

ANNO IDROLOGICO 2004-2005:
LINEAMENTI METEOROLOGICI PER L'ARCO ALPINO
ITALIANO

HYDROLOGICAL YEAR 2004-2005:
METEOROLOGICAL FEATURES FOR THE ITALIAN ALPS

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

L'analisi delle condizioni meteorologiche che hanno interessato il versante italiano dell'arco alpino nel corso dell'anno idrologico 2004-2005 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 le caratteristiche meteorologiche dell'anno in studio sono state messe a confronto con quelle 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 Gesso
	Goillet Lago	2529	Valtournenche
	Ceresole Reale Lago	1573	Val Locana
	Serrù Lago	2296	Val Locana
	Gressoney D'Ejola	1850	Valle di Gressoney
Alpi Centrali	Alpe Gera Diga	2090	Valmalenco
	Pantano d'Avio Lago	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	Alpi Pusteresi
	Cortina d'Ampezzo	1275	Dolomiti Orientali

ANDAMENTI TERMICI

Temperatura dell'aria

Nel corso dell'anno idrologico le temperature medie mensili più basse si sono verificate in Febbraio e quelle più elevate in Luglio, con l'eccezione di Cortina d'Ampezzo, dove gli estremi hanno riguardato Gennaio e Agosto (tab. 2). Le minime diurne più basse si sono distribuite tra la seconda quindicina di Febbraio e la prima decade di Marzo, quando il gelo ha assunto la massima intensità: a Chiotas Diga, Goillet Diga, Alpe Gera Diga e Riva di Tures il giorno più freddo si è verificato l'1 marzo, rispettivamente con -19,0°, -24,0°, -22,0° -26,0 °C. Le massime diurne più elevate hanno interessato invece la fine di Giugno e i primi giorni di Luglio: a Chiotas, Goillet, Alpe Gera e Riva di Tures tali valori si sono verificati tra il 27 e il 29 Giugno, rispettivamente con

22,0°, 20,0°, 23,0° e 26,0 °C (tab. 5). Anche le temperature medie annue sono risultate inferiori alle medie climatiche: a Goillet Diga, ad esempio, quella dell'anno idrologico in studio è stata di 0,4 °C, in confronto al valore di 1,0 °C del periodo 1970-2005; a Riva di Tures lo scarto negativo dalla media è stato di 0,4 °C.

L'escursione termica annua, dopo i valori eccezionalmente elevati dell'anno idrologico 2002-2003, dovuti alle temperature molto basse registrate in Febbraio e a quelle eccezionalmente elevate verificatesi nel Giugno e nell'Agosto del 2003, è stata moderatamente bassa ed in linea con le medie del periodo (tab. 2).

TABELLA 2 - Temperature medie delle minime, delle massime e medie mensili ed escursione termica annua (°C)

Stazioni		O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno	A
Chiotas Diga	min	4,1	-2,2	-4,5	-4,6	-10,1	-4,9	-1,6	4,0	8,7	10,2	7,8	6,1	1,1	20,3
	max	8,2	4,2	0,0	2,4	-3,5	3,6	4,2	10,9	14,6	17,1	14,9	11,7	7,4	20,6
	med	6,1	1,0	-2,2	-1,1	-6,8	-0,7	1,3	7,4	11,7	13,6	11,4	8,9	4,2	20,4
Lago Goillet	min	-0,6	-5,1	-8,8	-9,6	-14,0	-9,2	-6,4	-0,8	4,1	4,6	3,0	2,6	-3,3	18,5
	max	5,0	0,3	-2,4	-3,2	-7,6	-1,4	2,6	8,4	13,4	13,1	11,0	9,1	4,0	20,9
	med	2,2	-2,4	-5,6	-6,4	-10,8	-5,0	-1,9	3,8	8,8	8,8	7,0	5,8	0,4	19,6
Ceresole Reale	min	2,9	-1,8	-6,1	-8,8	-11,4	-6,6	-1,7	4,5	8,7	9,9	8,1	6,5	0,3	21,3
	max	8,6	5,2	0,7	1,6	-1,3	3,9	6,1	13,3	17,7	18,3	16,3	13,4	8,6	19,6
	med	5,8	1,7	-2,7	-3,6	-6,3	-1,4	2,2	8,9	13,2	14,1	12,2	10,0	4,5	20,4
Lago Serrù	min	1,9	-2,9	-7,6	-7,6	-12,2	-6,9	-4,0	1,6	6,4	7,1	5,8	5,5	-1,1	19,3
	max	6,8	2,8	-1,4	-0,7	-4,8	0,8	3,1	8,8	14,0	14,5	13,2	11,2	5,7	19,3
	med	4,4	-0,1	-4,5	-4,2	-8,5	-3,1	-0,5	5,2	10,2	10,8	9,5	8,3	2,3	19,3
Gressoney D'Ejola	min	2,5	-2,3	-5,8	-6,8	-10,6	-5,2	-1,5	2,8	7,5	8,1	6,9	6,3	0,1	18,7
	max	8,8	4,3	0,7	0,6	-2,2	4,7	6,8	13,9	18,1	19,3	17	13,6	8,8	21,5
	med	5,6	1,0	-2,5	-3,1	-6,4	-0,3	2,7	8,4	12,8	13,7	11,9	10,0	4,5	20,1
Alpe Gera Diga	min	1,1	-4,4	-6,5	-9,4	-13,4	-8,2	-4,2	1,2	6,0	6,5	5,0	4,1	-1,8	19,9
	max	7,4	3,8	1,2	-0,2	-3,9	1,8	4,8	10,4	14,6	15,5	13,0	11,6	6,7	19,4
	med	4,3	-0,3	-2,7	-4,8	-8,7	-3,2	0,3	5,8	10,3	11,0	9,0	7,8	2,4	19,7
Pantano d'Avio D.	min	1,2	-4,3	-7,5	-8,7	-14,4	-9,1	-2,7	1,0	5,2	6,2	4,4	3,8	-2,1	20,6
	max	6,7	2,3	-0,9	-2,3	-3,4	1,5	3,7	7,8	13,6	14,0	11,5	10,0	5,2	19,4
	med	4,0	-1,0	-4,2	-5,5	-9,9	-3,8	0,5	4,4	9,4	10,1	8,0	6,9	1,6	20,0
S. Caterina Valfur.	min	1,7	-6,4	-11,5	-14,1	-15,1	-8,9	-2,0	2,5	6,2	7,3	6,0	5,3	-2,4	22,4
	max	10,0	3,5	-0,9	-0,7	-2,3	4,8	8,9	15,5	19,7	20,6	17,7	16,2	9,4	22,9
	med	5,9	-1,5	-6,2	-7,4	-8,7	-2,1	3,5	9,0	13,0	14,0	12,0	11,5	4,9	21,6
S. Valentino alla M.	min	4,0	-2,2	-6,9	-9,3	-12,0	-5,4	0,0	4,3	8,1	8,9	7,2	7,2	0,3	20,9
	max	10,4	5,0	1,3	0,0	-2,8	4,9	9,1	15,2	19,7	19,5	16,8	15,7	9,6	22,5
	med	7,2	1,4	-2,8	-4,7	-7,4	-0,3	4,5	9,8	13,9	14,2	12,0	11,5	4,9	21,6
Caresèr Diga	min	-0,4	-6,5	-8,1	-10,7	-15,4	-8,9	-6,1	-0,8	3,1	4,4	2,9	2,0	-3,7	19,8
	max	4,8	0,3	-0,9	-3,9	-7,5	-0,7	2,8	7,3	12,0	12,4	10,2	8,6	3,8	19,9
	med	2,2	-3,1	-4,5	-7,3	-11,5	-4,8	-1,6	3,2	7,6	8,4	6,5	5,3	0,0	19,9
Riva di Tures	min	1,8	-4,1	-9,5	-11,3	-13,5	-7,9	-2,2	1,8	4,8	6,7	5,5	4,1	-2,0	20,2
	max	9,6	2,7	-2,9	-3,2	-3,3	4,6	8,5	14,7	18,2	19,1	16,5	15,2	8,3	22,4
	med	5,7	-0,7	-6,2	-7,3	-8,4	-1,7	3,1	8,2	11,5	12,9	11,0	9,7	3,2	21,3
Cortina d'Ampezzo	min	0,0	-0,7	-4,1	-8,1	-5,1	-3,6	1,1	2,6	7,7	8,8	10,2	6,8	1,3	18,3
	max	8,3	7,3	4,0	0,7	4,2	6,4	9,8	13,0	18,8	20,5	21,0	17,4	11,0	20,3
	med	4,2	3,3	0,0	-3,7	-0,4	1,4	5,5	7,8	13,2	14,7	15,6	12,1	6,1	19,3

A: escursione termica annua

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), dei giorni con gelo ($T_{min} \leq 0$ °C) e di gelo ($T_{min} \leq 0$ °C) costituisce un buon indice della distribuzione della temperatura dell'aria rispetto allo zero. A Chiotas Diga in tutti i mesi si è avuto almeno un giorno senza gelo, con un totale annuo di 197 giorni, in aumento di 24 unità rispetto all'anno precedente; i giorni di gelo sono stati 97, in diminuzione di 16 unità. A Goillet Diga i giorni senza gelo sono stati assenti nei mesi da Dicembre a Febbraio, mentre la loro frequenza più elevata si è avuta in Luglio, con 28 giorni. In questa stazione rispetto all'anno precedente si è verificato un aumento di 19 giorni senza gelo e una diminuzione rispettivamente di 3 e di 19 giorni con gelo e di gelo. Anche a Serrù Diga i giorni senza gelo sono stati assenti da Dicembre a Febbraio, segnando un aumento di 21 giorni rispetto al totale dell'anno precedente; quelli con gelo sono aumentati di 5 unità e quelli di gelo diminuiti di 26 unità. A S. Caterina Valfurva i giorni senza gelo sono passati dai 126 dell'anno

(*) 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.

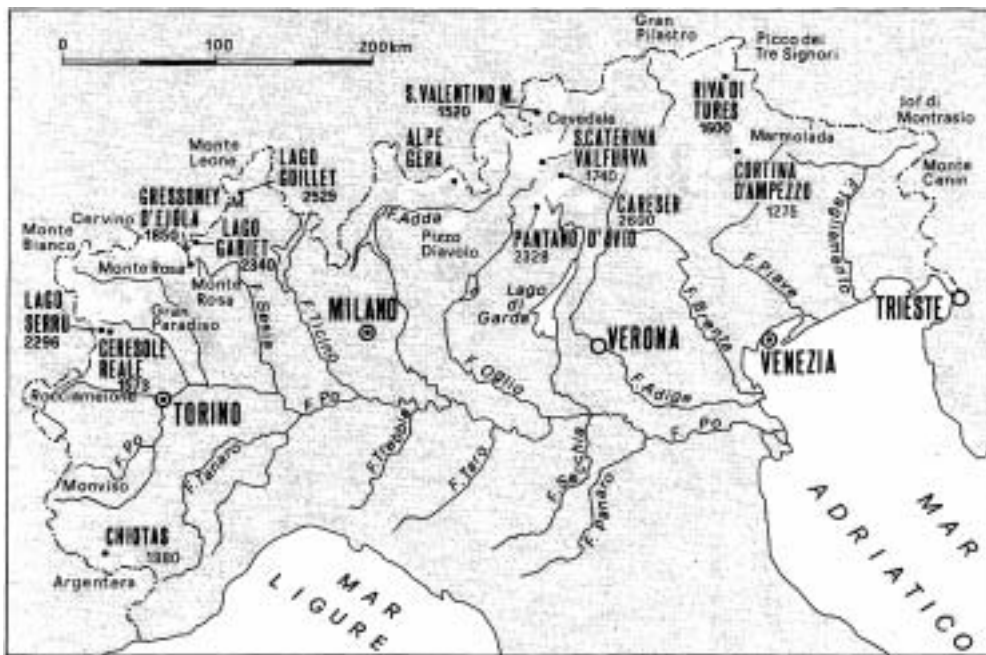


FIG. 1 - Distribuzione geografica delle stazioni meteorologiche. Locations of meteorological stations.

precedente ai 176 dell'anno in studio, con un aumento di 50 unità; quelli con gelo sono diminuiti di 37 unità e quelli di gelo hanno avuto un incremento di 2 unità. A Goillet Diga il numero dei cicli di gelo/disgelo è diminuito di 12 unità; a Serrù Diga si è incrementato di 6 unità; a S. Caterina Valfurva si è ridotto di 74 unità (tab. 3).

TABELLA 3 - Regime mensile dei giorni senza gelo, con gelo e di gelo e numero di cicli di gelo/disgelo

Stazioni	N° di giorni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	N° dd. senza gelo	22	8	1	7	1	6	4	27	29	31	31	30	197
	N° dd. con gelo	8	15	13	16	6	16	18	4	1	0	0	0	97
	N° cicli gelo/disgelo	16	29	27	32	11	32	37	8	2	0	0	0	194
Goillet Diga	N° dd. senza gelo	14	3	0	0	0	1	1	11	25	28	27	25	135
	N° dd. con gelo	12	14	5	11	0	15	21	20	5	3	4	5	115
	N° cicli gelo/disgelo	24	27	11	21	0	33	42	40	10	6	8	10	232
Serrù Diga	N° dd. senza gelo	20	5	0	0	0	4	3	15	29	31	31	30	168
	N° dd. con gelo	7	17	9	18	7	15	21	16	1	0	0	0	111
	N° cicli gelo/disgelo	14	33	19	35	10	31	42	32	2	0	0	0	218
S. Caterina Val.	N° dd. senza gelo	22	4	0	0	0	6	4	23	26	31	31	29	176
	N° dd. con gelo	9	19	9	16	4	16	26	8	4	0	0	1	112
	N° cicli gelo/disgelo	18	37	19	31	8	33	52	16	8	0	0	2	224
Caresèr Diga	N° dd. senza gelo	16	5	0	0	0	2	2	11	25	29	27	25	142
	N° dd. con gelo	11	13	16	9	1	15	21	18	5	2	4	5	120
	N° cicli gelo/disgelo	22	25	32	18	2	31	42	36	10	4	8	10	240

Distribuzione delle temperature massime diurne

Considerata la stretta dipendenza tra la temperatura dell'aria e l'ablazione glaciale è stata analizzata la distribuzione di frequenza dei valori termici massimi diurni, distribuiti nelle seguenti cinque classi di intensità: I^a ⇒ 0° ≤ T_{max} < 5° C; II^a ⇒ 5° ≤ T_{max} < 10°; III^a ⇒ 10° ≤ T_{max} < 15°; IV^a ⇒ 15° ≤ T_{max} < 20°; V^a ⇒ T_{max} ≥ 20° C (fig. 3a).

A Chiotas Diga sono stati registrati 8 giorni con T_{max} ≥ 20° C e 44 con la T_{max} tra 15° e 20° C, rispetto ad 1 e 41 giorni dell'anno precedente. A Goillet Diga, dove la massima diurna ha superato 20,0° C in 3 giorni consecutivi, dal 27 al 29 Giugno, si sono avuti 62 giorni ricadenti nella terza classe e 22 nella quarta. A Serrù Diga è stata osservata la frequenza di 73 giorni nella terza classe, 38 nella quarta e 4 nella quinta, rispetto alle 74, 31 e 0 unità nell'anno idrologico 2003-2004. A S. Caterina Valfurva le temperature massime diurne dalla terza alla quinta classe hanno avuto una frequenza rispettivamente di 63, 58 e 30 giorni, registrando una diminuzione di 11 e 20 giorni nella terza e nella quinta classe ed un aumento di 5 giorni nella quarta.

L'andamento interannuale del numero di giorni nelle diverse classi termiche a Goillet Diga – nel periodo 1970-2005 – mostra un sensibile incremento tendenziale delle classi III^a (10° ≤ T_{max} < 15°) e IV^a (15° ≤ T_{max} < 20°), pur in presenza di notevoli fluttuazioni in senso caldo e in senso fresco che hanno interessato rispettivamente gli anni Ottanta e gli anni Settanta e Novanta (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, la temperatura dell'aria e della superficie innevata, l'umidità relativa dell'aria, la velocità del vento e la pioggia. Il dato sperimentale più facilmente misurabile è tuttavia costituito dalla differenza tra la temperatura di fusione della neve e quella dell'aria. La sommatoria degli scarti termici positivi relativi ai due mezzi, calcolata secondo una scansione oraria o bioraria, consente la valutazione del 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» e $\sum (T_{\text{aria}} - T_{\text{fusione}})$ i «gradi-giorno». Per la finalità applicativa

di questa analisi il computo dei «gradi-giorno» è stato sviluppato considerando gli scarti positivi tra le temperature massime diurne (T_{\min} e T_{\max}) e i valori di 0 °C (T_b) e di 10 °C (T_a). Il primo valore rappresenta i «gradi-giorno» totali, il secondo quello relativo delle fasi più calde del dì e dell'anno. È opportuno considerare che il calcolo sviluppato con un solo valore giornaliero (massima diurna) può portare ad errori anche significativi nella stima dell'ablazione, specialmente quando le temperature medie giornaliere siano prossime a 0 °C (tab. 4):

$$\begin{aligned} \text{«gradi-giorno»} &= \sum (T_{\max} - T_a) \text{ per } T_{\max} > T_a \Rightarrow 10 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{«gradi-giorno»} &= \sum (T_{\min} - T_b) \text{ per } T_{\min} > T_b \Rightarrow 0 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

TABELLA 4 - Regime mensile e valore annuo dei «gradi-giorno» delle temperature minime ($\sum_{(T)} > 0 \text{ }^\circ\text{C}$) e massime giornaliere ($\sum_{(T)} > 10 \text{ }^\circ\text{C}$)

Stazioni		O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	ΣT_{\min}	135	26	1	14	1	16	19	128	260	316	243	183	1342
	ΣT_{\max}	30	0	0	0	0	6	10	66	146	223	153	72	706
Goillet Diga	ΣT_{\min}	37	6	0	0	0	0	1	35	131	143	95	79	527
	ΣT_{\max}	4	0	0	0	0	0	0	35	116	108	52	31	346
Serrù Diga	ΣT_{\min}	85	10	0	0	0	5	8	67	192	219	180	164	930
	ΣT_{\max}	16	0	0	0	0	2	0	48	127	147	98	65	503
S. Caterina Val.	ΣT_{\min}	70	10	0	0	0	7	13	86	193	227	186	159	951
	ΣT_{\max}	54	11	0	0	0	18	29	177	293	330	238	186	1336
Caresèr Diga	ΣT_{\min}	39	10	0	0	0	0	3	39	122	138	94	68	513
	ΣT_{\max}	5	0	0	0	0	0	0	32	101	97	40	25	300

A Chiotas Diga il regime mensile dei «gradi-giorno» per la $\Sigma_{(t)} > 0 \text{ }^\circ\text{C}$ e per la $\Sigma_{(t)} > 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ha raggiunto il valore massimo assoluto in Luglio, rispettivamente con 316 e 223 gradi, con un incremento rispetto all'anno precedente di 34 e 76 unità. In Estate sono stati registrati 819 ($\Sigma_{(t)} > 0 \text{ }^\circ\text{C}$) e 522 gradi ($\Sigma_{(t)} > 10 \text{ }^\circ\text{C}$), che rappresentano il 61,0 e il 73,9 % dei rispettivi totali annui. A Goillet Diga i valori massimi mensili si sono verificati in Giugno ($\Sigma_{(t)} > 10 \text{ }^\circ\text{C}$) e in Luglio ($\Sigma_{(t)} > 0 \text{ }^\circ\text{C}$), rispettivamente con 116 e 143 unità. Nel complesso a Goillet Diga i «gradi-giorno», nel corso dell'Estate, hanno raggiunto 369 ($\Sigma_{(t)} > 0 \text{ }^\circ\text{C}$) e 276 unità ($\Sigma_{(t)} > 10 \text{ }^\circ\text{C}$), mentre i valori annui sono stati rispettivamente di 527 e 346 unità (fig. 4a, b; 5a, b).

Temperature minime e massime assolute

Le temperature diurne minime e massime assolute hanno avuto la frequenza più elevata rispettivamente dalla seconda quindicina di Febbraio alla prima decade di Marzo e nell'ultima decade di Giugno. I giorni di gelo più tardivi si sono verificati il 17, il 21 e il 22 Aprile, rispettivamente a Chiotas Diga, Goillet Diga e Serrù Diga; a S. Caterina Valfurva e a Riva di Tures il 9 e 10 Marzo (tab. 5).

TABELLA 5 - Campo di variazione delle temperature giornaliere (°C)

Stazioni		O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	T_{\min}	-3,0	-10,0	-11,0	-17,0	-15,0	-19,0	-6,0	-1,0	0,0	3,0	4,0	2,0	-19,0
	T_{\max}	14,0	10,0	7,0	10,0	9,0	11,0	15,0	19,0	22,0	24,0	19,0	19,0	24,0
Lago Goillet	T_{\min}	-8,0	-13,0	-16,0	-22,0	-21,0	-24,0	-12,0	-5,0	-4,0	0,0	-2,0	-1,0	-24,0
	T_{\max}	12,0	6,0	6,0	5,0	0,0	7,0	10,0	16,0	20,0	19,0	15,0	16,0	20,0
Lago Serrù	T_{\min}	-5,0	-11,0	-15,0	-20,0	-18,0	-23,0	-9,0	-3,0	0,0	1,0	2,0	1,0	-23,0
	T_{\max}	14,0	7,0	4,0	6,0	2,0	12,0	9,0	17,0	22,0	21,0	17,0	17,0	22,0
Pant. d'Avio Diga	T_{\min}	-5,0	-13,0	-16,0	-22,0	-20,0	-26,0	-8,0	-6,0	-3,0	1,0	0,0	-2,0	-26,0
	T_{\max}	15,0	11,0	5,0	7,0	2,0	12,0	15,0	18,0	23,0	21,0	16,0	17,0	23,0
S. Caterina Val.	T_{\min}	-6,0	-13,0	-22,0	-22,0	-21,0	-24,0	-7,0	-3,0	-3,0	1,0	1,0	0,0	-24,0
	T_{\max}	16,0	15,0	4,0	5,0	5,0	14,0	19,0	25,0	28,0	28,0	23,0	24,0	28,0
Caresèr Diga	T_{\min}	-9,1	-15,9	-16,1	-21,0	-24,7	-24,2	-12,0	-6,7	-7,0	-1,6	-2,4	-3,4	-24,7
	T_{\max}	13,4	8,6	4,7	6,9	1,5	9,9	10,3	14,9	20,2	19,0	17,3	15,1	20,2

Tendenze termiche

Nella serie termometrica di Goillet Diga, dal 1979 al 2005, le temperature medie dell'Autunno, della Primavera e dell'Estate hanno segnato un andamento confrontabile con quello gli anni precedenti, mentre quelle invernali, raggiungendo -7,6 °C, sono state nettamente inferiori alle medie climatiche e le più basse del catalogo (fig. 9).

PRECIPITAZIONI TOTALI

Le precipitazioni totali annue in molte stazioni sono confrontabili con quelle dell'anno precedente, con l'eccezione di Ceresole Reale Diga, dove l'afflusso annuo è passato da 877,3 mm a 1252,2 mm, e a Pantano d'Avio Diga, dove i valori pluviometrici sono saliti da 707,1 mm dell'anno precedente agli attuali 981,6 mm. A Chiotas Diga, in confronto alle medie climatiche, le precipitazioni sono state inferiori di 147,7 mm e a Riva di Tures (1968-2005) di 253,2 mm (tab. 6; fig. 6).

TABELLA 6 - Precipitazioni totali mensili e annue (mm)

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	Anno
Chiotas Diga	171,4	83,6	91,8	1,2	6,8	44,4	97,5	59,8	84,7	58,0	68,6	146,2	914,0
Goillet Diga	143,4	129,6	69,8	39,2	8,0	44,6	145,9	92,1	81,0	53,8	120,8	80,8	1008,9
Ceresole Reale Diga	192,8	214,6	71,0	15,0	0,0	22,6	164,8	66,4	73,0	75,6	119,4	237,0	1252,2
Serrù Diga	164,4	235,2	121,0	45,0	0,0	24,0	158,8	50,4	117,4	96,5	86,4	216,4	1315,5
Gressoney D'Ejola	126,6	167,2	38,1	45,7	10,2	37,2	136,6	77,9	89,9	77,3	134,7	100,0	1041,4
Alpe Gera Diga	182,0	67,8	36,0	10,0	4,0	30,0	88,0	72,5	26,0	85,6	87,3	92,0	781,2
Pant. d'Avio Diga	118,0	50,0	50,0	1,0	11,0	18,0	44,6	103,0	90,0	151,0	185,0	160,0	981,6
S. Caterina Valf.	139,0	49,8	23,4	7,0	8,6	17,2	56,8	77,2	49,2	112,8	123,8	83,2	748,0
S. Valentino alla M.	110,8	22,4	15,6	18,4	14,2	8,8	26,8	39,2	26,8	82,2	137,0	37,0	539,2
Caresèr Diga	124,2	119,6	40,0	12,0	12,4	31,0	97,0	62,0	40,4	67,6	106,2	99,8	812,2
Riva di Tures	74,6	34,4	22,0	35,2	33,2	14,6	68,6	48,8	46,4	162,4	86,0	52,4	678,6

Nel settore alpino centro-occidentale la piovosità si è concentrata in Autunno, mentre in quello orientale le piogge sono state più abbondanti in Estate. In tutti i settori, con una decisa omogeneità territoriale, la stagione più seccata è stata quella invernale, con valori percentuali sul totale annuo che hanno oscillato tra il 5,5% di S. Caterina Valfurva e 13,2% di Riva di Tures (tab. 7).

TABELLA 7 - Regimi pluviometrici stagionali

Stazioni	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Regime				
Chiotas Diga	310,0	37,7%	99,8	12,1%	201,7	24,5%	211,3	25,7%	AEPI
Ceresole R. Diga	420,4	40,8%	86,0	8,4%	253,8	24,7%	268,0	26,1%	AEPI
Alpe Gera Diga	287,2	39,5%	50,0	6,9%	190,5	26,2%	198,9	27,4%	AEPI
S. Caterina Valfurva	237,8	33,3%	39,0	5,5%	151,2	21,2%	285,8	40,0%	EAPI
S. Valentino Muta	181,2	32,9%	48,2	8,8%	74,8	13,6%	246,0	44,7%	EAPI
Riva di Tures	165,0	24,2%	90,4	13,2%	132,0	19,3%	294,8	43,2%	EAPI

INNEVAMENTO

Gli accumuli di neve al suolo sono stati sensibilmente inferiori a quelli misurati nell'anno precedente: a Chiotas Diga sono stati misurati 632 cm contro, 746 cm (-15%); all'Alpe Gera Diga l'accumulo è stato di 252 cm, contro i 439 cm (-42,6%). A Chiotas Diga e Ceresole Reale le nevicate più abbondanti si sono verificate in Dicembre; in Aprile sono state invece prevalenti a Goillet Diga, Serrù Diga e Gressoney D'Ejola (tab. 8; fig. 7).

TABELLA 8 - Altezza mensile e annua di neve caduta (cm)

Stazioni	O	N	D	G	F	M	A	M	S	Anno
Chiotas Diga	17	80	208	2	73	26	200	26	0	632
Goillet Diga	47	28	100	52	11	30	166	5	0	439
Ceresole Reale Diga	0	17	112	20	0	10	48	0	0	207
Serrù Diga	35	37	161	50	0	9	174	0	0	466
Gressoney D'Ejola	5	85	58	35	17	5	110	0	0	315
Alpe Gera Diga	18	33	65	23	7	21	84	1	0	252
Pantano d'Avio Diga	40	76	67	10	22	20	-	-	3	-
S. Valentino alla Muta	0	0	0	30	17	3	5	0	0	55
Riva di Tures	1	-	43	48	44	7	-	-	0	-

In tutto l'arco alpino le prime nevicate si sono verificate in Ottobre, le ultime tra il 26 Aprile all'Alpe Gera Diga e il 18 Maggio a Chiotas Diga. La copertura nevosa è stata presente dalla metà di Ottobre ad Aprile, con l'eccezione di quanto osservato a Goillet Diga (2529 m s.l.m.), dove la neve ha coperto il suolo fino al 30 Maggio (tab. 9).

TABELLA 9 - Nevicate precoci e tardive e durata della copertura nevosa al suolo

Stazioni	prima nevicata	ultima nevicata	durata manto nevoso	n° giorni
Chiotas Diga	15 Ottobre	18 Maggio	23 Ottobre/26 Maggio	215
Goillet Diga	7 Ottobre	5 Maggio	19 Ottobre/14 Giugno	238
Ceresole Reale Diga	20 Ottobre	20 Aprile	20 Ottobre/5 Maggio	197
Gressoney D'Ejola	20 Ottobre	5 Maggio	12 Ottobre/15 Maggio	215
Alpe Gera Diga	5 Ottobre	7 Maggio	20 Ottobre/18 Maggio	218

Le precipitazioni nevose si sono distribuite prevalentemente tra l'Inverno e la Primavera, con l'eccezione di Riva di Tures dove il massimo accumulo ha interessato l'Inverno (80,3%) (tab. 10).

TABELLA 10 - Regimi stagionali dell'altezza di neve caduta (cm)

Stazioni	Autunno	Inverno	Primavera
Chiotas Diga	97 15,4%	283 44,8%	252 39,9%
Serrù Diga	72 15,5%	211 45,3%	183 39,2%
Alpe Gera Diga	51 20,2%	95 37,7%	106 42,1%
Riva di Tures	1 0,6%	135 80,3%	32 19,1%

Tendenze nivometriche

Nel corso degli ultimi anni cinque anni a Chiotas Diga si è registrato un aumento tendenziale dello spessore della neve caduta stimabile in 52 cm/anno, mentre nell'anno in corso è stata osservata una sua modesta flessione, che tuttavia mantiene il valore al di sopra di quello medio del periodo 1979-2005, che è di 596,2 cm (fig. 8).

CONCLUSIONI

L'anno idrologico è iniziato con l'Ottobre segnato da temperature miti, in linea con le medie del periodo, e da precipitazioni relativamente abbondanti, per l'azione predominante di masse d'aria calda e umida di origine mediterranea. Qualche contrasto più consistente tra l'aria mediterranea e quella polare ha dato luogo alle prime nevicate, che sono risultate più abbondanti nel settore alpino centro-occidentale. Anche gli andamenti termici di Novembre e di Dicembre non si sono discostati da quelli medi di periodo, mentre le precipitazioni, sia liquide che nevose, hanno interessato in prevalenza il settore centro-occidentale. I mesi di Gennaio e di Febbraio, ed in misura minore quello di Marzo, so-

no stati marcatamente siccitosi, con valori pluviometrici che in alcune stazioni sono stati pari a zero. Tra la seconda quindicina di Febbraio e la prima decade di Marzo le temperature hanno segnato valori particolarmente bassi, e in molti casi decisamente inferiori alle medie climatiche. In Aprile si assiste ad una ripresa degli afflussi totali e di quelli nevosi, che risulta meno significativa nel settore orientale. Sotto il profilo pluviometrico i mesi della tarda Primavera e dell'Estate si sono caratterizzati per afflussi intorno ai valori medi di periodo, mentre la neve ha cessato di cadere tra il 20 Aprile a Ceresole Reale Diga e il 18 Maggio a Chiotas Diga. Pur nella sostanziale moderazione dei livelli termici estivi le temperature sono state lievemente superiori sia a quelle dell'anno precedente sia a quelle medie di periodo. I mesi di Luglio e di Agosto sono stati interessati da una normale variabilità, derivante dalla dinamica del piano del «fronte polare», caratteristica di questa stagione. Nella seconda decade di Agosto tale «normale» instabilità stagionale ha avuto una violenta intensificazione a causa dello scorrimento verso l'arco alpino di una profonda depressione mediterranea denominata «Norbert». Tale evento meteorologico ha determinato piogge di eccezionale intensità sul versante settentrionale delle Alpi, con gravissime alluvioni in Svizzera, nelle Alpi austriache e nel Sud della Germania. Il mese di Settembre è stato particolarmente piovoso in alcune stazioni del settore centro-occidentale, come ad esempio a Ceresole Reale Diga, mentre in tutto l'arco alpino le temperature sono state prossime alla norma.

Nel quadro delle tendenze termiche riscontrate negli ultimi trentacinque anni a Goillet Diga si osserva una flessione dei valori termici stagionali, particolarmente marcata per quelli invernali (fig. 8). Nella stazione di Chiotas Diga non si è confermato l'incremento dell'altezza del manto nevoso registrato nell'ultimo quinquennio, pur registrandosi uno spessore della neve caduta ancora superiore alla media climatica (fig. 9).

Analysis of meteorological conditions on the Italian side of the Alps during the hydrological year 2004-2005 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.

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 Gesso
	Goillet Lago	2529	Valtournenche
	Ceresole Reale Lago	1573	Val Locana
	Serrù Lago	2296	Val Locana
	Gressoney D'Ejola	1850	Valle di Gressoney
Central Alps	Alpe Gera Diga	2090	Valmalenco
	Pantano d'Avio Lago	2328	Valcamonica
	S. Caterina Valfurva	1740	Valfurva
	Caresèr Diga	2600	Ortles-Cevedale
	S. Valentino alla Muta	1520	Val Venosta
Eastern Alps	Riva di Tures	1600	Pustertal Alps
	Cortina d'Ampezzo	1275	Eastern Dolomites

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

TEMPERATURE TRENDS

Air temperature

During the hydrological year the lowest mean monthly temperatures were in February and the highest in July, with the exception of Cortina d'Ampezzo, where the extremes occurred in January and August (tab. 2). The lowest daily minima were distributed between the second half of February and the first ten days of March, when the cold reached its maximum intensity: at Chiotas Diga, Goillet Diga, Alpe Gera Diga and Riva di Tures the coldest day was 1 March, with values of -19.0° , -24.0° , -22.0° and -26.0° °C respectively. The highest daily maximum values were at the end of June and on the first days of July: at Chiotas, Goillet, Alpe Gera and Riva di Tures these occurred between 27 and 29 June, with respectively 22.0° , 20.0° , 23.0° and 26.0° °C (tab. 5). Also the average annual temperatures were lower than the seasonal means: at Goillet Diga, for example, the value of the hydrological year under study was 0.4° °C, compared with a value of 1.0° °C for the period 1970-2005; at Riva di Tures the negative deviation from the mean was 0.4° °C.

The annual thermal range, after the exceptionally high values of the hydrological year 2002-2003, due to the very low temperatures recorded in February and the very high values of June and August 2003, was relatively low and in line with the average for the period (tab. 2).

TABLE 2 - Monthly and annual mean temperatures. Annual range (°C)

Station	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year	A	
Chiotas Diga	min	4.1	-2.2	-4.5	-4.6	-10.1	-4.9	-1.6	4.0	8.7	10.2	7.8	6.1	1.1	20.3
	max	8.2	4.2	0.0	2.4	-3.5	3.6	4.2	10.9	14.6	17.1	14.9	11.7	7.4	20.6
	med	6.1	1.0	-2.2	-1.1	-6.8	-0.7	1.3	7.4	11.7	13.6	11.4	8.9	4.2	20.4
Lago Goillet	min	-0.6	-5.1	-8.8	-9.6	-14.0	-9.2	-6.4	-0.8	4.1	4.6	3.0	2.6	-3.3	18.5
	max	5.0	0.3	-2.4	-3.2	-7.6	-1.4	2.6	8.4	13.4	13.1	11.0	9.1	4.0	20.9
	med	2.2	-2.4	-5.6	-6.4	-10.8	-5.0	-1.9	3.8	8.8	8.8	7.0	5.8	0.4	19.6
Ceresole Reale	min	2.9	-1.8	-6.1	-8.8	-11.4	-6.6	-1.7	4.5	8.7	9.9	8.1	6.5	0.3	21.3
	max	8.6	5.2	0.7	1.6	-1.3	3.9	6.1	13.3	17.7	18.3	16.3	13.4	8.6	19.6
	med	5.8	1.7	-2.7	-3.6	-6.3	-1.4	2.2	8.9	13.2	14.1	12.2	10.0	4.5	20.4
Lago Serrù	min	1.9	-2.9	-7.6	-7.6	-12.2	-6.9	-4.0	1.6	6.4	7.1	5.8	5.5	-1.1	19.3
	max	6.8	2.8	-1.4	-0.7	-4.8	0.8	3.1	8.8	14.0	14.5	13.2	11.2	5.7	19.3
	med	4.4	-0.1	-4.5	-4.2	-8.5	-3.1	-0.5	5.2	10.2	10.8	9.5	8.3	2.3	19.3
Gressoney D'Ejola	min	2.5	-2.3	-5.8	-6.8	-10.6	-5.2	-1.5	2.8	7.5	8.1	6.9	6.3	0.1	18.7
	max	8.8	4.3	0.7	0.6	-2.2	4.7	6.8	13.9	18.1	19.3	17	13.6	8.8	21.5
	med	5.6	1.0	-2.5	-3.1	-6.4	-0.3	2.7	8.4	12.8	13.7	11.9	10.0	4.5	20.1
Alpe Gera Diga	min	1.1	-4.4	-6.5	-9.4	-13.4	-8.2	-4.2	1.2	6.0	6.5	5.0	4.1	-1.8	19.9
	max	7.4	3.8	1.2	-0.2	-3.9	1.8	4.8	10.4	14.6	15.5	13.0	11.6	6.7	19.4
	med	4.3	-0.3	-2.7	-4.8	-8.7	-3.2	0.3	5.8	10.3	11.0	9.0	7.8	2.4	19.7
Pantano d'Avio D.	min	1.2	-4.3	-7.5	-8.7	-14.4	-9.1	-2.7	1.0	5.2	6.2	4.4	3.8	-2.1	20.6
	max	6.7	2.3	-0.9	-2.3	-5.4	1.5	3.7	7.8	13.6	14.0	11.5	10.0	5.2	19.4
	med	4.0	-1.0	-4.2	-5.5	-9.9	-3.8	0.5	4.4	9.4	10.1	8.0	6.9	1.6	20.0
S. Caterina Valfur.	min	1.7	-6.4	-11.5	-14.1	-15.1	-8.9	-2.0	2.5	6.2	7.3	6.0	5.3	-2.4	22.4
	max	10.0	3.5	-0.9	-0.7	-2.3	4.8	8.9	15.5	19.7	20.6	17.7	16.2	9.4	22.9
	med	5.9	-1.5	-6.2	-7.4	-8.7	-2.1	3.5	9.0	13.0	14.0	11.8	10.8	3.5	22.7
S. Valentino alla M.	min	4.0	-2.2	-6.9	-9.3	-12.0	-5.4	0.0	4.3	8.1	8.9	7.2	7.2	0.3	20.9
	max	10.4	5.0	1.3	0.0	-2.8	4.9	9.1	15.2	19.7	19.5	16.8	15.7	9.6	22.5
	med	7.2	1.4	-2.8	-4.7	-7.4	-0.3	4.5	9.8	13.9	14.2	12.0	11.5	4.9	21.6
Caresèr Diga	min	-0.4	-6.5	-8.1	-10.7	-15.4	-8.9	-6.1	-0.8	3.1	4.4	2.9	2.0	-3.7	19.8
	max	4.8	0.3	-0.9	-3.9	-7.5	-0.7	2.8	7.3	12.0	12.4	10.2	8.6	3.8	19.9
	med	2.2	-3.1	-4.5	-7.3	-11.5	-4.8	-1.6	3.2	7.6	8.4	6.5	5.3	0.0	19.9
Riva di Tures	min	1.8	-4.1	-9.5	-11.3	-13.5	-7.9	-2.2	1.8	4.8	6.7	5.5	4.1	-2.0	20.2
	max	9.6	2.7	-2.9	-3.2	-3.3	4.6	8.5	14.7	18.2	19.1	16.5	15.2	8.3	22.4
	med	5.7	-0.7	-6.2	-7.3	-8.4	-1.7	3.1	8.2	11.5	12.9	11.0	9.7	3.2	21.3
Cortina d'Ampezzo	min	0.0	-0.7	-4.1	-8.1	-5.1	-3.6	1.1	2.6	7.7	8.8	10.2	6.8	1.3	18.3
	max	8.3	7.3	4.0	0.7	4.2	6.4	9.8	13.0	18.8	20.5	21.0	17.4	11.0	20.3
	med	4.2	3.3	0.0	-3.7	-0.4	1.4	5.5	7.8	13.2	14.7	15.6	12.1	6.1	19.3

A: annual temperature range

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

The monthly and annual number of days without frost ($T_{min} > 0^{\circ}$ °C), days with frost ($T_{min} \leq 0^{\circ}$ °C) and of frost ($T_{max} \leq 0^{\circ}$ °C) is a good index of the distribution of air temperature with respect to zero. At Chiotas Diga in all the months there was at least one day without frost, with an annual total of 197 days, with an increase of 24 compared to the previous year; there were 97 days of frost, with a decrease of 16. At Goillet Diga there were no days without frost in the period December - February, whereas the highest frequency of days without frost was in July, with 28 days. At this station, compared to the previous year, there was an increase of 19 days without frost and a decrease of 3 and 19 days with frost and of frost respectively. Also at Serrù Diga there were no days without frost from December to February, showing an increase of 21 days in comparison with the previous year's total; days with frost increased by 5 days and those of frost decreased by 26 days. At S. Caterina Valfurva the days without frost increased from 126 in the previous year to 176 in the year being studied, with an increase of 50 days; the days with frost dropped by 37 and those of frost increase by 2 days. At Goillet Diga the number of freeze-thaw cycles decreased by 12; at Serrù Diga there was an increase of 6; at S. Caterina Valfurva there were 74 fewer freeze-thaw cycles (tab. 3).

TABLE 3 - Monthly regime of days without frost and days with frost. Number of freeze-thaw cycles

Stations	N° days	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	N° days w/o frost	22	8	1	7	1	6	4	27	29	31	31	30	197
	N° days with frost	8	15	13	16	6	16	18	4	1	0	0	0	97
	N° f/t cycles	16	29	27	32	11	32	37	8	2	0	0	0	194
Goillet Diga	N° days w/o frost	14	3	0	0	0	1	1	11	25	28	27	25	135
	N° days with frost	12	14	5	11	0	15	21	20	5	3	4	5	115
	N° f/t cycles	24	27	11	21	0	33	42	40	10	6	8	10	232
Serrù Diga	N° days w/o frost	20	5	0	0	0	4	3	15	29	31	31	30	168
	N° days with frost	7	17	9	18	7	15	21	16	1	0	0	0	111
	N° f/t cycles	14	33	19	35	10	31	42	32	2	0	0	0	218
S. Caterina Val.	N° days w/o frost	22	4	0	0	0	6	4	23	26	31	31	29	176
	N° days with frost	9	19	9	16	4	16	26	8	4	0	0	1	112
	N° f/t cycles	18	37	19	31	8	33	52	16	8	0	0	2	224
Caresèr Diga	N° days w/o frost	16	5	0	0	0	2	2	11	25	29	27	25	142
	N° days with frost	11	13	16	9	1	15	21	18	5	2	4	5	120
	N° f/t cycles	22	25	32	18	2	31	42	36	10	4	8	10	240

Distribution of maximum daytime temperatures

Given the close dependence between air temperature and glacial ablation, an analysis was carried out of the frequency distribution of the maximum daytime temperatures, divided into the following five intensity classes: I^a $\Rightarrow 0^{\circ} \leq T_{max} < 5^{\circ}$ °C; II^a $\Rightarrow 5^{\circ} \leq T_{max} < 10^{\circ}$ °C; III^a $\Rightarrow 10^{\circ} \leq T_{max} < 15^{\circ}$ °C; IV^a $\Rightarrow 15^{\circ} \leq T_{max} < 20^{\circ}$ °C; V^a $\Rightarrow T_{max} \geq 20^{\circ}$ °C (fig. 3a).

At Chiotas Diga 8 days with $T_{max} \geq 20^{\circ}$ °C were recorded and 44 with the T_{max} between 15° and 20° °C, compared to 1 and 41 days in the previous year. At Goillet Diga, where the daily maximum went above 20.0° °C on 3 consecutive days, from 27 to 29 June, there were 62 days in the third class and 22 in the fourth. At Serrù Diga there was a frequency of 73 days in the third class, 38 in the fourth and 4 in the fifth, in comparison with the 74, 31 and 0 days of the hydrological year 2003-2004. At S. Caterina Valfurva

the maximum daily temperatures from the third to fifth class had a respective frequency of 63, 58 and 30 days, indicating a decrease of 11 and 20 days in the third and fifth classes and an increase of 5 days in the fourth.

The interannual trend in the number of days in the various thermal classes at Goillet Diga – in the period 1970-2005 – shows a notable tendential increase in the third ($10^{\circ} \leq T_{max} < 15^{\circ}$) and fourth ($15^{\circ} \leq T_{max} < 20^{\circ}$) classes. This is despite the significant warm and cool fluctuations which affected respectively the 1980s and the 1970s and 1990s (fig. 3b).

Degrees per day

The melt potential (mm/day) of glacial surfaces is a complex function of various meteorological features, such as the net absorption of solar radiation, the temperature of the air and of the snow-covered surface, relative humidity of the air, wind speed and rainfall. However, the most easily measured experimental data regard the difference between the snow melt temperature and that of the air. The summation of the positive thermal deviations relative to these two characteristics, calculated by means of scanning at hourly and two-hourly intervals, enables assessment of the melt potential (M_d) according to relations such as:

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

where K represents the melt potential for each «degree-day» and $\Sigma (T_{air} - T_{melt})$ the «degrees-day». For the applicative purpose of this analysis the calculation of «degrees per day» was developed considering the positive deviations between the maximum daily temperatures (T_{min} and T_{max}) and the values of 0°C (T_b) and 10°C (T_a). The first value represents the total «degrees per day», the second relative to the warmest phase of the day and year. It is worth noting that the calculation developed with a single daily value (daily maximum) can bring about also significant errors in the estimation of ablation, especially when the mean daily temperatures are close to 0°C (tab. 4):

$$\begin{aligned} \text{«degrees per day»} &= \Sigma (T_{max} - T_a) \text{ for } T_{max} > T_a \Leftrightarrow 10^{\circ} \text{C} \\ \text{«degrees per day»} &= \Sigma (T_{min} - T_b) \text{ for } T_{min} > T_b \Leftrightarrow 0^{\circ} \text{C} \end{aligned}$$

TABLE 4 - Monthly regime and annual values of degrees per day with respect to minimum ($\Sigma_{(T)} > 0^{\circ} \text{C}$) and maximum daytime temperatures ($\Sigma_{(T)} > 10^{\circ} \text{C}$)

Station		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	ΣT_{min}	135	26	1	14	1	16	19	128	260	316	243	183	1342
	ΣT_{max}	30	0	0	0	0	6	10	66	146	223	153	72	706
Goillet Diga	ΣT_{min}	37	6	0	0	0	0	1	35	131	143	95	79	527
	ΣT_{max}	4	0	0	0	0	0	0	35	116	108	52	31	346
Serrù Diga	ΣT_{min}	85	10	0	0	0	5	8	67	192	219	180	164	930
	ΣT_{max}	16	0	0	0	0	2	0	48	127	147	98	65	503
S. Caterina Val.	ΣT_{min}	70	10	0	0	0	7	13	86	193	227	186	159	951
	ΣT_{max}	54	11	0	0	0	18	29	177	293	330	238	186	1336
Caresèr Diga	ΣT_{min}	39	10	0	0	0	0	3	39	122	138	94	68	513
	ΣT_{max}	5	0	0	0	0	0	0	32	101	97	40	25	300

At Chiotas Diga the monthly regime of «degrees per day» for the $\Sigma_{(T)} > 0^{\circ} \text{C}$ and for the $\Sigma_{(T)} > 10^{\circ} \text{C}$ reached its maximum value in July, with 316 and 223 degrees respectively, with an increase compared to the previous year of 34 and 76 units. In summer 819 ($\Sigma_{(T)} > 0^{\circ} \text{C}$) and 522 degrees ($\Sigma_{(T)} > 10^{\circ} \text{C}$) were recorded, which represent 61.0 and 73.9% of the respective annual totals. At Goillet Diga the maximum monthly values were in June ($\Sigma_{(T)} > 10^{\circ} \text{C}$) and in July ($\Sigma_{(T)} > 0^{\circ} \text{C}$), with 116 and 143 units respectively.

On the whole at Goillet Diga the «degrees per day», during the summer, reached 369 ($\Sigma_{(T)} > 0^{\circ} \text{C}$) and 276 units ($\Sigma_{(T)} > 10^{\circ} \text{C}$), whilst the annual values were 527 and 346 units respectively (fig. 4a, b; 5a, b).

Extreme temperatures

The absolute daily minimum and maximum temperatures occurred with their highest frequency from the second half of February to the first ten days of March and in the last ten days of June respectively. The latest days of frost were on 17, 21 and 22 April, respectively at Chiotas Diga, Goillet Diga and Serrù Diga; at S. Caterina Valfurva and at Riva di Tures they occurred on 9 and 10 March (tab. 5).

TABLE 5 - Variations in minimum and maximum daytime temperatures ($^{\circ} \text{C}$)

Station		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	T_{min}	-3.0	-10.0	-11.0	-17.0	-15.0	-19.0	-6.0	-1.0	0.0	3.0	4.0	2.0	-19.0
	T_{max}	14.0	10.0	7.0	10.0	9.0	11.0	15.0	19.0	22.0	24.0	19.0	19.0	24.0
Lago Goillet	T_{min}	-8.0	-13.0	-16.0	-22.0	-21.0	-24.0	-12.0	-5.0	-4.0	0.0	-2.0	-1.0	-24.0
	T_{max}	12.0	6.0	6.0	5.0	0.0	7.0	10.0	16.0	20.0	19.0	15.0	16.0	20.0
Lago Serrù	T_{min}	-5.0	-11.0	-15.0	-20.0	-18.0	-23.0	-9.0	-3.0	0.0	1.0	2.0	1.0	-23.0
	T_{max}	14.0	7.0	4.0	6.0	2.0	12.0	9.0	17.0	22.0	21.0	17.0	17.0	22.0
Pant. d'Avio Diga	T_{min}	-5.0	-13.0	-16.0	-22.0	-20.0	-26.0	-8.0	-6.0	-3.0	1.0	0.0	-2.0	-26.0
	T_{max}	15.0	11.0	5.0	7.0	2.0	12.0	15.0	18.0	23.0	21.0	16.0	17.0	23.0
S. Caterina Val.	T_{min}	-6.0	-13.0	-22.0	-22.0	-21.0	-24.0	-7.0	-3.0	-3.0	1.0	1.0	0.0	-24.0
	T_{max}	16.0	15.0	4.0	5.0	5.0	14.0	19.0	25.0	28.0	28.0	23.0	24.0	28.0
Caresèr Diga	T_{min}	-9.1	-15.9	-16.1	-21.0	-24.7	-24.2	-12.0	-6.7	-7.0	-1.6	-2.4	-3.4	-24.7
	T_{max}	13.4	8.6	4.7	6.9	1.5	9.9	10.3	14.9	20.2	19.0	17.3	15.1	20.2

Temperature trends

In the thermometric series of Goillet Diga, from 1979 to 2005, the mean temperatures of autumn, spring and summer registered a trend comparable to that of the previous years, whilst the winter temperatures, reaching -7.6°C , were clearly below the climatic average and the lowest of the catalogue (fig. 8).

TOTAL PRECIPITATION

Total annual precipitation in many stations is similar to that of the previous year, with the exception of Ceresole Reale Diga, where the annual value increased from 877.3 mm a 1252.2 mm, and at Pantano d'Avio Diga, where rainfall levels increased from 707.1 mm of the previous year to the current 981.6 mm. At Chiotas Diga, compared to the climatic means, the precipitation values were lower by 147.7 mm and at Riva di Tures (1968-2005) by 253.2 mm (tab. 6; fig. 6).

TABLE 6 - Total monthly and annual precipitation (mm)

Station		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Year
Chiotas Diga	171.4	83.6	91.8	1.2	6.8	44.4	97.5	59.8	84.7	58.0	68.6	146.2	914.0	
Goillet Diga	143.4	129.6	69.8	39.2	8.0	44.6	145.9	92.1	81.0	53.8	120.8	80.8	1008.9	
Ceresole Reale Diga	192.8	214.6	71.0	15.0	0.0	22.6	164.8	66.4	73.0	75.6	119.4	237.0	1252.2	
Serrù Diga	164.4	235.2	121.0	45.0	0.0	24.0	158.8	50.4	117.4	96.5	86.4	216.4	1315.5	
Gressoney D'Ejola	126.6	167.2	38.1	45.7	10.2	37.2	136.6	77.9	89.9	77.3	134.7	100.0	1041.4	
Alpe Gera Diga	182.0	67.8	36.0	10.0	4.0	30.0	88.0	72.5	26.0	85.6	87.3	92.0	781.2	
Pant. d'Avio Diga	118.0	50.0	50.0	1.0	11.0	18.0	44.6	103.0	90.0	151.0	185.0	160.0	981.6	
S. Caterina Valf.	139.0	49.8	23.4	7.0	8.6	17.2	56.8	77.2	49.2	112.8	123.8	83.2	748.0	
S. Valentino alla M.	110.8	22.4	15.6	18.4	14.2	8.8	26.8	39.2	26.8	82.2	137.0	37.0	539.2	
Caresèr Diga	124.2	119.6	40.0	12.0	12.4	31.0	97.0	62.0	40.4	67.6	106.2	99.8	812.2	
Riva di Tures	74.6	34.4	22.0	35.2	33.2	14.6	68.6	48.8	46.4	162.4	86.0	52.4	678.6	

In the central-western Alpine sector rainfall was concentrated in autumn, whilst in the eastern sector rainfall was more abundant in summer. In all the sectors, with a clear geographical homogeneity in the area, the driest season was winter, with percentage values of the annual total which ranged from 5.5% at S. Caterina Valfurva to the 13.2% recorded at Riva di Tures (tab. 7).

TABLE 7 - Seasonal precipitation regimes

Station	Autumn		Winter		Spring		Summer		Regime
Chiotas Diga	310.0	37.7%	99.8	12.1%	201.7	24.5%	211.3	25.7%	AEPI
Ceresole R. Diga	420.4	40.8%	86.0	8.4%	253.8	24.7%	268.0	26.1%	AEPI
Alpe Gera Diga	287.2	39.5%	50.0	6.9%	190.5	26.2%	198.9	27.4%	AEPI
S. Caterina Valfurva	237.8	33.3%	39.0	5.5%	151.2	21.2%	285.8	40.0%	EAPI
S. Valentino Muta	181.2	32.9%	48.2	8.8%	74.8	13.6%	246.0	44.7%	EAPI
Riva di Tures	165.0	24.2%	90.4	13.2%	132.0	19.3%	294.8	43.2%	EAPI

SNOWFALL

Snowfall was notably lower than that measured in the previous year: at Chiotas Diga the value was 632 cm, compared to 746 cm (-15%); at Alpe Gera Diga snowfall was 252 cm, compared to 439 cm (-42.6%). At Chiotas Diga and Ceresole Reale the heaviest snowfalls occurred in December; in April the heaviest snow fell at Goillet Diga, Serrù Diga and Gressoney D'Ejola (tab. 8; fig. 7).

TABLE 8 - Monthly and annual thicknesses of total snowfall (cm)

Stations	O	N	D	J	F	M	A	M	S	Year
Chiotas Diga	17	80	208	2	73	26	200	26	0	632
Goillet Diga	47	28	100	52	11	30	166	5	0	439
Ceresole Reale Diga	0	17	112	20	0	10	48	0	0	207
Serrù Diga	35	37	161	50	0	9	174	0	0	466
Gressoney D'Ejola	5	85	58	35	17	5	110	0	0	315
Alpe Gera Diga	18	33	65	23	7	21	84	1	0	252
Pantano d'Avio Diga	40	76	67	10	22	20	-	-	3	-
S. Valentino alla Muta	0	0	0	30	17	3	5	0	0	55
Riva di Tures	1	-	43	48	44	7	-	-	0	-

Throughout the alpine range the first snowfalls were recorded in October, the last between 26 April at Alpe Gera Diga and on 18 May at Chiotas Diga. The snow cover lasted from mid-October to April, with the exception of Goillet Diga (2529 m s.l.m.m.), where the cover lasted until 30 May (tab. 8).

TABLE 9 - Early and late snowfalls and duration of snowcover

Stations	first snowfall	last snowfall	duration of snowcover	n. days
Chiotas Diga	15 October	18 May	23 October/26 May	215
Goillet Diga	7 October	5 May	19 October/14 June	238
Ceresole Reale Diga	20 October	20 April	20 October/5 May	197
Gressoney D'Ejola	20 October	5 May	12 October/15 May	215
Alpe Gera Diga	5 October	7 May	20 October/18 May	218

Snowfall was distributed mainly between winter and spring, except for Riva di Tures, where most snowfall was in winter (80.3%) (tab. 10).

TABLE 10 - Seasonal regimes of snowfall thicknesses (cm)

Station	Autumn		Winter		Spring	
Chiotas Diga	97	15.4%	283	44.8%	252	39.9%
Serrù Diga	72	15.5%	211	45.3%	183	39.2%
Alpe Gera Diga	51	20.2%	95	37.7%	106	42.1%
Riva di Tures	1	0.6%	135	80.3%	32	19.1%

Snowfall trends

In the previous five years at Chiotas Diga there had been a tendential increase in snowfall thickness estimated at 52 cm/year, whilst in the current year there was a slight decrease, which however is still above that of the mean for the period 1979-2005, that is 596.2 cm (fig. 8).

CONCLUSIONS

The hydrological year started with mild October temperatures, in line with the means for the period, and with relatively abundant precipitation, mainly due to masses of warm and humid air of Mediterranean origin. Some more consistent contrasts between Mediterranean and polar air masses gave rise to the first snowfalls, which were most abundant in the central-western Alpine sector. Also the temperature trends of November and December were similar to the average for the period, whilst the precipitation, both rain and snow, occurred mainly in the central-western sector. The months of January and February, and to a lesser extent also March, were notably dry, with rainfall values of zero at some stations. Between the second half of February and the first ten days of March the temperatures were particularly low, and in many cases much lower than the seasonal means. In April there was a resumption of total precipitation and snowfall, which was less significant in the eastern sector. As regards rainfall, the months of late spring and of the summer were characterised by values on a par with the average for the period, whilst the last snowfalls were on 20 April at Ceresole Reale Diga and 18 May at Chiotas Diga. Although within the normal moderate summer values, the temperatures were slightly higher than both the previous year and than the means for the period. The months of July and August were characterised by a normal variability, due to the dynamics of the «polar front» typical of this season. In the second period of ten days of August this «normal» seasonal instability was violently intensified by the passage towards the alpine range of a deep Mediterranean depression known as «Norbert». This meteorological event caused exceptionally heavy rainfall in the northern section of the Alps, with serious flooding in Switzerland, the Austrian Alps and in Southern Germany. September was particularly rainy at some stations of the central-western sector, such as at Ceresole Reale Diga, whilst throughout the alpine range temperatures were close to the norm.

Within the context of the thermal trends recorded in the last thirty five years at Goillet Diga there is a decrease in seasonal values, particularly regarding the winter (fig. 8). At the station of Chiotas Diga there was no confirmation of the increase in thickness of snow cover recorded in the previous five-year period, even though the thickness of snowfall was greater than the seasonal mean (fig. 9).

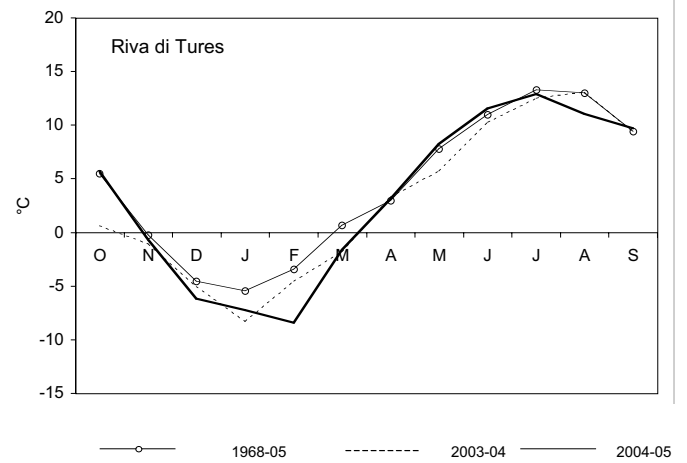
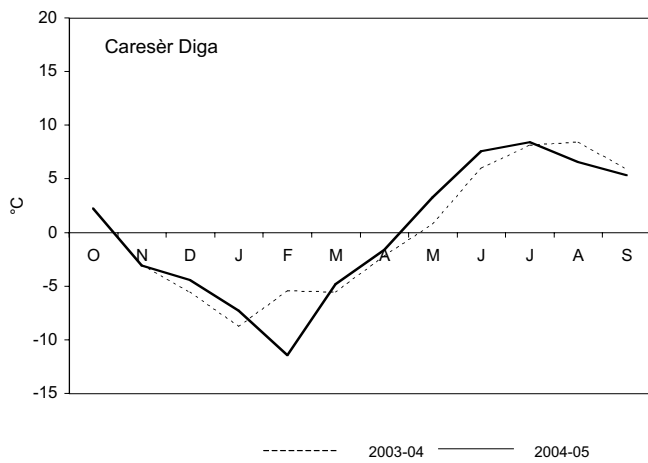
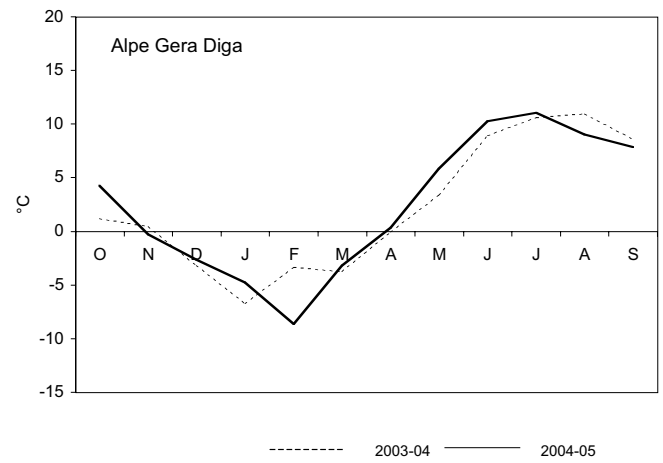
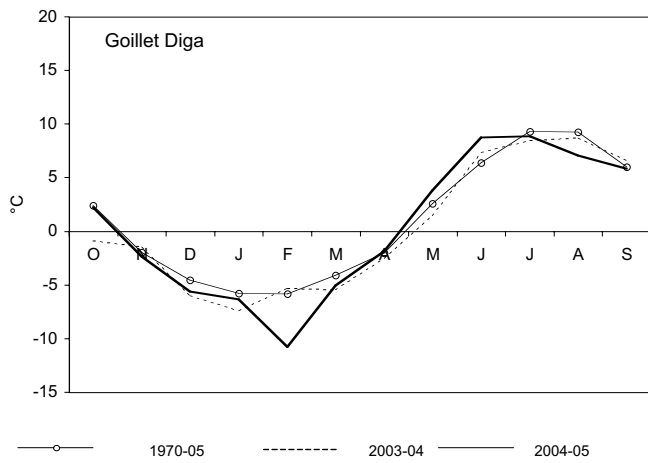
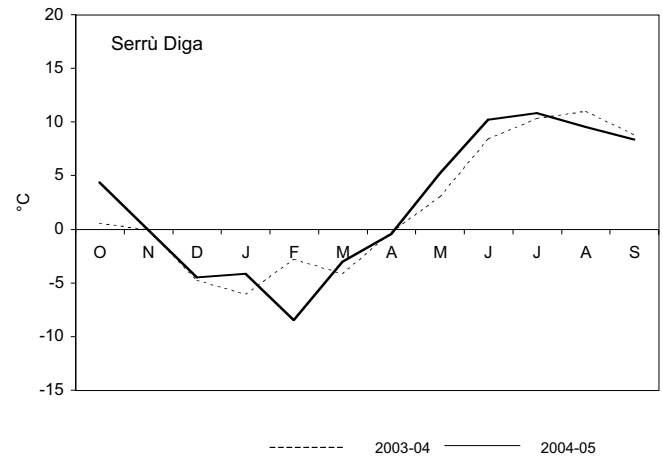
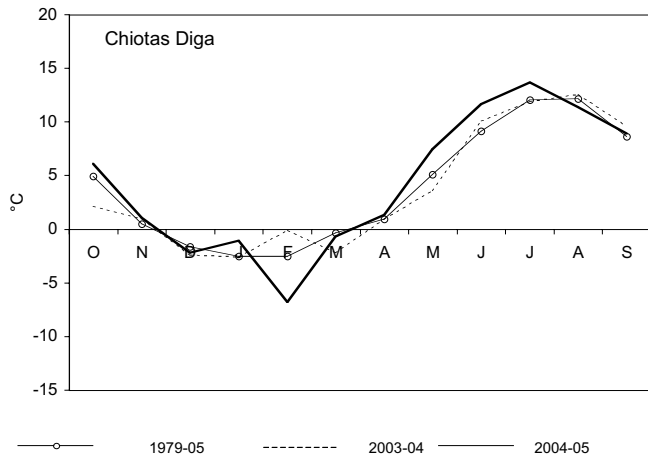


FIG. 2 - Regime mensile delle temperature dell'aria.
Monthly regime of air temperature.

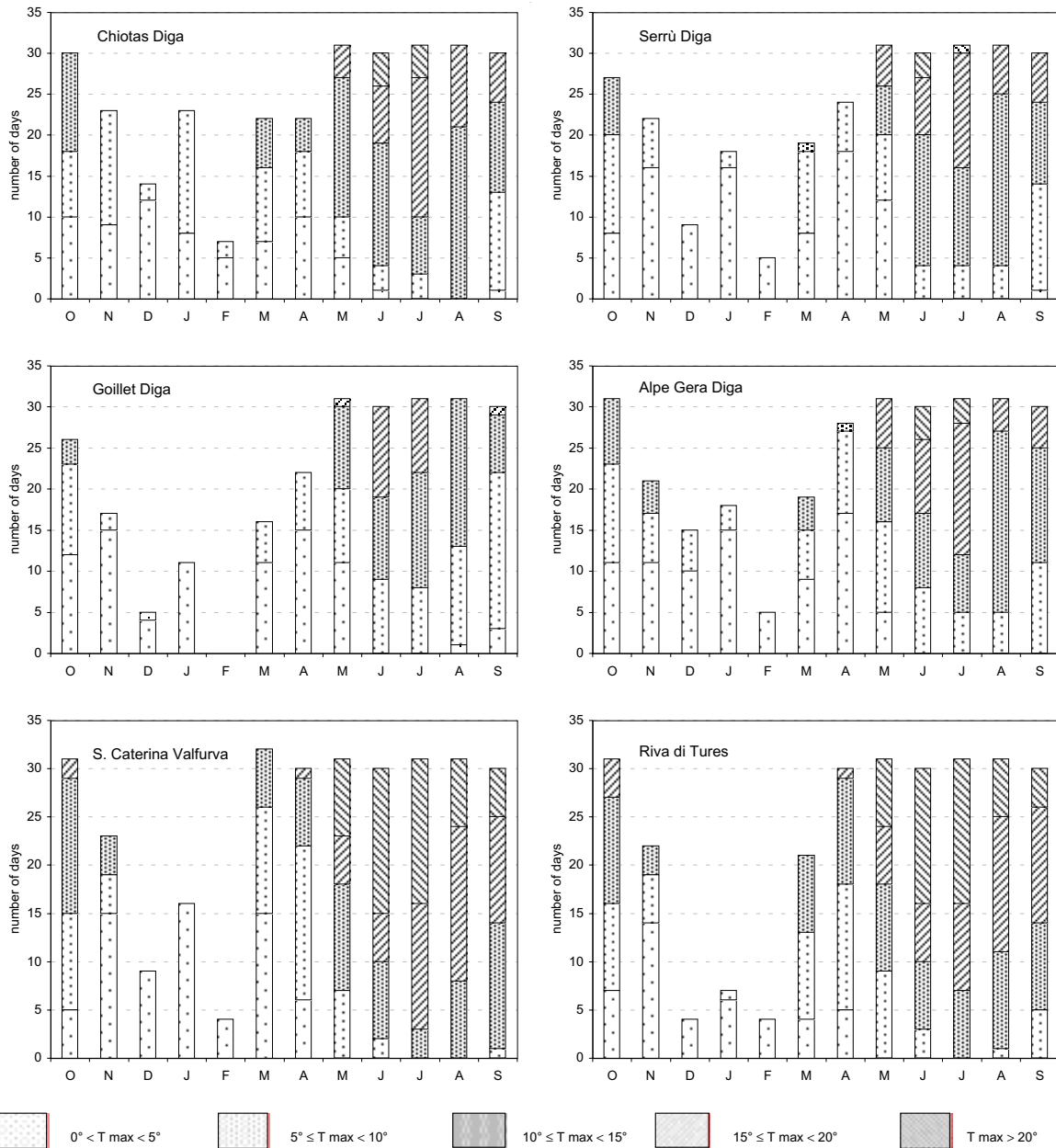


FIG. 3a - Distribuzione della frequenza mensile delle classi di temperature.
Distribution of the monthly frequency of the temperature classes.

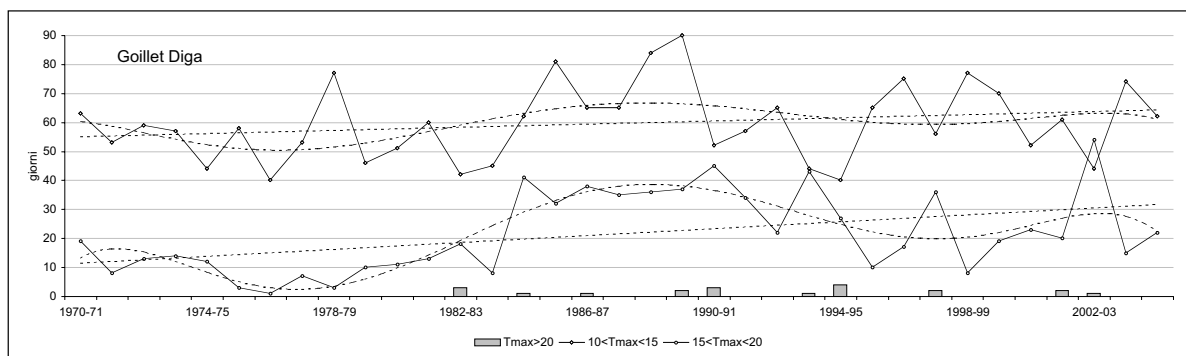


FIG. 3b - Numero annuo di giorni con $T_{max} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, con $15^{\circ} < T_{max} < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e con $10^{\circ} < T_{max} < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a Goillet Diga (1970-2005).
Annual number of days with $T_{max} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, with $15^{\circ} < T_{max} < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ and with $10^{\circ} < T_{max} < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ at Goillet Diga (1970-2005).

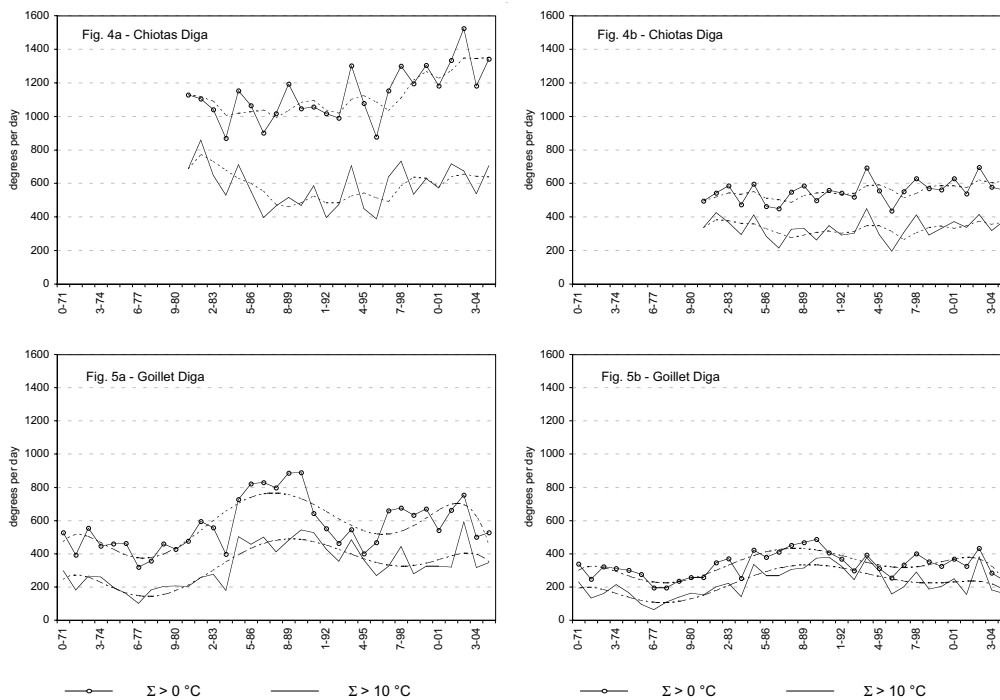


FIG. 4a e 5a - Andamento dei «gradi-giorno» annuali.
Degrees per day Annual trend.

FIG. 4b e 5b - Andamento dei «gradi-giorno» di Luglio e Agosto.
Degrees per day trend of July and August.

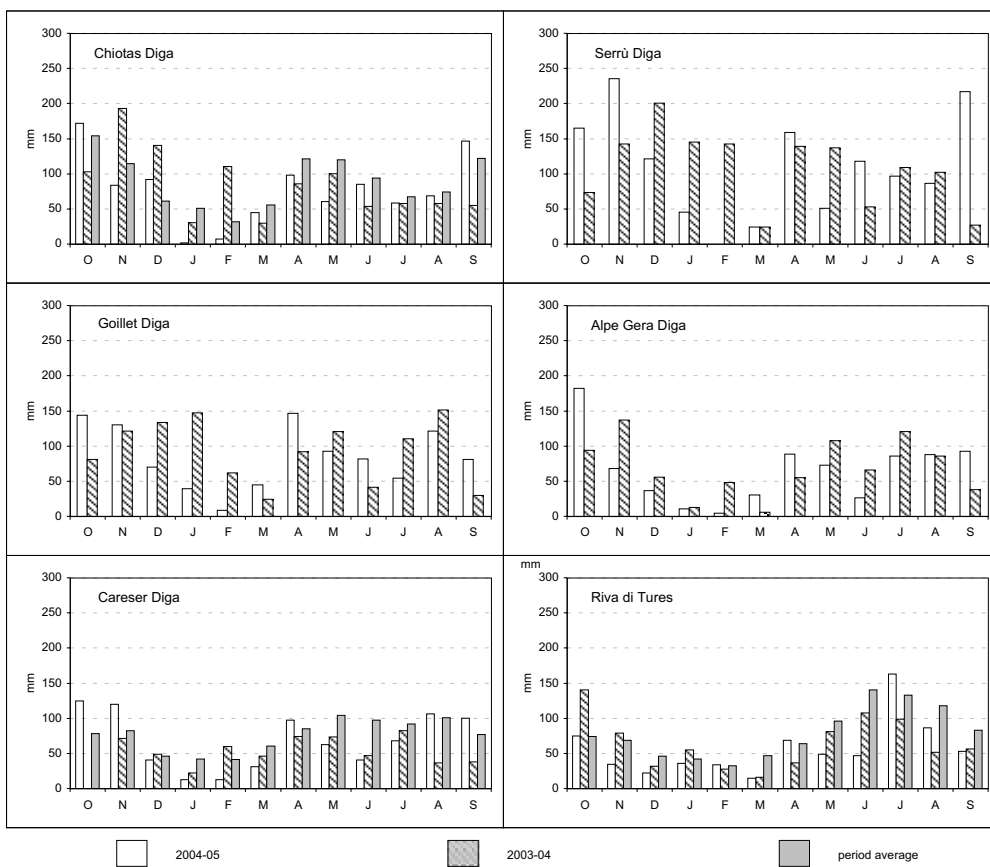


FIG. 6 - Regime mensile delle precipitazioni totali.
Monthly regime of the total precipitation.

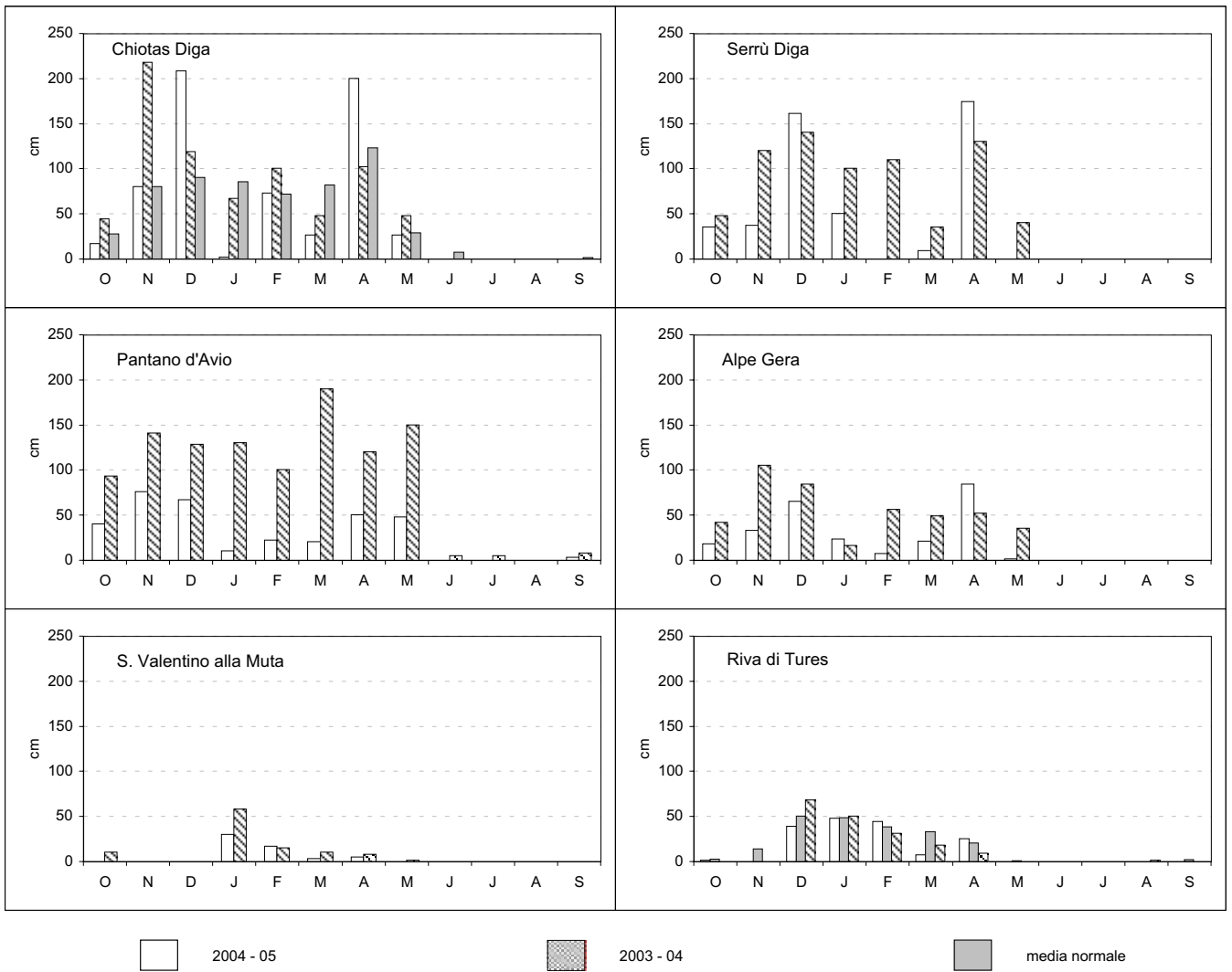


FIG. 7 - Regime mensile dell'altezza di neve caduta.
Monthly regime of thickness of snowfall.

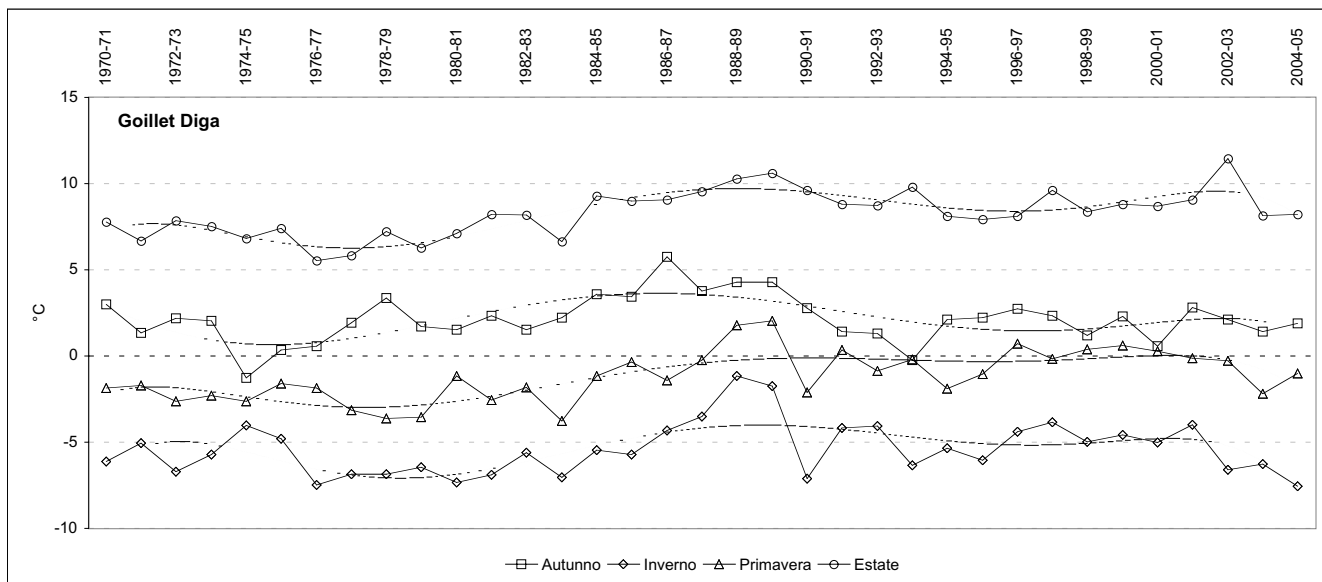


FIG. 8 - Andamento termico stagionale a Goillet Diga.
Seasonal temperature trend.

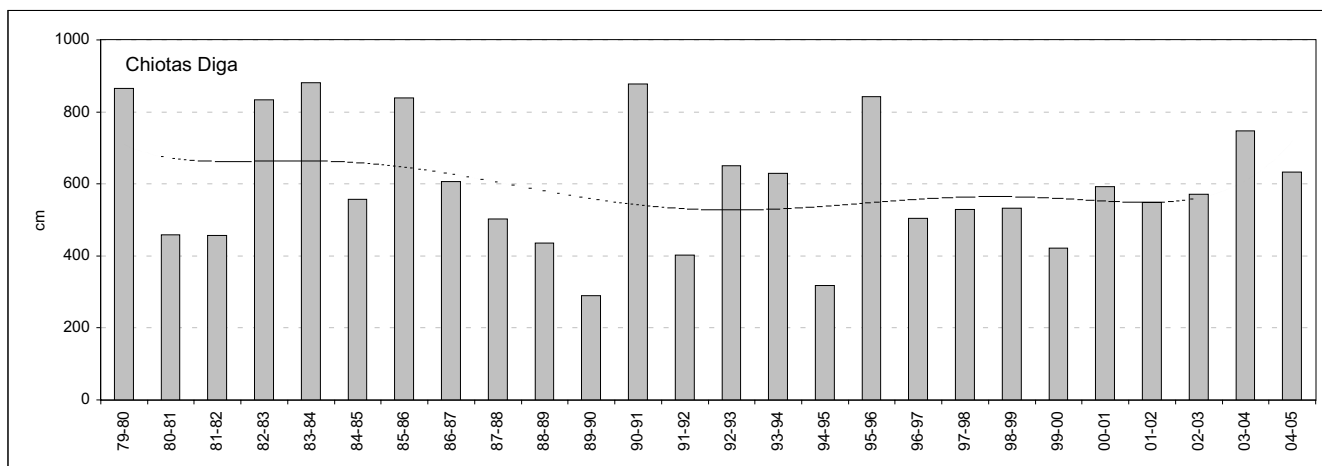


FIG. 9 - Andamento interannuale delle altezze di neve caduta a Chiotas Diga.
Interannual trend of thickness of snowfall.