

n° 56 - dicembre 2005

e Neve Valanghe

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*



SNOWPACK

Profilo nivologico semplificato

Neve sulle Alpi italiane

Everest versante Nord

Soccorso in valanga

Prospezione ghiacciai dolomitici
tramite GPR e GPS



Alpinismo
Speleologia
Escursionismo
Trekking
Scialpinismo
Materiali nivometeo 
Attrezzature per lavori in altezza

ASPORT'S MOUNTAIN EQUIPMENT

il tuo negozio di sport



Quartier Carducci, 141 - Chiesa d'Alpago (BL) - Tel.0437 470129 - Fax 0437 470172 - info@asport-s.com - www.asport-s.com



www.aineva.it



**Indirizzi e numeri telefonici
dei Servizi Valanghe AINEVA
dell'Arco Alpino Italiano**

REGIONE PIEMONTE

ARPA-Piemonte

Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio

Cso Unione Sovietica, 216 - 10134 Torino

Tel. 011 3168203 - Fax 3181709

Bollettino Nivometeorologico:

Tel. 011 3185555

<http://www.regione.piemonte.it/meteo>

Televideo RAI 3 pagine 536 e 537

e-mail: meteoidro@regione.piemonte.it

REGIONE AUTONOMA

VALLE D'AOSTA

Assessorato Territorio Ambiente e Opere Pubbliche

Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche

Direzione Tutela del Territorio

Loc. Amérique 33/A - 11020 QUART (AO)

Tel. 0165 776600/1 - fax 0165 776804

Bollettino Nivometeorologico

Tel. 0165 776300

<http://www.regione.vda.it>

e-mail: u-valanghe@regione.vda.it

REGIONE LOMBARDIA

ARPA-Lombardia Centro Nivometeorologico

Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio SO

Tel. 0342 914400 - Fax 0342 905133

Bollettino Nivometeorologico - 8 linee -

Tel. 8488 37077 anche self fax

<http://www.arpalombardia.it/meteo/bollettini/bolniv.htm>

Televideo RAI 3 pagina 517

e-mail: g.peretti@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Dipartimento Protezione Civile

Ufficio Previsioni e Organizzazione

Via Vannetti 41 - 38100 Trento

Tel. 0461 494877 - Fax 0461 238309

Bollettino Nivometeorologico

Tel. 0461 238939

Self-fax 0461 237089

<http://www.meteotrentino.it>

e-mail: ufficio.previsioni@provincia.tn.it

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione

Valanghe e Servizio Meteorologico

Via Mendola 33 - 39100 Bolzano

Tel. 0471 414740 - Fax 0471 414779

Bollettino Nivometeorologico

Tel. 0471 270555

Tel. 0471 271177 anche self fax

<http://www.provincia.bz.it/valanghe>

Televideo RAI 3 pagine 429 e 529

e-mail: Hydro@provincia.bz.it

REGIONE DEL VENETO

ARPA-Veneto Centro Valanghe di Arabba

Via Pradat 5 - 32020 Arabba BL

Tel. 0436 755711 - Fax 0436 79319

Bollettino Nivometeo Tel 0436 780007

Self fax 0436 780008 - 79221

Fax polling 0436 780009

<http://www.arpa.veneto.it/csvdi>

e-mail: cva@arpa.veneto.it

REGIONE AUTONOMA

FRIULI VENEZIA GIULIA

Ufficio Valanghe

C/o Direzione Regionale delle Foreste

Via Cotonificio 127 - 33100 Udine

Tel. 0432 555877

Fax 0432 485782

Bollettino Nivometeorologico

NUMERO VERDE 800 860377 (in voce e self fax)

<http://www.regione.fvg.it/meteo/valanghe.htm>

e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

Sede AINEVA

Vicolo dell'Adige, 18

38100 TRENTO

Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225

<http://www.aineva.it>

e-mail: aineva@aineva.it

- Gli utenti di "NEVE E VALANGHE":
-
- Sindaci dei Comuni Montani
- Comunità Montane
- Commissioni Locali Valanghe
- Prefetture montane
- Amministrazioni Province Montane
- Genii Civili
- Servizi Provinciali Agricoltura e Foreste
- Assessorati Reg./Provinciali Turismo
- APT delle località montane
- Sedi Regionali U.S.T.I.F.
- Sedi Provinciali A.N.A.S.
- Ministero della Protezione Civile
- Direzioni dei Parchi Nazionali
- Stazioni Sciistiche
- Scuole di Sci
- Club Alpino Italiano
- Scuole di Scialpinismo del CAI
- Delegazioni del Soccorso Alpino del CAI
- Collegi delle Guide Alpine
- Rilevatori di dati Nivometeorologici
- Biblioteche Facoltà Univ. del settore
- Ordini Professionali del settore
- Professionisti del settore italiani e stranieri
- Enti addetti ai bacini idroelettrici
- Redazioni di massmedia specializzati
- Aziende addette a: produzione della neve, sicurezza piste e impianti, costruzione attrezzature per il soccorso, operanti nel campo della protezione e prevenzione delle valanghe.

Numero telefonico per
l'ascolto di tutti i Bollettini
Nivometeorologici degli
Uffici Valanghe AINEVA
Tel. 0461/230030



Periodico associato all'USPI
Unione Stampa Periodica Italiana

Rivista dell'AI NEVA - ISSN 1120-0642
Aut. Trib. di Rovereto (TN)
N° 195/94NC
del 28/09/1994
Sped in abb. postale Gr. IV - 50%
Abbonamento annuo 2006: Euro 15,50
da versare sul c/c postale n. 14595383
o su c/c bancario 052 848578360
presso Banca Bovio Calderari Sede di
Trento, ABI 03064 - CAB 01800
intestato a: AI NEVA
vicolo dell'Adige, 18 - 38100 Trento

Direttore Responsabile

Giovanni PERETTI

Coordinatore di redazione

Alfredo PRAOLINI

ARPA Lombardia

Comitato di redazione:

Enrico FILAFERRO, Fabio GHESER,

Mauro GADDO,

Elena TURRONI, Mauro VALT,

Elena BARBERA, Paolo TURCOTTI

Comitato scientifico editoriale:

Massimo PASQUALOTTO,

Alberto TRENTI, Stefano BOVO,

Alberto LUCHETTA, Paolo STEFANELLI,

Giovanni PERETTI, Michela MUNARI

Segreteria di Redazione:

Vicolo dell'Adige, 18

38100 TRENTO

Tel. 0461/230305

Fax 0461/232225

Videoimpaginazione e grafica:

MOTTARELLA STUDIO GRAFICO

www.mottarella.com

Cosio Valtellino (SO)

Stampa:

ALCIONE srl

Trento

Referenze fotografiche:

Foto di copertina: Alfredo Praolini

Lodovico Mottarella: 1, 2, 4

Alfredo Praolini: 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 22,

23, 25, 27, 29, 30, 31

Gianluca Tognoni: 61; Elena Barbera: 60

Fabio Gheser: 60; Paolo Turcotti: 21, 23

Serv. Prev. Valanghe Bolzano: 7, 8, 10, 11, 13, 15

Eraldo Meraldi: 27, 31

Massimo Pecci: 38, 39, 41

Giovanni Mortara: 32-33, 34, 35, 42

Alessandro Calderoli: 45, 46-47, 48, 49

Archivio Centro Valanghe Arabba: 24, 51, 52

Hanno collaborato a questo numero:

Elena Barbera, Stefania Del Barba,

Serena Mottarella, Pietro Del Barba,

Giorgio Tecilla, Annalisa Paoli,

Paolo Turcotti, Fabio Gheser.

Gli articoli e le note firmate esprimono l'opinione dell'Autore e non impegnano l'AI NEVA.

I dati forniti dagli abbonati e dagli inserzionisti vengono utilizzati esclusivamente per l'invio della presente pubblicazione (L.31.12.96 n.675 e successive integrazioni).

Sommario

dicembre 2005 numero 56



6 SNOWPACK

*N. Raderschall, C. Oberschmied,
F. Gheser, M. Lehning*



16 IL PROFILO NIVOLOGICO SEMPLIFICATO

R. Bolognesi



24 NEVE SULLE ALPI ITALIANE

M. Valt, A. Cagnati, A. Crepez, G. Marigo



32 EVEREST VERSANTE NORD

M. Pecci, G. Mortara



44 SOCCORSO IN VALANGA

A. Calderoli



50 PROSPEZIONE GHIACCIAI DOLOMITICI TRAMITE GPR E GPS

M. Pasta, M. Pavan, D. Sonda, F. Carollo, A. Cagnati



Cari lettori,

questo nuovo numero di "Neve e Valanghe" esce in piena stagione invernale e purtroppo, come per triste consuetudine, ci porta a segnalare nuovi incidenti da valanga e nuove vittime. Due escursionisti, impegnati in un'uscita con le racchette da neve nella zona del Gruppo Crostis nelle Alpi Carniche, in Friuli sono morti in valanga l'undici dicembre scorso.

L'analisi statistica dei dati relativi agli incidenti da valanga ci dice che, molto probabilmente, a questo incidente ne seguiranno altri, se è vero che sulle nostre Alpi dal duemila in poi, abbiamo contato mediamente, circa ottanta travolti e una ventina di decessi l'anno.

L'impegno degli uffici valanghe delle regioni e province autonome aderenti ad Aineva è quindi sempre alto e proporzionato alla responsabilità che deriva dall'essere consapevoli che le azioni mirate alla prevenzione che giornalmente vengono messe in campo, possono contribuire sensibilmente a ridurre il drammatico bilancio di morti e feriti da valanga con il quale ogni anno siamo costretti a confrontarci.

I bollettini, la formazione dei tecnici di settore e la diffusione al pubblico di conoscenze sulle valanghe utili a comprenderne le dinamiche ed i meccanismi di innesco, sono strumenti diversi che concorrono ad elevare la sicurezza in territori difficili e sempre più frequentati da sportivi e turisti.

L'incidente del dicembre scorso ci da un'ulteriore conferma del fatto che nuove categorie di sportivi e appassionati si affacciano al mondo dell'escursionismo invernale. L'uso delle racchette da neve sta infatti incrementando di anno in anno e porta con sé la necessità di diffondere anche tra queste nuove tipologie di "utenti" della montagna, gli elementi di cultura tecnica utili a minimizzare il rischio connesso ad ogni escursione.

Occupiamoci ora di questo nuovo numero di "Neve e Valanghe" dove, come di consueto, abbiamo cercato di affrontare temi diversi, pur se legati dal denominatore comune della neve e della montagna innevata.

Nel suo scritto, Alessandro Calderoli sviluppa il tema, purtroppo sempre attuale del soccorso in valanga, fornendo importanti indicazioni sulle corrette modalità di scavo da seguire per raggiungere il travolto.

Due gruppi di ricercatori ci espongono, poi, i risultati di alcuni recenti studi sull'andamento delle precipitazioni nevose sulle Alpi italiane e sull'applicazione di tecniche di prospezione dei ghiacciai mediante l'uso combinato di georadar e GPS.

Di particolare interesse è l'esposizione dei risultati della sperimentazione effettuata sul nuovo modello numerico che l'Istituto federale per lo studio della neve e delle valanghe SLF di Davos sta mettendo a punto per simulare l'evoluzione stagionale del manto nevoso. L'articolo descrive i risultati di un'applicazione seguita durante la scorsa stagione dal Servizio prevenzione valanghe della Provincia Autonoma di Bolzano.

Altrettanto interessante è l'esposizione che Robert Bolognesi sviluppa nel suo articolo sull'utilizzo di profili nivologici semplificati, comparando i risultati di tale tipo di indagine con quelli forniti dalle analisi di tipo tradizionale.

"Neve e Valanghe", approfondisce infine il tema affascinante della nivologia e glaciologia delle alte quote himalayane, con un bell'articolo di Massimo Pecci e Giovanni Mortara.

Buona lettura e buon 2006 !

Il responsabile tecnico
Arch. Giorgio Tecilla

SNOW

Modello numerico del manto nevoso

**Esperienze compiute in
Alto Adige nell'inverno
2004 - 2005**

**Norbert Raderschall,
Christoph Oberschmied,
Fabio Gheser**

Ufficio Idrografico
Provincia Autonoma di Bolzano

Michael Lehning

Istituto Federale per lo studio
della neve e delle valanghe
Davos (CH)

Durante l'inverno 2004/05, nell'ambito di un progetto di test, presso il Servizio Prevenzione Valanghe dell'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige Südtirol, si è impiegato per la prima volta un modello numerico del manto nevoso, in tre distinti siti.

Lo scopo era, seguire l'evoluzione del manto nevoso nel corso dei mesi invernali e ricavare delle informazioni circa il pericolo di valanghe. Si è impiegato il modello del manto nevoso denominato SNOWPACK, sviluppato presso l'Istituto Federale per lo studio della neve e delle valanghe SLF di Davos (Svizzera). Lo SNOWPACK è attualmente in fase di sperimentazione anche presso altri Servizi di prevenzione valanghe dell'arco alpino, ad esempio in Veneto, in Tirolo e in Baviera. A partire dai parametri meteorologici registrati da una stazione meteo automatica, il modello è in grado di calcolare il comportamento del manto nevoso in corrispondenza della stazione stessa. Il modello fornisce l'evoluzione nel tempo della coltre nevosa sotto forma di profili stratigrafici. Raffrontando costantemente le misurazioni comparative effettuate durante tutto l'arco dei mesi invernali si è operata una verifica dei risultati forniti dal modello, la quale ha indicato come il modello fornisca risultati utili in riferimento alla struttura dello stesso. I risultati dipendono tuttavia in larga misura dalla qualità dei dati in ingresso e dalla corretta inizializzazione del modello. Mancando inoltre parametri affidabili circa la stabilità del manto nevoso ed il carico di rottura degli strati fragili risulta assai difficile tradurre questi risultati forniti da SNOWPACK in indicazioni precise circa il pericolo di valanghe. Per trasformarlo in strumento utilizzabile operativamente nell'ambito della prevenzione valanghe sulla base di profili simulati, è quindi opportuno proseguire la ricerca in merito. I primi risultati di queste ricerche sono stati discussi nell'autunno 2005, in un workshop al centro del SLF.

PACK



INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il numero delle stazioni meteorologiche automatiche è andato sensibilmente aumentando in tutto l'arco alpino. Si ha in tal modo a disposizione in maniera continuativa tutta una molteplicità di importanti dati meteorologici che forniscono indicazioni circa l'evoluzione del tempo e quindi, indirettamente, anche del manto nevoso in alta montagna. Combinando ad essi l'analisi dei profili stratigrafici della neve risulta così possibile ricavare indicazioni circa il pericolo di valanghe.

I dati meteorologici e nivologici sono stati finora analizzati e interpretati da esperti dei Servizi prevenzione valanghe, consentendo così di stimare l'evoluzione del

manto nevoso. Parametri come la velocità e la direzione del vento offrono indicazioni circa l'intensità del trasporto di neve, mentre dalla temperatura dell'aria e dalla radiazione si deduce lo stato termico del manto nevoso. Dalla combinazione di questo insieme d'informazioni viene infine fatta la previsione del pericolo di valanghe.

Modelli informatici del manto nevoso descrivono tramite formule fisiche e metodi numerici quanto accade all'interno del manto nevoso e sulla superficie dello stesso nonché nel punto di contatto con il suolo, offrendo la possibilità di valutare oggettivamente la situazione del manto stesso.

Parametri meteorologici come,

direzione del vento, velocità del vento, temperatura dell'aria, temperatura della superficie del manto e radiazione forniscono informazioni circa lo stato del punto di contatto tra manto nevoso e atmosfera e quindi la condizione superiore per il modello, mentre la temperatura del suolo rappresenta la condizione inferiore. L'aumento della massa del manto nevoso viene determinato dalla quantità di neve fresca e, dal momento che è tecnicamente difficile e impreciso misurare in maniera automatica la quantità di neve fresca (Snow pillows, pluviometri riscaldati), la si stima in base alla variazione dell'altezza della neve al suolo. Tramite formule matematiche si simulano poi i processi naturali all'interno del manto nevoso e sulla sua superficie. Processi come il metamorfismo da gradiente e da isoterma, l'umidificazione totale degli strati del manto nevoso, la formazione di brina di superficie e il modificarsi della coesione della neve vengono calcolati dal modello, consentendo così agli addetti alla previsione delle valanghe di ricavare informazioni circa l'evoluzione nel tempo del manto nevoso.

Il modello del manto nevoso integra i profili stratigrafici rilevati manualmente in campo, offrendo quindi informazioni sullo stato del manto nevoso anche in corrispondenza di luoghi, d'inverno inaccessibili, in alta montagna.

SNOWPACK

Negli studi compiuti presso l'Ufficio Idrografico di Bolzano abbiamo utilizzato il modello del manto nevoso denominato „SNOWPACK“. SNOWPACK è stato sviluppato negli ultimi 10 anni presso l'Istituto Federale elvetico per lo studio della neve e delle valanghe di Davos



(Lehning et al., 1999) e al momento si trova ancora in fase di ulteriore perfezionamento (Lehning et al., 2005). Oltre a trovare applicazione nell'ambito della prevenzione valanghe, SNOWPACK viene impiegato anche per il calcolo del bilancio di massa di ghiacciai e bacini idrografici nonché per lo studio dei rapporti tra neve, suolo e vegetazione.

Nell'ambito della prevenzione valanghe è attualmente in uso una versione sperimentale (Lehning et al., 2004), costantemente ottimizzata in base alle esperienze degli utenti. SNOWPACK offre la possibilità di simulare l'evoluzione del manto nevoso sulla base dei parametri meteorologici di cui sopra in corrispondenza delle stazioni meteorologiche automatiche.

Ogni punto in cui SNOWPACK simula il manto nevoso si compone di una stazione nivometrica, che dovrebbe trovarsi in corrispondenza di un terreno possibilmente uniforme e non troppo esposto all'azione del vento, e di una stazione vento su cui possibilmente non influisca la topografia circostante.

Trovandosi il modello operativo del manto nevoso a Davos, per consentire la modellizzazione è necessario il seguente flusso di dati:

- Rilevamento dei dati in corrispondenza della stazione nivometrica e della stazione vento (ogni 10 min);
- Trasmissione dei dati dalla stazione meteorologica alla banca dati di Bolzano (ogni 30 min);
- Trasmissione dei dati dalla banca dati di Bolzano alla banca dati di Davos (ogni 6 ore)
- Calcolo del modello con lo SNOWPACK a Davos (ogni 6 ore)
- Trasmissione dei risultati di Davos a Bolzano (ogni 6 ore)

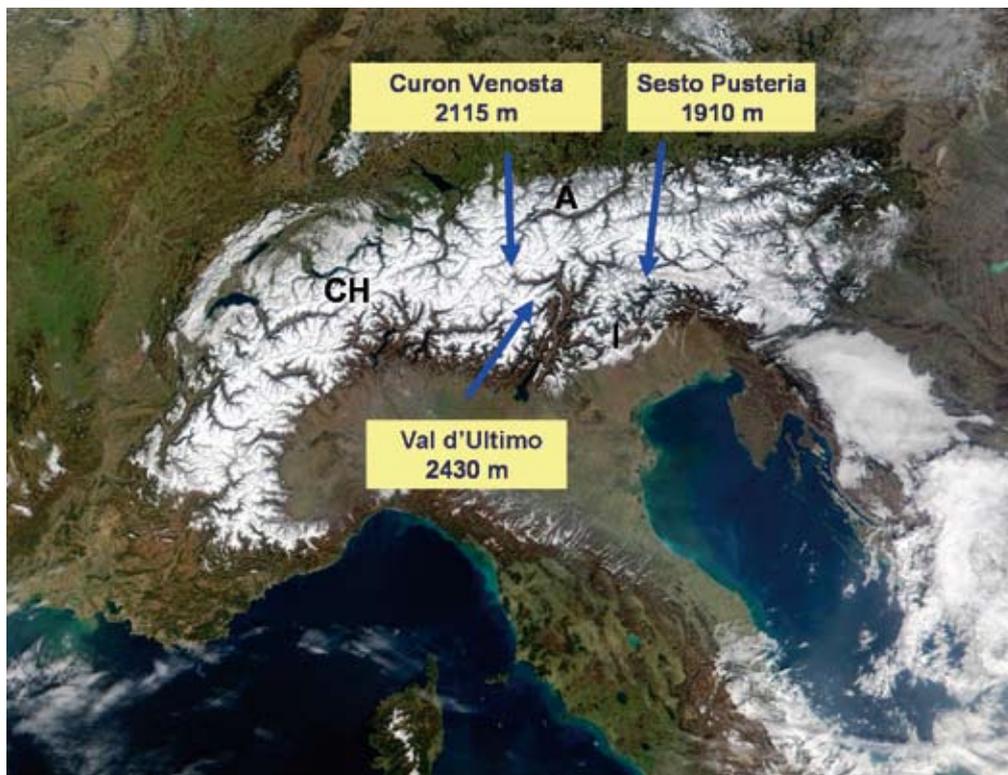


Figura 1 - ubicazione delle tre stazioni nivometeorologiche.

• Visualizzazione dei risultati a Bolzano (in qualsiasi momento). Un presupposto importante per il corretto funzionamento di SNOWPACK è l'affidabilità dei dati rilevati e della trasmissione degli stessi. Eventuali piccole interruzioni nelle serie dei dati rilevati (poche ore) vengono interpolate con un controllo di routine prima del calcolo del modello. Se l'interruzione del flusso dei dati da una stazione si protrae invece più a lungo (diversi giorni) il modello deve essere nuovamente inizializzato.

Il modello è molto sensibile ad eventuali errori nei rilevamenti, il che significa che i risultati del modello possono essere falsati notevolmente già da piccoli errori nelle misurazioni. Ad esempio, una temperatura troppo bassa della superficie del manto nevoso induce il modello a stimare in eccesso la formazione di brina di superficie. Se si hanno osservazioni ridondanti, ad esempio temperatura della superficie e radiazione solare diretta a onda corta e lunga, il modello

del manto nevoso consente di rivelare errori sistematici nelle misurazioni.

Essendo un flusso costante e corretto di dati presupposto fondamentale perché il modello funzioni, si rende quindi necessario molto impegno per garantire il controllo dei dati.

SNOWPACK IN ALTO ADIGE

Nel corso dell'inverno 2004/05 SNOWPACK è stato utilizzato in Alto Adige in corrispondenza di tre siti. La figura 1 mostra l'ubicazione delle tre stazioni meteorologiche.

La stazione meteorologica di Belpiano Curon Venosta/ Schöneben Graun im Vinschgau si trova lungo la dorsale alpina nella zona di confine tra Italia, Svizzera e Austria, la stazione di Pian dei cavalli – Val d'Ultimo / Rossbänke - Ultental - si trova sul lato orientale della zona dell'Ortles al confine con Trentino e Lombardia e la stazione di Sesto Pusteria - Prati di Croda Rossa / Sexten – Rotwandwiesen si trova nelle Dolomiti orientali al

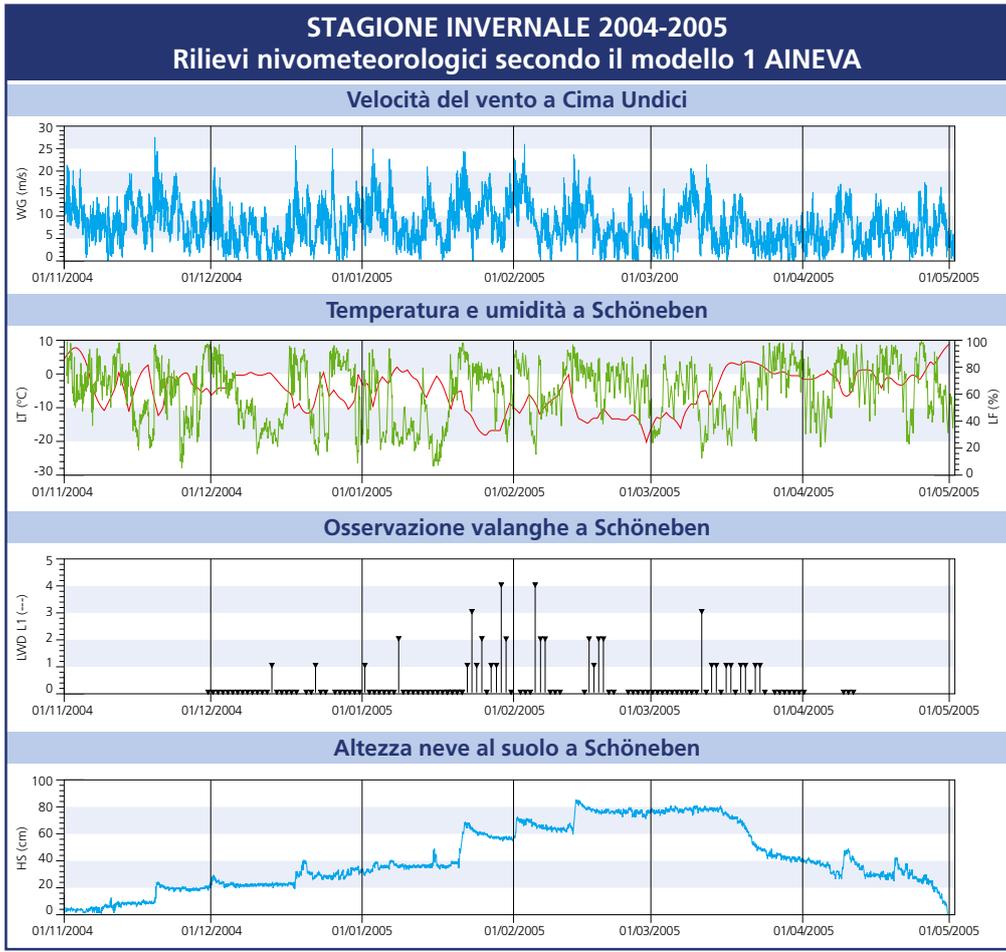


Fig. 2
Fig. 3

confine con il Veneto. Mentre in corrispondenza della stazione di Schöneben si hanno abbondanti precipitazioni nevose, soprattutto in caso di correnti da nordovest, nelle stazioni di Rossbänke e di Rotwandwiesen si ha neve fresca soprattutto con correnti provenienti da sudovest o con stau da sud.

L'analisi presenta a titolo esemplificativo i risultati delle modellizzazioni realizzate alla stazione meteorologica di Schöneben.

La figura 2 mostra l'andamento dell'inverno 2004/05 in corrispondenza della stazione nivologica automatica di Schöneben, a 2115 m s.l.m.. I dati relativi al vento provengono dalla stazione vento Cima Undici, a 2965 m s.l.m.. Come nel resto dell'area alpina centrale e meridionale, anche nella zona di Resia l'inverno 2004/05 ha presentato scarse precipitazioni nevose e forti venti in quota. L'inizio dell'inverno è stato caratterizzato da continue oscillazioni di temperatura e scarse precipitazioni. A 2000 m la temperatura saliva temporaneamente leggermente al di sopra dello 0° e fino alla metà di gennaio 2005 alla stazione di Schöneben vi erano circa 40 cm di neve. Il modesto spessore della neve ha indotto un forte metamorfismo da gradiente del manto, con conseguente formazione di una base del manto molto fragile. Dalla metà di gennaio fino alla metà di marzo si è avuta una fase con prevalente influsso da nord e temperature spesso al di sotto dei -10° a 2000 m. Sino alla metà di febbraio si sono inoltre avute tre consistenti precipitazioni nevose con complessivi circa 75 cm di neve fresca, per cui l'altezza del manto nevoso al suolo è salita a 84 cm. In questo periodo è stata registrata una forte attività valanghiva, e il pericolo di valanghe



nella regione è salito al grado 3 "MARCATO" (vedi figura 3).

Le nevicate sono state accompagnate da forte vento, per cui sul terreno aperto si sono avuti grandi accumuli eolici. La foto di pagina 10 mostra la situazione neve sulla dorsale alpina principale in pieno inverno 2004/05; i forti venti hanno trasportato e accumulato la neve soprattutto nelle conche e nei canali, mentre i punti esposti erano prevalentemente privi di neve. Fino alla metà di marzo il tempo è poi stato asciutto e freddo, successivamente si è avuta una precoce fusione del manto nevoso, interrotta da alcune fasi più fredde. Alla fine di aprile la stazione si presentava completamente priva di neve.

La figura 4 mostra l'andamento dell'altezza della neve totale e le forme dei grani calcolate tramite SNOWPACK nella stazione di Schöneben. Le diverse forme sono munite di un codice colore. Ben riconoscibile risulta la struttura assai complessa del manto nevoso, formatosi nel corso dell'inverno a seguito dei diversi periodi di precipitazioni, di momenti più caldi e più freddi all'interno del manto nevoso di scarso spessore. A partire dalla prima nevicata del 7.11.04, all'inizio dell'inverno si sono formati alcuni strati con metamorfismo da fusione interrotti da strati a debole coesione da metamorfismo costruttivo. Gli strati da metamorfismo di fusione si sono mantenuti in parte per tutto l'inverno. In pieno inverno si è poi avuta una progressiva trasformazione della neve in grani da metamorfismo costruttivo fino a formare brina di profondità, prima che alla fine dell'inverno iniziasse l'umidificazione totale degli strati del manto nevoso. Una comparazione con i profili stratigrafici rilevati manualmente

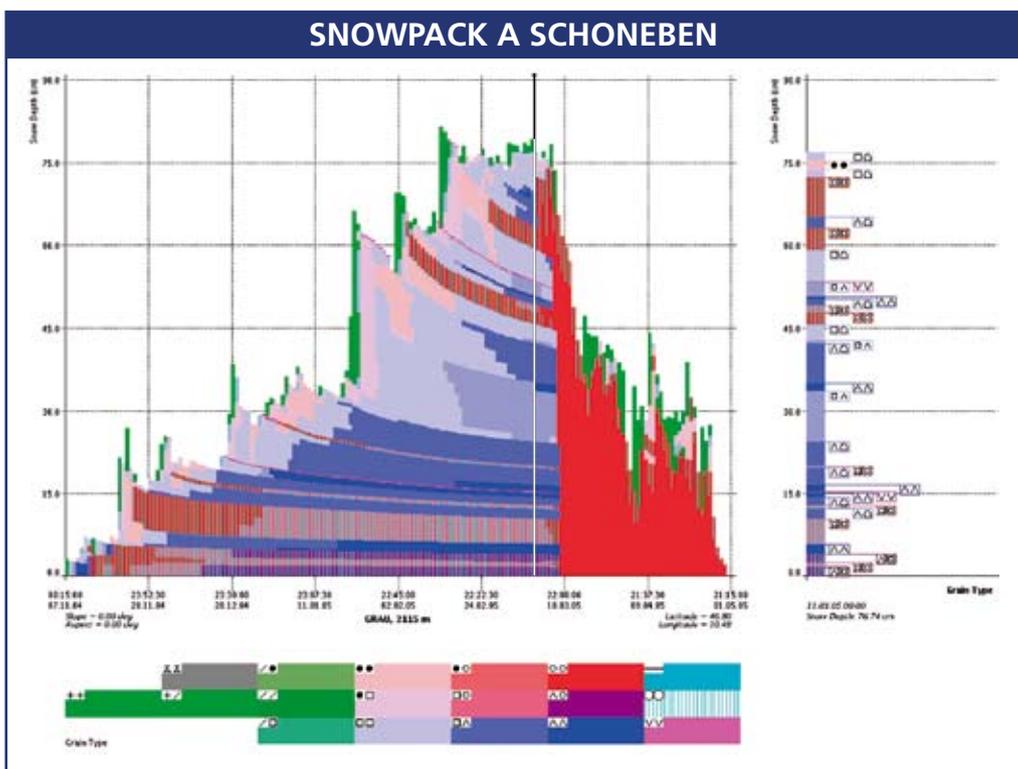


Fig. 4



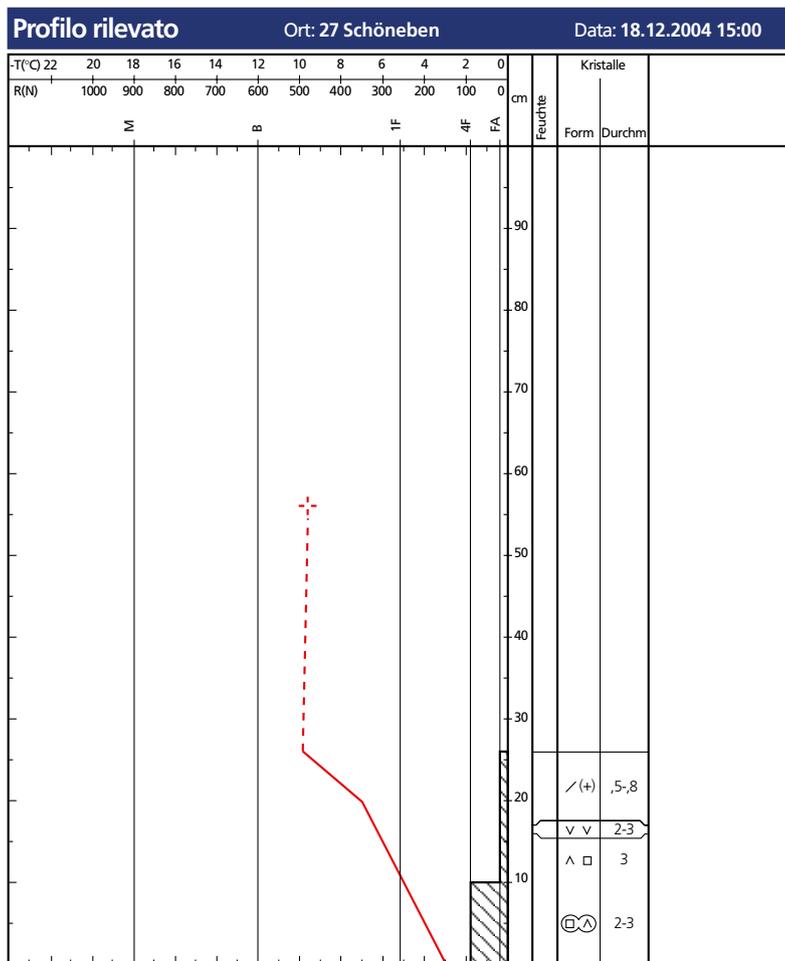
Figura 2 - Andamento dell'inverno 2004/05 in corrispondenza delle stazioni di Schöneben e di Cima Undici. Sono rappresentate: velocità del vento sulla Cima Undici; temperatura, umidità e altezza neve al suolo a Schöneben, oltre all'osservazione valanghe nella regione circostante.

Figura 3 - Grado di pericolo valanghe nella regione di Schöneben nell'inverno 2004/05

Figura 4 - Andamento dell'altezza della neve totale e forme dei grani nel manto nevoso nell'inverno 2004/05 nella stazione di Schöneben, calcolati tramite SNOWPACK.

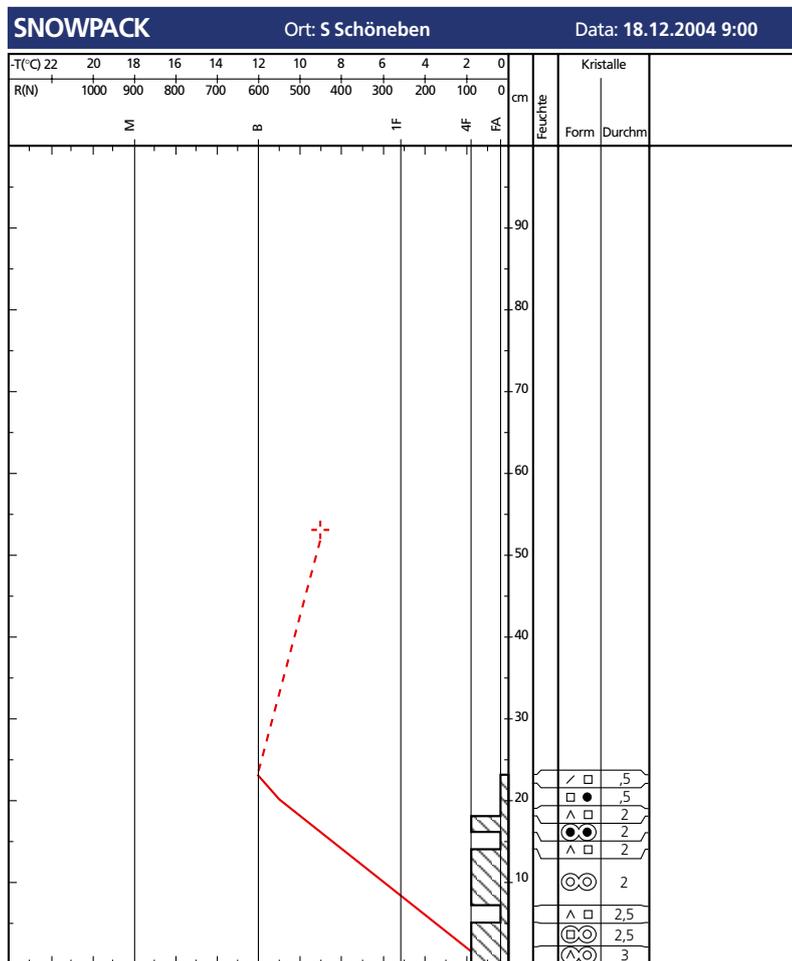
sul campo nivometeorologico di Schöneben intende ora mostrare quanto realistica sia la struttura del manto nevoso calcolata dal modello numerico. Non essendo al momento ancora possibile tramite SNOWPACK rappresentare in maniera completa all'interno di un profilo granulazione, tempe-

ratura, resistenza e umidità, i dati sono stati estratti da SNOWPACK e immessi in un programma per il profilo stratigrafico, come per i rilevamenti manuali. La figura 5 illustra una comparazione dei profili del 18.12.2004. In prossimità del suolo sia il modello che i rilevamenti diretti



mostrano uno strato da metamorfismo da fusione, risalente a metà novembre. Nella parte superiore del manto nevoso molto sottile osservazione e modellizzazione mostrano alcune differenze. Lo strato di brina di superficie inglobata in successive nevicate rilevata dall'osservatore non è stata infatti riprodotta dal modello. Inoltre, il modello mostra alcuni strati con metamorfismo distruttivo riferiti al periodo con temperature prossime allo 0° di metà novembre. Se si considera l'analisi della resistenza, ambedue i profili devono invece venire considerati deboli. Il 21.12.2004 nel comprensorio di Schöneben si è verificato un distacco provocato da uno sciatore fuori pista che effettuava una escursione nonostante l'esiguo spessore del manto nevoso. Su di un ripido versante in ombra lo sciatore ha provocato il distacco di un piccolo lastrone. Come

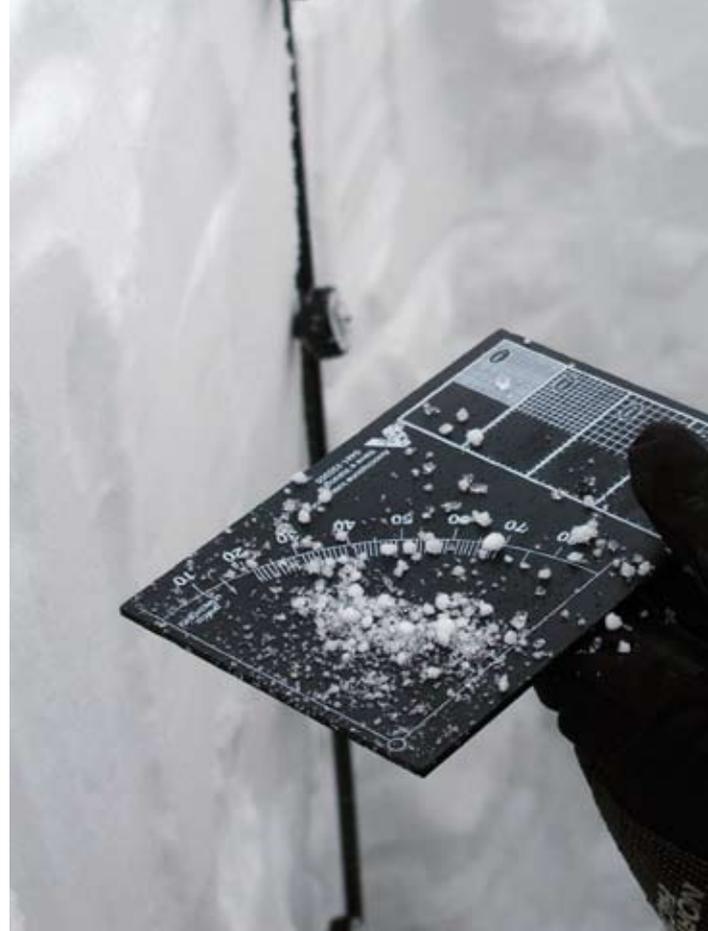
Figure 5a e 5b
Comparazione dei
profili stratigrafici
del 18.12.2004
alla stazione di
Schöneben.





indica la figura 6, il lastrone presentava uno spessore alla zona di distacco estremamente basso e raggiungeva una lunghezza

di circa 50 m. Al momento del distacco lo sciatore stava procedendo sci ai piedi e presumibilmente nel fare una inversione ha



provocato la rottura iniziale nelle strato di neve a debole coesione vicino al terreno. Il lastrone si è inizialmente distaccato su uno strato di brina di superficie innevata per poi interessare nella parte più ripida del pendio, il manto fino al suolo. Lo sciatore non è stato travolto dalla valanga. Questa tipologia di valanga è tipica dell'inizio inverno povero di neve in Alto Adige. Data l'esiguità del manto nevoso, in pratica vi era sufficiente neve per lo sci alpinismo solamente nelle conche e nei canali. La possibilità di distacco delle valanghe era molto elevata in tali aree, ma le dimensioni delle valanghe sono rimaste limitate.

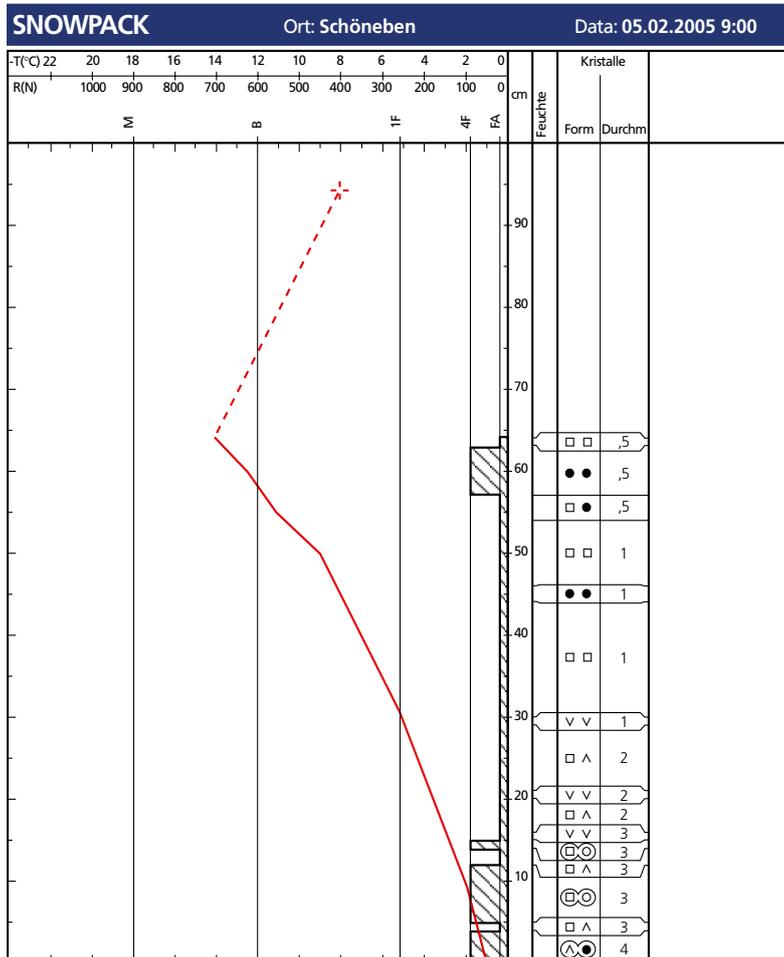
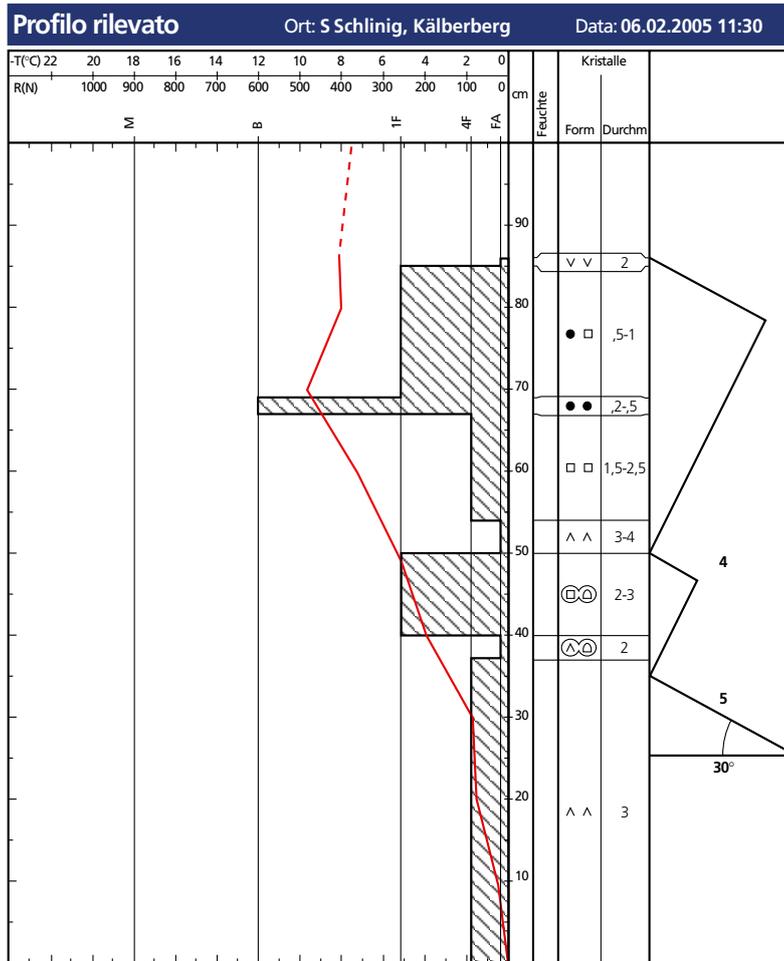
Dopo la seconda fase di precipitazioni nevose alla fine di gennaio, nella stessa zona a sud di Resia, ovvero nella frazione di Slingia, nel comune di Malles Venosta, si è verificato un altro incidente provocato da distacco di valanga (vedi figura 7a e 7b). Due sci alpinisti stavano scendendo lungo un versante ripido esposto a est, con pendenza massima attorno ai 41 gradi. Mentre una persona

Colonna a sinistra dall'alto

Figura 6 - Foto del distacco nella zona di Resia il 21.12.2004.

Figure 7a e 7b
Foto della zona di distacco della valanga presso la frazione Slingia il 05.02.2005.

Figure 8a e 8b
 Comparazione dei
 profili stratigrafici
 del 06-05.02.2005
 alla stazione di
 Schöneben.



era ferma, un'altra provocava al di sopra di essa il distacco di un lastrone. Il lastrone si staccava dalla parte superiore del pendio, a 2170 metri s.l.m., in una zona di neve compattata dal vento. Tutte e due le persone venivano trascinate dalla valanga, una di esse rimaneva parzialmente travolta e leggermente ferita.

Le figure 8a e 8b mostrano un confronto tra il profilo rilevato in corrispondenza del punto di distacco della valanga con il profilo stratigrafico calcolato tramite SNOWPACK a Schöneben il giorno del verificarsi del distacco. Il profilo della frattura evidenzia come la valanga si sia distaccata in corrispondenza dello strato fragile dei cristalli a calice (brina di profondità), trascinando tuttavia con sé tutto il manto nevoso. Ambedue i profili mostrano nella loro parte superiore la neve fresca in metamorfismo da isoterma con granulazione piccola e rotondeggiante, anche se l'elevato gradiente termico ha già indotto un avvio del metamorfismo da gradiente. La parte inferiore del manto nevoso è costituita prevalentemente da cristalli di neve in metamorfismo costruttivo e cristalli a calice. Le forme da fusione presenti nei due profili si distinguono chiaramente per la loro posizione precisa. Entrambi i profili mostrano la situazione tipica di questo inverno con un manto nevoso a debole stratificazione.

Nell'analisi dei due modelli va tenuto presente che un profilo di versante viene messo a confronto con un profilo su terreno pianeggiante. E qui nella modellizzazione del manto nevoso tramite modello computerizzato emerge un ulteriore problema. Nel territorio alpino le condizioni meteorologiche locali variano infatti molto rapidamente, e non è quindi possibile trasferire su

terreno in pendenza i risultati ottenuti su terreno pianeggiante. Ad esempio, uno strato di brina di superficie che in un luogo pianeggiante e al riparo dal vento si mantiene per diversi giorni fino al sopraggiungere della precipitazione nevosa successiva, in corrispondenza di un versante soleggiato può sciogliersi nuovamente durante il giorno.

Il presente articolo ha consentito di presentare solamente una piccola parte dei raffronti tra profili osservati e modellizzati nell'inverno 2004/05. Nel complesso si può comunque affermare che i modelli del manto nevoso come SNOWPACK offrono una buona possibilità di acquisire informazioni oggettive circa lo stato del manto nevoso dai dati delle stazioni meteorologiche automatiche. In linea di massima, fenomeni caratteristici come la

formazione di brina di superficie, il metamorfismo costruttivo e distruttivo e l'umidificazione totale degli strati del manto nevoso vengono descritti correttamente dal modello. I problemi legati alla traduzione di queste informazioni puntuali in un'indicazione precisa circa la stabilità del manto nevoso e il conseguente pericolo di valanghe non sono tuttavia ancora sufficientemente risolti. Attualmente, non è infatti ancora possibile definire con quale sovraccarico uno strato debole provochi un distacco di valanga. Vi è quindi necessità di compiere ulteriori sforzi per riuscire a ricavare dal modello previsioni deterministiche in merito alla stabilità del manto nevoso e, conseguentemente, al pericolo di valanghe. Anche l'indice di trasporto eolico calcolato dal modello che oltre alla velocità del vento tiene in considerazione anche lo stato del manto nevoso, non ha ancora dato dei risultati utilizzabili.



Parallelamente alla fase di test dello SNOWPACK da parte di diversi servizi valanghe, lo SNOWPACK dell'SLF procede nel suo sviluppo. Particolari sforzi sono in atto per dare una interpretazione dei profili simulati dal punto di vista del pericolo valanghe. Così è stato sviluppato un indice di stabilità, che assieme alla forma dei cristalli dei singoli strati, pone attenzione anche a repentine variazioni nella stratificazione e con ciò da una chiara interpretazione della posizioni di eventuali strati deboli. Inoltre, nell'inverno 2005/06, verranno condotti operativamente simulazioni su pendii che potrebbero smorzare una parte dei problemi sopra esposti. A lungo termine la simulazione all'SLF avverrà tridimensionalmente, potendo così considerare anche la variabilità spaziale.

L'obiettivo a lungo termine è di offrire, con la modellazione del manto nevoso, un utile strumento alla previsione delle valanghe.



Bibliografia

- Lehning, M., Bartelt, P., Brown, R.L., Russi, T., Stöckli, U., Zimmerli, M., 1999: Snowpack Model Calculations for Avalanche Warning based upon a new Network of Weather and Snow Stations, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 30, 145-157.
- Lehning, M., C. Fierz, B. Brown, and B. Jamieson: 2004, "Modelling instability for the snow cover Model SNOWPACK". *Ann. Glac.* 38, 331-338
- Lehning, M., I. Völksch, D. Gustafsson, T. A. Nguyen, M. Stähli, and M. Zappa: 2005, "ALPINE3D: A detailed model of mountain surface processes and its application to snow hydrology". *Hydrol. Processes*; in press.

IL **PROFILO** NIVOLOGICO SEMPLIFICATO

Robert Bolognesi
METEORISK



In questo articolo Robert Bolognesi ci illustra dettagliatamente lo studio che ha svolto sui profili nivologici semplificati, dimostrando che l'evoluzione di questo metodo d'investigazione del manto nevoso consente di acquisire con buona precisione numerose ed essenziali informazioni per valutare il rischio di valanghe.

Viene presentato con chiarezza e semplicità il metodo di esecuzione che unito ai risultati delle numerose campagne di rilievo conduce ad una analisi comparativa con il metodo tradizionale. Come egli stesso dice anche questa tecnica presenta qualche inconveniente, ed è grazie a questa puntuale disamina che è possibile considerare attendibile una metodologia peraltro già in uso in tempi passati.

Paolo Turcotti

Sembrerebbe abbastanza naturale voler auscultare una valanga causata dalla rottura dell'equilibrio all'interno del manto nevoso, per cercare di prevederne il fenomeno... E di fatto l'osservazione delle caratteristiche interne dello strato di neve (cristallografia, durezza, umidità, massa volumica, temperatura e resistenza alla penetrazione) rappresenta uno dei fondamentali base nella metodologia attuale della previsione

di valanghe, su scala regionale. La resistenza alla penetrazione è da sempre ottenuta mediante il sondaggio condotto con sonda penetrometrica.

Nella pratica però questo procedimento presenta alcuni inconvenienti:

- può richiedere più di un'ora di lavoro a due persone;
- generalmente non permette di individuare dei sottili strati fragili e di misurarne la resistenza;

• necessita di materiale abbastanza pesante, ingombrante e costoso.

Questi inconvenienti possono sembrare minimi ma sono sufficienti a scoraggiare completamente sia guide che escursionisti, e a far sì che gli addetti agli impianti effettuino un profilo stratigrafico/nivologico solo una volta a settimana e in un solo luogo; troppo poco se si vuole cercare di localizzare i rischi



di valanga con un po' di precisione. L'accentuata variabilità della struttura del manto nevoso limita fortemente la rappresentatività spazio-temporale dello specifico rilievo, in particolare



se effettuato in zone di alta montagna... Ma come disporre di un'informazione sulla struttura del manto nevoso che sia contemporaneamente significativa e facile da ottenere?

Il profilo nivologico semplificato potrebbe rappresentare una risposta valida a questo quesito. Eccone una rapida presentazione.

IL PROFILO NIVOLOGICO SEMPLIFICATO: IN PRATICA

Non cadiamo in errore: il profilo "semplificato" non è un profilo ridotto né degradato! Non è l'informazione ad essere semplificata ma solo il modo per ottenerla. La semplificazione riguarda solo il sistema operativo descritto di seguito.

a) Scegliere con cura il luogo per il rilievo

Si cercherà una zona rappresentativa di ciò che si desidera analizzare: si sceglierà un pendio simile alle zone di distacco (pen-

denza, altitudine e orientamento paragonabili) assicurandosi che non sia esposto a valanghe.

b) Scavare una buca fino al suolo (o fino a trovare uno strato di neve molto resistente e spesso) Generalmente non è necessario scavare oltre uno strato difficile da scalfire con la pala.

c) Lisciare con la pala il piano di taglio

Se il piano di taglio è esposto al sole sarà necessario proteggerlo dai raggi solari.

d) Identificare i vari strati di neve

Sono identificabili attraverso le variazioni di tessitura, di colore e di coesione della neve. Si possono segnare i margini dei vari strati per visualizzarli meglio.

e) Per ogni strato di neve identificato:

- stimare la durezza della neve con il test della mano (vedi box)
- stimare l'umidità della neve con il test della mano (vedi box)
- identificare il tipo di cristallo dominante
- valutare (o misurare) l'altezza dello strato
- riportare queste informazioni sul modello cominciando dallo strato di base del manto nevoso, vedi es. da 1 a 3.

f) Riportare sul grafico le altre informazioni utili

Dopo aver trascritto la resistenza, la cristallografia e l'umidità di tutti gli strati di neve, si possono annotare sul grafico le temperature, l'altezza dell'ancoraggio al suolo e tutte le altre informazioni utili, come per esempio il diametro dei cristalli di neve, la massa volumica, ecc., come per un profilo stratigrafico convenzionale. E' possibile inoltre citare il risultato di un test di stabilità indicando il livello di rottura, che può talvolta rivelare un piano di taglio o di scivolamento difficile da individuare. Terminare la compilazione con data, ora e

Promemoria sul test della mano

La durezza di uno strato di neve può essere valutata secondo la possibilità di penetrazione orizzontale del pugno, delle quattro dita, di un dito, di una matita o della lama di un coltello.

La neve viene così classificata:

- molto tenera se si può penetrare con il pugno (cod. 1),
- tenera se si può penetrare solo con le quattro dita chiuse (cod. 2),
- semi-dura se si può penetrare solo con un dito (cod. 3),
- dura se si può penetrare solo con una matita (cod. 4),
- molto dura se si può penetrare solo con la lama di un coltello (cod. 5).

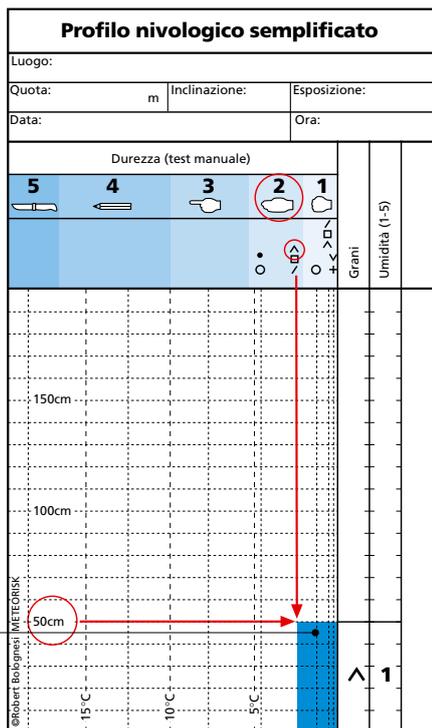
Per individuare il grado di umidità della neve, si pratica un test manuale che consiste nel cercare di creare una palla.

La neve è considerata:

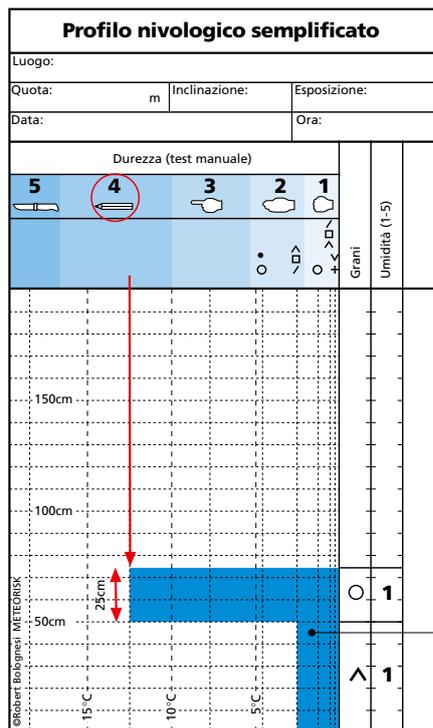
- asciutta se è impossibile formare una palla (cod. 1);
- poco umida se il guanto rimane asciutto facendo la palla (cod. 2);
- umida se il guanto rimane umido facendo la palla (cod. 3);
- bagnata se dell'acqua scorre stringendo la palla (cod. 4);
- molto bagnata se si tratta di una "zuppa corposa", misto di neve ed acqua (cod. 5)

N.B. I tests vanno effettuati con i guanti.

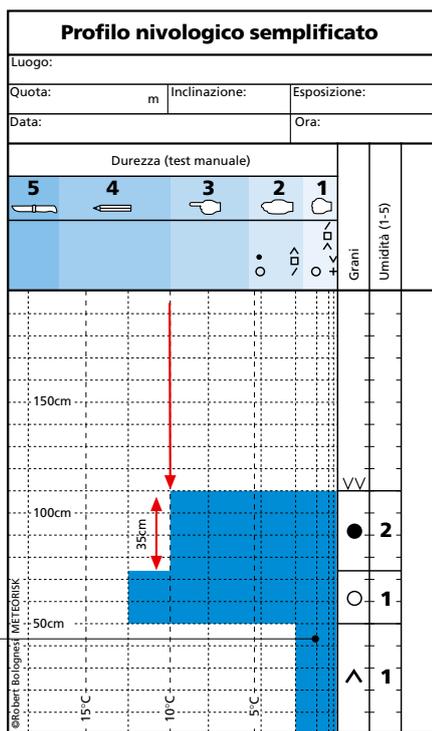
Profili



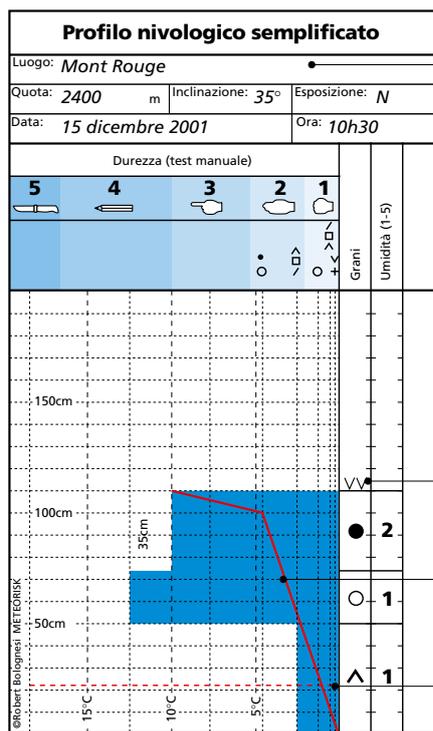
PROFILO 1
strato basale di
altezza 50 cm,
tenero (durezza 2)
asciutto (umidità 1)
e costituito da
cristalli a calice
(simbolo \wedge)



PROFILO 2
secondo strato di
neve, altezza 25 cm,
di durezza 4,
asciutto (umidità 1)
e costituito da grani
rotondi (simbolo \circ)



PROFILO 3
terzo strato di neve,
altezza 35 cm, di
durezza da 3 a 4,
poco umido
(umidità 2) e
costituito da grani fini
(simbolo \bullet)



PROFILO 4
dati geografici e
topografici

brina di superficie
temperature interne
del manto nevoso:
-10°C in sup, -5°C a
-10 cm, 0°C al suolo
rugosità del suolo
25 cm

informazioni geografiche e topografiche.

IL PROFILO NIVOLOGICO SEMPLIFICATO: FONDAMENTI

L'idea di semplificare la misurazione della resistenza degli

strati del manto nevoso non è nuova ed è utilizzata da tempo dai servizi di previsione delle valanghe dell'Esercito svizzero e dall'Istituto di Davos. Il profilo nivologico semplificato qui presentato rappresenta l'evoluzione di una pratica vecchia e nota, e ha lo scopo essenziale di apportare maggior precisione nella

valutazione delle resistenze della neve, senza complicare il sistema operativo.

Numerose campagne di misurazione sono state effettuate (studi METEORISK) allo scopo di quantificare un'eventuale relazione statistica tra la durezza di uno strato nevoso e la sua resistenza al taglio, con la speranza di di-



sporre, per la previsione locale valanghe, di una variabile molto significativa ottenuta mediante un dato di facile rilevazione.

Per effettuare queste ricerche è stato estrapolato un campione statistico, procedendo alla misurazione di diversi strati di neve, superficiali e interni.

Per ogni strato di neve preso in considerazione si sono rilevate contemporaneamente la durezza, la resistenza e la cristallografia. Onde evitare i valori devianti sono state prese alcune precauzioni:

- il valore di resistenza al taglio che è stato utilizzato è la media tra numerose misurazioni effettuate sulla stesso strato di neve, calcolata ignorando i due valori estremi;

Condizioni generalmente instabili

Profili filiformi a debole resistenza

Questi profili descrivono sia manti nevosi totalmente umidi sia manti nevosi formati da recenti e intense precipitazioni nevose. Coincidono quasi sempre con fenomeni valanghivi importanti con numerosi distacchi spontanei o provocati.



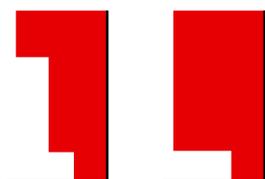
Profili dentellati a resistenza moderata

Questi profili corrispondono a manti nevosi ventati o trasformati. Le valanghe spontanee sono rare ma sono spesso da temere distacchi provocati da sovraccarico. Questi profili rivelano situazioni complesse, difficili da analizzare e spesso pericolose.



Profili piramidali invertiti

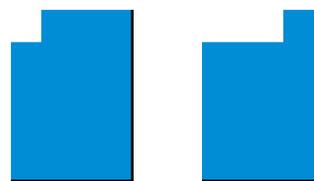
Sono profili poco frequenti, salvo all'inizio della stagione invernale. Costituiscono una categoria particolare di profili dentellati. L'attività spontanea è spesso debole ma il manto è molto sensibile ai sovraccarichi e valanghe provocate possono essere numerose.



Condizioni generalmente stabili

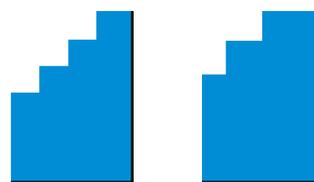
Profili massicci a forte resistenza

I manti sono in linea di massima stabili salvo se poggiano su piani lisci e lubrificati, che non offrono alcun ancoraggio di fondo. Le valanghe, eccezionali, sono generalmente di fondo e spontanee.



Profili piramidali a resistenza crescente rapidamente dalla superficie verso la base del manto nevoso

Il manto è generalmente stabile. Le valanghe sono rare e si tratta in genere di colate di superficie puntuali localizzate soprattutto sui pendii ripidi.



Profili dentellati con forte resistenza in superficie

Sono profili tipici di manti nevosi sottoposti a cicli di fusione e rigelo primaverile o ad un forte raffreddamento dopo la pioggia. Le valanghe sono molto improbabili finché lo strato di rigelo superficiale è spesso.



- si è preferito utilizzare il telaietto piuttosto che lo scissometro a corona in quanto, anche se più delicato da usare, fornisce valori più esatti per gli strati di neve più recenti, nei quali può essere fatto scivolare e non sprofondare, evitando un aumento della resistenza al taglio per coesione con la base delle alette;

- i tests di durezza sono stati effettuati sgomberando gli strati di neve sovrastanti lo strato esaminato (a causa dei quali la durezza degli strati profondi sarebbe sovraestimata);

- i casi in cui il risultato del test di durezza era incerto sono stati eliminati dal campione.

Si noterà che gli strati del manto nevoso presentanti una durezza superiore a 4 non sono stati studiati poiché la loro resistenza esatta non è molto utile ed è difficile da misurare sul terreno.

Al termine di queste campagne di misurazione, si è potuto stabilire delle corrispondenze tra i risultati dei test di durezza e i valori misurati con il telaietto. Queste corrispondenze non sono ovviamente (e sfortunatamente) univoche: ad una data classe di durezza corrispondono diversi valori di resistenza al taglio. E' nelle nevi più teneri (durezza 1 e 2) che questi valori variano proporzionalmente in maniera più importante. Questa imprecisione ha comunque potuto essere ridotta differenziando questi tipi di neve in base alla loro cristallografia.

Le corrispondenze ottenute sono implicitamente trascritte sul modello: gli spazi tra le righe verticali corrispondono allo scarto tra i valori di resistenza; l'asse orizzontale del modello rappresenta la resistenza al taglio, espressa in N/m^2 (la graduazione di quest'asse non è indicata per non sovraccaricare il grafico ma anche e soprattutto perché

sarà meglio considerare il tipo di profilo ottenuto piuttosto che i valori propriamente detti).

IL PROFILO NIVOLOGICO SEMPLIFICATO: INTERPRETAZIONE

Le differenti resistenze riscontrate all'interno del manto nevoso possono disegnare una moltitudine di profili diversi. Schematicamente, si possono distinguere sei tipi di profilo, alcuni caratteristici di manti nevosi solidi, altri rivelatori di instabilità come:

- i profili filiformi;
- i profili dentellati e a resistenza moderata.

Questi due tipi di profilo sono generalmente abbastanza allarmanti, in particolare quando si osserva:

- una netta differenza di dimen-

sione dei cristalli in due strati sovrapposti ($> 1\text{ mm}$)

- uno strato a debole resistenza costituito da cristalli di grosse dimensioni ($> 1\text{ mm}$)

IL PROFILO NIVOLOGICO SEMPLIFICATO: POTENZIALITÀ E LIMITI

Il profilo nivologico semplificato presenta dei vantaggi ma anche alcuni inconvenienti e, come ogni strumento, dispone di potenzialità e limiti che vanno ben valutati per un utilizzo vantaggioso.

I **principali vantaggi** del profilo nivologico semplificato sono i seguenti:

- evidenzia resistenze al taglio che appaiono più significative dello stato di stabilità del manto





nevoso rispetto alle resistenze alla penetrazione verticale di una sonda sotto l'effetto dei colpi del sondaggio penetrometrico;

- è di rapida esecuzione: l'escursionista può effettuarlo nel corso di un'uscita senza sconvolgerne troppo gli orari e il previsore locale può facilmente effettuare numerosi rilievi successivi per avere una percezione più realistica del manto nevoso, in quanto meno puntuale;

- non necessita di apparecchiature di misurazione, quindi non implica acquisti onerosi, alcuna manutenzione periodica, non c'è sovrappeso nello zaino, nessun ingombro limitante la facilità di movimento... Solo la pala e la sonda, che devono sempre essere portate durante una escursione invernale, e alcune conoscenze di base della nivologia servono per realizzare un profilo di resistenza. L'escursionista e la guida alpina possono quindi effettuarlo se necessario. Il previsore dovrà munirsi di un



termometro, un carotatore e un dinamometro, per effettuare un rilievo completo. La lente e la piastrina cristallografica non sono indispensabili ma possono facilitare l'identificazione dei cristalli di neve. Tutto questo rimane leggero e poco ingombrante...

- il risultato è immediatamente visualizzabile, sul terreno, in quanto nessun calcolo si rende necessario per tracciare il profilo di resistenza; è quindi molto utile per le decisioni da prendere nell'immediato;
- è di facile e rapido apprendimento; è sufficiente un po' di attenzione e alcune nozioni di nivologia per poter realizzare un profilo nivologico semplificato;
- i rischi di rilevazioni errate sono limitati; uno strato sottile e fragile non passerà inosservato come nel corso di una prova penetrometrica
- può essere facilmente realizzata da una persona sola.

Naturalmente il profilo nivologico presenta anche **alcuni inconvenienti**:

- come tutte le misurazioni nivologiche puntuali la sua rappresentatività spaziale è limitata; è quindi necessaria una certa esperienza per individuare cor-

rettamente il luogo per il rilievo, soprattutto in altitudine e quando si tratta di terreno accidentato;

- è necessario praticarlo regolarmente, per saperlo interpretare correttamente;
- alcuni valori riportati sono stimati e non misurati;
- comporta una parte interpretativa dove gli strati sono troppo sottili per poter praticare il test di durezza;
- gli strati fragili molto sottili sono talvolta difficili da individuare da parte di operatori poco esperti; un test di stabilità rapido come quello della pala è in questi casi un eccellente complemento al profilo nivologico semplificato (come d'altronde per il sondaggio classico);
- è necessario scavare una buca nella neve, il che può essere fastidioso in presenza di un manto nevoso spesso.

Ognuno potrà fare un bilancio personale tra vantaggi e svantaggi, in funzione delle proprie necessità, senza dimenticare che il profilo nivologico semplificato altro non è che uno strumento semplice che permette all'escursionista di vedere più "in profondità" sotto la superficie della neve e al previsore di disporre più facilmente di un'informazione

meno puntuale, relativa alla struttura del manto nevoso.

Naturalmente non bisognerà dimenticare di prendere in considerazione i parametri topografici per valutare la stabilità del manto nevoso e le vulnerabilità per stimare il rischio.

Il presente articolo, tradotto integralmente, è stato pubblicato sulla rivista francese "Neige et Avalanches" n. 108 del dicembre 2004. Si ringraziano la Redazione e l'autore per la disponibilità del prezioso contributo.



LA SICUREZZA NELLE TUE MANI PROFESSIONALE, SEMPLICE E VELOCE.

SnowBip II
Il classico per professionisti

ARVA analogico
Ricezione acustica su altoparlante e tramite auricolare addizionale
Autonomia di 430 ore in trasmissione più 5 ore in ricerca
Portata massima di 60÷120 metri
Precisione di localizzazione entro 30 cm sulla verticale di un apparecchio a 2 metri di profondità
Assoluta tenuta stagna (IP67)

ARVA 457 kHz
snow bip
LOCALIZZATORE ELETTRONICO DISPERSI IN VALANGA

I professionisti della montagna conoscono, apprezzano ed utilizzano gli **ARVA SNOWBIP**
Fai come loro!
Allenati ad usarlo e, quando c'è neve, portalo sempre con te.

SnowBip RT3
Per esperti e per meno esperti

ARVA analogico+digitale
Ricezione acustica su altoparlante e tramite auricolare addizionale
Ricezione visiva di distanza, direzione e intensità su display LCD
Sistema a due antenne
Autonomia di oltre 450 ore in trasmissione più 10 ore in ricerca
Portata massima di 60÷100 metri
Precisione di localizzazione entro 30 cm sulla verticale di un apparecchio a 2 metri di profondità
Assoluta tenuta stagna (IP67)

fitre

SISTEMA QUALITÀ CERTIFICATO ISO 9001:2000 www.fitre.it e-mail: divisione.dsi@fitre.it

NEVE

SUI

ALPI ITALIANE



**Mauro Valt, Anselmo Cagnati,
Andrea Crepaz, Gianni Marigo**
A.R.P.A.V. Centro Valanghe Arabba
Via Pradat, 5
32020 ARABBA - Italy
Fax: 0436 755711
cva@arpa.veneto.it

L'andamento delle precipitazioni nevose sul versante meridionale delle Alpi

Recenti lavori hanno evidenziato una generale diminuzione delle precipitazioni invernali negli ultimi decenni su tutto l'arco alpino meridionale (Cacciamani et al., 2001, Quadrelli et al., 2001) ed in particolare di quelle nevose, sia nel settore occidentale, come in Valle d'Aosta (Mercalli et al., 2003), che in quello orientale, come nelle Dolomiti (Valt e Cagnati, 2004, Fazzini e Gaddo, 2003). Tutti questi lavori riguardavano tuttavia un numero limitato di stazioni. Al fine di tracciare un bilancio generale per tutto il versante Sud delle Alpi, limitatamente alla precipitazione nevosa, intesa come cumulo stagionale di neve fresca, sono stati presi in esame i dati di 40 stazioni ubicate a sud dello spartiacque, la maggior parte in territorio italiano e alcune in territorio svizzero. (Fig. 1)

Nel presente lavoro vengono quindi illustrati i risultati delle prime elaborazioni e in particolare agli andamenti dei cumuli di neve fresca nel periodo recente (1971- 2000) e, dove possibile, per un periodo più lungo (1920 – 2005). Oltre ad una caratterizzazione generale, vengono evidenziati gli andamenti nei 3 grandi settori delle Alpi (Occidentale, Centrale ed Orientale) e, limitatamente alle Alpi Orientali, le analogie con l'attuale fase di ritiro dei ghiacciai.



FONTE DEI DATI

Il presente lavoro è stato reso possibile grazie alla collaborazione di tutti gli Uffici Valanghe aderenti all'AINEVA (Associazione Interregionale Neve e Valanghe) che hanno reso disponibili parte delle loro banche dati e del SLF di Davos per i dati relativi alle stazioni ubicate in territorio Svizzero.

Gran parte dei dati sono stati inoltre desunti dagli Annali Idrologici pubblicati dal Ministero dei Lavori Pubblici (Ministero

Lavori Pubblici, 1927-1996) il quale ha mantenuto per un lungo periodo una fitta rete di stazioni termo-pluviometriche sul territorio nazionale. Altri dati provengono dai rapporti giornalieri delle misure effettuate dalle Compagnie Elettriche presso le dighe, e dalle reti nivometeorologiche manuali gestite dall'Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione Valanghe e Servizio Meteorologico della Provincia Autonoma di Bolzano, dall'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia

della Provincia di Trento, dall'Ufficio Valanghe della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e dall'ARPAV-Centro Valanghe di Arabba. I dati relativi alla precipitazione nevosa stagionale sono il risultato della sommatoria dei singoli valori giornalieri rilevati di norma alle ore 8.00 di ciascun giorno (Cagnati, 2003) ed espressi in cm. In tutti i grafici e le tabelle del presente lavoro l'anno di riferimento è l'anno idrologico (ad esempio l'anno 2003 inizia dal 1 ottobre 2002 e termina il 30 settembre 2003). Tuttavia, per i raffronti, sono state considerate le sole precipitazioni nevose relative alla stagione invernale compresa fra il mese di ottobre e il mese di maggio. Per alcune stazioni, i valori mensili e stagionali erano riassunti già in tabelle nelle pubblicazioni consultate, per altre sono state effettuate le varie sommatorie partendo dai valori giornalieri.

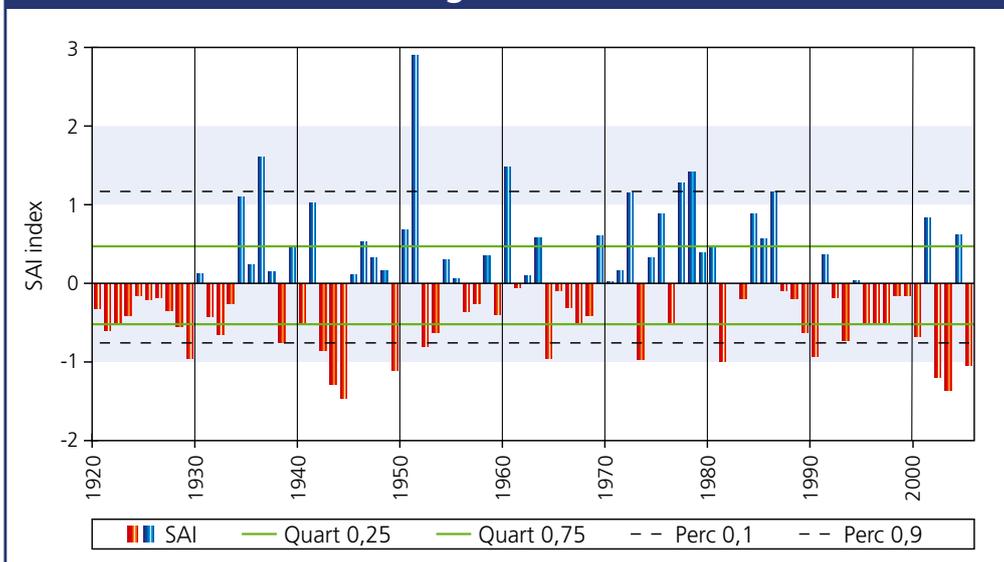
Superficie totale di 27 ghiacciai campione



Fig. 1

Fig. 2

Cumulo stagionale neve fresca



ELABORAZIONI EFFETTUATE

Per evidenziare l'andamento a livello regionale mediante un'unica serie, è stato utilizzato l'indice adimensionale SAI (Standardized Anomaly Index) (Giuffrida e Conte, 1989) che esprime le anomalie della grandezza studiata, attraverso il contributo dei valori medi annuali o stagionali delle singole stazioni.

Un indice annuale di anomalia pari a 0 indica un anno in linea con la media di riferimento, un valore di anomalia positivo o negativo indica rispettivamente un eccesso o un deficit più o meno elevati rispetto al valore normale (Mercalli et al., 2003). Per caratterizzare i diversi andamenti delle serie storiche considerate, è stato calcolato il valore medio nel trentennio di riferimento 1971-2000 (come stabilito dal WMO, Climate Normals,



CLINO, nota tecnica 847) e sono stati calcolati gli scarti da questo valore medio.

In particolare, per definire gli eventi eccezionali (estremi o rari), è stato determinato il 0.10 e il 0.90 percentile rispetto al trentennio di riferimento. Gli scarti medi che si collocano oltre tali soglie sono stati considerati eventi rari (IPCC, 2001). Sono stati considerati come valori rientranti nella variabilità media quelli situati fra il 1 e il 3 quartile (25% e 75%). Gli scarti medi che si collocano all'interno del 1 quartile e del 3 quartile, fino al 0.10 e 0.90 percentile, sono stati definiti eventi al di fuori della norma. Diversi autori utilizzano soglie differenti e metodi statistici più evoluti per analizzare i dati relativi alle precipitazioni e alle temperature, ma è stata utilizzato questo metodo di caratterizzazione per la sua semplicità.

I RISULTATI DELL'INDICE SAI

In Figura 2 è riportato l'andamento delle precipitazioni nevose sul versante meridionale delle Alpi, espresso come indice di anomalia SAI, calcolato sul periodo climatico di riferimento (1971-2000) per le 40 stazioni a disposizione. Il trentennio di riferimento 1971-2000 è contraddistinto da 2 periodi con andamenti diversi. Un primo periodo, dal 1971 al 1986, è caratterizzato da una sequenza di inverni con SAI positivo, dei quali ben 5 al di fuori della norma (1972, 1975, 1980, 1984, 1985 e 1986) e 2 inverni eccezionalmente nevosi (rari) il 1977 e il 1978. In questo periodo sono solo 2 gli inverni particolarmente poco nevosi, il 1973 e il 1981. A questo primo periodo segue una seconda ben distinta sequenza di inverni caratterizzati da SAI negativo (1987-2000) con



5 inverni al di fuori della norma (1989, 1993, 1995, 1996 e 2000) e solo il 1990 eccezionalmente secco. I valori di SAI negativo sono ancora riscontrabili negli inverni recenti, come il 2002, il 2003 e il 2005, compresi però fra inverni nevosi come il 2001 e il 2004. Per quanto riguarda il periodo precedente al 1971, è possibile osservare come spic-

Alpi Occidentali

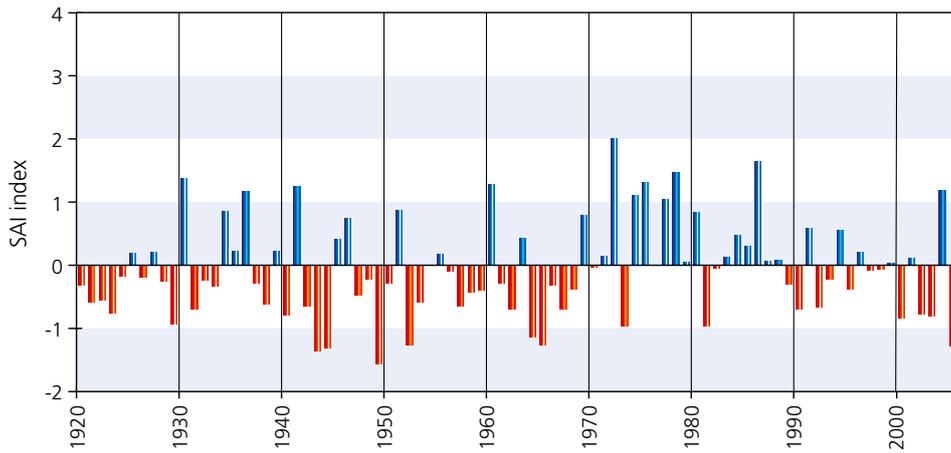


Fig. 3a

Fig. 3b

Alpi Centrali

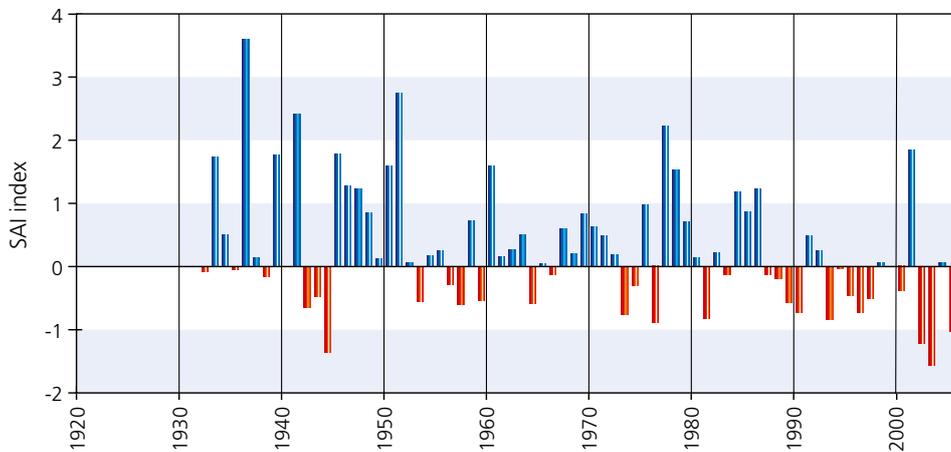
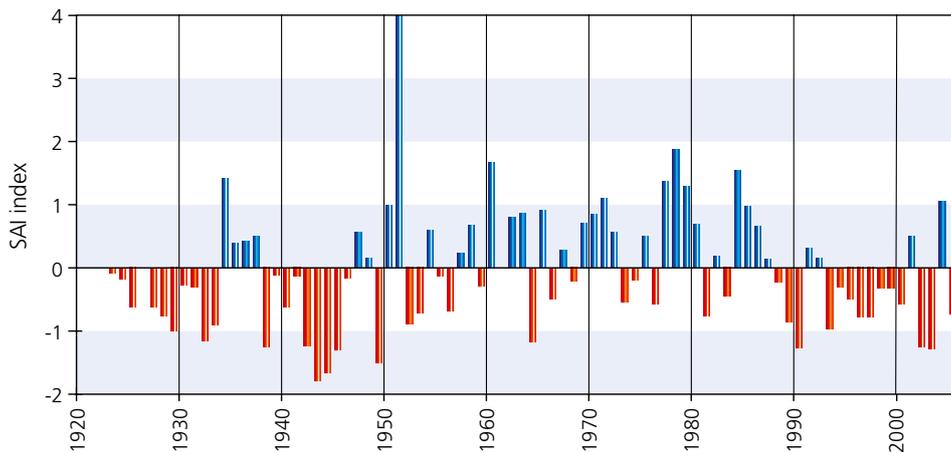


Fig. 3c

Alpi Orientali



nano quantità di precipitazioni diverse nei diversi settori a seconda dell'origine e dell'entità degli stessi, al fine di verificare la variabilità delle precipitazioni nevose sono stati calcolati gli indici SAI per le tre grandi aree con le quali viene solitamente suddiviso l'arco alpino e cioè Alpi occidentali, Alpi centrali e Alpi orientali. (Figg. 3 a, 3b, 3c). Per le Alpi centrali ed orientali, l'Indice di Anomalia presenta un andamento simile a quello generale, confermando una certa diminuzione delle precipitazioni nevose negli ultimi 20 anni (1985-2004) rispetto ai decenni precedenti. Per quanto riguarda le Alpi occidentali, l'andamento presenta invece alcune differenze significative con numerosi inverni in controtendenza: in particolare, nel periodo 1995-2000, l'indice SAI per le Alpi occidentali risulta pari o prossimo allo 0, mentre risulta negativo per i settori centro-orientali. Le differenze

cano 3 inverni nevosi, il 1936, il 1951 e il 1960, una sequenza di 3 inverni secchi durante la seconda guerra mondiale (1942, 1943, 1944) e un periodo caratterizzato da inverni vicini alla

norma fra il 1951 e il 1970 con un paio di stagioni estreme (1960 e 1964).

In considerazione del fatto che i flussi perturbati che interessano il versante sudalpino determi-



potrebbero essere imputabili agli effetti diversi che diverse configurazioni sinottiche producono nei diversi settori: le Alpi centro-orientali sono ad esempio favorite da flussi tra ovest-sud-ovest ed est-sud-est, mentre le Alpi occidentali rimangono in ombra pluviometrica nel caso di flussi occidentali.

Da un'analisi dei dati relativi alle stazioni prossime alla cresta di confine è stato possibile verificare un andamento più costante rispetto agli altri settori e ciò è dovuto al fatto che queste stazioni sono interessate da precipitazioni anche con configurazioni sinottiche non favorevoli per il versante sud-alpino, anche se negli ultimi 20 anni è evidente una tendenza alla diminuzione rispetto al ventennio precedente. Se ne deduce che la diminuzione delle precipitazioni negli ultimi 20 anni rispetto al ventennio precedente ha interessato, più o meno uniformemente, tutto l'arco alpino italiano.

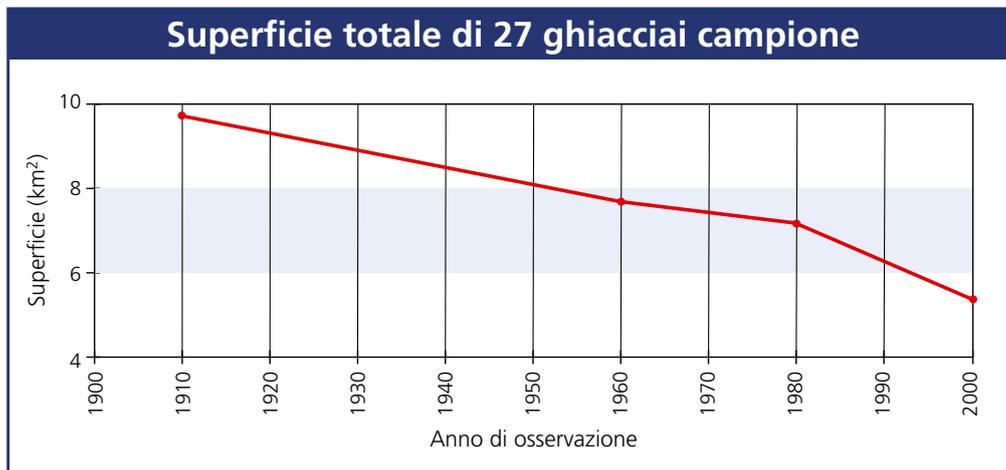


Fig. 4



EFFETTI SUL GLACIALISMO: L'ESEMPIO DELLE DOLOMITI

La diminuzione delle precipitazioni nevose nel periodo recente è una delle cause, unitamente all'aumento delle temperature (IPPC, 2001), dell'attuale fase generalizzata di ritiro dei ghiacciai alpini. Un caso tipico è rappresentato dai ghiacciai delle

Dolomiti (Alpi orientali) che, a causa della limitata estensione degli apparati, hanno una risposta molto rapida alle variazioni climatiche in atto.

Recenti studi effettuati sui ghiacciai dolomitici (Cagnati e al., 2002) hanno evidenziato, su 27 ghiacciai campione che costituiscono il 78% della superficie glacializzata della Dolomiti, che nel periodo 1910-1999 la perdita di superficie dei ghiacciai è stata pari al 43%, valore superiore alla riduzione areale media dei ghiacciai delle Alpi stimata nel 38%. Nel ventennio 1980-1999 la fase di regresso si è particolarmente accentuata infatti, mentre la riduzione areale fra il 1910 e il 1980 è stata del 25,7%, fra il 1980 e il 1999 è stata del 24,3% (Fig. 4).

Confrontando l'andamento del SAI relativo alle Alpi Orientali, con l'evoluzione delle superficie dei ghiacciai si nota come

ad una diminuzione delle precipitazioni nevose dell'ultimo ventennio (1985-2004) corrisponda una marcata riduzione della superficie glacializzata, mentre il periodo antecedente (1970-1985), caratterizzato da numerosi inverni nevosi, è stato contraddistinto da un significativo rallentamento della fase di regresso.

CONCLUSIONI

Dall'analisi delle serie storiche di 40 stazioni effettuata mediante l'indice standardizzato SAI, è stata evidenziata una generale diminuzione delle precipitazioni nevose sul versante meridionale delle Alpi nel periodo recente (1985-2004). La tendenza alla riduzione è evidente in particolare modo nei settori centrale ed orientale delle Alpi. Gli effetti di questa tendenza sono ben evidenti sullo stato dei ghiacciai, soprattutto su quelli di piccole



dimensioni che rispondono prontamente alle variazioni climatiche. Per quanto concerne i ghiacciai delle Dolomiti è stata verificata una correlazione diretta fra l'andamento delle precipitazioni nevose e tasso di variazione delle superfici glacializzate.

In futuro si intende analizzare in modo più approfondito le cause di tale diminuzione, analizzando sia le temperature, che potrebbero influenzare la quantità di neve fresca alle quote medio-basse sia le configurazioni sinottiche, dato che da un'analisi preliminare è emerso che anche le stazioni poste lungo la cresta di confine interessate da flussi di origine diversa, evidenziano comunque una diminuzione delle precipitazioni nevose.



Bibliografia

- Cacciamani C., M.Lazzeri, A.Selvini, R.Tomozeiu e A.Zuccherelli. 2001. Evidenza di cambiamenti climatici sul Nord Italia. Parte 1: Analisi delle temperature e delle precipitazioni. Quaderno Tecnico ARPA-SMR n. 04/2001. ARPA Emilia Romagna. Bologna, 42 pp.
- Cagnati A. 2003. Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.
- Cagnati A., M.Valt e A.Taurisano. 2002. I ghiacciai dolomiti. Neve e Valanghe, 45, pagg. 6 – 13
- Biancotti A., M.Carotta, L.Motta e E.Turroni. 1998. Le precipitazioni nevose sulle Alpi Piemontesi. Regione Piemonte. Torino, 80 pp.
- Fazzini M. e M.Gaddo. 2003. La neve in Trentino – Analisi statistica del fenomeno nell'ultimo ventennio. Neve e Valanghe, 48, pagg. 28-35
- Giuffrida A. e M.Conte. 1989. Variations climatiques en Italie: tendencies des temperatures et des precipitations. Publ. Ass. Int. Climatologie, 2, pagg. 209-216.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001: the Scientific Basis. [Houghton J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M.Nouer, P.J. van der Linden, X.Dai, K. Maskell and C.A. Johnson]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, Usa, 882 pp.
- Mannucci G., M.Bona, M.Dioli, M.Martelli, e M.S.Tavelli. 2003. Centro Monitoraggio geologico. Dati idrometeorologici 1987-2003. ARPA Lombardia. Milano. CD ROM
- Mercalli L., D. Cat Berro, S.Montuschi, C.Castellano, M.Ratti, G. Di Napoli, G. Mortasa e N.Guindani. 2003. Atlante climatico della Valle d'Aosta. Regione Autonoma Valle d'Aosta. Aosta, 405 pp.
- Quadrelli, R., M.Lazzari, C.Cacciamani e S.Tibaldi. 2001. Observed winter Alpine precipitation variability and links with large – scale circulation patterns. Climate Research, 17, pagg. 275 -285.
- Rogorà M, Arisci S. e Mosello R, 2004, Recent trends of temperature and precipitation in Alpine and Subalpine areas in North Western Italy, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, n. 27, pag. 151-158-
- Valt M. e A. Cagnati. 2004. Oggi nevicata meno di una volta? Neve e Valanghe, 50, pagg. 52 – 61
- Valt M., A.Cagnati, A.Crepaz e Gianni Marigo 2005. Snow Precipitation in the Last Year on Italian Alps. The 28th International Conference on Alpine Meteorology (ICAM) Zadar 2005. Croatian Meteorological Journal, 40, 654 - 657.
- Zanon G. 1990. I ghiacciai delle Dolomiti. Canova Edizioni. Treviso. 80 pp



EVEREST

Massimo Pecci

IMONT (Istituto Nazionale
della Montagna)
Piazza dei Caprettari, 70
00186 Roma
massimo.pecci@imont.gov.it

Giovanni Mortara

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

Vengono presentati e discussi i risultati delle ricerche svolte sul versante nord dell'Everest nell'ambito della spedizione "K2 2004 – 50 anni dopo", con specifico riferimento alle tematiche di nivologia e di glaciologia. Una particolare attenzione è stata posta all'evoluzione meteo-climatica e della neve al suolo e all'episodio di crollo di un seracco pensile che ha accumulato, fortunatamente senza danni a persone e attrezzature, una ingente quantità di ghiaccio sul percorso di accesso al Campo Base Avanzato dell'Everest, situato a circa 6500 m. Vengono quindi discusse l'evoluzione dei fenomeni e valutate le condizioni di sicurezza generali ed ambientali dell'alta quota himalayana nell'area del campo base dell'Everest (versante tibetano), durante lo svolgimento della spedizione.

VERSANTE

Le ricerche nivologiche e glaciologiche svolte nel corso della spedizione "K2-2004 – 50 anni dopo" sul versante tibetano dell'Everest



**neve e ghiaccio dell'alta
quota himalayana**

NORD



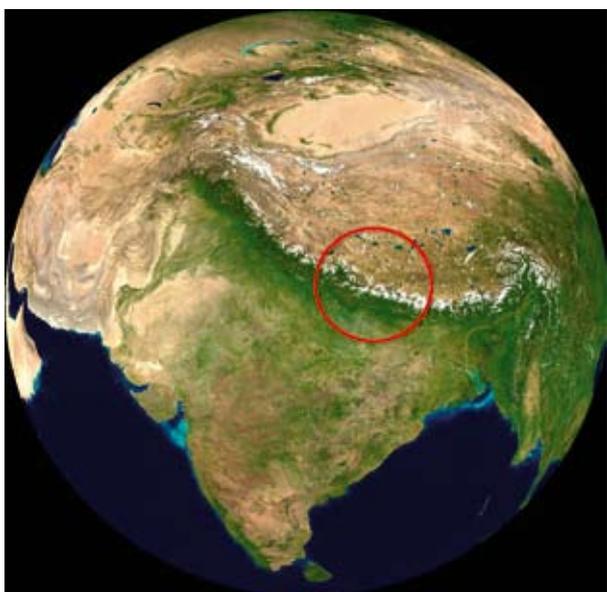


Fig. 1 **INTRODUZIONE**

Le grandi catene montuose dell'Asia centrale hanno ricevuto negli ultimi decenni una crescente attenzione da parte della comunità scientifica internazionale che opera nel campo geomorfologico ed ambientale. Le aree remote d'alta quota costituiscono, infatti, uno dei siti ideali per lo studio e il monitoraggio

delle trasformazioni ambientali che vanno sotto il nome di "Global Change" (Jenkins *et al.*; 1987, Kang *et al.*, 2002a, Wake *et al.*, 1994)

La criosfera si è dimostrata essere una delle "matrici ambientali" più sensibili ai cambiamenti globali; tra questi, la contrazione degli apparati glaciali, con la conseguente promozione di fenomeni di instabilità, in particolare di seracchi, ma anche di roccia, a seguito anche della progressiva "degradazione" del *permafrost* e, in aggiunta, il crescente "deterioramento" delle caratteristiche chimiche della "risorsa acqua" immagazzinata.

Dunque una serie di problematiche non più eludibili, non solo dal punto di vista scientifico, ma anche per le gravi implicazioni ambientali, sulla sicurezza ed applicative.

I progetti e le attività di ricerca italiane, in particolare, hanno assunto un ruolo guida in Hima-

laya, a partire dall'installazione del Laboratorio Piramide del Comitato Ev-K2-CNR nella valle del Khumbu (Nepal), promuovendo ricerche di alto profilo e collaborazioni internazionali, su diverse aree scientifiche, di grande interesse e risonanza.

Il versante settentrionale (tibetano) del settore centrale della catena himalayana soltanto negli ultimi anni è stato caratterizzato da una maggiore frequentazione ed attività dei gruppi di ricerca italiani ed occidentali (si veda, a titolo d'esempio: Valsecchi *et al.*, 1999; Pecci, 2000; Kang *et al.*, 2002b; Balerna *et al.*, 2003; Pecci, in stampa) vuoi per una progressiva "apertura" agli stranieri, più efficace solo negli ultimi tempi, vuoi per le oggettive difficoltà ad operare, legate soprattutto all'alta quota.

I risultati dei rilievi sulla neve al suolo e l'analisi del fenomeno di crollo di un seracco che ha interessato uno dei percorsi più

frequentati nell'area vogliono portare un ulteriore contributo alla conoscenza dell'alta quota himalayana ed alla conoscenza delle condizioni di rischio presenti.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'Everest (*Sagharmata* in nepalese e *Chomologma* in cinese) con un valore di quota, risultato, in base ai recentissimi rilievi georadar di maggio 2004 (Poretti *et al.*, in stampa), variabile stagionalmente tra 8848,82 m (quota substrato) e 8852,10 m (quota sommità ricoperta di neve) è la prima elevazione della terra, e svetta sugli 8000 più vicini (Lhotse - 8516 m, Makalu - 8463 m e Cho Oyu - 8201 m s.l.m.), nell'area di maggiore sollevamento della catena himalayana, posta al centro dell'Asia (fig. 1). In questo settore geografico la catena himalayana si è innalzata a seguito della collisione continentale tra placca indiana

e placca asiatica, deformando e metamorfosando, progressivamente verso Nord, potenti sequenze di rocce sedimentarie, fin nei settori più interni del Tibet, che rappresenta, a sua volta, il più elevato altipiano del pianeta.

Tutta l'area himalayana è caratterizzata da una notevole attività sismica, che ha accompagnato ed accompagna tuttora la deformazione e la crescita della catena: le forme del paesaggio e del rilievo sono, pertanto, il risultato di un precario, quanto mai effimero equilibrio nell'eterno e sempre rinnovato antagonismo tra forze endogene e forze esogene.

L'alta quota himalayana, fino a pochi decenni fa regno incontrastato dell'azione dei processi glaciali, periglaciali, legati alla gravità e, subordinatamente, al vento e alle acque incanalate, sta sempre più diventando un palcoscenico dove cogliere gli effetti più spettacolari dei cambiamenti climatici e dell'attività dell'uomo.

Nell'area in esame il bacino glaciale di *Rongbuk* è dominato

dalla gigantesca parete settentrionale dell'*Everest*, da cui si origina la colata centrale del grande Ghiacciaio di *Rongbuk* che fluisce per circa 18 km sino alla spianata proglaciale di quota 5200 m, abituale Campo Base delle spedizioni alpinistiche. L'alto bacino si espande quasi simmetricamente verso Est e verso Ovest, in due ampi settori che ospitano a loro volta importanti masse glaciali. Queste ultime sono talora collegate ai ghiacciai di bacini adiacenti attraverso ampie selle di transfluenza, ad esempio il celebre *Lho-La* che si affaccia sulla *Ice-fall* del Ghiacciaio *Khumbu* sul versante nepalese.

Il Ghiacciaio di *Rongbuk*, è un tipico debris covered glacier ("ghiacciaio ricoperto di detrito" o "nero"), così definito per la presenza di una estesa coltre detritica superficiale, situazione peraltro comune in *Himalaya*, *Karakorum*, *Pamir* e più rara nelle Alpi.

Il Ghiacciaio di *Rongbuk*, libero da detriti e crepacciato per i



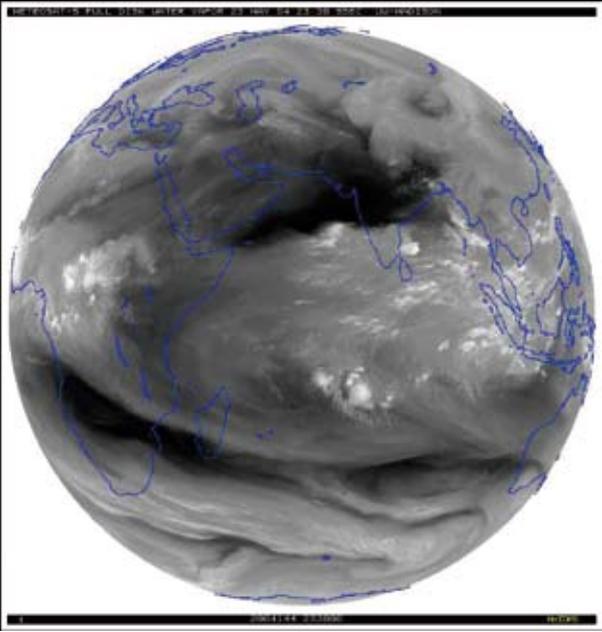


Fig. 2 - Immagine ripresa dal satellite Meteosat, nel campo del vapor d'acqua, relativa al 23 maggio 2004, che rende conto, ancora nel periodo pre-monsonico, di condizioni favorevoli alla nuvolosità ed alle precipitazioni nell'area in studio.

primi 5 km di sviluppo, più vicini ai bacini di accumulo ed alle creste spartiacque, assume la connotazione di ghiacciaio nero intorno a quota 5750 m, in prossimità del nodo di confluenza con il ramo occidentale, a sua volta mascherato dal detrito. Questo tributario è attualmente l'unico ad assicurare alimentazione alla colata centrale che è ormai privata del collegamento diretto con il ramo orientale, lungo il quale si snoda l'itinerario di salita al Colle Nord dell'Everest. Per quanto appaia ancora imponente, la lingua valliva del Ghiacciaio di Rongbuk denota scarsa

attività: ne sono testimonianza la presenza di decine di laghi epiglaciali, l'assenza di crepacci e, soprattutto, la fortissima contrazione volumetrica. La progressiva riduzione di spessore del ghiaccio, dell'ordine anche di molte decine di metri, mette a giorno porzioni sempre maggiori del fianco interno delle morene laterali storiche, fenomeno generalizzato e diffuso anche nelle Alpi (Mortara & Chiarle, 1999). Venendo a mancare il contrasto esercitato dal ghiacciaio, questo ripido lato delle morene (*dry wall moraine*) è diventato sede di frane e di diffusi fenomeni erosivi che consentono produzione e trasferimento di detriti sciolti alla superficie del ghiacciaio. La copertura detritica, di spessore da centimetrico a pluridecimetrico, più raramente metrico, maschera il ghiaccio inibendone tendenzialmente l'ablazione. Questa agisce con più efficienza dove il ghiaccio è subaffiorante (Smiraglia, 1986) ed ovviamente dove è esposto a falesia, come si osserva sovente in corrispondenza di spettacolari "vele glaciali" e ai bordi dei laghi epiglaciali.

INQUADRAMENTO CLIMATICO

L'area Tibetano-himalayana e, più in generale, il Plateau del Qinghai-Tibet è ubicato nella "zona di convergenza intertropicale" e mostra un clima dalle caratteristiche assai spiccate. Le condizioni del tempo meteorologico sono, infatti, strettamente condizionate dall'incontro e dall'interazione tra le masse d'aria fredda di provenienza polare e il Monzone (Lüdeke, 1983). La distribuzione della pressione atmosferica è normalmente caratterizzata, in inverno, da una cellula di alta pressione su grandi estensioni

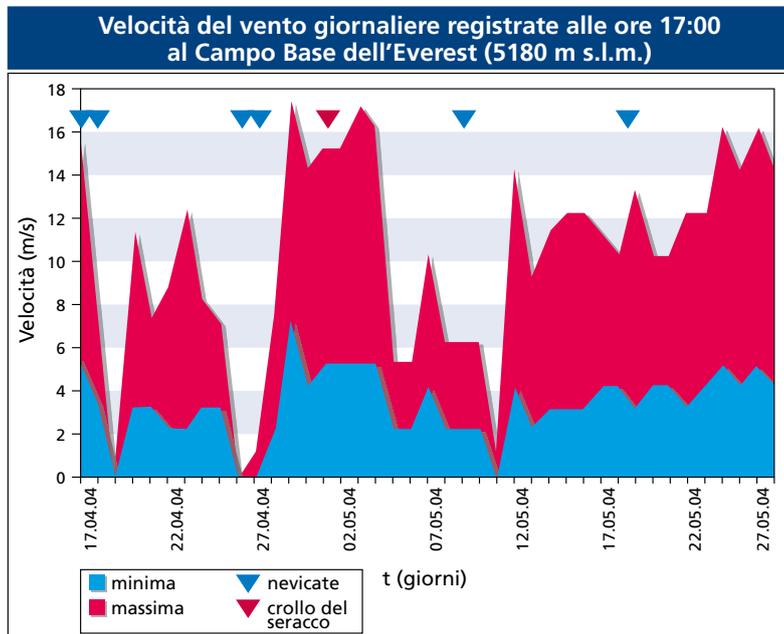


Fig. 3

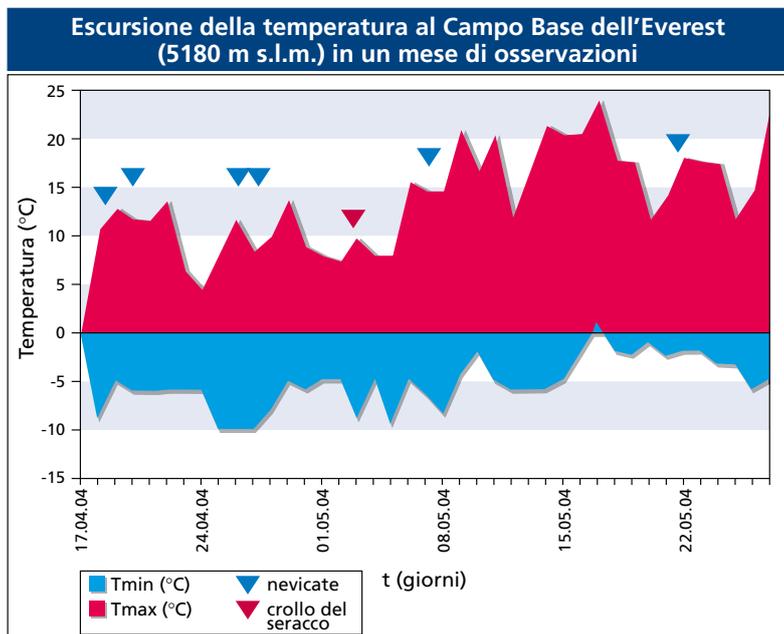


Fig. 4

nell'Asia centrale, che innesca la formazione di venti secchi continentali diretti verso l'oceano e il subcontinente indiano. Viceversa durante la stagione estiva, in presenza di un nucleo di bassa pressione nel continente asiatico a nord della catena Himalayana, si generano correnti da Sud-Ovest che portano aria umida e temperata. Di conseguenza si possono, in generale, distinguere quattro stagioni caratteristiche (Rao, 1981): un periodo invernale (gennaio e febbraio), un periodo caldo pre-monsonico (da marzo a maggio), la stagione piovosa vera e propria (da giugno a settembre) e una secca post-monsonica (da ottobre a dicembre). La stagione in cui si concentrano le piogge, generalmente tra giugno e settembre, è caratterizzata dal monzone di Sud-Ovest, carico di umidità in quanto proveniente dall'Oceano Indiano e dal Golfo del Bengala. L'assenza del monzone del Sud-Ovest sud è causa di gravi siccità, sia sui versanti meridionali, sia su quelli settentrionali della catena.

Le condizioni locali del tempo risentono, inoltre, oltre che della circolazione monsonica anche di importanti fattori "locali", che dipendono principalmente da effetti orografici, dalla disposizione delle creste e delle valli principali, dalla quota, dall'insolazione e dalla relativa formazione e alternanza delle brezze, dalla presenza di ghiacciai e dalla presenza ed azione delle *jet streams* (Stravisi *et al.*, 1998). Ne deriva una complessità di fenomeni che si traduce in una generale difficoltà, anche, a stilare attendibili previsioni del tempo meteorologico. Sulle montagne e sugli altipiani le temperature sono generalmente basse e durante l'intero arco dell'anno soffiano venti fortissimi.

Gli altri periodi dell'anno, anche se non direttamente caratterizzati dalle precipitazioni, sono comunque influenzati da una circolazione generale di transizione e, quasi, di "preparazione" alla formazione del Monzone. Si veda, a titolo d'esempio, una immagine ripresa dal satellite Meteosat, nel campo del vapor d'acqua, relativa al 23 maggio 2004, che rende conto, ancora nel periodo pre-monsonico, dei prodromi dell'importante sistema termodinamico-atmosferico (Fig. 2). Come già detto, nelle zone di alta quota fanno anche risentire la loro influenza e la loro violenza le correnti a getto (*jet stream*), non sempre foriere di bel tempo. Anche quando secche, a garanzia, quindi, del bel tempo, rendono impossibile qualsiasi attività in quota, a causa della loro violenza; si tenga presente che al campo base sono state registrate punte di oltre 25 m/s, anche con medie giornaliere attestate costantemente intorno a 15 m/s (si veda il grafico di fig. 3).

L'EVOLUZIONE DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE NIVO-METEOROLOGICHE

L'ambiente dell'alta montagna himalayana è, a tutti gli effetti, il luogo privilegiato in cui condizioni climatiche ed azioni morfogenetiche estreme hanno la massima espressione. In figura 4 è riportato il grafico delle temperature massime e minime rilevate al Campo Base (*Base Camp*) dell'Everest, posto ad una quota di circa 5200 m s.l.m.; in figura 3, come anticipato, è disegnato il grafico delle massime escursioni di velocità del vento ed in figura 5 le direzioni di provenienza, così come registrate con un anemometro portatile

meccanico nelle osservazioni giornaliere, effettuate regolarmente al Campo Base alle ore 17:00; nella stessa tabella sono riportate le neviccate osservate al Campo Base, espresse in termini di neve fresca in cm. Si possono apprezzare escursioni termiche giornaliere anche prossime ai 30 °C e temperature minime notturne sempre al di sotto di 0 °C. La precipitazione nevosa, pur cominciando anche nella tarda mattinata, dava luogo ad un accumulo consistente e/o persi-

Fig. 5

Direzioni di provenienza del vento registrate con un anemometro portatile meccanico nelle osservazioni giornaliere, effettuate regolarmente al Campo Base alle ore 17:00, nell'arco dei 40 giorni di osservazione		
Giorno	Provenienza direzione vento	Neve fresca in cm
17 aprile 2004	NNE	5
18 aprile 2004	NNE	2
19 aprile 2004		
20 aprile 2004	S	
21 aprile 2004	S	
22 aprile 2004	S	
23 aprile 2004	S	
24 aprile 2004	S	
25 aprile 2004	S	
26 aprile 2004		3
27 aprile 2004	N	2
28 aprile 2004	S	
29 aprile 2004	SE	
30 aprile 2004	SSE	
1 maggio 2004	S	
2 maggio 2004	SSE	
3 maggio 2004	SSE	
4 maggio 2004	SSE	
5 maggio 2004	S	
6 maggio 2004	N	1
7 maggio 2004	S	
8 maggio 2004	S	
9 maggio 2004	S e W	
10 maggio 2004	S	
11 maggio 2004	S	
12 maggio 2004	S	
13 maggio 2004	S	
14 maggio 2004	S	
15 maggio 2004	S	
16 maggio 2004	S	
17 maggio 2004	S	
18 maggio 2004	S	
19 maggio 2004	S	
20 maggio 2004	S	2
21 maggio 2004	S	
22 maggio 2004	S	
23 maggio 2004	S	
24 maggio 2004	S	
25 maggio 2004	S	
26 maggio 2004	S	
27 maggio 2004	S	

Principali caratteristiche della stazione ABC (6489 m s.l.m.) e parametri ambientali rilevati in sito nella giornata del 7 maggio 2004

Coordinate UTM	45R 14678662,198 3159689,701
Quota	6477,8 m slm
Ora rilievo	09.30 - 12.00
Condizioni del cielo	sereno (0/8)
Condizioni del vento	calma di vento
Esposizione accumulo	Sud
Temperatura aria	3 °C
Spessore neve	27 cm
Conducibilità sup.	10,06 μS/cm
pH sup.	6,83
Conducibilità int.	9,53 μS/cm
PH int.	6,53
Conducibilità inf.	7,68 μS/cm
PH inf.	6,56
Radioattività totale (aria)	0,27 μSv/h
Radioattività γ + β (aria)	2,3 cps
Radioattività totale media della neve	0,15 μSv/h
Radioattività γ + β media della neve	2,9 cps

Fig. 6

Fig. 7 - Profilo del manto nevoso rilevato il giorno 7 maggio 2004 al Campo Base Avanzato (ABC), ad una quota di 6489 m s.l.m. I valori di resistenza sono stati rilevati con una sonda leggera.

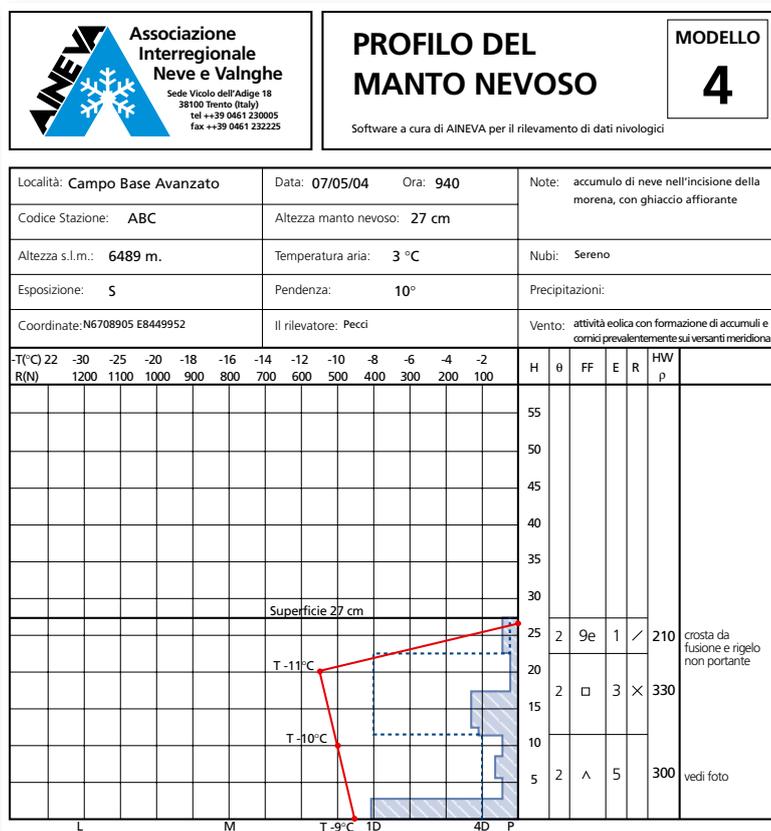


Fig. 8 - Panoramica sulla trincea relativa al profilo del manto nevoso rilevato il giorno 7 maggio 2004 al Campo Base Avanzato (ABC), ad una quota di 6489 m s.l.m., mentre era in corso il rilievo della radioattività con contatore Mueller-Geiger.



stente soltanto nelle ore notturne, come è facilmente comprensibile dall'andamento dell'escursione termica giornaliera di fig. 4. Le precipitazioni al Campo Base (BC) ed al Campo Base Avanzato (ABC), tutte solide, hanno avuto una distribuzione concentrata soprattutto nel primo periodo, e si sono mostrate, in generale, di debolissima intensità.

PROFILI DEL MANTO NEVOSO E CARATTERISTICHE DELLA NEVE AL SUOLO

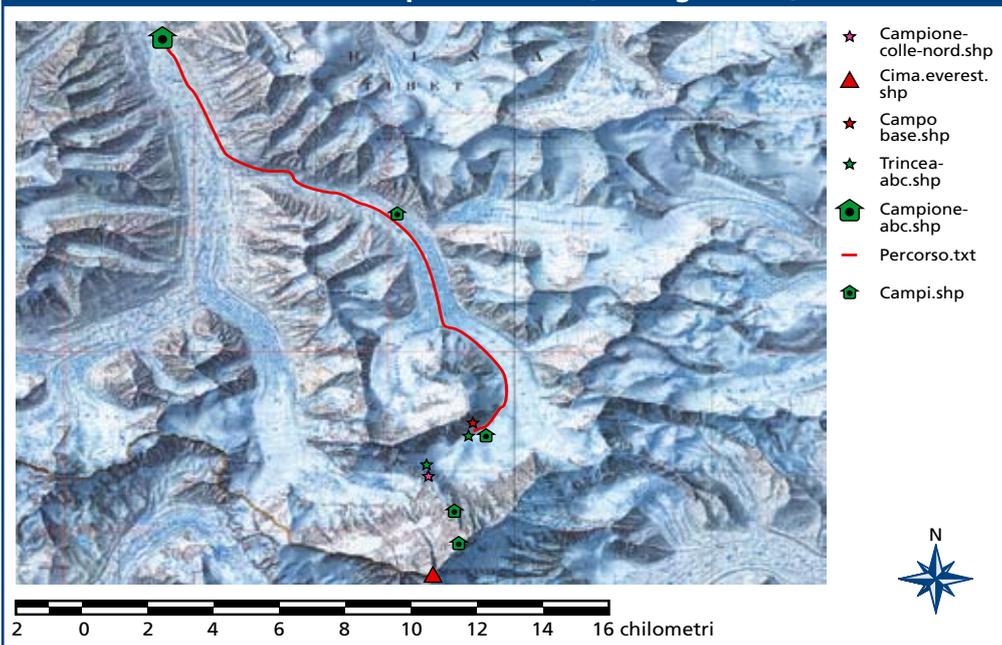
Il profilo del manto nevoso è stato registrato solamente in due siti: al Campo Base Avanzato - 6489 m s.l.m. - il giorno 7 maggio 2004 e al Colle Nord - 7066 m s.l.m. - il giorno 18 maggio 2004, a fronte di uno spessore ed una stratigrafia del manto di entità tale da giustificare l'esecuzione dei vari rilievi. Per i dettagli del Campo Base Avanzato si veda la figura 6 con le caratteristiche riepilogative del sito ed alcune caratteristiche ambientali rilevate nella neve, nonché il profilo del manto nevoso riportato in figura 7 e la foto di figura 8. Nelle figure 9 e 10 si può apprezzare un dettaglio dello strato basale di brina e dei cristalli a calice di grandi dimensioni, sviluppatasi, per metamorfismo da elevato gradiente, soltanto nell'arco di tempo di 1-2 giorni, a causa delle bassissime temperature e dei limitati spessori. Per i dettagli di Colle Nord (con ogni probabilità il più "alto" profilo del manto nevoso mai realizzato sino a questo momento) si veda la figura 11 con le caratteristiche riepilogative del sito ed alcune caratteristiche ambientali rilevate sulla neve, il profilo del manto nevoso riportato in figura 12 e la foto di figura 13, che mostra il luogo di campionamento della neve, scelto in prossimità di un crepaccio al

Principali caratteristiche delle stazioni di campionamento della neve
per le quali non è stato possibile realizzare il profilo del manto nevoso a causa di un esiguo spessore e/o della presenza di un unico strato di neve

Nome stazione	Everest Torrente	Everest Torrente	Everest ABC
Codice stazione	TOR	TOR	ABC2
Giorno rilievo	18/04/04	26/04/04	06/05/04
Ora rilievo	06:20	17:45	06:12
Coordinate WGS84	28°08'18,01407"N 86°51'17,97088"E	28°08'18,01407"N 86°51'17,97088"E	28°01'40,44104"N 86°56'11,81467"E
Quota m s.l.m.	5157,629 (+/- 8,6 m)	5157,629 (+/- 8,6 m)	6477,672 (+/- 10,8 m)
Rilevatore	Pecci	Pecci	Pecci
Esposizione	N	N	N
Pendenza	20°	20°	5°
Condizioni del tempo	Nessun fenomeno in atto	Nebbia con cielo visibile	Nessun fenomeno in atto
Nuvolosità	Sereno	Completamente coperto	Sereno
Precipitazioni	Assenti	Assenti	Assenti
Vento	1 m/s da Nord	Calma di vento	Forte da Sud
Visibilità	Ottima	Pessima	Ottima
Temperatura aria (°C)	- 9	- 4,1	
Temperatura min (°C)	- 9	- 10	
Temperatura max (°C)	11	12	
Altezza neve al suolo (cm)	7	5	5
Altezza neve fresca (cm)	7	5	5
Temperatura superficiale neve (°C)	- 7	- 1	
Caratteristiche strato superficiale	Neve asciutta, strato a debole coesione	Neve asciutta, strato a debole coesione	Neve asciutta, strato a debole coesione
Rugosità superficiale	Strato liscio	Strato liscio	Strato liscio
Brina di superficie	Assente	Assente	Assente
Valanghe osservate	Nessuna	Nessuna	Nessuna
Spessore strato (cm)	7		
Contenuto in acqua liquida	Asciutta	Asciutta	Asciutta
Forma dei grani	Particelle di precipitazione/neve pallotolare	Particelle di precipitazione/neve pallotolare	Particelle di precipitazione
Dimensione dei grani (mm)	0,5	2/3	1
Test della mano	Pugno	Pugno	Pugno
PH	7,47	6,66	6,42
Conducibilità elettrica (°S/cm)	8,34	3,79	5,36
Prelevamento campioni	si	si	si

Fig. 14
Fig. 15

Cartografia generale dell'area con la localizzazione dei campi e dei siti di campionamento (immagine GIS)



tri ambientali riportati nella tabella di figura 6 e rilevati in sito con strumentazione elettronica (pHmetro, conduttimetro e contatore Geiger-Muller), risultano dati interessanti relativamente alla qualità ambientale del sito in studio, in quanto la presenza nella neve di elementi e composti caratterizzati da conducibilità elettrochimica, acidità e radioattività, anche se in gradi diversi, non è del tutto trascurabile. In altri termini si è avuta ancora una volta la conferma di come la condizione di "sito remoto himalayano", ancorché interessante per il rilievo di dati significativi per gli studi a scala globale, non corrisponda più ad una privilegiata situazione di "non contaminazione".

Il profilo del manto nevoso di Colle Nord riguarda solo la porzione più superficiale degli accumuli sul ghiacciaio. Le condizioni di isotermità sono legate principalmente all'irraggiamento e alla relativamente elevata temperatura, dovuta alla bella giornata, e non hanno ancora completamente obliterato l'originaria stratigrafia della neve che mette in evidenza una crosta di fusione e rigelo, brinata nella parte più superficiale e sepolta da un'ultima nevicata, anch'essa in incipiente metamorfismo da gradiente medio. Date le difficili condizioni logistiche e di lavoro non sono state effettuate misure ambientali in sito, in quanto gli sforzi sono stati concentrati sul campionamento della neve per le analisi di laboratorio, da effettuare al ritorno in Italia.

IL CROLLO DEL SERACCO DEL MONTE CHANGTZE

L'itinerario che conduce dal Campo Base al Campo Intermedio e, di seguito, al Campo Base Avanzato, segue inizialmente il

fondo del vallo che si interpone tra versante montuoso destro e fianco destro del Ghiacciaio di *Rongbuk*, sovrastato da una spettacolare sequenza di piramidi d'erosione in progressivo disfacimento. Una volta raggiunto il vallone del Ghiacciaio Orientale di *Rongbuk*, il sentiero serpeggia dapprima tra accumuli di frana a grandi blocchi, anche di recente messa in posto (visibili in prossimità dell'originario Campo Intermedio), quindi si porta sul versante sinistro, previo attraversamento del ghiacciaio, totalmente ricoperto di detriti.

È in questo tratto del sentiero che incombe un grande seracco pensile e strapiombante, alloggiato lungo la dorsale che si dirama dal Changzheng Peak (6977 m) in direzione circa NNW.

Nel periodo 1-2 maggio 2004 sono state documentate due valanghe di ghiaccio che si sono propagate lungo il versante, con percorso chilometrico, sino ad intercettare il sentiero, come già accaduto l'anno precedente (informazione T. Bellò).

Nella figura 16 sono riportate due foto scattate a distanza di 3 soli giorni (5 ed 8 maggio 2004), che mostrano come l'area di distacco passi da una condizione di attività, riscontrabile nello scaricamento di neve e ghiaccio in corrispondenza del colatoio centrale del seracco, ad una situazione di quiescenza, suscettibile però di ulteriori e non determinabili fasi parossistiche. Da notare, inoltre, come il continuo passaggio di alpinisti e squadre di portatori per i rifornimenti ai campi superiori vadano a determinare una vulnerabilità non certo trascurabile.

E' infine importante notare come sembri palesarsi una relazione tra le condizioni meteorologiche e, almeno, l'insorgere dell'insieme dei fenomeni che hanno portato al

crollo del seracco; nei grafici delle figure 3 e 4 è infatti evidenziato il momento (ricostruito sulla base delle testimonianze degli alpinisti) del distacco che sembra in coincidenza con un repentino aumento della temperatura, in presenza, anche, di una notevole attività eolica.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI E PROSPETTIVE

I profili del manto nevoso di alta ed altissima quota dell'Everest evidenziano, ancora, un metamorfismo da elevato gradiente in stato di incipiente fusione (la neve al suolo all'ABC fonderà completamente nell'arco di una settimana, mentre al Colle Nord non sono state fatte ulteriori successive osservazioni). Gli accumuli sono risultati condizionati principalmente dall'azione del vento e dalle basse temperature durante la deposizione e nelle ore immediatamente successive: lo spessore di neve al suolo esaminato al Campo Base Avanzato sembra quindi essere il risultato della sovrapposizione di più strati ad alta resistenza (lastroni da vento) su strati inferiori a debole coesione (cristalli sfaccettati o brina sepolta), comprensivi di episodi di fusione e rigelo, sepolto e portante nel caso di Colle Nord e superficiale, non portante, nel caso del Campo Base Avanzato.

Gli spessori di neve fresca risultano modesti e in linea con gli andamenti meteorologici del pre-monsoone, caratterizzati da precipitazioni poco consistenti e condizionate dall'azione del vento, sia nella fase di deposizione che di successiva asportazione. Anche se modesti, gli spessori di neve risultano, però, fortemente favorevoli all'innescarsi di valanghe (Pecci, 2005; in stampa), sia a causa delle carat-



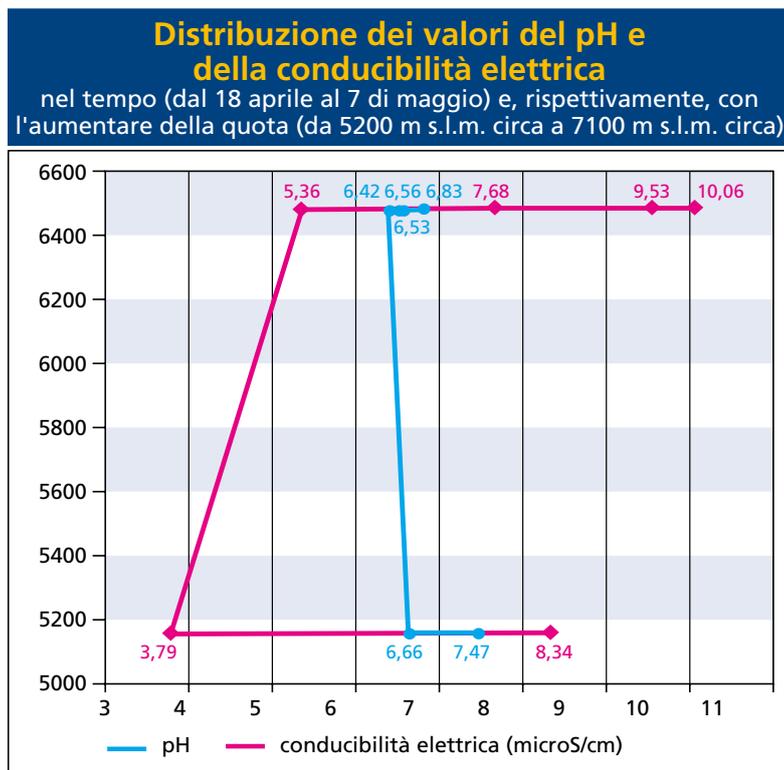
teristiche meccaniche (si veda il profilo del manto nevoso di fig. 7), sia della forte energia del rilievo tipica dell'alta montagna himalayana.

Dal punto di vista ambientale gli spessori di neve mostrano bassissimi valori di radioattività ambientale, confrontabile o addirittura minore di quella rilevata nell'aria. I valori del pH e della

Fig. 16 - Confronto tra due fotografie del seracco in studio, scattate a distanza di 3 soli giorni (5 ed 8 maggio 2004).



Fig. 17



conducibilità mostrano nel tempo (dal 18 aprile al 7 di maggio) e con l'aumentare della quota (da 5200 m s.l.m. circa a 7100 m s.l.m. circa), una tendenza ad un minimo acido, corrispondente ad un minimo in contenuto ionico

(figura 17). Tale minimo è stato rilevato in corrispondenza del Campo Base Avanzato, intorno alla prima decade di maggio, ben evidenziando la massima concentrazione di spedizioni e di attività antropiche per quella

fascia altitudinale, che viene registrata con un segnale molto chiaro delle caratteristiche chimiche rilevabili *in situ* e nell'intero spessore della neve presente al suolo. I valori di pH e conducibilità rilevati nella stagione pre-Monsonica sono probabilmente riconducibili ai processi di neutralizzazione dell'acidità presente in atmosfera da parte del carbonato di calcio presente nelle polveri trasportate sia dalle regioni aride del Tibet e dell'Asia centrale, sia provenienti da sorgenti locali in corrispondenza di rocce carbonatiche o di depositi glaciali (Jenkins *et al.*, 1987).

Per quanto riguarda la frequentazione dei luoghi, la presenza prolungata di centinaia di persone, cui va aggiunto l'ormai considerevole numero di turisti in arrivo con mezzi fuoristrada, minaccia l'integrità di un'area e di un ecosistema estremamente fragili. Se da una parte l'accresciuto grado di educazione dei

singoli e gli accorgimenti adottati per limitare gli inevitabili danni ambientali lasciano sperare, con moderato ottimismo, uno sviluppo responsabile e controllato del turismo in altitudine estrema, ancora carente, ad opinione di chi scrive, è invece la consapevolezza dei rischi naturali a cui si espongono quanti risalgono la Valle di *Rongbuk* sino al Campo Base e ai campi superiori (almeno fino al Campo Base Avanzato), lungo un itinerario che è elementare dal punto di vista alpinistico, ma non scevro da pericoli oggettivi, attendibili in caso di maltempo (frane, valanghe), ma a volte inaspettati e improvvisi, come i crolli di ghiaccio.

Ringraziamenti

Le attività di ricerca sono state svolte con il contributo dell'IMONT (ex INRM), che ha finanziato l'attività scientifica nivologica e glaciologica della spedizione "K2 2004 -50 anni dopo", con il coordinamento scientifico del prof. Claudio Smiraglia, che si ringrazia. Un ringraziamento particolare a Paola Teti (CNR-IRSA), per il supporto nelle analisi in situ di pH e di conducibilità elettrica, ed ai colleghi Antonella Balerna ed Enrico Bernieri dell'INFN.

Bibliografia

- Balerna A., Bernieri E., Pecci M., Polesello S., Smiraglia C., Valsecchi S. (2003) - Chemical and radio-chemical composition of fresh-snow samples from northern slopes of Himalayas (Cho-Oyu range, Tibet), *Atmos. Environ.* 37, 1573-1581.
- Kang S., Qin D., Mayewski & S. B. Sneed. (2002a) - Chemical composition of fresh snow on Xixabangma peak, central Himalayas, during the summer monsoon season. *Journal of Glaciology*, 48; 337-339
- Kang S., Mayewski P.A., Qin D., Yan Y., Hou S., Zhang D., Ren J. & Kreutz. K. (2002b) - Glaciochemical records from a Mt. Everest ice core; relationship to atmospheric circulation over Asia. *Atmos. Environ.* 36; 3351-3361
- Jenkins M. D., Driver J. I., Reider R. G., & Buchanan T. (1987) - Chemical composition of fresh snow on Mount Everest. *Journal Geophysical Research*, 92; 10999-11002
- Ludeke C. (1983) - Himalayan Meteorology. In: Himalaya Conference '83. March 23 - 25. DAV Berg- und Skischule GmbH - Deutsche Himalaya-Stiftung. Munich.
- Mortara G., Chiarle M. (1999) - Esempi di rimodellamento di apparati morenici nell'arco alpino italiano. *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, V, 41-54.
- Pecci, M. (2000) - Ricerche nivologiche in Himalaya. *Neve e Valanghe*, 41, dicembre 2000, 22-29. Trento.
- Pecci M. (2005) - In situ surveys and researches on the snow cover in high altitude: case studies in Italian and Himalayan mountain ranges. *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.* VII (2005), 253-260, 8 figg.
- Poretti G., Mandler R. & Lipizer M. (in stampa) - La stazione GPS permanente al Laboratorio Piramide. *Il Veltro - rivista della civiltà italiana*, Roma.
- Poretti G., Mandler R. & Lipizer M. (in stampa) - L'altezza delle montagne. *Il Veltro - rivista della civiltà italiana*. Roma.
- Rao Y. P. (1981) - The climate of the Indian subcontinent. *World Survey of Climatology*, 9, 67-182. Elsevier, Amsterdam
- Schweizer J. & Wiesinger T. (2002) - L'interpretazione del profilo stratigrafico. *Neve e Valanghe*, 47, Dicembre 2002, 28 - 35, Trento.
- Smiraglia C. (1986) - Variazione dell'ablazione differenziale sul Ghiacciaio Baltoro (Karakorum, Pakistan) e morfologia derivante: nota preliminare. *Atti Acc. Lincei Rend. Fis.*, s. VIII, LXXX, 18-25.
- Stravisi F., Verza G. P. & Tartari G. (1998) - Meteorology and climatology at high altitude in Himalaya. In: Baudo r., Tartari G., & Munawar M. (Eds), *Top of the World Environmental research: Mount Everest-Himalayan Ecosystem*. Backhuys Publishers, Leiden. *Ecovision World Monograph Series*, 101-122.
- Valsecchi S., Smiraglia C., Tartari G. & Polesello S. (1999) - Chemical composition of Monsoon deposition in the Everest region. *Science of the Total Environment*. 226; 187-199
- Wake C.P., Dibb J.E. & Mayewski P.A. (1994) - The chemical composition of aerosols over the eastern Himalayas and Tibetan plateau during low dust periods. *Atmos. Environ.*, 28; 695-704

PREMIO

PAOLO VALENTINI

edizione 2006

L'AINEVA - Associazione interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe, in memoria dell'ing. Paolo Valentini, attivo collaboratore sin dalla fondazione, istituisce il Premio "Paolo Valentini" edizione 2006 a favore di studi, tesi di laurea e altre iniziative inerenti alle problematiche oggetto dell'attività dell'Associazione, quale si vince dall'articolo 3 dello Statuto.

ART. 1

Il Comitato Tecnico Direttivo dell'AINEVA nomina un'apposita Commissione giudicatrice che provvede ad esaminare le proposte pervenute e a stilare una graduatoria delle iniziative partecipanti.

ART. 2

Sarà premiato il lavoro giudicato di maggior interesse o l'iniziativa giudicata più meritevole, con l'assegnazione di un importo di 2.500,00 euro. A giudizio della Commissione preposta, il premio potrà essere diviso tra più lavori o iniziative.

ART. 3

I lavori partecipanti al concorso dovranno essere depositati presso la Segreteria dell'AINEVA non oltre il termine del 31 dicembre 2006; copia dei lavori sarà trattenuta presso la Segreteria. Eventuali altre iniziative benemerite sviluppate durante l'anno potranno essere segnalate all'AINEVA entro la stessa data. La premiazione avverrà in occasione di una specifica cerimonia che si svolgerà presso la Sede AINEVA in Trento.

ART. 4

Sulla rivista "NEVE E VALANGHE", organo ufficiale dell'Associazione, potranno essere pubblicati estratti del lavoro premiato, come pure, se ritenuti meritevoli, di tutti quelli partecipanti al concorso.

Art. 3 delle STATUTO AINEVA

L'Associazione si propone di garantire il coordinamento delle azioni e delle iniziative che gli Enti associati svolgono in materia di prevenzione e studi inerenti alla neve e alle valanghe. Essa, in particolare, ha lo scopo di:

- a) promuovere lo scambio di informazioni, notizie, dati concernenti la neve e le valanghe;
- b) favorire l'adozione di mezzi e strumenti di informazione uniformi, anche nel campo del trattamento elettronico dei dati;
- c) promuovere la sperimentazione di mezzi ed attrezzature nello specifico settore;
- d) curare e diffondere pubblicazioni sulle materie oggetto di studi;
- e) curare l'aggiornamento e l'informazione dei tecnici del settore.

SOCCORSO

Procedure di scavo e raggiungimento del travolto

Alessandro Calderoli
CNSAS VI Delegazione Orobica
INSA – INV CAI
Servizio Valanghe Italiano
alecalderoli@libero.it

Nel testo che segue vengono presentate alcune metodiche inerenti lo scavo per il soccorso ad un travolto in valanga; queste tecniche sono adottate nei corsi di autosoccorso che il Servizio Valanghe Italiano del CAI organizza periodicamente, ed in alcuni corsi ISA delle scuole di scialpinismo del CAI. Rientrano pure nella formazione dei tecnici CNSAS della VI Delegazione Orobica e del personale dell'elisoccorso del SSUEm 118 di Bergamo.

La letteratura nivologica si è arricchita in questi anni di notevoli e svariati contributi sul tema del soccorso in valanga, con particolare attenzione alle metodiche di ricerca del punto di seppellimento e valutando a tal fine l'efficacia di diversi dispositivi ed attrezzature.

Se la ricerca dell'area di seppellimento può comportare grande dispendio di tempo ed energie, è altrettanto noto come la successiva fase di scavo ed estricazione del travolto possa complicare e rallentare ulteriormente le procedure di soccorso, in particolare qualora queste siano condotte da un esiguo numero di soccorritori. È ben risaputo come a tempi assai ridotti per la localizzazione del punto di

seppellimento (entro i 10 minuti, comprensivi dei preparativi alla ricerca) possano seguire lunghi tempi di scavo per raggiungere e liberare le vie aeree del sepolto (15-20 minuti di scavo con pale, per profondità di seppellimento di circa 130 cm, con rimozione di 1,5 – 2,5 mc di neve): questi tempi (vedi tabella di Fig. 1) devono essere confrontati con i possibili tempi di sopravvivenza.

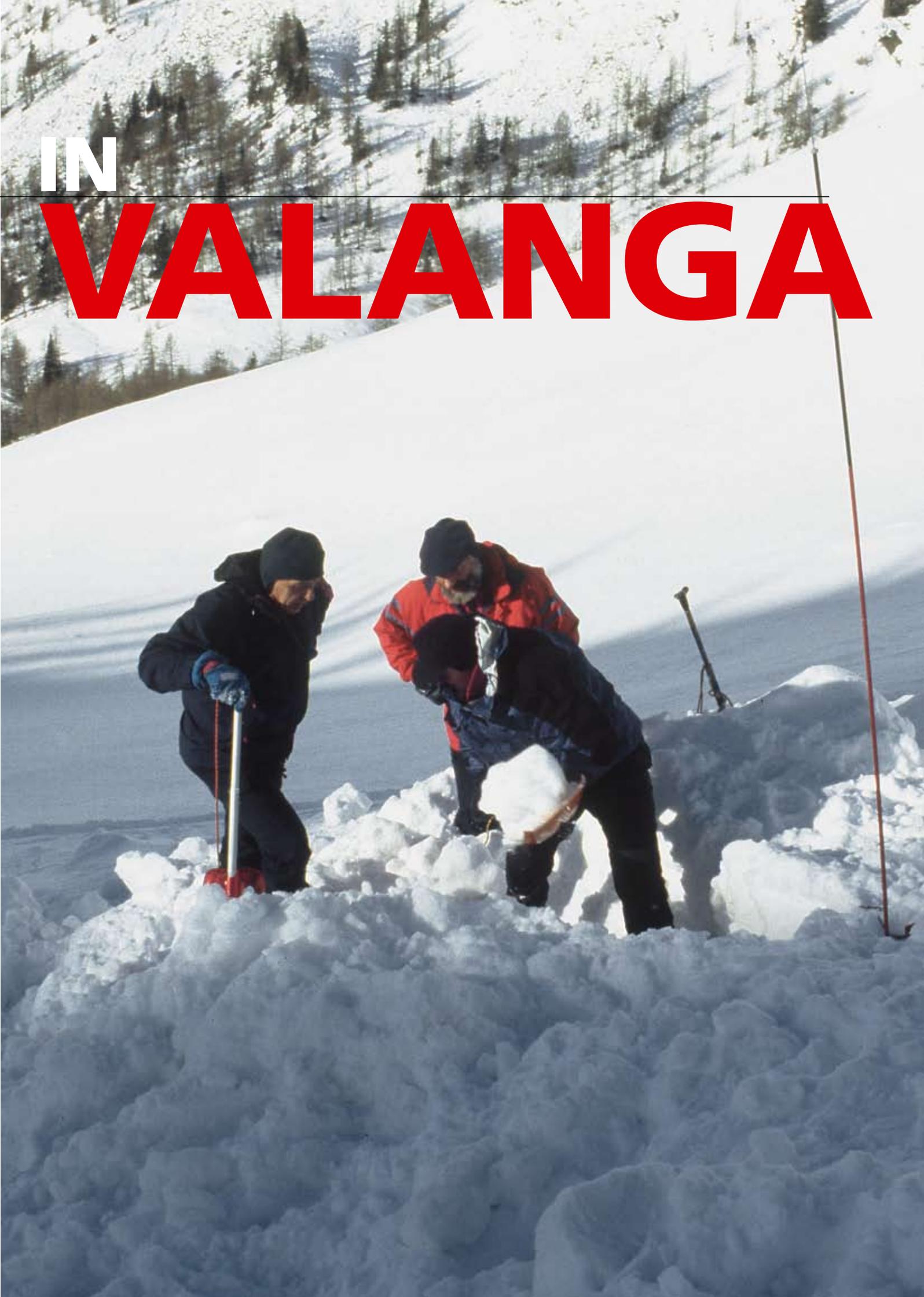
Sul tema dello scavo in valanga – finalizzato al raggiungimento di un travolto - non si riscontrano molte informazioni nei testi del settore, pur trattandosi di una procedura non priva di complicazioni o rischi di ulteriori danni all'infortunato. Al di là dell'ovvia considerazione che in funzione di particolari aspetti (densità

della neve, profondità del seppellimento, numero di operatori, morfologia del terreno) lo scavo può risultare estremamente laborioso e lento, si deve piuttosto sottolineare come lo stesso possa esitare in un deciso aggravamento del rischio - per la sopravvivenza del travolto (distruzione di cavità aeree presenti, introduzione di ulteriori forze compressive, traumatismi possibili per l'esecuzione di manovre in spazi ristretti) - se inadeguatamente condotto.

Si è pertanto ritenuto utile raccogliere ed organizzare una serie di considerazioni volte a correttamente condurre la fase di scavo ed esposizione del travolto, puntualizzando innanzitutto che **lo scavo non va "pensato"**

IN

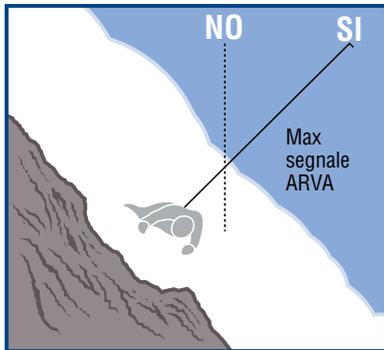
VALANGA



Tempi di disseppellimento

Volume metri cubi	Tempo di scavo (minuti)		
	pala grande	pala piccola	sci
1	10 - 15	15 - 20	35 - 45
2	15 - 20	25 - 35	60 - 90
3	25 - 35	45 - 60	100 - 130

Fig. 1
Fig. 2



per estrarre l'infortunato dalla massa nevosa che lo ricopre, bensì **PER RAGGIUNGERLO E PER CREARE INTORNO AD ESSO UN'AREA DI SUCCESSIVA MEDICALIZZAZIONE**: non è dunque il travolto che deve essere rimosso dall'accumulo, bensì i soccorritori che devono "andare verso di lui". Contemporaneamente lo scavo dovrebbe favorire la raccolta (diagnosi) di informazioni precise inerenti le condizioni del seppellimento, ossia l'esistenza o meno di una cavità aerea al viso del travolto e dati non fuorvianti sulla pervietà delle sue vie aeree.

Durante lo scavo è quindi necessaria l'adozione di alcune manovre rispondenti a specifiche finalità, che si susseguono in precisa sequenza, e così riassumibili:

1. tecnica del tunnel
2. ricerca ed individuazione della cavità aerea (air pocket)
3. protezione delle vie aeree
4. realizzazione dell'area di valutazione e medicalizzazione

L'applicazione sistematica di queste procedure sarà finalizzata all'esecuzione di un soccorso il più possibile corretto, rispettoso delle condizioni create all'arresto dell'accumulo e soprattutto teso a non aggravare.

SCELTA DEL PUNTO DI INIZIO DELLO SCAVO

Quale che sia la metodica o la strumentazione che ha permesso l'identificazione dell'area di seppellimento, in detta area il sondaggio finale dovrebbe comunque costituire il primo reale contatto fra soccorritori ed infortunato: tralasciando ogni considerazione sulle modalità di un corretto sondaggio, ed ipotizzando il caso di un vero positivo contatto fra sonda e porzione corporea del sepolto, **la sonda viene dunque ad essere il primo riferimento utile verso cui orientare lo scavo**, fondamentale segnale – sulla tormentata superficie nevosa – che suggerirà come e dove organizzare le operazioni. È utile rammentare che nel caso di terreno in pendenza il punto di localizzazione del segnale ARVA (fase finale, ricerca di precisione) va sondato con sonda non verticale, bensì orientata perpendicolarmente alla pendenza stessa (Fig. 2).

Poiché è risaputo che una sonda che abbia positivamente contattato un travolto non dovrebbe assolutamente essere estratta dal punto (può essere a volte veramente difficile ritrovare tale contatto e soprattutto ulteriore perdita di tempo), è in tale momento che si apprezzano quelle sonde che - tramite scale metriche o segmenti colorati - riportano l'indicazione della profondità del sondaggio. **Lo scavo infatti dovrà assolutamente essere condotto a sufficiente distanza dal punto di positivo sondaggio**, ove possibile, innanzitutto per non operare con il proprio peso sulla coltre nevosa che ricopre il travolto ed anche perché lo scavo (se inopportuno eseguito lungo la sonda) non esiti in un angusto pozzo verticale poco gestibile e che

comunque richiederebbe poi un suo successivo, laborioso e notevole ampliamento.

La distanza dalla sonda a cui iniziare lo scavo dovrebbe essere dedotta dalla profondità di seppellimento (scala metrica dello strumento) e **pari a circa una volta e mezzo od appena superiore a tale valore**: per le usuali profondità di seppellimento degli incidenti sportivi (da 80 a 130 cm) si possono ipotizzare distanze utili dal punto sondato di 1,5 - 2 m, iniziando lo scavo sempre dal lato a valle nel caso di pendio. Il criterio che guiderà la conduzione dello scavo deve essere quello di realizzare con moderata pendenza un piano inclinato che porti verso il corpo dell'infortunato, che poi possa essere ampliato lateralmente fino a raggiungere una larghezza pari alla statura dello stesso: alla fine del lavoro e con il corpo totalmente esposto dovremo ottenere un piano - fra soccorritori e travolto - che costituirà la superficie di medicalizzazione,



che sarà effettuata **senza dover rimuovere l'infortunato dalla buca** (Fig. 3, 4 e 5).

Conseguenza di questo criterio, anche per le ragioni che verranno di seguito esposte, è la notevole dimensione dello spazio finale che si vuole ottenere, e che massima convenienza si avrebbe nell'orientare l'allargamento dello scavo esattamente verso l'asse corporeo del travolto sin dalle prime fasi di sgombero della neve. Ma ovviamente un solo punto di sondaggio nulla dice circa la postura della vittima, e quindi su quale sia una corretta direzione per allargare lo scavo (la sonda in sito informa solo sulla direzione di avanzamento); in presenza di un buon numero di soccorritori (4-5 almeno) può essere utile ricorrere, avviatosi subito lo scavo, ad un secondo cauto sondaggio dell'area individuata. A circa 30-40 cm dalla sonda già in sede si effettuano sondaggi concentrici a questa per ricercare un secondo contatto con il travolto: trovarlo, si

ricerca ancora un terzo contatto sempre a circa 30-40 cm dal secondo, ottenendo così un asse di 60-80 cm sovrastante all'effettiva giacitura del travolto. Verso questo asse potrà essere allargato l'iniziale scavo, o a fianco di questo già intrapreso un secondo (Fig. 6).

Lo sgombero della neve è conveniente sia attuato attraverso una frequente alternanza di spalatori, essendo procedura sempre rapidamente affaticante e soprattutto deconcentrante: soprattutto in presenza di pochi soccorritori è ottimale che solamente uno o due spalatori al massimo operino in simultanea, spesso sostituiti dai restanti presenti. Ciò favorirà la mobilitazione di maggiori quantitativi di neve, la veloce progressione di un'apertura correttamente orientata, un ritmo di scavo sostenuto ed efficace sotto il controllo più attento del soccorritore in fase di momentaneo "riposo" che potrà meglio valutare la situazione nella sua interezza.

TECNICA DEL TUNNEL

Avvicinandosi in tal modo alla sonda dovrà comparire ad un certo momento una porzione del corpo del travolto: quale porzione venga primariamente esposta non è logicamente predicibile, ma l'apparire di tale parte corporea permetterà l'adozione immediata della cosiddetta "tecnica del tunnel", metodica che mira ad ottenere una veloce

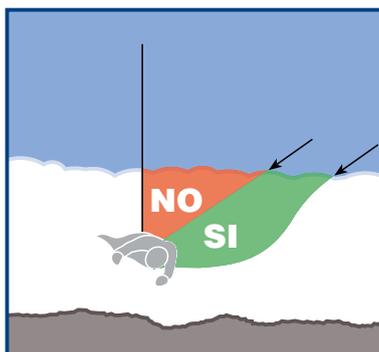


Fig. 3

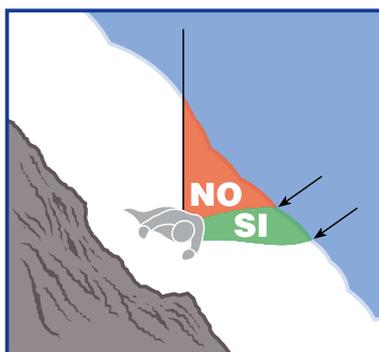


Fig. 4



Fig. 5

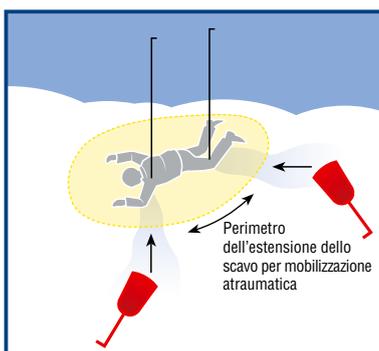


Fig. 6



Tunnel d'aria



Scavato con la mano lungo il corpo

- Veloce (densità della neve?)
- Non lesivo come potrebbe essere la pala
- Subito può favorire l'ossigenazione

Fig. 7

Protezione delle vie aeree



Impedire la distruzione della cavità aerea durante lo scavo vicino al corpo

Fig. 8

canalizzazione d'aria in maniera atraumatica (Fig. 7).

A partire dalla porzione di corpo esposta, il soccorritore con la mano guantata inizierà a rimuovere la neve "strisciando" il palmo della mano lungo il corpo del travolto, realizzando in tal modo un cunicolo che risponde a due

precise finalità: 1) permettere un minimo ma immediato afflusso/ricambio d'aria 2) favorire, sia pure alla cieca, un primo riconoscimento delle parti corporee e dell'orientamento del corpo sepolto. Il lavoro condotto con il palmo della mano guantata è più rapido e soprattutto meno invasivo e traumatico rispetto all'azione della pala che persegua le medesime finalità. I figuranti impiegati nelle buche appositamente preparate per esercitazioni di scavo riferiscono spesso in proposito come il bordo delle pale risulti anche involontariamente traumatizzante, durante un lavoro condotto velocemente e con relativa precisione; inoltre la movimentazione di blocchi nevosi a ridosso del corpo provoca

spesso la riduzione o distruzione di quella cavità aerea ("air pocket") che in questa fase del soccorso ancora non sappiamo né se presente, né dove si trovi. La tecnica del tunnel assume poi particolare importanza se consideriamo che dall'esposizione di una qualsiasi parte corporea - distante dalle vie aeree - al momento dell'identificazione ed apertura/ ispezione delle stesse può intercorrere un notevole lasso di tempo: infatti una loro valida gestione implica spesso la mobilitazione in toto del travolto, e quindi ulteriori e lunghe fasi di scavo per favorire la movimentazione del tutto atraumatica. Risulta pertanto fondamentale creare e mantenere l'afflusso ed il ricambio d'aria nel più breve tempo dall'esposizione delle prime parti corporee; non sempre purtroppo il sepolto ne potrà beneficiare, ma facilitare questa precoce aerazione deve essere obiettivo già delle prime fasi dello scavo.

Quindi, **il tunnel come metodica per favorire la primissima ur-**

gente ossigenazione: alle usuali densità della neve proprie degli incidenti sportivi non sembrano esistere particolari ostacoli alla sua buona esecuzione.

DIAGNOSI DELLA CAVITÀ AEREA

Ipotizzando la presenza di almeno due soccorritori la realizzazione del tunnel procederà al passo ovviamente con un ulteriore avanzamento ed allargamento del fronte di scavo, che favorirà l'esposizione di maggiore superficie corporea e quindi la progressiva definizione della giacitura e della posizione del capo e delle vie aeree. Durante questa fase operativa - nel caso in cui il volto dell'infortunato non ci si presenti direttamente - proprio il lavoro condotto con la mano dovrà anche essere finalizzato alla ricerca (tramite palpazione alla cieca) ed all'individuazione di un'eventuale intercapedine d'aria (cavità aerea o "air pocket") presente a livello del profilo del volto (la mano ricerca il profilo delle labbra e del naso del travolto), dovendosi accertare l'esistenza o meno di uno spazio aereo ancorché minimo e sottile. Secondo protocolli già da tempo riconosciuti, l'accertamento di questo spazio aereo - anche ad opera del soccorritore non medico - riveste infatti la massima importanza al fine della diagnosi sulle possibilità di sopravvivenza correlate al tempo di seppellimento, e certamente rappresenta un parametro che non può non essere ricercato, in particolare nel contesto di un soccorso organizzato.

La tecnica del tunnel è buona garanzia delle possibilità di un'identificazione precisa di questo parametro, mentre un frettoloso e grossolano lavoro di pala, condotto in prossimità del viso del travolto prima che

questo sia percettibile, rischia di azzerare tale cavità aerea od ancor peggio di provocare l'ostruzione di narici e cavo orale eventualmente ancora pervii. È questo un rischio da non sottovalutare sia perché può passare facilmente inosservato, sia perché potrebbe necessitare ancora parecchio tempo prima che le vie aeree siano meglio esposte e gestibili.

PROTEZIONE DELLE VIE AEREE

Una volta che la mano quantata abbia rintracciato il profilo del volto e ricercata la sottile cavità aerea, la stessa mano costituirà ancora il primo ed indispensabile mezzo di protezione delle vie aeree del travolto. È ovvio che al momento le loro condizioni possono ancora non essere state finemente valutate, ma appena possibile – con il logico aiuto della seconda mano – si deve subito provvedere alla loro completa protezione (Fig. 8). Ciò permetterà un lavoro di pala più sicuro e preciso, teso a liberare completamente il capo, le spalle ed il tronco e rimandando ancora una più completa valutazione e medicalizzazione. A volte infatti questa sarà possibile soltanto dopo che lo scavo avrà realizzata una superficie possibilmente regolare e **sviluppatasi in larghezza per quasi tutta la statura del travolto** (Fig. 9).

AREA DI MEDICALIZZAZIONE

La necessità di un'ideale ampiezza dello scavo nasce appunto dall'esigenza di **movimentare in toto il corpo dell'infortunato**, secondo riconosciute e specifiche norme di protezione della colonna vertebrale (protocolli sul paziente traumatico), nonché per la prevenzione di quel fenomeno conosciuto come "after

drop" (l'improvviso aggravarsi dell'ipotermia centrale: viene provocato dal flusso del freddo sangue periferico sospinto verso il cuore). Ciò comporta in molti casi l'effettuazione di accorte manovre di pronosupinazione nel rispetto di una posizione neutra della colonna vertebrale, e l'evitare il più possibile brusche flessioni degli arti (si ricorda come a volte l'incompleto disseppellimento anche di un solo arto può ostacolare od impedire il corretto e necessario posizionamento dell'infortunato).

In particolare, come nel caso di un autosoccorso, in assenza di specifici presidii (collari cervicali, ked, tavole spinali) le citate manovre per essere adeguatamente condotte richiederanno l'intervento congiunto di almeno 3-4 operatori, la cui necessaria compresenza attorno al travolto (Fig. 10) obbligherà ad ottenere uno scavo di opportune dimensioni. Si ritiene che questa osservazione si allinei con i dati della più recente epidemiologia, che indica una maggiore percentuale di decessi per fattori traumatici rispetto a quanto ritenuto in passato. Quindi appare senz'altro conveniente uniformare le manovre sanitarie ai citati protocolli per il paziente traumatico; anche periodi di seppellimento limitati (20-30 minuti, quando il rischio di morte è eminentemente legato all'ipossia acuta) non dovrebbero esimere dall'applicare misure di protezione spinale, pur nell'urgenza di tempestive manovre di BLS.

Si deve poi considerare che nell'impossibilità di un'evacuazione protetta ed immediata dell'infortunato (elisoccorso), ed in assenza sul posto di ricoveri di fortuna (tendine, baite, rifugi, bivacchi), lo scavo eseguito nell'accumulo nevoso è come noto il luogo più caldo rispetto alla

Scavo esteso a sufficienza da permettere la rimozione atraumatica



Fig. 9 - Scavo esteso per quasi tutta la statura del travolto: favorirà una più completa valutazione e medicalizzazione.

Fig. 10 - Scavo esteso a sufficienza per una rimozione atraumatica (compresenza di più soccorritori).

Fig. 7 - Tecnica del tunnel: scavato con la mano, meno invasivo che lo sgombero con pala, finalizzato a favorire immediatamente un'afflusso d'aria.

Fig. 8 - Protezione delle vie aeree del travolto ad opera di un soccorritore, durante il lavoro di pala in prossimità di queste. Impedire la distruzione dell'eventuale cavità aerea.

superficie del manto nevoso, e meglio proteggibile dagli agenti atmosferici. Nella buca di scavo pertanto, l'infortunato potrà essere convenientemente lasciato in sosta, una volta realizzata la sua protezione termica (l'esposizione del corpo all'aria libera favorisce un veloce aggravarsi dell'ipotermia) e disposte attente misure di sorveglianza sanitaria.

PROSPEZIONE DI **GHIACCIAI** ALCUNI **DOLOMITICI** TRAMITE TECNICHE **GPR** E **GPS**

**Marco Pasta
e Mauro Pavan**
DIPTERIS

Università degli Studi di Genova
Dipartimento Per Lo Studio
Del Territorio e Delle Sue Risorse

Diego Sonda
Libero professionista

Federico Carollo
SWF Studio
Libero Professionista

Anselmo Cagnati
ARPAV
Centro Valanghe di Arabba

Vengono presentati i risultati delle prospezioni eseguite con tecnica georadar e gps alla fine dell'estate 2004 sul ghiacciaio della Marmolada, sul ghiacciaio della Fradusta e sul ghiacciaio Superiore dell'Antelao. Le metodologie impiegate, già largamente sperimentate dal gruppo di lavoro, hanno permesso di determinare gli spessori delle coperture glaciali, evidenziando valori massimi di circa 45 metri per il ghiacciaio della Marmolada, di circa 37 metri per la vedretta della Fradusta e di circa 80 metri per il ghiacciaio Superiore dell'Antelao.

Per la prospezione GPR è stata impiegata sia un'antenna da 100 Mhz, che ha dato buone indicazioni circa i riflettori medio profondi sia un'antenna da 35 Mhz che ha confermato ed in alcuni casi fugato dubbi di interpretazione per i riflettori più profondi.





Fig. 1 - Il Ghiacciaio Principale della Marmolada.

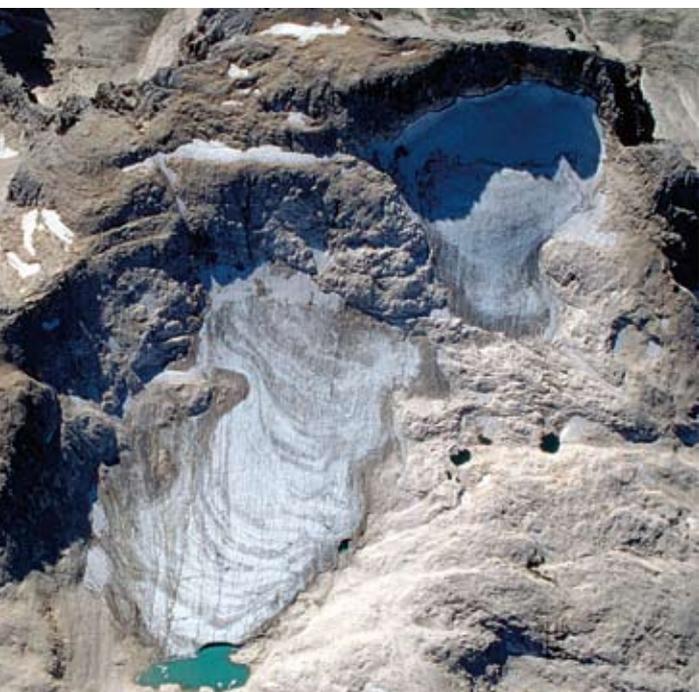


Fig. 2 - Il Ghiacciaio della Fradusta.

Fig. 3 (pagina precedente) - Il Ghiacciaio Superiore dell'Antelao.

INQUADRAMENTO GLACIOLOGICO DEI SITI DI MISURA

Ghiacciaio della Marmolada

Il Ghiacciaio Principale della Marmolada è il più esteso e celebre apparato glaciale delle Dolomiti. Esso si estende su gran parte del versante settentrionale del massiccio su un'area di 1,980 km² (rilievo 2004) approssimativamente a forma di trapezio la cui base maggiore, intersecata dal Sasso delle Undici e dal Sasso delle Dodici, corrisponde alla zona frontale che non va quindi a

formare una vera lingua ablatrice ma tre distinte e brevi colate, l'orientale, la centrale e l'occidentale, terminanti ciascuna con una propria fronte (Fig. 1).

Dal punto di vista idrografico il ghiacciaio appartiene ai bacini Avisio-Adige (80%) e Cordevole-Piave (20%). La grande notorietà del ghiacciaio, che si è tradotta in una notevole mole di materiale cartografico, iconografico e scientifico, è dovuta alla sua particolarità nel contesto dolomitico, all'interesse alpinistico e, probabilmente, anche alla sua facile osservabilità ed accessibilità da N.

Anche il ghiacciaio della Marmolada, come tutti gli apparati dolomitici, ha risentito pesantemente dei cambiamenti climatici in atto con un trend di riduzione volumetrica, areale e di arretramento frontale particolarmente accentuati a partire dalla metà degli anni '80 del secolo scorso.

Il ghiacciaio, oggi risalito al di sopra della quota 2500m, presenta un profilo longitudinale marcatamente concavo a causa della progressiva perdita di massa glaciale. Le fronti, dagli anni '20 del secolo scorso ad oggi, hanno subito un arretramento medio di 400 m, interrotto

solo dalla breve e modesta avanzata tra il 1973 ed il 1982 (fonte C.G.I.).

Il ghiacciaio, caratterizzato da scarso riparo orografico, è alimentato principalmente per via diretta e dipende quindi fortemente dai fattori climatici. Inoltre, l'intenso sfruttamento che ha subito negli ultimi decenni per l'attività sciistica (soprattutto estiva), pur avendone accresciuto la notorietà apportando benefici economici alle popolazioni locali, non ne ha favorito la buona conservazione.

Ghiacciaio della Fradusta

Si tratta di un ghiacciaio di forma non ben definita che si estende sul versante settentrionale della Cima di Fradusta (2939 m) sull'Altopiano della Pale di San Martino. Pur essendo ubicato in territorio amministrativo della Provincia Autonoma di Trento, dal punto di vista idrografico sembra afferire al bacino del Cordevole-Piave anche se la corretta identificazione dell'idrografia di superficie è incerta.

Il ghiacciaio, che presenta un'estensione di 0,217 km² (rilievo 2004), è caratterizzato da una superficie complessivamente poco inclinata, con pendenza più accentuata nel settore superiore

e da una fronte che termina in un piccolo laghetto proglaciale a 2650 m di quota (Fig. 2).

L'apparato è caratterizzato da scarso riparo orografico ed è alimentato quasi esclusivamente in maniera diretta ragion per cui l'evoluzione della massa glaciale risulta direttamente correlata ai fattori climatici. Il ghiacciaio mostra una tendenza alla riduzione di volume e di area ben superiore ai valori medi degli altri apparati dolomitici tanto che la sua sopravvivenza, alla luce dell'attuale trend climatico, appare compromessa.

La variazione areale media nel periodo 1910-1999 è stata del 78% (Cagnati, 2002) con arretramento frontale di ben 41 m nel periodo 1991-1997. Già con la campagna di osservazioni del 2002 risultava evidente la progressiva rapida emersione delle rocce centrali che faceva presupporre, in tempi brevi, lo smembramento del corpo del ghiacciaio in due porzioni distinte.

Ghiacciaio Superiore dell'Antelao

Il Ghiacciaio Superiore dell'Antelao (chiamato anche Ghiacciaio Orientale dell'Antelao) è ubicato immediatamente sotto la cima più orientale del massiccio (Cima Fanton, 3162 m) e si sviluppa in direzione E-N-E con una lingua principale e una piccola lingua trasfluente verso il bacino del sottostante Ghiacciaio Inferiore dell'Antelao non più rigonfia e imponente come agli inizi del '900 ma estremamente ridotta. Il ghiacciaio, che presenta una superficie poco inclinata e addirittura sub-pianeggiante nel suo tratto mediano, rappresenta uno degli esemplari più belli e significativi del glacialismo dell'area dolomitica.

La superficie totale del ghiacciaio è di circa 0,283 km² (rilievo

2004) e anche per questo apparato appaiono evidenti i segni della forte riduzione in atto, dal ritiro frontale (37 m nel periodo 1981-1997), alla riduzione di spessore, alla deglaciazione delle pareti circostanti. La fronte principale presenta una caratteristica forma "ad unghia" e il margine del ghiaccio è quasi completamente libero da copertura detritica (Fig. 3).

Il ghiacciaio è sovrastato per buona parte del perimetro da pareti rocciose che offrono tuttavia un modesto riparo orografico anche se i numerosi canali e il tipo di stratificazione rocciosa presente in destra orografica, convogliano sul ghiacciaio sottostante masse nevose dovute a valanghe. La modesta inclinazione della superficie del ghiacciaio e l'ampiezza del circo contribuiscono tuttavia a conferire notevole importanza all'alimentazione diretta.

GEORADAR (PRINCIPI)

Il metodo di indagine utilizzato (GPR = Ground Probing Radar o georadar), è una tecnica di prospezione di tipo indiretto che sfrutta la generazione,

propagazione e ricezione nel suolo di onde elettromagnetiche ($0,1 \text{ m} < \lambda < 100 \text{ m}$). Le frequenze impiegate possono variare a seconda del tipo di obiettivo e del contesto ambientale in cui si opera fra i 10 MHz e i 2,5 GHz.

La tecnica di indagine georadar sfrutta la capacità di rilevare mezzi di diversa permittività relativa e conducibilità, attraverso la riflessione delle onde elettromagnetiche generate da un'antenna.

Il percorso dell'onda elettromagnetica all'interno di un mezzo stratificato è vincolato dalle leggi dell'ottica geometrica e dal principio di Fermat. Quando l'onda incontra l'interfaccia fra mezzi con diverse proprietà elettriche può venire riflessa e/o rifratta e quindi ritornare in superficie ed essere captata.

Le riflessioni si verificano nel sottosuolo all'interfaccia tra strati con impedenza elettromagnetica diversa e sono dovute, per esempio, a cambiamenti della litologia, del contenuto in acqua, della densità e della temperatura.

Tramite un'antenna vengono irradiati nel sottosuolo impulsi di energia elettromagnetica di brevissima durata (qualche nano-

Fig. 4 - Rappresentazione schematica del processo di misura con metodo georadar.

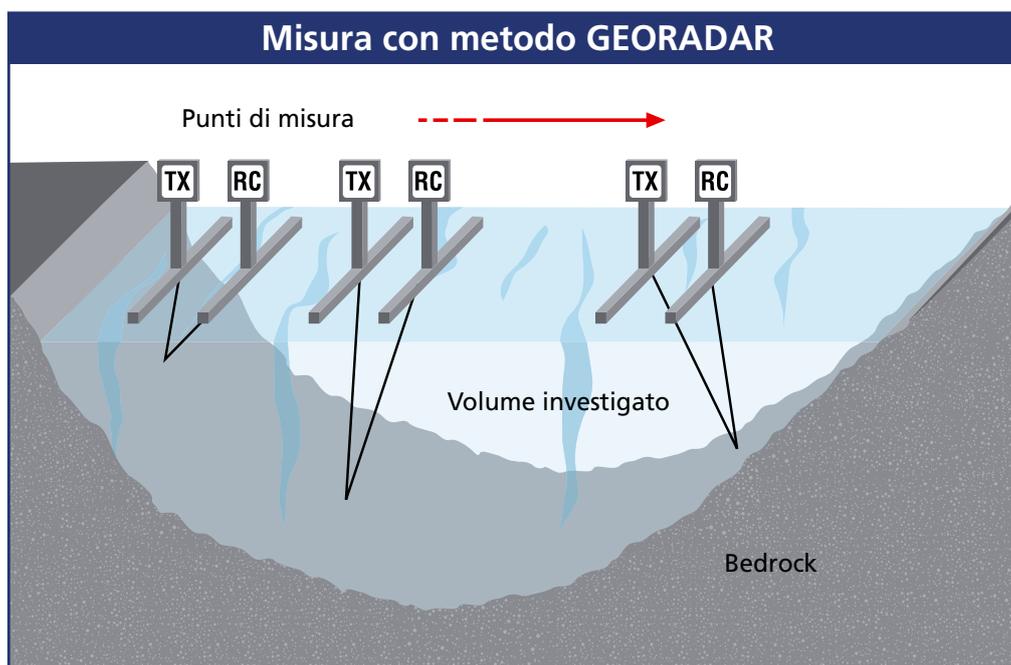
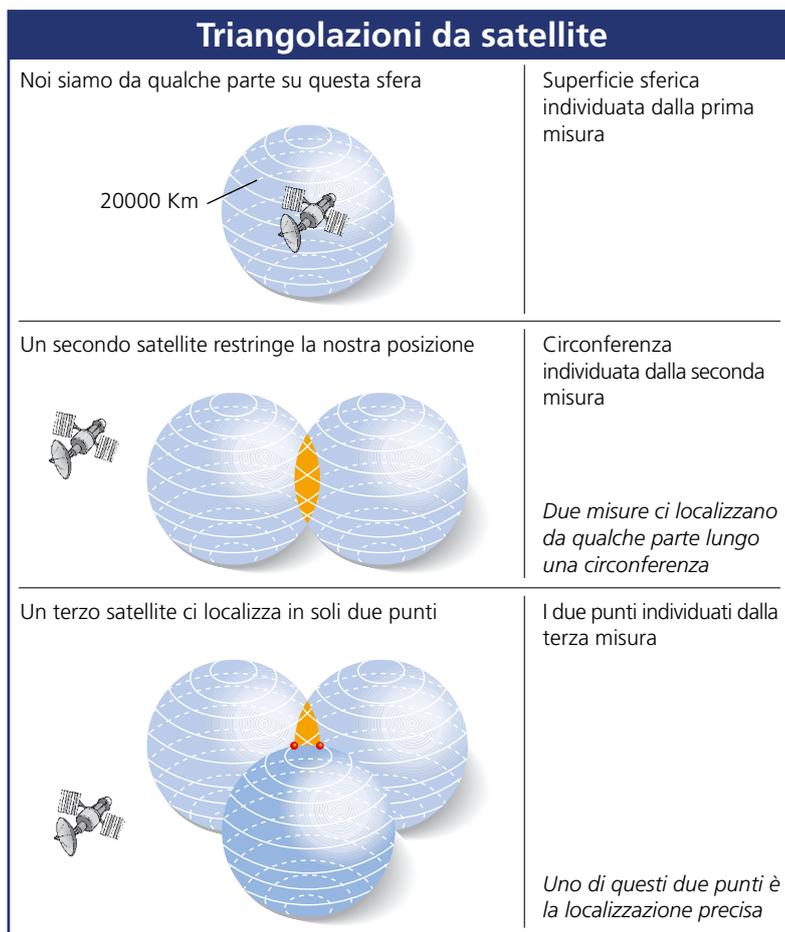


Fig. 5 - Schematizzazione trilaterazione.



secondo) che vengono riflessi, ricevuti, registrati ed elaborati. Il tempo impiegato dall'impulso per viaggiare dal trasmettitore al riflettore e ritornare al ricevitore viene misurato e, nel caso che la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche sia nota, si può determinare la profondità di riflessione (Fig. 4). Nelle rappresentazioni schematiche l'onda elettromagnetica viene rappresentata da un raggio in una dimensione, in realtà quello che si diparte dall'antenna è un fascio di impulsi che si allarga verso il basso secondo un fronte d'onda sferico, la cui intensità con la direzione varia secondo il diagramma di irradiazione dell'antenna emittente. La risoluzione ottenibile e la profondità di penetrazione sono funzione rispettivamente della lunghezza d'onda del segnale emesso, dell'attenuazione e dell'assorbimento subito dall'onda nel terreno in altre parole

maggiore è la profondità della discontinuità oggetto dell'indagine, minore è la risoluzione complessiva risultante.

In generale la scelta della frequenza da impiegare in una prospezione georadar rappresenterà il migliore compromesso tra risoluzione richiesta, profondità di indagine, dimensione del "target", necessità logistiche e contesto glaciologico in cui si opera.

GPS (PRINCIPI)

Il sistema di posizionamento globale (GPS, Global Positioning System) prevede l'utilizzo dei satelliti per determinare le coordinate di un qualsiasi punto della terra. I satelliti in orbita trasmettono, oltre ad altre informazioni, i dati orbitali per calcolare la loro posizione (effemeridi), e un segnale di tempo molto preciso per stabilire l'istante esatto di inizio della trasmissione. Semplificando in modo estremo il

funzionamento di uno strumento GPS si può dire che il ricevitore a terra misura il tempo di ricezione utilizzando un suo orologio interno sincronizzato con quello dei satelliti sul GPS-time (tempo del sistema), moltiplicando la differenza dei due valori di tempo per la velocità dell'onda elettromagnetica si ottiene la distanza tra satellite e ricevitore. Questa misura permette di individuare una superficie sferica di raggio uguale alla distanza misurata. Con l'osservazione di un secondo satellite si individuerà una seconda sfera che intersecherà la prima, l'intersezione tra le due superfici sferiche descritte dal segnale delimita un cerchio sulla cui circonferenza si trova il ricevitore.

Una terza osservazione delimiterà una terza sfera che intersecherà le due precedenti in due punti; in questo caso, scartando la posizione non occupata dal GPS si può calcolare la posizione del ricevitore.

Per accrescere la precisione della misura (soprattutto per la misura dell'altezza sul livello del mare) si dovrà far ricorso ad un quarto satellite che, oltre a determinare univocamente la posizione del GPS su uno dei due punti individuati, servirà a correggere la sincronia dell'orologio del ricevitore (meno preciso di quello dei satelliti) diminuendo notevolmente l'errore sulla misura del tempo.

Il procedimento descritto, comunemente chiamato trilaterazione, è riassunto nella Fig. 5.

ESECUZIONE DELLE MISURE GPR E GPS

Rilievi GPS

Dopo una preliminare fase di studio delle aree oggetto di indagine si è convenuto di utilizzare la tecnica di rilievo basata sul posizionamento globale (GPS, Global

Position System), in quanto l'area in esame si presentava piuttosto estesa e priva di ostacoli significativi che potessero oscurare il segnale satellitare, salvo la presenza delle ripide pareti rocciose in prossimità delle creste.

Per inquadrare correttamente un rilievo topografico nel sistema WGS84 è necessario appoggiarsi ad un punto di coordinate note; per questo motivo per ciascun ghiacciaio è stato materializzato, alla base dello stesso, un punto di appoggio derivato dal punto IGM95 più vicino. Questi punti, per le caratteristiche della rete di cui fanno parte, sono espressi nelle coordinate WGS84 e Gauss-Boaga. Per i medesimi punti, inoltre, è nota con precisione l'ondulazione geoidica, ossia lo scostamento fra la quota ellissoidica (quota sull'ellissoide WGS84) e quota ortometrica (quota sul livello del mare).

Il rilievo topografico è stato condotto adottando la medesima metodologia per tutti i ghiacciai rilevati; in particolare i punti materializzati in prossimità delle aree da rilevare sono stati utilizzati per posizionare la stazione base GPS, in grado di fornire in tempo reale la correzione differenziale al ricevitore Rover durante la fase di rilievo, attraverso un ponte radio (UHF).

I dati raccolti con il GPS sono poi stati utilizzati per localizzare i rilievi con georadar e quindi definire l'andamento del bedrock. In altre parole i rilievi sono stati impostati per ottenere due modelli digitali delle quote: uno di superficie e uno del bedrock, in modo da poter valutare, per differenza, gli spessori e il volume complessivo del ghiaccio presente.

Il rilievo della superficie dei ghiacciai è stato condotto adottando lo schema "Stop and Go" in

modalità RTK (Real Time Kinematic). La correzione differenziale, a ciascun punto rilevato, era applicata in tempo reale grazie al ponte radio (UHF) stabilito fra la stazione GPS base e il Rover. Nel rilievo con strumentazione GPS è necessario disporre in modo continuativo di almeno 4 satelliti, ma lavorando in modalità RTK è auspicabile un numero di satelliti pari a 5; salvo ostacoli significativi questi valori sono rispettati nelle zone di pianura e negli ambienti aperti. Eventuali problemi possono insorgere nelle zone di montagna oppure se ci si avvicina troppo a degli ostacoli, rappresentati nel caso specifico dalle pareti rocciose verticali o versanti particolarmente ripidi. Queste problematiche sono state in parte superate da una puntuale analisi dell'orizzonte apparente e in secondo luogo per la strumentazione adottata. Infatti, i ricevitori GPS utilizzati sono in grado di ricevere il segnale satellitare da entrambe le costellazioni presenti in orbita (GPS-NAVSTAR+GLONASS), assicurando per tutto l'arco delle giornate di rilievo almeno 5-6 satelliti anche a ridosso delle pareti rocciose, ma con punte di 10-13 satelliti in spazi aperti (Fig. 6).

Tecnicamente il rilievo è stato condotto dall'alto verso il basso, tranne per una parte del ghiaccio della Fradusta, seguendo dei percorsi a zig-zag che andavano da un estremo all'altro dell'area da rilevare. Lungo queste linee sono stati raccolti in modo continuo dati di posizionamento con un intervallo temporale di registrazione di 5 secondi. In termini spaziali la distanza fra i punti non è stata superiore ai 2-5 metri, mentre, per quanto riguarda la precisione topografica dei singoli punti, l'errore definito dallo scarto quadratico medio non superava i 2 cm sia in planimetria, sia in quota.

Per la tecnica di rilievo adottata, i dati registrati dai ricevitori GPS erano già corretti differenzialmente, mentre non potevano essere utilizzati così com'erano per le successive elaborazioni, in quanto riferiti al sistema WGS84. Si è resa necessaria, pertanto, la conversione di coordinate planimetriche dal sistema WGS84 alle coordinate Gauss-Boaga e la trasformazione delle quote da ellissoidiche a geoidiche.

Nel caso specifico è stato utilizzato il software dell'Istituto Geografico Militare (Verto2), il quale richiede che siano forniti i

Ricezione satellitare GPS da parte delle due costellazioni presenti in orbita (GPS-NavStar e GLONASS)

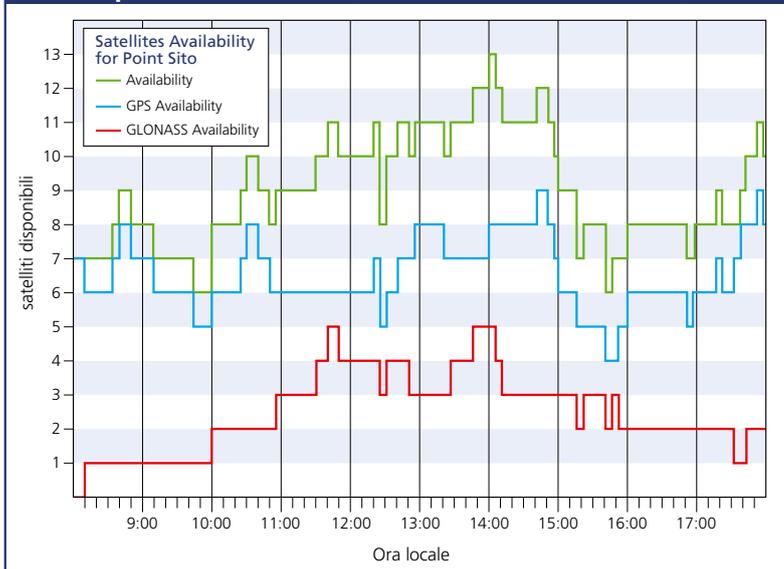


Fig. 6 – Esempio di previsione della configurazione satellitare in termini di numerosità (la linea superiore indica la disponibilità totale di satelliti, la linea intermedia la disponibilità di satelliti della costellazione GPS-NavStar e la linea più in basso la disponibilità di satelliti della costellazione GLONASS).

Esempio di segnale GPR

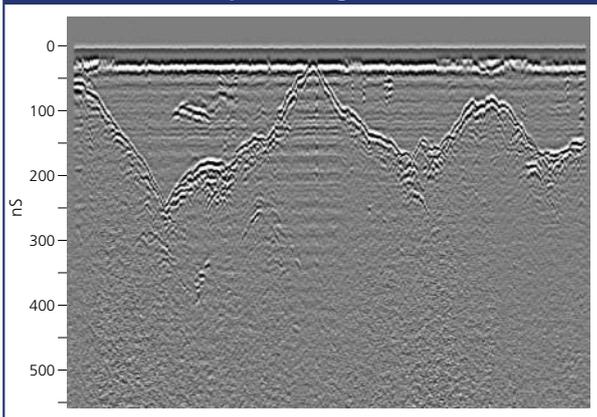


Fig. 7

Esempio di segnale GPR

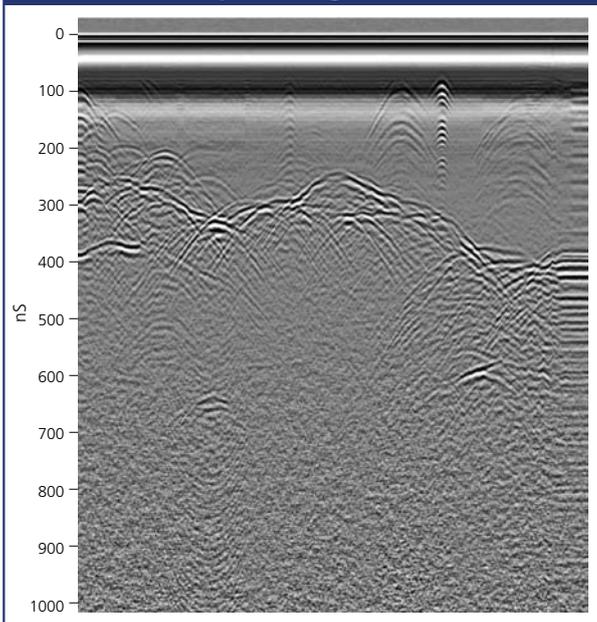


Fig. 8

Esempio di segnale GPR

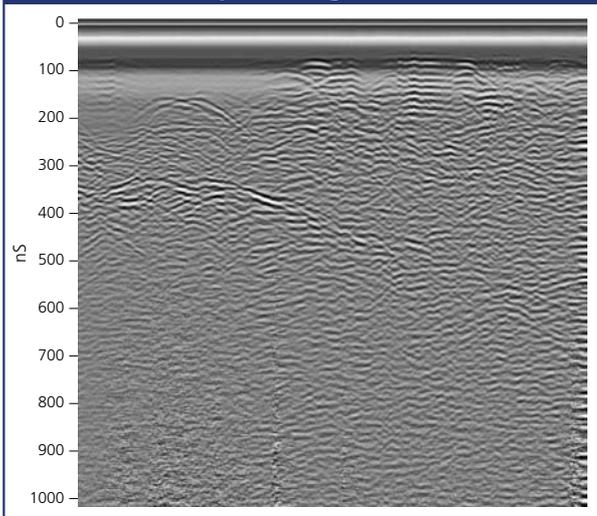


Fig. 9

dati relativi al "grigliato" di zona, ossia la variazione spaziale dei parametri di rototraslazione, oltre alle informazioni sull'ondulazione geoidica.

La rappresentazione dei punti raccolti espressi nel sistema di coordinate Gauss-Boaga e quota sul livello del mare hanno permesso di elaborare il modello tridimensionale delle aree rilevate, schematizzato con una maglia di triangoli irregolari, che descrivono le variazioni altimetriche. Questi triangoli hanno rappresentato l'informazione di base per il tracciamento delle curve di livello con equidistanza di 1 metro.

Rilievi GPR

Nel mese di Settembre e di Ottobre 2004 sono stati eseguiti numerosi rilevamenti lungo profili disposti perpendicolarmente alla massima pendenza dei ghiacciai considerati e in alcuni casi, dove necessario per controllo in fase di elaborazione o impossibilitati a procedere diversamente, lungo percorsi secondo la massima pendenza. L'esecuzione delle misure è stata realizzata con movimentazione a piedi della strumentazione lungo i profili scelti e con l'ausilio di elicottero solo per il trasporto in loco della strumentazione e delle persone impegnate nelle misure. La scelta della prospezione da terra è stata preferita per la possibilità di ottenere un migliore dettaglio sul posizionamento dei singoli rilievi e per la facile raggiungibilità di molti settori di misura. Si è considerato, infatti, che la prospezione aerea per i ghiacciai considerati, avrebbe comportato notevoli difficoltà operative legate al volo radente per la presenza di zone acclivi con pareti rocciose.

Contemporaneamente alla prospezione radar è stato eseguito il rilievo tramite tecnica DGPS in tempo reale della topografia, dei punti notevoli (estremi dei profili) e di tutti i percorsi effettuati durante l'esecuzione delle misure. Per il ghiacciaio della

Fradusta lo sviluppo complessivo delle misure è stato di circa 4900 m, per il ghiacciaio Superiore dell'Antelao 8300 m e per la Marmolada oltre 18 Km.

Sul ghiacciaio della Fradusta, sulla base delle misure preliminari, si è proceduto utilizzando solamente il set di antenne da 100 MHz mentre per i ghiacciai dell'Antelao e della Marmolada si è resa necessaria, in considerazione dei maggiori spessori presenti, l'integrazione delle misure a 100 MHz con altre eseguite con antenna da 35 MHz. Sia per il ghiacciaio dell'Antelao sia per il ghiacciaio della Marmolada sono state escluse dalla prospezione alcune aree in quanto caratterizzate da notevole acclività e dalla presenza di estese aree screpacciate.

Nel primo caso infatti è risultato improponibile procedere all'esecuzione delle misure a causa della difficoltà di movimentare la strumentazione su pendii in forte pendenza ed, al contempo garantire una adeguata sicurezza per gli operatori sul campo. Nel secondo caso, sulla base di precedenti esperienze, si è preferito rinunciare all'esecuzione dei rilievi, tutto a vantaggio di aree di maggiore interesse poiché la presenza di crepacci e di materiali terrigeni ed acqua al loro interno, non avrebbero permesso una propagazione efficiente del segnale nella massa e quindi di poter ottenere informazioni affidabili sulla profondità del bedrock.

INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Le attività sul terreno hanno fornito una notevole messe di dati per la cui elaborazione si è proceduto ad una prima fase di analisi del segnale finalizzata al miglioramento qualitativo delle sezioni acquisite al fine di porre

maggiormente in risalto gli eventi di interesse. Per questo scopo il segnale è stato opportunamente filtrato ed amplificato. Sono stati poi corretti i tempi iniziali di acquisizione per riallineare l'istante di inizio delle tracce rispetto ad un tempo zero. Successivamente una seconda fase di analisi ha consentito di discriminare il riflettore dovuto al contrasto ghiaccio/roccia da falsi echi dovuti a riflessioni prodotte da discontinuità laterali. Infine si è calcolato lo spessore del ghiaccio in base ai tempi di percorrenza del segnale nel mezzo. Per il calcolo degli spessori si è assunta una velocità delle onde elettromagnetiche nel ghiaccio pari a 0,168 m/ns; questo valore è riportato in bibliografia come il più frequentemente utilizzato nella prospezione di ghiacciai di tipo temperato-alpino. Nelle figure 7, 8 e 9 è riportato un campionario delle tipologie di segnali più comunemente individuati nella prospezione dei tre ghiacciai. Si passa dall'individuazione di un riflettore regolare piuttosto continuo (Fig. 7) ben evidenziato in un mezzo omogeneo a condizioni di segnale più complesse in cui si ha il riflettore di interesse costituito dall'involuppo di varie iperboli di diffrazione (Fig. 8) e, ancora, a situazioni in cui il segnale appare confuso in un "rumore di fondo" dovuto sia alla inomogeneità del mezzo (fratturazione) sia da echi prodotti da discontinuità laterali (Fig. 9). L'interpretazione del segnale ha permesso di ricavare la distribuzione di spessore per i tre ghiacciai esaminati.

Il Ghiacciaio della Marmolada

In particolare per il ghiacciaio della Marmolada la prospezione ha permesso di stabilire che i maggiori spessori della coltre sono situati a Nord del vallone

discendente da Punta Rocca con il raggiungimento di circa 45 m e a Sud del Sas da les Undesc con la presenza di coperture il cui spessore massimo è di circa 40 m. Si evidenziano spessori importanti anche sulle due calotte sommatali di punta Penia e di Punta Rocca dove si sono individuati spessori della copertura che arrivano a circa 30 m. Allo stesso modo è stato possibile identificare alcune zone caratterizzate da minima copertura, evidenziate in parte da morfologie superficiali caratterizzate dalla presenza di rocce emerse. In questa parte del ghiacciaio, situata a sud del Sas da les Doudesc fino all'attacco delle maggiori acclività sotto Punta Rocca, si sono individuati spessori della coltre dell'ordine del metro. In quasi tutti i profili è stato possibile identificare il segnale riflesso dall'interfaccia ghiaccio-bedrock ad esclusione di alcuni in cui la determinazione del riflettore di interesse è piuttosto dubbia in conseguenza della presenza di numerosi eventi di disturbo. Tali eventi possono essere ricondotti a riflessioni laterali sulle pareti di crepacci o sulla superficie laterale del bacino roccioso nelle zone di forte pendenza, e ancora ad atte-

nuazione del segnale in volumi di ghiaccio fratturati e/o impregnati di acqua.

Anche per la parte di ghiacciaio situata nella Valle che da Pian dei Fiacconi porta a Punta Penia si hanno dati di cattiva qualità probabilmente a causa del notevole stato di fratturazione del ghiaccio che produce vistosi fenomeni di diffrazione del segnale. Le stime sullo spessore del ghiaccio sono quindi da considerarsi, anche per quest'area con cautela.

La valutazione degli spessori, e la loro distribuzione, per il ghiacciaio della Marmolada, può essere riassunta nella carta di isopache presentata in Fig. 10. La mappatura è stata realizzata interpolando i valori degli spessori rilevati sui profili di misura secondo una griglia regolare con celle quadrate di 10 m di lato. L'elaborazione dei dati ridistribuiti sulla griglia ha permesso di stimare il volume del ghiacciaio in circa $29,5 \cdot 10^6$ metri cubi con uno spessore medio di circa 16,5 m.

Il Ghiacciaio della Fradusta

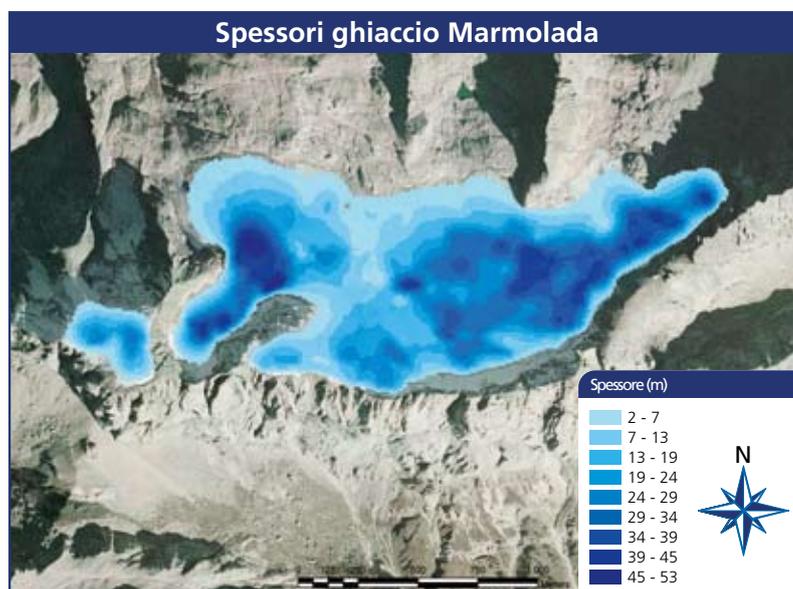
Per quanto riguarda il ghiacciaio della Fradusta il rilievo ha permesso di definire lo spessore della copertura glaciale e di individuare nel lobo superiore le massime profondità che giun-

Fig. 7 - Esempio di segnale acquisito in condizioni di ghiaccio omogeneo e superficie del bedrock regolare.

Fig. 8 - Esempio di segnale acquisito in condizioni di ghiaccio omogeneo e superficie del bedrock irregolare.

Fig. 9 - Esempio di segnale acquisito in condizioni di ghiaccio fratturato e superficie del bedrock irregolare.

Fig. 10 - Mappa rappresentativa degli spessori del Ghiacciaio Principale della Marmolada (su ortofoto CGR 2003).



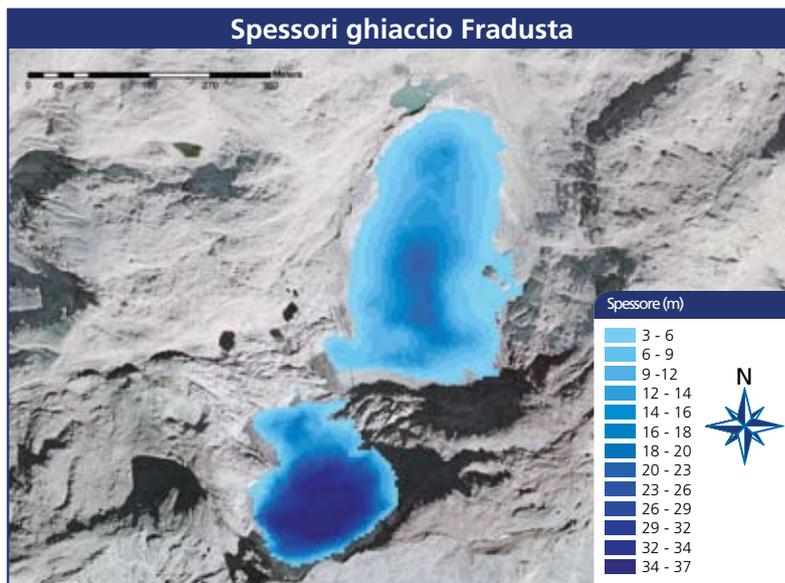


Fig. 11 - Mappa rappresentativa degli spessori del Ghiacciaio della Fradusta (su ortofoto CGR 2003).

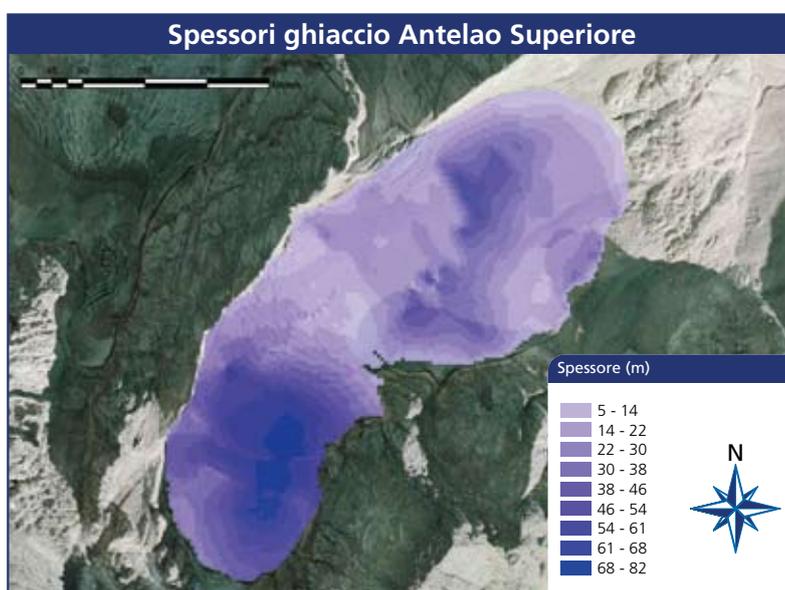


Fig. 12 - Mappa rappresentativa degli spessori del Ghiacciaio Superiore dell'Antelao (su ortofoto CGR 2003).

gono a circa 37 m. Nel lobo inferiore gli spessori non sono superiori a 25 metri. La prospezione radar ha evidenziato alcune aree in cui il segnale proveniente dal fondo sembra derivare da fenomeni di scattering. Tale caratteristica potrebbe indicare la presenza di un letto di tipo clastico (per esempio permafrost o tilliti) similmente alle aree presenti nei dintorni o di ghiaccio in condizione di equilibrio con acqua di impregnazione (brine). La riattribuzione, secondo una griglia regolare di 5 m di lato, dei valori di spessore misurati sui profili ha permesso di ricavare la carta delle isopache raffigurata

in Fig. 11. L'elaborazione della griglia ha permesso di stimare il volume del ghiacciaio in circa $1,75 \cdot 10^6$ metri cubi e uno spessore medio di circa 16,5 m.

Il Ghiacciaio Superiore dell'Antelao

Le misure eseguite sull'Antelao hanno comportato vari problemi di elaborazione sia nella parte basale, in cui il segnale rilevato risultava talvolta poco discriminabile, sia nella parte di circo in cui l'interpretazione risultava complicata dalla presenza di riflettori intermedi ascrivibili ad accumulo presumibilmente di valanga.

La possibilità di disporre di dati ottenuti con strumentazioni e

modalità differenti per gli stessi punti di misura ha permesso di sciogliere alcuni dubbi nell'interpretazione del segnale e quindi in ultima analisi, nella definizione del posizionamento del bedrock.

Rispetto alle prospezioni effettuate su altri ghiacciai la qualità del dato rilevato sul ghiacciaio dell'Antelao sembra non essere delle migliori; permangono alcuni dubbi sulla localizzazione del substrato in quanto spesso il segnale risulta poco chiaro e influenzato da disturbi prodotti dalle riflessioni laterali tipiche di versanti con pareti sub-verticalizzate. Soprattutto nella zona mediana del ghiacciaio, caratterizzata da intensa crepacciatura, non è stato possibile procedere a una buona distribuzione delle linee di misura ed ottenere significative informazioni sull'andamento del bedrock.

La prospezione ha permesso comunque di definire con buona approssimazione sia la mappatura degli accumuli da apporto valanghivo, presenti essenzialmente nell'area di circo, sia l'andamento dello spessore dell'intero ghiacciaio.

Sono stati individuati nelle conoidi di accumulo nevoso spessori massimi di circa 29 metri; le maggiori profondità del bedrock sono presenti nella parte di circo del ghiacciaio dove sembrano essere raggiunti spessori della copertura dell'ordine di 80 m. Nella lingua basale del ghiacciaio si hanno, invece, spessori prossimi a 65 m; i risultati della prospezione sono sintetizzati in Fig. 12.

La stima della volumetria del corpo glaciale dell'Antelao varia fra $6,7 \cdot 10^6$ e $8,0 \cdot 10^6$ m³ a seconda delle approssimazioni impiegate nei calcoli degli spessori della coltre sui margini laterali del ghiacciaio.

Le prospezioni condotte sull'Antelao, oltre a definire la morfologia del bacino, hanno evidenziato, alcuni orizzonti correlabili ad eventi valanghivi importanti; questi eventi hanno fornito e forniscono tutt'ora un considerevole apporto alla formazione di nuovo ghiaccio che va ad aggiungersi a quello di ordinaria produzione derivato dalle precipitazioni nevose. Questo è un elemento che di per se giustifica come questo ghiacciaio, pur essendo posto a quote relativamente modeste, sia potuto sopravvivere malgrado le forti ablazioni che si sono osservate, in questi ultimi anni, un po' su tutti i ghiacciai dell'arco alpino.

In alcuni settori, soprattutto nella parte inferiore e nella crepacciata intermedia, la determinazione degli spessori della copertura del ghiacciaio presenta tutt'ora alcuni limiti di incertezza. Questi sono i casi in cui la prospezione georadar ha raggiunto i suoi limiti di impiego.

CONCLUSIONI

Le prospezioni condotte hanno fornito una buona descrizione generale delle coperture glaciali della Marmolada, Fradusta e dell'Antelao Superiore consentendo di quantificare in modo molto verosimile la volumetria glaciale presente e quindi di conoscere l'attuale disponibilità della risorsa idrica.

Tutto ciò rappresenta un importante "Punto Zero" nello studio dell'evoluzione di questi ghiacciai alpini. Controlli ripetuti nel tempo consentiranno di descrivere in modo preciso il trend evolutivo, consentendo di ottenere proiezioni verosimili sulla durata della disponibilità della risorsa sia in termini diretti (es.: sfruttamento attraverso bacini idroelettrici) sia in termini indiretti (es.: turismo).

Ringraziamenti

Ringraziamo l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto per aver promosso e finanziato la ricerca e per la messa a disposizione dei mezzi di trasporto aerei; in particolare ringraziamo i previsori

del Centro Valanghe di Arabba Andrea Crepez e Gianni Marigo per il supporto meteorologico indispensabile alla programmazione del lavoro giornaliero in montagna e la Guida Alpina Ermanno dal Santo.

Bibliografia

- Cagnati A., Taurisano A., Valt M., 2002. "Il monitoraggio dei ghiacciai dolomitici", Neve e Valanghe n. 45, Aprile 2002, 6-13.
- Lozej A., Merlanti F., Pavan M., Tabacco I., 1998, "Preliminary results of r.e.s. surveys over hells gate ice shelf (Victoria Land - Antarctica)", Terra Antarctica Reports, n.1, 129-132.
- Nobes, 1999, "The directional dependence of the ground penetrating radar response on the accumulation zones of temperate alpine glaciers", First Break Vol. 17 Issue 7 Page 249 July 1999
- L. Levato, L. Veronese, A. Lozej and E. Tabacco, 1999, "Seismic image of the ice-bedrock contact at the lobbia glacier, Adamello Massif, Italy", Journal of Applied Geophysics, Volume 42, Issue 1, August 1999, Pages 55-63
- Merli F., Pavan M., Rossi G.C., Smiraglia C., Tamburini A., Ubiali G., 2001, "Variazioni di spessore e di volume della lingua del ghiacciaio dei Forni (Alpi centrali, gruppo Ortles-Cevedale) nel XX secolo. Risultati e confronti di metodologie", Suppl. Geogr. Fis. e Din. Quat. V, 2001, pp. 121-128.
- Pavan M., Diolaiuti G., Smiraglia C., Maggi V., D'Agata C., 2000, "Prospezioni sismiche e radar sul ghiacciaio della Sforzellina, un nuovo approfondimento glaciologico nel gruppo Ortles-Cevedale, in Lombardia", Neve e Valanghe n. 41, Dicembre 2000, pp. 6-13.
- Mark L. Moran, Roy J. Greenfield, Steven A. Arcone, Allan J. Delaney, 2000, "Multidimensional gpr array processing using kirchhoff migration", Journal of Applied Geophysics 43 (2000) 281-295
- Richard Hodgkins; Martin J. Siegert; Julian A. Dowdeswell, 2000, "Geophysical investigations of ice-sheet internal layering and deformation in the Dome C region of Central East Antarctica", Journal of Glaciology, 2000, vol. 46, no. 152, pp. 161-166(6)
- Diolaiuti G., D'agata C., Pavan M., Smiraglia C., 2001, "Rilievi gpr e gps per lo studio del ghiacciaio dello Sforzellina (Alpi lombarde)", 5A Conferenza Nazionale Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali "La Qualità" dell'Informazione Geografica", Rimini 9-12 ottobre 2001, Atti vol 2, pp. 727-731.
- Edson Ramirez; Bernard Francou; Pierre Ribstein; Marc Desclotres; Roger Guérin; Javier Mendoza; Robert Gallaire; Bernard Pouyaud; Ekkehard Jordan, 2001, "Small glaciers disappearing in the tropical Andes: a case-study in Bolivia: glacier Chacaltaya (16° S)", Journal of Glaciology, 1 May 2001, vol. 47, no. 157, pp. 187-194(8)
- D.H. Elsberg; W.D. Harrison; K.A. Echelmeyer; R.M. Krimmel, 2001, "Quantifying the effects of climate and surface change on glacier Mass Balance", Journal of Glaciology, 15 October 2001, vol. 47, no. 159, pp. 649-658(10)
- Mancini M., Frezzotti M., Smiraglia C., Gagnani R., Proposito M., Zirizzotti A., Motta M., Pavan M., 2002, "Mass Balance of Campbell glacier (Northern Victoria Land, Antarctica)", 4° Convegno Nazionale di Glaciologia Antartica, Milano, 25-26 GIUGNO 2002. Terra Antarctica Reports 8, 2003, pp. 11-14
- Steven A. Arcone, 2001, "Airborne-radar stratigraphy and electrical structure of temperate firn: Bagley ice field, Alaska, U.S.A.", Journal of Glaciology, 15 January 2002, vol. 48, no. 161, pp. 317-334(18)
- William D. Harrison; Charles F. Raymond; Keith A. Echelmeyer; Robert M. Krimmel, 2003, "A macroscopic approach to glacier dynamics", Journal of Glaciology, 1 March 2003, vol. 49, no. 164, pp. 13-21(9)
- Eisen O., Nixdorf U., Keck L., Wagenbach D., 2003, "ALPINE ice cores and ground penetrating radar: combined investigations for glaciological and climatic interpretations of a cold alpine ice body", Tellus, 22 April 2003 55B, 1007-1017
- Diolaiuti G., Smiraglia C., D'Agata C., Kirkbride M., Benn D., Deline P., Pavan M., Pasta M., Citterio M., Carnielli T., Tamburini A. & Mortara G., 2005, "Miage glacier and lake recent dynamics: a contribution for understanding alpine calving". 9th Alpine Glaciological Meeting, 24-25 February 2005, Milan.
- Francisco J. Navarro, Yuri Ya. Macheret and Beatriz Benjumea, 2005, "Application of radar and seismic methods for the investigation of temperate glaciers", Journal of Applied Geophysics, Volume 57, Issue 3, April 2005, Pages 193-211



SNOW SAFETY DESIGN⁺ at 3212 m

Un progetto della Facoltà di Design e Arti, Libera Università di Bolzano in collaborazione con Funivie Ghiacciai Val Senales

La sicurezza sulle piste da sci è un argomento che spesso viene affrontato soltanto quando capitano incidenti o quando ci si imbatte in uno di quei cartelli di monito, frequentemente scoloriti dal tempo che si trovano ai bordi delle piste.

In una mostra che si è tenuta sui ghiacciai della Val Senales dal 28 ottobre al 17 dicembre, un gruppo di studenti della Facoltà di Design e Arti tratta invece questo importante argomento, usando un linguaggio vicino a quello dei giovani, target dell'iniziativa.

Nella mostra, allestita all'interno del ristorante del Berghotel Grawand e sull'omonima pista, sono esposti progetti di manifesti, brochure, cartelli e installazioni che mirano a sensibilizzare il visitatore sul tema della sicurezza sulle piste.

Dopo un'approfondita analisi del tema, dagli studenti sono nate idee per campagne di sensibilizzazione, che si confrontano con diversi aspetti della sicurezza sulle piste: l'indossare capi di protezione (ad esempio il casco), il comportamento dei giovani in gruppo, il pericolo di valanghe andando fuoripista, il rispetto della natura o il pericolo causato dalla sopravvalutazione delle proprie capacità. Vengono inoltre presentati un innovativo sistema di

delimitazione delle piste, e uno strumento per stimare il pericolo di valanghe, ispirato al metodo Munter, oggetti di rispettive tesi di laurea. Inoltre si trovano proposte di soluzioni adeguate al crescente fenomeno dello scialpinismo praticato al bordo delle piste, destinate normalmente alla discesa.

Gli studenti hanno trattato questo tema con un linguaggio visivo emozionale, che si avvicina molto alla cultura degli snowboarder o dei giovani freerider. Linguaggio contrapposto a quello usato fino ad oggi, che permette di rivolgersi in maniera diretta al proprio target. In forma grafica vengono raccontate delle storie che stimolano a ragionare, che fanno sentire lo sciatore/trice o snowboarder parte in causa, che provocano e intrattengono, in un percorso che ha inizio alla funivia e che passando per le piste accompagna fino al ristorante.

Forse si riusciranno così a cambiare alcuni comportamenti pericolosi degli amanti degli sport invernali.

Il progetto è stato condotto da Katrin Androschin, docente alla Facoltà di Design e Arti della Libera Università di Bolzano con il gentile sostegno di: Funivie Ghiacciai Val Senales, Provincia Autonoma di Bolzano – Assessorato al Turismo, Sitour Srl, Associazione Turistica Val Senales, Comune di Senales.



PREMIO PAOLO VALENTINI EDIZIONE 2003

Il 14 dicembre 2005 si è svolta a Trento la cerimonia di premiazione dei vincitori delle tesi concorrenti al Premio "Paolo Valentini" edizione 2003. Vincitrici del concorso ex aequo sono due tesi di laurea, premiate per il buon livello di approfondimento e di sperimentazione, per la precisione dei contenuti e la chiarezza di esposizione.



Pubblichiamo di seguito la graduatoria finale del concorso:

Primi classificati a pari merito:

• **STEFANO AVANZI**, Università degli Studi di Trento - Facoltà di Ingegneria, Anno accademico 2002/2003: "Analisi del sito valanghivo Val Nigolaia ed intervento per la difesa dell'abitato di S. Bernardo di Rabbi"

• **ELDA ESTER BERNARDELLI**, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Facoltà di Scienze matematiche, Fisiche e Naturali, Anno accademico 2002/2003: "Conseguenze podologiche della costruzione, gestione ed utilizzo delle piste da sci: il caso di Bormio (SO)"

2° classificato:

DAVIDE BAVERA - CHIARA MARIA INVERNIZZI, Politecnico di Milano - Facoltà di Ingegneria, Anno accademico 2001/2002: Sicurezza dell'arrampicata sulle cascate ghiacciate: evoluzione e resistenza del ghiaccio"

3° classificato:

JACOB MARCUS BALZANI LÖÖV - Università degli Studi di Milano - Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Anno accademico 2002/2003: "Caratteristiche dell'impianto antropico sullo strato limite planetario in area montana (Alta Valtellina, SO)"

4° classificato:

MAURO FELIZIANI, Università degli Studi di Udine - Facoltà di Ingegneria, Anno accademico 2002/2003: "Sviluppo di un modello numerico bidimensionale per lo studio della dinamica delle valanghe"

5° classificato:

DESIRÉE DEPAOLI - Università degli Studi di Padova - Facoltà di Agraria, Anno accademico 2000/2001: "Valutazione dell'estensione della copertura nevosa attraverso l'uso di immagini satellitari"

6° classificato:

OMBRETTA MARTINELLI - DEBORAH

MODENA, Politecnico di Milano - Facoltà di Ingegneria, Anno Accademico 2002/2003: "Un metodo per la stima dell'equivalente idrico del manto nevoso nelle prealpi lombarde"

7° classificato:

GIANLUCA GHIRARDI - Università Degli Studi di Brescia - Facoltà di Ingegneria - Anno accademico 2002-2003: "Monitoraggio a microonde e simulazione della dinamica del manto nevoso"

8° classificato:

FAUSTO LOVATEL, Università degli Studi di Trento - Facoltà di Ingegneria, Anno accademico 2001-2002: "Applicazione di modelli numerici 1D ai fenomeni valanghivi che interessano la SS 48 delle Dolomiti in Comune di Livinallongo del Col di Lana (BL)"

9° classificato:

FULVIO BIANCO, Università degli Studi di Pavia, Anno accademico 2001-2002: "La morte violenta da valanga"

10° classificato:

BARBARA FRIGO, Politecnico di Torino - Facoltà di Ingegneria, Anno accademico 2001-2002: "Effetti sulle strutture della componente aerosol delle valanghe - Il caso della Valle d'Aosta"

11° classificato:

CHEMELLI MARIO, Università degli Studi di Trento - Facoltà di Ingegneria, Anno accademico 2002-2003: "La modellazione idrologica di una superficie glacializzata. Il caso del ghiacciaio dell'Adamello"



PREMIO PAOLO VALENTINI EDIZIONE 2006

Il regolamento del concorso può essere consultato sul sito www.aineva.it oppure nell'inserzione a pagina 43.



ABSTRACT

The snow cover numerical model

SNOWPACK

Experiments carried out in Trentino Alto Adige in winter 2004/05

N. Radershall, C. Oberchmied, F. Ghese, M. Lehning

In winter 2004/05, a numerical model of the snowcover was used for the first time on three distinct sites within a series of tests carried out by the Avalanche Service of the Ufficio Idrografico of the Bolzano-Alto Adige Sudtirolo province. The aim was to follow the snowcover evolution in winter months and gather information about the avalanche danger. The Snowpack model was used, which was developed by the Swiss Federal Institute for snow and avalanche studies (SLF) of Davos. The SNOWPACK is also being currently tested by other avalanche warning services in the Alpine chain, for example in Veneto, Tyrol and Bavaria. Starting from the meteorological data recorded by an automatic station, the model is able to calculate the snowcover behaviour near the station. The model also provides data on the snowpack evolution with time in the form of snow profiles. By continuously comparing the comparative measurements carried out throughout the winter months, a verification of the results provided by the model has been made which indicated how the model supplies useful data referring to its own structure. However results are mostly linked to the quality of incoming data and the correct model initialisation. Also, considering the lack of reliable parameters about the snow cover stability and the fracture load of weak layers, it is very difficult to turn these results provided by the SNOWPACK into accurate information about avalanche danger. In order to turn it into an instrument to be effectively used for avalanche prevention on the basis of simulated profiles, it is thus appropriate to continue research. The first results of these research works were discussed in autumn 2005 on the occasion of a workshop at SLF headquarters.

THE SIMPLIFIED SNOW PROFILE

R. Bolognesi

In this article Robert Bolognesi illustrates in detail the study he has carried out on simplified snow profiles, demonstrating

that the evolution of this snow cover investigation method leads to fairly accurate acquisition of a large amount of essential information to evaluate the avalanche risk. The article clearly and simply explains the development procedure that, together with the results of the numerous measurement campaigns, leads to a comparative analysis with the traditional method.

As Bolognesi himself says, this technique, too, has some inconveniences, and it is right thanks to this accurate survey that a procedure already used in the past can be considered reliable.

Paolo Turcotti

RECENT TREND OF SNOW PRECIPITATION ON ITALIAN ALPS

M. Valt, A. Cagnati, A. Crepez,

G. Marigo

Recent papers showed a general decrease of winter precipitation in the last years on Italian Alps and particularly snowy precipitations, both in the Western Italian Alps and in the Eastern part. In the Dolomites snowfall decreased of 28% during the period 1988-2003, comparing with average precipitations in 30 years (1971-2000). In this paper it is carried out an analysis of seasonal snowfall in the Dolomites and first results of a regional climatic evolution using the adimensional index SAI (Standardized Anomaly Index) for 40 snow measurement stations on the Alps. Furthermore decreasing snow precipitations corresponds to a strong reduction of Dolomites' glaciers (-24% of the surface during the period 1980-2000).

EVEREST, NORTH SLOPE Nivologic and glaciological research works carried out during the "K2-2004, 50 years later" expedition on the Tibetan side of the Everest

M. Pecci, G. Mortara

The article presents and discusses the results of the research activities carried out on the north Everest side during the "K2 2004 - 59 years later" expedition, specifically referring to snow science and glaciology. Special focus was placed on the meteorological-climate evolution and snow cover evolution, as well as on a hanging serac that accumulated a huge amount of ice on the route leading to the

Everest Base Camp at around 6,500 m height, fortunately with no harm to people or equipment. The article then discusses the evolution of phenomena, while evaluating the general and environmental safety conditions of the Himalayan chain in the Tibetan side of the Everest during the expedition.

AVALANCHE RESCUE: EXCAVATION PROCEDURES FOR SAVING BURIED PEOPLE

A. Calderoli

There is not much information about avalanche excavation for reaching buried people, though this being a procedure that implies some complications or the risk of further damage to injured persons. It was therefore deemed appropriate to gather and organise a series of considerations aimed at carrying out excavation correctly, mainly considering that the latter should not be considered as an operation to free a buried person from the snow, but rather to reach him and create around him a space allowing for his subsequent treatment: therefore a buried person should not be freed from the snow, but rescuers should rather attempt to reach him. At the same time, an excavation procedure should favour the collection (diagnosis) of accurate information about the buried person's conditions, i.e. whether there is an air pocket along with reliable data on the efficiency of his respiratory system.

During excavation it is thus necessary to adopt some measures aimed at meeting

specific requirements, following a well-defined sequence, to be summed up as follows:

1. tunnel technique
2. search and location of the air pocket
3. protection of the respiratory system
4. setting up of the first aid area.

The systematic implementation of these measures will aim at carrying out the most appropriate rescue operations, taking into account the conditions created at the moment of the avalanche stop, and mainly trying not to make them worse.

PROSPECTING SOME DOLOMITE GLACIERS USING GPR AND GPS TECHNIQUES

M. Pasta, M. Pavan, D. Sonda, F. Carollo, A. Cagnati

The article presents the results of the searches carried out on the Marmolada, Fradusta and Antelao glaciers in late summer 2004 using GPR and GPS techniques. The procedures used, which were already largely tested by the work team, allowed operators to calculate the thickness of glaciers, thus determining maximum values of about 45 metres for the Marmolada glacier, about 37 metres for the Fradusta glacier, and about 80 metres for the Antelao upper glacier.

For the GPR measurements, a 100 MHz antenna was used which provided reliable indications about medium-deep reflectors, and a 35 MHz antenna that confirmed, and in some cases dispelled any interpretation doubt for deeper reflectors.

