

GIORGIO ZANON (*)

VENTICINQUE ANNI DI BILANCIO DI MASSA DEL GHIACCIAIO DEL CARESÈR (ALPI CENTRALI), 1966-67/1990-91

Abstract: ZANON G., *Twenty-five years of mass balance of the Caresèr Glacier (Central Alps), 1966-67/1990-91.* (IT ISSN 0391-9838, 1992).

The Caresèr Glacier is located on the south-eastern slope of the Ortles-Cevedale Group and may be considered representative of the glaciated areas of the transitional belt between the continental-type Alpine climatic environment and that of the northern Mediterranean region.

First examined by A. DESIO in 1923, the behaviour of the glacier has been followed in detail until the present day. In particular from 1966 its mass balance has been thoroughly researched and it is still one of the sample basins of the IAHS-UNESCO *World Glacier Monitoring Service*.

Surveys carried out using the glaciological surface method over a series of fixed-date balance years, give for the 1966-67/1990-91 period a value of $-580 \text{ mm WE a}^{-1}$, corresponding to $-2,8015 \times 10^6 \text{ m}^3$. However, in this time-span, two clearcut phases in glacier regime may be distinguished. From 1966-67 to 1979-80, mass balance was practically in equilibrium, with $-130 \text{ mm WE a}^{-1}$; in the following period 1980-81/1990-91 it changed to $-1080 \text{ mm WE a}^{-1}$. This behaviour is in agreement with the positive fluctuation of Alpine glaciers observed between 1965 and 1984, and with a new later phase of intensive retreat. The equilibrium line altitude (ELA), which at zero mass balance corresponds with the median elevation of the glacier (1967 survey) (3 090 m; AAR = 50%), rose strongly during the 1980s (3 371 m, as against a general average of 3 210 m). The specific net balance is closely related ($r = -0,93233$) with the ELA, with a vertical gradient of $167,5 \text{ mm WE a}^{-1} / 50 \text{ m}$.

According to computerized comparison of three aerial surveys, determination of the glacier's variations in thickness and volume fully verify glaciological measurements for the entire period of study.

KEY WORDS: Glaciology, Hydrology, Mass balance, Central Alps.

Riassunto: ZANON G., *Venticinque anni di bilancio di massa del Ghiacciaio del Caresèr (Alpi Centrali), 1966-67/1990-91.* (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Il Ghiacciaio del Caresèr (4 km² di superficie) è situato sul versante Sud-orientale del Gruppo del Cevedale; esso può essere considerato rappresentativo per le aree glacializzate della fascia di transizione tra l'ambiente climatico alpino di tipo continentale e la zona Nord-mediterranea.

(*) Dipartimento di Geografia, Università di Padova, Via del Santo, 26 - 35100 Padova.

Ricerca effettuata con il contributo dell'ENEL e del MURST, fondi 40%. Comunicazione presentata al VI Convegno Glaciologico Italiano, Gressoney, 26-28 Settembre 1991 (Communication presented at the 6th Italian Glaciological Meeting, Gressoney, 26-28 September, 1991).

Già preso in esame dal DESIO a partire dal 1923, nel quadro degli studi per la costruzione dell'omonimo serbatoio idroelettrico, il suo comportamento è stato studiato in dettaglio sino ad oggi. In particolare, dal 1966 è oggetto di ricerche sul bilancio di massa; attualmente è bacino campione del *World Glacier Monitoring Service* IAHS-UNESCO.

I rilievi, effettuati con metodo di superficie in un arco di annata di bilancio a date fisse, forniscono per il periodo 1966-67/1990-91 un valore di $-580 \text{ mm WE a}^{-1}$, corrispondenti a $-2,5560 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$. In questo intervallo, tuttavia, possono individuarsi due fasi ben distinte nel regime del ghiacciaio. Dal 1966-67 al 1979-80 il bilancio è apparso praticamente in equilibrio, con $-130 \text{ mm WE a}^{-1}$, per il periodo successivo 1980-81/1990-91, esso è passato a $-1 080 \text{ mm WE a}^{-1}$. Questo andamento è in accordo con la fluttuazione al progresso dei ghiacciai alpini, osservata dal 1965 al 1984, ed al successivo instaurarsi di una nuova fase di intenso ritiro. La linea di equilibrio (ELA) che, con bilancio in parità, corrisponde all'altitudine mediana del ghiacciaio (3 090 m; AAR = 50%) (rilievo 1967), si è fortemente innalzata nel decennio Ottanta (3 370 m, contro una media di 3 210). Il bilancio netto risulta a sua volta in stretta correlazione ($r = -0,93233$) con l'ELA, con un gradiente verticale di $167,5 \text{ mm WE a}^{-1} / 50 \text{ m}$.

La determinazione delle variazioni volumetriche, sulla base del confronto al computer di una serie di rilievi aerofotogrammetrici, effettuati dal 1967 al 1990, ha consentito la piena verifica delle misure glaciologiche per l'intero periodo in studio.

TERMINI CHIAVE: Glaciologia, Idrologia, Bilancio di massa, Alpi Centrali.

PREMESSA

Lo studio del bilancio dei ghiacciai costituisce un settore tra i più rilevanti dell'odierna ricerca glaciologica, con applicazione sia ai ghiacciai di montagna che agli *inlandsis* delle latitudini polari. Le origini di questa tematica sono relativamente recenti: le prime attività in questo campo infatti, possono essere fatte risalire all'Ahlmann per gli anni immediatamente precedenti la II guerra mondiale (AHLMANN, 1948). Un notevole sviluppo si è verificato, successivamente, con l'Anno Geofisico Internazionale, prima, poi ancora con il Decennio Idrologico Internazionale, infine, con il Programma Idrologico Internazionale. Il maggiore potenziamento, tuttavia, si è avuto con la creazione nel 1967, a Zurigo, del *Permanent Service on Fluctuations of Glaciers*, cui ha fatto seguito, nel 1986, l'attuale *World Glacier Monitoring Service* (W.G.M.S.). Questo ente di coordi-

namento internazionale ha, tra i suoi compiti istituzionali, l'aggiornamento delle conoscenze sulla distribuzione delle masse di neve e di ghiaccio permanenti sulla superficie terrestre (attraverso il completamento e la gestione del recente *World Glacier Inventory*); la raccolta e la pubblicazione ad un livello standardizzato di dati sulle fluttuazioni glaciali; la pubblicazione dei risultati dei rilievi sul bilancio di massa di ghiacciai campione (HAEBERLI & alii, 1989). Nelle statistiche internazionali «Fluctuations of Glaciers» IAHS-UNESCO, a cadenza quinquennale, vengono pubblicati i dati sulle variazioni di alcune centinaia di ghiacciai del globo, tra i quali una settantina di ghiacciai delle Alpi italiane, insieme con gli elementi del bilancio di alcune decine di apparati campione (per dettagliate informazioni su questi ultimi, cfr. LETREGUILLY, 1984). A partire dal 1991, i dati sul bilancio glaciale sono pubblicati, ad intervallo biennale, anche in «Glacier Mass Balance Bulletin», del W.G.M.S.

Lo sviluppo ed il continuo affinamento delle indagini rivolte alla conoscenza dettagliata del regime glaciale deriva dall'esigenza primaria di stabilire i rapporti che intercorrono tra le fluttuazioni glaciali ed i parametri climatici che le determinano. Il semplice controllo delle variazioni frontali dei ghiacciai, sebbene fonte di dati di grande interesse, soprattutto se comparati su scala regionale e per lunghi periodi, non consente, infatti, di stabilire tale complessa interdipendenza.

Lo studio delle oscillazioni glaciali e del loro meccanismo assume, d'altra parte, un particolare interesse non soltanto per le strette connessioni con la storia climatica recente e subrecente, ma anche per il riconoscimento di modificazioni in atto. I profondi cambiamenti subiti dai ghiacciai alpini, in particolare nel trascorso decennio Ottanta, rendono tale interesse di grande attualità, per la possibile influenza esercitata dalle attività antropiche negli equili-

bri Terra-atmosfera e per le conseguenti, drammatiche modifiche che ne possono scaturire nei confronti dell'ambiente alpino, delle disponibilità energetiche e di acqua dolce, del livello dei mari, ecc.

IL GHIACCIAIO DEL CARESÈR

Il ghiacciaio, bacino campione del W.G.M.S., notoriamente uno dei più studiati delle Alpi Italiane (si veda, al riguardo: DESIO, 1967; DESIO & alii, 1973), è situato sul versante Sud-orientale del Gruppo del Cevedale, nell'alta Valle della Mare-Venezia (bacino del Noce-Adige); amministrativamente ricade nella Provincia di Trento. Dal punto di vista climatico regionale, può essere considerato rappresentativo di una fascia di passaggio tra un regime delle precipitazioni a massimo estivo, di tipo continentale, ancora riscontrabile a Nord del gruppo montuoso, e la zona ad influsso mediterraneo, a Sud, con un regime di transizione a massimi di precipitazioni autunno-primaverili. Con riferimento alla stazione di Caresèr Diga (2 600 m), le precipitazioni totali annue assommano a 899 mm, con 113 giorni piovosi; le precipitazioni in forma nevosa sono pari a 538 cm, con 47 giorni di neve. Il coefficiente nivometrico annuo è di 0,60, la permanenza del manto nevoso di 223 giorni (ZANON, 1986).

Il ghiacciaio (fig. 1), con esposizione generale a Sud, ha una superficie di quasi 4 km², si estende tra un'altitudine massima di 3 320 m ed una minima di 2 857 (situazione 1990); presenta condizioni generali di scarsa pendenza, limitata copertura morenica sparsa, alimentazione quasi esclusivamente diretta. Delimitato da una pressoché continua linea di cresta, che lo racchiude da tre lati e culmina in una quota massima di 3 386 m, dal punto di vista mor-

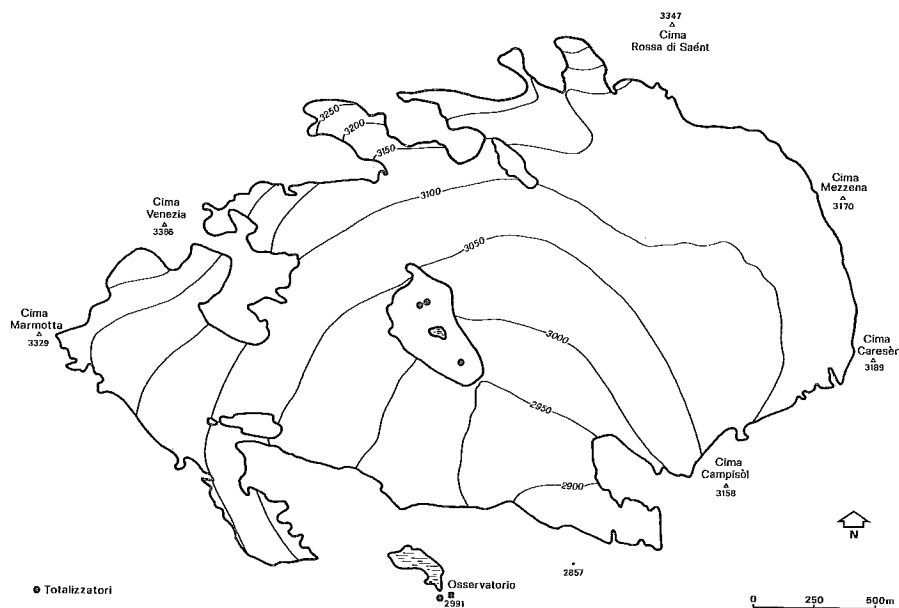


FIG. 1 - Il Ghiacciaio del Caresèr (situazione topografica 1990).

FIG. 1 - Caresèr Glacier (topographic situation 1990).

fologico la sua evoluzione negli ultimi decenni lo ha portato ad assumere una sempre più definita tipologia di ghiacciaio *montano* (di circo), con una configurazione che, in tempi recenti, è stata resa più complessa dal continuo affioramento di aree rocciose, che ne hanno ulteriormente suddiviso la superficie. L'apparato può essere considerato un esempio di «glacier reservoir», nel senso di una scarsa attività, modalità di risposta diretta e non dinamica (HAE-BERLI & *alii*, 1989), caratteristiche, queste, che sono in rapporto al limitato dislivello, alla scarsa velocità di movimento ed all'ambiente, che risente, come si è detto, di uno spiccato grado di continentalità. Il drenaggio delle acque glaciali avviene attraverso un unico torrente glaciale, che, dopo un percorso di 2 km, su un dislivello di 250 m, alimenta un serbatoio idroelettrico ENEL della capacità di 16×10^6 m³, a 2 600 m di quota. I principali dati morfometrici sono disponibili ed aggiornati, anche grazie ad una serie di rilievi aerofotogrammetrici (vedi avanti) e sono espressi dalle curve ipsografiche della fig. 2 e dalla distribuzione delle superfici in funzione dell'altitudine, riportata in fig. 3.

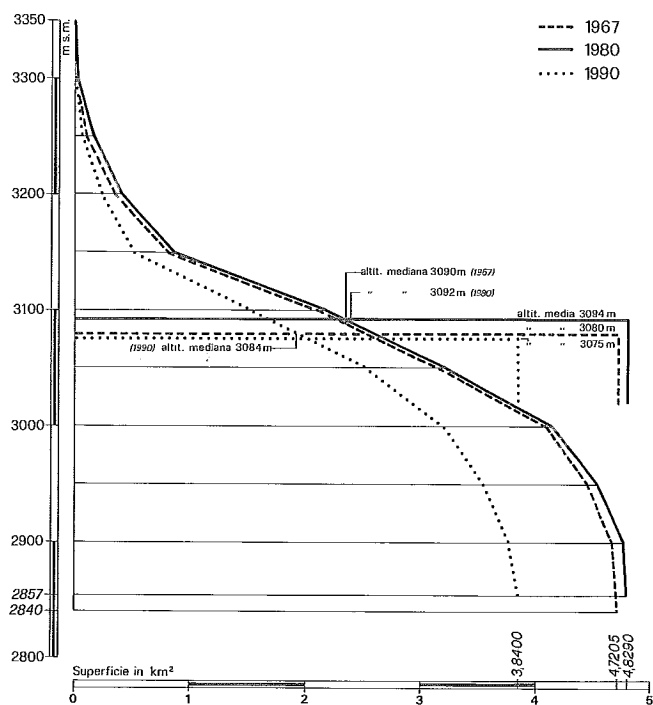


FIG. 2 - Ghiacciaio del Caresèr. Curve ipsografiche, altitudini medie ed altitudini mediane, sulla base dei rilievi aerofotogrammetrici 1967, 1980 e 1990.

FIG. 2 - Caresèr Glacier. Hypsographic curves, mean and median elevations, from 1966, 1980 and 1990 aerial surveys.

Le ricerche sul bilancio del Ghiacciaio del Caresèr

Le ricerche di campagna sul Ghiacciaio del Caresèr sono state rivolte alla determinazione del bilancio glaciale per le singole annate dal 1966-67 al 1990-91. I rilievi sono stati svolti applicando il «metodo glaciologico diretto» (HAE-

BERLI & *alii*, 1989), con inizio e fine a date fisse, in genere coincidenti con quelle dell'annata idrologica 1° Ottobre - 30 Settembre, che si è rivelata sufficientemente espressiva del ciclo dei parametri del regime di questo ghiacciaio. Le superfici di riferimento sono rispettivamente quella del 1967, dall'inizio sino al bilancio 1979-80; quella del 1980 sino al 1989-90; quella 1990 per il bilancio 1990-91. Nel periodo di attività svolta sino al 1977-78 il bilancio netto è stato determinato mediante misure lorde di accumulo e di ablazione, mentre con il 1978-79 esso è stato ottenuto come differenza di valori netti.

TABELLA 1 - Ghiacciaio del Caresèr, 1966-67/1990-91. Bilancio netto per intervalli altimetrici di 50 m. Valori espressi come altezze (mm) e come volumi (10^6 m³) di equivalente in acqua.

TABLE 1 - Caresèr Glacier, 1966-67/1990-91. Net balance versus altitude. Data are expressed as water depth (mm) and volume (10^6 m³).

Altitudine (m s.m.)	Superficie (km ²)	Bilancio netto (mm)	Bilancio netto (10^6 m ³)
2860-2900	0,0675	- 1370	- 0,0925
2900-2950	0,2280	- 1240	- 0,2825
2950-3000	0,3980	- 1090	- 0,4340
3000-3050	0,8775	- 890	- 0,7810
3050-3100	1,0400	- 650	- 0,6760
3100-3150	1,3210	- 390	- 0,5150
3150-3200	0,4700	- 180	- 0,0845
3200-3350	0,4270	+ 150	- 0,0640
2860-3350	4,8290	- 580	- 2,8015

Nel primo caso le misure sul terreno consistono in una valutazione dell'*accumulo lordo* in equivalenti in acqua, presente sulla superficie del ghiacciaio alla fine della stagione invernale, mediante sondaggi di spessore e trincee di densità della neve; successivamente, nel corso della stagione di ablazione, vengono osservati e misurati in corrispondenza di paline fisse i processi di fusione che avvengono a spese di materiali diversi (neve, nevato, ghiaccio), sino al momento di chiusura dell'annata di bilancio (*ablazione lorda*). La differenza tra i due termini lordi, espressi in equivalenti in acqua, fornisce il *bilancio netto* dell'annata, identificabile, per zone altimetriche omogenee e per l'intera superficie, in un *accumulo netto*, se tale differenza è positiva, in un *ablazione netta*, se negativa.

Utilizzando invece parametri netti, il bilancio si ottiene dalla differenza tra l'accumulo netto, riscontrabile alla fine dell'annata di bilancio, e l'ablazione netta (di ghiaccio e di nevato) avvenuta durante il periodo di fusione.

Poiché il calcolo del bilancio da grandezze nette trascura l'accumulo lordo, elemento di fondamentale interesse nell'interpretazione dei rapporti con i parametri che determinano il bilancio stesso, nell'attuale metodologia è stata introdotta una serie di misure dirette ed indirette, come indici dell'accumulo lordo invernale. Immediatamente prima

del periodo di fusione vengono pertanto effettuati saggi dell'equivalente in acqua in punti significativi; inoltre, vengono utilizzati i dati forniti da una serie di nivopluviometri totalizzatori, in funzione dal 1970 al centro del ghiacciaio e nelle sue strette vicinanze (cfr. fig. 1); tali dati sono correlati con quelli di più lungo periodo, registrati presso la stazione di Caresèr Diga (GIADA & ZANON, 1985a). Tra le precipitazioni misurate a Caresèr Diga per il periodo Ottobre-Maggio e l'accumulo effettivo sulla superficie glaciale, è stata individuata, al riguardo, la seguente relazione:

$$WE = 1,8444 PD - 33,942$$

dove: WE (mm) = equivalente in acqua sul ghiacciaio
 PD (mm) = precipitazioni a Caresèr Diga

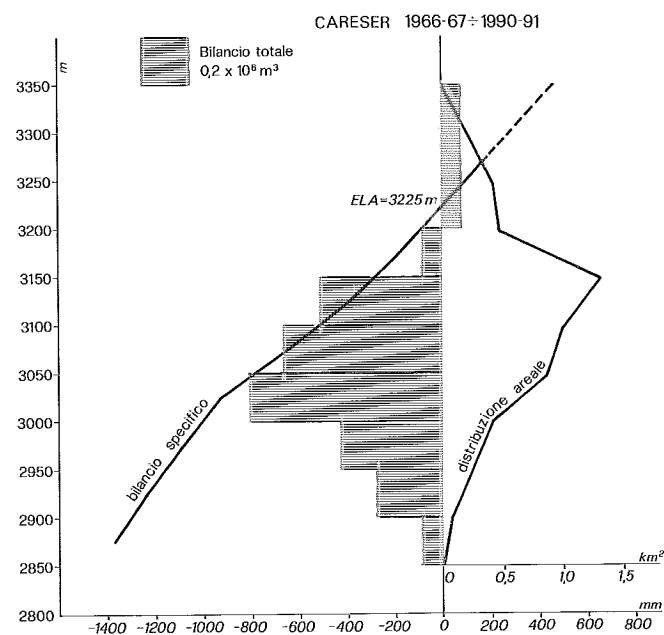


FIG. 3 - Ghiacciaio del Caresèr, 1966-67/1990-91. Bilancio netto per intervalli altimetrici di 50 m; valori espressi come altezze (bilancio specifico) e come volumi (bilancio totale) di equivalente in acqua. Distribuzione della superficie con l'altitudine (situazione 1980) e quota della linea di equilibrio (ELA).

FIG. 3 - Caresèr Glacier, 1966-67/1990-91. Net balance versus altitude; values are expressed as mm of water depth (specific balance) and m^3 of water volume (total balance). Area distribution (1980) and ELA.

Il bilancio 1966-67/1990-91

Il bilancio del ghiacciaio per i 25 anni di osservazione appare complessivamente negativo. Come si può vedere dalla tab. 1, esso risulta pari ad un valore medio annuo di -580 mm di equivalente in acqua (WE), corrispondente ad un volume di $-2,8015 \times 10^6 m^3 a^{-1}$. In funzione dell'altitudine, i valori di bilancio sono negativi in tutti gli intervalli altimetrici, ad eccezione della zona sommitale 3 200-3 350 m, per la quale si verifica un lieve surplus, pari a 150 mm WE a^{-1} . La perdita netta globale per i venticinque anni di osservazione è pertanto di $14 500$ mm,

corrispondenti ad un volume di $69,6125 \times 10^6 m^3$ WE.

Nel periodo in esame è necessario, tuttavia, distinguere due distinte fasi nel comportamento del ghiacciaio, le quali corrispondono a due altrettanto ben definite tendenze nell'andamento climatico degli ultimi decenni. Dal 1966-67 al 1979-80 si verifica per il ghiacciaio un'alternanza di bilanci di segno diverso (fig. 4), ma con un risultato medio praticamente vicino all'equilibrio (-130 mm WE a^{-1}). A partire dal decennio Ottanta i bilanci risultano costantemente e fortemente negativi, con un valore medio ($-1 080$ mm WE a^{-1}), 8 volte circa superiore a quello del precedente periodo. Tale regime mostra una buona corrispondenza con quello degli altri ghiacciai del globo, per i quali sono disponibili dati di osservazione (ZANON, 1991; WOOD, 1988). Nel primo di tali periodi, alla stazione di Caresèr Diga (2 600 m) la temperatura del quadrimestre estivo Giugno-Settembre è diminuita di circa $0,5$ °C, mentre è aumentata di $0,6$ °C negli anni Ottanta; a loro volta

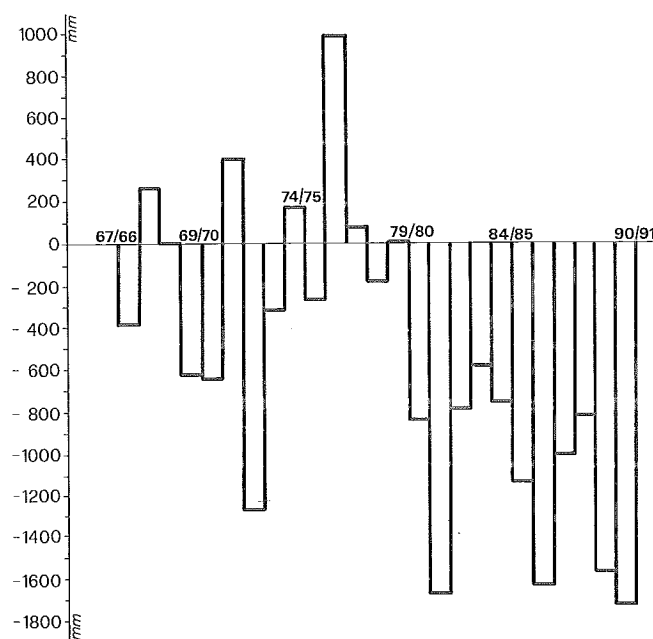


FIG. 4 - Bilanci netti annuali per il Ghiacciaio del Caresèr (1966-67/1990-91). Valori espressi come altezze di equivalente in acqua. (Da ZANON, 1991, modif.).

FIG. 4 - Caresèr Glacier. Annual net balances, in mm of water depth, for the 1966-67/1990-91 observation period.

le precipitazioni nella stagione Ottobre-Maggio sono aumentate mediamente del 5% tra il 1960 ed il 1980. Meno significativo il loro comportamento negli anni Ottanta, con un aumento medio del 3%; da rilevare, tuttavia, verso la fine del decennio, la tendenza ad una forte flessione delle precipitazioni invernali (-33% nel 1989-90). Con l'inizio del decennio Novanta il trend verso bilanci negativi si è ulteriormente rafforzato, con $-1 730$ mm WE per l'annata 1990-91, il più alto valore negativo registrato nel venticinquennio di osservazioni.

Confronto di rilievi aerofotogrammetrici tra il 1967 ed il 1990

Durante il periodo in studio e precisamente nel 1967, 1980 e 1990, sono stati effettuati tre rilievi aerofotogrammetrici, allo scopo sia di fornire un'aggiornata ed adeguata rappresentazione a grande scala (1:5 000) dell'area del ghiacciaio, sia di verificare periodicamente i risultati delle misure glaciologiche di superficie. Attraverso l'elaborazione al computer dei modelli digitali della superficie glaciale, ricavati dalle strisciate aerofotogrammetriche, sono state poste a confronto rispettivamente le situazioni topografiche 1967-1980 e 1980-1990, con il calcolo e la rappresentazione tematica delle relative variazioni volumetriche. Nel primo caso (GIADA & ZANON, 1985b) il confronto con i dati annuali sul bilancio, ad esclusione delle aree superiori a 3 200 m, ha mostrato una buona corrispondenza tra i due metodi, con una differenza di circa il 13% su una variazione complessiva di $-13,3345 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$ ottenuta all'elaboratore.

Il successivo confronto, applicato ai rilievi aerofotogrammetrici 1980 e 1990, e riguardante la totalità della superficie, ha fornito una corrispondenza estremamente soddisfacente, con una differenza più che dimezzata rispetto al raffronto precedente (GIADA & ZANON, 1991) su una variazione complessiva di $-48,8200 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$.

Il rilievo 1990, in particolare, effettuato dopo un periodo di eccezionale deglaciazione, ha posto in evidenza le forti modificazioni intervenute nella configurazione del Ghiacciaio del Caresèr nel decennio trascorso; esse hanno avuto come risultato non soltanto la perdita netta di massa che si è appena vista, ma anche una riduzione della superficie da 4,8290 a 3,8575 km², pari al 20% della superficie 1980, oltre alle modificazioni morfometriche che si possono ricavare dalle relative curve ipsografiche della fig. 2.

Altitudine della linea di equilibrio (ELA) e rapporto area di accumulazione/area totale (AAR)

La retta di regressione della fig. 5 esprime l'andamento del bilancio netto per le annate dal 1966-67 al 1990-91, in funzione della linea di equilibrio (ELA). I due parametri risultano ben correlati ($r = -0,93233$) attraverso l'equazione [1], con un gradiente verticale di 167,5 mm WE a⁻¹ / 50 m;

[1] $y = 10,301 - 3,3745x$
dove: $y =$ bilancio netto in mm WE a⁻¹
 $x =$ altitudine della linea di equilibrio (ms.m)

Come si può vedere anche dai dati sperimentali della tab. 2, l'ELA ha spaziato, nel periodo in esame, tra un valore minimo di 2 667 m per il 1976-77 (il più elevato bilancio positivo) ed un massimo di 3 485 m nel 1987 (3 463 nel 1991), con un dislivello di oltre 800 m. Anche questo parametro, tuttavia, ha mostrato un comportamento omogeneo con la tendenza del bilancio netto vista in precedenza: infatti, da un valore medio sui 3 100 m dal 1967

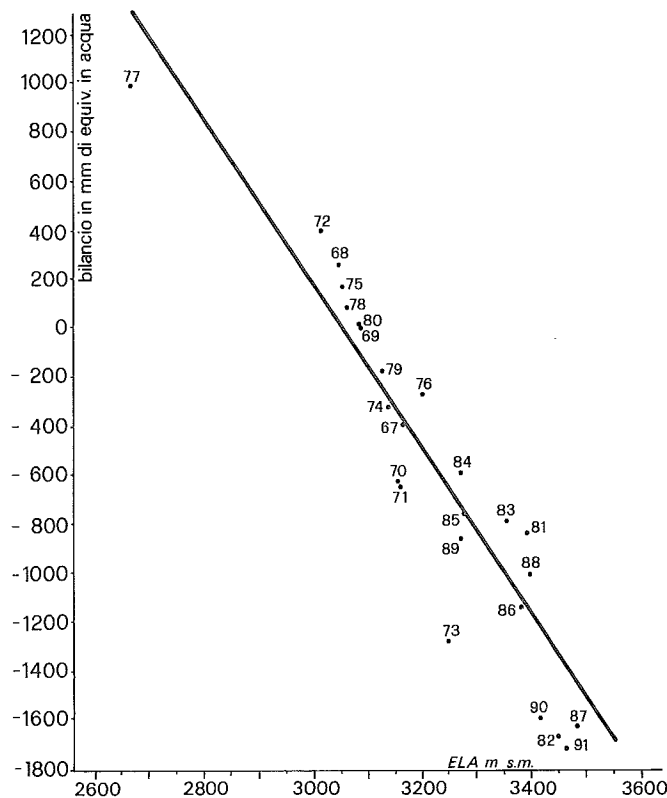


Fig. 5 - Ghiacciaio del Caresèr. Bilancio netto per le annate dal 1966-67 al 1990-91, in funzione dell'altitudine della linea di equilibrio (ELA).
Fig. 5 - Caresèr Glacier - Specific net balance versus equilibrium line altitude (ELA) for the 1966-67/1990-91 observation period.

al termine degli anni Settanta, esso si è portato ad un'altitudine media di oltre 3 200 m per la fine del decennio Ottanta. In particolare, per un gruppo di annate del decennio trascorso, ad eccezione del 1984, 1985 e 1989, l'ELA si è situata ad altitudini superiori a quella massima del ghiacciaio, in qualche caso, teoricamente, a quella dello stesso bacino, con il risultato che l'intera area del ghiacciaio è venuta a trovarsi per circa un decennio praticamente in zona di ablazione.

Complementare all'andamento dell'ELA è quello dell'AAR nelle diverse annate di bilancio (tab. 2); a differenza della prima, tuttavia, non è stato possibile individuare una correlazione, per questo rapporto, come quella vista in fig. 5, dato il limitato dislivello della superficie glaciale e la sua distribuzione in funzione dell'altitudine. Si possono, comunque, fare al riguardo, le seguenti osservazioni: un bilancio a parità, come quello riscontrabile nelle annate 1968-69 e 1979-80, con l'ELA, prossima all'altitudine mediana del ghiacciaio nel 1967 (3 090 m, cfr. fig. 2), è corrisposto ad un'AAR di poco superiore al 50%; nelle diverse situazioni di bilancio riscontrabili nelle altre annate, l'AAR mostra una grande variabilità, che dipende, in effetti, dalla distribuzione delle superfici in funzione dell'altitudine. Tenendo conto, infatti, che nel solo intervallo 3 050-3 150 m è situato il 50% della superficie glaciale

TABELLA 2 - Ghiacciaio del Caresèr. Bilancio netto, altitudine della linea di equilibrio (ELA), rapporto area di accumulo/area totale (AAR), per le annate di bilancio dal 1966-67 al 1990-91.

TABLE 2 - Caresèr Glacier. Net balance, equilibrium line altitude (ELA), accumulation area ratio (AAR), for the balance years from 1966-67 to 1990-91.

Annata di bilancio	Bilancio (mm WE a ⁻¹)	ELA (m s.m.)	AAR (%)
1966-67	- 390	3165	15,4
1967-68	+ 260	3045	70,0
1968-69	± 0	3084	53,4
1969-70	- 630	3155	17,1
1970-71	- 650	3159	16,7
1971-72	+ 400	3014	82,0
1972-73	- 1280	3251	2,0
1973-74	- 320	3137	25,2
1974-75	+ 170	3053	67,1
1975-76	- 270	3200	8,5
1976-77	+ 990	2667	100,0
1977-78	+ 80	3060	63,6
1978-79	- 180	3125	32,0
1979-80	+ 10	3083	53,8
1980-81	- 840	3395	0,0
1981-82	- 1680	3450	0,0
1982-83	- 790	3357	0,0
1983-84	- 590	3272	2,9
1984-85	- 760	3279	2,5
1985-86	- 1140	3383	0,0
1986-87	- 1640	3485	0,0
1987-88	- 1010	3398	0,0
1988-89	- 820	3275	2,7
1989-90	- 1580	3420	0,0
1990-91	- 1750	3463	0,0

(rilievo 1980) e che in tale intervallo decorre l'ELA sino agli inizi dello scorso decennio, le pur piccole variazioni della stessa ELA in quel periodo hanno fortemente amplificato le variazioni dell'AAR. Dopo il 1980, con una linea di equilibrio in gran parte dei casi superiore all'altitudine massima del ghiacciaio, l'AAR è risultata virtualmente eguale a zero, non soltanto per il Ghiacciaio del Caresèr, ma

anche per tutti gli apparati glaciali del Gruppo del Cevedale compresi entro un'altitudine massima intorno ai 3 500 m, tuttora sottoposti ad un eccezionale processo di riduzione.

BIBLIOGRAFIA

- AHLMANN H.W. (1948) - *Glaciological Research on the North Atlantic Coasts*. R.G.S. Res. Series, 1, 83 pp.
- DESIO A. (1967) - *I ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale*, C.N.R. - Com. Glac. It., Torino, 874 pp.
- DESIO A. (with the collaboration of BELLONI S., GIORCELLI A. and ZANON G.) (1973) - *Results of Half-a-Century Investigation on the Glaciers of the Ortles-Cevedale Mountain Group (Central Alps)*. C.N.R., Commiss. I.H.D., Pubbl. 6, 107 pp.
- GIADA M. & ZANON G. (1985a) - *Sulla misura e sul comportamento delle precipitazioni ad alta quota*. Mem. Soc. Geogr. It., 33, 129-146.
- GIADA M. & ZANON G. (1985b) - *Modificazioni volumetriche sul Ghiacciaio del Caresèr (Alpi Centrali, Gruppo Ortles-Cevedale) tra il 1967 ed il 1980*, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 10-13.
- GIADA M. & ZANON G. (1991) - *Variazioni di livello e volumetriche sulla Vedretta del Caresèr (Gruppo Ortles-Cevedale) tra il 1980 ed il 1990*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, 221-228.
- HAEBERLI W. (1985) - *Fluctuations of Glaciers 1975-1980*, 4, IAHS-UNESCO, Paris.
- HAEBERLI W. & MÜLLER P. (1988) - *Fluctuations of Glaciers 1980-85*, 5, IAHS-UNEP-UNESCO, World Glacier Monitoring Service, Zürich.
- HAEBERLI W., MÜLLER P., ALEAN P., BÖSCH H. (1989) - *Glacier Change following the Little Ice Age - A Survey of the International Data Basis and its Perspectives*. In: OERLEMANS J. ed., *Glacier Fluctuations and Climatic Change*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 77-101.
- HAEBERLI W. & HERREN E. (a cura di) (1991) - *Glacier Mass Balance Bulletin*. 1 (1988-1989), IAHS-UNEP-UNESCO, World Glacier Monitoring Service, Zürich.
- KASSER P. (1973) - *Fluctuations of Glaciers 1965-1970*, 2, IAHS-UNESCO, Paris.
- LETREGUILLY A. (1984) - *Bilans de masse des glaciers alpins: méthodes de mesures et répartition spatio-temporelle*, CNRS, Lab. Glaciologie Gèophysique Environnement, Publ. 439, 274 pp.
- MÜLLER F. (1977) - *Fluctuations of Glaciers 1970-1975*, 3, IAHS-UNESCO, Paris.
- WOOD F.B. (1988) - *Global alpine glacier trends, 1960s to 1980s*. Arct. Alp. Res., 20, 4, 404-413.
- ZANON G. (1982) - *Recent Glaciological Research in the Ortles-Cevedale Region (Italian Alps)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5, 75-81.
- ZANON G. (1987) - *La Valle della Mare. Profilo climatico e glaciologico*. In: GRUPPO NAZ. GEOGR. FIS. GEOMORF. C.N.R., *Ricerche geomorfologiche nell'alta Val di Pejo (Gruppo del Cevedale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 9, 145-150.
- ZANON G. (1991) - *Venti anni di progresso dei ghiacciai 1965-1985*. Atti Conferenza sulle variazioni climatiche recenti (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo, Roma, Soc. Geogr. It., 1990, Mem. Soc. Geogr. It., 45, 153-165.