

Tavola 3.7 Variazioni di lunghezza e di massa dei ghiacciai

Introduzione

Verso la fine dell'ultima glaciazione, circa 11 000 anni addietro, l'imponente massa del ghiacciaio dell'Aletsch raggiunse per l'ultima volta la valle del Rodano presso Briga. Nel giro di poche centinaia di anni i ghiacciai si sono poi ritirati dalle valli alpine principali per entrare in un regime caratteristico di oscillazioni storiche. Reperti archeologici, quali la mummia di Similaun nel Ötztal (Austria), mostrano che ghiacciai alpini di 5000 anni fa avevano già dimensioni paragonabili a quelle odierne. Resti arborei di epoca romana attestano che 2000 anni fa il fronte del grande Aletsch era ancora più arretrato rispetto all'attuale posizione che segna il minimo del secolo (cfr. tavola 3.8). Dal tardo medioevo, in occasione della «piccola glaciazione», i ghiacciai si sono espansi, formando un teatro morenico che nella maggior parte dei casi attuali circoscrive il terreno loro antistante. Nel 1850 essi hanno raggiunto per l'ultima volta questo limite. Tuttavia, il Trient l'aveva toccato già nel 1845, mentre l'Unteraar vi giunse solo nel 1870. Le fluttuazioni che da allora hanno avuto luogo sono controllate annualmente dal 1874 e dal 1880 dalle reti di misura descritte nella tavola 3.1. La carta qui allegata riporta le osservazioni più importanti. Si notano riduzioni in linea di massima concordi, sebbene vi siano casi caratterizzati da andamenti del tutto peculiari. Le serie storiche ne rendono conto solo parzialmente. L'entità della riduzione è riscontrabile in base alle differenze tra i suoli e i tipi di vegetazione sia all'interno che all'esterno del terreno antistante. Sulla base di tali differenze, riportate anche dalle carte topografiche, sono state calcolate le variazioni di lunghezza e riscalate le serie storiche rispetto allo stadio di massimo avanzamento, la cui data, spesso incognita, si può ritenere compresa tra il 1850 e il 1860. Le serie che riguardano il bilancio di massa sono integrate con dati pluriennali valutati su base geodetica e in parte anche con valori annuali ricostruiti. Rappresentazioni riassuntive delle serie di misure più esaustive sono pubblicate in [1,2].

Variazioni di lunghezza

Carta e tabella riportano la diminuzione globale di lunghezza dall'ultimo massimo avanzamento per tutti i ghiacciai compresi nel dominio della rete di misurazione. Per quelli relativi alla rete attualmente in funzione viene indicata la classe d'appartenenza in funzione del comportamento evidenziato. Le caratteristiche salienti delle cinque classi (A, P, R, S, T) sono descritte in tabella 2. La suddivisione implica in ogni caso qualche elemento di discrezionalità. La variazione di lunghezza per sei unità appartenenti alle classi A, P, R e T è illustrata in figura 1 mediante la curva cumulativa che viene adottata come criterio principale di classificazione. La variazione di lunghezza per i ghiacciai delle classi A, R e T risulta in generale ben determinata dai movimenti del ghiaccio nella lingua. L'estensione glaciale della classe P è invece governata da fenomeni di accumulazione e ablazione che determinano in generale il bilancio di massa. Queste quattro classi costituiscono a grandi linee il comportamento ordinario che nell'ambito della classe S risulta invece disturbato per diversi motivi [11]. Le classi A e T formano una coppia antitetica di ghiacciai grandi e piatti e di ghiacciai medi e ripidi, connotati anche da reattività differenti alle variazioni climatiche. Le oscillazioni di lunghezza del ghiacciaio del Trient (classe T) coincidono nel tempo con quelle del suo bilancio di massa, mentre le oscillazioni del grande Aletsch (classe A) si manifestano trenta o anche quaranta anni più tardi. La classe A rispecchia sotto vari aspetti una transizione tra le classi A e T. In conformità a [7], se si considera un ghiacciaio svizzero dalle caratteristiche medie, le variazioni di lunghezza dal 1850 ad oggi indicano come la sua lunghezza ammontasse a 1.41 km nel 1850 e si fosse ridotta a 0.92 km nel 1973, con una diminuzione intorno al 35 %. Si può inoltre osservare come la diminuzione percentuale della lunghezza sia stata un po' più marcata rispetto alla contrazione areale (27 %) e alla perdita di volume (31 %).

Ritiro del ghiacciaio del Trient

Le variazioni dell'estensione del Trient vengono rilevate annualmente in situ a partire dal 1878, con l'eccezione del 1993. La forma della lingua è misurata in pianta regolarmente dal 1956 (fig. 3) e in sezione longitudinale solo in alcuni anni (fig. 4). La figura 2 mostra l'intervallo di fluttuazione della

punta in rapporto all'intero ghiacciaio. Il posizionamento dell'estremità della lingua riportato in figura 3 è supportato da una ripresa ortofotografica. L'area brulla anteriore è compresa nel teatro morenico formatosi nel 1987, mentre il bosco nuovo sito verso valle è cresciuto dopo l'avanzata del 1920. La figura 4 documenta quel noto e caratteristico fenomeno per cui l'estremità della lingua s'inarca in modo accentuato sotto la spinta glaciale e forma un cuneo appiattito all'atto del ritiro.

Variazioni di massa

La variazione di massa viene determinata con il procedimento delineato nella tavola 3.1. La figura 5 riporta i dati di bilancio per quattro ghiacciai. Il diagramma a barre mostra i valori annuali. Nel caso del ghiacciaio del Rodano la curva cumulativa, completata con valori pluriennali, è calcolata fino all'anno 1856 di massimo. Negli altri casi essa risulta in parte linearmente estrapolata. La curva del ghiacciaio di Silvretta si fonda sul valore relativo al periodo 1938–1959 e su singoli valori annuali registrati dal 1959. Per il ghiacciaio del Limmern i dati 1947–1985 sono stati rilevati direttamente all'asta, mentre i rimanenti valori stati ricostruiti mediante le misurazioni disponibili dal 1914 per il Claridenfirn [9,10]. I valori pluriennali 1856–1874 e 1874–1881 del ghiacciaio del Rodano sono frutto di una valutazione geodetica [8]. I valori annuali 1882–1913 e 1978–1982 sono stati rilevati direttamente all'asta, mentre quelli rimanenti sono inferiti in base alle precipitazioni annuali e alle temperature estive delle stazioni climatologiche di Andermatt e Reckingen [5,9]. I dati annuali del complesso glaciale dell'Aletsch sono desunti dal bilancio idrico del bacino imbrifero della Massa (fig. 10). La media spaziale si riferisce a tutti i ghiacciai del bacino oggetto d'indagine [4,9].

In tutte le serie storiche prevalgono anni di depauperamento con bilancio di massa deficitario. Tra il 1850 e il 1973 il volume dei ghiacciai è diminuito dagli originali 107 km^3 al valore di 74 km^3 [7]. S'intravede un modello comune di distribuzione temporale se si riuniscono gli anni di crescita attorno al 1920 e 1980 e gli anni di calo del ventennio attorno al 1950. In alcune annate l'irregolare distribuzione spaziale delle precipitazioni ha dato luogo per singoli ghiacciai a bilanci alquanto differenti e persino totalmente discordanti. Questa circostanza risulta anche dalle curve cumulative: nel 1920 il ghiacciaio del Rodano si è accresciuto più del ghiacciaio del Limmern e di quello dell'Aletsch, mentre nel 1980 la situazione appare ribaltata.

Variazioni di massa del ghiacciaio del Gries

Il bilancio di massa del ghiacciaio del Gries viene valutato dal 1923 a intervalli pluriennali con il metodo geodetico e, dal 1961, annualmente mediante lettura diretta all'asta [3,6]. La figura 6 illustra la variazione di spessore nel periodo 1986–1991 nel quale la superficie del ghiacciaio si è abbassata in media di 1.4 m all'anno. La figura 7 mostra per l'intervallo 1961–1985 il bilancio degli anni con maggiore calo e con maggiore accrescimento, così come dell'anno in cui la massa globale non ha subito variazioni. Le linee di uguale variazione di massa evidenziano l'andamento spaziale del bilancio. La linea di equilibrio coincide approssimativamente con il limite delle nevi alla fine del periodo di fusione. Le variazioni spaziali dipendono dalla quota e da grandezze caratteristiche della superficie del ghiacciaio, come pendenza, esposizione, curvatura, albedo. La dipendenza della variazione di massa dalla quota è rappresentata nel diagramma da una curva di regressione ricavata attraverso tutte le misure che competono al bilancio annuale. Essa muta di anno in anno in funzione dei fattori climatici. Per il bilancio di massa del ghiacciaio si dimostra determinante in fase di crescita soprattutto il regime delle precipitazioni, mentre in fase di calo prevale essenzialmente l'influenza del regime termico.

Ritiro dei ghiacci nel bacino dell'Aletsch

Dal 1850 la superficie dei ghiacciai nel bacino imbrifero della Massa si è ridotta da 148 a 127 km^2 (fig. 8). Attualmente essa comprende 33 unità di cui le tre maggiori sono sotto osservazione attraverso la rete di rilevamento.

Dal terreno si nota bene il calo di spessore dei ghiacciai presso gli spogli pendii morenici che li contornano. Nella figura 9 lo sviluppo della superficie dei ghiacciai è evidenziato mediante il

raffronto di due sezioni trasversali: L'abbassamento totale dal 1850 nel profilo del Konkordia è di circa 100 m. Nella primavera del 1995 presso la propaggine effluente dal Konkordiaplatz si è proceduto a sondaggi radar del letto del ghiacciaio, posto circa 600 m sotto la superficie. Carotaggi a ben 900 m di profondità sono stati eseguiti nell'estate del 1990 al centro del Konkordiaplatz. Prove sismiche condotte nel 1929 e nel 1958 avevano già fatto sospettare che il fondo della valle fosse molto infossato. La sezione in corrispondenza della foresta dell'Aletsch («Aletschwald») mostra come la superficie, abbassatasi di circa 300 m dal 1850, si trovi attualmente appena 50–60 m al di sopra del termine del ghiacciaio. Alla fine dell'ultima glaciazione questa porzione di valle era caratterizzata da uno spessore di circa 600 m, risultando quindi coperta dai ghiacci quasi fino ai bordi.

Le alterazioni dello spessore nelle aree di accumulazione e di ablazione e della lingua sono registrate annualmente dal 1945 mediante rilievi del profilo. Tra il 1927 e il 1944 esse erano invece ricavate a partire dalle carte topografiche. Nel periodo di accrescimento attorno al 1980 (cfr. fig. 5) lo spessore del ghiaccio è talora aumentato nella parte posteriore della lingua, mentre la punta si è progressivamente assottigliata (cfr. fig. 9).

Bilancio idrico nel bacino dell'Aletsch

Il bilancio idrico del bacino imbrifero al di sopra della stazione idrometrica sul fiume Massa è calcolato mediante un modello in base agli apporti meteorici ed alle quantità defluite [4,9]. La figura 10 illustra l'andamento medio nell'intervallo 1931–1990 dei valori giornalieri. Le precipitazioni sono distribuite più o meno uniformemente sull'arco dell'anno. Il deflusso ricalca l'andamento annuale tipico del regime glaciale, con valori contenuti in inverno ed elevati in estate (v. tavola 5.2). Il quantitativo d'acqua accumulato nel manto nevoso aumenta costantemente in inverno, mentre in estate esso si riduce a causa del processo di fusione, determinando apporti giornalieri variabili con l'andamento della temperatura.

Degni di nota nella serie storica 1901–1995 sono le elevate precipitazioni attorno al 1980 e il deflusso straordinario del 1947. La periodica variabilità di tendenza del deflusso (in crescita fino al 1950 e dal 1980, in calo dal 1950 fino al 1980) riflette in modo inverso lo sviluppo dell'accumulo nivo-glaciale.

Bibliografia

- [1] **Aellen, M. (1995):** Jährlich erfasste Gletscherveränderungen in den Schweizer Alpen. In: Gletscher im ständigen Wandel – Jubiläumssymposium der Schweizerischen Gletscherkommission:123–146, Zürich.
- [2] **Aellen, M. (1995):** Glacier mass balance studies in the Swiss Alps. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 31:159–168, Innsbruck.
- [3] **Aellen, M., Funk, M. (1988):** Massenbilanz des Griesgletschers von 1961 bis 1986 – Vergleich verschiedener Bestimmungsverfahren. In: Mitteilungen der VAW, Nr. 94:9–50, Zürich.
- [4] **Aellen, M., Funk, M. (1990):** Bilan hydrologique du bassin versant de la Massa et bilan de masse des glaciers d'Aletsch. In: IAHS Publication, no. 193:89–98, Wallingford.
- [5] **Chen, J., Funk, M. (1990):** Mass balance of Rhonegletscher during 1882/83–1986/87. In: Journal of Glaciology 36, no. 123:199–209, London.
- [6] **Funk, M., Morelli, R., Stahel, W. (1997):** Mass balance of Griesgletscher 1961–1984: Different methods of determination. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 33, Heft 1: 41–56, Innsbruck.
- [7] **Maisch, M. et al. (1998):** Die Gletscher der Schweizer Alpen. Gletscherhochstand 1850 – Aktuelle Vergletscherung – Gletscherschwund-Szenarien. Schlussbericht NFP 31, Zürich.
- [8] **Mercanton, P.L. (1916):** Vermessungen am Rhonegletscher 1874–1915. Neue Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Band 52, Basel.
- [9] **Müller, H. et al. (1994):** Langjährige Massenbilanzreihen von Gletschern in der Schweiz. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 30:141–160, Innsbruck.
- [10] **Müller, H., Kappenberger, G. (1991):** Claridenfirn-Messungen 1914–1984. Zürcher Geographische Schriften, Heft 40, Zürich.
- [11] **Röthlisberger, H. (1997):** «Normale» und aussergewöhnliche Gletscherveränderungen. In: Mitteilungen der VAW, Nr. 149:11–27, Zürich.