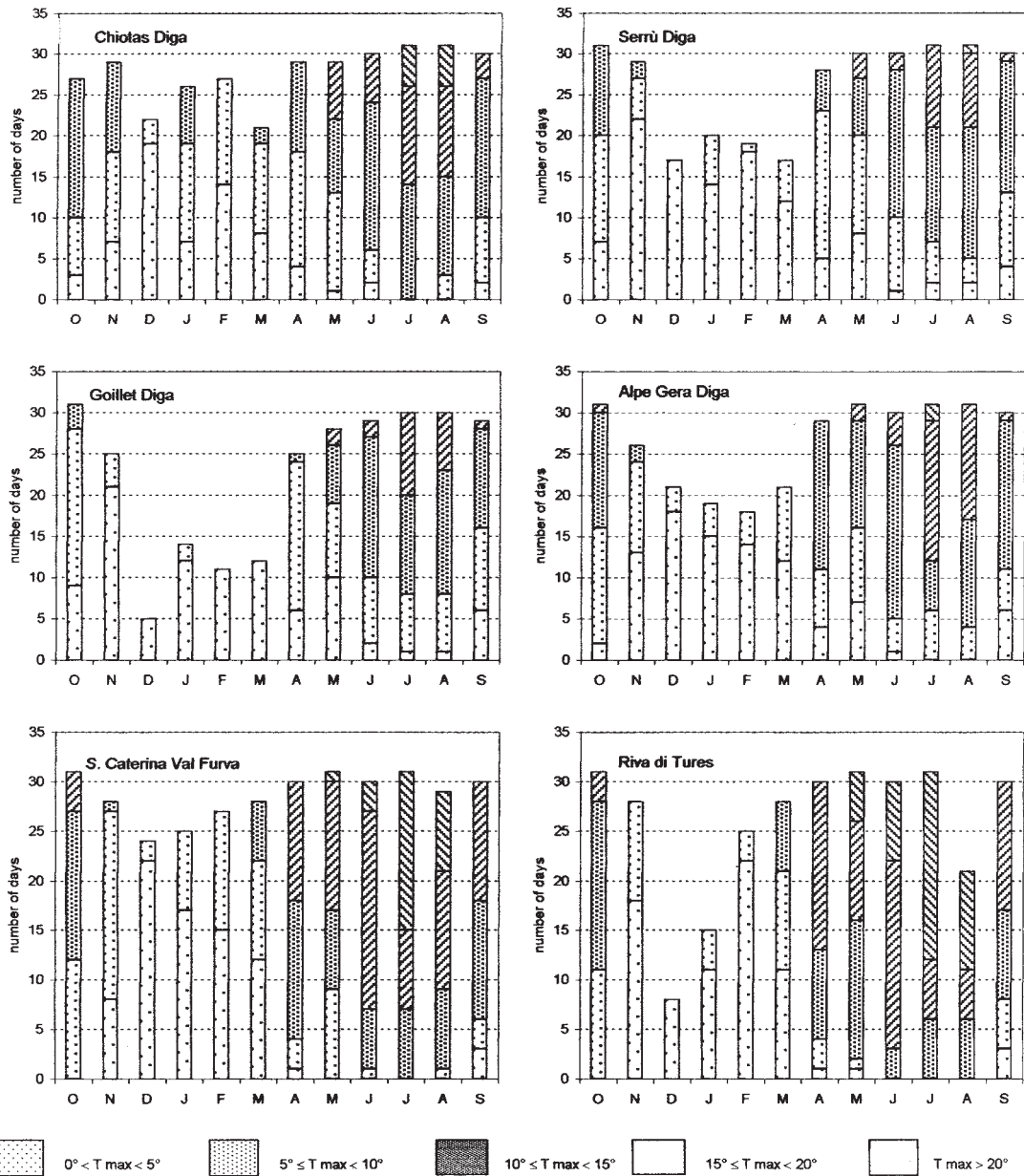


Fig. 3a – Distribution of the monthly frequency of the temperature classes.
 Distribuzione della frequenza mensile delle classi di temperatura.

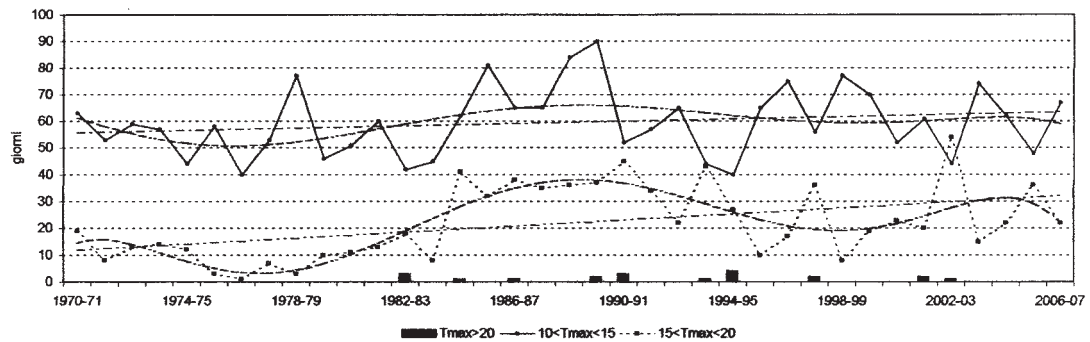
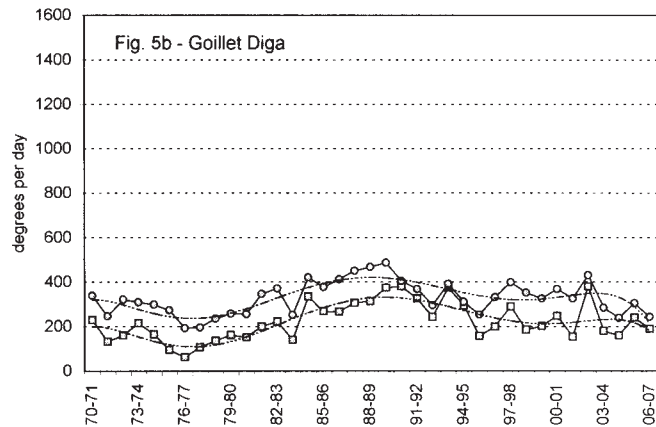
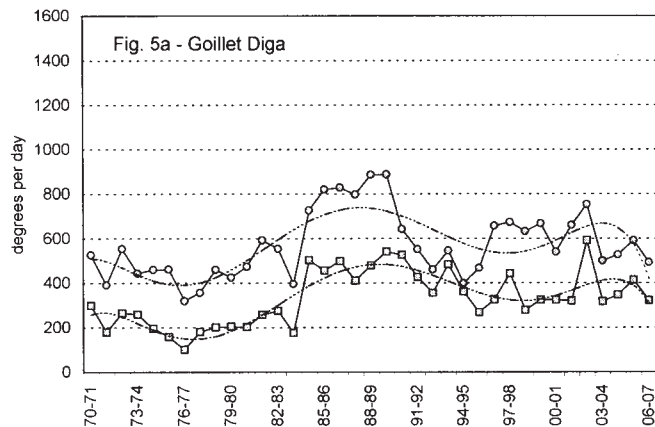
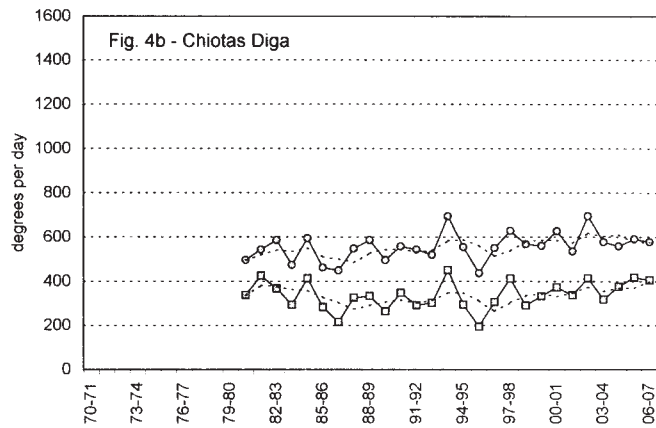
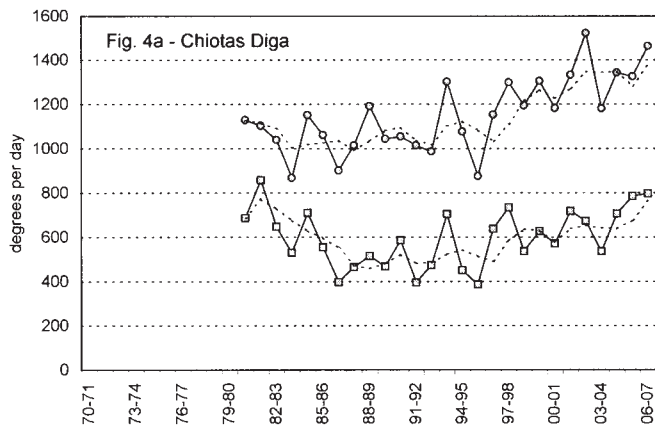


Fig. 3b - Numero annuo di giorni con $T_{max} > 20^{\circ}$, con $15^{\circ} < T_{max} < 20^{\circ}$ e con $10^{\circ} < T_{max} < 15^{\circ}$ ($^{\circ}\text{C}$).
 Annual number of days with $T_{max} > 20^{\circ}$, with $15^{\circ} < T_{max} < 20^{\circ}$ and with $10^{\circ} < T_{max} < 15^{\circ}$ ($^{\circ}\text{C}$).



—○— $\Sigma > 0^{\circ}\text{C}$ - - -□ - - - $\Sigma > 10^{\circ}\text{C}$

—○— $\Sigma > 0^{\circ}\text{C}$ - - -□ - - - $\Sigma > 10^{\circ}\text{C}$

Fig. 4a e 5a - Andamento dei gradi-giorno annui.
Degrees per day annual trend.

Fig. 4b e 5b - Andamento dei gradi giorno di Luglio e Agosto.
Degrees per day trend of June and July.

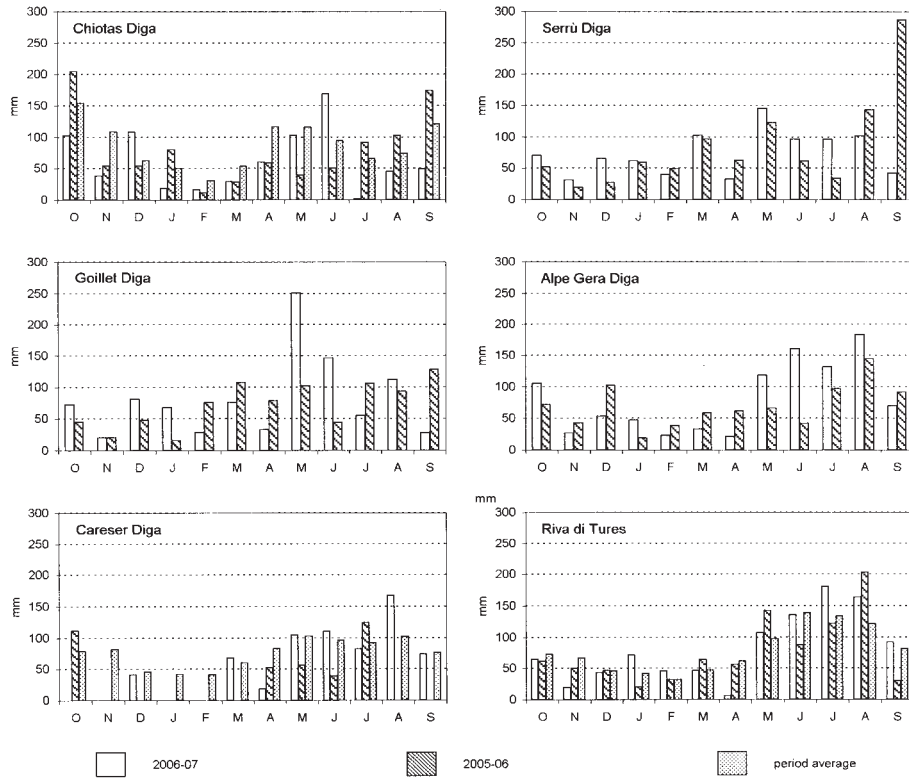


Fig. 6 - Regime mensile delle precipitazioni totali.
 Monthly regime of the total precipitations.

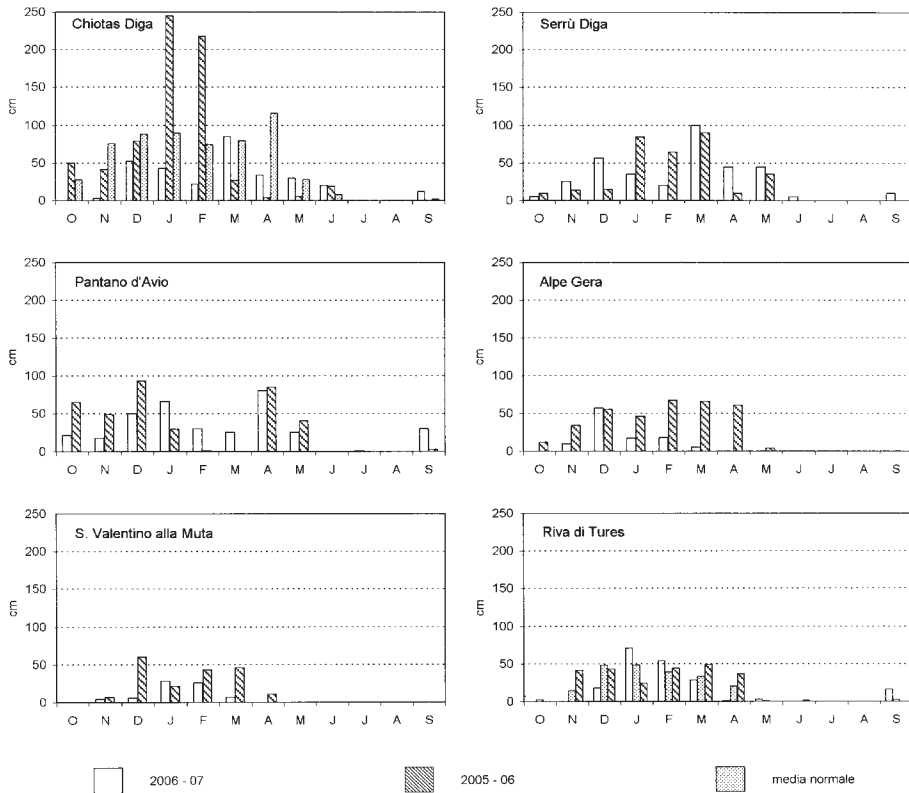


Fig. 7 - Regime mensile dell'altezza di neve caduta (cm).
 Monthly regime of thickness of snowfall (cm).

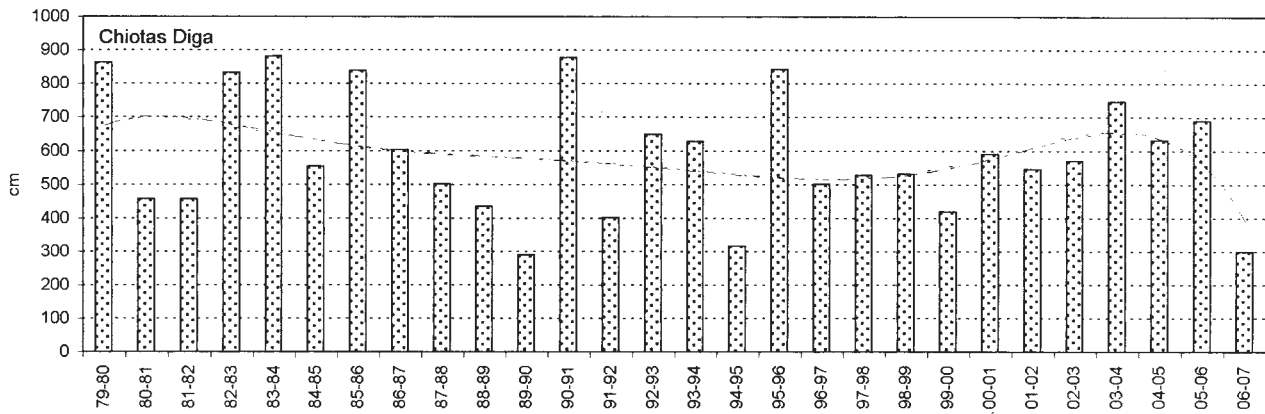


Fig. 8 - Andamento interannuale dell' altezza di neve caduta a Chiotas Diga(cm).
Interannual trend of thickness of snowfall at Chiotas Diga(cm).

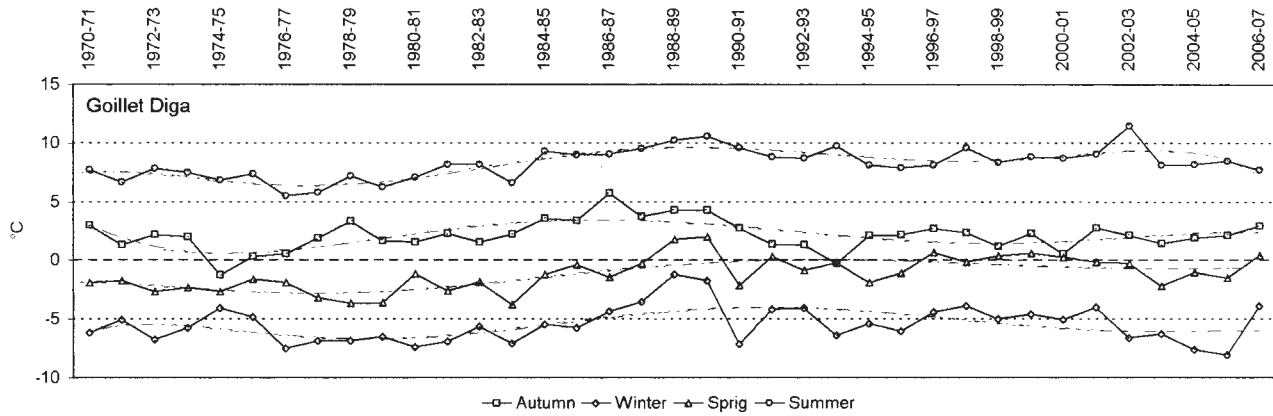


Fig. 9 - Andamento delle temperature medie stagionali a Goillet Diga (°C).
Seasonal temperature trend at Goillet Diga(°C).

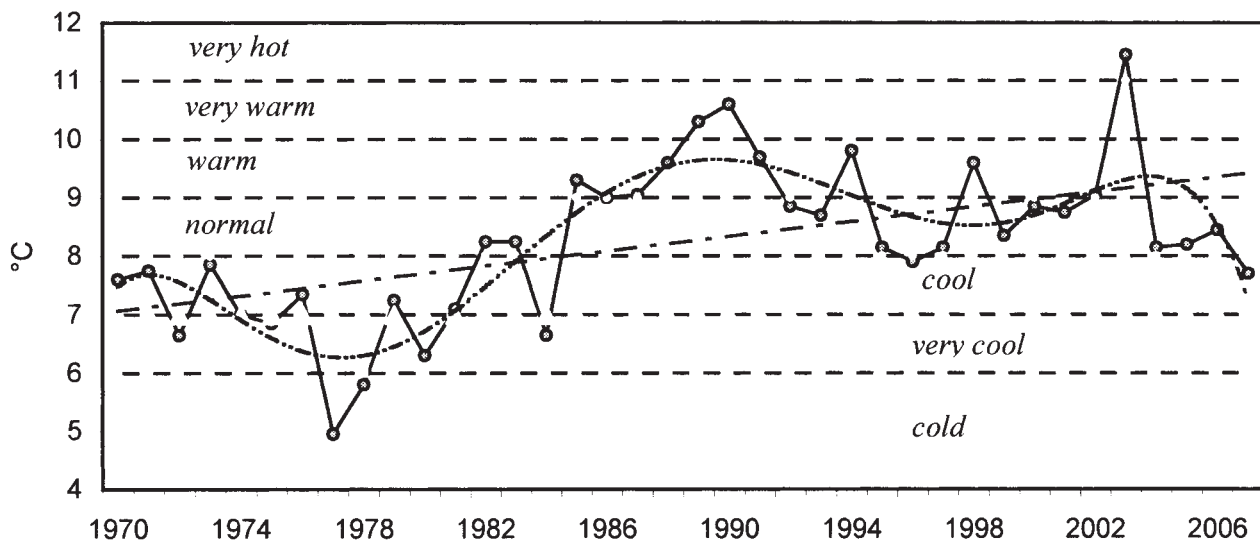


Fig. 10 - Andamento interannuale della temperatura media dell' Estate a Goillet Diga (1970-2007).
Interannual trend of average air temperature in Summer at Goillet Diga (1970-2007).