

LUCA MERCALLI *, STEFANO PALUDI *

L'INNEVAMENTO AL LAGO DELLA ROSSA (2720 m - ALPI OCCIDENTALI, ITALIA) NEL PERIODO 1939-1991**

RIASSUNTO. La stazione termopluviometrica del Lago della Rossa, posta a 2720 m presso la diga ENEL alla base del versante orientale della Croce Rossa (3566 m), è attiva dal 1938. I valori di ogni nevicata giornaliera sono stati calcolati come differenza tra le altezze della neve al suolo di giorni successivi. Si è considerata la partizione in anno idrologico (ottobre-settembre). La quantità media annua della neve caduta è di 801 cm (1939-1991), con deviazione standard di 222, massimo di 1514 cm (1971-72) e minimo di 410 cm (1949-50). I giorni con neve al suolo sono in media 259 (dev. st. = 26), massimo di 312 giorni (1976-77) e minimo di 187 giorni (1969-70). Nel periodo considerato, sia la quantità totale della neve caduta, sia la sua permanenza risultano quasi stazionari fino al 1970-71; tra il 1971-72 ed il 1979-80 è evidente un aumento delle precipitazioni con condizioni favorevoli all'espansione glaciale. Successivamente gli apporti si normalizzano.

RESUME - *L'enneigement au Lago della Rossa (2720 m, Alpes Occidentales) pendant la période 1939-1991.* La station météorologique au Lago della Rossa, placée à 2720 m près du barrage ENEL au pied du versant oriental de la Croce Rossa (3566 m), est en fonction depuis 1938. Les valeurs de chaque chute de neige journalière ont été calculées par différence entre l'hauteur de la couche de neige des jours suivant. Les élaborations ont été calculées en considérant l'année hydrologique (octobre-septembre). Le cumul moyen (1939-1991) est de 801 cm par année (écart type 222), maximum de 1514 cm (1971-72) et minimum de 410 cm (1949-50). Les jours avec neige au sol sont en moyenne 259 (écart type 26), maximum de 312 jours (1976-77) et minimum de 187 jours (1969-70). Pendant la période considérée soit la quantité totale de neige tombée que la permanence du manteau au sol résultent presque stationnaires jusqu'au 1970-71; entre 1971-72 et 1979-80 c'est évident une augmentation des précipitations avec conditions favorables à la crue glaciaire. En suite les apports se normalisent.

INTRODUZIONE

La stazione meteorologica del Lago della Rossa è situata a 2720 m s.l.m. alla base della parete E della Croce Rossa (3566 m s.l.m., 45°15' N, 7°09' E) nel comune di Usseglio (Piemonte), Alpi Graie (fig. 1). L'altezza elevata del sito, il lungo periodo di osservazione e la relativa scarsità di dati nivometrici giornalieri in alta

* Comitato Glaciologico Italiano, v. Accademia delle Scienze 5, I-10123 TORINO

** Lavoro presentato in occasione della XXII C.I.M.A. (Conférence Internationale de Météorologie Alpine), Toulouse (France), 7 - 11 settembre 1992.

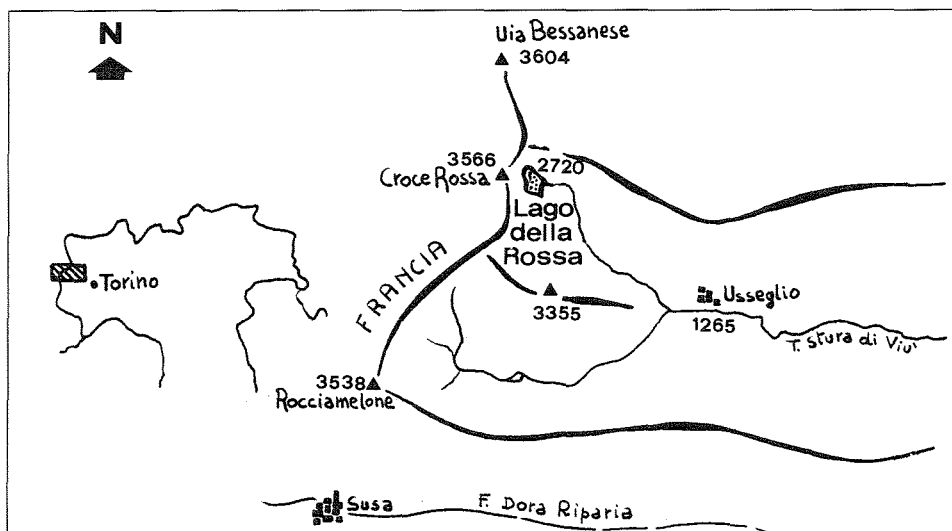


Fig. 1 - Ubicazione geografica della stazione meteorologica del Lago della Rossa.

montagna rendono particolarmente significativa l'analisi di questa serie, peraltro inedita. Gli strumenti, ubicati presso la diga ENEL, fanno parte della rete dell'Ufficio Idrografico del Po (UIPO) e sono gestiti dal personale di guardia all'impianto idroelettrico fin dal 1938. Pur fra le difficoltà del periodo bellico le misure vennero costantemente eseguite e nel 1951 la Diga della Rossa fu inserita fra le stazioni pilota della *Commissione Nevi* del *Comitato Glaciologico Italiano*, nell'ambito della quale furono condotte annualmente, in collaborazione con l'UIPO, dettagliate misure di densità del manto nevoso al fine di valutare le potenzialità idroelettriche (Moscati, 1961). Nella metà degli anni '60 tale importante programma di ricerca venne sospeso con l'inizio di un graduale affievolimento d'interesse per l'attività di misura dei parametri meteorologici. A partire dal 1970 la nostra stazione, come purtroppo tante altre in Italia Nord occidentale, non seguì più alcun aggiornamento tecnologico; quello che avrebbe potuto divenire con limitati sforzi un prestigioso osservatorio d'alta quota presidiato in permanenza, si è oggi ridotto ad una negletta unità termopluviometrica ai limiti della funzionalità. Vogliamo sperare che dopo tanto lavoro frutto non già dei mezzi tecnici quanto dell'impegno degli uomini, alla stazione del Lago della Rossa venga attribuita l'importanza che si merita, dotandola di strumenti nuovi ed affidabili e garantendo per il futuro la continuità dell'acquisizione dei dati meteorologici. Sospendere oggi l'attività di misura - evento tutt'altro che improbabile - costituirebbe un atto di imperdonabile leggerezza.

Tutti i dati oggetto dello studio sono stati acquisiti dai manoscritti giornalieri conservati presso gli archivi ENEL e UIPO, trasferiti su supporto informatico *DataBase*, sottoposti a controllo e validazione quindi elaborati.

REGIME NIVOMETRICO

La quantità di neve fresca cumulata che cade in media in un anno al Lago della Rossa è pari a 801 cm, con deviazione standard di 222 cm e mediana di 739 cm (Tab. 1); ogni valore giornaliero della neve caduta è ricavato dalla differenza di altezza del manto nevoso al suolo rispetto alla misura del giorno precedente, pertanto il naturale assestamento degli strati rende questo dato sottostimato rispetto alla misura effettuata su superficie sgombra. In base a confronti effettuati con altre stazioni poste a quote simili, tale sottostima è quantificabile in circa il 20%. Nonostante l'altezza della stazione, l'apporto annuo di neve fresca, anche se incrementato in funzione dello schiacciamento del manto, non oltrepassa i valori medi annuali del Colle del Gran San Bernardo (Valais, Suisse), che, a 2473 m, totalizza 1432 cm (Janin, 1970); rappresenta inoltre meno della metà dei 1975 cm che cadono in media a Mt. Fidelity - Glacier National Park (British Columbia, Canada); la differenza aumenta ulteriormente se si considerano i 961 cm citati da Bénévent (1917) per il sia pur limitato periodo 1903-14 a Le Tour presso Chamonix (Haute Savoie, France), a soli 1431 m di altitudine.

La distribuzione degli apporti medi mensili (fig. 2) evidenzia precipitazioni nevose in tutti i mesi dell'anno, con valori minimi in Luglio ed Agosto (1 cm) e massimo in Aprile (134 cm), dato in accordo con il regime pluviometrico locale che vede i maggiori contributi concentrati nei mesi primaverili. Da Ottobre a Febbraio la quantità mensile di neve fresca non mostra sensibili differenze; Marzo, con 115 cm, anticipa il massimo di Aprile.

Tab. 1 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Riepilogo dei parametri nivometrici mensili calcolati sul periodo 1939 - 1991.

Mese	Media neve fresca cm	σ	Coeff. var. % (cv)	Media neve al suolo cm	σ	Coeff. var. % (cv)	Max totale neve fresca	anno	Max altezza media neve	anno
O	71	59	83.1	20	22	110.0	287	1943	107	1959
N	90	64	71.1	64	52	81.3	267	1957	234	1975
D	93	63	67.7	91	62	68.1	292	1949	245	1942
G	83	66	79.5	105	64	60.9	328	1978	257	1977
F	92	71	77.2	116	65	56.0	325	1974	274	1961
M	115	87	75.7	134	80	59.7	430	1946	382	1946
A	134	80	59.7	159	75	47.0	325	1986	357	1963
M	87	73	83.9	156	80	51.3	336	1949	357	1977
G	17	20	117.6	74	68	91.9	107	1983	282	1977
L	1	5	500.0	10	23	230.0	35	1966	127	1977
A	1	4	400.0	0	0	0.0	18	1984	4	1977
S	17	22	129.4	2	5	250.0	78	1965	21	1960
Anno	801	222	27.7	78	39	50.0	1514	1971-1972	193	1976-1977

Tab. 2 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Alcuni valori estremi dei parametri nivometrici nel periodo 1939 - 1991.

	MASSIMI	MINIMI
<i>Media annua altezza neve al suolo</i>	193 cm - 1976/77 170 cm - 1960/61 150 cm - 1962/63	13 cm - 1967/68 21 cm - 1969/70 31 cm - 1948/49
<i>Massimo assoluto altezza giornaliera neve al suolo</i>	550 cm - 1971/72 520 cm - 1945/46 503 cm - 1962/63	
<i>Numero dei giorni con neve al suolo</i>	312 gg - 1976/77 295 gg - 1979/80 293 gg - 1977/78	187 gg - 1969/70 197 gg - 1986/87 208 gg - 1967/68
<i>Altezza cumulata annuale della neve fresca</i>	1514 cm - 1971/72 1331 cm - 1976/77 1214 cm - 1979/80	410 cm - 1949/50 513 cm - 1969/70 547 cm - 1966/67
<i>Massima nevicata in 24 ore</i>	150 cm - 04/03/1946 150 cm - 06/04/1969 150 cm - 23/12/1979	
<i>Numero dei giorni con caduta di neve</i>	80 gg - 1976/77 78 gg - 1968/69 77 gg - 1979/80	39 gg - 1988/89 42 gg - 1948/49 43 gg - 1986/87

Analizzando il coefficiente di variazione (cv) di ogni mese, indice che esprime la percentuale della deviazione standard (s) rispetto alla media (m) come $(s / m * 100)$, si nota la forte variabilità interannuale delle nevicate estive ($cv = 500\%$ in Luglio e 400% in Agosto), mentre gli apporti più costanti si registrano in Aprile ($cv = 59.7\%$) ed in Dicembre ($cv = 67.7\%$).

La distribuzione di frequenza dell'intensità delle nevicate giornaliere superiori o uguali ad 1 cm (fig. 3), in media 60 all'anno, presenta i valori più ricorrenti per le classi di debole intensità (1-9 cm), mentre gli eventi compresi tra 50 e 99 cm mostrano una netta riduzione (3.5% dei casi); assai limitate (0.5%) le precipitazioni nevose superiori a 99 cm in 24 ore, il cui massimo raggiunge i 150 cm in tre eventi (4 Marzo 1946, 6 Aprile 1969, 23 Dicembre 1979), inferiori ai 193 cm misurati a Silver Lake (Colorado, U.S.A.) il 15 Aprile 1921. D'altra parte si deve tener presente che al Lago della Rossa le misure del manto nevoso sono effettuate al mattino attorno alle ore 8-9 e che pertanto alcune nevicate possono anche essere state superiori ai 150 cm fino ad ora registrati qualora si consideri una diversa combinazione di 24 ore; estendendo la ricerca alla neve caduta in due giorni consecutivi; e rammentando la sottostima dovuta alla modalità del rilevamento del manto totale, possiamo ritenere i 208 cm del 6-7 Aprile 1963, i 200 cm del 3-4

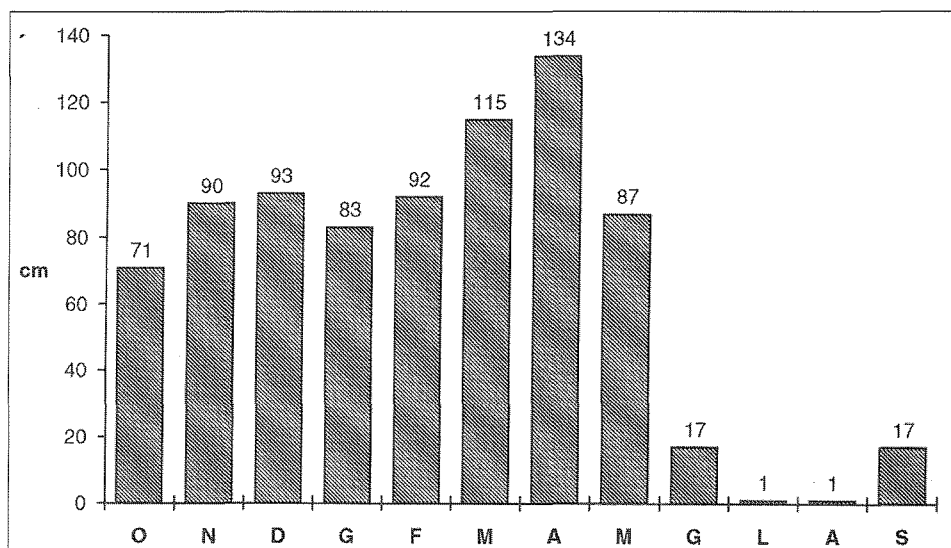


Fig. 2 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Media mensile del totale della neve fresca (cm) nel periodo 1939 - 1991.

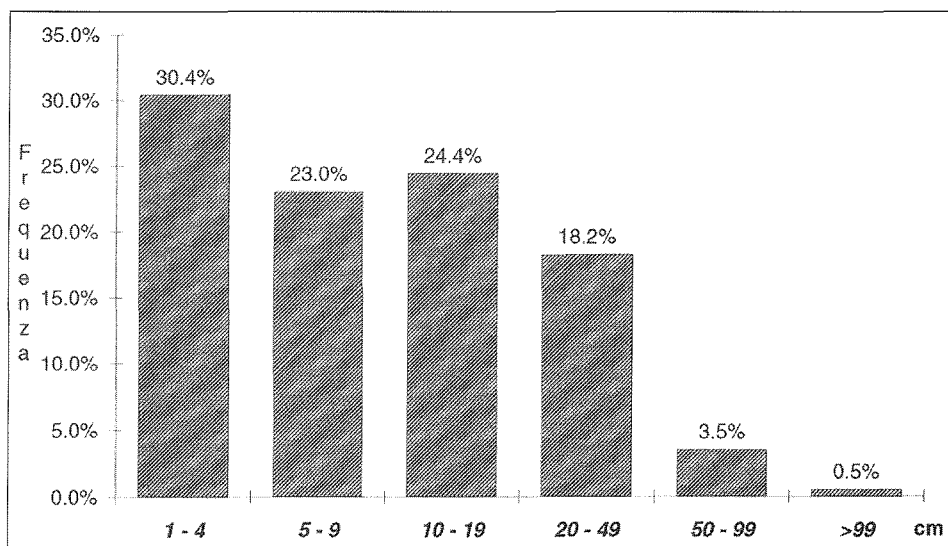


Fig. 3 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Distribuzione di frequenza relativa dell'intensità delle nevicate giornaliere (cm) nel periodo 1939 - 1991.

Marzo 1946 e del 6-7 Aprile 1969, ed i 190 cm del 22-23 Dicembre 1979 come valori molto prossimi a quello di Silver Lake. E' questo un primato spiccatamente legato alla vicinanza delle Alpi Occidentali con il bacino del Mediterraneo ed all'influenza degli umidi flussi atlantici a componente zonale.

MANTO NEVOSO AL SUOLO

L'altezza media annuale dello strato nevoso al suolo (tab. 1) è pari a 78 cm con deviazione standard di 39 cm e mediana di 67 cm. La copertura stagionale, che dura in media 259 giorni (deviazione standard = 26; mediana = 263), inizia a formarsi circa a metà Settembre, anche se con spessori ridotti; dalla metà di Ottobre alla metà di Novembre si assiste al massimo incremento dello strato al suolo, che, dopo una breve stasi, riprende a crescere in Dicembre. Gennaio e la prima metà

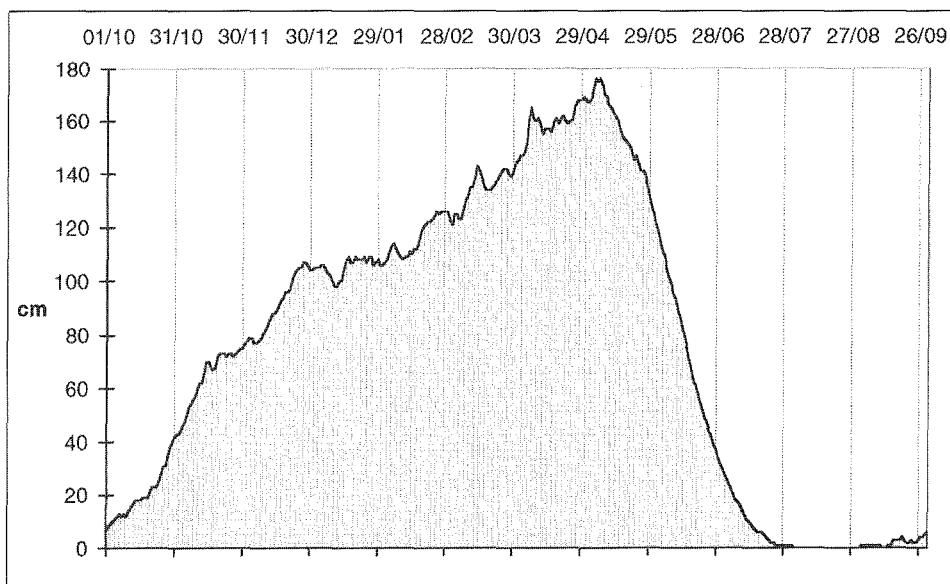


Fig. 4 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Altezza media (cm) della neve al suolo per ciascun giorno dell'anno nel periodo 1939 - 1991.

di Febbraio presentano spessori stabili, in seguito il manto aumenta fino a raggiungere il massimo spessore stagionale nei primi giorni di Maggio. Il decremento è rapido, soprattutto a partire dalla fine di Maggio, e porta alla scomparsa della neve al suolo generalmente tra la fine di Luglio e l'inizio di Agosto (fig. 4).

Come mostrato dall'andamento mensile della neve fresca, anche per l'altezza media del manto nevoso la massima variabilità interannuale si riscontra nei mesi a

minor innevamento ($cv = 230\%$ in Luglio e 250% in Settembre), mentre la maggior stabilità si verifica in Aprile ($cv = 47\%$), mese con il maggior innevamento.

La distribuzione di frequenza degli spessori giornalieri della neve al suolo (fig. 5) mostra la principale ricorrenza nei valori compresi tra 50 e 149 cm; oltre i 250 cm tale frequenza si riduce notevolmente, fino a diventare quasi trascurabile per gli spessori maggiori di 399 cm, che rappresentano tuttavia un dato di rilevante interesse.

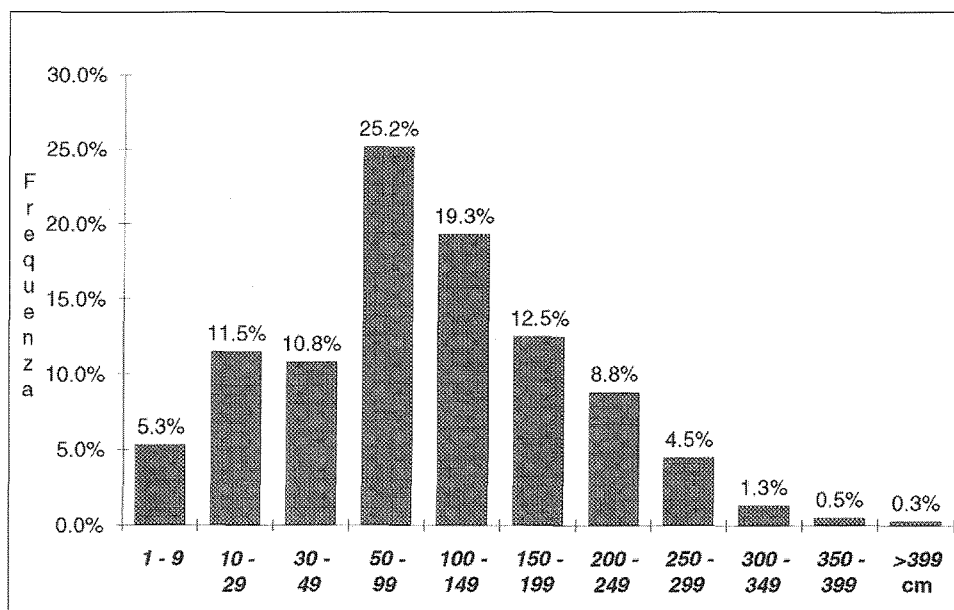


Fig. 5 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Distribuzione di frequenza relativa delle altezze giornaliere della neve al suolo (cm) nel periodo 1939 - 1991.

EVOLUZIONE STORICA DELL'INNEVAMENTO

Considerando l'apporto nevoso di ciascun anno idrologico (Ottobre-Settembre) dal 1938-39 al 1990-91, si individua un minimo nella stagione 1949-50 (410 cm) ed un massimo di 1514 cm nel 1971-72; quest'ultimo valore, pur ammettendo la sottostima legata al metodo di misura, non oltrepassa comunque il massimo di 2245 cm registrato a Tamarack (California, U.S.A.) nell'inverno 1906-07 (Peguy, 1968; Veyret, 1951); ancora maggiore la distanza dai 3110 cm misurati a Paradise - Mt. Ranier N.P. (Washington, U.S.A.) dal 19 Febbraio 1971 al 18 Febbraio 1972. Nel periodo esaminato, analizzando la media mobile di ordine 9

effettuata sui valori annuali del totale della neve fresca (fig. 6), si nota un periodo di relativa stabilità, prossima al valor medio della serie, fino al 1970-71; con questa stagione ha inizio un gruppo di anni caratterizzati da una nevosità superiore alla media, comprendente, oltre al 1971-72 anche il secondo massimo della serie (1976-77), pari a 1331 cm. A partire dall'anno idrologico 1980-81 i valori diminuiscono riportandosi alla normalità.

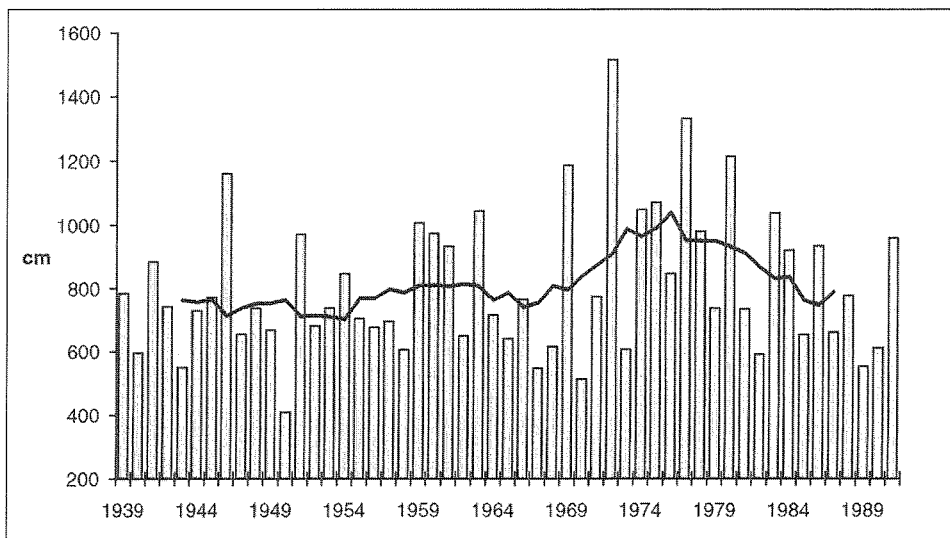


Fig. 6 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Altezza totale (cm) della neve fresca caduta in ciascun anno idrologico (ottobre - settembre) nel periodo 1938-39 / 1990-91, e media mobile di ordine 9.

Per quanto riguarda l'atezza media annuale della neve al suolo (fig. 7) si conferma il massimo nel periodo 1970-71/1980-81, con estremo positivo nel 1976-77, affiancato però da un secondo periodo di abbondante innnevamento, compreso tra il 1958-59 ed il 1962-63, legato verosimilmente a temperature più fresche piuttosto che a forti apporti. Evidente infine lo scarso innnevamento verificatosi nella seconda metà degli anni '60, con minimo nell'inverno 1967-68.

Analizzando l'evoluzione del numero annuale di giorni con neve al suolo (fig. 8) si configura nuovamente un andamento costante dall'inizio della serie fino alla metà degli anni '60, seguito da una flessione nelle stagioni 1967-68 e 1969-70, quest'ultima minimo assoluto con 187 giorni. Come per gli altri parametri considerati, gli anni con maggior persistenza del manto nevoso si collocano fra l'inverno 1970-71 e quello 1980-81, confermando la massima durata nell'inverno 1976-77. Si ritiene opportuno confrontare graficamente l'altezza media mensile del manto nevoso dei due anni estremi con la normale del periodo 1938-39/1990-91 (fig. 9). Il 1976-77 si può definire un anno con caratteristiche assai favorevoli al glacialismo; infatti già nell'autunno l'altezza media della neve al suolo raggiungeva

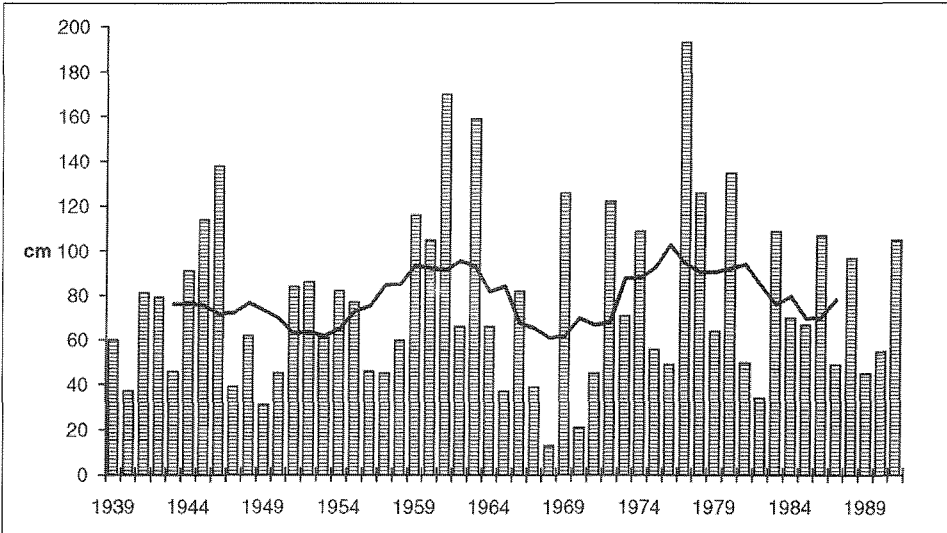


Fig. 7 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Media annuale (ottobre - settembre) dell'altezza (cm) della neve al suolo nel periodo 1938-39 / 1990-91, e media mobile di ordine 9.

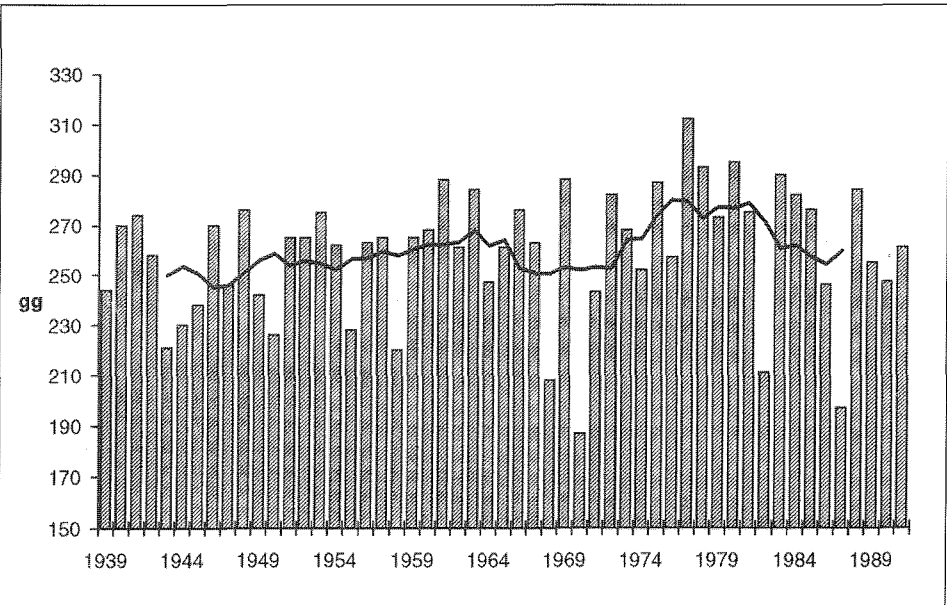


Fig. 8 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Numero dei giorni con neve al suolo in ciascun anno idrologico (ottobre - settembre) nel periodo 1938-39 / 1990-91, e media mobile di ordine 9.

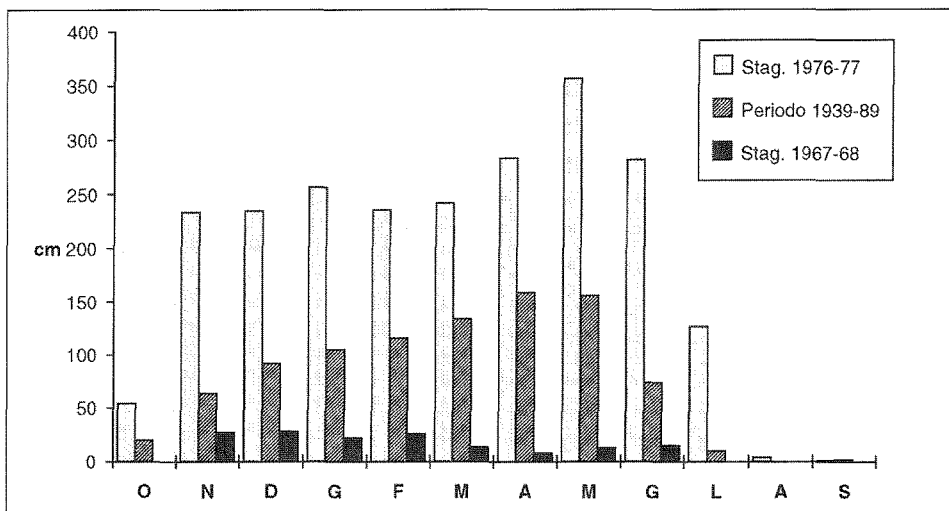


Fig. 9 - Lago della Rossa - diga ENEL (2720 m). Altezza media (cm) mensile della neve al suolo presente durante le due stagioni estreme 1976-77 (massimo) e 1967-68 (minimo), confrontate con l'innevamento normale 1939 - 1991.

valori prossimi ai 250 cm, notevolmente superiori alla normale climatica. Tale fatto ha favorito la formazione di una struttura dello strato nevoso più resistente alla fusione primaverile, fenomeno rafforzato dagli ulteriori apporti primaverili: ancora in Agosto era quindi presente innnevamento residuo continuo, mentre in settembre, al termine della stagione idrologica, il limite delle nevi poteva considerarsi di pochi metri superiore alla quota della stazione (fig 10). Al contrario la stagione 1967-68 denotava la mancanza assoluta dello strato in Ottobre, ma, soprattutto, la notevole carenza nei mesi primaverili che sono generalmente i più innevati; dopo il minimo di Aprile solo i mesi di Maggio e Giugno, seppur fortemente deficitari, manifestarono una lieve ripresa dovuta a nevicate tardive.

CONCLUSIONI

Da un punto di vista quantitativo, gli apporti nivometrici annui del Lago della Rossa, pur essendo ragguardevoli, non oltrepassano i massimi noti nelle Alpi e nell'America del Nord. L'analisi dell'evoluzione storica dell'innevamento è significativa in quanto il sito presenta una minima pressione antropica ed è rimasto pressochè immutato fin dall'inizio delle osservazioni. A questo proposito si rileva, che contrariamente a quanto generalmente ritenuto dall'opinione pubblica, alla quota in esame non si rilevano *trend* negativi nell'apporto annuale di precipitazioni solide. Gli inverni deficitari del 1989 e del 1990 sono compensati dagli apporti primaverili. E' invece assai evidente il deficit della seconda metà degli anni '60 così come il forte innnevamento del periodo 1971-1981, uniche vere anomalie della serie.

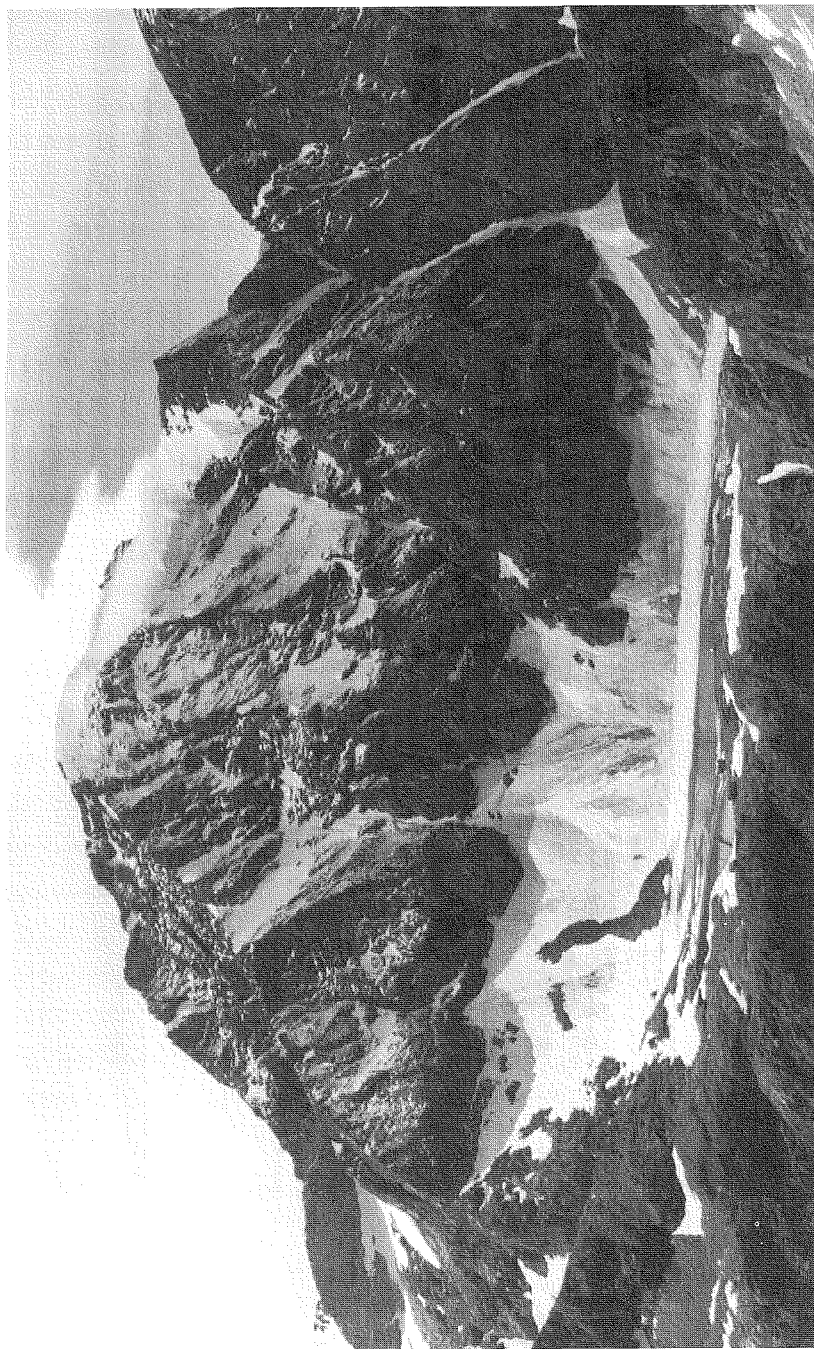


Fig. 10 - Diga ENEL del Lago della Rossa, 2720 m. Stato dell'innevamento al 10 Settembre 1977, al termine della stagione invernale con maggior permanenza e spessore medio del manto nevoso a partire dal 1938-39. Si notino la superficie del lago ancora parzialmente gelata ed i diffusi nevai distribuiti attorno alla diga, dove, all'estremità destra (nella foto) è sita la stazione di rilevamento. Condizioni di questo tipo sono state favorevoli allo sviluppo delle masse glaciali della zona, le quali, negli anni anteriori e posteriori al decennio 1970-80, erano e sono tuttora in deficit di alimentazione. (Foto Franco Rogliardo).

Le elaborazioni statistiche presentate in questa ricerca costituiscono solo una scelta delle numerose possibilità applicative rese possibili dall'archiviazione informatica dei dati meteorologici. Questi ultimi, peraltro inediti come per la maggior parte delle stazioni italiane, sono troppo spesso trascurati sia dalle istituzioni preposte - che dovrebbero salvaguardarli e valorizzarli - sia dai potenziali utenti. Il fatto stesso che i dati non siano stati prima d'ora esaminati in dettaglio è indice delle lacune che possono interessare numerosi progetti di intervento sul territorio. In particolare, gli impianti sciistici (che nella zona in esame sono presenti a Usseglio-Pian Benot, Viù-Tornetti, Balme ed Ala di Stura-Karfen) avrebbero a disposizione uno strumento di analisi oggettiva per la pianificazione degli investimenti in relazione al rischio di innnevamento inferiore alla norma, così come per il nuovo invaso previsto sulla Stura di Viù sarebbe possibile una più fine valutazione delle classi di probabilità relative alla riserva idrica del bacino, nonché delle implicazioni a seguito di eventi eccezionali.

E' auspicabile che, ad una graduale maturazione culturale dell'utenza faccia seguito una opportuna ristrutturazione delle reti di stazioni dotate di lunghe serie storiche, attualmente prossime allo smantellamento.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Dott. Ing. Alberto Terziani dell'*ENEL-SOIC* (Torino) ed il Dott. Furio Dutto dell'*Ufficio Idrografico del Po* (Sez. di Torino) per la disponibilità nel reperimento dei dati manoscritti, nonché il personale che nel corso degli anni ha curato, spesso in condizioni ambientali difficili, la regolare effettuazione delle misure. Si è grati inoltre a Franco Rogliardo per le informazioni glaciologiche ed al Prof. Augusto Biancotti per la rilettura critica del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- Benevent E. (1917), *La Neige dans les Alpes Françaises*. Revue de Géographie Alpine, 5, Grenoble, 403-497.
- Environment Canada Atmospheric Environment Service (1982), *Canadian Climate Normals, Volume 3, Precipitation 1951-1980*. 602 pp.
- Janin B. (1970), *Le Col du Grand-Saint-Bernard Climat et Variations Climatique*. Imprimerie Marguerettaz-Musumeci, Aoste, 112 pp.
- Moscati C. (1961), *Osservazioni sul manto nevoso alla stazione di lago della Rossa (1956-57 - 1957-58)*. C.N.R. - Boll. Com. Glac. It., N. 8, II S., 1957-58, Parte II, Torino.
- Peguy C.P. (1968), *La Neige*. Presses Universitaires de France, 538, Paris, 128 pp.
- Veyret P. (1951), *La Neige au Canada*. Revue de Géographie Alpine, 39, Grenoble, 533-570.
- Viers G. (1990), *Elements de climatologie*. Nathan, 224 pp.