

SUPPLEMENTI di GEOGRAFIA FISICA e DINAMICA QUATERNARIA

SUPPLEMENTO V - 2001

ATTI
DELL'VIII CONVEGNO GLACIOLOGICO ITALIANO
PROCEEDINGS OF THE 8th ITALIAN GLACIOLOGICAL MEETING

Bormio, 9-12 Settembre 1999

RISPOSTA DEI GHIACCIAI ALPINI
AI CAMBIAMENTI CLIMATICI
Alpine glaciers and climate change

COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO

2001

COMITATO ORGANIZZATORE / ORGANIZING COMMITTEE

G. OROMBELLI - Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Milano-Bicocca
A. CARTON - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia
M. PELFINI - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano
C. SMIRAGLIA - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano
V. MAGGI - Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Milano-Bicocca
M. FILIPPAZZI - Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Milano-Bicocca
R. RADINI - Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Milano-Bicocca

Segreteria Scientifica: DISAT - Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Piazza della Scienza, 20126 Milano

Con il patrocinio ed il contributo di / *Under the patronage and with the support of:*

MURST: Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica
Progetto di ricerca «Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali»

Università degli Studi di Milano

Università degli Studi di Milano-Bicocca

CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche
Centro di Studi per la Geodinamica Alpina e Quaternaria

PNRA - Programma Nazionale di Ricerche in Antartide
Progetto di ricerca «Glaciologia e paleoclima»

GNGFG - Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia

Regione Lombardia

Credito Valtellinese

Banca Popolare di Sondrio

PRESENTAZIONE

Da oltre un secolo il Comitato Glaciologico Italiano segue le vicende dei ghiacciai italiani e si adopera per diffondere lo studio della Glaciologia, per stimolare e coordinare le ricerche in campo nazionale e per mantenere i contatti con le organizzazioni internazionali. Tra le iniziative promosse vi è la organizzazione di convegni e di riunioni scientifiche. Questo volume raccoglie una selezione delle comunicazioni presentate al VIII Convegno Glaciologico Italiano, tenutosi a Bormio dal 9 al 12 Settembre 1999. Il tema scelto per il Convegno era «Risposta dei ghiacciai alpini ai cambiamenti climatici». Il secolo 20° si è chiuso, infatti, con avvertibili modificazioni climatiche che nei ghiacciai alpini hanno prodotto la più evidente delle risposte, sotto forma di modificazioni di estensione, volume, caratteri fisici e comportamento dinamico. Le vicende climatiche dell'ultimo secolo, riassumibili in un riscaldamento della temperatura media annua globale di 0,6 °C, e con un aumento della stessa di 0,3 °C nell'ultimo ventennio (WMO, 2001) sono state puntualmente riscontrate nei loro effetti sui ghiacciai montani, sotto forma di una generalizzata e vistosa fase di contrazione glaciale, ancora in corso, che, con alterne vicende, ha portato ad un ritiro delle fronti glaciali e ad una riduzione di superficie, nelle Alpi stimata dell'ordine del 40% (Vanuzzo, 2001). In particolare la curva della temperatura media annua globale, che mostra due fasi di riscaldamento nei periodi 1910-1940 e 1980-2000, trova riscontro nelle fasi di accentuato ritiro glaciale culminate negli anni 1930-60 e 1985-2000, mentre negli anni 1965-1985 si è prodotta una fase di modesta riavanzata.

Nell'ultimo ventennio si sono registrati valori negativi dei bilanci di massa in tutti i gruppi montuosi considerati, salvo in Scandinavia, con una accelerazione nella perdita di massa nella seconda metà degli anni '90 e un valore medio cumulativo del bilancio netto di circa -6000 mm; i valori medi di bilancio netto calcolati per le Alpi sono stati negativi in 17 degli ultimi 20 anni, con un valore medio 1980-1999 stimato in -614 mm (Haeberli & *alii*, 2001).

I ghiacciai alpini si sono rivelati, quindi, utili indicatori delle variazioni climatiche e, al contempo, tra le prime «vittime» a subirne gli effetti. E la riduzione di estensione e volume glaciali ha significato non solo una riduzione delle riserve idriche ed energetiche, ma pure un'augmentata esposizione di nuove fasce di territorio a rischi ambientali, proprio nei decenni in cui la frequentazione dell'alta montagna si diffondeva e consolidava, come un'esigenza turistica e sportiva ormai connaturata alla attuale società.

Per questi motivi è parso opportuno fare il punto, a livello nazionale, sullo stato dei ghiacciai alpini, in se stessi e nei loro riflessi sui territori circostanti. E poiché le modificazioni climatiche si fanno risentire in ambiente montano anche con altre conseguenze (IPCC, 1996; Becker & Bugmann, 2001), nel Convegno glaciologico è stato inserito un simposio dedicato a queste più ampie tematiche, nell'ambito e in collaborazione con il Programma di Ricerca MURST «Risposta dei processi geomorfologici alla variazioni ambientali». I lavori presentati a questo simposio non sono comunque stati inseriti in questo volume ma ad essi verrà dedicato un successivo volume dei supplementi di GFDQ. Al Convegno sono pure state tenute relazioni ad invito nelle quali sono state affrontate tematiche di rilevante interesse glaciologico quali la valutazione dei rischi glaciali (M. Funk), la modellizzazione della risposta dei ghiacciai alpini ai cambiamenti climatici (J. Oerlemans), o sintesi di studi regionali sulle Alpi svizzere (M. Maisch), le Alpi Austriache (H. Kerschner), l'Islanda (M. Kirkbride). È stata inoltre dedicata una serata all'illustrazione della ricerca glaciologica italiana in Antartide (M. Frezzotti, V. Maggi e C. Smiraglia), che ha riscosso grande successo di pubblico. A seguito del convegno è stata tenuta una riuscita escursione al Ghiacciaio dei Forni, guidata da C. Smiraglia e L. Folladori.

La Glaciologia italiana offre da qualche anno segni vigorosi di crescita: si è allargata la base di ricercatori e di cultori di questa disciplina, sono in aumento le ricerche in ambito alpino ed extra-alpino (44 progetti di ricerca sono descritti nella rubrica «Recent work: Italy» in ICE, 1998), la presenza italiana a congressi internazionali e nei periodici scientifici è pure in aumento. Tutto ciò è, almeno in parte, il frutto del recente ingresso italiano nella ricerca polare, con il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, attivo dal 1985. La Glaciologia polare ha assunto infatti, da qualche decennio, un ruolo trainante nel panorama glaciologico internazionale, per vastità e novità delle problematiche affrontate e per le metodologie e la strumentazione utilizzate, come può facilmente desumersi da una semplice scorsa alla recente produzione scientifica internazionale.

La Glaciologia non gode, tuttavia, in Italia di una condizione adeguatamente riconosciuta nell'ambito delle Scienze della Terra, anche a causa della sua natura trasversale, poiché richiede il contributo di competenze che vanno dalla geofisica alla chimica, alla geochimica isotopica, alla climatologia, alla fisica dell'atmosfera, alla geomorfologia. Gli ostacoli al suo sviluppo sono quindi quelli propri di settori non adeguatamente rappresentati nella attuale articolazione delle discipline accademiche e nella frammentazione culturale, che non era presente un secolo fa, quando anche in Italia si dedicarono con successo alla glaciologia illustri scienziati quali il Somigliana e il De Marchi.

I lavori raccolti in questo volume offrono un panorama della vitalità della ricerca italiana sui ghiacciai montani, con alcuni contributi anche di ricercatori di Oltralpe. La grande maggioranza delle note riguarda i ghiacciai alpini, studiati sotto gli aspetti climatici, idrologici, geofisici, geomorfologici e più propriamente glaciologici. Oltre una quarantina di autori, tra cui numerosi giovani ricercatori, costituiscono un nucleo sufficientemente robusto per ben sperare nello sviluppo della Glaciologia in Italia.

Alla realizzazione del convegno e alla stampa del volume hanno contribuito le Università degli Studi di Milano e di Milano-Bicocca, il Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR di Milano, il Programma di Ricerca «Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali» del MURST, il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, la Regione Lombardia, il Credito Valtellinese e la Banca Popolare di Sondrio, che qui tutti con riconoscenza si ringraziano.

Personalmente intendo anche ringraziare i colleghi A. Carton, L. Folladori, M. Pelfini, C. Smiraglia, V. Maggi, M. Filippazzi e R. Radini, che hanno collaborato alla organizzazione del convegno. Infine i più sentiti ringraziamenti vanno alla direzione e alla redazione della rivista GFDQ nelle persone di P.R. Federici e di M. Pappalardo che hanno curato la redazione del volume.

L'auspicio è che gli sforzi da tante persone appassionatamente prestati valgano a rafforzare la ripresa degli studi glaciologici in Italia e ad avviarli verso un consenso ed un interesse maggiore tra la comunità scientifica nazionale ed a riprendere la strada dei successi conseguiti agli albori dello sviluppo di questa disciplina in Italia.

GIUSEPPE OROMBELLI
Presidente del Comitato Glaciologico Italiano

FOREWARD

For more than a century the Italian Glaciological Council has followed the various aspects of Italian glaciers and promoted the study of Glaciology in order to stimulate and co-ordinate research regarding it on a national level and to maintain contacts with international organisations. One of its initiatives is the organisation of scientific congress and meetings. This volume brings together a selection of papers presented to the VIII Italian Glaciological Congress held in Bormio the 19-12 September 1999. The topic chosen for the congress was «Response of Alpine glaciers to climatic changes». The Twentieth Century closed with perceptible climatic modifications that have produced the most evident effects in the Alpine Glaciers, in the form of modifications of extension, volume, physical features and dynamic behaviour. The climatic events of the last century, which can be summarised in an increase in the global annual average temperature of 0.6 °C, with an increase in temperature of 0.3 °C in the last 20 years (WMO, 2001), have punctually produced their effects on mountain glaciers, in the form of a generalised and striking phase of glacial contraction, which are still in progress and has led, although not in a linear fashion, to a withdrawal of the glacial fronts and to a surface reduction, estimated in the Alps to be of the order of 40% (Vanuzzo, 2001). In particular the curve of the global annual average temperature, which shows two phases of warming in the periods 1910-1940 and 1980-2000, is reflected in the phases of accentuated glacial withdrawal culminating in the years 1930-1960 and 1985-2000, while in the years 1965-1985 there was a phase of modest re-advancement.

In the last 20 years negative values have been recorded in the mass budgets in all the mountain groups considered, except in Scandinavia, with an acceleration in loss of mass in the second half of the 1990's an average accumulative value of the net budget of about -6000 mm; the average values of net budget calculated for the Alps were negative in 17 of the last 20 years, with an average value in the period 1980-1999 estimated at -614 mm (Haeberli & *alii*, 2001).

The alpine glaciers proved therefore to be useful indicators of climatic variations and, at the same time, one of the first «victims» to suffer the effects. The reduction in glacial extension and volume meant not only a reduction in water (and energy) reserves, but also an increased exposure of new land areas to environmental hazards, precisely in the decades when visiting the high mountains for purposes of tourism and sport was becoming increasingly widespread and consolidated in contemporary society. For these reasons it seemed appropriate to examine on a national level the state of alpine glaciers, in themselves and in their effects on the surrounding territory. And since climatic changes have also produced other consequences in the mountain environment (IPCC, 1996; Becker & Bugmann, 2001) a symposium dedicated to these broader themes was included in the glaciological congress, in the context of and in collaboration with the research Program MURST «Response of geomorphological processes to environmental variations». The papers presented to this symposium have not, however, been included in this volume. A subsequent volume of GFDQ supplements will be dedicated to these. Guest speakers also presented papers dealing with topics of relevant glaciological interest, including assessment of glacial hazards (M. Funk), the modelling of the response of alpine glaciers to climatic changes (J. Oerlemans), or syntheses of regional studies on the Swiss Alps (M. Maisch), the Austrian Alps (H. Kerschner), Iceland (M. Kirkbride). There was also an illustrative evening of Italian glaciological research in the Antarctic (M. Frezzotti, V. Maggi e C. Smiraglia), which attracted a large public. Following the congress there was a successful excursion to the Ghiacciaio dei Forni. Guided by G. Smiraglia and L. Folladori.

Italian glaciology has for some years given vigorous signs of growth: the base of researches and scholars in this discipline has grown, there is an research in the alpine and extra-alpine context (44 research projects are described in the survey «Recent Work: Italy» in ICE, 1998), the Italian presence at international congresses and in scientific journals is also on the increase. All this is, at least in part, the result of the recent Italian entry into polar research, with the National Research Programme in the Antarctic, active since 1985. Polar glaciology has in fact for some decades played a significant role in the international glaciological panorama, given the vastness and novelty of the problems dealt with and the methods and instruments used, as can be easily deduced by simply scanning recent international scientific production.

Glaciology does not however enjoy in Italy an adequately recognised role in the context of earth sciences, partly because of its transversal nature, requiring as it does the contribution of specialised knowledge ranging from geophysics to chemistry, to

isotopic geochemistry, to climatology, to the physics of the atmosphere, to geomorphology. The obstacles to its development are therefore those existing in sectors that are not adequately represented in the current sub-division of academic disciplines and in the cultural fragmentation that did not exist a century ago when, in Italy too, illustrious scientists like Somigliana and De Marchi also dedicated themselves successfully to glaciology.

The papers collected in this volume offer a panorama of the vitality of Italian research on mountain glaciers, with some contributions also by researchers from beyond the Alps. The majority of the notes regard Alpine Glaciers from a climatic, hydrological, geophysical, geomorphological and more truly glaciological perspective. More than 40 authors, including numerous young researchers, constitute a sufficiently strong basis to justify optimism in the future development of glaciology in Italy.

The following contributed to the realisation of the congress and to printing of the volume: The Universities of Milan and Milan Bicocca, the Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria of the CNR, Milan, the research programme «response of geomorphological processes to environmental variations» of the MURST, the National Antarctic Research Programme, the Region of Lombardy, the Credito Valtellinese and the Banca Popolare di Sondrio, to all of whom we give our thanks.

I personally would also like to thank the colleagues A. Carton, L. Folladori, M. Pelfini, C. Smiraglia, V. Maggi, M. Filippazzi and R. Radini, who collaborated in the organisation of the congress. Finally, heart-felt thanks go to the director and to the editing staff of the journal GFDQ in the persons of P.R. Federici and M. Pappalardo, who edited the volume.

The hope is that the efforts of so many dedicated individuals will strengthen the recovery of glaciological studies in Italy and lead them towards a greater consensus and interest among the national scientific community, setting them back on course towards the successes achieved at the beginnings of the development of this discipline in Italy.

GIUSEPPE OROMBELLI
President of the Comitato Glaciologico Italiano



Il gruppo di partecipanti alla escursione al Ghiacciaio dei Forni, tenutasi il 12 Settembre 1999 a conclusione del VIII Convegno Glaciologico Italiano di Bormio.

Participants in the Ghiacciaio dei Forni Excursion, at the end of the VIII Italian Glaciological Meeting in Bormio, September 12th 1999.

PROGRAMMA / PROGRAM

GIOVEDÌ 9 SETTEMBRE 1999

- 14,00-16,00 Registrazione presso il Centro Congressi Bormio Terme (Via Stelvio, 10 - Bormio) e affissione poster (I e II sessione)
16,00-16,30 Apertura Convegno e saluti delle Autorità presenti
16,30-17,15 M. Funk: *Assessing risks from glacier hazards*
17,15-19,35 Comunicazioni
19,35 Cocktail di benvenuto
21,30-22,30 Proiezione del filmato: *Quando i ghiacciai si ritirano* (RAI 3 sede di Aosta 1998, regia di G. Squarzino, 30' ca.) e di altri filmati di interesse glaciologico

VENERDÌ 10 SETTEMBRE 1999

- 09,00-09,45 M. Kirkbride: *Volcanogenic debris covers in Iceland: sediment transport and mass-balance effects*
09,45-11,05 Comunicazioni
11,05-11,35 Pausa caffè
11,35-12,50 Comunicazioni
12,50-13,15 Prima sessione poster
13,15-14,30 Pausa pranzo
14,30-15,15 J. Oerlemans: *Modelling the response of alpine glaciers to climate changes*
15,15-16,15 Comunicazioni
16,15-16,40 Seconda sessione poster
16,40-17,10 Pausa caffè
17,10-19,30 Comunicazioni
21,00-22,30 «*Serata Antartide*»: presentazione, con proiezione di diapositive, delle ricerche glaciologiche italiane in Antartide

SABATO 11 SETTEMBRE 1999

- 08,30-09,00 Affissione poster (III e IV sessione)
09,00-09,45 M. Maisch: *Glacier retreat in Swiss Alps since the end of the Little Ice Age and future scenarios for the Swiss Alps*
09,45-11,05 Comunicazioni
11,05-11,35 Pausa caffè
11,35-12,35 Comunicazioni
12,35-13,00 Terza sessione poster
13,00-14,30 Pausa Pranzo
14,30-15,15 H. Kerschner: *Lateglacial glaciers and climate - An Eastern Alpine perspective*
15,15-16,15 Comunicazioni
16,15-16,40 Quarta sessione poster
16,40-17,10 Pausa caffè
17,10-19,30 Comunicazioni
21,00 Cena sociale

DOMENICA 12 SETTEMBRE 1999

- 08,00-18,00 Escursione glaciologica e geomorfologica nella Valle dei Forni