

MARCO GIADA (\*) & GIORGIO ZANON (\*\*)

## MODIFICAZIONI DI LIVELLO E VOLUMETRICHE PER IL GHIACCIAIO DELLA MARE (ALPI CENTRALI, GRUPPO ORTLES-CEVEDALE), 1990-2000

**ABSTRACT:** GIADA M. & ZANON G., *Elevation and volume changes in the La Mare Glacier (Central Alps, Ortles-Cevedale Group), 1990-2000.* (IT ISSN 1724-4757, 2005).

An aerial survey carried out in October 2000 on the La Mare Glacier allowed comparison with a previous survey of 1990 and determination of the elevation and volume variations during this ten-year period. The final product is a computerized 1:5000 thematic map with isolines representing elevation variations. These variations are negative at almost all altitudes between 2540 and 3650 m a.s.l. with a mean value of  $-6.33$  m, corresponding to a volume of  $-26.2789 \times 10^6 \text{ m}^3$ . The equilibrium line altitude (ELA) in 2000 was calculated at 3600 m a.s.l., causing a situation of severe disequilibrium for the entire glacial system.

The results for the La Mare Glacier are compared with parallel data for the neighbouring Caresèr Glacier, pointing out the essential importance of the topographic and morphometric peculiarities in the accelerated glacier shrinkage phase that affected the southern slope of Central Alps during the 1990s.

**KEY WORDS:** Glacial fluctuations, Glacier mass balance, Aerial surveys, Central Alps.

**RIASSUNTO:** GIADA M. & ZANON G., *Modificazioni di livello e volumetriche per il Ghiacciaio della Mare (Alpi Centrali, Gruppo Ortles-Cevedale), 1990-2000.* (IT ISSN 1724-4757, 2005).

Un rilievo aerofotogrammetrico effettuato nell'Ottobre 2000 sul Ghiacciaio della Mare ha reso possibile il confronto con un precedente rilievo del 1990 e la valutazione delle modificazioni di livello e volumetriche avvenute in questo decennio, con l'allestimento al computer di una carta tematica alla scala 1:5000, con isolinee che raffigurano le variazioni di livello.

Tali variazioni risultano negative pressoché a tutte le altitudini comprese tra 2540 e 3600 m, con un valore medio di  $-6.33$  m, pari ad un volume di  $-26.2789 \times 10^6 \text{ m}^3$ . La linea di equilibrio (ELA) alla fine del decennio è stata calcolata a circa 3600 m di quota, con un valore dell'isoipsa 2:1 tra 3190 e 3195 m; ciò ha comportato, per l'economia dell'intero sistema glaciale, l'instaurarsi di una situazione di forte squilibrio.

I risultati per il Ghiacciaio della Mare vengono posti a confronto con gli analoghi dati calcolati, per lo stesso periodo, sul contiguo Ghiacciaio del Caresèr, evidenziando il ruolo decisivo assunto dai caratteri topografici e morfometrici dei singoli apparati nella fase di accelerata

deglaciazione che ha interessato il versante Sud delle Alpi Centrali nel decennio Novanta.

**TERMINI CHIAVE:** Fluttuazioni glaciali, Bilancio glaciale, Fotogrammetria, Alpi Centrali.

Il Ghiacciaio della Mare è situato sul versante Sud-orientale del Cevedale, alla testata della Valle La Mare-Venezia, nel bacino del Noce-Adige. È un ghiacciaio vallivo di tipo alpino, con bacino di raccolta composto, elevato grado di glacializzazione ed alimentazione prevalentemente diretta, esposizione generale ad Est. Le variazioni negative avvenute nella seconda metà del secolo scorso e nei primi anni di quello attuale, ne hanno profondamente alterato la configurazione rispetto a quella che risulta dal Desio (1967), dal Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-1962) e dallo stesso World Glacier Inventory IAHS-UNEP-UNESCO (1980, non pubbl.); in particolare, l'apparato glaciale è attualmente provvisto di un'unica lingua in posizione centrale, rispetto alle cinque precedentemente individuabili. Sulla base del rilievo aerofotogrammetrico SCM (Studio Cartografico Mastore-Milano) eseguito nel 2000 e di dati di osservazione diretta, i suoi essenziali elementi topografici e morfometrici risultano i seguenti;

Area totale =  $4.4390 \text{ km}^2$

Lunghezza = 4 km

Larghezza max = 2.7 km

Larghezza media lingua = 0.25 km

Alt. max (M. Cevedale) = 3769 m

Alt. min. = 2623 m

AAR = 66%

Isoipsa 2:1 = 3190 m

ELA 2000 = 3600 m

Le variazioni frontali, le cui prime misure e osservazioni risalgono alla fine del XIX secolo, sono documentate dai *Rapports* della *Commission Internationale des Glaciers*, prima, successivamente dai risultati dei rilievi condotti dal Desio e collaboratori (1967), infine, da quelli delle campa-

(\*) Morgan s.r.l., Marghera (Venezia).

(\*\*) Dipartimento di Geografia, Università di Padova, via del Santo 26 - 35123 Padova.

gne glaciologiche coordinate sino ad oggi dal Comitato Glaciologico Italiano (per tutto questo, si veda in Zanon, 2002).

Nel 1990 è stato effettuato dallo SCM (cit.) un primo rilievo aerofotogrammetrico con restituzione alla scala 1:5000, seguito da un altro nel 1997; il loro confronto ha reso possibile la valutazione delle variazioni di livello e volumetriche, limitatamente alla lingua glaciale compresa tra 2540 e 3100 m di altitudine (Zanon, 2002). L'effettuazione di un nuovo rilievo nel 2000 ha consentito di estendere il confronto per il decennio 1990-2000 pressoché all'intera superficie del ghiacciaio, utilizzando la metodologia più volte applicata alle analoghe ricerche sul vicino Ghiacciaio del Caresèr negli anni tra il 1967 ed il 2000 (Giada & Zanon, 1995; 2001).

Il confronto dei dati ricavati dai due rilievi aerofotogrammetrici ha reso possibile l'allestimento dell'allegata carta tematica f.t. 1:5000 con isolinee che rappresentano le variazioni di livello della superficie del ghiacciaio secondo le classi in *legenda* (sono escluse due zone situate sulla parte destra del ghiacciaio, comprese tra 3100 e 3350 m di altitudine – con un'area complessiva di 0.33 km<sup>2</sup> –, per le quali la determinazione del DTM manca o è dubbia; l'area totale e quella delle relative fasce altimetriche sono pertanto depurate di questo valore). Le modificazioni di livello e volumetriche sono riportate nella tab. 1; come già per il Caresèr, le variazioni volumetriche sono state calcolate considerando i valori ottenuti dalle variazioni di livello (in m) moltiplicate per le aree delle 24 zone altimetriche di 50 m, sulla base del rilievo 1990.

Le variazioni di livello 1990-2000 risultano negative per la massima parte della superficie, sino alla zona 3550-3600 m; esse sono comprese tra un massimo di -28.95 m per la fascia 2600-2650 m ed un minimo di -1.38 per quella da 3550 a 3600 metri. Le variazioni di segno positivo, riscontrabili al di sopra di quest'ultima altitudine, sino alla vetta del Cevedale, sono estremamente limitate, sporadiche nella loro distribuzione e mediamente inferiori a 2 metri. Anche in questo caso, come già per il periodo 1990-1997 (Zanon, 2002), il segmento inferiore della lingua, tra 2540 e 2600 m, presenta un valore anomalo rispetto all'andamento generale; ciò è da porre in rapporto non soltanto con il comportamento dinamico del settore terminale, ma anche con le caratteristiche della sua superficie, tali da rendere poco significativa l'applicazione della metodologia utilizzata.

In termini di volumi di ghiaccio, *firn* e neve, secondo la distribuzione areale 1990, la massima riduzione in assoluto (2.4624 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>) si riscontra nella fascia altimetrica 2950-3000 m (tab. 1). Dello stesso ordine di grandezza, oltre -2x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, risultano tuttavia i valori calcolati anche per ciascuna delle tre zone successive, per cui nel solo intervallo di 200 m tra 2950 e 3150 m, che, arealmente, corrisponde al 13% del totale, si concentra più del 35% dell'intera perdita di volume, pari a -9.0295x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>. Dal punto di vista topografico, alla forte variazione di livello della superficie fa riscontro, tra il 1990 ed il 2000, una relativa stabilità dell'area complessiva, con una differenza negativa di soli 0.0410 km<sup>2</sup>; l'area di singole zone altime-

TABELLA 1 - Ghiacciaio della Mare, 1990-2000. Variazioni di livello della superficie (m) e di volume (10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>) per intervalli altimetrici di 50 metri. Dal confronto dei rilievi aerofotogrammetrici SCM 1990 e 2000 (distribuzione areale 1990)

| Altitudine | Area 1990       | Δ Livello | Δ Volume                       |
|------------|-----------------|-----------|--------------------------------|
| m s.m.     | km <sup>2</sup> | m         | 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| 2540-2600  | 0.0150          | - 9.06    | - 0.1359                       |
| 2600-2650  | 0.0250          | -28.95    | - 0.7237                       |
| 2650-2700  | 0.0500          | -26.56    | - 1.3280                       |
| 2700-2750  | 0.0575          | -24.36    | - 1.4007                       |
| 2750-2800  | 0.0475          | -19.03    | - 0.9039                       |
| 2800-2850  | 0.0550          | -17.42    | - 0.9581                       |
| 2850-2900  | 0.0475          | -20.42    | - 0.9699                       |
| 2900-2950  | 0.0900          | -15.33    | - 1.3797                       |
| 2950-3000  | 0.1800          | -13.68    | - 2.4624                       |
| 3000-3050  | 0.2025          | -11.77    | - 2.3834                       |
| 3050-3100  | 0.2200          | - 9.91    | - 2.1802                       |
| 3100-3150  | 0.2675          | - 7.49    | - 2.0035                       |
| 3150-3200  | 0.3625          | - 4.41    | - 1.5986                       |
| 3200-3250  | 0.4300          | - 3.99    | - 1.7157                       |
| 3250-3300  | 0.2750          | - 5.73    | - 1.5757                       |
| 3300-3350  | 0.3125          | - 4.42    | - 1.3812                       |
| 3350-3400  | 0.3200          | - 3.95    | - 1.2640                       |
| 3400-3450  | 0.3275          | - 2.35    | - 0.7696                       |
| 3450-3500  | 0.2775          | - 1.74    | - 0.4828                       |
| 3500-3550  | 0.2375          | - 1.45    | - 0.3444                       |
| 3550-3600  | 0.1350          | - 1.38    | - 0.1863                       |
| 3600-3650  | 0.0900          | 0.55      | 0.0495                         |
| 3650-3700  | 0.0950          | 2.32      | 0.0220                         |
| 3700-3750  | 0.0300          | 1.99      | 0.0597                         |
| 2540-3750  | 4.1500          | - 6.33    | -26.2789                       |

triche e segnatamente di quelle comprese tra 3150-3100 e 3300-3350 m di altitudine, risulta invece in aumento ed il fenomeno si può ricollegare alla migrazione verso l'alto delle curve di livello, come effetto dell'abbassamento di altitudine registrato pressoché sull'intera superficie. Anche dal punto di vista morfometrico, ammettendo un AAR del 66%, la variazione di quota dell'isoipsa 2:1 appare minima (rispettivamente 3180 m nel 1990, 3190÷3195 m nel 2000). Contemporaneamente, l'altitudine della linea di equilibrio (ELA), quale risulta dal calcolo delle variazioni 1990-2000, si attesta a circa 3600 m, con la conseguenza di importanti modificazioni da un punto di vista più strettamente glaciologico.

Per lo stesso periodo 1990-2000, il Ghiacciaio del Caresèr, pure situato alla testata della Valle della Mare, ha fatto registrare variazioni di livello più che doppie rispetto a quelle delle corrispondenti zone altimetriche sul Ghiacciaio della Mare (Giada & Zanon, 2001; Giada & Zanon, in stampa); considerando che, in base al calcolo del bilancio idrologico di quest'ultimo (Zanon, 2000), le condizioni di accumulo nevoso invernale sui due bacini si possono considerare dello stesso ordine di grandezza, si deve concludere che i tipi sistematici, i caratteri morfometrici e topografici dei singoli apparati glaciali hanno assunto un ruolo quantitativamente determinante nella fase di accelerata deglaciazione del decennio Novanta sul versante Sud delle Alpi Centrali.

## BIBLIOGRAFIA

- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE - COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO (1959-1962) - *Catasto dei Ghiacciai Italiani*, 4 voll., Torino, CGL.
- DESIO A. (1967) - *I ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale*, Com. Glac. It. - C.N.R., Tamburini, Milano, 874 pp.
- GIADA M. & ZANON G. (1995) - *Elevation and volume changes in the Caresèr Glacier (Ortles-Cevedale Group, Central Alps), 1967-1990*. Zeitschr. Gletscherk. u. Glazialg., 31, 143-147.
- GIADA M. & ZANON G. (2001) - *Caratteri delle modificazioni areali, di livello e volumetriche per il Ghiacciaio del Caresèr (alto bacino del Noce-Adige, Gruppo Ortles-Cevedale) tra il 1990 e il 1997*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Suppl. 5, 129-146.
- GIADA M. & ZANON G. (in stampa) - *Caresèr Glacier 1990-1997 and 1997-2000, Italy, 1:5000 (Thematic maps)*. In: IAHS (ICSU)-UNEP-UNESCO, Fluct. Glaciers 1995-2000, VIII.
- ZANON G. (1986) - *La Valle della Mare. Profilo climatico e glaciologico*. In: Gruppo Naz. Geogr. Fis. e Geomorf., C.N.R., «Ricerche geomorfologiche nell'alta Val di Pejo (Gruppo del Cevedale)», Geogr. Fis. Dinam. Quat., 9, 145-150.
- ZANON G. (2002) - *Recenti modificazioni nel regime della Vedretta della Mare (Alpi Centrali, Gruppo Ortles-Cevedale)*. In: Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Geografia «Giuseppe Morandini», Mauro Varotto e Marcello Zunica (a cura di), «Scritti in ricordo di Giovanna Brunetta», 3-10.