

MARCO GIARDINO (*), GIOVANNI MORTARA (**), & FRANCO BONETTO (***)

PROPOSTA PER LA REALIZZAZIONE DI UN CATALOGO AEROFOTOGRAFICO DEI GHIACCIAI ITALIANI

ABSTRACT: GIARDINO M., MORTARA G. & BONETTO F., *Proposal for the realization of an inventory of aerial photographs of glaciological interest in Italy.* (IT ISSN 0391-9838, 2001).

Photography is an important tool to study the glacierized areas of the Alps and to monitor glacier changes: since 1979, members of the Comitato Glaciologico Italiano collect and catalog in special archives photographic images of Italian glaciers taken during annual field-trips or researches. Another important iconographic heritage on Italian glaciers has been made up during last decades, due to the still more frequent use of remote sensing imagery for scientific and applied studies of the Earth's surface. We refer to images from aerial photography, which proves itself as an irreplaceable tool for several reasons:

- 1) it allows an unitary and homogeneous view of extended parts of an area, included those of difficult accessibility on the field;
- 2) if several aerial photographs of the same area are spread over a period of time, multitemporal photo-interpretative analysis are possible;
- 3) coheval images of an extended portion of a region allow to carry out evaluations concerning climatic changes;
- 4) high-definition remote sensing is a primary tool in the evaluation of hazard and risk connected to dynamically very active physiographic units such as glaciers.

On the basis of the above mentioned considerations a project has been elaborated to perform an inventory of aerial photographs of glaciological interest in Italy: they constitute a conspicuous and valuable heritage, sometimes difficult to be utilized because of images' dispersion and disorganization.

The recording form of the data base has been drawn up to collect either technical data concerning the aerial photographic shots (*Dati sul volo* = flight data; *Caratteristiche dell'immagine* = image's characteristics), either useful informations to reconstruct the morphological evolution of the glacier (= *Aspetti Morfologico-Ambientali*). A special atten-

tion has been devoted to the search of «objective» standards of description, in order to make easy survey and check of data and to allow comparison of data from different researchers.

Taking into account the considerable amount of available data, during the present experimental stage of the work, the «aerial photographic strip» has been chosen as the basic unit of cataloguing. This unit allows to differentiate series of aerial photographs by date, each series showing unique features, due to frequent changing meteorological and environmental situations in the glacierized areas. Extensive analysis of aerial photographs also enable to sort images by quality: under certain meteorological circumstances there are obstacles to aerial photography interpretation.

Aerial photographs of the Miage Glacier (a major glacier in the Western Alps, Mont Blanc Massif, Italy) have been collected and catalogued in order to check the operation of the data base (executed with Filemaker Pro by Claris Co.) and to show the functioning of the inventory of aerial photographs of glaciological interest in Italy. Browsing data from more than 250 photograms, related to 20 consecutive sets of aerial photographic shootings covering a 52-years time interval (1945-1997), resulted as a very useful tool to trace the recent dynamic evolution of the glacier. Variations in size and shape of the glacier (such as the remarkable advance of the '80s), emptying/filling episodes of the Miage Lake, and other glacial events relevant to geomorphological hazards evaluation in ice-marginal environments, have been singled out with great precision.

KEY WORDS: Aerial photography, Inventory, Glacier, Italian Alps.

RIASSUNTO: GIARDINO M., MORTARA G. & BONETTO F., *Proposta per la realizzazione di un catalogo aerofotografico dei ghiacciai italiani.* (IT ISSN 0391-9838, 2001).

La fotografia è uno strumento insostituibile per documentare le trasformazioni dei ghiacciai: sin dagli anni '70 il Comitato Glaciologico Italiano raccoglie e cataloga in uno specifico Archivio le immagini fotografiche a corredo delle campagne di rilevamento sul terreno. Un altro ricco patrimonio iconografico sui ghiacciai italiani è rappresentato dalla fotografia aerea che, in campo glaciologico, si rivela un insostituibile supporto di base per diversi motivi quali: 1) osservazione unitaria ed omogenea di estese porzioni di territorio, comprese quelle difficilmente accessibili sul terreno; 2) analisi comparate quando si disponga di riprese multitemporali; 3) considerazioni di ordine climatico; 4) valutazione, in chiave previsionale, dell'evoluzione di situazioni potenzialmente pericolose (es. fronti sospese).

Sulla base di queste considerazioni è stato elaborato il progetto di un catalogo ragionato delle aerofotografie di interesse glaciologico esistenti in Italia. Il modulo di archiviazione è stato concepito in modo da raccogliere sia i dati tecnici specifici della ripresa aerea, sia le informazioni utili per ricostruire l'evoluzione morfologica del ghiacciaio. Consi-

(*) *Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Valperga Caluso 35 - 10125 Torino, Italia (giardino@dst.unito.it).*

(**) *CNR - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano, Strada delle Cacce 73 - 10135 Torino, Italia (g.mortara@irpi.to.cnr.it).*

(***) *Regione Autonoma Valle d'Aosta - Servizio Cartografia e Assetto Idrogeologico, Via Promis 2, 11100 Aosta, Italia (f.bonetto@regione.vda.it).*

Gli autori si sono avvalsi dei servizi tecnici del CNR-Irpi, nelle persone di E. Beretta (aerofototeca), P.G. Trebò (riproduzioni fotografiche), E. Viola (grafica).

derando la notevole mole di materiale a disposizione, nell'attuale fase sperimentale di realizzazione si è scelto di utilizzare, come unità fondamentale di catalogazione, la strisciata, intesa come successione di fotogrammi contenenti informazioni visive sul ghiacciaio, mentre i singoli fotogrammi vengono considerati come sottounità della catalogazione. Una sintetica dimostrazione delle potenzialità del catalogo proposto è stata preparata utilizzando le riprese aeree esistenti sul Ghiacciaio del Miage (gruppo del Monte Bianco), il più esteso delle Alpi Occidentali e certamente il più documentato d'Italia. I dati ricavati da oltre 250 fotogrammi, facenti parte di una successione di 20 riprese aeree che coprono un intervallo temporale di 52 anni (1945-1997), si dimostrano un utilissimo strumento per seguire l'evoluzione del ghiacciaio.

TERMINI CHIAVE: Fotografia aerea, Catalogo, Ghiacciai, Alpi Italiane.

INTRODUZIONE

I ghiacciai sono entità dinamiche in continua modificazione per adeguarsi alle sollecitazioni dell'ambiente in cui sono inseriti, universalmente considerati suggestivi elementi paesaggistici dei quali anche l'uomo comune avverte la labilità («*les glaciers sont vivants*», Vivian 1979).

Documentare le trasformazioni e le bellezze intrinseche dei ghiacciai è dunque un'esigenza scientifica e culturale fortemente avvertita: strumento insostituibile allo scopo è la fotografia. L'immagine di un ghiacciaio è sempre preziosa testimonianza di una situazione morfologica contingente, suscettibile di trasformazioni radicali a breve e medio termine, quando non istantanee (ad esempio il crollo di una fronte sospesa).

Riconoscendo l'insostituibile valore documentale della fotografia, già dal 1895 la Commissione Glaciologica Italiana invitava a raccogliere immagini fotografiche dei ghiacciai. Dal 1969 il Comitato Glaciologico Italiano stabilì poi l'obbligatorietà della documentazione fotografica a corredo delle relazioni sulle annuali campagne di controllo dei ghiacciai (Lesca, 1971). Grazie a questa lungimirante iniziativa, prese forma e consistenza l'Archivio Fotografico dei Ghiacciai Italiani, recentemente aggiornato (Motta, 1996) e ricco di migliaia di immagini che coprono un arco temporale di un secolo.

Un altro patrimonio iconografico sui ghiacciai italiani, di assoluto valore, ma pressoché sconosciuto e non sempre di facile reperibilità, si è andato costituendo negli ultimi decenni con il ricorso sempre più frequente alle immagini telerilevate per lo studio del territorio a fini conoscitivi ed applicativi. In campo glaciologico la fotografia aerea si rivela un insostituibile supporto di base per i motivi qui di seguito riportati.

- 1) Osservazione unitaria ed omogenea di estese porzioni di territorio accidentato, spesso precluso all'indagine diretta per condizionamenti ambientali, difficoltà alpinistiche ed ineliminabilità di pericoli oggettivi.
- 2) Integrazione di informazioni su aspetti che, anche per un fattore di scala, spesso risultano mal identificabili sul terreno o non correttamente valutati.
- 3) Aggiornamento continuo, se le riprese aerofotografiche sono cadenzate nel tempo, delle trasformazioni morfologiche dell'ambiente glaciale, le quali possono

essere così rapide e talora radicali da rendere presto obsolete le cartografie esistenti. Il disporre di riprese aeree disetanee consente di svolgere indagini fotointerpretative multitemporali finalizzate anche ad altri scopi, quali il censimento e controllo di laghi glaciali ai fini di fruizione turistica, energetica e di prevenzione da improvvisi svuotamenti, l'evoluzione di fronti sospese incombenti su fondovali antropizzati, ecc. (Dutto & Mortara, 1992).

- 4) Valutazioni di ordine climatico, se si dispone di riprese aerofotografiche coeve e riguardanti larghe estensioni di territorio. Per l'intero territorio nazionale, in cui ricadono quindi anche le aree glacializzate, sono disponibili le riprese ad alta quota degli anni 1954-1955 (volo «GAI» dell'Aeronautica Militare) e degli anni 1988-'89 e 1994 (volo «Italia» della CGR, Parma). In ambito regionale si ricordano, ad esempio, le quattro coperture aerofotografiche complete della Valle d'Aosta realizzate nel 1965, 1975, 1991, 1997. A livello europeo o planetario, sono disponibili riprese satellitari alle quali è dedicata la recente collana «*Satellite Image Atlas of Glaciers of the World*» curata dall'U.S. Geological Survey (Williams & Ferrigno, 1993).

Alla luce delle considerazioni poco sopra riportate è parso opportuno avanzare la proposta di realizzazione di un catalogo ragionato delle aerofotografie d'interesse glaciologico esistenti in Italia.

STRUTTURA E FUNZIONE DEL CATALOGO AEROFOTOGRAFICO

Per l'elaborazione del progetto di catalogo aerofotografico sono state svolte attività di studio finalizzate sia alla raccolta d'informazioni utili per ricostruire l'evoluzione morfologica dei ghiacciai, sia alla sperimentazione di un modulo di archiviazione dei dati riguardanti le riprese aeree. Entrambe le finalità impongono di privilegiare la raccolta di una serie di informazioni modulari, facili da archiviare ed elaborare. Infatti, va tenuto conto che, con l'approfondimento delle conoscenze sulle aree esaminate, si potranno di volta in volta aggiungere nuove informazioni e quindi aggiornare la base di dati e di immagini che costituisce il catalogo. Per la costruzione del catalogo aerofotografico sono stati pertanto ricercati criteri «oggettivi» di descrizione, tali da facilitare la verifica ripetuta delle informazioni e permettere il confronto dei dati prodotti da diversi operatori. Questa ricerca si è concretizzata nella scelta di privilegiare, almeno in questa fase sperimentale, la codifica dettagliata delle informazioni tecniche sulle riprese aeree, lasciando invece più libertà nella descrizione degli aspetti morfologici derivati dalla fotointerpretazione.

Nella strutturazione di un catalogo aerofotografico, in primo luogo vanno valutati i caratteri specifici dell'oggetto della classificazione. Le fotografie aeree sono il prodotto di riprese su di una determinata area. Ritardi nel

completamento della ripresa possono derivare da cambiamenti meteorologici nel frattempo sopraggiunti. In caso di nevicate, tutt'altro che improbabili nell'ambiente glaciale, possono essere registrati diversi modi di presentarsi di uno stesso settore (cfr. i fotogrammi di figg. 1 e 2 appartenenti rispettivamente alle strisciate 10 e 14 dello stesso volo «IGM 1968» sul Ghiacciaio del Miage). Ciò impone una certa attenzione nell'analisi di fotografie aeree nominalmente appartenenti ad una stessa campagna di ripresa ma, di fatto, non coeve, perché realizzate in momenti diversi.

Come unità fondamentale della catalogazione è stata scelta la «strisciata di foto aerea», intesa come successione di fotogrammi contenenti informazioni visive sul ghiacciaio. È stata esclusa la schedatura di ogni singolo fotogramma, poiché questo avrebbe comportato un oneroso tempo di compilazione, e, in definitiva, ridondanza di informazioni, tenuto conto che due fotogrammi adiacenti si sovrappongono mediamente del 60%.

Parimenti è stata esclusa l'ipotesi di utilizzare, come unità fondamentale della catalogazione, la «copertura», intesa come insieme di tutti i fotogrammi di una medesima ripresa aerea su un ghiacciaio. In quest'ultimo caso, il data base avrebbe sicuramente avuto un aspetto più snello, come numero di schede, a scapito tuttavia del dettaglio delle informazioni. Infatti, se si considera la possibilità che un ghiacciaio di grandi dimensioni (es: Miage, Forni, Adamello) richieda per la sua intera copertura fotografica più strisciate, non si può escludere che le diverse strisciate possano differire tra loro per, ad esempio: direzione di volo, quota barometrica della ripresa, ma anche per caratteristiche di impedimento alla visione. Si consideri inoltre che, come sopra ricordato, un volo su un grande ghiacciaio può essere completato in un intervallo di tempo durante il quale si possono registrare sensibili cambiamenti delle condizioni meteorologico-ambientali: la ripresa dif-

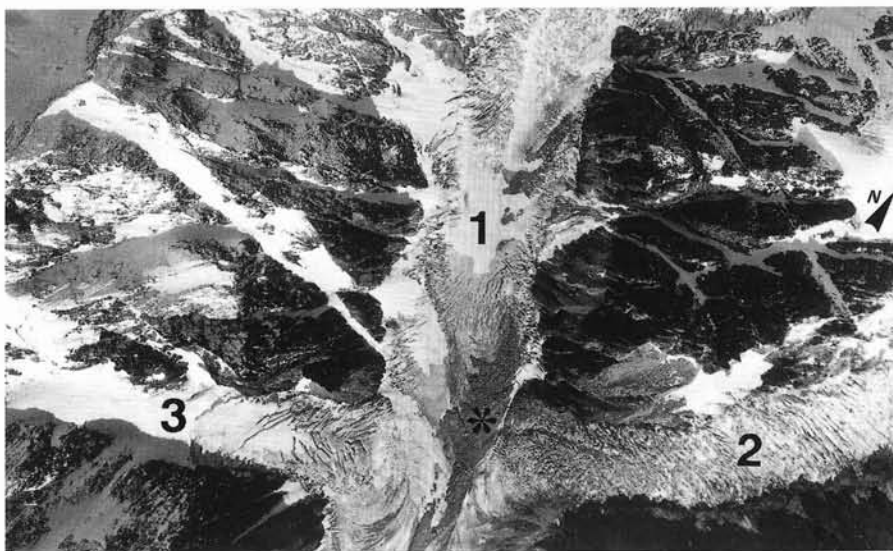
ferita potrebbe riflettersi in diversità delle condizioni meteorologiche, di illuminazione, innevamento, ecc., tutte caratteristiche meritevoli di essere segnalate nel catalogo. In conclusione, quindi, in una scheda globalmente riferita alla copertura, i caratteri peculiari di ciascuna strisciata non sarebbero adeguatamente messi in evidenza. Peraltro, le caratteristiche d'insieme di una «copertura» si possono facilmente ottenere dall'analisi delle singole strisciate che la compongono.

Dall'analisi di ciascuna strisciata vengono ricavati sia i dati tecnici specifici della ripresa aerea (illustrati nella parte superiore della scheda di fig. 3 e discussi in dettaglio nel paragrafo «Procedure di compilazione»), sia i principali caratteri morfologico-ambientali d'interesse per lo studio dell'evoluzione del ghiacciaio (per esempio: caratteristiche e volume della massa glaciale in prossimità della fronte, presenza e dimensioni di laghi glaciali, accumuli di frana; alcuni esempi sono illustrati nelle figg. 8÷10, per la descrizione si veda il paragrafo «Esempio di applicazione»). Nella proposta di catalogo aerofotografico, oltre alle indicazioni d'insieme relative alla strisciata di foto aeree, sono comunque previsti anche dei riferimenti che rimandano alle caratteristiche dei singoli fotogrammi, considerabili come sottounità nella catalogazione.

Per soddisfare le esigenze tecniche e descrittive del catalogo aerofotografico è stato approntato un modulo di archiviazione (fig. 3) che separa in modo tematico diversi gruppi di informazioni (dall'alto verso il basso: Scheda, Ghiacciaio, Ripresa aerea, Osservazioni, Note & Riferimenti). I «campi» nei quali sono articolati i diversi gruppi di informazioni vanno compilati, a seconda del caso, attraverso l'inserimento di dati numerici o testuali «liberi», oppure attraverso la scelta delle definizioni più appropriate fra una lista di voci proposte. La struttura del catalogo è stata costruita utilizzando l'applicazione informatica Filemaker PRO della Claris Co.

FIG. 1 - Nodo di confluenza fra i ghiacciai del Miage (1), del Mont Blanc (2) e della colata a Est della Tête Carrée (3). Sulla superficie del Ghiacciaio del Miage si nota un esteso accumulo detritico (asterisco), presumibilmente un corpo di frana proveniente dal versante sinistro. L'immagine fotografica è un particolare del fotogramma 4466 appartenente alla strisciata 10 del Volo IGM «Foglio 27-Monte Bianco» realizzato nel 1968. Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 1 - Confluence junction of the Miage Glacier (in the middle of the photograph), the Mont Blanc Glacier (on the right) and the Tête Carrée Glacier (on the left). The Miage Glacier shows a wide accumulation of detrital deposits (*), likely landslide deposits from the left slope of the valley. Detail of Photogram 4466, Strip 10, IGM Flight «Foglio 27 - Monte Bianco», 1968.



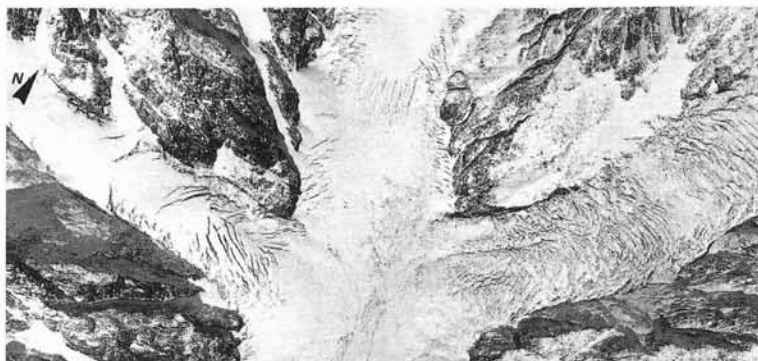


FIG. 2 - Particolare del fotogramma 3393, strisciata 14, Volo IGM «Foglio 27-Monte Bianco» (1968, senza altra precisazione di giorno e mese). Dal confronto con l'immagine precedente (fig. 2), pure appartenente allo stesso volo, si può notare un diverso aspetto ambientale del ghiacciaio. Le strisciate 10 e 14 non sono pertanto coeve: una nevicata intercorsa fra le due riprese maschera infatti i particolari visibili in figura 2. Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 2 - Detail of Photogram 3393, strip 14, IGM Flight «Foglio 27 - Monte Bianco», 1968. Flight name and depicted area are the same as those of fig. 2, yet the environmental look of glacial basin is quite changed. As a matter of fact, strip 14 is not coeval of strip 10: a snow fall occurred in between shootings of single photographic strips, thus screening features shown in previous figure.

PROCEDURE DI COMPILAZIONE

La procedura di compilazione del catalogo viene di seguito descritta facendo riferimento ai diversi GRUPPI di informazioni collocati sul modulo d'archiviazione («scheda») riprodotto in fig. 1. Per facilitare la lettura del paragrafo ed il confronto con la figura, nella descrizione verranno mantenuti gli stessi formati del testo prescelti per il modulo di archiviazione: carattere neretto per indicare ciascun singolo campo, carattere sottolineato per ciascun insieme di campi omogenei.

SCHEDA

I primi dati che compaiono sono quelli dei campi identificativi di ciascun singolo modulo utilizzato nelle operazioni di archiviazione; essi corrispondono al **numero** finale della «scheda» (numero attribuito al termine delle operazioni di ordinamento del catalogo), al **referimento**, cioè all'eventuale sigla identificativa provvisoria della scheda (utilizzata al momento della sua compilazione), alla **data** di compilazione della scheda e all'**autore/i** (cognome ed iniziale del nome del/dei compilatore/i della scheda).

GHIACCIAIO

Il **nome** del ghiacciaio fotografato va accompagnato dal relativo numero (**catasto CGI**) con cui è registrato sul Catasto dei Ghiacciai Italiani (Consiglio Nazionale delle Ricerche & Comitato Glaciologico Italiano, 1961) e dalla sigla identificativa (WGI) presente sul World Glacial Inventory (per i casi finora analizzati: Secchieri, 1986).

Nel campo **gruppo montuoso** vanno indicati, in ordine gerarchico, il nome del settore secondo la classica partizione della catena alpina ed il toponimo del massiccio cui appartiene il ghiacciaio (es. Alpi Graie, Monte Bianco).

Per l'ubicazione sulla cartografia ufficiale ci si riferisce alle tavolette IGM alla scala 1:25.000; queste vanno specificate compilando i seguenti campi: **tipo** di cartografia utilizzata (TVL = tavoletta IGM), **nome** della **carta** (es. «Monte Bianco») e relativa **sigla** identificativa (es. «27IINE»). L'impostazione del catalogo consente comunque di scegliere altri tipi di cartografia per l'ubicazione del ghiacciaio; in questo caso occorre solo specificare il diverso tipo di carta utilizzata (es. SZN = sezione della carta tecnica regionale).

RIPRESA AEREA

Questo è il gruppo costituito dal maggior numero di campi; riguarda specificatamente gli oggetti del catalogo, le aerofotografie, i cui dati

vengono ulteriormente suddivisi in due sottogruppi: **DATI SUL VOLO** e **CARATTERISTICHE DELL'IMMAGINE**.

Per **DATI SUL VOLO** s'intendono le informazioni inerenti l'attività di ripresa aerea. Poiché lo scopo del catalogo è di offrire una raccolta di dati orientata all'individuazione dei cambiamenti morfologici dei ghiacciai, si è stabilito di dettagliare il più possibile l'analisi cronologica, considerando come «ripresе aeree diverse» tutte quelle per le quali è stato possibile accertare l'esecuzione mediante voli effettuati in date diverse, anche se all'interno di una stessa campagna di ripresa (cfr. figg. 1÷2). I campi relativi alle riprese aeree sono qui di seguito illustrati:

- **anno, mese e giorno** in cui le riprese sono state eseguite; l'archiviazione è realizzata in campi separati perché le informazioni sulla data del volo possono risultare molto disomogenee;

- **nome della ripresa**: in questo campo si indica il nome o la sigla con cui l'esecutore o il committente hanno identificato la campagna di riprese aeree (es. Volo GAI); ove non sia possibile risalire alla originaria denominazione del volo viene fornita quella utilizzata nell'archivio presso cui è conservata la documentazione fotografica;

- **esecutore della ripresa**: nome o sigla dell'ente o della ditta esecutrice della campagna di riprese aeree, seguita dal nome del Paese o della città presso cui ha sede (es. IGN, Francia; ALIFOTO, Torino); tali riferimenti possono risultare utili per ricavare ulteriori informazioni sulle caratteristiche della ripresa aerea;

- **strisciate associate**. Una ripresa aerea può essere stata effettuata lungo diverse linee di volo che producono diverse strisciate fotografiche. In questo campo vanno indicati i numeri o le sigle identificative di tutte le strisciate appartenenti ad una determinata ripresa aerea in cui compaia, in tutto o in parte, il ghiacciaio considerato. Non vengono considerate strisciate associate quelle per le quali si accerti una diversa data di ripresa, anche se nominalmente appartenenti alla stessa campagna di voli (caso frequente nel volo GAI degli anni 1953-1955); queste strisciate vanno descritte separatamente in un'altra scheda;

- **copertura fotografica del ghiacciaio**. Durante una ripresa aerea si possono realizzare diversi gradi di copertura fotografica del ghiacciaio indagato: «completa», «quasi completa», «parziale», «molto parziale». Sulla base dell'analisi di tutte le «strisciate associate» di una determinata ripresa aerea, occorre scegliere una delle opzioni previste;

- **copertura stereoscopica del ghiacciaio**. L'esistenza di singoli fotogrammi che riprendono il ghiacciaio nella sua interezza, non implica necessariamente la possibilità di una completa visione stereoscopica del ghiacciaio stesso, sia pure frazionata in più strisciate. Per evidenziare questi casi (riguardanti soprattutto i ghiacciai di grandi dimensioni) è stato previsto il campo codificato «copertura stereoscopica sul ghiacciaio» con la relativa lista di valori, analoga a quella presentata nel campo precedente («completa», «quasi completa», «parziale», «molto parziale»);

- **strisciata prescelta**. Rappresenta l'unità fondamentale della classificazione. In questo campo va inserito il numero o la sigla delle singole strisciate esaminate;

SCHEDA numero 25 riferimento aeg46 data 1997-06-09 autore/i G. Mortara, M. Giardino

GHIACCIAIO

nome MIAGE		catasto CGI	213
gruppo montuoso		Alpi Graie, Monte Bianco	WGI
cartografia ufficiale		tipo	nome carta
		TVL	Monte Bianco
			sigla
			27IINE

RIPRESA AEREA

anno	1970	mese	settembre	giorno	17
nome della ripresa			Brenva-Miage 1970		
esecutore della ripresa			ALIFOTO, Torino		
DATI SUL VOLO					
CARATTERISTICHE DELLE IMMAGINI		strisciate associate			
lunghezza focale fotocamera (mm)		1, 2			
supporto		copertura fotografica del ghiacciaio		copertura stereoscopica del ghiacciaio	
<input type="checkbox"/> positiva <input type="checkbox"/> negativa <input checked="" type="checkbox"/> diapositiva <input type="checkbox"/> digitale		<input type="checkbox"/> completa <input checked="" type="checkbox"/> quasi completa <input type="checkbox"/> parziale <input type="checkbox"/> molto parziale		<input type="checkbox"/> completa <input checked="" type="checkbox"/> quasi completa <input type="checkbox"/> parziale <input type="checkbox"/> molto parziale	
formato (se diverso da 23x23)					
caratteristiche spettrali		strisciata prescelta		fotogrammi	
<input type="checkbox"/> pancromatica bianco/nero <input checked="" type="checkbox"/> pancromatica colore <input type="checkbox"/> infrarosso bianco/nero <input type="checkbox"/> infrarosso falso colore		1		4652-4666	
qualità dell'immagine		quota		asse <input checked="" type="checkbox"/> verticale	
<input checked="" type="checkbox"/> ottima <input type="checkbox"/> buona <input type="checkbox"/> mediocre <input type="checkbox"/> scadente		scala 1:12000		ottico <input type="checkbox"/> inclinato	
note		sette ripreso		direzione di volo	
		<input checked="" type="checkbox"/> bacino alimentatore <input checked="" type="checkbox"/> settore mediano <input checked="" type="checkbox"/> fronte		130	
		fotogramma che riproduce l'intero ghiacciaio			

OSSERVAZIONI

impedimenti alla visione	aspetti morfologico-ambientali
<input type="checkbox"/> innevamento residuo <input type="checkbox"/> innevamento precoce <input type="checkbox"/> innevamento discontinuo <input type="checkbox"/> innevamento totale <input type="checkbox"/> copertura nuvolosa continua <input type="checkbox"/> copertura nuvolosa discontinua <input type="checkbox"/> zone d'ombra <input type="checkbox"/> Altro...	Le eccellenti immagini di questa ripresa a bassa quota consentono osservazioni accuratissime su varie forme (morene, crepacci, accumuli di frana). Ben visibile (Fot. 4654) la traccia sulla superficie del ghiacciaio lasciata da un grande blocco roccioso crollato dal versante sinistro presso la confluenza del Ghiacciaio di Bionnassay. La superficie del Lago del Miage è disseminata di iceberg. Questo volo, unitamente a quelli del 1965 e del 1971 (vedi relative schede), è stato utilizzato da Lesca (1974) per la determinazione della velocità superficiale del ghiacciaio.

NOTE & RIFERIMENTI

sede di consultazione dei fotogrammi	Fototeca del CNR-IRPI, Torino
eventuale restituzione aerofotogrammetrica	
bibliografia: autore	Lesca anno 1974 illustrazioni: tipo n.

FIG. 3 - - Esempio di scheda del «Catalogo aerofotografico dei ghiacciai italiani».

FIG. 3 - - Layout of the recording form for the «Inventory of aerial photographs of glaciological interest in Italy».

– **fotogrammi.** Nel campo vanno indicati i numeri identificativi (o le sigle) di tutti i fotogrammi che costituiscono la strisciata. Per indicare una serie continua di fotogrammi si utilizza un trattino separatore tra il primo e l'ultimo termine della serie (es. «1-8» significa che esistono tutti i fotogrammi dal numero 1 al numero 8); quando mancano dei termini della serie si inseriscono delle virgole (es. «1, 3, 5-8» significa che sono disponibili solo i fotogrammi numero 1, numero 3 e tutti quelli compresi fra 5 e 8).

– **quota.** Se specificatamente indicato dall'esecutore della ripresa aerea sui fotogrammi che costituiscono la strisciata prescelta, viene riportata la quota barometrica del volo, in m s.l.m.

– **scala.** Per ciascuna strisciata prescelta sono possibili due opzioni alternative. Può essere riportata la scala nominale della ripresa (così come indicata dall'esecutore del volo, seguita dal suffisso «nom.», per contraddistinguerla), oppure viene calcolata e riportata la scala media dei fotogrammi ricavabile confrontando le dimensioni di elementi morfologici riconoscibili e relativamente «stabili» (es. morene laterali) con quelle rappresentate sulla cartografia ufficiale.

– **asse ottico.** Pur essendo la grandissima parte delle riprese effettuate con asse verticale, si è lasciata disponibile l'opzione «asse inclinato» nel caso molto raro di immagini prospettiche.

– **direzione di volo.** È ricavata dai piani di volo delle riprese aeree, ove disponibili, nei tratti sovrastanti il ghiacciaio. Quando ciò non sia

possibile, si provvede al confronto fra la rappresentazione cartografica del ghiacciaio e l'insieme dei fotogrammi della strisciata esaminata, ricavandone la direzione di volo: quest'ultima viene espressa in gradi (valore tra 0 e 359) e rappresentata con una freccia sul cerchio di orientazione. Per convenzione la punta della freccia va rivolta nel senso del volo, così come indicato dal numero d'ordine crescente dei fotogrammi. Se non si conosce il senso di volo, la direzione va rappresentata sul cerchio di orientazione con un diametro senza alcuna freccia.

– **settore ripreso.** Per facilitare la selezione delle foto aeree presenti sul catalogo quando esistono specifici interessi di ricerca per un determinato settore della massa glaciale, sulla scheda viene riportata l'indicazione dei settori di ghiacciaio ripresi sui fotogrammi appartenenti ad una stessa strisciata. I settori indicati nella lista sono: il bacino alimentatore, il settore mediano e la fronte del ghiacciaio.

– **fotogramma che riproduce l'intero ghiacciaio.** Si è ritenuto utile segnalare il fotogramma che riproduce il ghiacciaio nella sua interezza (caso estremamente raro, ma alquanto suggestivo e soprattutto utile dal punto di vista scientifico nel caso di grandi ghiacciai). Un esempio, nel caso del Ghiacciaio del Miage, è dato dal fotogramma 2932, appartenente alla strisciata 24 della ripresa «Foglio 27 M. Bianco» (30 Agosto 1954), nell'ambito del «volo GAI» (Gruppo Avieri Italiani).

Nei campi intitolati CARATTERISTICHE DELL'IMMAGINE vengono inserite le informazioni specificatamente riferite al prodotto della ripresa aerea, cioè la fotografia. Innanzitutto viene specificata la **lunghezza focale** (in mm) dell'obiettivo utilizzato per la ripresa. Questo dato spesso non viene fornito dall'esecutore della ripresa.

Viene poi indicata la forma («**supporto**») sotto la quale viene presentata l'immagine fotografica, ovvero: positiva, negativa, diapositiva, digitale. Il **formato** standard delle fotografie aeree è 23x23 cm; se diverso, esso va specificato nell'apposito campo.

Le **caratteristiche spettrali** dell'immagine si riferiscono alle diverse possibilità di registrazione nel dominio dello spettro elettromagnetico offerto da diversi tipi di pellicola fotografica utilizzata per la ripresa aerea. Sulla base dei casi finora censiti vengono distinte: immagini pancromatiche in bianco/nero (banda spettrale tra 400 e 700 nm), pancromatiche a colori (banda spettrale tra 400 e 700 nm), infrarosso in bianco/nero (banda spettrale tra 400 e 900 nm) ed infrarosso in falso colore (banda spettrale tra 500 e 900 nm).

Nel campo **qualità dell'immagine** si esprimono in modo riassuntivo i caratteri visivi e le condizioni della fotografia aerea: ciò risulta utile sia per selezionare le migliori riprese disponibili, sia per segnalare nelle apposite **note** eventuali problemi di conservazione o danneggiamento del materiale fotografico (es. alterazione dei colori; fotografie rigate).

OSSERVAZIONI

Sotto questa dicitura sono racchiusi i campi contenenti le informazioni che il compilatore della scheda ha potuto trarre dall'analisi del settore ripreso nell'immagine fotografica.

Per **impedimenti alla visione** s'intendono i motivi ostativi ad un'analisi ottimale della morfologia glaciale, quali: presenza di neve al suolo, di nuvole, di ombre, di aree censurate dalle Autorità militari, ecc. (cfr. esempi illustrati in figg. 4÷6).

Gli **aspetti morfologico-ambientali** salienti, rilevabili dall'analisi fotointerpretativa dell'intera strisciata prescelta, vengono sinteticamente descritti ed eventualmente correlati da riferimenti bibliografici e rimandi ad altri documenti iconografici. Si vedano, a questo riguardo, alcuni esempi relativi al Ghiacciaio del Miage, illustrati dalle figg. 8÷10, e commentati nel paragrafo «Esempio di applicazione».

NOTE E RIFERIMENTI

La compilazione della scheda si conclude con informazioni concernenti: la **sede di consultazione dei fotogrammi**; l'**eventuale restituzione fotogrammetrica** ricavata dal volo analizzato; le informazioni complementari richiamate nel campo «aspetti morfologico ambientali» e rappresentate dalle voci **bibliografia** ed **illustrazioni**.



FIG. 4 - L'immagine, pur di notevole interesse poiché riprende gran parte del Ghiacciaio del Miage, non permette un'analisi ottimale della morfologia glaciale per la presenza di copertura nevosa. (Fotogramma 5417, Strisciata 24, Volo G.A.I. «Foglio 27 - Monte Bianco», 1955).
Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 4 - Even if the photogram covers almost whole Miage Glacier, this aerial photograph doesn't allow optimal analysis of glacial morphology due to snow cover. (Photogram 5417, Strip 24, G.A.I. Flight «Foglio 27 - Monte Bianco», 1955).

ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Un considerevolissimo numero di fotogrammi aventi per soggetto i ghiacciai alpini è custodito presso l'aerofototeca dell'Istituto CNR per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano di Torino, dove operano, a vario titolo, gli autori della presente nota, abituali utilizzatori di tale materiale iconografico. La proposta di realizzazione di un catalogo ragionato delle aerofotografie d'interesse glaciologico esistenti in Italia è stata pertanto sviluppata partendo dal fondo conservato nell'archivio d'Istituto, ragguardevole per consistenza e, per certi versi, unico. Sicuramente unica è la sequenza delle 20 riprese aeree realizzate tra il 1945 e il 1997 sul grande Ghiacciaio del Miage, che, a buon diritto, è il più documentato dei ghiacciai italiani e che, come tale, è stato scelto per l'avvio e la presentazione di questo progetto. L'analisi del materiale aerofotografico è stata corredata da una ricerca bibliografica che ha portato all'individuazione dei lavori scientifici ove è possibile trovare conferma dei principali aspetti morfologico-ambientali ricavati dalla fotointerpretazione delle immagini sul Ghiacciaio del Miage (Capello, 1955, 1956; Lesca 1974, 1976; Mortara & Sorzana, 1987).

IL GHIACCIAIO DEL MIAGE

È il più importante ghiacciaio del versante valdostano del Monte Bianco (★ in fig. 7), terzo per estensione nelle Alpi italiane, ma il maggiore per sviluppo longitudinale (fig. 3). Sei grandi colate ed una decina di canali di valanga concorrono ad alimentare una rettilinea lingua intravalliva (figg. 1 e 4) che fluisce per 6 km con debole pendenza sino allo sbocco nel solco della Val Veny. Qui il ghiacciaio piega a ENE sbarrando la valle con una maestosa lingua di ablazione trilobata, foggiate a tenaglia ed arginata da poderose morene laterali (figg. 5÷6; figg. 8÷9).

TABELLA 1 - Misure del Ghiacciaio del Miage
TABLE 1 - Miage Glacier dimensions

Quota massima:	4400 m	Quota minima:	1 780 m
Lunghezza:	10 km	Larghezza:	500 - 1000 m
Superficie:	13 km ²	Spessore massimo:	400 m

Un'estesa copertura detritica superficiale conferisce al Miage il tipico aspetto di un *glacier noir*, acquisito circa 150 anni fa, verso la fine della Piccola Età Glaciale. Lo schermo detritico riduce l'ablazione assicurando, di fatto, una grande stabilità della posizione della fronte. Nelle fasi di espansione, come quella del periodo 1965-1985, il ghiacciaio tende a rigonfiare sino a sovrastare la cresta delle morene per altezze anche superiori a 10 m, situazione pertanto predisponente al rotolamento di blocchi rocciosi lungo il fianco esterno.

All'interno dell'apparato morenico e nelle immediate adiacenze sono presenti alcuni laghi di varia origine: i laghi

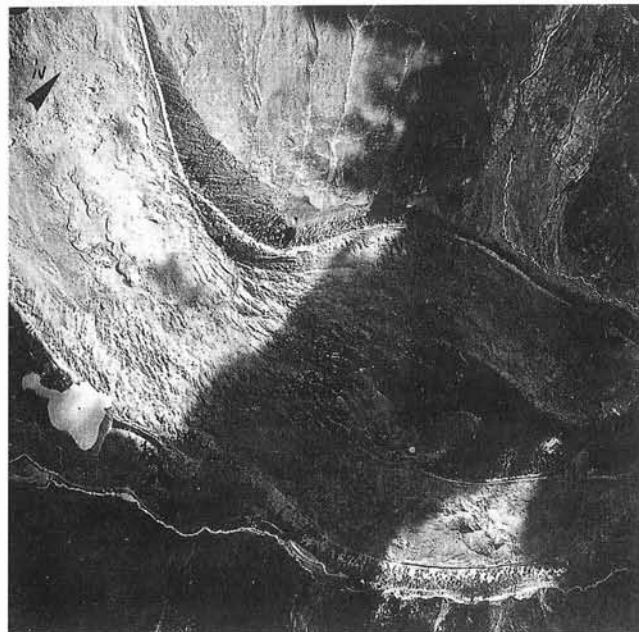


FIG. 5 - Debole impedimento alla visione su parte del fotogramma per presenza di ombre dovute alla copertura nuvolosa discontinua. Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 5 - Small obstacle to photo-interpretation over part of the photograph, because of shadows due to discontinuous cloud cover.

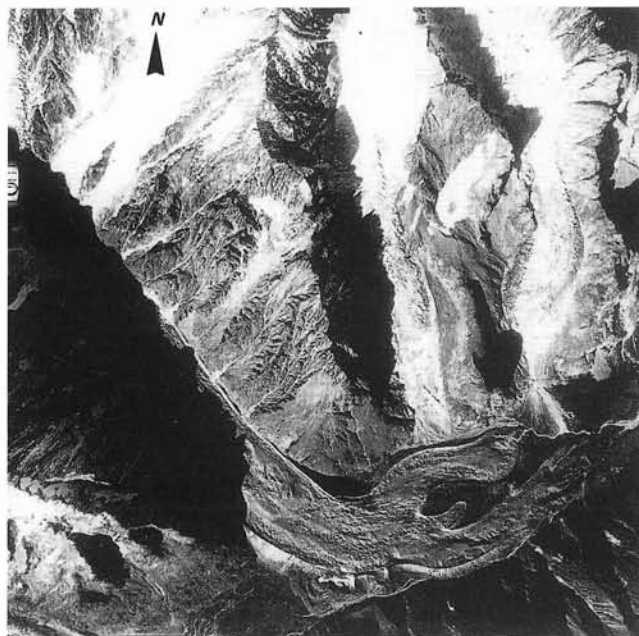


FIG. 6 - Totale impedimento alla visione su buona parte della lingua intravalliva del ghiacciaio, dovuto all'ombra proiettata dal versante destro. Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 6 - Unsurmountable obstacle to photo-interpretation over most part of the valley glacier, because of very dark shadow thrown by mountain slope.

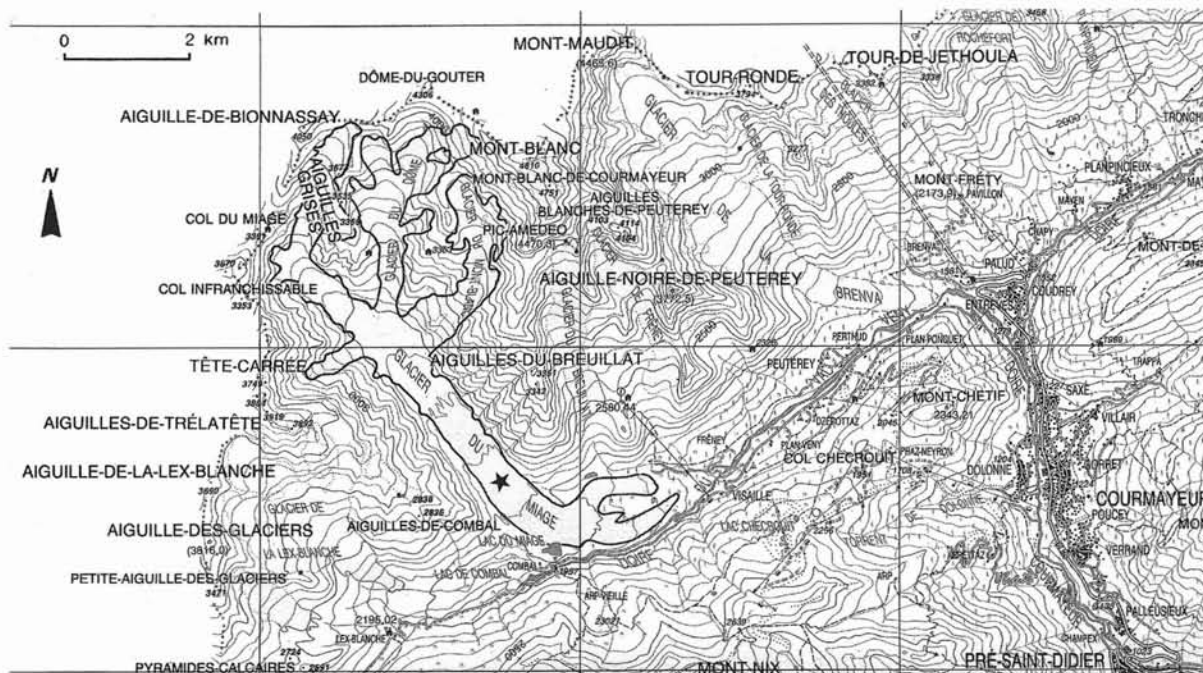


FIG. 7 - Inquadramento geografico del Ghiacciaio del Miage (modificato da «Carta Regionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta», scala originaria 1:100.000).

FIG. 7 - Location of the Miage Glacier in the Val Veny area, Upper Aosta Valley, Italy. (modified from «Carta Regionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta», original scale 1:100,000).

di sbarramento del Combal e delle Marmotte, in via di interrimento; il minuscolo Lago Verde ospitato in una estrusione del lobo destro presso il boschetto del «Jardin du Miage» e il suggestivo, frequentatissimo Lago del Miage (figg. 10 a÷c) che lambisce il fianco destro del ghiacciaio, foggiato ad alta ed instabile falesia. Questo lago, sostenuto verso Sud da uno splendido sistema di archi morenici concentrici, cambia la forma planimetrica in funzione dell'evoluzione della sponda in ghiaccio ed è soggetto a frequenti svuotamenti (11 nel periodo 1950-1990; es. in fig. 10c), che avvengono solitamente attraverso percorsi endoglaciali.

Come già anticipato, il Ghiacciaio del Miage gode di una considerazione di tutto privilegio nei confronti degli altri ghiacciai italiani per quanto riguarda le riprese aerofotografiche. Tutte le riprese risultano di buona qualità (ottime quelle degli anni 1965, 1970, 1971, 1991) sia per la resa fotografica che per la pressoché totale assenza di impedimenti alla visione, quali innevamento al suolo, copertura nuvolosa, ombre, aree censurate dalle Autorità militari. Alcune strisciate di voli ad alta quota (1954, 1955) consentono un'immediata visione d'insieme di gran parte del ghiacciaio (fig. 4), caso abbastanza infrequente se si considerano le ragguardevoli dimensioni in gioco. Per contro, altre strisciate eseguite a bassa quota (voli 1970 e 1971, con fotogrammi alla scala media 1:10.000/12.000) permettono accuratissime osservazioni della zona

frontale trilobata, settore del ghiacciaio sempre coperto da tutti i 18 voli considerati.

Qualsiasi immagine aerea di ghiacciaio riveste un interesse intrinseco: nel caso particolare del Miage la successione delle riprese disponibili consente di seguire con sistematicità, a partire dal periodo di forte contrazione degli anni 1950, la notevolissima pulsazione positiva degli anni '80.

Questa netta inversione di tendenza emerge chiaramente dal confronto delle riprese degli anni 1950-'60 con quelle dei due decenni successivi: il ghiacciaio, inizialmente molto smagrito, depresso all'interno delle morene laterali che bordano i tre lobi frontali (fig. 9a), aumenta progressivamente la sua massa sino ad assumere un accentuato profilo convesso. Il fenomeno è particolarmente apprezzabile sulle ottime immagini del 1988 (fig. 9b), in corrispondenza del piccolo lobo centrale e del lobo destro: qui il ghiacciaio, poco più a valle del Lago del Miage, sovrasta in altezza per valori plurimetrici e talora decametrici la cresta della grande morena laterale destra, quasi senza soluzione di continuità.

Questo nuovo assetto morfologico del ghiacciaio creò i presupposti per il frequente rotolito di blocchi morenici isolati o lo scivolamento di masse detritiche più consistenti lungo il fianco esterno della morena destra (Mortara & Sorzana, 1987). In conseguenza di ciò, per misure di sicurezza, la strada di fondovalle venne chiusa al traffico auto-

mobilitico (divieto tuttora in vigore, permanendo ancora analoghe condizioni di instabilità).

Un altro motivo d'interesse è dato dalle variazioni dell'estensione e della forma del Lago del Miage, in funzione del livello dell'acqua e dell'assetto della sponda settentrionale in ghiaccio. Quattro voli in particolare (1954, 1967, 1975, 1990) documentano altrettanti momenti di bacino lacustre vuoto (situazione riproposta una decina di volte negli ultimi 40 anni), occasioni importanti per osservare la complessa morfologia del fondo; fig. 10).

CONCLUSIONE

Le considerazioni di carattere evolutivo ricavate dalla straordinaria serie fotografica disponibile per il Miage e qui sommariamente tratteggiate, vogliono essere esempio della potenzialità dell'analisi fotointerpretativa multitemporale di un ambiente altamente dinamico come quello glaciale. Pare quindi giustificato lo sforzo, non lieve, per realizzare il Catalogo aerofotografico dei 1000 ghiacciai italiani.

FIG. 8 - Fronte trilobata del Ghiacciaio del Miage, con i laghi del Miage (1), Verde (2) e delle Marmotte (3). (Fotogramma 5, Strisciata A18, Volo «Regione Autonoma Valle d'Aosta», 1997). Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 8 - Trilobate front of the Miage Glacier, with the Miage Lake (1), the Verde Lake (2) and the «delle Marmotte» Lake (3). (Photogram 5, Strip A18, Flight «Regione Autonoma Valle d'Aosta», 1997).



FIG. 9 - Il confronto fra le due immagini consente di apprezzare la variazione di spessore della massa glaciale nel periodo 1975-1988. Nel fotogramma del 1975 (a) il ghiacciaio non supera la cresta sommitale delle morene laterali; nel fotogramma del 1988 (b) il ghiacciaio denota un notevole turgore dei suoi lobi, in particolare di quello centrale. (a: Fotogramma 804, Strisciata 50, Volo Regione Autonoma Valle d'Aosta, 1975). (b: Fotogramma 305, Strisciata 18b1, Volo IGM, «Foglio 27 - Monte Bianco», 1988). Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 9 - Comparison of the two images makes it possible to recognize change of glacier thickness during 1975-1988 period. In the 1975 photograph (a) the Miage Glacier doesn't exceed in height the upper crest of lateral moraines; in the 1988 photograph (b) the Miage Glacier shows an increased thickness of lobes, particularly the central one. (a: Photogram 804, Strip 50, Flight «Regione Autonoma Valle d'Aosta», 1975). (b: Photogram 305, Strip 18b1, IGM Flight «Foglio 27 - Monte Bianco», 1988).

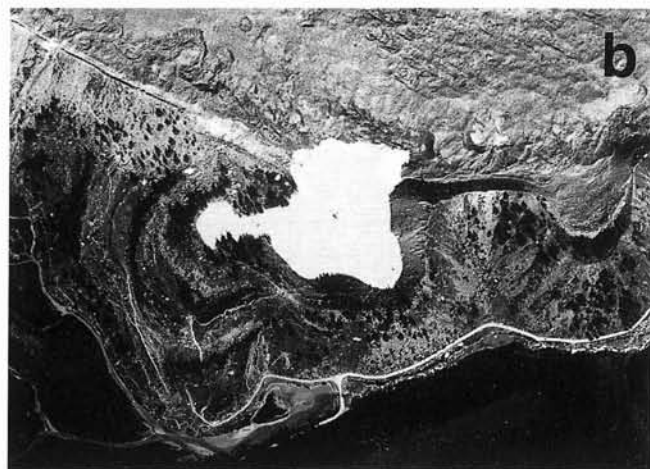


FIG. 10 - Aspetti evolutivi del Lago del Miage ricavati da confronto di riprese aerofotografiche multitemporali; a: emergenza di isolotto a centro lago per effetto di un basso battente d'acqua; b: blocchi di ghiaccio galleggianti al margine del fianco destro del ghiacciaio; c: bacino lacustre pressoché privo d'acqua per uno svuotamento avvenuto a fine giugno 1975. (a: Fotogramma 533, Strisciata 6, Volo «Regione Autonoma Valle d'Aosta», 1965; b: Fotogramma 1, Strisciata 1, Volo CGI, 1971; c: Fotogramma 803, Strisciata 50, Volo «Regione Autonoma Valle d'Aosta», 1975). Conc. Aeronautica Militare - R.G.S. n. 385 del 22.11.1999.

FIG. 10 - Evolutive aspects of the Miage Lake, derived from comparison of multi-temporal aerial photographs; a: emerging islet in the centre of the lake, due to low water-head; b: icebergs along the right side of the glacier; c: lake almost completely deprived of water, due to emptying occurred on late June, 1975. (a: Photogram 533, Strip 6, Flight «Regione Autonoma Valle d'Aosta», 1965; b: Photogram 1, Strip 1, Flight CGI, 1971; c: Photogram 803, Strip 50, Flight «Regione Autonoma Valle d'Aosta», 1975).

BIBLIOGRAFIA

- CAPELLO C.F. (1955) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1954*. Boll. Comit. Glac. It., ser. I, 6, 168-169.
- CAPELLO C.F. (1956) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1955 (Miage)*. Boll. Comit. Glac. It., ser. I, 7, 122-123.
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE & COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO (1961) - *Catasto dei ghiacciai italiani. Ghiacciai del Piemonte*. Comit. Glac. Italiano, Torino, vol. II, 324 pp.
- DUTTO F. & MORTARA G. (1992) - *Rischi connessi con la dinamica glaciale nelle Alpi italiane*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15, 85-99.
- LESCA C. (1971) - *L'Archivio Fotografico del C.G.I. e la sua catalogazione con elaboratore*. Boll. Comit. Glac. It., ser. 2, 19, 31-42.
- LESCA C. (1974) - *Emploi de la photogrammétrie analytique pour la détermination de la vitesse superficielle des glaciers et des profondeurs relatives*. Boll. Comit. Glac. It., ser. 2, 20, 169-186.
- LESCA C. (1976) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1975 (Miage)*. Boll. Comit. Glac. It., ser. 2, 24, 89-92.
- MORTARA G. & SORZANA P.F. (1987) - *Situazioni di rischio idrogeologico connesse all'espansione recente del ghiacciaio del Miage ed all'instabilità dei versanti in alta Val Veni (Massiccio del Monte Bianco)*. Rev. Valdôtaine Hist. Nat., 41, 111-118.
- MOTTA L. (1996) - *L'Archivio Fotografico del Comitato Glaciologico Italiano. Parte I. Ghiacciai delle Alpi Occidentali*. Archivio del Comitato Glaciologico Italiano, 2, 106 pp.
- SECCHIERI F. (1986) - *Regione Autonoma Valle d'Aosta: Catasto dei ghiacciai e delle nevi perenni. Relazione finale e guida alla lettura delle schede*. Inedita.
- VIVIAN R. (1979) - *Les glaciers sont vivants*. Denoël, Paris, 240 pp.
- WILLIAMS R.S. & FERRIGNO J.G. (1993) - *Satellite Image Atlas of the World. Europe*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1386-E, 164 pp.