

GUIDO CATASTA (*) & CLAUDIO SMIRAGLIA (**)

PRIMI RISULTATI DELLE RICERCHE SUL BILANCIO DI MASSA AL GHIACCIAIO DELLA SFORZELLINA (GRUPPO DEL CEVEDALE, ALPI CENTRALI) (***)

Abstract: CATASTA G. & SMIRAGLIA C., *First results of the mass balance investigations on the Sforzellina Glacier (Cevedale Group, Central Alps* (IT ISSN 0084-8948, 1988).

Glacier mass balance investigations on the Sforzellina Glacier in the Ortles-Cevedale Group (Valtellina, Central Alps) have been carried out in the 1986-1987 budget year. After a short introduction on the morphological characteristics of the glacier and on the behaviour of its snout from 1925, the results of the mass balance is described. This was strongly negative with a total loss of 384.000 m³ of water equivalent, corresponding to an average water depth of 920 mm.

The glacier is in a state of unbalance with respect to the ratio accumulation area and ablation area. These results are preliminary correlated to the climatic conditions of the meteorological station of S. Caterina Valfurva, 1740 m.

KEY WORDS: Glaciology, Mass balance, Valtellina (Alps).

Riassunto: CATASTA G. & SMIRAGLIA C., *Primi risultati delle ricerche sul bilancio di massa al Ghiacciaio della Sforzellina (Gruppo del Cevedale, Alpi Centrali)*. (IT ISSN 0084-8948, 1988).

Ricerche sul bilancio di massa del Ghiacciaio della Sforzellina, situato nel Massiccio dell'Ortles-Cevedale (Valtellina, Alpi Centrali) sono state compiute nell'anno idrologico 1986-1987. Dopo una sintetica descrizione dei caratteri morfologici e della dinamica frontale del ghiacciaio a partire dal 1925, vengono presentati i risultati del bilancio, che è stato calcolato sulla base dell'ablazione netta e l'accumulo netto mediante rilievi diretti sulla superficie del ghiacciaio.

Il bilancio è stato nettamente negativo con una perdita totale di massa di 384.000 m³ di equivalente in acqua, pari a una lama d'acqua di circa 920 mm. Il ghiacciaio appare dunque in uno stato di notevole

sbilibrato nel rapporto fra l'area di accumulo e l'area di ablazione; la linea di equilibrio si colloca mediamente a 2 980 m. Questo risultato viene correlato in via preliminare con i dati climatici della stazione meteorologica di S. Caterina Valfurva, posta a 1740 m.

TERMINI CHIAVE: Glaciologia, Bilancio di massa, Valtellina (Alpi).

INTRODUZIONE

Nell'ambito degli studi glaciologici effettuati sulle montagne della Lombardia, era da tempo avvertita l'esigenza di determinare, almeno per un apparato glaciale, il bilancio di massa, affiancando questa ricerca alle tradizionali osservazioni sulle variazioni frontali. È noto infatti che queste ultime rappresentano solo l'ultimo anello di una complessa sequenza di fenomeni, che prende l'avvio con modifiche dei parametri climatici e si esplica dal punto di vista glaciologico con variazioni volumetriche degli apparati (ANDREWS, 1975; PATERSON, 1981; ZANON, 1984). È quindi estremamente utile per una corretta interpretazione della dinamica degli apparati glaciali la conoscenza quantitativa dei parametri di acquisizione (*accumulo*) e di perdita (*ablazione*) di massa o almeno della loro risultante (*bilancio netto*). Notevoli sono le difficoltà nella realizzazione di un bilancio di massa rispetto alle misurazioni delle variazioni frontali. Basti constatare che durante le campagne organizzate dal Comitato Glaciologico Italiano, vengono effettuati rilievi alle fronti di varie decine di ghiacciai (104 nel 1984), molti dei quali dispongono di serie storiche di dati anche superiori a un cinquantennio, mentre bilanci di massa sono compiuti con regolarità dal 1966 su di un unico apparato, quello del Caresè sul versante trentino dell'Ortles-Cevedale (ZANON, 1982). Per quanto è a nostra conoscenza, ricerche di questo tipo sono state effettuate, oltre che al Caresè, solo per la Marmolada (1964-1966) e per due ghiacciai dell'Alto Adige fra il 1977 e il 1979 (SECCHIERI & VALENTINI, 1985). La presente nota è dunque volta ad illustrare i primi risultati del bilancio di massa per il Ghiacciaio della Sforzellina sul versante lombardo dell'Ortles-Cevedale.

(*) Istituto di Geografia Università Cattolica di Milano.

(**) Cattedra di Geografia dell'Università «G. D'Annunzio» di Chieti - Sede di Pescara.

(***) Ricerca effettuata con fondi MPI 40% e 60%. Gli autori ringraziano il prof. S. BELLONI per la lettura critica del testo, il prof. G. ZANON per gli utili consigli e il dott. W. FRIGO, Direttore del Parco Nazionale dello Stelvio, per gli indispensabili supporti logistici. Sia inoltre consentito ringraziare sentitamente coloro che hanno contribuito ai rilievi sul terreno, in particolare il geom. G. STELLA (ENEL - Compartimento di Milano), che ha effettuato il rilievo topografico, A. BARONI e A. CASATI, che hanno progettato e realizzato le trivelle da ghiaccio, I. BOSIS, A. BOTTONI, G.F. GOZZINI, G. PEDRETTI, C. POZZOLI, F. RIGHETTI, M. SARZI e le Guardie del Parco dello Stelvio.

Il ghiacciaio è situato sul versante destro idrografico dell'alta Valle del Gavia, che con direzione Sud-Nord si innesta presso il centro di S. Caterina nel solco principale della Valfurva (Alta Valtellina). È collocato in un circo, aperto sotto la cresta che unisce il Corno dei Tre Signori (3 360 m) e la Punta della Sforzellina con le rispettive propaggini di Quota 2 482 e di Quota 2 988. Nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (Comitato Glaciologico Italiano, 1961) è classificato come ghiacciaio pirenaico o di circo. Ancora negli anni Quaranta il ghiacciaio era caratterizzato da una lingua che traboccava dalla soglia del circo e scendeva con notevole inclinazione lungo un gradino roccioso (DESIO & Collaboratori, 1967). Imponenti cordoni morenici testimoniano la massima espansione storica, che portò il ghiacciaio ad occupare una superficie di 0,95 km² con la fronte a circa 2 600 m. Tenendo conto dei dati raccolti dagli Osservatori del Comitato Glaciologico Italiano, pubblicati nel Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano e nella rivista Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, la fronte dello Sforzellina ha evidenziato un arretramento quasi continuo dal 1925 al 1974 (fig. 1) per un totale di circa 370 m (media annua circa 8 m). Dal 1975 (anno in cui la fronte è apparsa stabile), secondo i dati raccolti dall'operatore POLLINI (1), si sono alternati ritiri e avanzate, che nel complesso hanno portato la fronte a progredire di circa 35 m (media annua circa 3 m). Delle fasi di progresso resta una chiara testimonianza morfologica, rappresentata da una morena che borda gran parte della fronte. Altri dati morfometrici sono presentati nella Tab. 1 e sono tratti dalla Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000, sez. «Pizzo Tresero», derivante da una ripresa aerofotogrammetrica del 1981.

Attualmente il ghiacciaio è totalmente compreso all'interno del suo circo, ha forma grossolanamente triangolare e, nonostante le sue limitate dimensioni, rappresenta un

Ghiacciaio della Sforzellina - Dati morfometrici

area totale:	0,42 km ²	larghezza massima:	1 000 m
quota più bassa:	2 784 m	lunghezza massima:	850 m
quota più elevata:	3 150 m	altezza mediana (2)	2 920 m
dislivello:	366 m	esposizione:	NW
inclinazione media:	14°	alimentazione prevalente:	diretta
		quota più elevata del bacino:	3 360 m (Corno dei Tre Signori)

esempio abbastanza significativo dei ghiacciai di II ordine delle Alpi Lombarde. Secondo le istruzioni per la compilazione del *World Glacier Inventory* (MÜLLER & alii, 1977), potrebbe essere classificato come *mountain glacier* (3), con bacino semplice. È una definizione che non appare in contrasto con la curva della distribuzione percentuale delle aree costruita secondo AHLMANN (1948), la quale mostra qualche somiglianza con certi ghiacciai vallivi (fig. 2). L'alimentazione è prevalentemente diretta; sono tuttavia osservabili coni di valanga nel settore più elevato al di sotto della cresta rocciosa Quota 3 150 — Corno dei Tre Signori — Passo della Sforzellina. Va sottolineato che oltre due terzi della superficie del ghiacciaio (68,5%), sono compresi fra 2 860 e 2 970 m, limiti entro i quali è oscillata a partire dal 1980 la linea annuale delle nevi e quindi anche la linea di equilibrio. Ne deriva dunque che una oscillazione altimetrica anche relativamente modesta di questa linea coin-

(1) Cfr. le relazioni delle campagne glaciologiche del 1975 e del 1976 nel Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano e dal 1977 al 1986 in Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria.

(2) Per altezza mediana si intende l'isoipsa che divide il ghiacciaio in due aree equivalenti.

(3) «Any shape, sometimes similar to a valley glacier, but much smaller; frequently located in cirque or niche» (MULLER & alii, 1977).

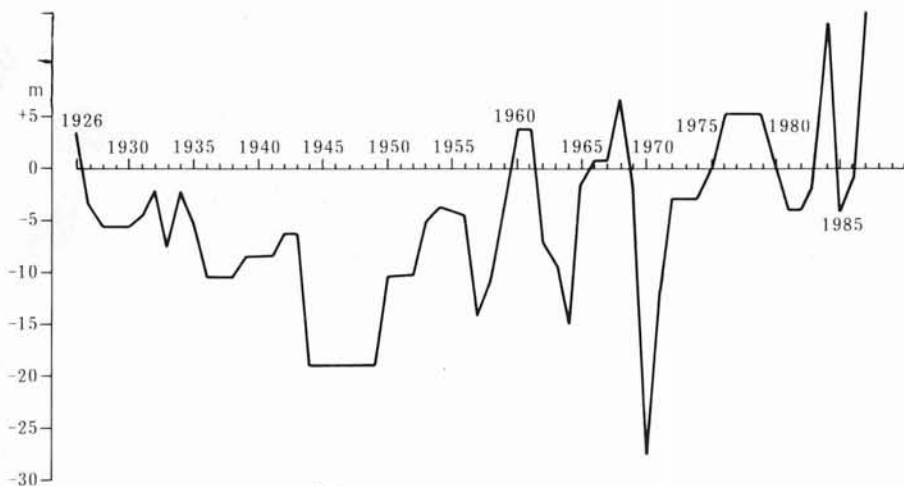


FIG. 1 - Ghiacciaio della Sforzellina - Variazioni frontali annue dal 1926 al 1987. Al di sopra dello 0 sono indicate le variazioni annuali positive, al di sotto le variazioni negative.

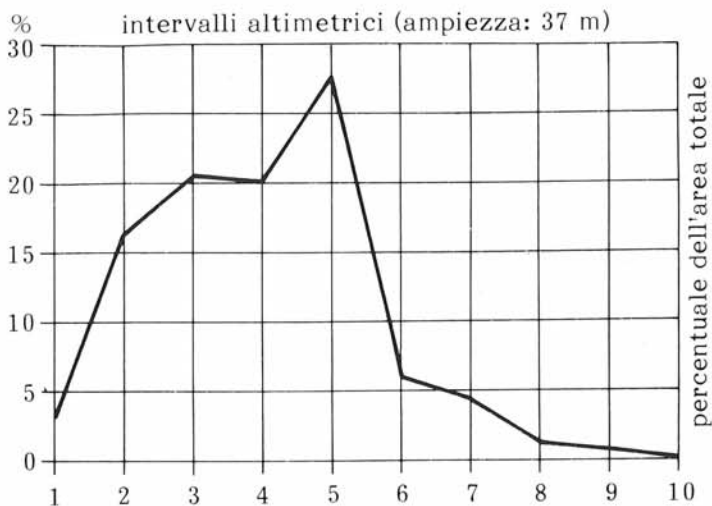


FIG. 2 - Ghiacciaio della Sforzellina - Curva della distribuzione delle aree in dieci intervalli altimetrici, secondo AHLMANN (1948).

volge aree piuttosto ampie e può modificare in misura notevole il fattore AAR ⁽⁴⁾. Lo Sforzellina appare in effetti un ghiacciaio molto sensibile, per quanto riguarda il suo bilancio di massa, alle variazioni della linea di equilibrio e quindi alle variazioni climatiche. Per lo studio delle correlazioni fra variazioni volumetriche del ghiacciaio ed eventi meteorologici, sarebbe opportuno disporre di una stazione di rilevamento dei dati presso il Rifugio Berni a 2 541 m, sulla strada del Passo Gavia, oppure ai bordi della fronte stessa. La stazione più vicina attualmente esistente è quella di S. Caterina Valfurva, 1 740 m, a circa 7 km di distanza in linea d'aria, ai cui dati si farà più oltre riferimento.

BILANCIO DI MASSA PER L'ANNATA 1986-1987

Dopo alcuni tentativi effettuati nel 1984 e nel 1985 su altri ghiacciai (Ventina ed Inferiore di Scerscen), utili per la messa a punto dei materiali, la scelta è caduta sul Ghiacciaio della Sforzellina. Esso sembra infatti riunire in sé i due requisiti, spesso contrastanti, indispensabili per questo tipo di indagini: significatività glaciologica e facile accessibilità. Si tratta, come si è visto, di un apparato di limitate dimensioni, che costituisce un esempio rappresentativo di ghiacciaio di circo per le montagne lombarde. Lo Sforzellina dispone inoltre di una serie di oltre sessant'anni di dati sulle variazioni frontali e di una stazione meteorologica relativamente vicina. A proposito di accessibilità, il ghiacciaio è facilmente raggiungibile, almeno nella stagione estiva, con un'ora di marcia dalla strada del Gavia, che collega la Valtellina (Bormio - S. Caterina Valfurva) con la Val Camonica (Ponte di Legno).

Per la determinazione del bilancio di massa dello Sforzellina sono state impiegate le metodologie utilizzate in ricerche analoghe su altri ghiacciai italiani, soprattutto quelli

della Marmolada, del Caresèr, la Vedretta Occidentale di Ries e la Vedretta Alta (ZANON, 1965, 1982; SECCHIERI & VALENTINI, 1985). Si tratta degli ormai classici metodi di misure dirette sul ghiacciaio, effettuate in punti fissi, con successiva estrapolazione dei valori in senso areale, ampiamente diffusi al di fuori del nostro Paese a partire dagli anni Cinquanta (si veda ad esempio AA.VV., 1970). Sullo Sforzellina il 19 Settembre 1986 sono stati effettuati con una trivella a mano diversi fori nel ghiaccio e, naturalmente con meno difficoltà, nel nevato residuo (fig. 3) e si sono inserite varie paline. Si tratta di aste in lega leggera con diametro di 2 cm, tagliate in spezzoni di due metri, sovrapponibili. La lunghezza delle paline inserite varia fra i 3 e i 5 m. Partendo da due caposalda in roccia ai bordi del ghiacciaio (rispettivamente Quota 2 841,7 in sinistra idrografica e Quota 2 910,6 in destra), dai quali è visibile l'intera superficie dello Sforzellina, le paline sono state triangolate mediante un distanziometro-teodolite ad onde e corrispondenti prismi, utilizzando come base topografica la già citata Carta Tecnica Regionale. In senso altimetrico le paline sono state così distribuite: 1 fra 2 784 e 2 800 m; 4 fra 2 800 e 2 850 m; 8 fra 2 850 e 2 900 m; 5 fra 2 900 e 2 950 m; 2 al di sopra di 2 950 m.

Inizialmente si era pensato di arrivare al bilancio netto attraverso la differenza fra accumulo lordo e ablazione lorda. L'impossibilità di giungere al Ghiacciaio della Sforzellina nella prima metà del Giugno 1987 per la lunghezza e le difficoltà dell'itinerario, oltre al pericolo di valanghe



FIG. 3 - Ghiacciaio della Sforzellina - Perforazione mediante trivella a mano per l'inserimento delle paline (foto G. CATASTA, 19 Settembre 1986).

⁽⁴⁾ Il fattore AAR (*Accumulation Area Ratio*) notoriamente si calcola la formula: $AAR = \left(1 - \frac{\text{area di ablazione}}{\text{area totale}} \times 100\right)$.

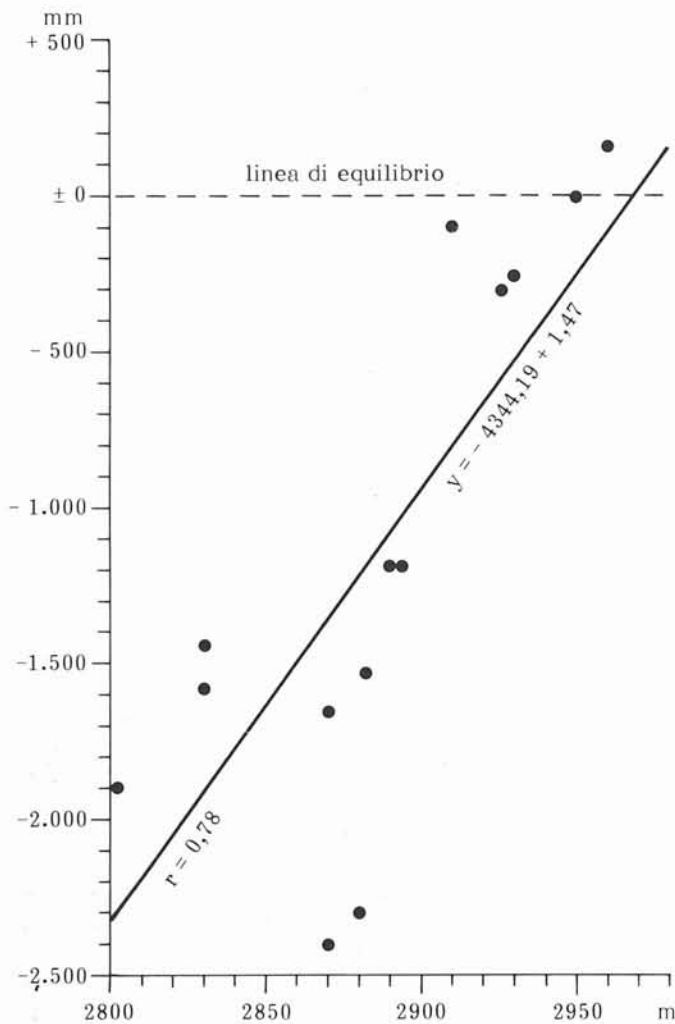


FIG. 4 - Ghiacciaio della Sforzellina - Variazioni di spessore, espresso in millimetri di equivalente in acqua fra il 19 Settembre 1986 e il 16 Settembre 1987, in funzione delle fasce altimetriche. I punti indicano le singole paline. Come risultato della retta di regressione, la linea di equilibrio si colloca a 2 970 m.

e alla presenza di crepacci nascosti, impedì un rilievo completo e consigliò di limitare il programma di ricerca alla valutazione del bilancio netto, mediante l'effettuazione di misure alla fine dell'annata, cioè nella seconda metà di Settembre, quando il ghiacciaio, salvo intense nevicate precoci, è completamente agibile. Nell'estate 1987 sono state tuttavia compiute, prima delle osservazioni conclusive, altre cinque visite al ghiacciaio (una in Luglio e quattro in Agosto) per controllare la stabilità delle paline e provvedere alla sistemazione di quelle in procinto di uscire per l'abbassamento della superficie del ghiacciaio. Il 16 Settembre, giorno in cui furono effettuate le misure definitive, risultarono riutilizzabili 14 paline; delle altre sei, tre erano fuoriuscite per l'ablazione intervenuta dalla fine di Agosto, le altre non furono reperibili (probabilmente inghiottite da crepacci o manomesse da escursionisti di passaggio). Tenendo conto dell'estensione del ghiacciaio e della sua distribuzione per fasce altimetriche, sia il numero delle paline residue sia la loro distribuzione apparivano ancora significative ai fini della ricerca. Alla base di ogni palina sono state misurate le variazioni di spessore positivo e negativo di ghiaccio e di nevato rispetto al 19 Settembre 1986.

Le maggiori diminuzioni di spessore di ghiaccio sono state osservate nel settore sinistro idrografico del ghiacciaio (oltre 2,5 m di ablazione per le paline situate a poco più di 2 850 m). I valori di spessore del ghiaccio e del nevato sono poi stati convertiti in valori corrispondenti di equivalente in acqua, assumendo per il ghiaccio una densità media di 0,91 gr/cm³ e per il nevato, tenendo conto anche delle misure effettuate, un valore medio di 0,70 gr/cm³. Gli equivalenti in acqua espressi in millimetri, misurati presso le singole paline sono stati indicati in funzione della quota di queste ultime nella fig. 4. Dal grafico emerge una tendenza abbastanza regolare alla diminuzione dei valori di equivalente in acqua dissipato dal ghiacciaio in rapporto all'altitudine. Le eccezioni più evidenti sono rappresentate da due paline collocate fra 2 870 e 2 880 m nel settore occidentale del ghiacciaio, presso le quali si è verificata una perdita di 2 300-2 400 mm, superiore rispetto

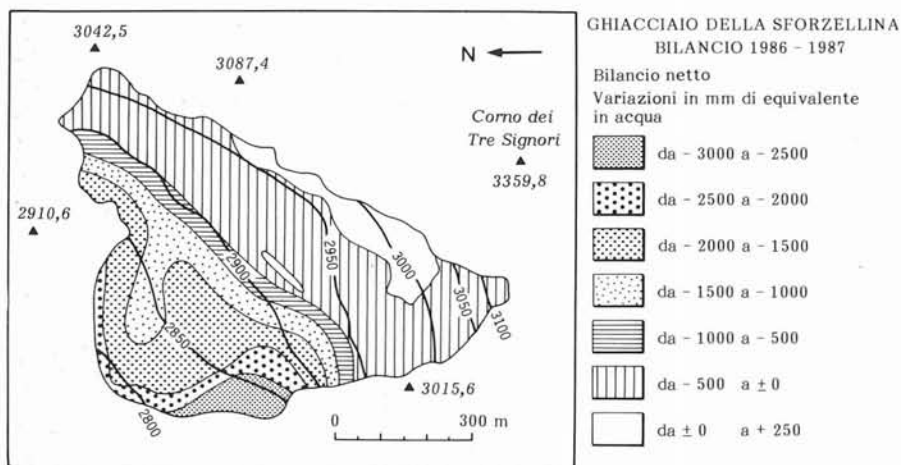


FIG. 5 - Ghiacciaio della Sforzellina - Aree di uguale bilancio netto 1986-1987. Le variazioni sono espresse in millimetri di equivalente in acqua.

a quella avvenuta a quote minori. L'unico valore positivo, anche se estremamente limitato, è stato riscontrato alla palina posta a 2 960 m di altezza. Tenendo conto della morfologia superficiale del ghiacciaio e di altre osservazioni dirette, sono stati extrapolati i dati puntiformi rilevati presso le paline a tutta la superficie dell'apparato ed è stata compilata una carta (fig. 5), che insieme alla tab. 2 e alla fig. 7, sintetizza i risultati del bilancio di massa 1986-1987 del Ghiacciaio della Sforzellina.

Dalla carta emerge chiaramente come su quasi tutto il ghiacciaio si siano registrate perdite varianti da 1 000 mm a 3 000 mm di equivalente in acqua nella parte medio-inferiore e da 0 a 500 mm in quella superiore. L'unica area di accumulo, seppure molto ridotto (da 0 a 250 mm), è costituita da una stretta fascia di circa 0,0300 km² fra 2 950 e 3 050 m, al di sotto delle pareti rocciose del Corno dei Tre Signori, specialmente alla base dei canali di valanga, dove la neve più compatta ha meglio resistito all'ablazione. Anche a quote superiori vi è stata tuttavia perdita di volume. Come si osserva nella fig. 6, tutto il settore più occidentale del ghiacciaio fino a 3 150 m di quota appare completamente privo di nevato. In questa fascia vi è stata non solo fusione della neve vecchia, cioè della neve residua dell'inverno 1986-1987, ma anche del nevato residuo delle annate precedenti. Quest'ultimo si è in parte conservato poco al di sopra del grande nodo di crepacci a 2 925-2 950 m, nettamente distinguibile sia dal ghiaccio vivo che lo limita a valle, sia dalla neve vecchia più a monte. Lungo il limite inferiore della neve vecchia, dove si passa dall'ablazione all'accumulo, seppur limitato, corre la linea di equilibrio, la cui altitudine varia fra 2 950 m verso Est e 3 040 m verso Ovest, con un valore medio che si può stimare attorno a 2 980 m.

Come appare dalla tab. 2 e dal grafico della fig. 7, l'annata 1986-1987 si è chiusa con un bilancio negativo, che ha visto la perdita totale in volumi di acqua di quasi 400 000 m³, con una perdita massima nella fascia 2 850 - 2 900 m.

TABELLA 2

Ghiacciaio della Sforzellina: bilancio di massa 1986-1987 per fasce altimetriche

Intervallo m s.m.	Superficie km ²	Bilancio netto	
		totale m ³	specifico mm
2 780 - 2 800	0,0030	— 7 250	—2 420
2 800 - 2 850	0,0640	—126 500	—1 980
2 850 - 2 900	0,1160	—178 260	—1 540
2 900 - 2 950	0,1290	— 59 945	— 460
2 950 - 3 000	0,0720	— 8 100	— 110
3 000 - 3 050	0,0250	— 1 600	— 60
3 050 - 3 100	0,0070	— 1 750	— 250
3 100 - 3 150	0,0030	— 750	— 250
<hr/>			
2 780 - 3 150	0,4190	—384 155	— 920

Non esiste alcuna fascia altimetrica ove si sia registrato un incremento volumetrico; la diminuzione più limitata è avvenuta fra 3 100 e 3 150 m con — 750 m³. Anche nelle zone dove si sono verificati accumuli (fra 2 950 e 3 000 m e fra 3 000 e 3 050 m), questi sono stati arealmente e volumetricamente così ridotti da influire in misura molto limitata sul bilancio delle singole fasce. Per quanto riguarda il bilancio specifico, cioè lo spessore medio di una lama d'acqua equivalente, sull'intero ghiacciaio si è valutata una perdita media di 920 mm, con valori più elevati nella parte inferiore al di sotto di 2 900 m (massimo di — 2 420 mm), decrescenti con l'altitudine fino a 3 050 m (— 60 mm) e ancora in aumento nella parte terminale del ghiacciaio (— 250 mm da 3 050 a 3 150 m).



FIG. 6 - Il settore superiore del Ghiacciaio della Sforzellina visto dall'elicottero il 19 Settembre 1987. Si osservi la fascia di neve vecchia al di sotto della parete del Corno dei Tre Signori, il nevato pluriennale poco più a valle e il ghiaccio del bacino ablatore (foto C. SMIRAGLIA).

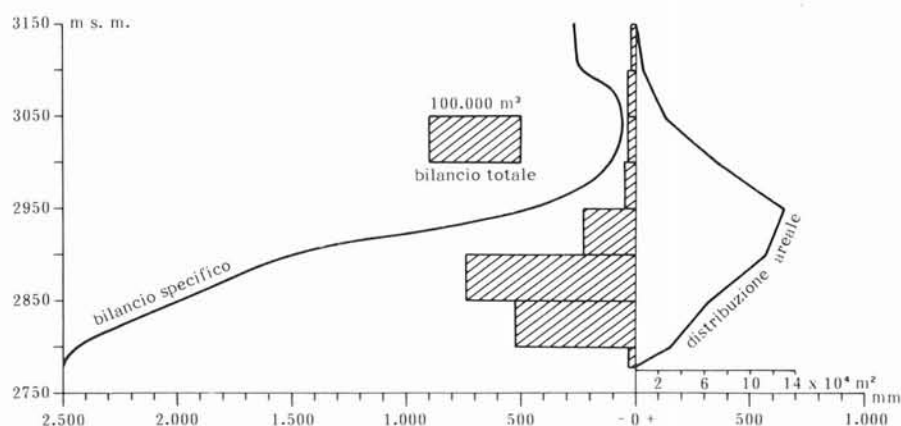


Fig. 7 - Ghiacciaio della Sforzellina - Bilancio netto (specifico e totale) 1986-1987 e distribuzione delle aree in funzione dell'altitudine per intervalli di 50 m. I valori di bilancio sono espressi in equivalenti di acqua. Il grafico è stato realizzato utilizzando i dati della tab. 2, dove tutte le fasce areali sono caratterizzate da un bilancio negativo. Da ciò derivano l'apparente contraddizione con le figg. 4 e 5 (dove sono presenti punti o zone limitate con bilancio positivo) e l'assenza della linea di equilibrio (la curva del bilancio specifico non interseca il punto 0 in ascissa).

CONCLUSIONI

Come si è visto dai dati sopra riportati, alla fine dell'annata di bilancio 1986-1987 il Ghiacciaio della Sforzellina ha evidenziato una cospicua perdita di massa, che contrasta con le misure positive di variazione frontale (1986-87: 15 m), la qual cosa sottolinea ulteriormente come le variazioni volumetriche e la dinamica della fronte possano essere fenomeni, caratterizzati da scale temporali differenti, che vanno esaminati separatamente, almeno in una prima fase della ricerca.

La linea di equilibrio è apparsa più elevata rispetto agli anni precedenti: alla fine di Settembre 1986 variava fra 2 910 m nel settore orientale e 2 960 m in quello occidentale. Il fattore AAR per il 1987 è 8%, il che indica con evidenza lo stato di notevole squilibrio del ghiacciaio.

Per avere qualche indicazione sulla situazione meteorologica dell'area durante l'anno idrologico 1 Ottobre 1986 - 30 Settembre 1987, si riportano alcuni dati di S. Caterina Valfurva forniti dall'AEM. Nel periodo sopra indicato come totale delle precipitazioni sono stati registrati 1 216,1 mm di acqua, uno dei valori più elevati a partire dal 1921. Si tenga conto che nel solo mese di Luglio si sono avuti 277,2 mm di acqua di cui 173 mm concentrati nei giorni 17-18-19-20, quando l'intera Valtellina fu colpita da una catastrofica alluvione. Negli stessi giorni furono segnalate precipitazioni in forma liquida anche a quote piuttosto elevate.

Per quanto riguarda la temperatura, nel quadrimestre di ablazione Giugno-Settembre la temperatura media è stata di 10,8 °C con il valore più elevato nella prima decade di Luglio (14,5 °C), inferiore rispetto alla media 1930-1960 (11,6 °C). Si consideri tuttavia che nei giorni di più intensa piovosità a S. Caterina Valfurva le temperature medie variavano fra 13 °C e 8,5 °C. Utilizzando un gradien-

te termico di 0,53 °C (BELLONI, 1982), nella fascia più ampia del Ghiacciaio della Sforzellina fra 2 850 e 2 950 m, si possono ipotizzare temperature medie fra 7 °C e 2 °C con precipitazioni in forma liquida che hanno contribuito alla fusione della neve vecchia e alla parziale ablazione del ghiaccio sottostante.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1970) - *Combined heat, ice and water balances at selected glacier basins; a guide to measurement and data compilation*. UNESCO/IASH, Tech. Paper in Hydrology, 5.
- AHLMANN H.W. (1948) - *Glaciological research on the North Atlantic Coasts*. R.G.S. Res. Ser., London, 1, 83 pp.
- ANDREWS J.T. (1975) - *Glacial Systems. An approach to glaciers and their environments*. Duxbury Press, North Scituate, Mass., 191 pp.
- BELLONI S. (1982) - *Temperature medie annue e mensili nel Bacino Padano e parametri fisici derivati*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5, 46-54.
- COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO (1961) - *Catasto dei Ghiacciai Italiani. III. Ghiacciai della Lombardia e dell'Ortles-Cevedale*. CNR - Comit. Glaciol. It., Torino, 389 pp.
- DESIO A. (con la collaborazione di S. BELLONI & A. GIORCELLI) (1967) - *I ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale*. C.N.R. - Comit. Glac. Ital., Torino, 875 pp.
- MÜLLER F., CAFLISCH T. & MÜLLER G. (1977) - *Instructions for compilation and assemblage of data for a World Glacier Inventory*. Dept. Geography ETH, Zürich, 19 pp.
- PATERSON W.S.B. (1981) - *The physics of glaciers*. Pergamon Press, Oxford, 380 pp.
- SECCHIERI F. & VALENTINI P. (1985) - *Indagine glaciologica sulla Vedretta Alta e sulla Vedretta Occidentale di Ries (Alto Adige)*. Atti 5° Conv. Glac. Ital., in: Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 137-143.
- ZANON G. (1965) - *Ricerche sul bilancio glaciale con applicazione al Ghiacciaio della Marmolada (Alpi Orientali)*. Boll. Com. Glac. Ital., ser. 2, 15, 23-70.
- ZANON G. (1982) - *Recent glaciological research in the Ortles-Cevedale Group (Italian Alps)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5, 75-81.
- ZANON G. (1984) - *Alcune considerazioni sugli attuali orientamenti della ricerca glaciologica italiana*. La Geografia nelle Scuole, 2, 85-91.