

**Studi glaciologici
ed innovazione.
Le nuove frontiere
offerte dal GPS**

IL GHICCIAIO DEL MONTE SOBRETТА

Marco Belò

Università degli
Studi di Milano
Dip. Scienze della Terra
"A. Desio"
via Mangiagalli 34,
20100 Milano

Luigi Bonetti

Stefano Urbani

Giovanni Peretti

ARPA Lombardia
Centro Nivometeorologico
Bormio

Valerio Paneri

Servizio Glaciologico
Lombardo



Sul ghiacciaio Alpe Sud del Monte Sobretta (Alta Valtellina), dall'anno 1997 vengono condotte campagne di misura nivologiche volte a determinare gli apporti nevosi ed altri importanti dati per il bilancio di massa del ghiacciaio. Nell'estate 2006 una nuova metodologia di indagine basata sull'impiego di strumentazione GPS ha permesso la realizzazione di un modello 3D (DTM) del ghiacciaio. Dal confronto tra i dati del 2006 con i dati che si otterranno dalle campagne future sarà possibile ottenere una rapida ed accurata stima del bilancio di massa per l'apparato glaciale. Da un primo confronto tra i dati della campagna 2006 con le informazioni ottenibili dalla Carta Tecnica Regionale 1:10000 (1981) del Ghiacciaio dell'Alpe Sud è stato possibile calcolare una perdita media in spessore di circa 25 m.



Fig. 1 -
Foto pagina 50.
Panoramica sul
Ghiacciaio Alpe Sud
del Monte Sobretta.

INTRODUZIONE

La raccolta sistematica di informazioni sui ghiacciai montani e sulle loro variazioni geometriche ha inizio nell'anno 1894 con la fondazione dell'International Glacier Commission presso il 9° Congresso Geologico Inter-

nazionale di Zurigo, Svizzera. L'intento era quello di studiare le variazioni a lungo termine della criosfera per meglio comprendere le variazioni climatiche e l'origine delle glaciazioni. I dati raccolti sulla base di osservazioni compiute da operatori, si

concentrano principalmente su variazioni volumetriche, variazioni in estensione superficiale ed oscillazioni della fronte dei ghiacciai. Le variazioni glaciali e i dati in archivio rappresentano una chiave di lettura essenziale per il monitoraggio delle modifiche del clima globale e costituiscono le basi per ipotizzare scenari futuri sulla disponibilità idrica nei bacini montani a seguito del riscaldamento globale. Nelle regioni glacializzate alpine e montane le strategie di monitoraggio adottate sono mutate nel corso degli anni, con l'obiettivo di raccogliere sempre maggiori quantità di informazioni, sempre più accurate ed integrabili tra loro. Le ricerche attualmente condotte sono volte a:

- Studi estensivi sui bilanci di massa e sul flusso glaciale riferiti alle principali aree climatiche del globo per una miglior comprensione dei processi e per la calibrazione di modelli numerici

- Determinazione a livello regionale delle modifiche in volume della massa glaciale presso i principali rilievi montuosi utilizzando tecniche di misura in-field a basso costo

- Osservazioni a lungo termine sulle modifiche areali dei ghiacciai presso i principali rilievi montuosi

- Creazione ed aggiornamento di archivi glaciali basati su misure ripetute nel tempo tramite analisi di dati telerilevati.

- L'integrazione delle differenti tipologie di dati sulle variazioni della criosfera attraverso l'uso di sistemi informativi territoriali (SIT) e database dedicati.

In Italia nel 1895 viene fondata la Commissione Glaciologica nell'ambito del Club Alpino Italiano. Da quell'anno iniziano le sistematiche misure delle variazioni frontali di alcuni ghiacciai. Dal-

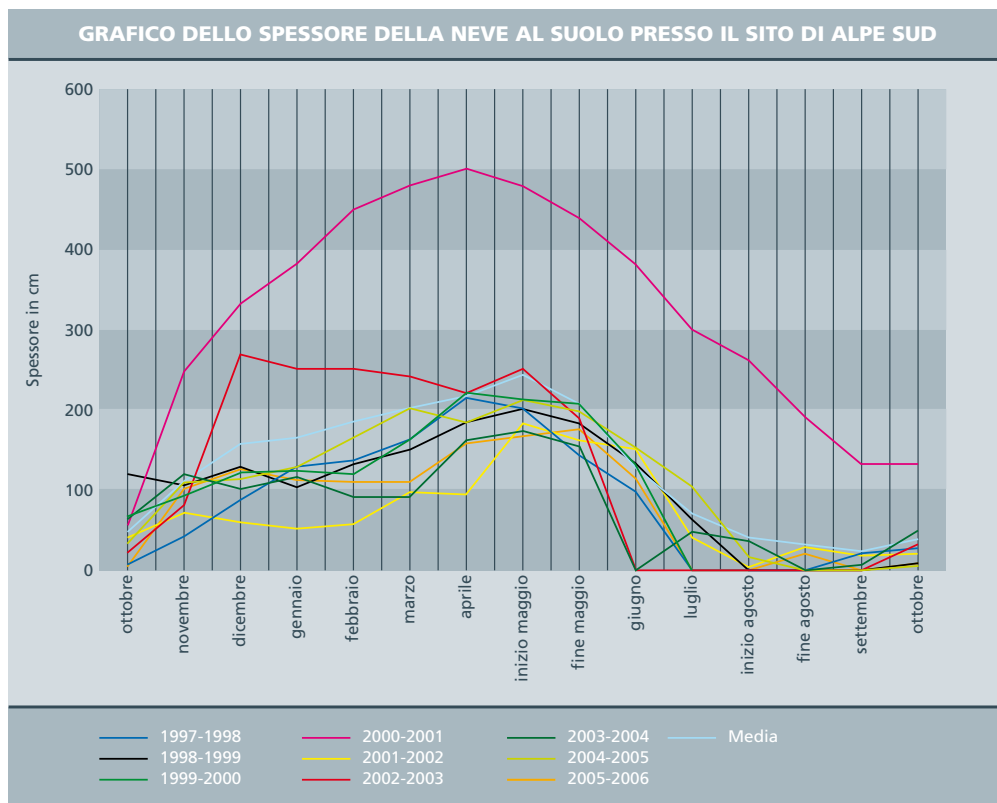
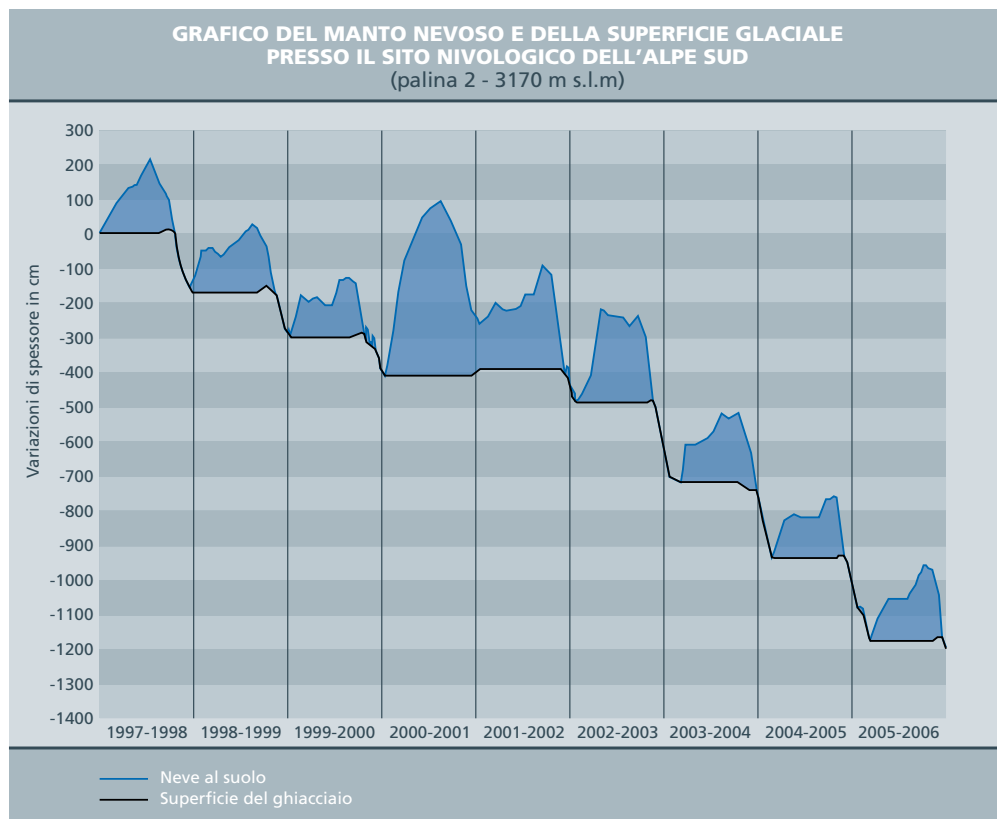


Fig. 2
Fig. 3



l'anno 1913 su iniziativa del Club Alpino Italiano la commissione si trasforma nel Comitato Glaciologico Italiano (CGI), i cui obiettivi, in accordo con quanto affermato dal suo primo presidente (Prof. Somigliana), erano:

“rilevare topograficamente le zone glaciali, misurare le precipitazioni atmosferiche, valutare le portate degli emissari, coordinare questi dati di fatto fra loro e col maggior numero di elementi climatologici conoscibili, senza trascurare d'altra parte quegli elementi descrittivi che possono completare i risultati delle misure ed anche giovare alla loro interpretazione”.

Da allora la glaciologia italiana ha vissuto una profonda evoluzione, riflettendo le trasformazioni tecnologiche e sociali del XX secolo. Gli aspetti quantitativi e descrittivi, indicati da Somigliana, restano ancora due approcci validi e integrabili.




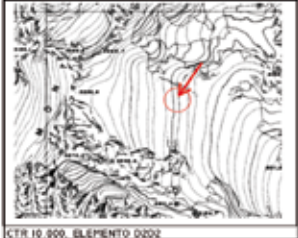

Attualmente in Italia il Comitato Glaciologico Italiano, al quale aderiscono oggi diverse realtà locali quali il Servizio Glaciologico Lombardo (SGL), coordina le attività di rilievo per lo studio dei principali elementi della dinamica glaciale, le misure di variazione frontale ed i bilanci di massa annui. Con variazione frontale s'intende la variazione in lunghezza dell'apparato glaciale rispetto ad un punto esterno ad esso utilizzato come caposaldo fisso. Per bilancio di massa, si intende la differenza tra guadagni e perdite di un apparato glaciale nel corso di un anno idrologico (1 Ottobre di un anno - 30 Settembre del successivo) riportata in equivalenti in acqua (water equivalent). In particolare, il bilancio è positivo quando i guadagni (accumulo) sono stati superiori alle perdite (ablazione). Al contrario, il bilancio è negativo quando l'ablazione (dovuta a



fusionne, sublimazione, deflazione eolica e calving) ha superato l'accumulo (diretto, da valanghe, da trasporto eolico). Per anni questo tipo di indagine è stata effettuata con il metodo glaciologico classico di terreno (basato sull'uso di paline ablatometriche per determinare l'ablazione estiva e trincee nivologiche per valutare l'accumulo invernale) su un numero limitato di apparati visto l'impegno logistico e temporale necessario. Oggi le nuove frontiere della tecnologia che hanno coinvolto anche le tecniche di posizionamento stanno dando un notevole contributo alle discipline coinvolte nel controllo del territorio, e tra queste anche alla glaciologia. Il GPS (Global Positioning System) è una di queste metodologie che, se impiegata correttamente, permette di ottenere risultati molto accurati ed in tempi ridotti.

AREA DI STUDIO

Nell'ottobre 1997, SGL e Centro Nivo-Meteorologico di Arpa Lombardia allestiscono un sito nivologico sul Ghiacciaio dell'Alpe Sud (Valle dell'Alpe, Valfurva), ubicato sul versante meridionale del Monte Sobretta. Il sito si trova nel settore SE del ghiacciaio, a

 Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia CAPOCALDO DI RIFERIMENTO PER MISURAZIONI GLACIOLOGICHE	
NOME VERTICE: CNM_01	
UBICAZIONE VALLE DELL'ALPE LOCALITÀ: GH. SOBRETTE-ALPE SUD 18/09/2005	
CHIOSO TOPOGRAFICO MONTATO SULL'OCCHIO SU ROCCIA PONTONATA PRESSO LA FRONTE DELL'APPARATO GLACIALE ACCESSO DALL'AVVIO DELL'IMPIANTO VALLALPE	
COORDINATE	
WGS84 GEOGRAFICHE Lat = 46° 23' 30,98882" N Long = 10° 26' 13,87448" E Quota s.l.m. = 3175,676	GAUSS-BOAGA PIANE Nord = 5138622,54 Est = 1610523,243 Quota s.l.m. = 3123,884
 ATLANTE STRADALE	 IMMAGINE DEL VERTICE
 CTR. 10.000. ELEMEN. 0002	 UBICAZIONE DEL CHIOSO TOPOGRAFICO OPERATORI: MARIO BELLI, LUIGI BONETTI, STEFANO UBIANI

quota 3170 m. La scelta del luogo, oltre a garantire l'esclusività dell'origine diretta degli apporti nevosi, garantisce anche una buona logistica per l'accesso in tutti i mesi dell'anno, favorita dalla vicinanza degli impianti sciistici di Santa Caterina Valfurva. Il sito di Alpe Sud viene monitorato mensilmente nella stagione d'accumulo; oltre all'altezza della

Fig. 4 - La stazione GPS master installata presso il caposaldo CNM_01. Sullo sfondo il Ghiacciaio dell'Alpe Sud.

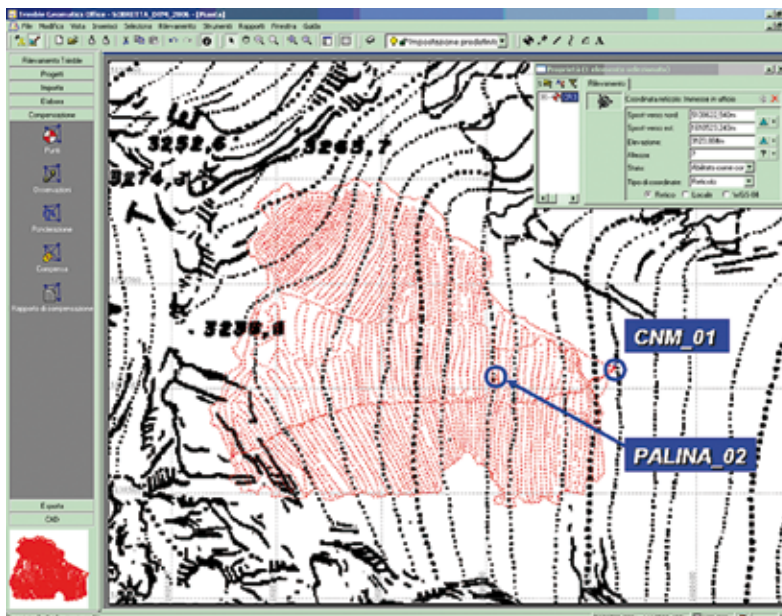
Fig. 5 - Monografia del vertice CNM_01.



Fig. 6 - Il percorso seguito da un operatore rappresentato nella mappa vettoriale a bordo del dispositivo controller.



Fig.7 - Il percorso seguito dagli operatori sul ghiacciaio e l'ubicazione del sito nivologico presso la palina 2.



neve, gli operatori dell'ARPA e del SGL rilevano i profili stratigrafici e penetrometrici che permettono la definizione delle caratteristiche quali-quantitative del manto nevoso. Durante l'estate viene misurata l'entità dell'ablazione della neve e del ghiaccio tramite l'impiego di paline ablatometriche (Fig. 2 e foto pagina 51).

I dati ottenuti sono così messi in relazione all'indagine meteorologica, che si avvale di una rete di stazioni significative per l'ambito glaciale, e forniscono informazioni di estrema importanza per valutare l'andamento dell'annata glaciologica. Un risultato di immediato effetto è il grafico che aggiornato annualmente illustra in modo chiaro l'andamento dell'innevamento superficiale e le variazioni di spessore del ghiacciaio di Alpe Sud. (Fig. 3) Il dato evidenziato dal diagramma sopra riportato, mostra che il Ghiacciaio di Alpe Sud ha perso circa 12 m di spessore di ghiaccio in 9 anni. Tendenza comune, seppur con le debite differenze legate alla quota, all'esposizione ed alle particolarità del regime climatico locale, a tutti i ghiacciai dell'arco alpino.

STRUMENTI E METODI

Nel mese di settembre 2006 presso il Ghiacciaio dell'Alpe Sud è stata compiuta una campagna di misure GPS volta da una parte alla materializzazione di un caposaldo topografico di riferimento di elevata precisione, dall'altra alla raccolta di dati per il calcolo dei bilanci volumetrici.

Caposaldo topografico CNM_01

Per la realizzazione del caposaldo topografico di riferimento (punto di emanazione di coordinate di elevata accuratezza) per le misure di tipo glaciologico

sull'apparato glaciale dell'Alpe Sud, si è proceduto alla collocazione di un chiodo topografico presso una roccia montonata facilmente accessibile e nelle immediate adiacenze della fronte del ghiacciaio.

Il caposaldo materializzato ha soddisfatto i requisiti indispensabili per un suo opportuno

utilizzo in applicazioni GPS Real Time in base ai seguenti criteri: Accessibilità, stabilità, ripetibilità, tracciabilità del segnale GPS, copertura Radio-link. (Fig. 4)

Nella giornata del 18 settembre 2006 nella posizione individuata per la materializzazione del caposaldo è stata effettuata una sessione di misura di tipo statica

mediante ricevitore GPS L1/L2 di qualità geodetica. La sessione di misura statica ha avuto la durata di 1h 50' circa, e tempi di campionamento di 5 secondi. Per poter inquadrare correttamente il vertice, si è proceduto al post-processamento dei dati rispetto alla Stazione Permanente GPS di Bormio (installata presso la sede

MODELLO TRIDIMENSIONALE OTTENUTO DAI RILIEVI DEL SETTEMBRE 2006

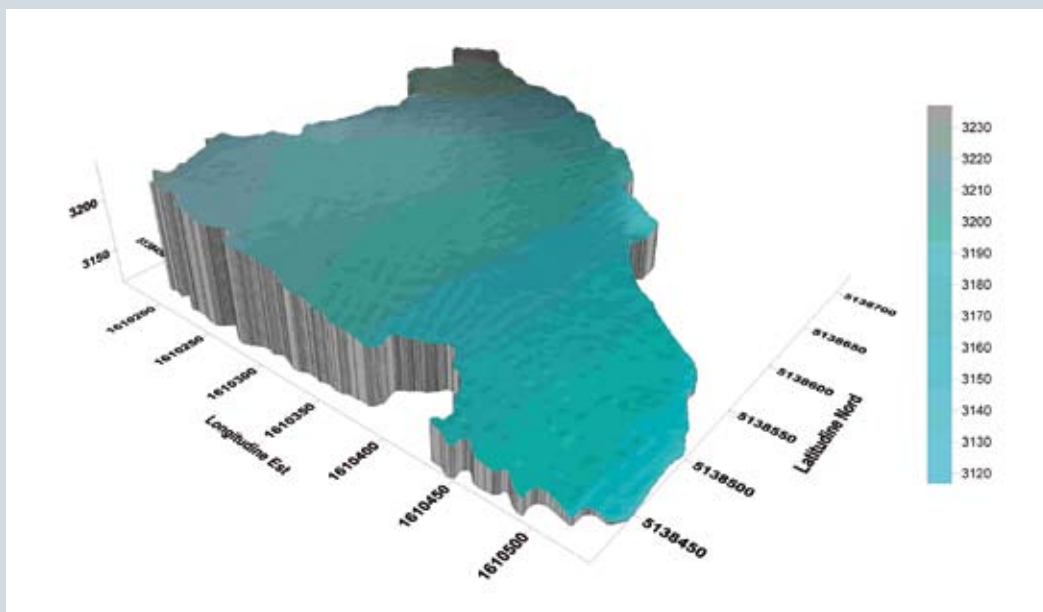


Fig. 8a

Fig. 8b

MODELLO DELLE ISOVARIANZI OTTENUTO DAI CONFRONTI DEI DTM 2006 E 1981

Le variazioni in spessore sono espresse in m

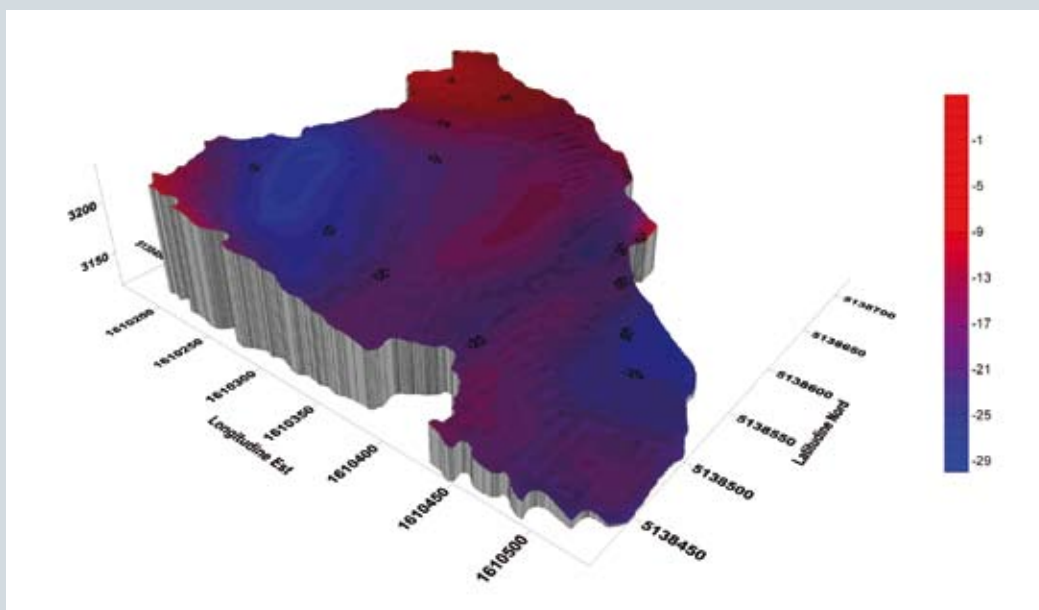
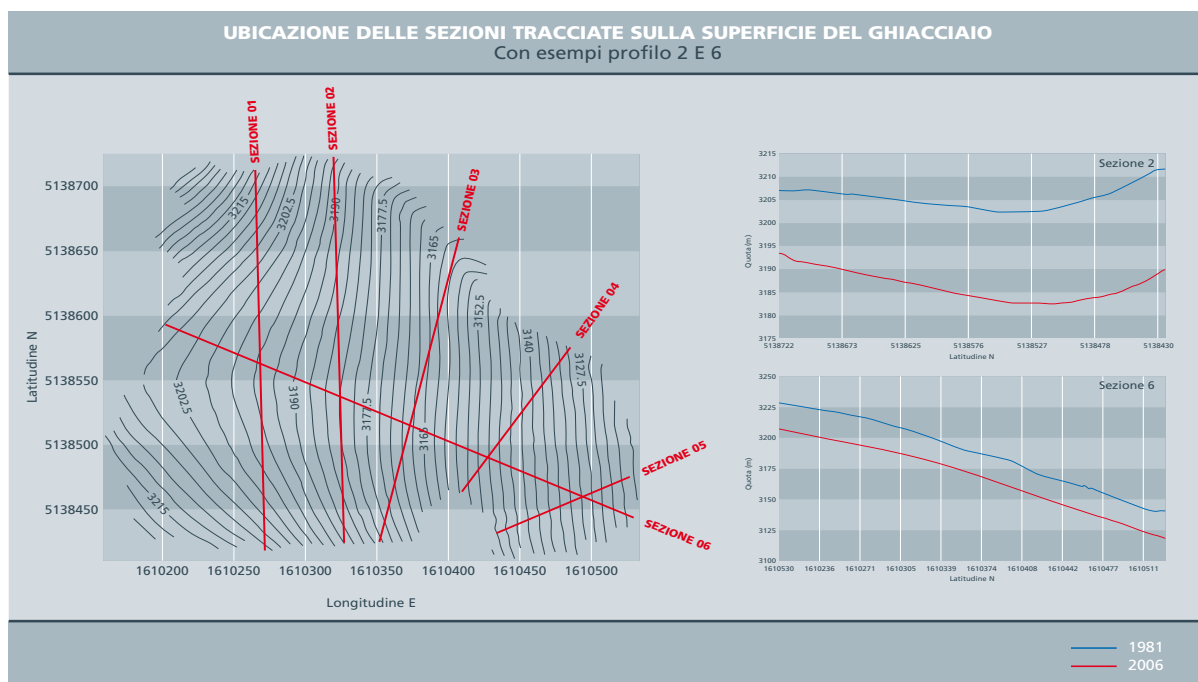


Fig. 9a



del Centro Nivo-Meteorologico, ARPA Lombardia) appartenente alla Rete GPS Regionale. L'elaborazione dei dati ha permesso quindi l'ottenimento di coordinate WGS84 accurate, trattate in un secondo momento mediante il software dell'Istituto Geografico Militare Verto 2 per il passaggio al sistema Gauss-Boaga (utilizzato nella Cartografia Tecnica Regionale) e per la determinazione della quota ortometrica (quota sul livello medio del mare) accurata. E' stata quindi redatta una monografia dedicata del vertice CNM_01, che servirà da riferimento per i rilievi GPS di dettaglio Real Time e per le campagne di misura future. (Fig. 5)

Rilievo GPS di dettaglio in modalità Real Time

La configurazione del rilievo ha previsto l'impiego di una stazione GPS doppia frequenza di riferimento master ubicata sul vertice CNM_01 e di 3 ricevitori GPS L1/L2 utilizzati in configurazione rover, dotati di radio ricevente integrata. (Fig. 6)

La modalità di impiego di strumentazione GPS doppia frequenza in Real Time (RTK), oltre a garantire precisioni centimetriche in planimetria ed in altimetria,

permette agli operatori di avere un controllo immediato sul tipo di lavoro in oggetto, permettendo una continua verifica dell'efficacia del lavoro eseguito. Per agevolare il lavoro degli operatori, sui dispositivi controller di ogni squadra è stata caricata la cartografia vettoriale, che ha inoltre favorito la navigazione sulla superficie da rilevare.

Due ricevitori rover hanno percorso l'intero perimetro del ghiacciaio, ed in un secondo momento, supportati dal terzo ricevitore rover, hanno percorso tutta la superficie del ghiacciaio, muovendosi per settori, raccogliendo punti su di esso creando una maglia molto fitta (nodi intervallati di circa 10 m). In particolare sono state rilevate in dettaglio le evidenze morfologiche e le discontinuità di superficie (Fig. 7). I dati acquisiti sono stati scaricati ed elaborati mediante software dedicati che hanno permesso la trasformazione delle coordinate corrette GPS (WGS84) in coordinate Gauss-Boaga, la trasformazione delle quote da ellissoidiche ad ortometriche (secondo la procedura già utilizzata per la determinazione del caposaldo topografico CNM_01), e la

realizzazione di un grigliato da impiegare per la restituzione di un modello digitale del terreno (DTM) rappresentante l'andamento dell'attuale superficie del ghiacciaio (Fig. 8a). Nell'attesa di un confronto con i dati della campagna programmata per l'anno idrologico 2007, è stata digitalizzata la Carta Tecnica Regionale riferita all'area oggetto di studio (elemento D2D2), riferita all'anno 1981.

I dati ottenuti dalla digitalizzazione sono stati utilizzati per la realizzazione di un nuovo DTM rappresentante l'andamento della superficie del Ghiacciaio Alpe Sud nell'anno 1981. E' stata quindi individuata una superficie comune rispetto a quella rilevata con GPS, ed è stato possibile eseguire delle prime analisi di variazioni volumetriche intercorse nell'arco di un quarto di secolo. In particolare, dal confronto dei modelli tridimensionali del 1981 e del 2006, è stato possibile osservare una variazione media in spessore di circa 25 m nella porzione inferiore del piccolo apparato glaciale (corrispondente circa al bacino ablatore attuale), e di 10 m circa in corrispondenza del bacino collettore (Fig. 8b).

Questi risultati preliminari vengono anche confermati dall'osservazione dell'andamento di alcuni profili tracciati per entrambe le superfici ricostruite (Fig. 9). Gli stessi dati raccolti permettono anche di individuare con chiarezza l'attuale posizione della fronte del ghiacciaio, elemento quest'ultimo fondamentale per lo studio delle variazioni frontali.

CONCLUSIONI

I dati ottenuti da questa prima fase di lavoro sono in accordo con quanto documentato da altre campagne di misura su apparati glaciali lombardi e non. Il risultato di tipo glaciologico ottenuto purtroppo anche in questo caso conferma la drammatica fase di recrudescenza climatica in atto che sta radicalmente alterando l'aspetto dei ghiacciai alpini riducendone il volume e rendendo quindi più esigua la fonte di acqua dolce immediatamente disponibile che essi rappresentano. In particolare questa esperienza si è dimostrata significativa nell'illustrare come l'impiego di strumentazione GPS di qualità geodetica in modalità Real Time permetta di ottenere nell'immediato un'accurata informazione di dettaglio sullo stato di salute di un apparato glaciale. Il vantaggio di questo tipo di approccio rispetto a quello classico delle paline ablatometriche risiede principalmente nell'accuratezza ottenibile, nella rapidità d'esecuzione e nella ripetibilità del metodo. Inoltre, se il metodo glaciologico classico delle paline è in grado di fornire informazioni puntiformi da estrapolare poi per tutta la superficie del ghiacciaio, il metodo GPS fornisce da subito una chiara, esatta e definitiva immagine della situazione del ghiacciaio per tutta la sua estensione.



244 pagine a colori
Formato cm 21x28,5

Desidero acquistare nr. copie di DossierMontagna 2006/2007
al prezzo unitario di 20,00 Euro (spese di spedizione e IVA comprese).

Allego assegno bancario nr.
di Euro.....
intestato non trasferibile a ComunicazioneStampa Srl

Ho effettuato il versamento tramite vaglia postale sul cc postale
n° 48845143 a Voi intestato

Nome e Cognome o Ragione Sociale

Indirizzo

CAP

Città Pv

Codice Fiscale

P.IVA

Per un ev. contatto ti preghiamo indicarci un tuo recapito

tel

email

Inviare via fax al numero 031/536444, o spedire in busta chiusa a:

ComunicazioneStampa Srl

DossierMontagna

Via Derta, 8

tel. 031/536426

info@montagnaonline.com

22020 CAVALLASCA Como