

Neve e valanghe

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
e Sicurezza in montagna*

n° 34 - agosto 1998

OSSERVARE LA
NEVE PER CAPIRE
LE VALANGHE

LA NEVE COME
INDICATORE
DELLA QUALITA'
DELL'ARIA

LA CARTA
CLIMATICA DELLA
LOMBARDIA

IL METODO DEL
SONDAGGIO
LASER

GHIACCIAIO
DEL CARESER
1967-1990

IL NORWEGIAN
GLACIER MUSEUM



**Indirizzi e numeri telefonici
dei Servizi Valanghe A.I.NE.VA.
dell'Arco Alpino Italiano**

REGIONE LIGURIA
Ufficio Valanghe
C/o Ispektorato Dipartimentale delle Foreste
Viale Matteotti 56 - 18100 Imperia
Tel. 0183/20609 - Fax 0183/23548
(Bollettino Nivometeorologico
tel. 010/532049)

REGIONE PIEMONTE
(Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione)
Settore Meteorografico e Reti di
Monitoraggio
C/o CSI Piemonte
C.so Unione Sovietica, 216 - 10134 Torino
Tel. 011/3168203 - 3181709
E-mail: metecidro@regione.piemonte.it
(Bollettino Nivometeorologico)
Tel. 011/3185555
Site Internet:
<http://www.regione.piemonte.it/meteo/boll.html>
Televisivo RAJ 3 pagine 536 e 537

**REGIONE AUTONOMA
VALLE D'AOSTA**
Assessorato Agricoltura e Foreste
Ufficio Valanghe
Loc. Amerique 127/A 11020 Quart - AO
Tel. 0165/776301 Fax 0165/776302
(Bollettino Nivometeorologico
0165/776300
Email: u-valanghe@regione.valle-aosta.it

REGIONE LOMBARDIA
Centro Nivometeorologico
Via Milano 18 - 23032 Bormio (So)
Tel. 0342/905030 - Fax 0342/905133
nivometeo@regione.lombardia.it
(Bollettino Nivometeorologico - 5 linee -
NUMERO VERDE 1678/37077
Fax in paging 0342/901521
<http://www.regione.lombardia.it/meteo/>

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
Ufficio Neve, Valanghe e meteorologia
Via Vanchelli 41 - 38100 Trento
Tel. 0461/497413 - Fax 0461/238809
servprevat@provincia.it
(Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678/30077
Self fax 0461/237089
<http://www.pat.info.it/meteo/>

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO
Ufficio Meteorografico, Servizio Prevenzione
Valanghe e Servizio Meteorologico
Via Mendola 38 - 39100 Bolzano
Tel. 0471/414740 - Fax 0471/414779
Hydra@provincia.bz.it
(Bollettino Nivometeorologico
0471/270555
0471/271177 anche self fax
<http://www.provincia.bz.it/meteo/>

REGIONE VENETO
Centro Sperimentale Valanghe
Via Passo Campolongo 122
32020 Arabba (BL)
Tel. 0436/79227 - Fax 0436/79319
csvdi@sunrise.it
(Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678/60345
Self fax 0436/79221 - 780008 It. Ted. Ingl.
<http://www.sunrise.it/csvdi/>

**REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA**
Ufficio Valanghe
C/o Direzione Regionale delle Foreste
Piazza Belloni 14 - 33100 Udine
Tel. 0432/555750 - Fax 0432/505426
(Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678/60377)

Sede A.I.NE.VA.
Vicolo dell'Adige, 18
38100 TRENTO
Tel. 0461/230305 - Fax 0461/232225
aineva@tqs.it
<http://www.tqs.it/aineva>

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 Sci alpinismo 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 mass media 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 unificato
riportante tutti i Bollettini
Nivometeorologici degli
Uffici Valanghe AINEVA
Tel. 0461/230030**



Periodico associato all'USPI
Unione Stampa Periodica Italiana

Sommario

agosto 1998 numero 34



OSSERVARE LA NEVE PER CAPIRE LE VALANGHE

Le difficoltà e i limiti
dell'analisi dei grani di
neve nello studio delle
valanghe

di Alain Duclos

LA NEVE COME INDICATORE DELLA QUALITA' DELL'ARIA NELLE ALPI

Un progetto avviato
dall'Università di Venezia

di Paolo Gabrielli, Giulio Cozzi,
Carlo Barbante e Paolo Cescon



LA CARTA CLIMATICA DELLA LOMBARDIA

Considerazioni sui caratteri
climatici di una regione al
centro delle Alpi

di Emanuela Sonvico e Elena Rosa Bormolini.



IL METODO DEL SONDAGGIO LASER

di J. Stotter e GdbR



GHIACCIAIO DEL CARESER 1967-1990

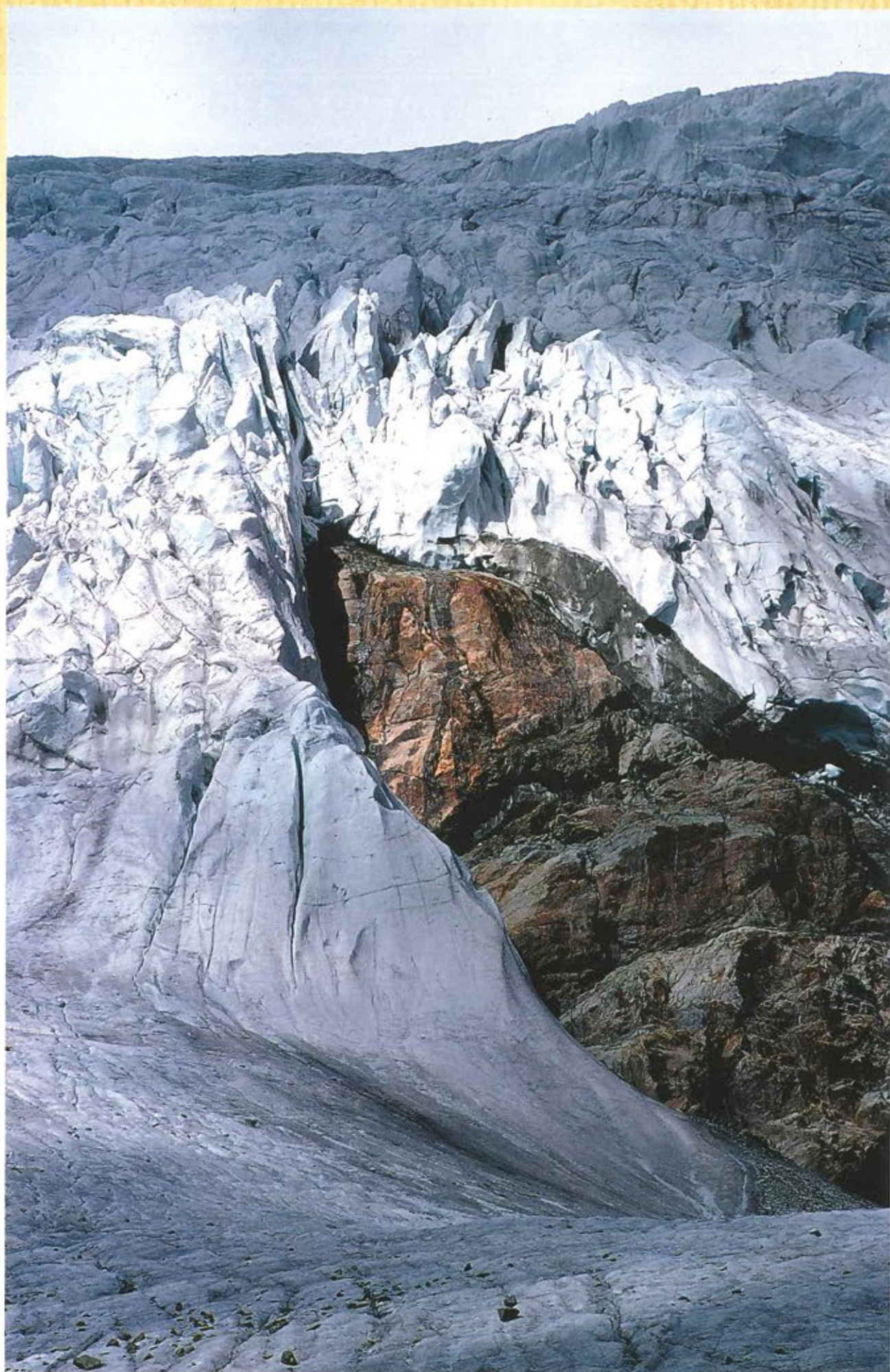
di Marco Giada e Giorgio Zanon



IL NORWEGIAN GLACIER MUSEUM

di Ole Martin Korsen





Nel variegato mondo dei professionisti che operano sulla montagna vi è, da un po' di tempo, una cosa piccola ma molto particolare: un importante accordo fra l'Aineva e le Guide Alpine Italiane.

Nel luglio di quest'anno è stato firmato una specifica convenzione per riconoscere formalmente quello che, di fatto, avveniva ormai da anni: la partecipazione dell'Aineva, come referente in materia di neve, valanghe e meteorologia, ai corsi di formazione per aspiranti Guide Alpine in Italia.

Da diversi anni infatti, un po' in sordina e senza sbandierare troppo come si addice a gente di montagna, i tecnici dell'Aineva partecipano come Docenti ed Istruttori ai corsi di formazione interregionali delle Guide Alpine italiane, e da un paio di edizioni anche a quelli organizzati dalle Guide della Provincia di Trento con le quali pure è stata firmata analoga convenzione, avendo esse alcune esigenze specifiche particolari.

Il fine è quello di trasmettere, con un approccio diverso, le conoscenze teoriche e pratiche frutto di anni di quotidiana presenza sul terreno per la gestione delle varie attività istituzionali, come la valutazione della stabilità del manto nevoso per l'elaborazione dei bollettini o il riconoscimento dei siti valanghivi per la realizzazione di cartografia e di opere di protezione.

Sicuramente questo nuovo accordo rappresenta un produttivo stimolo per entrambe le parti.

Per i futuri professionisti Guide Alpine offre la possibilità di apprendere da altri professionisti quelle nozioni tecniche, in alcuni casi anche complesse ma soprattutto pratiche, indispensabili per una figura di Guida veramente completa in tutti i campi dell'alpinismo e della montagna.

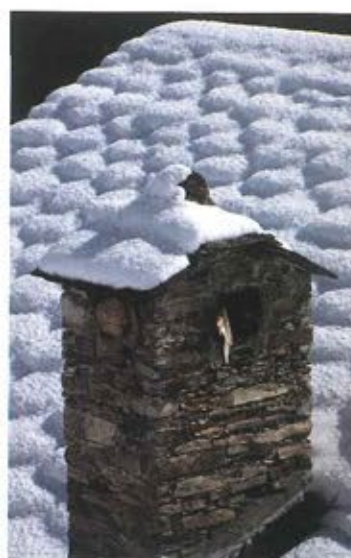
Per l'Aineva, il cui impegno si traduce in circa 45 ore fra teoria e pratica con uscite e valutazioni in ambiente alpinistico, la sfida consiste nel cercare di rendere più "pratiche ed utilizzabili" tutte quelle nozioni ed esperienze che per troppo tempo sono rimaste esclusivo appannaggio di poche persone, a volte senza dubbio autodidatticamente molto preparate ma a volte aventi conoscenze piuttosto empiriche e grossolane.

Referente per l'Aineva nei rapporti con le Guide Alpine è stato designato dal Comitato Tecnico Direttivo il collega trentino Gianluca Tognoni, che ha una approfondita esperienza pratica di alpinismo e di scialpinismo ed una buona conoscenza delle varie problematiche che gravitano intorno alla montagna. Negli ultimi anni il suo apporto in questo campo è stato prezioso, e gli auguriamo di proseguire con vigore sulla strada avviata e di raccogliere buoni frutti negli anni a venire.

Per una maggiore preparazione delle future Guide è anche prevista la trattazione, con lezioni teoriche ed esercitazioni pratiche, di argomenti riguardanti gli strumenti di rilevamento e le modalità per l'osservazione nivometeorologica classica. Il Protocollo d'Intesa prevede che al termine del corso, a seguito di uno specifico esame, sarà riconosciuta alle future Guide anche la qualifica di "Osservatore Nivologico", in altre parole il modulo 2A dei tradizionali corsi Aineva.

In tal modo molti professionisti in più, seriamente preparati e soprattutto con quelle buone basi tecniche e scientifiche per approfondire sempre più la loro preparazione e le loro esperienze, si affacceranno nei prossimi anni su questo citato mondo della neve, delle valanghe, della meteorologia alpina; cercheranno i propri spazi, daranno i loro contributi, discuteranno; forse faranno anche degli sbagli, ma solo chi fa sbaglia. Di sicuro daranno un apporto globale positivo e costruttivo, e per questi nostri argomenti non potrà essere che di giovamento.

Il Direttore Responsabile
Giovanni Peretti



OSSERVARE LA NEVE PER CAPIRE LE VALANGHE

Alain Duclos
Transmontagne



LA DEFINIZIONE DEI GRANI DI NEVE PRESENTI IN UNA VALANGA SEMBRA COSTITUIRE UN PASSO INDISPENSABILE PER COMPRENDERE, E QUINDI PREVEDERE, I FENOMENI VALANGHIVI. L'IDEA È NOTA DA TEMPO E HA DATO VITA AD UN SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE IN FUNZIONE DELLA NEVE IN MOVIMENTO: POLVEROSA, LASTRONI DURI, NEVE DI FUSIONE, ECCETERA. MA LA REALTÀ È COSÌ SEMPLICE? LA CARATTERIZZAZIONE DEGLI STRATI DI NEVE DI UN MANTO NEVOSO È SUFFICIENTE PER VALUTARE LA STABILITÀ DI QUEST'ULTIMO?

grani di neve nello studio delle valanghe



**Manto nevoso instabile-
valanga.**

**Quali sono state le condizioni
necessarie?**

**Quali sarebbero state le
condizioni sufficienti?**



Nell'anno 1994, essenzialmente a Valfréjus (1) è stato dato il via ad una serie di tests di misurazioni sul terreno; questi tests avevano come scopo quello di sorvegliare l'evoluzione della neve nei pendii predisposti a valanghe, e documentare (2) nel modo il più possibile preciso le condizioni di distacco dei lastroni di neve.

Nel corso di questo studio, si sono posti diversi problemi di metodo. Come qualificare uno strato di neve? Quali sono gli strati da esaminare? Dove effettuare i sondaggi che dovranno essere il più rappresentativi possibile in funzione della valanga? Inoltre i progressi legati all'osservazione non sono stati così importanti come si era sperato.

Ciononostante, certi interrogativi hanno ora una risposta. In particolare, si ha una visione più pre-

cisa di due tipi di strati di neve presenti nelle valanghe di lastroni: gli strati di neve messi in movimento (che formano il lastrone propriamente detto), e gli strati di neve all'interno dei quali si è verificato il taglio (tra il lastrone in movimento e la neve rimasta sul terreno).

Osservare i grani per descrivere uno strato di neve

Uno dei modi di descrivere uno strato di neve è quello di identificare i grani che lo compongono. In questo modo la valanga di neve polverosa viene spesso associata alla neve fresca, la valanga di lastroni ai grani fini, la valanga di neve di fusione ai grani arrotondati, e così via.

Per identificare la forma dei grani, l'osservatore spesso ha a sua disposizione solo una lente d'ingrandimento e una piastrina sulla quale disporre un po' di neve. Questa tecnica permette di riconoscere diversi tipi di neve fresca, la brina di superficie, i calici, i grani arrotondati, ecc., mentre risulta generalmente insufficiente per i grani più piccoli o le forme meno usuali.

Dal 1985 il Centre d'Etude de la Neige, CEN (3) utilizza materiali sofisticati per l'analisi dei campioni di neve (telecamere digitali, dischi ottici, ecc.), i quali consentono sia una rapida acquisizione delle immagini che un'eventuale analisi automatica successiva. Sono questi materiali che sono stati utilizzati per osservare i 442

Dal terreno allo schermo del computer: una tecnica d'osservazione della neve messa a punto dal CEN

PRELIEVO CAMPIONI

Affinché non si trasformi ulteriormente, la neve prelevata deve essere immediatamente immersa in una sostanza che abbia due qualità: non essere miscibile con l'acqua e rimanere liquida a una temperatura inferiore a 0°C. Essendo queste condizioni soddisfatte dall'isootano, si riempiono dei flaconi con questa sostanza, si lasciano raffreddare e quindi vi si immerge qualche centimetro cubo di neve da analizzare.

CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI

Dal momento del prelievo fino all'osservazione, la neve va tenuta a una temperatura inferiore a 0°C. I flaconi vengono quindi conservati in un congelatore o in camera frigorifera. I trasporti della neve vengono eseguiti in ghiacciaia.

OSSERVAZIONE DEI GRANI E ACQUISIZIONE DELLE IMMAGINI

L'osservazione dei grani viene eseguita in camera frigorifera a una temperatura di circa -5°C. La neve viene dapprima separata dal liquido mediante filtrazione, quindi i grani vengono per quanto possibile separati gli uni dagli altri. In seguito essi vengono sistemati sotto una lente d'ingrandimento binoculare equipaggiata con telecamera digitale. Le immagini giudicate interessanti vengono registrate su disco ottico. A volte i grani vengono sistemati su una mira (immagini riportate nell'articolo); la distanza tra due linee della mira è allora di 0,2 mm.

campioni di neve prelevati nel corso dello studio (in tre stagioni, in occasione sia di misurazioni sistematiche eseguite su un pendio, sia di valanghe); in questo modo è stato possibile realizzare 17.813 immagini di grani o di cristalli (pari a circa 40 immagini per campione).

Utilizzo delle immagini di grani: due metodi possibili

Allo scopo di caratterizzare uno strato di neve attraverso il tipo (o i tipi) di grani che lo compongono, due metodi possono essere utilizzati:

- il procedimento più naturale sembra essere il riconoscimento esperto (4) delle forme secondo una classificazione appropriata. Questo approccio è soddisfacente in quanto, dopo una fase di tirocinio, è teoricamente facile riconoscere gli indizi propri di ogni tipo (frammenti di dendriti delle particelle riconoscibili, angoli tipici dei grani a facce piane); il metodo è imperfetto se la soggettività è importante.

- l'altro metodo, dettato dal rigore scientifico, ha come obiettivo il riconoscimento automatico dei tipi di grani; esso deve permettere di confrontare dei campioni in base a criteri che non vengono valutati da osservatori umani (dimensioni, convessità dei grani, ecc.).

Nei due casi, tuttavia, l'analisi viene effettuata su un campione di grani o di cristalli scelti dall'osservatore; dunque la soggettività non viene mai scartata. I risultati di seguito presentati provengono dall'analisi esperta.

Analisi esperta e diversità delle forme dei grani

Per poter identificare i grani di neve in funzione della loro forma, occorre innanzitutto scegliere una classificazione. Nel 1990 una commissione internazionale ha proposto una classificazione

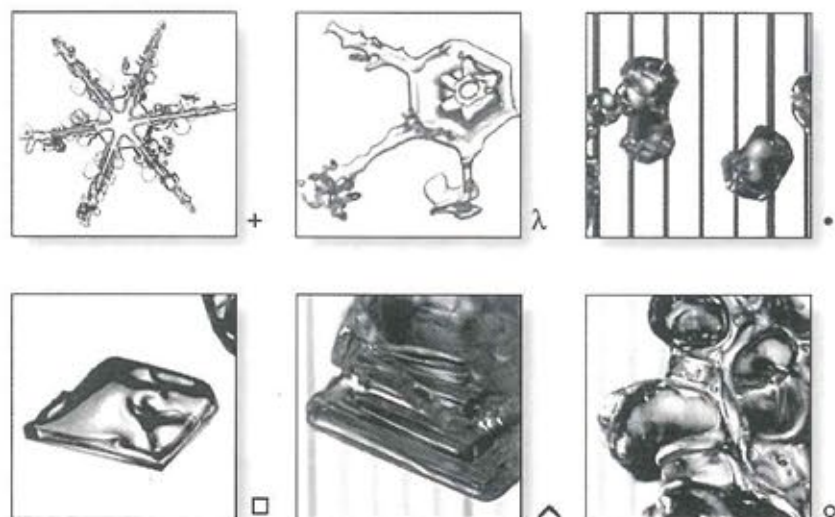


Fig.1



Fig. 1: Da queste immagini si riconoscono le forme tipiche della neve fresca (+), delle particelle riconoscibili (λ), dei grani fini (•), dei grani a facce piane (□), dei cristalli a colice (Λ) e dei grani arrotondati (o).

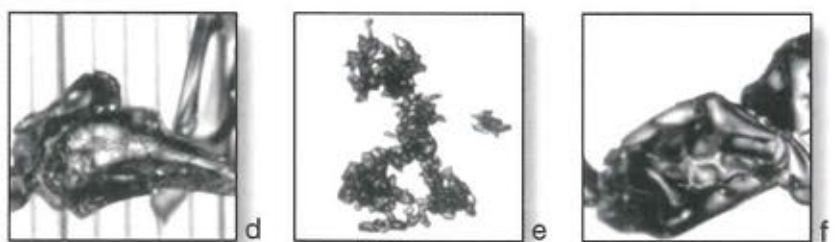


Fig. 2: Le forme intermedie e i fenomeni associati complicano la classificazione: grappolo brinato (a), particella riconoscibile arrotondata (b), particella riconoscibile angolosa (c), agglomerato (e), forme "particolari" (d, f).

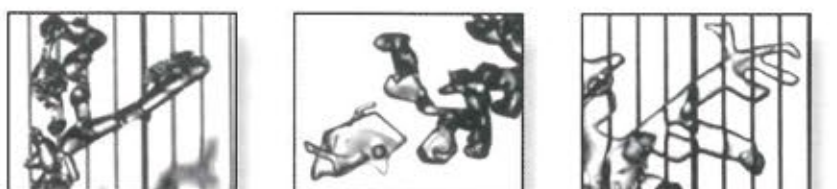


Fig.3

Fig. 3: E' possibile trovare forme di grani diverse in uno strato all'apparenza omogeneo. Qui si può osservare una combinazione di grani fini, grani a facce piane e particelle riconoscibili (prelievo del 28/2/96 a Valfrejus).

Anche ricorrendo a tecniche più moderne, la descrizione di uno strato di neve resta sempre incompleta

Le forme dei grani sono estremamente diversificate

Le classificazioni prendono in considerazione solo un numero limitato di criteri

I grani analizzati sono scelti dall'osservatore in un insieme a volte molto eterogeneo

Fig. 4



Fig. 4: Prelievo dei grani di neve all'interno dello strato dove si è verificata la rottura per taglio.

Fig. 5



Fig. 5: Situazione generale della valanga del 15 febbraio 1996. I manti nevosi osservati in A, B e C sono molto diversi.

- punto A: spessore della rottura > 1 m; la massa specifica dello strato in movimento più profondo supera 300 kg/mc;
- punto B: spessore della rottura molto sottile; massa specifica indeterminata;
- punto C: spessore della rottura = 30 cm; masse specifiche degli strati in movimento: 14 cm di spessore a 140 kg/mc su 16 cm di spessore a 240 kg/mc

morfologica dei cristalli di neve fresca e dei granuli più evoluti; questa prevede 9 classi, ognuna comprendente da 2 a 8 sottoclassi [Colbeck]. La classificazione proposta dal CEN in base agli stampati di profili stratigrafici riprende essenzialmente le classi proposte dalla classificazione internazionale (da 1 = neve fresca a 8 = brina di superficie). A questa classificazione fa riferimento il presente studio.

Due problemi si sono posti: la denominazione di un granulo da una

parte e la denominazione di un insieme di granuli (cioè uno strato) dall'altra.

Identificazione dei grani

Grazie alla lente d'ingrandimento binoculare, i cristalli e i grani di forma tipica sono perfettamente identificabili (Figura 1). Si ritrovano le rotondità e la piccola dimensione dei grani sottili, gli angoli caratteristici dei grani a facce piane, le striature e la grande dimensione dei calici, la pellicola d'acqua che lega tra di loro i grani arrotondati, ecc.

Tuttavia, i grani osservati hanno sovente delle forme che non sono descritte dalle classificazioni (Figura 2). Questo è dovuto all'intervento successivo o simultaneo di diversi meccanismi. Per esempio un grappolo (combinazione di una colonna e di piastre) può anche essere brinato (delle goccioline d'acqua sovrapposte si sono condensate sulla sua superficie durante la sua caduta), una particella riconoscibile può essere già nettamente interessata da un metamorfismo da basso gradiente termico ("particella arrotondata") o da un metamorfismo da medio o alto gradiente termico ("particella angolosa"), un granulo può essere stato successivamente trasformato da diversi tipi di metamorfismi (granuli "particolari") (5). Infine, la nozione di aggregazione non viene presa in considerazione nell'ambito di questo metodo.

Identificazione di uno strato di neve

Come si è visto, l'identificazione di un grano di neve non è sempre una cosa facile. Il problema dell'identificazione di uno strato di neve è ancora più complesso: un campione prelevato in uno strato di neve all'apparenza omogeneo comprende spesso dei grani di forme variate. Così ad esempio è possibile trovare allo stesso tempo delle particelle riconoscibili, dei grani fini e dei grani a facce piane (Figura 3).

Allo scopo di tenere conto di questa diversità, sono state attribuite varie denominazioni a uno stesso strato di neve e soprattutto sono state conservate diverse immagini di granuli per campione. In questo modo può essere verificata la pertinenza dell'analisi esperta e possono essere ulteriormente utilizzati dei criteri morfologici che in un primo tempo non erano stati presi in considerazione.

Gli strati di neve coinvolti

Coloro che hanno osservato diverse volte delle sezioni di manto nevoso sanno quanto può essere complessa la sovrapposizione degli strati di neve. Ciò è dovuto segnatamente ai fenomeni che si verificano in prossimità della superficie. Può trattarsi ad esempio della formazione localizzata di calici, degli strati associati alla formazione di una crosta da irraggiamento, e così via. Questi strati, soprattutto quando sono nascosti, sono difficili da localizzare. La descrizione esatta della situazione reale è dunque illusoria, e la scelta degli strati descritti rimane soggettiva. Tuttavia certi strati nascosti possono giocare un ruolo importante ai fini della stabilità (croste, strati fragili sottili, ecc.).

Riprendendo le ipotesi più recenti, si è fatta una distinzione tra strati "in movimento" (che costituiscono il lastrone), strati "da taglio" e strati "di base" (la neve che rimane sul posto).

Lo strato "da taglio" è stato differenziato dagli altri due in quanto ci sarebbe necessariamente, per quanto sottile sia esso, uno strato di neve all'interno del quale avviene la rottura da taglio (strato fragile); questo sarebbe il punto di inizio del fenomeno di distacco dei lastroni [Gubler 92].

Gli strati "da taglio" sono stati descritti effettuando sistematicamente dei prelievi alla base degli strati di neve messi in movimento. Scavando nel fronte della rottura per trazione (6), si sono ottenuti dei granuli non trasformati dalla valanga (Figura 4). Quando questo strato era sufficientemente spesso e omogeneo, si sono anche eseguite delle misurazioni delle caratteristiche fisiche (massa specifica, resistenza al taglio, ecc.).

In certi casi si è dovuto distinguere tra diversi strati "da taglio" per

una stessa valanga: degli strati di neve sono scivolati gli uni sugli altri, senza che si potesse sapere quale si era messo in movimento per primo.

Valanga, dove fare l'esame del manto nevoso?

Una valanga caduta sul comprensorio sciistico di Valfréjus il 15 febbraio 1996 permette di illustrare le difficoltà riscontrate al momento di scegliere il punto in cui l'osservazione degli strati deve essere eseguita (Figura 5). L'incidente si è verificato a seguito di un periodo di precipitazioni accompagnate da vento. La neve era dappertutto molto bella, an-



che nei talweg dove si era accumulata. La valanga si è staccata quando lo sciatore è piombato in uno di questi talweg (punto C nella figura); la rottura per trazione si è verificata all'incirca 50 metri sopra il punto in cui si trovava (punto A nella figura). Durante la loro inchiesta, gli esperti si sono resi conto che le condizioni nivologiche erano molto diverse tra il punto A (rottura per trazione più consistente), il

punto B (estremità della rottura per trazione) e il punto C (origine del distacco).

A questo punto ci si chiede: quale struttura del manto nevoso ha permesso l'incidente? Quali sono state le condizioni necessarie? Quali sarebbero state le condizioni sufficienti?

Probabilmente nessuno sembra essere in grado di rispondere con certezza a queste domande e dunque appare ancora indispen-

sabile realizzare diversi sondaggi per descrivere il manto nevoso nella zona di distacco di una valanga. In effetti, l'azione frequente del vento induce quasi sempre delle diversità di spessore e di qualità della neve che vanno prese in considerazione.

Fig. 6

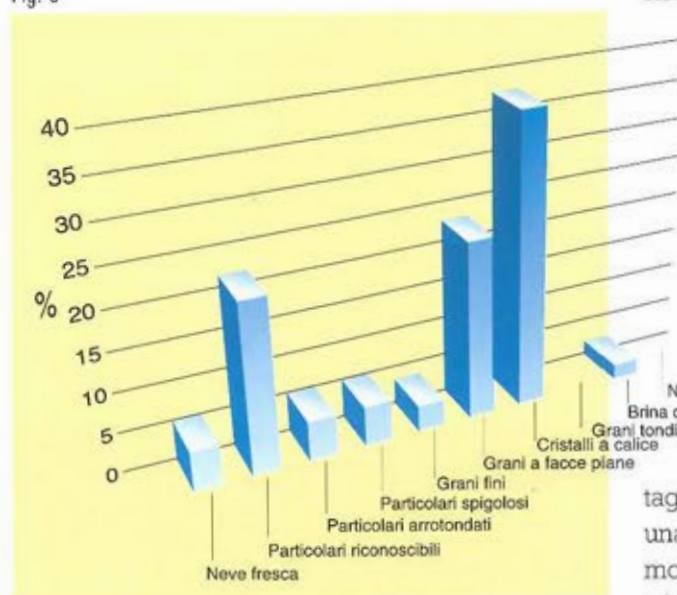


Fig. 7

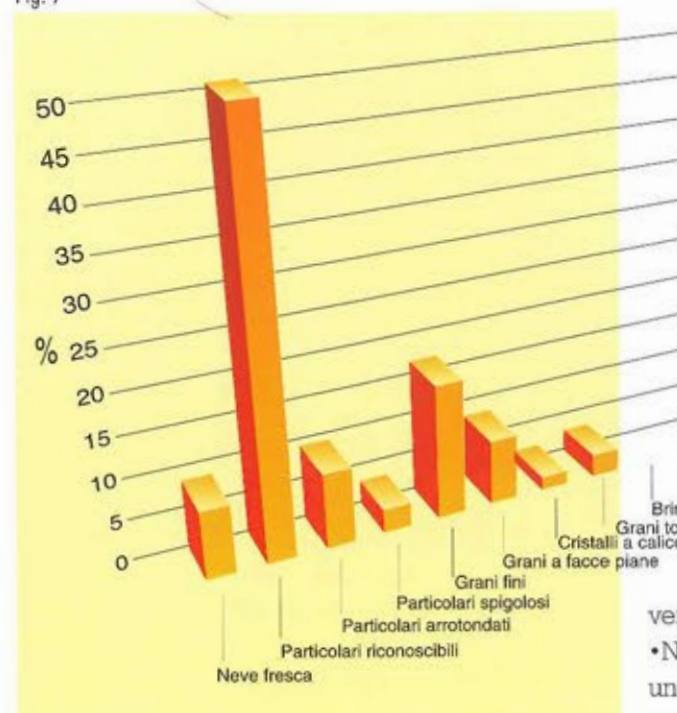


Fig. 6: Frequenza (in %) dei principali tipi di grani di neve osservati in 33 strati dove si è verificata una rottura da taglio.

Fig. 7: Frequenza (in %) dei principali tipi di grani di neve osservati in 60 strati messi in movimento (lastroni).

Quale neve per i lastroni?

Bilancio di tre campagne d'osservazione

Nel corso di tre inverni (dal 1994 al 1997), 29 valanghe di lastroni sono state documentate con precisione nel quadro di questo studio.

Una base di dati realizzata a tal scopo ha permesso di raccogliere al tempo stesso le immagini delle valanghe, le caratteristiche degli strati di neve coinvolti, le condizioni nivometeorologiche presenti e passate, ecc. Di seguito vengono presentate alcune osservazioni eseguite su 33 strati "da taglio" (è successo che diverse rotture da taglio si verificano in occasione di una sola valanga) e su 60 strati "in movimento" (in generale si è distinto tra diversi strati per un solo lastrone).

Tutte queste valanghe sono state innescate dal passaggio di sciatori o di persone a piedi e nella maggior parte dei casi riguardano neve asciutta (osservazioni effettuate tra il 15 dicembre e il 15 aprile). L'esame delle principali forme di grani identificate all'interno di ogni strato mostra dei risultati interessanti (qui uno strato di neve è descritto da due tipi di forme, figure 1 e 2, che possono essere diverse o identiche).

• Negli strati dove si è verificato un taglio, i grani angolosi (calici e grani a facce piane) appaiono in maggioranza: essi vengono considerati come grani principali nel 60% dei casi.

Tuttavia la neve recente (neve fresca e particelle riconoscibili di ogni tipo) prevale nel 37% dei casi (Figura 6). Ciò significa che, anche se spesso sembrano esse-

re un fattore aggravante dell'instabilità, gli strati fragili di grani angolosi non possono essere considerati come un fattore necessario al distacco di valanghe di lastroni.

• Gli strati di neve messi in movimento possono essere oggetto della stessa analisi. Questa volta è la neve recente che viene perlopiù rappresentata (il 71% dei casi); i grani sottili sono dominanti nel 17% dei casi e i grani angolosi soltanto nel 10% dei casi (Figura 7). Questo conferma innanzitutto che la neve recente costituisce un pericolo particolarmente marcato per lo sciatore che esce dalle zone di sicurezza. Si vedrà in seguito che i lastroni instabili possono essere formati da molte diverse qualità di neve. Sfortunatamente, sembra dunque impossibile identificare tutti i lastroni grazie alla loro consistenza (7).

Valanghe di lastroni: qualche riferimento

Degli strati nascosti di cristalli a calice o di grani a facce piane hanno indotto la rottura da taglio alla base di numerosi lastroni. Tuttavia, questo tipo di strato non sempre è stato ritrovato in occasione di distacchi e dunque esso non rappresenta una condizione necessaria. La loro presenza è sufficiente a consentire il distacco? Si può dire di no a questa domanda: dei profili stratigrafici eseguiti su pendii ripidi frequentati dagli sciatori hanno spesso rivelato la presenza di strati fragili nascosti (grani angolosi), senza che questi inducessero instabilità. Questo fu ad esempio il caso dell'aprile 1997 in Savoia (versanti ombreggiati): durante un lungo periodo di bel tempo non si ebbe nessun incidente da valanga.

Questa osservazione, intuita da diversi anni, aveva indotto gli autori ad osservare con precisione la costituzione dei lastroni, nella speranza di trovarvi una o più

condizioni necessarie al distacco. La varietà dei grani, dei livelli di brinata, delle combinazioni di stratificazione, ecc., li hanno tuttavia convinti a dubitare di questa eventualità.

Si possono comunque considerare due punti:

- Essendo la neve recente la principale componente di maggior parte dei lastroni, ed essendo i grani angolosi i componenti principali della maggioranza di strati in cui si verifica un taglio, la sovrapposizione di questi due strati forma una struttura particolarmente instabile. Questo fatto può essere illustrato dalle situazioni esistenti all'inizio dell'inverno: la neve recente posata su uno strato di cristalli a calice o di grani a facce piane ha provocato molti incidenti drammatici (cfr. fine anno 1994 e 1995).

- La percentuale di casi in cui delle particelle riconoscibili hanno permesso il taglio non deve essere trascurata. Va precisato un aspetto: tutte le volte anche i lastroni messi in movimento erano costituiti da particelle riconoscibili. E' possibile che questo fenomeno non si verifichi che durante e/o poco dopo gli episodi di precipitazione.

Questa distinzione tra due tipi di strati soggetti alle rotture da taglio era stata sottolineata da B. Jamieson, il quale differenzia gli strati fragili "persistenti" (grani angolosi e brina di superficie) dagli strati fragili "non persistenti" (neve fresca e particelle riconoscibili) [Jamieson 95].

Conclusioni

La valanga è un fenomeno raro: nel corso di un inverno i periodi critici sono concentrati su episodi relativamente brevi. Ma la valanga è anche un fenomeno frequente: durante un periodo critico il numero di valanghe cadute supera largamente le cifre diffuse. Allora solo la gente del posto

Quello che bisogna sapere sugli strati nascosti di cristalli a calice o di grani a facce piane

essi sono riscontrabili in numerose valanghe

la loro osservazione deve indurre diffidenza

talvolta non sono presenti quando si verifica una valanga

la loro assenza non costituisce garanzia di sicurezza

talvolta sono presenti e non si verifica nessuna valanga

le situazioni inspiegabili non devono indurre a ignorare il loro ruolo potenziale





sa che quell'addetto alle piste da sci si è salvato in extremis o che quel tale bravo sciatore ha innescato una valanga. Se in questo periodo vengono adottate delle misure, il numero di avvenimenti documentati (che dipende solo dalla disponibilità e dalla rapidità dell'osservatore) influirà largamente sui risultati di una analisi eventuale. Ecco perchè i risultati qui presentati devono ancora essere completati.

Illustrando al lettore alcune delle difficoltà incontrate nel descrivere le condizioni iniziali delle valanghe, si è anche mostrato come

la descrizione di un avvenimento dipenda in larga parte da parametri scelti dall'osservatore (punto di sondaggio, strati descritti, grani trattenuti, ecc.). Dunque i metodi d'osservazione devono ancora essere migliorati in modo da offrire al ricercatore dei dati omogenei e completi.

Particolare attenzione è stata accordata allo studio cristallografico, in quanto le tecniche utilizzate permettono di lavorare su una scala relativamente fine (dell'ordine del decimo di millimetro). Questo è purtroppo impossibile nel quadro di un approccio mec-

canico (misurazioni precise della massa specifica o della resistenza alle sollecitazioni possono essere eseguite soltanto in strati dello spessore di diversi centimetri). Tuttavia, malgrado la precisione raggiunta, non è stato possibile definire con chiarezza le condizioni necessarie e sufficienti per il distacco provocato delle valanghe di lastroni:

* Certi punti già sottolineati da studi anteriori sono stati confermati: i grani angolosi in profondità e della neve recente in superficie vengono ritrovati in una maggioranza di casi (queste condizioni non sono tuttavia né necessarie, né sufficienti).

* La diversità delle situazioni instabili è ora evidente: il taglio può verificarsi all'interno di uno strato di neve recente, e un lastrone può essere costituito da tipi di grani molto diversi (le condizioni sufficienti sono comprese in un'ampia gamma).

* Una o diverse condizioni necessarie sono ancora sconosciute: non si riesce a spiegare perché certi pendii conservano la stabilità malgrado la presenza di tipici strati fragili nascosti.

Quali possono essere questi fattori necessari? Le condizioni particolari dell'inverno 1996-97 sulle Alpi francesi hanno sottolineato la forte influenza del tempo e dei fattori meteorologici sull'attività valanghiva (8): gli incidenti mortali si sono concentrati in due periodi distinti (dal 4 al 14 gennaio in Haute-Maurienne, e dal 16 al 28 febbraio sull'insieme delle Alpi del nord (9); questi periodi hanno fatto seguito ai soli episodi di precipitazioni invernali sui massicci interessati.

Quest'ultima annotazione è riservata agli utenti della montagna in inverno: l'osservazione del manto nevoso è senza dubbio una tappa necessaria a stabilire una diagnosi di stabilità, ma la sua interpretazione è molto delicata; l'os-

servazione delle condizioni meteorologiche offre delle informazioni sovente difficili da estrapolare, anche se può costituire un provvidenziale strumento che salva la vita.

Allo stato attuale delle conoscenze e delle tecniche d'osservazione, il riferimento a diverse fonti d'informazione resta indispensabile per poter valutare la stabilità di un pendio innevato (nivologia, meteorologia, test); la sola osservazione dei grani in una sezione verticale sembra essere ancora insufficiente per stabilire una diagnosi precisa.

Note

1 - Haute-Maurienne, Savoia, Francia.

2 - Il termine viene qui utilizzato in un senso tecnico: una valanga è documentata quando su di essa si sono raccolte numerose informazioni.

3 - Centre d'Etude de la neige/Centre national de recherches météorologiques/Météo-France, Grenoble Saint-Martin-d'Hères, Francia.

4 - Identificazione dopo esame visivo da parte di una persona esperta.

5 - Secondo la classificazione internazionale, i grani appartenenti a quest'ultima categoria potrebbero talvolta rientrare nella sottoclasse "forme miste" della classe "grani arrotondati" o della classe "cristalli sfaccettati".

6 - Viene chiamata "rottura per trazione" quella che si verifica al limite della sezione a monte del lastrone; essa è generalmente perpendicolare alla superficie del manto nevoso e al piano di taglio.

7 - Un'ulteriore difficoltà d'interpretazione deriva dalla sovrapposizione di strati in uno stesso lastrone. Allo stato attuale delle conoscenze, non si può affermare che una combinazione sia più instabile di un'altra: è capitato di osservare degli strati più stabili sulla superficie del lastrone che non in profondità, così come il contrario.

8 - Viene qui illustrata l'attività valanghiva in base alle valanghe mor-

tali; nei periodi citati si sono verificate molte altre valanghe; non avendo fatto vittime, queste non rientrano nelle statistiche ufficiali.

9 - Date di incidenti fornite da F. Sivardiére, Anena.

Bibliografia

* [Brun 91]: Brun (E.); Pahaut (E.); An efficient method for a delayed and accurate characterisation of snow grains from natural snowpacks; Journal of Glaciology; n°37 (127); pp. 420-422.

* [Colbeck 90]: Colbeck (S.); Akitawa (E.); & autres; 1990; The international classification for the seasonal snow on the ground; International commission for Snow and Ice; 23 pagine.

* [Gubler]: Gubler (H.); 1992; Measurements and modelling to improve our understanding of avalanche formation; Université européenne d'été; Cemagref Editions; Chamonix 14-25 settembre 1992; pp. 89-98.

* [Jamieson 95]: Jamieson (B.); 1995; Avalanche prediction for persistent snow slabs; Tesi; 258 pagine.

RINGRAZIAMENTI

•ANENA, IFENA, TRANSMONTAGNE, Ministero dell'ambiente, Contratto Stato-Regione Rhône-Alpes: finanziamento dello studio.

•CEN/Météo-France: messa a disposizione di materiale e ausilio tecnico per la realizzazione di immagini di neve in laboratorio.

•Mme. A. Morel: ausilio tecnico per la progettazione e realizzazione di una base dati relazionale.

•Dr. R. Bolognesi: inquadramento scientifico.

L'AINEVA ringrazia la rivista francese "Neige et Avalanches" per averle permesso la pubblicazione di questo articolo, comparso sul N. 79 del Settembre 1997.

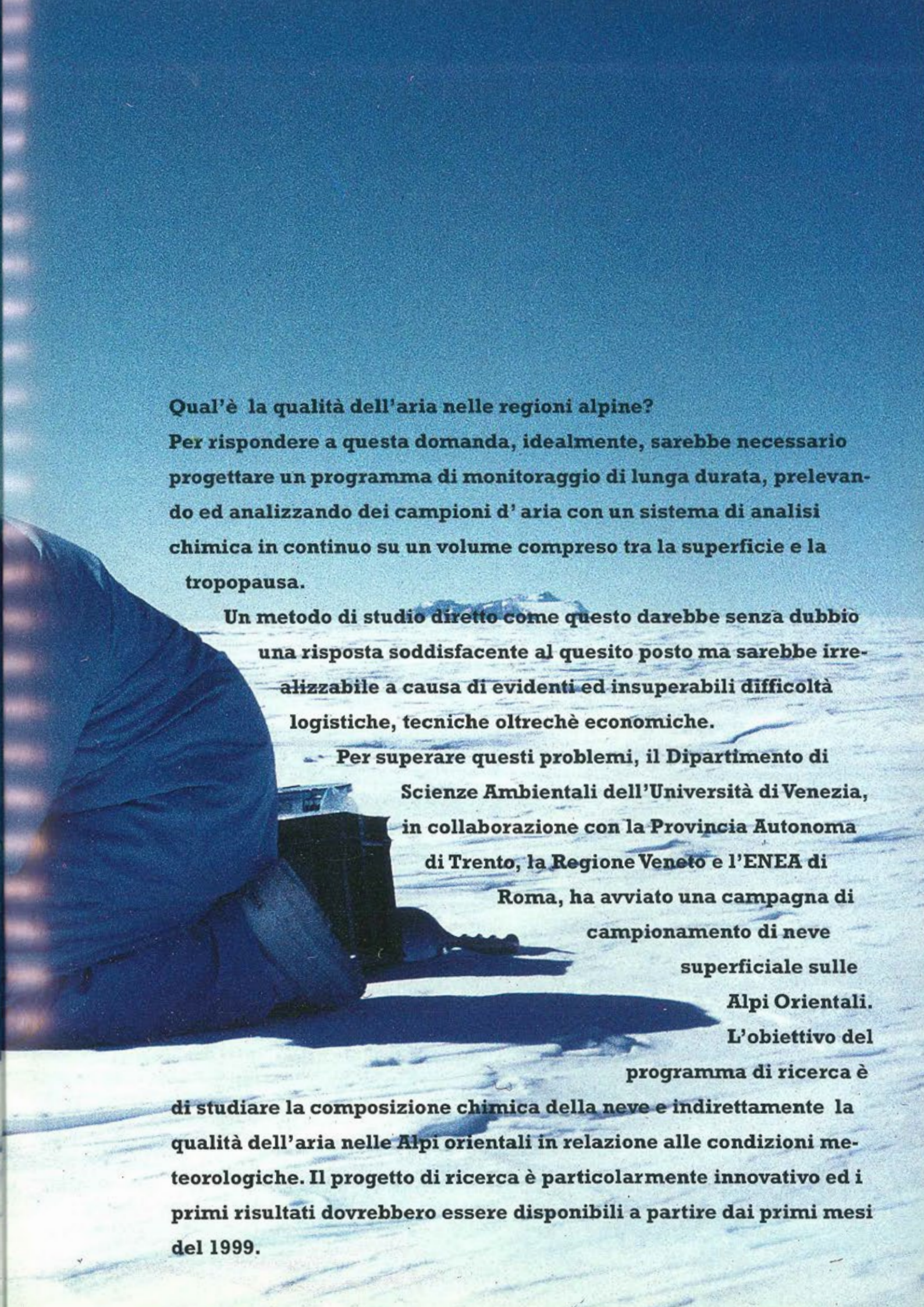
Un progetto avviato dall'Università di Venezia
nella Provincia di Trento e nella Regione Veneto

LA NEVE COME INDICATORE DELLA QUALITA' DELL' ARIA NELLE ALPI

Carlo Barbante*, Paolo Gabrielli,
Giulio Cozzi, Paolo Cescon*
*Dipartimento di Scienze Ambientali,
Università di Venezia, Dorsoduro
2137, I-30123 Venezia*

**anche al Centro di Studio sulla Chimica
e le Tecnologie per l'Ambiente - CNR,
Dorsoduro 2137, I-30123 Venezia*





Qual'è la qualità dell'aria nelle regioni alpine?

Per rispondere a questa domanda, idealmente, sarebbe necessario progettare un programma di monitoraggio di lunga durata, prelevando ed analizzando dei campioni d'aria con un sistema di analisi chimica in continuo su un volume compreso tra la superficie e la tropopausa.

Un metodo di studio diretto come questo darebbe senza dubbio una risposta soddisfacente al quesito posto ma sarebbe irrealizzabile a causa di evidenti ed insuperabili difficoltà logistiche, tecniche oltrechè economiche.

Per superare questi problemi, il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Venezia, in collaborazione con la Provincia Autonoma di Trento, la Regione Veneto e l'ENEA di Roma, ha avviato una campagna di campionamento di neve superficiale sulle Alpi Orientali.

L'obiettivo del programma di ricerca è di studiare la composizione chimica della neve e indirettamente la qualità dell'aria nelle Alpi orientali in relazione alle condizioni meteorologiche. Il progetto di ricerca è particolarmente innovativo ed i primi risultati dovrebbero essere disponibili a partire dai primi mesi del 1999.

OBIETTIVI DEL PROGETTO E SUOI VANTAGGI

Esistono degli studi indiretti che possono fornire preziose informazioni sulla qualità dell'aria anche in regioni difficilmente accessibili: l'idea base è quella di analizzare chimicamente il contenuto delle precipitazioni meteoriche considerandole una sorta di "campionatore" naturale dell'atmosfera; chiaramente per le Alpi viene naturale pensare alla neve come mezzo indiretto di studio della qualità dell'aria.

La neve, fin dal momento della sua formazione nelle nubi, durante il trasferimento ed il periodo di permanenza al suolo ingloba diverse sostanze chimiche presenti nell'atmosfera. Dall'analisi chimica della neve si possono quindi ottenere informazioni di grande interesse ambientale. I vantaggi di utilizzare la neve come "campionatore" naturale sono enormi in quanto essa può teoricamente fornire tre tipi di informazioni mediate nello spazio e/o nel tempo anche se talvolta sovrapposte e difficilmente identificabili univocamente:

- la qualità media dell'aria su un transetto verticale compreso tra le nubi ed il suolo; ciò si ottiene campionando i primi centimetri depositatisi nel periodo iniziale di una precipitazione nevosa poiché i primi fiocchi di neve rimuovono praticamente la totalità del particolato presente sotto nube;
- la qualità media delle masse d'aria umida da cui hanno avuto origine le precipitazioni con possibili ipotesi sulla provenienza di eventuali elementi inquinanti; ciò si ottiene campionando gli ultimi centimetri di precipitazioni nevosa di una certa entità e durata poiché a questo punto dell'evento il particolato sotto nube è trascurabile rispetto a quello dilavato all'interno della nuvola;
- la qualità media dell'aria in un intervallo di tempo compreso tra

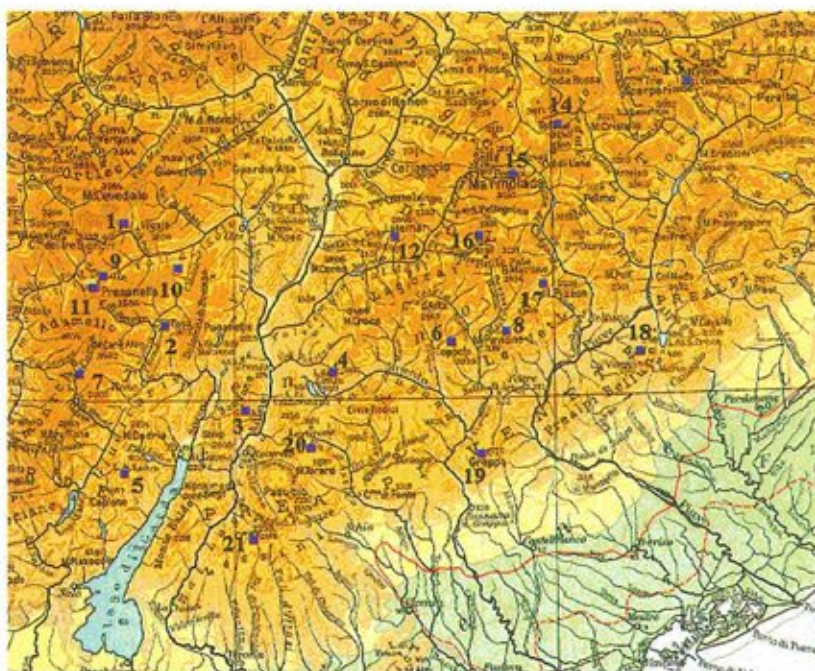


Fig 1

Fig 2

N°	Zona	Località di campionamento	Quota (metri s.l.m.)
1	Peio - Monte Vioz	Tarienta (TN)	2030
2	Pinzolo - Gruppo di Brenta	Prarodot (TN)	1530
3	Monte Bondone	Viole (TN)	1500
4	Valsugana	Panarotta (TN)	1875
5	Storo - Alpi Ledrensi	Tremalzo (TN)	1550
6	Pieve Tesino - Valsugana	Passo Brocon (TN)	1550
7	Gruppo dell'Adamello	Malga Bissina (TN)	1780
8	Mezzano - Primiero	Val Noana (TN)	1025
9	Gruppo della Presanella	Passo Tonale (TN)	1880
10	Malè - Val di Sole	Folgarida (TN)	1910
11	Gruppo della Presanella	Cima Presena (TN)	3040
12	Val di Fiemme - Latemar	Pampeago (TN)	1900
13	Comelico	Passo Monte Croce (BL)	1960
14	Cortina - Tofane	Ravales (BL)	2615
15	Arabba - Dolomiti	Monti Alt di Ornella (BL)	2250
16	Falcade - Dolomiti	Cima Pradazzo (BL)	2200
17	Agordo - Monte Agner	Gosaldo (BL)	1350
18	Prealpi Venete	Faverghera (BL)	1605
19	Prealpi Venete	Monte Grappa (VI)	1540
20	Altipiano di Folgaria	Campomolon (VI)	1735
21	Monti Lessini	Monte Tomba (VR)	1620

una precipitazione e la seguente a causa della deposizione continua sul manto superficiale di elementi veicolati dalle turbolenze atmosferiche e trattenuti dalla neve, grazie al prelievo di campioni di neve superficiale eseguiti dopo un certo periodo di permanenza al suolo.

Per poter valutare questi tre tipi di informazione, il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università Ca' Foscari di Venezia ha programmato sulle Alpi Orientali, e specificatamente in Provincia di

Trento e nella Regione Veneto una campagna di campionamento di neve superficiale in un periodo compreso tra il 3 dicembre 1997 ed il 17 aprile 1998 in stretta collaborazione con l'Ufficio Neve Valanghe e Meteorologia, l'Agenzia dell'Ambiente della Provincia Autonoma di Trento, il Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Regione Veneto ed il Dipartimento Ambiente dell'ENEA di Roma.

Fig 1 e 2: Località del Veneto e del Trentino ove sono stati effettuati i campionamenti di neve superficiale durante la stagione invernale 97/98

L'obiettivo è quello di studiare direttamente la composizione delle precipitazioni nevose invernali e di parte della primavera in Veneto ed in Trentino ed indirettamente la qualità dell'aria sovrastante durante un determinato intervallo di tempo: il carattere della ricerca è strettamente esplorativo in quanto uno studio di questa portata sulle Alpi è fortemente innovativo.

UN' INIZIATIVA INEDITA

Il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Venezia ed in particolare la Sezione di Chimica Analitica, non sono nuovi a questo tipo di studi; paradossalmente però fino ad ora le principali attività di ricerca si sono rivolte ai ghiacci dell'Antartide e della Groenlandia ove sono state condotte analisi chimiche su carote di ghiaccio riconducibile a precipitazioni delle ere passate. Le ricerche condotte hanno avuto scopi differenti rispetto a quelli che ci si propone con questo progetto.

Se con gli studi in aree polari si volevano evidenziare principalmente le variazioni temporali nella composizione chimica dell'atmosfera globale, delineando gli andamenti di alcuni elementi di interesse ambientale durante i secoli, sulle Alpi invece si vuole ottenere una serie di "fotografie" relative allo stato della qualità dell'aria di un periodo molto limitato in una particolare area geografica. Lo studio in corso risulta quindi più orientato nello spazio piuttosto che nel tempo e più a livello continentale piuttosto che a livello globale.

L'esperienza maturata nelle precedenti ricerche ha condotto all'individuazione di diversi elementi rilevanti dal punto di vista ambientale, primi fra tutti i metalli pesanti, elementi scarsamente presenti naturalmente nella troposfera, ma che oggi, a causa

delle emissioni antropiche, hanno incrementato la loro concentrazione nelle precipitazioni anche di diversi ordini di grandezza rispetto all'epoca preindustriale.

I metalli pesanti, notoriamente tossici per l'uomo e per gli organismi viventi, come ad esempio il piombo, il cadmio, lo zinco, il mercurio, non sono ancora presenti nelle precipitazioni e nell'atmosfera in quantità tali da causare patologie acute ma tuttavia essi hanno la proprietà di accumularsi col tempo negli organismi fino a raggiungere concentrazioni pericolose.

Alcuni di questi elementi sono molto dannosi anche a bassissime concentrazioni: ad esempio il piombo può causare danni a livello neurologico nei bambini esposti all'inalazione di aerosol arricchiti in questo metallo.

Nei ghiacci dell'Antartide per esempio si è rilevato come la presenza di piombo sia stata soggetta ad un aumento nel corso dell'ultimo secolo e fino alla metà degli anni 80.

A questo è seguito un decremento dovuto all'introduzione delle marmitte catalitiche e delle "benzine verdi" che ha permesso una riduzione delle quantità di piombo emesso in atmosfera.

Tuttavia proprio questi catalizzatori, secondo gli ultimi studi svolti a Venezia, introdurrebbero in atmosfera elementi altrettanto tossici quali il platino, il palladio ed il rodio la cui concentrazione nei ghiacci nel corso degli anni 90' è incrementata notevolmente.

Vi sono dunque molti elementi di prevalente origine antropica che è necessario continuare a monitorare, non solo nei ghiacci e nelle nevi polari ma anche nelle nevi alpine che senza dubbio rappresentano un ottimo indicatore dello stato di inquinamento dell'atmosfera delle nostre regioni.

IL METODO

Nell'ambito di questa ricerca sono stati selezionati e studiati approfonditamente mediante sopralluoghi e ricerche cartografiche 21 siti di campionamento delle Alpi Orientali, 12 in Trentino e 9 in Veneto (figure 1 e 2).

Tali siti sono stati posizionati in prossimità delle stazioni meteorologiche manuali ed automatiche dell'Ufficio Neve Valanghe e Meteorologia della Provincia di Trento e del Centro Sperimenta-



le Neve Valanghe e Difesa Idrogeologica della Regione Veneto; la quota media dei siti è di circa 1800 metri. I criteri di scelta sono stati basati sulla massima distanza da sorgenti di contaminazione locale (villaggi, strade, rifugi, cannoni per la produzione di neve artificiale), sull'omogenea distribuzione territoriale e sull'accessibilità del sito durante la stagione invernale.

La scelta dei siti è stata frutto di una serie di mediazioni e compromessi fra questi criteri in quanto tutti e tre sono altamente contrapposti e antagonisti l'uno all'altro.

Nel periodo di tempo menzionato, in ciascun sito è stato prelevato settimanalmente, dagli operatori nivologici del Trentino e del Veneto, un campione di neve superficiale: in tutta la stagione invernale ne sono stati prelevati un numero di 365.

Durante le operazioni di prelievo

Sopra: operazione di prelievo di campioni di neve mediante particolari tecniche che tendono a minimizzare la possibilità di contaminazione del campione da parte dell'operatore.



Sopra: Stazione automatica di rilevamento dati nivometeorologici a Conca Presena.

si è mantenuta una cura particolare nell'evitare di contaminare il campione: sono state usati come contenitori delle bottiglie in polietilene a bassa densità, sottoposte nei laboratori dell'Università di Venezia ad un processo di pulizia della durata di circa 2 mesi. La particolare cura con cui è stata condotta la decontaminazione degli strumenti di campionamento è dovuta alla necessità di mantenere inalterate le bassissime concentrazioni presenti nella neve, la cui misura potrebbe risultare compromessa al contatto con le pareti di una bottiglia di polietilene non sottoposta ad opportuni cicli di lavaggio.

Durante il prelievo dei campioni gli operatori nivologici hanno inoltre indossato dei camici, dei guanti e delle cuffie in modo che il particolato emesso dai loro corpi non contaminasse la neve campionata.

Il campione è stato poi mantenuto congelato fino all'arrivo nei laboratori dell'Università di Venezia: questa avvertenza è stata resa necessaria a causa del possibile

adsorbimento di elementi da parte del contenitore durante la permanenza della neve liquefatta al suo interno.

Le analisi chimiche, attualmente in corso, sono rivolte alla determinazione degli elementi in traccia mediante la tecnica chimico analitica della Spettrometria di Massa con Sistema di Ionizzazione al Plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS) e degli ioni maggiori mediante la tecnica della cromatografia ionica (Figura 3).

Le analisi degli ioni maggiori sono fondamentali nell'interpretazione dei dati in special modo relativamente alla possibile provenienza dei metalli pesanti. Gli ioni infatti costituiscono degli elementi di riferimento per poter rilevare la provenienza di un elemento in traccia: se ad esempio la concentrazione di un metallo è correlata a quella degli ioni Na^+ e Cl^- , elementi di riferimento per quanto riguarda l'origine marina, si potrà ipotizzare a sua volta la stessa provenienza anche per il metallo. Allo stesso modo anche i suoli e le rocce emerse, i vulcani, gli in-

cendi e le biocenosi possiedono degli ioni di riferimento detti markers naturali. Se i metalli pesanti sono correlati tra loro ma non con questi riferimenti naturali si potrà ipotizzare la loro prevalente origine antropica. Questo tipo di discriminazione tra gli elementi viene compiuto attraverso metodi di interpretazione statistica dei dati che si avvalgono in particolare dell'analisi multivariata, la quale permette di evidenziare le relazioni ricorrenti di una moltitudine di elementi oppure di campioni. Nel secondo caso verranno evidenziate eventuali relazioni spaziali e/o temporali fra i singoli campioni di neve raccolta.

Lo studio in corso ha dunque la possibilità di rilevare l'origine, la distribuzione spaziale e l'andamento stagionale di una vasta gamma di elementi presenti nella troposfera alpina.

Di grande rilevanza saranno, in fase di valutazione dei dati, l'interpretazione degli eventi e dei dati meteorologici giornalieri (Figure 4 e 5), connessi a ciascun campione di neve, forniti dalle sta-

zioni meteorologiche poste in prossimità dei siti di campionamento, della Provincia di Trento e della Regione Veneto. Questo tipo di informazioni consentiranno di associare ogni campione ad un determinato evento meteorologico che lo ha prodotto permettendo così di valutare e confrontare la contaminazione di masse d'aria differenti nonché di conoscere gli eventi meteorologici a cui il manto nevoso è stato sottoposto fino al campionamento in modo da poter sempre essere in grado di venire a conoscenza di eventuali fenomeni di percolamento dovuto a liquefazione e di neve ventata, eventi che possono modificare sostanzialmente la composizione della neve rispetto al momento della sua deposizione al suolo. L'affiancamento di dati meteorologici ai dati chimici rappresenta la parte più innovativa nell'ambito degli studi di neve e ghiaccio in quanto in precedenza non si era mai avuto un quadro tanto preciso e dettagliato delle condizioni di deposizione e stazionamento al suolo della neve: sarà infatti possibile discriminare tra le cosiddette deposizioni di particellato umide, che avvengono mediante le precipitazioni, e le deposizioni secche che avvengono in modo continuo tra una precipitazione e la seguente.

SVILUPPI FUTURI DEL PROGETTO E RISULTATI DELLE ANALISI

Il progetto di ricerca si propone dunque come un ottimo strumento per valutare la qualità dell'aria di una regione, quella alpina, ritenuta dall'opinione pubblica come uno degli ultimi baluardi di un ambiente incontaminato in tutto il continente europeo. Tuttavia, la convinzione che anche siti apparentemente incontaminati come le alte vette alpine possano essere influenzati dalle emissioni

Specie Chimiche Analizzate		
ICP - MS		Cromatografia Ionica
Litio (Li)	Rodio (Rh)	Solfati (SO_4^{2-})
Boro (B)	Palladio (Pd)	Nitrati (NO_3^-)
Titanio (Ti)	Argento (Ag)	Cloruri (Cl^-)
Vanadio (V)	Cadmio (Cd)	Ione Magnesio (Mg^{2+})
Cromo (Cr)	Antimonio (Sb)	Ione Calcio (Ca^{2+})
Manganese (Mn)	Bario (Ba)	Ione Potassio (K^+)
Ferro (Fe)	Platino (Pt)	Ione Sodio (Na^+)
Cobalto (Co)	Oro (Au)	
Rame (Cu)	Piombo (Pb)	
Zinco (Zn)	Bismuto (Bi)	
Molibdeno (Mo)	Uranio (U)	

Fig 3

Parametri meteorologici giornalieri locali	
Temperatura massima	Ora di inizio delle precipitazioni
Temperatura minima	Ora di termine delle precipitazioni
Temperatura media	Altezza della neve al suolo
Tipo di precipitazione avvenuta	Presenza-assenza di brina superficiale
Altezza della neve fresca	Intensità media del vento
Quantità di pioggia	Intensità massima del vento

Fig 4

Parametri meteorologici giornalieri regionali	
Temperatura al suolo (*)	
Temperatura a 1000-2000-3000 m in libera atmosfera (**)	
Altezza dello zero termico (*)	
Direzione sinottica del vento (**)	
Vento sfilato totale (***)	

Fig 5

delle industrie, degli impianti per la produzione dell'energia, degli inceneritori e delle autovetture del continente europeo è stata di stimolo propulsore ad iniziare quest'indagine, i cui risultati verranno pubblicati nell'arco di tempo di alcuni mesi.

Fondamentale nella realizzazione di questo progetto è stata l'estrema sensibilità e lo spirito innovativo con cui l'Ufficio Neve Valanghe e Meteorologia di Trento ed il Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba, diretti rispettivamente dal dott. Giorgio Tecilla e dal dott. Alberto Lucchetta, coadiuvati in questo progetto dall'assistenza tecnica di Mauro Mazzola e Mauro Valt, hanno accolto la proposta di ricerca: a loro va il nostro più profondo ringraziamento.

Fig 3 : Elementi in tracce misurati nei campioni di neve superficiale mediante la tecnica analitica ICP-MS e ioni maggiori misurati nei campioni di neve superficiale mediante la tecnica analitica della cromatografia ionica

Fig. 4 e 5: Parametri meteorologici giornalieri, locali e regionali, ritenuti significativi per tutta l'area di campionamento.
(*) radiosondaggio ad Udine;
(**) data del bollettino meteorologico di Arabba;
(***) solo per Cima Presena e Cima Proda.



LA CARTA CLIMATICA DELLA LOMBARDIA

Emanuela Sonvico
Via Gaggioli, 3/A
23100 Albosaggia - (SO)

Elena Rosa Bormolini
Via Ostaria, 56
23030 Livigno - (SO)



LA CARTA CLIMATICA È UNO STRUMENTO DI CONSULTAZIONE CHE RACCOGLIE E RIASSUME LE INFORMAZIONI INERENTI AL CLIMA.

IL LAVORO AFFRONTATO È COSTITUITO DA UNA CARTA PRINCIPALE, ALLA SCALA 1: 500.000, COSTRUITA SOVRAPPONENDO AL FONDO TERMICO L'ANDAMENTO DEI FATTORI CLIMATICI LIMITANTI, E DA SEI CARTE TEMATICHE REALIZZATE ALLA SCALA 1: 1.250.000. QUESTE ULTIME, CHE METTONO IN EVIDENZA ALCUNE CARATTERISTICHE CLIMATICHE PARTICOLARMENTE IMPORTANTI, SONO RIFERITE RISPETTIVAMENTE ALL'EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE, AL DEFICIT IDRICO, ALL'ECCEDENZA IDRICA, AI TIPI DI CLIMA, ALL'INDICE DI UMIDITÀ GLOBALE E ALLE PRECIPITAZIONI. IN FUTURO, ALLA PARTE REALIZZATA FINO AD OGGI, POTRANNO ESSERE AGGIUNTE ULTERIORI INFORMAZIONI COME AD ESEMPIO IL NUMERO DEI GIORNI PIOVOSI, I DATI GIORNALIERI ED ORARI DELLE TEMPERATURE O ANCORA POTRÀ ESSERE INTEGRATA ALL'ANALISI QUALCHE INFORMAZIONE INERENTE AI DATI DELLE CALAMITÀ NATURALI.

di una regione al centro delle Alpi





PREMESSA

L'insieme delle condizioni meteorologiche che si verificano su un territorio per un determinato periodo di tempo, generalmente compreso fra i 25-30 anni, viene definito con il termine generico di clima.

I suoi elementi: temperatura, precipitazioni atmosferiche, insolazione, nuvolosità, umidità, ed altri ancora possono essere influenzati e modificati da diversi fattori quali, ad esempio, le coordinate geografiche (latitudine e longitudine), l'altitudine, la distribuzione dei rilievi, la circolazione delle

masse d'aria e persino dall'attività dell'uomo.

Il lavoro necessario all'elaborazione della Carta Climatica della regione Lombardia ha incluso la raccolta dei dati meteorologici di base: precipitazioni e temperature. L'esame è stato svolto utilizzando i valori contenuti nelle pubblicazioni n.24 e n.21 del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici relativi rispettivamente alle precipitazioni del trentennio 1921-1950 ed alle temperature del trentennio 1926-1955.

Considerando il fatto che i due periodi analizzati non coincidono esattamente sono stati scartati gli anni non comuni.

Per verificare che i dati non presentassero errori strumentali o di lettura, sono stati confrontati fra loro con il metodo statistico della "Doppia Cumulata" introdotto da Kohler nel 1949 e di seguito ripreso da Guggino e Piccone nel 1966.

Sempre per problemi di confrontabilità le diverse serie sono state tutte "ridotte" allo stesso periodo temporale come proposto da Conrad e Pollak (1950).

LA CARTA CLIMATICA DELLA LOMBARDIA

La Carta Climatica della Lombardia vuole colmare una lacuna sulle conoscenze dettagliate del clima della regione e vuole proporsi al lettore come uno strumento riassuntivo e di facile consultazione.

Come modello per la realizzazione di suddetta Carta è stata utilizzata la Carta Climatica della Regione Toscana pubblicata da Rapetti e Vittorini nel 1994. Questa, che ricalca nelle sue linee essenziali la Carta Climatica Dettagliata della Francia elaborata dal climatologo Francese Ch. P. Peguy nel 1970, è il primo contributo alla realizzazione della Carta climatica d'Italia. La ricerca per la costruzione di suddetta Carta, di cui anche la Carta della Lombardia ne è un contributo, è condotta dal Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia all'interno del quale la sezione di climatologia sta coordinando e sviluppando il lavoro.

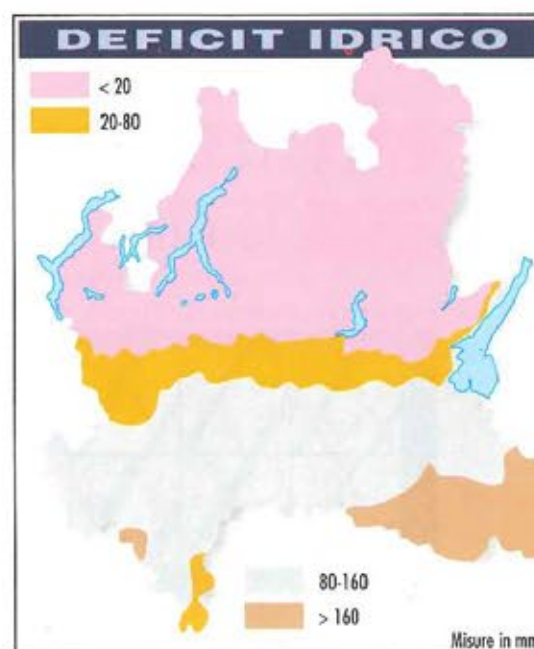
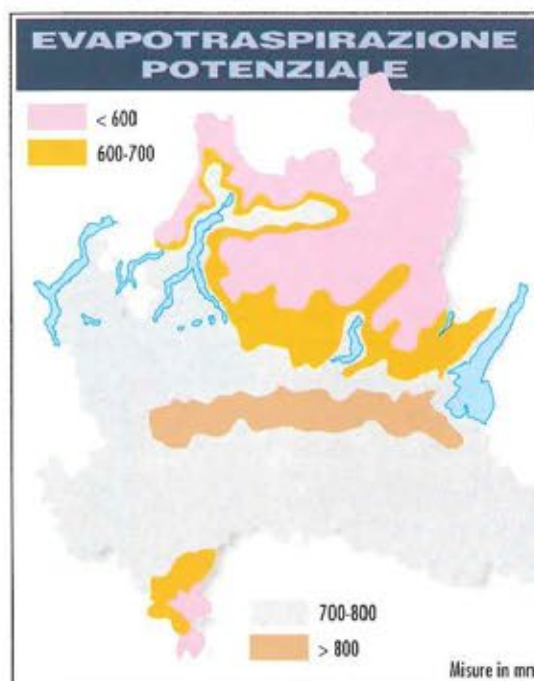
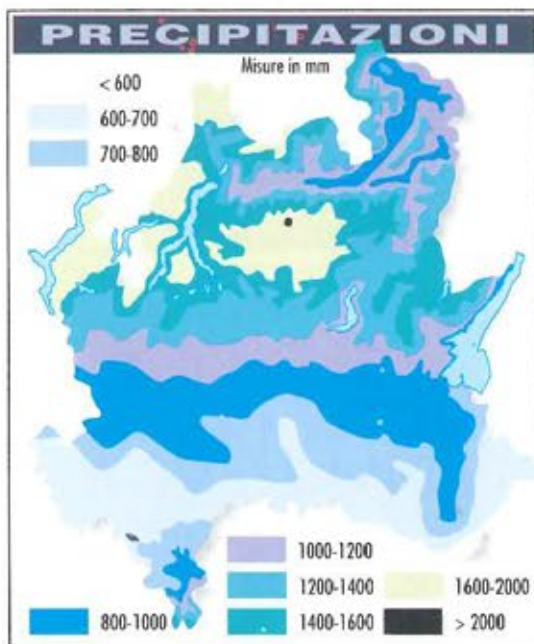
La Carta Climatica della Lombardia è composta da una Carta Principale e da una serie di Carte Tematiche. La prima nasce dalla

Legend (Left):

- $< 4^{\circ}\text{C}$ (Grey hatched)
- $4^{\circ}\text{C}-6^{\circ}\text{C}$ (Green hatched)
- $6^{\circ}\text{C}-10^{\circ}\text{C}$ (Yellow hatched)

Legend (Bottom):

- $10^{\circ}\text{C}-12,5^{\circ}\text{C}$ (Yellow)
- $12,5^{\circ}\text{C}-13^{\circ}\text{C}$ (Pink)
- $13^{\circ}\text{C}-14^{\circ}\text{C}$ (Red)
- $> 14^{\circ}\text{C}$ (Dark blue)



sovrapposizione di due elementi fondamentali rappresentanti il fondo termico e i fattori climatici limitanti. Il primo termine esprime semplicemente la ripartizione nello spazio delle temperature medie annuali riferite al periodo considerato, mentre il secondo riassume il numero di mesi freddi e aridi di ciascuna località analizzata.

Per la definizione di mese arido o secco è stata considerata quella proposta da Bagnouls-

Gausson secondo cui un mese si considera arido se

la quantità delle precipitazioni, espresse in mm, è inferiore a due volte la temperatura dell'aria, misurata in gradi Celsius. Per quanto riguarda i mesi freddi sono stati considerati tali quelli in cui la temperatura media mensile è inferiore ai 7 °C tenendo conto che l'attività vegetativa del bosco, per i botanici, è limitata da temperature inferiori a tale valore.

Come si può osservare nella legenda i fattori climatici limitanti sono rappresentati graficamente da bande arancioni per i mesi secchi, orientate dal quadrante nord-est al quadrante sud-ovest, e da bande grigie per i mesi freddi, orientate a loro volta dal quadrante nord-ovest al quadrante sud-est.

Dall'analisi effettuata in Lombardia risulta che il numero di mesi freddi varia da due a nove mentre il numero di quelli aridi è compreso fra uno e due. I primi sono stati suddivisi in quattro classi distinte da bande di larghezza via via crescente, a cominciare da quelle di un millimetro rappresentanti la classe che contiene da due a tre mesi freddi; di due millimetri per la classe da quattro a cinque mesi freddi e così di seguito. I secondi sono stati invece suddivisi in due classi rappresentate rispettivamente da bande di un millimetro per località con un solo mese ari-

do e da bande di due millimetri per località in cui ne vengono registrati due.

Oltre alla Carta Principale la Carta Climatica contiene, come già accennato, una serie di Carte Tematiche che mettono in evidenza alcune caratteristiche climatiche di rilevante importanza.

Carta delle precipitazioni

La Carta delle precipitazioni è stata realizzata utilizzando una base topografica in scala 1:500.000.

Questo procedura ci ha così permesso di elaborare una carta molto dettagliata sulla quale, nelle zone prive di dati, la traccia delle isolinee tiene conto dei caratteri della morfologia anche se il loro decorso non segue rigidamente i modelli analitici.

Nella Carta è riportato l'andamento delle isoiete di 600 mm, 700 mm, 800 mm, 1200 mm, 1400 mm, 1600 mm e infine 2000 mm.

Carta dell'evapotraspirazione potenziale

L'evapotraspirazione potenziale rappresenta la quantità d'acqua, espressa in millimetri, che evaporerrebbe e traspirerebbe, in date condizioni climatiche, se le riserve idriche del suolo venissero costantemente rinnovate, in condizioni cioè di costante umidità del terreno. Per quanto riguarda la realizzazione della Carta dell'evapotraspirazione potenziale sono state considerate, come nella Carta Climatica della Toscana, quattro classi, espresse in mm/anno: <600; 600-700; 700-800; >800.

Carta del deficit idrico

Il deficit idrico esprime la differenza, in millimetri, tra l'evapotraspirazione potenziale e quella reale; esprime praticamente una misura quantitativa dell'intensità dell'aridità ed il suo

andamento mensile ne indica la durata.

Per la realizzazione della Carta sono state considerate quattro classi: <20; 20-80; 80-160; >160.

Carta dell'eccedenza idrica

L'eccedenza idrica è stata calcolata considerando l'eccesso delle precipitazioni rispetto all'evapotraspirazione potenziale. Questo parametro, che è di grande importanza per la stima del bilancio idrico, indica la quantità d'acqua che, una volta saturata la riserva del suolo, va ad alimentare le falde sotterranee e il deflusso superficiale. Una volta superata la massima capacità idrica del suolo, qualsiasi ulteriore afflusso rappresenta l'eccedenza idrica, espressa anch'essa in millimetri.

Per la realizzazione della Carta dell'eccedenza idrica, in funzione dei risultati ottenuti sono state considerate quattro classi: < 100; 100 - 300; 300 - 600; > 600.

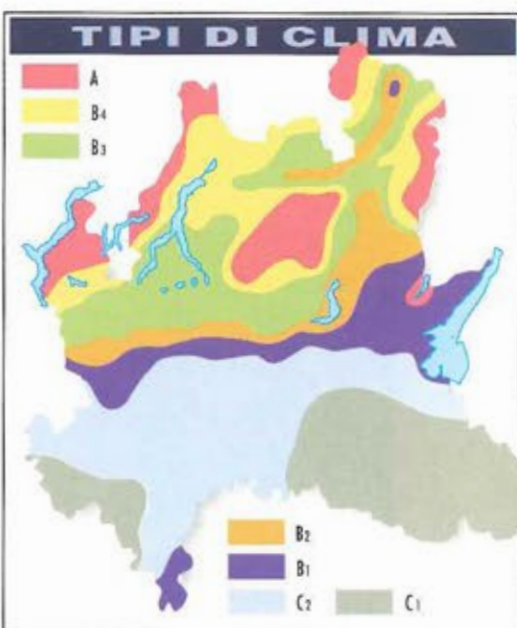
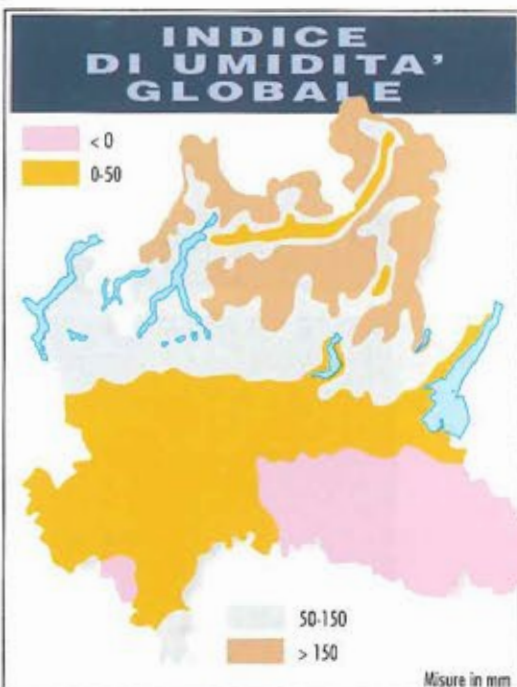
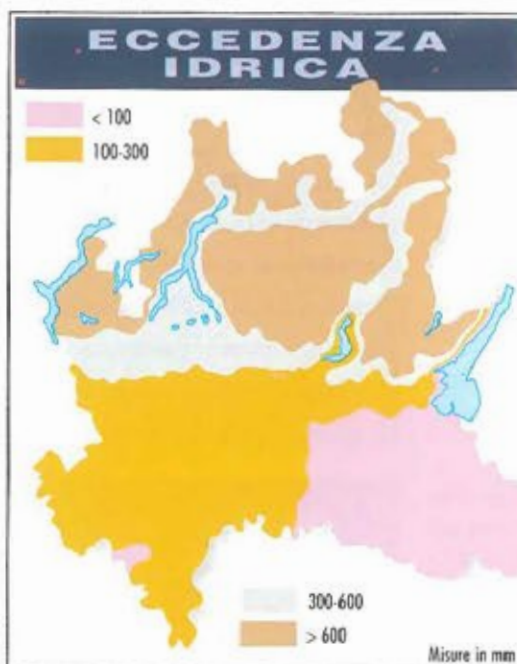
Carta dell'indice di umidità globale (Im)

L'indice di umidità globale rappresenta la differenza fra l'indice di umidità e quello di aridità. Quando questo parametro assume un valore positivo il clima viene classificato come umido, mentre, al contrario, per valori negativi il clima è classificato arido. Per la costruzione della Carta dell'indice di umidità globale sono state considerate quattro classi: < 0 mm; 0 - 50; 50 - 150; > 150 mm.

Carta dei tipi di clima

Per fornire una visione globale della distribuzione del clima nella Lombardia è stata elaborata la Carta dei tipi di clima in cui vengono riportati i risultati ottenuti utilizzando la classificazione di Thornthwaite.

In base al valore di umidità globale (Im) sono stati individuati,



TIPI CLIMATICI IN FUNZIONE DELL'INDICE DI UMIDITA' GLOBALE

SIMBOLI	TIPO di CLIMA	VALORI (lm)
A	Perumido	100 e oltre
B₄	Umido	80 ÷ 100
B₃	Umido	60 ÷ 80
B₂	Umido	40 ÷ 60
B₁	Umido	20 ÷ 40
C₂	da Umido a Subumido	0 ÷ 20
C₁	da Subumido a Subarido	-33,3 ÷ 0

Sulla base dei dati precipitazione nella Regione Lombardia si possono distinguere 3 fasce principali; Regime Alpino, Regime Prealpino e Regime Appenninico. I grafici della pagina a fronte ben rappresentano la caratterizzazione dei tre differenti regimi.



come è riportato nella tabella a lato, quattro tipi climatici rappresentati dalle prime tre lettere maiuscole dell'alfabeto: Perumido (A); Umido (B), Sub umido (C₂) e Sub arido (C₁).

Le differenze maggiori che si possono riscontrare confrontando la struttura della Carta Climatica Francese con quella della Toscana, e di conseguenza anche con quella della Lombardia, sono essenzialmente due:

- la prima è riconducibile alla suddivisione del fondo termico in fasce o classi che, nella Carta Francese, sono realizzate in base alle condizioni di attività della vegetazione;
- la seconda è riconducibile principalmente all'elaborazione delle Carte Tematiche relative a questo parametro calcolato utilizzando la formula climatica di Thornthwaite e Mather. Infatti, gli autori della Carta Climatica della Toscana sviluppano ampiamente i dati inerenti al bilancio idrico, trascurati invece dall'autore francese che, al contrario, considera nella sua carta differenti parametri climatici, come ad esempio la distribuzione del manto nevoso o le calamità di origine atmosferica.

I PLUVIOGRAMMI

I pluviogrammi sono una rappresentazione grafica della distribuzione delle precipitazioni nell'anno medio. Sull'asse delle ordinate vengono indicati i millimetri di pioggia caduti nei singoli mesi mentre sull'asse delle ascisse sono riportati i mesi dell'anno. Sulla base dei dati elaborati si riconosce un Regime di tipo Alpino, nella parte montuosa della Regione, caratterizzato da un profondo minimo invernale, quasi costantemente in gennaio, e da un massimo che dal periodo estivo può oscillare a tarda primavera o inizio autunno.

Regime Alpino (Stazione

Bormio)

Il limite fra il regime alpino continentale e quello prealpino è segnato dalla comparsa di una lieve inflessione nel periodo estivo.

Regime Prealpino (Stazione di Bellano)

Spostandoci a sud, verso il Po, l'inflessione del minimo estivo tende ad accentuarsi gradualmente, finché non si raggiunge il netto sdoppiamento del massimo. In questo caso ci troviamo in un regime di Pianura. Nell'area posta a sud del Po i massimi diventano equivalenti tra loro così come i minimi.

Regime tipico di Pianura (Stazione di Cremona).

BILANCIO IDRICO ED EVAPOTRASPIRAZIONE

Il calcolo del bilancio idrico e dell'evaporazione viene effettuato utilizzando la formula di Thornthwaite. La scelta di adottare tale formula rispetto alle numerose esistenti si basa sul fatto che questa per l'applicazione richiede esclusivamente la conoscenza di parametri facilmente rilevabili come, ad esempio, la latitudine e la temperatura media mensile di ciascuna stazione oggetto di studio. Vengono distinti da Thornthwaite due tipi differenti di evapotraspirazione: quella reale (AE) e quella potenziale (PE).

La prima rappresenta la quantità d'acqua che realmente evapora dal suolo e che traspira dalle piante mentre la seconda esprime il quantitativo d'acqua che potrebbe essere ceduto all'atmosfera se le riserve idriche del suolo fossero rinnovate costantemente. È facile comprendere, quindi, come l'evapotraspirazione potenziale sia superiore a quella reale durante i periodi in cui l'umidità del suolo è inferiore alla quantità d'acqua che la vegetazione sarebbe in grado di traspirare.

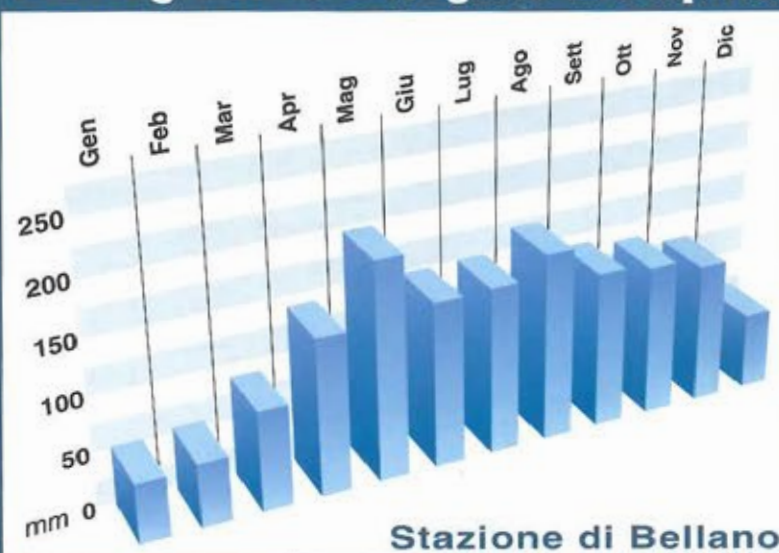
Per mettere in evidenza come varia la disponibilità d'acqua in

Pluviogramma a Regime Alpino



Stazione di Bormio

Pluviogramma a Regime Prealpino

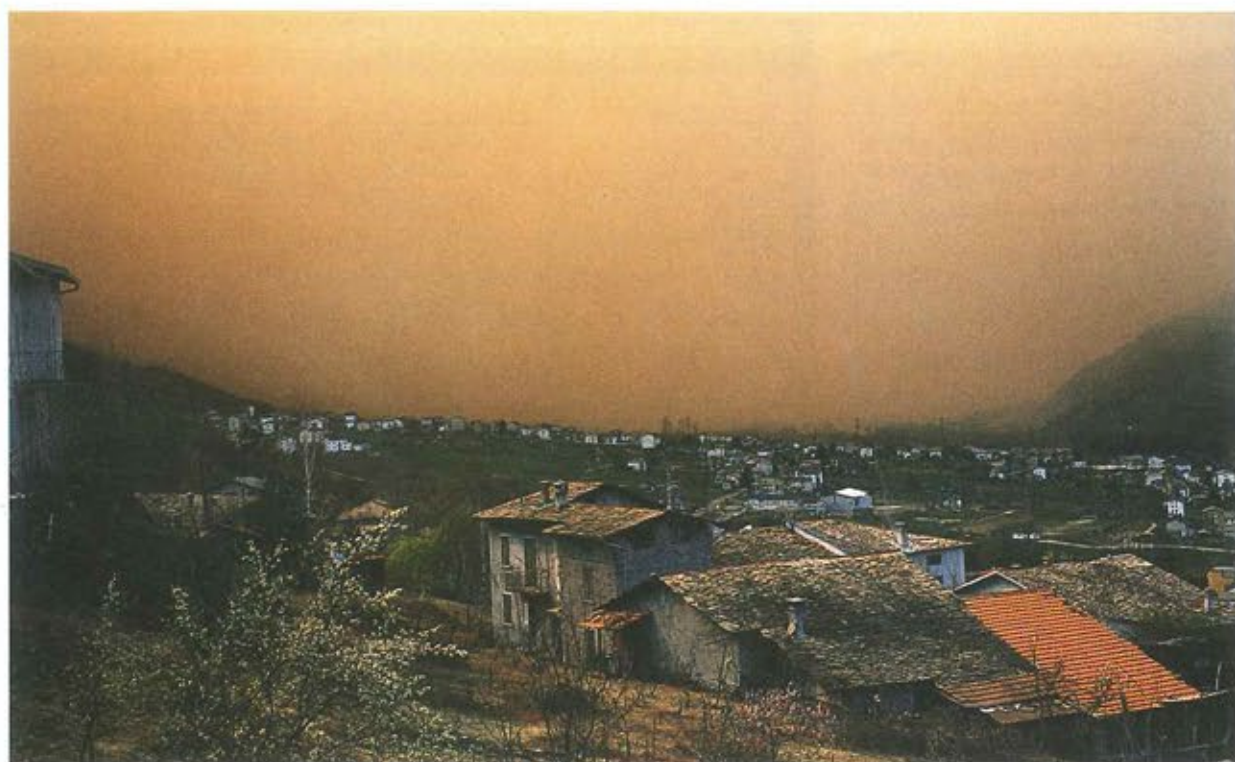


Stazione di Bellano

Pluviogramma a Regime Appenninico

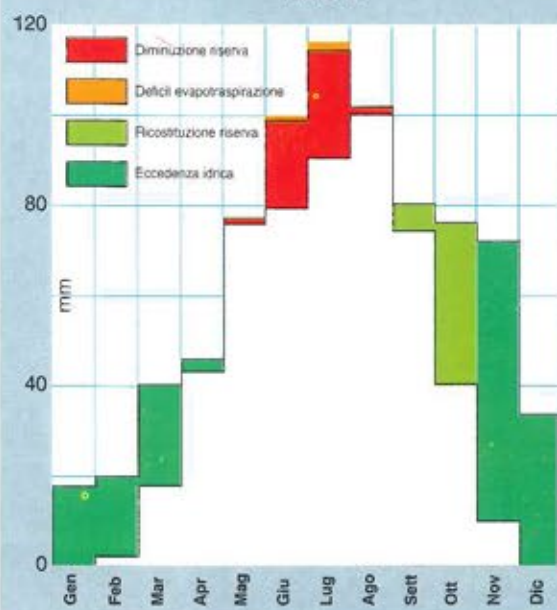


Stazione di Voghera



CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITE

Stazione di Bormio
1225 m



rapporto all'evapotraspirazione potenziale e reale e alle precipitazioni sono stati elaborati dei grafici. Questi riportano in ascissa i mesi dell'anno e in ordinata le precipitazioni espresse in mm.

Come si può osservare nel grafico (Figura a lato), riferito alla stazione di Bormio, vengono individuate quattro aree distinte: diminuzione e ricostituzione della riserva, deficit di evapotraspirazione, ed eccedenza idrica.

Durante i primi mesi dell'anno, da gennaio ad aprile, la stazione registra un aumento della riserva idrica. Questo accade poiché le precipitazioni, in questo periodo dell'anno, sono superiori all'evapotraspirazione reale. Nei mesi compresi fra maggio ed agosto si osserva poi una diminuzione della riserva; fattore questo da riferirsi principalmente all'aumento della temperatura. E' proprio nel periodo estivo, giugno, luglio e agosto, che la stazione considerata registra la condizione di deficit di evapotraspirazione. In questo caso l'evapotraspirazione potenziale si discosta da quella reale mostrando il contenuto d'acqua che la vegetazione avrebbe potuto consumare se fosse stato di-

sponibile nel terreno. In fine, in settembre ed in ottobre si osserva la ricostituzione della riserva che nei restanti mesi dell'anno, novembre e dicembre, si traduce in eccedenza idrica.

CONCLUSIONI

Dal quadro d'insieme ricavato è possibile verificare che su base termica (temperature medie annuali) emerge una suddivisione per fasce della Lombardia. Il cuore caldo della regione, che raggiunge temperature superiori ai 14 °C, è spostato nella parte centro orientale mentre le temperature inferiori ai 4 °C si registrano nelle zone elevate delle Alpi.

Inoltre, se consideriamo i fattori climatici limitanti (numero dei mesi freddi e dei mesi secchi) si nota che solo nella zona più prossima al Po si registrano da 1 a 2 mesi secchi mentre i mesi freddi si distribuiscono in tutta la regione e raggiungono un numero massimo di nove sulle Alpi.

Altri Caratteri Climatici sono messi in evidenza dalle Carte Tematiche (precipitazioni, evapotraspirazione potenziale, surplus e deficit idrico, indice di umidità globale, tipi di clima).



BIBLIOGRAFIA

- BELLONI S., PELFINI M. (1987): Il gradiente termico in Lombardia. *Acqua e Aria* 4, 441-447.
- CAROLLO A. (1988): Lineamenti di termica atmosferica in una vallata alpina. *Communication présentée à la 20ème Conférence Internationale de Météorologie Alpine*, C.I.M.A., 18-25 Settembre 1988, en cours d'impression par W.M.O. Sestola.
- CAROLLO A. (1982): Aspetti metodologici della cartografia climatica. *Bol. Soc. Geografica Italiana*, 663-646, Roma.
- CAROLLO A., CONTARDI R., LIBERA V. (1987): Climatologia, Idrogeologia e Territorio. *Mem. Ist. Ital. di Idrobiologia*, 44, 47-71, Verbania-Pallanza.
- CESARIS A. (1918): Del clima della Lombardia. *Mem. Soc. Italiana Sc.*, 18, Modena.
- GUGGINO PICCONE E., GRAMIGNANI M. (1966): Sull'analisi "doppia cumulata" per precipitazioni annue. *L'energia elettrica*, 521-530.
- MENNELLA C. (1967): Il clima d'Italia: il clima d'Italia in generale. Vol. 1, E.D.A.R.T. Napoli, 718 pp.
- MENNELLA C. (1970): Il clima d'Italia: i climi compartimentali della regione italiana. Vol. 2, F.lli Conte. Napoli, 803 pp.
- MINISTERO DEI LL. PP. -SERVIZIO IDROGRAFICO. (1976): Elenco delle stazioni termopluviometriche del Servizio Idrografico Italiano (Situazione al 1970). Pub. n. 27, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- MINISTERO DEI LL. PP. -SERVIZIO IDROGRAFICO. (1969): La distribuzione della temperatura dell'aria in Italia nel trentennio 1926-1955. Pub. n. 21. Ed. II F. IV. Monografia, Tav. XIV.1 carta f. t., 117 pp.
- MINISTERO DEI LL. PP. -SERVIZIO IDROGRAFICO. (1969): La distribuzione della temperatura dell'aria in Italia nel trentennio 1926-1955. Pub. n. 21. Servizio F. I. Italia settentrionale, 563 pp.
- MINISTERO DEI LL. PP. -SERVIZIO IDROGRAFICO. (1969): La distribuzione della temperatura dell'aria in Italia nel trentennio 1926-1955. Pub. n. 21. Servizio F. II. Italia centrale, 319 pp.
- MINISTERO DEI LL. PP. -SERVIZIO IDROGRAFICO. (1959): Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi, per il trentennio 1921-1950. Pub. n. 24. Servizio F. XIIIa, XIIIb, XIIIc. Roma.
- MORI A. (1957): "Il clima" in *L'Italia fisica. Collana Conosci l'Italia*. Vol. 1. Ed. Touring Club Italiano, 21-63, Milano.
- OTTONE C., ROSSETTI R. (1980): Condizioni termopluviometriche della Lombardia. *Atti Ist. Geol. Università di Pavia*. Vol. XXIX, 27-48.
- PEGUY CH. P. (1970): *Précis de climatologie*. Ed. Masson, 468 pp.
- PEGUY CH. P. (1969/2): *L'expression cartographique des climats aux moyennes échelles*. *Bull. Comité Française De Cartogr.*
- PINNA M. (1977): *Climatologia*. Ed. UTET. Torino, 442 pp.
- ROSSETTI R., GAETANI P., PELOSO G.F. (1971): Analisi delle temperature e delle precipitazioni nel triangolo lariano nel cinquantennio 1921-1970. *Stazioni di*
- Como, Bellagio, Lecco. *Atti Congr. Int. Di Climatologia Lacustre*. 135-180, Como.
- ROSSETTI R., TEDESCHI L. (1993): Stima di fattori morfologici limitanti nelle indagini topoclimatiche. *Atti Ticinese di Scienze Della Terra*, 36, 41-50, Pavia.
- ROSTER G. (1909): *Climatologia dell'Italia*. Torino. Unione Tipografico Editrice Torinese, 1040 pp.
- STRAHLER A. N. (1984): *Geografia Fisica*. Ed. Piccin. Padova.
- THORNTHWAITE C. W. & MATHER J. R. (1957): *Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. *Publications in climatology*. Vol. X. n. 3, Ed. Drexel Inst. Tech. Labor. Climatology Centerton New Jersey, 311 pp.

Il presente lavoro è stato oggetto di due tesi di laurea realizzate presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pavia dal titolo: "CONTRIBUTO ALLA REALIZZAZIONE DELLA CARTA CLIMATICA D'ITALIA: La Lombardia Orientale" presentata dalla Dott.ssa Sonvico Emanuela e da "CONTRIBUTO ALLA REALIZZAZIONE DELLA CARTA CLIMATICA D'ITALIA: La Lombardia Occidentale" presentata dalla Dott.ssa Bormolini Elena Rosa.

Relatore: Ch.mo Prof. Claudia Ottone in collaborazione con il Ch.mo Prof. Roberto Rossetti.

Si ringraziano inoltre i Sigg. Luciano Leusciatti, Piero Paindelli e Giuliano Sonvico per la collaborazione.



Un'innovativa proposta da applicare all

IL METODO DEL SONDAGGIO LASER

**Una alternativa al
rilevamento
fotogrammetrico di
modelli topografici
digitali (DGM)**

J. Stotter e GdbR
GEO TEAM
Schulstrasse 6
D - 83607 Holzkirchen



PER L'ANALISI E IL MODELLAMENTO DEI PROCESSI DI MOVIMENTI DI MASSA COME VALANGHE E GHIACCIAI È NECESSARIO CHE I PARAMETRI TOPOGRAFICI E LE RELAZIONI CON I PARAMETRI AMBIENTALI VENGANO ESAMINATI CON UN'ELEVATA RISOLUZIONE.

IL METODO DEL SONDAGGIO LASER PUÒ ESSERE APPLICATO NELLE ZONE DI MONTAGNA PER CREARE UN DATABASE DI PUNTI IPSOMETRICI IN BASE AI QUALI È POSSIBILE CALCOLARE UN MODELLO DI TERRENO DIGITALE (DTM).

QUESTA TECNICA SOFISTICATA SI BASA SULLA MISURAZIONE DELLA DISTANZA TRA UN AEREO E LA SUPERFICIE TERRESTRE PER MEZZO DI UN RAGGIO LASER UTILIZZANDO UN SISTEMA DIFFERENZIALE GPS E UN SISTEMA DI NAVIGAZIONE INERZIALE (INS) PER DETERMINARE L'ESATTA POSIZIONE E L'ORIENTAMENTO DELLO SCANNER.

OCCORRE SOTTOLINEARE CHE IL SISTEMA DTM DESCRIVE LA SUPERFICIE REALE CON UN LIVELLO DI RISOLUZIONE E PRECISIONE MOLTO PIÙ ELEVATO DEGLI ALTRI MODELLI PRECEDENTEMENTE UTILIZZATI.

(FABIO GHESER)

studio delle valanghe e dei ghiacciai



LA TECNICA DEL SONDAGGIO LASER

Negli ultimi anni è stata messa a punto una nuova tecnica, che utilizza sensori laser, per il rilevamento delle aree nascoste della superficie topografica. Questo sviluppo è stato seguito con grande interesse dagli esperti in rilevamenti poiché con questo metodo si può disporre di una tecnica rapida e sofisticata per il rilevamento topografico come base dati per la risoluzione di modelli topografici digitali. Si tratta di un sistema di rilevamento installato su un aereo che si compone delle tre seguenti parti principali:

- telemetro laser riflettente per la misura della distanza tra l'aereo



Fig. 1: Principio della riflessione multiple in zone boschive (Lindenberger 1993:118).

Fig. 2: principio del sondaggio laser. La posizione dell'aereo viene costantemente rilevata da un ricevitore GPS.

e la superficie topografica,

- ricevitore GPS (sistema di posizione globale)
- sistema di navigazione inerziale INS

Per il rilevamento a distanza servono laser irradianti pulsazioni, che offrono la possibilità di registrare la prima e l'ultima riflessione del segnale emesso fra tutte quelle che si verificano all'interno di uno strato di vegetazione. Così ad esempio, in una zona boschiva le piante riflettono una

PRINCIPIO DELLA RIFLESSIONE MOLTEPLICE IN ZONE BOSCHIVE

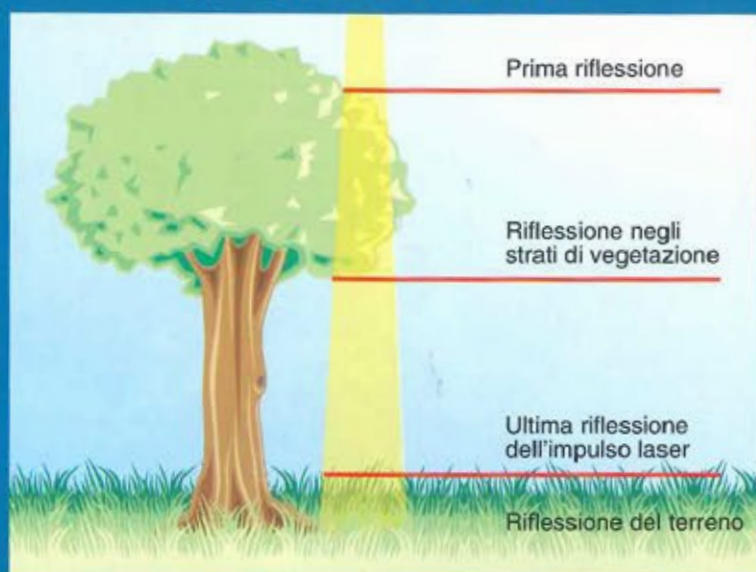
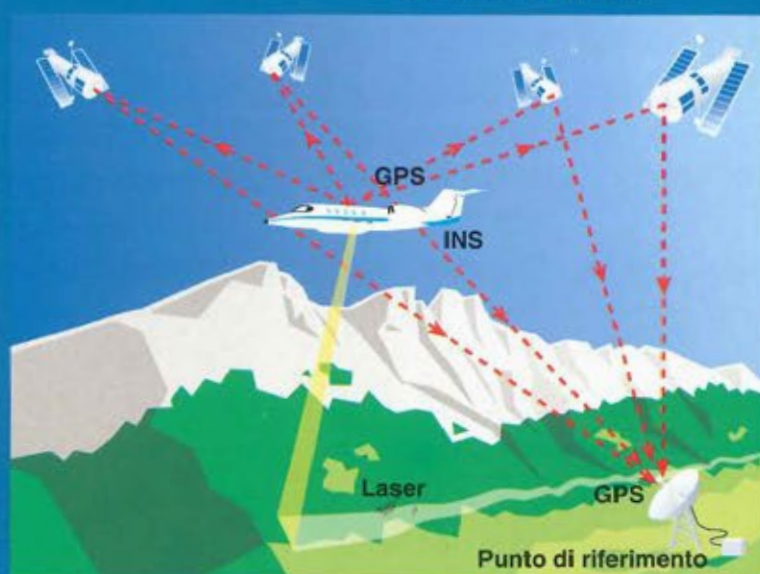


Fig 1

Fig 2

PRINCIPIO DEL SONDAGGIO LASER



parte del segnale laser, mentre un'altra parte penetra attraverso gli spazi vuoti che vi sono tra le foglie ed i rami, fino a raggiungere la superficie del terreno (grado di penetrazione). Quest'ultima riflessione del raggio laser corrisponde quindi (potenzialmente) ad un punto sulla superficie topografica (fig. 1).

Nella tecnica del sondaggio laser, l'impulso luminoso del raggio laser viene emesso, con delle oscillazioni, da uno specchio orienta-

to fino a 30° trasversalmente alla direzione di volo, così che i punti rilevati descrivono sul terreno una curva pressoché sinusoidale. Dunque in relazione alla quota di volo e all'angolo di orientamento dello scanner si ha una corrispondente striscia di terreno più ampia lungo la direzione di volo (fig. 2). Tramite una scelta appropriata della quota di volo (fino a 1.000 m) e della velocità di crociera, è pertanto possibile raggiungere una copertura della su-

perficie topografica pressoché uniforme. Sovrapponendo le strisce rilevate con più passaggi aerei, la precisione e consistenza del modello altimetrico aumentano ulteriormente.

I segnali luminosi riflessi dalla superficie topografica vengono ricevuti attraverso speciali filtri ottico-elettronici e, in relazione al tempo di percorrenza del segnale, viene determinata la distanza. Durante un volo di rilevamento, la posizione viene costantemente rilevata per mezzo di un ricevitore GPS e quindi registrata in modalità digitale. Il sistema di navigazione inerziale (INS) registra i movimenti propri dell'aereo in brevissimo tempo. Parallelamente al rilevamento GPS eseguito sull'aereo, da terra viene azionata una stazione di riferimento (GPS differenziale - DGPS), che, per quanto possibile, dovrebbe trovarsi nelle immediate vicinanze della zona soggetta a rilevamento. Dopo un volo di rilevamento i punti altimetrici misurati vengono corretti con l'ausilio sia dei dati della stazione di riferimento che dei valori misurati col sistema di navigazione inerziale e vengono quindi trasformati nel sistema di coordinate desiderato. Con questo procedimento vengono automaticamente eliminati in modo completo e con l'aiuto di un appropriato algoritmo (filtro) quei punti di rilevamento che non si trovano sulla superficie terrestre, ma che rappresentano molteplici riflessioni all'interno di uno strato di vegetazione. Il modello digitale orografico così ottenuto può essere trasmesso per mezzo delle più comuni configurazioni (ASCII, DXF ecc.).

CAMPO DI UTILIZZO DEI SONDAGGI LASER

La tecnica del sondaggio laser è adatta per eseguire rilevamenti in:

• terreni difficilmente raggiungi-

bili (zone montagnose, depositi detritici)

• zone con differenze altimetriche molto modeste (zone costiere, praterie, regioni fluviali)

• zone boschive

In questi campi d'applicazione la tecnica del sondaggio laser offre notevoli vantaggi rispetto alle tradizionali tecniche di rilevamento terrestre e fotogrammetrico, e cioè:

• possibilità di eseguire rilevamenti altimetrici senza necessità di operare direttamente sul terreno

• indipendenza dalle condizioni meteorologiche

• elevata concentrazione e precisione dei punti rilevati anche in terreni ricoperti da vegetazione. In aree con rilievi poco accentuati e con modeste variazioni altimetriche, tramite un'elevata concentrazione di punti con grado di precisione di circa $\pm 1-2$ dm (XYZ), vengono realizzati modelli topografici digitali (DHM) di elevatissima qualità.

In particolare vanno sottolineate le prestazioni della tecnica del sondaggio laser in zone boschive, in relazione ai tipici problemi legati al tradizionale metodo di rilevamento fotogrammetrico.

Così attraverso un fitto bosco all'apparenza impenetrabile si possono raggiungere valori del grado di penetrazione di oltre il 50%, mentre la distanza media dei punti rilevati è inferiore ai 5 m (con un solo volo di ricognizione). In questo modo soprattutto nelle zone con foreste di conifere sempreverdi si possono realizzare modelli topografici digitali di qualità assai superiore di quelli ottenuti con la fotogrammetria.

Ciononostante, il momento migliore per effettuare un volo di sondaggio laser va scelto, se possibile, in periodi in cui vi sono scarse biomasse e in assenza di neve: in queste condizioni nelle zone boschive si raggiunge un

valore ottimale del grado di penetrazione. Un raggio laser non riesce invece a penetrare attraverso la coltre nevosa.

LA DETERMINAZIONE DI SUPERFICI DI INONDAZIONE IN AREE FLUVIALI

Un rilevamento DGM ad alta risoluzione e precisione costituisce un presupposto fondamentale nell'ambito dell'utilizzo di modelli matematici di deflusso.

Nell'ambito della simulazione di deflusso ci si aspettano i seguenti risultati (specialmente in caso di piene):

• limiti reali/potenziati di inondazione in condizioni effettive

• limiti potenziali di inondazione a seguito di interventi edilizi (varianti di pianificazione)

• altezza e durata dell'esondazione (importante per le conseguenze ecologiche)

• calcolo dei volumi delle super-

PROCEDIMENTO

Analisi della superficie di ricerca
(in collaborazione con autorità qualificate)

Volo
(rilevamento laser, foto aeree)
Interpretazione di DGM preliminare
Costruzione di una rete
di punti di passaggio

Controllo di plausibilità di DGM preliminare
Correzione

1. Primo modello del terreno
(DGM di base)

Ottimizzazione del rilievo di precisione
Cartografia aerea
Restituzione geometrica
Taglio con DGM di base
Controllo qualità

2. Secondo modello del terreno
(DGM ottimale)

LA TECNICA DEL SONDAGGIO LASER A CONFRONTO CON I PROCEDIMENTI DI RILEVAMENTO FOTOGRAMMETRICI TERRESTRI

L'Ufficio di Agrimensura del Land Baden Württemberg ha testato il grado di efficienza di questo procedimento sulla base di due voli di sondaggio laser. Per entrambe le zone sorvolate (Gammertingen e Mooskopf) esistevano i corrispondenti valori di riferimento DGM. I risultati sono stati resi noti da H. Hoss (dell'ufficio sopracitato) in una pubblicazione del 1997 intitolata "Einsatz des Laserscanner-Verfahrens beim Aufbau des Digitalen Gelandehohenmodells (DGM) in Baden-Württemberg" (Impiego della tecnica del sondaggio laser nella creazione di modelli altimetrici digitali DGM nel Baden Württemberg).

Analisi nella località di Gammertingen

Per l'analisi dell'esattezza dei risultati dei sondaggi laser nella zona di Gammertingen vi erano a disposizione un DGM della copertura superficiale i cui dati iniziali provenivano, per quanto riguarda le zone scoperte, da analisi stereoscopiche fotogrammetriche di foto aeree su scala 1:8000, mentre per quanto riguarda le zone boschive da rilevamenti terrestri supplementari di margini topografici e di singoli punti.

Il valore DGM ha un'ampiezza del reticolo di 5 metri, mentre i margini topografici rilevati sono integrati nel modello dei dati. Per il test di comparazione si è momentaneamente supposto che il valore DGM fosse sostanzialmente esatto. Per le corrispondenti posizioni nelle quali si trovavano i 1.046.538 punti topografici ottenuti mediante scanner laser, i valori di altitudine sono stati interpolati con il valore DGM e quindi confrontati con le altitudini topografiche ottenute con il rilevamento laser; le differenze sono poi state analizzate statisticamente. I risultati sono illustrati nella tabella sotto la voce Ricerca A.

La grandezza delle differenze è stata rappresentata con colori diversi così che, una volta determinata una zona con notevoli differenze, era possibile intraprendere un'ulteriore analisi. Nell'ambito di questa ricerca tuttavia era già chiaro che spesso, proprio nelle zone critiche, il metodo di determinazione del valore DGM mostrava dei punti deboli. Vennero dunque effettuati altri 761 rilevamenti terrestri di controllo nelle zone che presentavano notevoli differenze. In seguito a ciò non si è potuto segnalare nessun errore fondamentale tra i dati ottenuti con lo scanner laser (vedi i risultati della Ricerca B nella tabella pagina a fronte). Ciò significa che la corrispondenza dei rilevamenti eseguiti con scanner laser con le superfici topografiche effettive è migliore rispetto a quella ottenuta mediante la comparazione della Ricerca A...

Analisi nella località di Mooskopf

Nell'area di Mooskopf le condizioni topografiche sono molto difficili poichè nella zona boschiva si hanno pendii talvolta anche del 60%. Di conseguenza solo per un territorio di circa 8 ettari esisteva un valore DGM qualitativamente valido per comparare il grado di esat-

tezza delle superfici; questo valore è stato ottenuto nell'ambito di una tesi (Burth, M./Breckle G.: Deduzione da modelli topografici digitali con SCOP sulla base dei dati di un rilevamento tachimetrico e di una digitalizzazione DGK5; tesi di laurea della FHT di Stoccarda 1995) che aveva come oggetto un rilevamento tachimetrico terrestre durato due settimane. Anche nel caso di questa ricerca, per tutte le posizioni dei punti sul terreno ottenuti mediante sondaggio laser, i corrispondenti valori di altitudine sono stati interpolati con il valore di riferimento DGM, sono stati confrontati con i valori di altitudine ottenuti mediante sondaggio laser e la differenza è stata analizzata statisticamente. I risultati ottenuti sono illustrati nella tabella sotto la voce Ricerca C.

Circa il 71% di tutti i rilevamenti hanno dunque una concordanza $< \pm 0,5$ m con i valori di altitudine del valore di riferimento DGM. Nel valutare i risultati occorre anche prendere in considerazione il fatto che la notevole scabrosità del terreno influisce notevolmente sulle differenze rilevate. Un'analisi della distribuzione topografica delle rimanenti differenze $> \pm 0,5$ m ha dato i seguenti risultati: differenze di quest'ordine di grandezza compaiono principalmente nelle zone di margine delle strisce e quindi nella zona di copertura aerea. Allo stesso modo si è manifestata una evidente relazione subordinata al pendio. Maggiore è la pendenza, più frequentemente si avranno notevoli differenze. Come causa di errore si suppone dunque che vi sia una piccola angolazione della piattaforma di rilevamento rispetto alla precisa posizione teorica, il che origina un errore di posizione. Pertanto un falso valore di posizione potrebbe essere attribuito al valore altimetrico determinato con esattezza mediante il telerilevamento laser.

Ciò spiegherebbe il fatto che questo influsso si registra soprattutto in terreni con pendii scoscesi.

Malgrado che i dati ottenuti mediante sondaggio laser siano sostanzialmente più esatti dei dati di comparazione, questi derivano dalla digitalizzazione di linee altimetriche della DGK5 (Carta Fondamentale Tedesca 1:5000). Altri punti di controllo sparsi, rilevati nella zona in esame, hanno portato alla conclusione che il 60,7% dei punti di controllo $< \pm 0,5$ m concordano con lo scanner laser DGM.

Le esperienze descritte da H. Hoss corrispondono essenzialmente a quelle che lo studio Geo Team ha raccolto nell'ambito dei progetti finora eseguiti. Tuttavia nel caso di un recente progetto avviato nelle Alpi Bavaresi su un terreno scosceso non si sono potute osservare differenze così grandi. Il problema legato all'analisi delle anomalie topografiche è stato identificato e corretto con l'aiuto delle foto aeree eseguite con il volo parallelo.

fici sondate

- calcolo dei profili trasversali (profondità, interrimento, persistenza; modellamento del deflusso a una dimensione).

Un rilevamento DGM oltre ad essere uno strumento rappresenta pure un mezzo di interpretazione riguardo allo sviluppo dei provvedimenti da adottare. Ad esempio si possono manipolare come in un gioco ad incastri i seguenti progetti:

- realizzazione di argini contro le inondazioni
- raccordo di vecchi rami fluviali al letto del fiume principale
- piccoli canali di aggiramento e di scarico
- cambiamenti di letto dei fiumi.

Nel caso di esecuzioni successive di test allo scopo di determinare la simulazione del deflusso, è possibile comprovare l'efficacia dei rispettivi provvedimenti (analisi dell'efficacia).

In una seconda fase, i dati raccolti sul campo e i risultati della simulazione del deflusso possono essere integrati nel sistema di informazione geografica (GIS) assieme a molte altre informazioni (per es. utilizzo del terreno), cioè:

- nel modellamento di fenomeni di piene si possono rilevare, tramite l'intersecamento dei limiti di inondazione con il terreno, non solo le superfici sommerse, ma anche lo sfruttamento del suolo;
- sono subito riconoscibili i biotopi da salvaguardare
- mediante la simulazione di deflusso si possono rilevare valori di scabrosità dall'utilizzazione del terreno per ogni punto dell'area (p.es. bosco molto scabroso, superficie molto piana).

Nel sistema GIS i risultati di calcoli, interpretazioni e modellamenti sono sia digitali (ad esempio serie di dati in tutti i co-

muni formati intercambiabili) che analogici (ad esempio grafici e carte).

Requisiti di un sistema DGM per la realizzazione di modelli di deflusso:

- risoluzione spaziale molto elevata, così come precisione di posizionamento dei punti di rilevamento (dimensioni in dm)
 - rilevamento supplementare di linee strutturali come linee di sponda, orli di terrazzi e argini.
- In particolare, nelle simulazioni di deflusso è importante che tali lineamenti siano rappresentati con precisione nel loro posto.



Ricerche Comparative Statistiche

	Differenza < ±0.5 m	Differenza < ±1.0 m	Differenza > ±2.0 m	Valore medio	Valore RMS
Gammertingen Ricerca A: Comparazione: punti sondaggio laser → valore di riferimento DGM, (1046598 punti)	77.0%	96.2%	0.7%	- 0.16 m	± 0.51 m
Ricerca B: Comparazione: sondaggio laser DGM ← punti di controllo tachimetrici (761 rilevamenti)	70.8%	92.7%	2.9%	- 0.21 m	± 0.70 m
Mooskopf Ricerca C: Comparazione: punti sondaggio laser → valore di riferimento DGM (5100 rilevamenti)	70.8%	92.5%	0.1%	- 0.22 m	± 0.54 m

**Analisi sulle variazioni di livello e volumetriche in un
ghiacciaio del Gruppo Ortles-Cevedale (Alpi Centrali)**

GHIACCIAIO DEL CARESER 1967-1990

Marco GIADA
COMP srl
via Paruta 38/B
30172 Venezia-Mestre e
Giorgio ZANON
Dip.to di Geografia
Università di Padova
Via del Santo, 26
35100 Padova

UN RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO EFFETTUATO NELL'OTTOBRE 1990 SUL GHIACCIAIO DEL CARESÈR HA RESO POSSIBILE IL RAFFRONTO CON UN PRECEDENTE RILIEVO DEL 1967 E LA DETERMINAZIONE DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO E VOLUMETRICHE INTERCORSE IN TALE INTERVALLO. MEDIANTE TECNICHE DI CARTOGRAFIA AUTOMATICA È STATA INOLTRE ALLESTITA UNA CARTA TEMATICA CON ISOLINEE CHE RAPPRESENTANO LE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA SUPERFICIE GLACIALE 1967-1990. TALI VARIAZIONI SONO LARGAMENTE NEGATIVE A TUTTE LE QUOTE COMPRESSE TRA 2860 E 3350 m, CON UN VALORE MEDIO DI -14 m, CORRISPONDENTE AD UN VOLUME DI $-74 \times 10^6 \text{ m}^3$; NELLO STESSO PERIODO L'AREA COMPLESSIVA SI È RIDOTTA DEL 18 %. QUESTI RISULTATI SONO IN ACCORDO CON LE CONTEMPORANEE MISURE GLACIOLOGICHE SUL BILANCIO DI MASSA, EFFETTUATE ANNUALMENTE SUL GHIACCIAIO; ESSI POSSONO ESSERE CONSIDERATI INDICATIVI DEL RECENTE COMPORTAMENTO DEI GHIACCIAI DEL GRUPPO ORTLES-CEVEDALE E, PIÙ IN GENERALE, DEL VERSANTE MERIDIONALE DELLE ALPI CENTRALI.



Premessa

L'esecuzione di rilievi aerofotogrammetrici sul Ghiacciaio del Caresèr (Alpi Centrali, Gruppo Ortles Cevedale) negli anni 1967, 1980 e 1990, nell'ambito di una collaborazione tra il Comitato Glaciologico Italiano, l'ENEL S.p.a. e il Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova, ha costituito la base per la valutazione delle variazioni intercorse rispettivamente tra il 1967 e il 1980 (Giada & Zanon, 1985) e tra il 1980 e il 1990 (Giada & Zanon, 1991). Il confronto finale tra il rilievo del 1967 e quello del 1990, in particolare, rende possibile la determinazione delle variazioni globalmente verificatesi nel periodo 1966-67/1989-90, coincidente con 24 anni di misure glaciologiche dirette per la valutazione del bilancio netto di massa annuale (Zanon, 1992).

Fig 1: Ripresa aerea del Ghiacciaio del Caresèr (ottobre 1990).

Fig 2: Ghiacciaio del Caresèr. Superficie estiva alla chiusura di un'annata di bilancio.

Fig 3: Valanga di slush alla fronte del Ghiacciaio del Caresèr nel periodo tardo-primaverile.

Metodologia di confronto ed elaborazione dei dati

La metodologia adottata ricalca nelle sue grandi linee quella già utilizzata per il confronto 1967-1980 e perfezionata per il 1980-1990 (Giada & Zanon, 1985; 1991). La determinazione delle modificazioni di livello e di volume è basata sull'elaborazione dei rilievi aerofotogrammetrici IRTA 1967 e SCM 1990, eseguiti in coincidenza della chiusura delle rispettive annate idrologiche 1966-67 e 1989-90.

A partire dai rilievi aerofotogrammetrici, si è proceduto al calcolo dei modelli digitali della superficie glaciale, con riferimento ad un sistema locale di coordinate, aventi come origine il vertice trigonometrico del Piz Cavajon (3129 m). Mentre, tuttavia, il modello relativo al rilievo 1967 era stato calcolato mediante operazioni di fotogrammetria analitica, per il rilievo 1990 esso è stato ot-



Fig 2

Fig 3

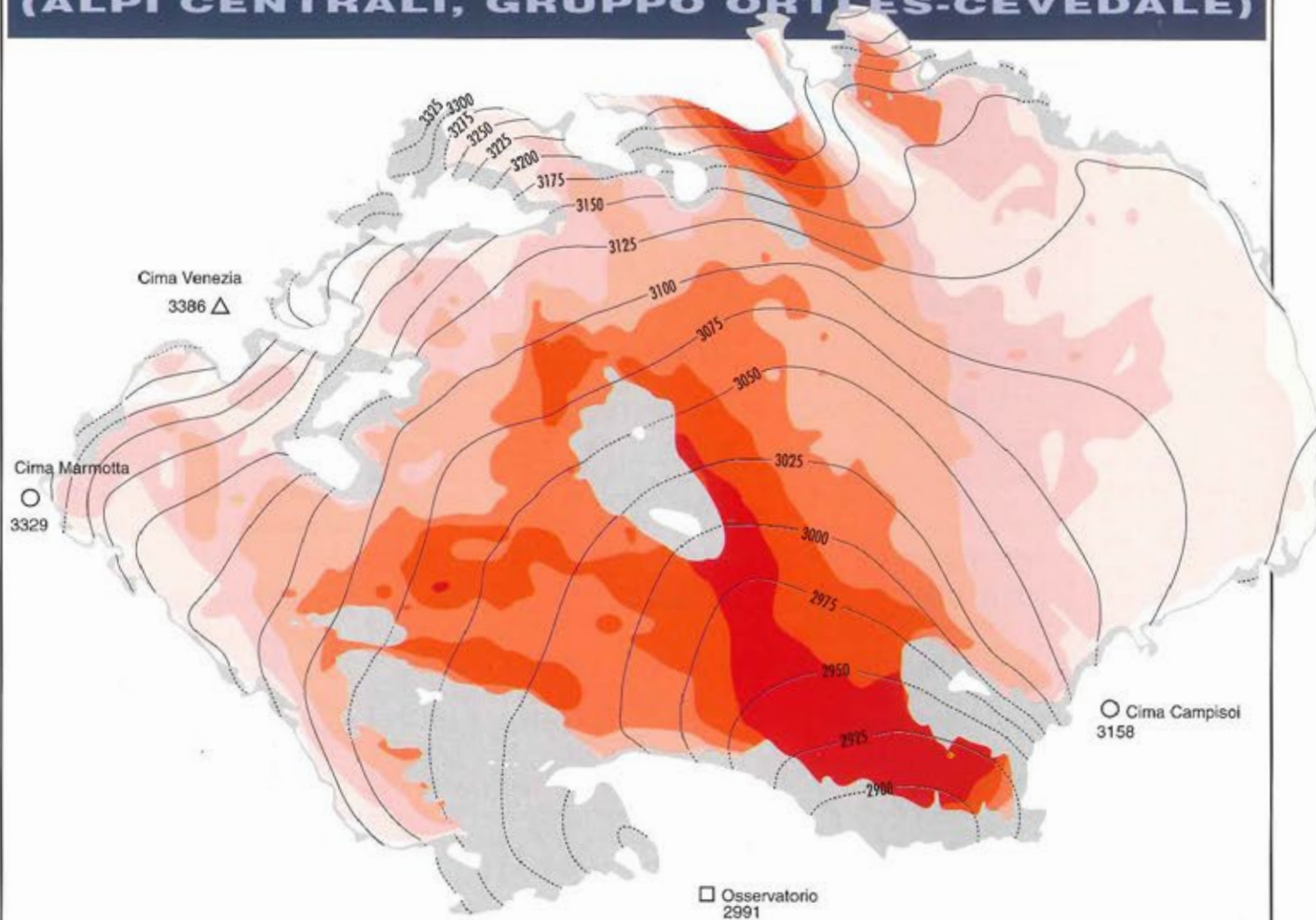


tenuto direttamente nel corso dei lavori di stereorestituzione.

In entrambi i casi sono stati prodotti due insiemi di dati, organizzati in forma di matrici di valori di quota aventi un comune sistema di riferimento locale ed uguale interdistanza tra i valori nodali, pari a 50 m; i due modelli digitali risultano pertanto praticamente coincidenti. Il confronto delle due matrici (somma algebrica dei valori nodali riferiti a nodi omologhi)

ha fornito una terza matrice che esprime le variazioni di altitudine verificatesi nel periodo 1967-1990. Da quest'ultima sono stati calcolati i volumi di incremento (accumulo netto, come firn) e di perdita (ablazione netta di ghiaccio e di firn) relativi ai prismi retti aventi come base un'intera maglia quadrata di 50 m di lato ed altezza pari alla media dei quattro valori nodali, se dello stesso segno. Nel caso di prismi con va-

GHIACCIAIO DEL CARESÈR (ALPI CENTRALI, GRUPPO ORTLES-CEVEDALE)



VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA SUPERFICIE DAL CONFRONTO DEI RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI 1967 E 1990 (isoipse 1967)



30 >
25 >
20 >
15 >
10 >
5 >

Variazioni Negative (in m)

" " "
" " "
" " "
" " "
" " "
" " "

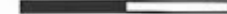
≥ 30
> 25
> 20
> 15
> 10
> 5
> 0

Variazioni Positive (in m)

≥ 0



0 250 500 m



Aree scoperte
tra il 1967 e il 1990

— Limite del ghiacciaio 1967

..... Limite del ghiacciaio 1990

Tab 1: Ghiacciaio del Caresér. Distribuzione areale sulla base dei rilievi aerofotogrammetrici IRTA 1967 e SCIA 1990, per intervalli altimetrici di 50 m. Differenze reciproche (ΔA), espresse in valore assoluto (km^2) e come percentuali delle aree 1967. Valori approssimati a 500 m^2 .

ALTITUDINE m s.m.	AREA '67 km^2	AREA '90 km^2	ΔA km^2	%
2840-2900	0,0565	0,0980	0,0415	73,45
2900-2950	0,2115	0,1985	-0,0130	-6,10
2950-3000	0,3525	0,3710	0,0185	5,25
3000-3050	0,9030	0,6560	-0,2470	-27,35
3050-3100	1,0690	0,9645	-0,1045	-9,78
3100-3150	1,3040	1,0440	-0,2600	-19,94
3150-3200	0,4580	0,3005	-0,1575	-34,39
3200-3350	0,3660	0,2240	-0,1420	-38,80
2840-3350	4,7205	3,8565	-0,8640	-18,30

Tab 1

Tab 2: Ghiacciaio del Caresér. Variazioni di livello della superficie glaciale (in m) e variazioni volumetriche (in 10^6 m^3 e come percentuali del valore totale) per zone altimetriche di 50 m, dal confronto dei rilievi aerofotogrammetrici SCIA 1990 e IRTA 1967. Distribuzione areale 1967.

ALTITUDINE m s.m.	AREA km^2	Δ LIVELLO m	Δ VOLUME 10^6 m^3	%
2840-2900	0,0565	-27,19	-1,5360	2,36
2900-2950	0,2115	-25,73	-5,4420	8,38
2950-3000	0,3525	-20,91	-7,3710	11,35
3000-3050	0,9030	-17,93	-16,1910	24,92
3050-3100	1,0690	-14,67	-15,6820	24,14
3100-3150	1,3040	-9,48	-12,3620	19,03
3150-3200	0,4580	-8,75	-4,0075	6,17
3200-3350	0,3660	-6,46	-2,3645	3,64
2840-3350	4,7205	-13,76	-64,9560	100,00

Tab 2

lori nodali di segno discorde, l'assegnazione dei valori parziali è stata effettuata proporzionalmente alla ripartizione delle superfici di base, rispettivamente in una porzione relativa ad un incremento volumetrico ed una relativa ad una perdita.

La matrice relativa alle differenze di quota tra il rilievo del 1967 e quello del 1990 è stata utilizzata direttamente per la costruzione di una carta tematica, tramite la determinazione automatica delle isolinee relative alla differenza di quota, con interdistanza di 5 m, e campitura, con l'ausilio di strumenti CAD, delle zone comprese tra due isolinee consecutive.

Variazioni areali e morfometriche

Il confronto dei due rilievi aerofotogrammetrici ha prodotto la carta tematica (Tav. in testo), con isolinee che esprimono le variazioni di livello della superficie glaciale sulla base delle classi riportate in legenda; nella stessa carta sono rappresentate anche le variazioni di area derivanti dalla sovrapposizione dei due rilievi; queste ultime vengono riportate nella Tab. 1 per intervalli verticali di 50 m.

Si può rilevare come la zona altimetrica inferiore (2850-2900 m) faccia registrare un forte aumento di area, pari al 73,45 % di quella iniziale del 1967, a causa della diminuzione di spessore verificatasi in questa parte del ghiacciaio (quasi interamente compresa entro la classe di variazioni negative > 30 m nella carta tematica) e al suo conseguente ampliamento verso l'alto.

Una relativa stabilità, con variazioni di segno opposto, mostrano invece le due zone comprese tra 2900 e 3000 m, seguite da una forte variazione negativa tra 3000 e 3050 m; le massime riduzioni si verificano invece tra 3150 e 3350

Fig 4: Totalizzatori di modello UIMA (a sin.) e EDF (a dx), installati su un isolotto roccioso emergente dalla superficie del Ghiacciaio del Caresér ad oltre 3000 m di quota

Fig 4



m, con il -93.13 % dell'area 1967. Complessivamente, tra il 1967 e il 1990, è stata osservata una riduzione di -0.8640 km^2 , pari al 18.30 % della superficie preesistente. La differenza con il confronto 1980-1990 (Giada & Zanon, 1991), con una variazione di area di 0.9725 km^2 , pari al 20.14 %, è da attribuirsi all'aumento di estensione del ghiacciaio intercorso tra il 1967 e il 1980, in coincidenza con la fase di espansione 1965-1985 (Zanon, 1991). Dal punto di vista topografico e morfometrico, tra il 1967 e il 1990 l'altitudine minima è passata da 2840 a 2860 m, quella massima da 3350 a 3320 m; l'altitudine media da 3080 a 3075 m, quella mediana da 3090 a 3084 m.

Modificazioni di livello e volumetriche

Le variazioni di livello e di volume, determinate sulla base della metodologia sopradescritta, sono riportate nella Tab. 2. Per la determinazione delle variazioni volumetriche, come già nei confronti precedenti, sono stati



Fig 5

Fig 5: Polina di ablazione collocata sul bacino di raccolta del Ghiacciaio del Caresèr a quota 3145 m.

Tab 3: Ghiacciaio del Caresèr. Variazioni ricavate dal confronto dei rilievi aerofotogrammetrici SCM 1990 ed IRTA 1967 (A) e bilancio netto di massa 1966-67/1989-90 (B), in funzione dell'altitudine. Dati espressi come altezze (m) e come volumi (10^6 m^3) di equivalente in acqua (WE). Differenze tra i valori di bilancio e quelli ottenuti dai rilievi aerofotogrammetrici (B-A), in m e in $\text{m}^3 \times 10^6$ di equivalente in acqua. (Distribuzione areale 1967).

ALTITUDINE m s.m.	AREA '67 km^2	SCM/IRTA		BILANCIO NETTO		Δ	
		mWE	(A) $10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$	mWE	(B) $10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$	mWE	(B-A) $10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$
2840-2900	0,0565	-24,47	-1,3825	-31,68	-1,7810	-7,21	-0,3985
2900-2950	0,2115	-23,16	-4,8985	-28,56	-6,0405	-5,40	-1,1420
2950-3000	0,3525	-18,82	-6,6340	-24,96	-8,7985	-6,14	-2,1625
3000-3050	0,9030	-16,14	-14,5745	-20,40	-18,4210	-4,30	-3,8465
3050-3100	1,0690	-13,20	-14,1110	-14,40	-15,3935	-1,20	-1,2825
3100-3150	1,3040	-8,53	-11,1230	-8,16	-10,6405	0,37	0,4825
3150-3200	0,4580	-7,87	-3,6045	-3,12	-1,4290	4,75	2,1745
3200-3350	0,3660	-5,81	-2,1265	5,52	2,0205	11,33	0,1060
2840-3350	4,7205	-12,38	-58,4545	-12,72	-60,4835	-0,34	-2,0290

Tab 3

presi in considerazione i valori ottenuti dalle variazioni di livello (in m) moltiplicate per le aree delle zone altimetriche di 50 m, desunte dal rilievo aerofotogrammetrico 1967, anziché utilizzare le sommatorie delle aree di base dei prismi retti, non stretta-

mente coincidenti con la superficie reale del ghiacciaio.

Le variazioni di livello 1967-1990 risultano esclusivamente negative e comprese tra valori estremi di -27.19 m per la zona 2840-2900 m e di -6.46 m per la fascia 3200-3350 m; la variazione media per

l'intera superficie risulta di -13.80 m .

In termini di volumi, sulla base della distribuzione areale 1967, la massima riduzione, con $-16.1910 \times 10^6 \text{ m}^3$, si verifica, come già per il 1980-1990, nell'intervallo 3000-3050 m; valori di -15.6820

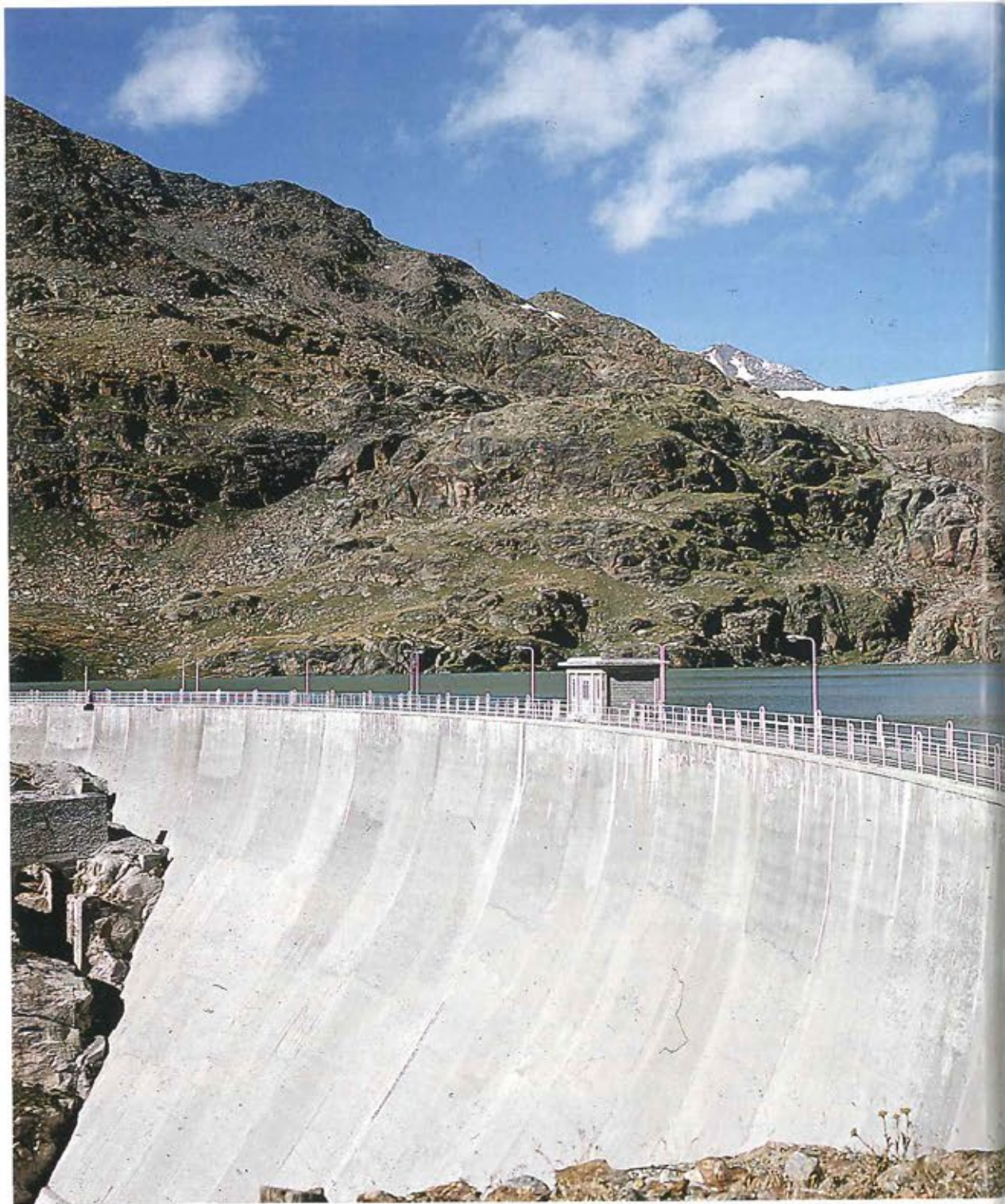


Fig 6: La diga e il serbatoio idroelettrico del Caresèr (2600 m); sullo sfondo il ghiacciaio omonimo.

e di $-12.3620 \times 10^6 \text{ m}^3$ si riscontrano ancora rispettivamente tra 3050 e 3100 m, e 3100 e 3150 m. Tra il 1967 e il 1990, quindi, nella sola fascia compresa tra 3000 e 3150 m si è concentrato il 68% della complessiva perdita di volume, in stretta analogia con il 1980-1990 (67 %, cfr. Giada e Zanon, 1991).

Nel periodo 1967-1980 (Giada e Zanon, 1985) si era avuta invece una perdita del 62 %, ma solo nel-

l'intervallo 3000-3100 m; tra 3100 e 3150 si era invece verificato un aumento.

Variazioni in equivalenti in acqua e confronto con le misure glaciologiche dirette

Nella Tab. 3 vengono riportati, per intervalli altimetrici di 50 m, i dati ricavati dal confronto dei rilievi aerofotogrammetrici 1967 e 1990, insieme con i risultati delle misu-

re glaciologiche dirette sul bilancio netto del Ghiacciaio del Caresèr per le annate dal 1966-67 al 1989-90.

A tale scopo, le variazioni di livello e volumetriche sono state convertite in equivalenti in acqua, con riferimento alla superficie 1967. Anche nel calcolo dei volumi relativi al bilancio netto ci si è riferiti, per omogeneità, all'area 1967, senza prendere in considerazione le variazioni areali verificatesi



al 2.7 % del bilancio, contro il 6% per il 1980-90 e il 13% per il 1967-80. Si osservano invece scostamenti più notevoli nei dati per singola zona altimetrica, e in modo particolare per quella tra 3200 e 3350 m, dove la differenza è anche di segno. A tale proposito, il confronto per quest'ultima zona deve essere visto come puramente indicativo e non probante; va infatti tenuto presente che tale zona era stata già esclusa nel confronto 1967-1980 a causa della sua configurazione topografica e morfologica, mentre era stata compresa nell'elaborazione per il 1980-90, anche per il perfezionamento della metodologia di elaborazione realizzata progressivamente nelle tre successive applicazioni. Per ciò che si riferisce alle modificazioni in termini di equivalenti in acqua ed alla loro distribuzione altimetrica, valgono in gran parte quelle fatte in precedenza per le variazioni di altitudine e di volume. Si deve tuttavia rilevare, in particolare, come nella zona 3050-3100 m, che può essere considerata come "critica" per il ghiacciaio, in quanto in essa decorrono l'altitudine media, l'altitudine mediana e l'altitudine della linea di equilibrio (ELA) con bilancio zero (Zanon, 1992), la variazione dal 1967 al 1980 era stata pressoché nulla (0.10 m WE), mentre nel 1990 essa è stata di -13.20 m WE, con una perdita di massa di $14.1110 \times 10^6 \text{ m}^3$ (24 % del totale). Unitamente alle perdite riscontrate nella successiva fascia 3100-3150 (-8.53 m e $-11.1230 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$, pari al 19 % del totale) ed alla riduzione di superficie già posta in evidenza, ciò costituisce una riprova della situazione di forte squilibrio dell'apparato glaciale agli inizi degli anni Novanta e che essa ha preso origine esclusivamente nel periodo di accelerata deglaciazione instauratosi, per le Alpi, tra il 1980 e il 1990.

Bibliografia

Albertz J. & Kreiling V. (1974) - *Photogrammetrisches Taschenbuch*. Wichmann, Karlsruhe.

Giada M. & Zanon G. (1985) - Modificazioni volumetriche sul Ghiacciaio del Caresèr (Alpi Centrali, Gruppo Ortles-Cevedale) tra il 1967 e il 1980. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 8, 10-13.

Giada M. & Zanon G. (1991) - Variazioni di livello e volumetriche sulla Vedretta del Caresèr (Gruppo Ortles-Cevedale) tra il 1980 e il 1990. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 14, 221-228.

Giada M. & Zanon G. (1995) - Elevation and Volume Changes in the Caresèr Glacier (Ortles-Cevedale, Group, Central Alps), 1967-1990. *Zeitschr. Gletscherk. u. Glazialgeol.*, 31, 143-147.

Reinwarth O. (1993) - Vernagtferner 1979-1982, Austria, 1: 10.000 (Thematic map). IAHS (ICS) - UNEP - UNESCO, *Fluctuations of Glaciers 1985-90* (W. Haeberli and M. Hoelzle eds.), Paris, 93-95.

Zanon G. (1991) - Venti anni di progresso dei ghiacciai 1965-1985. Atti Conferenza sulle variazioni climatiche recenti (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo, Roma, Soc. Geogr. It., 1990, Mem. Soc. Geogr. It., 45, 153-165.

Zanon G. (1992) - Venticinque anni di bilancio di massa del Ghiacciaio del Caresèr, 1966-67/1990-91. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 15, 215-219.

tra il 1967 e il 1980 (positive) e tra il 1980 e il 1990 (negative) (Giada & Zanon, 1985; 1992); di tali variazioni si è invece tenuto conto nelle varie elaborazioni sul bilancio stesso (Zanon, 1992). Il confronto delle due serie di valori si può considerare soddisfacente. Infatti, la differenza come altezza d'acqua tra il bilancio netto e il risultato del confronto dei rilievi aerofotogrammetrici è di soli -0.34 m, pari, in percentuale,

Dal grande Nord, una vetrina per la ricerca sui ghiacciai

IL NORWEGIAN GLACIER MUSEUM

di Ole Martin Korsen,
Norwegian Glacier Museum
N-5855 Fjaerland

Il presente contributo è stato presentato dall'autore nell'ambito del Convegno Internazionale "Ghiacciai ed aree protette: conoscenza, conservazione, valorizzazione" organizzato dal

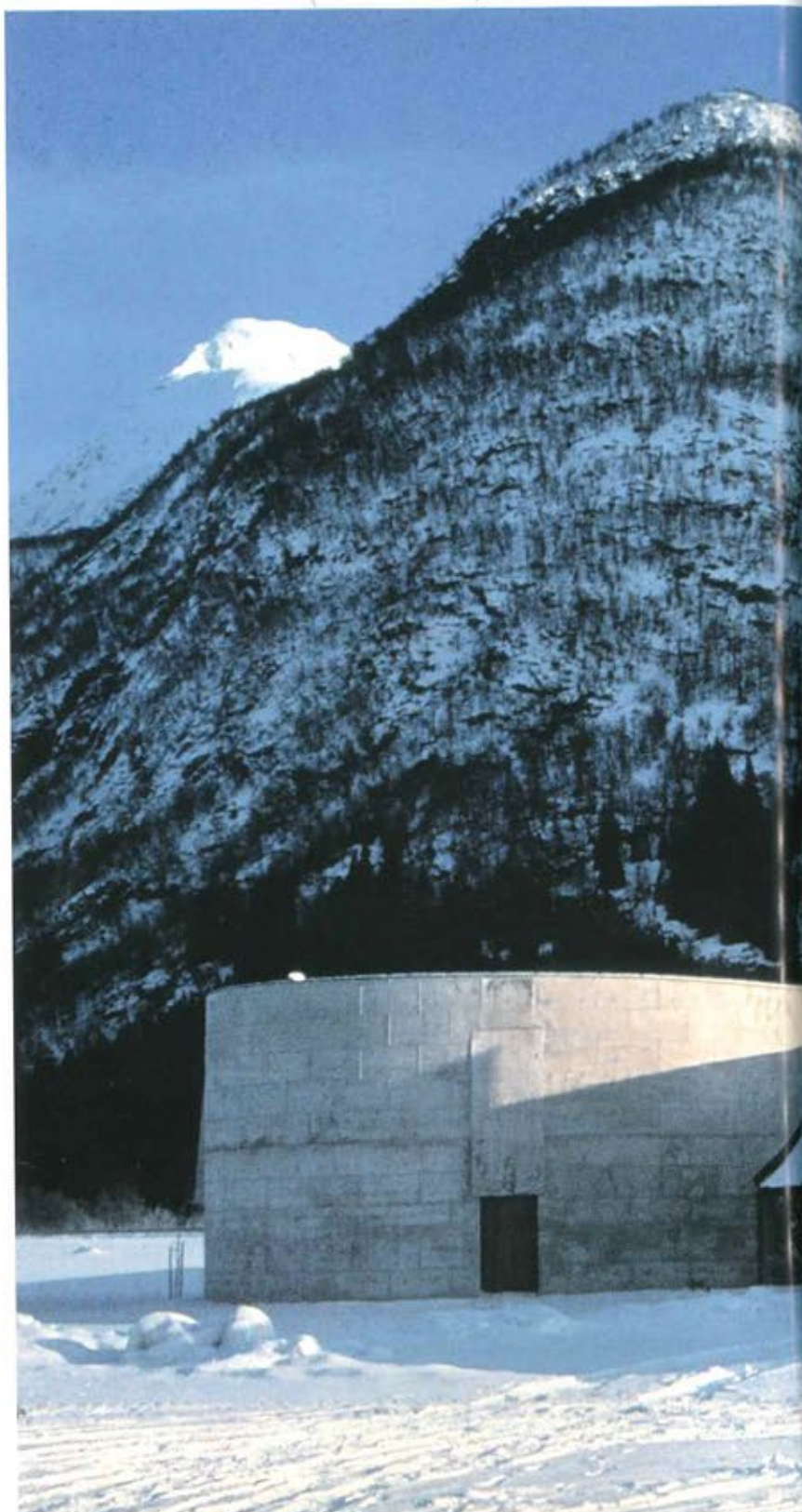
Comune di Sondrio e dal Bacino Imbrifero dell'Adda nella giornata del 30 ottobre scorso.

La collocazione geografica del Norwegian Glacier Museum è il punto di partenza per quanti, turisti o studiosi intendano approfondire tematiche inerenti il glacialismo e le recenti evoluzioni glaciali. Non potranno non sbalordire i movimenti delle masse glaciali che possono variare dai 2 metri al giorno fino a 265 metri

in 5 anni consecutivi. Scopo principale del Norwegian Glacier Museum è raccogliere, creare e diffondere nuove conoscenze su neve,

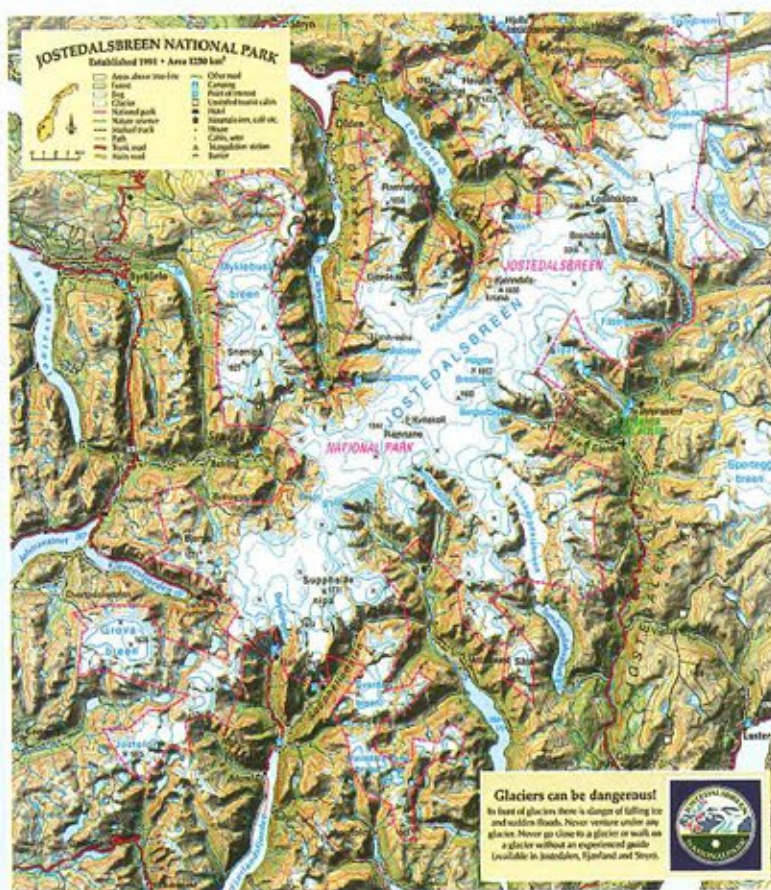
ghiaccio e ghiacciai, evidenziando le interazioni tra l'uomo e l'ambiente in cui vive attraverso film, modelli interattivi, esperimenti individuali e visite guidate al ghiacciaio Jostedal. L'attualità dell'iniziativa e la grande operosità che ruota intorno al Museo sono dimostrate dalle oltre 75.000 presenze annuali di visitatori fra i quali oltre 4.000 studenti.

(Alfredo Praolini)



***Alle porte dello
Jostedal, la più grande
area glaciale del con-
tinente europeo***





Simile a un enorme masso erratico lasciato come traccia dell'ultimo strato di ghiaccio dell'entroterra, l'edificio in cemento che ospita il Norwegian Glacier Museum (museo dei ghiacciai norvegese) si estende su una vasta pianura a delta circondata da ripide montagne che raggiungono i 1.500 metri. Dal tetto dell'edificio si ha una vista unica su diversi emissari del ghiacciaio Jostedal e sul Fjaerlandsfjord, un ramo del Sognefjord che si spinge verso nord. Ci troviamo nella Norvegia occidentale.

L'ANTEFATTO

L'idea di creare un museo dei ghiacciai si ebbe nel 1987, su iniziativa di studiosi e appassionati di ghiacciai, in occasione di un incontro per festeggiare un anniversario del Fjaerland, un centro che organizza traversate dei ghiacciai e che ha 100 anni di vita. La posizione geografica della Norvegia e la sua tradizione di

nazione polare ci ha portato ad occuparci dei ghiacciai e a studiarli. L'obiettivo era dunque di creare un centro di studi sui ghiacciai di rilevanza internazionale.

Lo scopo di questo museo è raccogliere, creare e diffondere conoscenze su neve, ghiaccio e ghiacciai. Questo compito implica la conoscenza sia dell'ambiente naturale che delle interazioni tra uomo e natura. Il museo dei ghiacciai vuole dunque stimolare la curiosità di quelli che sanno poco di ghiacciai e nel contempo fornire informazioni a quelli che sono già in possesso di vaste conoscenze.

Il Norwegian Glacier Museum è una fondazione non-profit istituita dalla International Glaciological Society, dalla Norwegian Mountain Touring Association, dal Norwegian Polar Institute, dalla Norwegian Water Resources and Energy Administration, dal Sogn og Fjordane College, e dalle Università di Bergen e Oslo.

LA RICERCA GLACIOLOGICA E CLIMATOLOGICA

Il museo dei ghiacciai è una vetrina per la ricerca sui ghiacciai, dove tutto ciò che viene esposto è inerente argomenti di interesse attuale. Il museo ha stabilito una stretta cooperazione con scienziati a livello sia nazionale che internazionale. I ghiacciai giocano un ruolo importante nell'ambito della ricerca di informazioni riguardanti la situazione climatica passata e futura. Attualmente la Norvegia occidentale suscita notevole interesse tra gli studiosi, essendo uno dei pochi luoghi al mondo dove i ghiacciai avanzano invece di arretrare. Questa notevole attività di espansione è in parte dovuta alle forti precipitazioni nevose verificatesi nel periodo 1988-1990.

Il Jostedalbreen è uno dei campi di ghiaccio più facilmente accessibili al mondo, dal momento che si estende nel mezzo di una zona popolata, in un'area perlopiù coltivata. Il ghiacciaio è quindi facilmente accessibile al "mondo civilizzato" (strutture alberghiere, servizi e trasporti). Questo, assieme a una natura incontaminata, da più di 100 anni fa del Jostedalbreen un'interessante area di studio per gli esperti del settore. Sui vari ghiacciai emissari del Jostedalbreen vengono continuamente eseguite misurazioni del bilancio di massa e della posizione frontale.

UN NUOVO MODELLO DI FORMAZIONE "L'edutainment"

Il Norwegian Glacier Museum è un museo che si basa sui due concetti di formazione e divertimento, due termini che, in un gioco di parole in lingua inglese ci danno "edutainment" (education + entertainment). L'obiettivo dei responsabili del museo è quello di



Mentre si assiste ad un generale ritiro dei ghiacciai dei vari continenti, i ghiacciai Norvegesi suscitano molto interesse in quanto sono tra i pochi in fase di espansione. Nella sequenza fotografica è possibile notare l'avanzamento di una lingua glaciale della Jostedalsglaci avvenuto in quest'ultimo decennio.



renderlo un luogo interessante e piacevole che "tutti vogliano visitare", ampliando nel contempo le proprie conoscenze su ghiacciai e paesaggi naturali. Questo museo offre quindi al visitatore la possibilità di imparare attraverso le attività, di compiere i suoi esperimenti con vero ghiaccio di ghiacciaio, oppure di camminare lungo un modello di lingua di ghiacciaio in modo tale da avere

un'impressione delle condizioni esistenti all'interno di un ghiacciaio.

Il nostro film sul Jostedalsglaci National Park realizzato da Ivo Caprino rappresenta una delle principali attrazioni per i visitatori del museo. Il film viene proiettato su cinque schermi con un'angolazione di 225 gradi, in modo da offrire un'impressione tridimensionale. Abbiamo speri-

mentato che il visitatore viene molto ispirato dal film, diventando così maggiormente ricettivo nei confronti delle informazioni che riceve all'interno del museo.

LE ESCURSIONI ALL'APERTO

Il Jostedalsglaci è una calotta glaciale con oltre 30 rami identificati che si estendono lungo le vallate. Due di questi rami raggiun-

IL PIU' VASTO GHIACCIAIO DELL' EUROPA CONTINENTALE

Il Jostedalsbreen è uno strato di ghiaccio glaciale con molti ghiacciai vallivi, situato ad un'altezza tra i 300 e i 2.000 metri. In pratica metà del parco nazionale è coperta da ghiaccio. Questa è una delle più vaste aree incontaminate rimaste in Norvegia e dunque essa riveste grande importanza sia per la conservazione della natura che per le attività che si svolgono all'aperto.

I ghiacciai si formano quando la quantità di neve caduta in un anno supera la quantità che si scioglie durante l'estate. Sui ghiacciai può essere freddo, nuvoloso e ventoso, mentre nelle vallate vicine il clima è mite, soleggiato e calmo. Sui ghiacciai si possono avere nevicate perfino in estate. Recenti ricerche hanno dimostrato che 8.000-5.000 anni fa il ghiacciaio Jostedal si era completamente sciolto, ma poi si riformò nuovamente, raggiungendo un nuovo picco di espansione nella "piccola era glaciale", intorno al 1750. Molte fattorie a valle vennero distrutte dall'avanzamento del ghiaccio, come a Nigard, e inoltre si verificò il distacco di enormi blocchi di ghiaccio come a Tungoyane nell'Oldedalen, quando il ghiacciaio Brenndal si frantumò.

no le valli del Fjaerland, a pochi chilometri di distanza dal museo. Le caratteristiche geomorfologiche dell'area, come le creste moreniche, le terrazze marine, le marmitte e una piana sabbiosa sono ben preservate e facilmente accessibili. Questo fa del Fjaerland un "libro di geologia aperto" e dunque particolarmente adatto per le escursioni. Ogni anno il museo viene visitato da oltre 4.000 studenti. Molti di questi si fermano in zona per diversi giorni, unendo così istruzione e divertimento. Per gli scopi didattici abbiamo un edificio separato che comprende una sala conferenze dotata di equipaggiamento audiovisivo, oltre a un laboratorio. Il museo fornisce inoltre informazioni sulle escursioni a piedi sul ghiacciaio Jostedalsbreen, condotte da guide qualificate.

IL PARCO NAZIONALE DELLO JOSTEDALSBREEN

Il Jostedalsbreen National Park venne istituito nel 1991. Il Jostedalsbreen è il più vasto



ghiacciaio esistente sul continente europeo, con una superficie di 487 kmq.

Il parco nazionale copre un'area di 1.230 kmq; metà della regione è coperta da ghiacciai e il 90% si trova al di sopra degli 800 metri di altitudine. In questa regione la topografia e il clima variano in modo considerevole. Di conseguenza vi sono molte specie di piante in un'area relativamente poco estesa.

L'istituzione del parco nazionale persegue i seguenti obiettivi:

- proteggere una vasta e varia zona di ghiacciai assieme alla fauna, la flora e la geologia
- permettere al visitatore di godere della natura senza doversi servire di impianti o attrezzature
- proteggere l'eredità culturale della zona.

Il parco nazionale offre possibilità davvero uniche di studiare in che modo i processi della natura trasformano il paesaggio nel corso del tempo.

Il Fjaerland è uno dei molti punti d'accesso al parco nazionale. Ad appena pochi chilometri dal museo vi è un comodo punto di partenza per raggiungere il parco e il ghiacciaio. Il Jostedalsbreen è un ghiacciaio molto frequentato da sciatori ed escursionisti e ogni anno la zona del Fjaerland costituisce per molte centinaia di appassionati l'ultima tappa delle loro escursioni.

IL NORWEGIAN GLACIER MUSEUM QUALE "CENTRO PER PARCO NAZIONALE"

Nel 1997 il governo norvegese ha stanziato dei fondi specificamente destinati alla diffusione di informazioni sui parchi nazionali. Il Norwegian Glacier Museum è uno dei sei centri che quest'anno hanno ottenuto lo status di "Centro per Parco Nazionale". Con questa autorizzazione la direzione



ne per la gestione degli ambienti naturali incarica i sei centri prescelti di fornire una certa quantità di informazioni, non solo relative al parco nazionale più vicino, ma anche per tutti gli altri parchi nazionali norvegesi.

Molto è stato fatto per rendere il Norwegian Glacier Museum un centro in grado di comunicare in modo efficace con i visitatori. I responsabili di questo progetto intendono venire incontro alle diverse esigenze di informazioni del visitatore, realizzando mostre che lo soddisfino pienamente, indipendentemente dal fatto che questi vi dedichi solo pochi minuti di tempo o un'intera giornata. Le risposte contenute nelle valutazioni dei visitatori, nonché il numero di vi-

sitatori annui (circa 75.000 persone), rassicurano i responsabili nella convinzione che essi stiano procedendo nella giusta direzione. Tuttavia vi è ancora molto da fare e vi sono ancora molte aree di ampliamento o perfezionamento. Da parte loro, i responsabili del museo sperano di acquisire nuove esperienze e conoscenze dalla cooperazione con altri Paesi leader in questo campo.

Noi crediamo che ampliando le conoscenze di base dell'uomo si possa raggiungere una maggiore consapevolezza ecologica, un migliore utilizzo delle attività all'aperto e ad una migliore conoscenza delle interazioni tra uomo e natura.

RIUNIONE DEI PREVISORI AINEVA A MACUGNAGA

Durante l'incontro dell'8-9 aprile sono state illustrate da parte della società Monte Rosa Ski, gestore del comprensorio sciistico, tutte le problematiche legate alla presenza dei complessi fenomeni valanghivi e del rapporto con la Commissione Locale Valanghe nella gestione degli stessi. Sono intervenuti con esaurienti relazioni il Sindaco e l'Assessore competente, la Commissione Locale Valanghe ed il Direttore della Sicurezza della società impianti.

Nel corso dei sopralluoghi ai siti più interessanti, sono state visitate le aree di Passo Moro e Rosareccio-Belvedere; i colleghi della Regione Piemonte hanno provveduto a completare la panoramica con l'illustrazione del Piano di rischio.

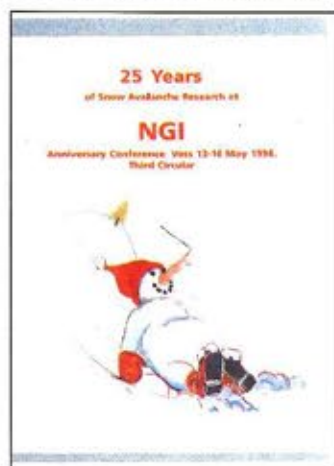
Il dott. Bolognesi ha inoltre presentato il suo nuovo programma NIVO-LOG, che sarà adottato a titolo sperimentale dagli Uffici Valanghe AINEVA.

Gianluca Tognoni



NORVEGIA: 25 ANNI DI RICERCHE NEL CAMPO DELLA NEVE E DELLE VALANGHE

Con risoluzione del 6 Dicembre 1972, il Parlamento norvegese ha deciso di attivare ricerche nel campo della neve e delle valanghe assegnando all'Istituto Geotecnico Norvegese (NGI) il compito di coordinare dette attività. Nel 1973 è stata inaugurata la stazione di ricerca di Grasdalen, Stryn, a circa 1000 m sul li-



vello del mare dove la neve è presente per un lungo periodo dell'anno. Nel corso di questo quarto di secolo, l'attività di ricerca dell'Istituto Geotecnico Norvegese è stata un punto di riferimento fondamentale per tutti coloro che operano nel campo, basti ricordare le importanti ricerche di Lied e Bakkehoi nel campo della dinamica delle valanghe o quelle di Hestnes e Bakkehoi sugli "slushflow". Inoltre, come richiesto dal Parlamento norvegese, le ricerche intraprese hanno avuto una forte ricaduta nella soluzione di aspetti pratici e per questo motivo esse



sono state ampiamente utilizzate anche dai paesi dell'arco alpino.

Dal 12 al 16 maggio 1998 si è tenuto a Voss il convegno "25 years of snow and avalanche research" organizzato dall'Istituto Geotecnico Norvegese per celebrare i 25 anni di attività.

Il convegno si è tenuto presso la sala congressi del Fleischer Hotel a Voss. Le giornate dal 13 al 15 maggio sono state dedicate alle presentazioni orali dei lavori consistenti in 6 "keynote articles" e 48 "papers". I lavori presentati hanno riguardato tutte le principali tematiche legate al fenomeno valanghe quali la previsione del pericolo di valanghe, la dinamica delle valanghe, l'individuazione delle zone a rischio, le analisi del manto nevoso, le misure di prevenzione e di difesa dalle valanghe; le memorie sono state raccolte nella pubblicazione n.203 dell'Istituto Geotecnico Norvegese. Il 16 maggio è stata effettuata un'escursione lungo il Sorfjorden e il distretto di Odda.

Risultati. Il convegno ha consentito di avere una panoramica di grande respiro su quelle che sono le attuali tendenze della ricerca nel campo della neve e delle valanghe. Per quanto riguarda la specificità delle attività degli Uffici Valanghe

associati all'AINEVA, alcune delle tematiche trattate sono state di particolare interesse e hanno consentito di prendere contatti con gli autori per eventuali future collaborazioni. Tra queste sono da segnalare la presentazione del nuovo penetrometro PANDALP (Burlat e al.), l'esperienza svizzera sulla verifica dei bollettini valanghe tramite questionari (Brabec e al.) e il nuovo sensore acustico per la misura della quantità di neve trasportata dal vento (Bolognesi e al.). Il convegno è stato inoltre un'occasione per contattare possibili futuri collaboratori della rivista Neve e Valanghe. Di non secondaria importanza è stata infine la funzione formativa e di aggiornamento dell'escursione che ha consentito di prendere visione di problematiche valanghivie particolari in situazioni climatiche ed orografiche diverse da quelle alpine.

Anselmo Cagnati



NUOVI LOCALI PER IL SERVIZIO PREVENZIONE VALANGHE DI BOLZANO

Dal giugno 98 l'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano, si è trasferito negli ultimi due piani di una palazzina appena ristrutturata ed adeguata alle particolari esigenze del servizio prevenzione valanghe, previsione meteorologica e servizio idrografico.

Fulcro della struttura è la centrale operativa dotata di tutte le strumentazioni necessarie ai tecnici previsori, alimentate autonomamente da un gruppo UPS di sicurezza: linee telefoniche ISDN e dedicate, monitor di visualizzazione in tempo reale, meteosat, collegamenti internet ecc.

Ampli terrazzi accessibili direttamente dal locale permettono l'osservazione a 360 gradi dalla conca di Bolzano e l'installazione di strumentazioni da verificare o da testare.

Gli uffici dei tecnici, dell'amministrazione e del direttore, sono distribuiti tra il quarto ed il terzo piano, assieme a vari locali di servizio quali un locale tecnico per i computer, una sala cartografia, la biblioteca, la sala riunioni, l'archivio fotografico ecc.

Al piano terra della palazzina una sala conferenze di 40 posti, attrezzata con moderne apparecchiature di videoproiezione, permette all'Ufficio di svolgere corsi, seminari, aggiornamenti

e quant'altro, direttamente in "casa" con notevoli ovvii benefici organizzativi. Gli spazi adeguati e gli sforzi organizzativi sono tesi ad offrire un sempre miglior servizio al crescente numero di utenti, sotto forma di prodotti facilmente accessibili, chiari nella forma ed efficaci nella sostanza.

Fabio Gheser



UN PROGETTO ITALIA-AUSTRIA NEL CAMPO DELLA METEOROLOGIA ALPINA

Nell'ambito della decisione della Commissione Europea C(97)111 del 15.04.1997 è stato approvato un programma operativo INTERREG II Italia-Austria nel campo della meteorologia alpina.

Il progetto si propone una collaborazione fra i servizi meteorologici regionali che operano in zona frontiera nelle Alpi orientali a supporto delle attività turistiche. La collaborazione è indirizzata alla produzione e alla diffusione di servizi congiunti in tre diverse lingue (italiano, tedesco, inglese) in modo da rendere disponibili e facilmente accessibili al pubblico ed ai gestori turistici una serie di prodotti meteorologici garantiti da standard elevati di qualità.

Gli obiettivi che l'iniziativa si prefigge sono i seguenti:

- La diffusione mirata dei servizi alle attività turistiche
- Il miglioramento delle possibilità di accesso alle informazioni da parte del turista nazionale e del turista estero
- La standardizzazione dei prodotti offerti e certificazione degli stessi attraverso un marchio di qualità
- L'incremento dei servizi di qualità dati ai turisti nell'area del progetto
- La omogeneizzazione della previsione su aree confinanti
- La possibilità di realizzazione di prodotti comuni e di nuovi servizi al pubblico
- La pubblicità internazionale dei servizi offerti
- Il miglioramento della qualità della previsione regionale.

Il progetto scaturisce da una collaborazione fra i Lander Carinzia, Salisburgo, Tirolo, la Provincia di Bolzano e la Provincia di Belluno. L'area interessata è una realtà socio-economica abbastanza omogenea, dal passato storico anche unitario. All'interno di quest'area, in gran parte montana, uno dei principali fattori

economici è l'attività turistica che è motore di numerose attività ad essa collegate. In alcune vallate, all'interno della suddetta area, il turismo è l'unica fonte di reddito per l'abbandono di altre forme di sostentamento meno redditizie. In questi ultimi anni il turismo è sempre più internazionale con flussi provenienti da aree esterne a queste regioni, ma anche con vivaci scambi transfrontalieri tra Italia e Austria.

Il progetto sarà attuato nelle varie regioni dai seguenti istituti:

- Regione del Veneto, Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba (BL)
- Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Idrografico e Servizio Prevenzione Valanghe di Bolzano
- Istituto centrale per la Meteorologia e la Geodinamica, Centro Regionale per il Tirolo e il Vorarlberg di Innsbruck
- Istituto centrale per la Meteorologia e la Geodinamica, Centro Regionale per il Salisburgo di Salisburgo.

Per il raggiungimento degli obiettivi sopra esposti il progetto prevede alcune iniziative di notevole interesse tecnico quali:

- L'interscambio dei dati meteorologici fra i vari centri attraverso la rete del Servizio Meteorologico Austriaco (MAVIS)
- La realizzazione in Internet di una home page comune con le informazioni meteorologiche nelle diverse lingue
- La realizzazione di una indagine di mercato sui servizi offerti
- L'installazione di telecamere in quota per un controllo visivo della situazione meteorologica in atto
- L'acquisto del modello di area locale WELS
- La realizzazione di sistemi alternativi di diffusione delle informazioni.

Anselmo Cagnati

stesse; che in parte risulta automatizzata. E stata offerta un'approfondita panoramica sulle attività svolte dal centro - in collegamento anche con gli altri centri nazionali - e in particolare sulla ricerca nel campo della nivologia con la visita al laboratorio per lo studio dei cristalli di neve, dove attualmente sono in corso importanti ricerche sulla forma fisica degli aggregati dei cristalli.

Anche presso il CEMAGREF, oltre all'organizzazione della struttura e le varie attività istituzionali, sono state illustrate le principali attività di ricerca attualmente in corso; in particolare è stato analizzato lo stato dell'arte nel campo della cartografia, il trasporto della neve da parte del vento, la protezione dai fenomeni valanghivi attraverso i casi concreti più interessanti realizzati negli ultimi anni.

Gianluca Tognoni



INTERESSANTE NOVITA' PER LA SICUREZZA DEGLI SCIATORI SUI GHIACCIAI ESTIVI

E' oggi possibile individuare i crepacci e quindi bonificare le stazioni da sci su ghiacciaio grazie alle tecniche sperimentate in Antartide, dove i cingolati devono attraversare vastissime aree crepacciate. In tempi reali sono rilevati e resi in grafico la profondità, la larghezza, lo spessore e la consistenza del ponte di neve di ciascun crepaccio. Il rilevamento, che può essere effettuato sia da mezzi di terra che da elicottero, permette così di mappare con estrema precisione la successione di crepacci lungo una pista.

L'individuazione dei crepacci viene effet-

tuata su richiesta.

Per informazioni ci si può rivolgere direttamente a Moto Service s.n.c., di Alberto Quintavalla, tel. 0342/903783 (anche fax).



PREMIO DI LAUREA PAOLO VALENTINI

Mercoledì 22 luglio 1998 si è svolta a Trento, presso la Sede AINEVA, la cerimonia di premiazione dei vincitori del concorso per premio di laurea Paolo Valentini edizione 1996.

Al primo posto si è classificato Massimiliano Barbolini con un lavoro dal titolo "Sulla modellazione delle valanghe di neve densa", un excursus completo sullo stato dell'arte nel campo dello studio sulla dinamica delle valanghe: con eccellente stile espositivo sono stati presentati i modelli d'avanguardia sui quali sta puntando la ricerca universitaria.

Il secondo premio è andato a Mauro Bertotti con la tesi dal titolo "Il metodo di Schaerer nella determinazione dell'indi-

ce di rischio da valanga su un tratto della statale 48 delle Dolomiti" l'argomento è interessante e buona l'esposizione; il lavoro è stato apprezzato anche per l'accuratezza e il livello di dettaglio della raccolta dei dati su terreno.

Terzo classificato: Andrea Taurisano con il titolo "Dinamica evolutiva dei ghiacciai delle Dolomiti nell'ultimo secolo": una presentazione chiara ed esaustiva del metodo per archiviare i dati sui ghiacciai e sulla loro evoluzione, uno dei pochi studi effettuati sui ghiacciai dolomitici.

Elena Barbera



Errata corrige

A completamento dell'articolo "Paravalanghe in Val di Rabbi" pubblicato - a firma dell'ing. Michele Martinelli - sul n. 21 di Neve e Valanghe, si precisa che il tecnico libero professionista incaricato nel 1990 dal Comune di Rabbi della progettazione delle opere di protezione dell'abitato di S. Bernardo è il dott. Vincenzo Manini, con Studio Tecnico a Terzolas (TN).



I PREVISORI AINEVA A GRENOBLE IN VISITA AL CEN ED AL CEMAGREF

L'incontro del 2-4 giugno u.s. aveva come scopo la visione delle varie metodologie e degli strumenti di lavoro in uso sia nel campo della previsione sia in quello della ricerca.

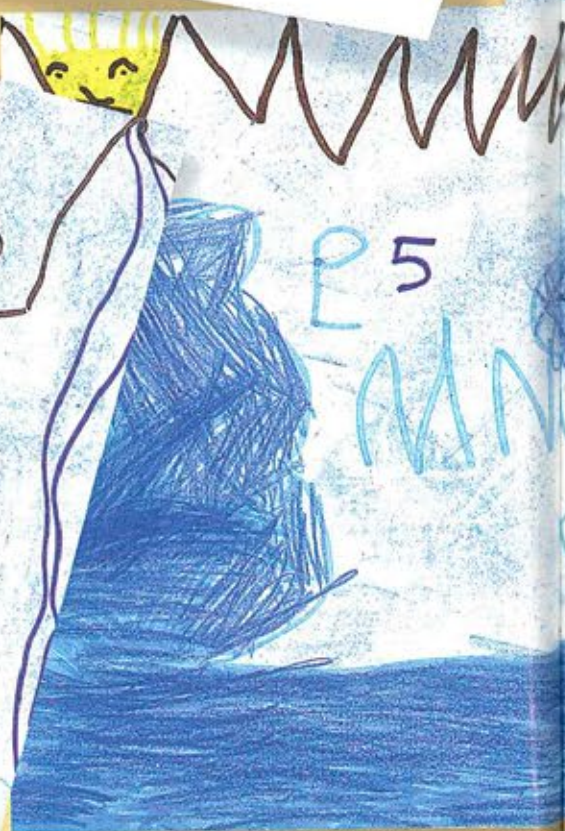
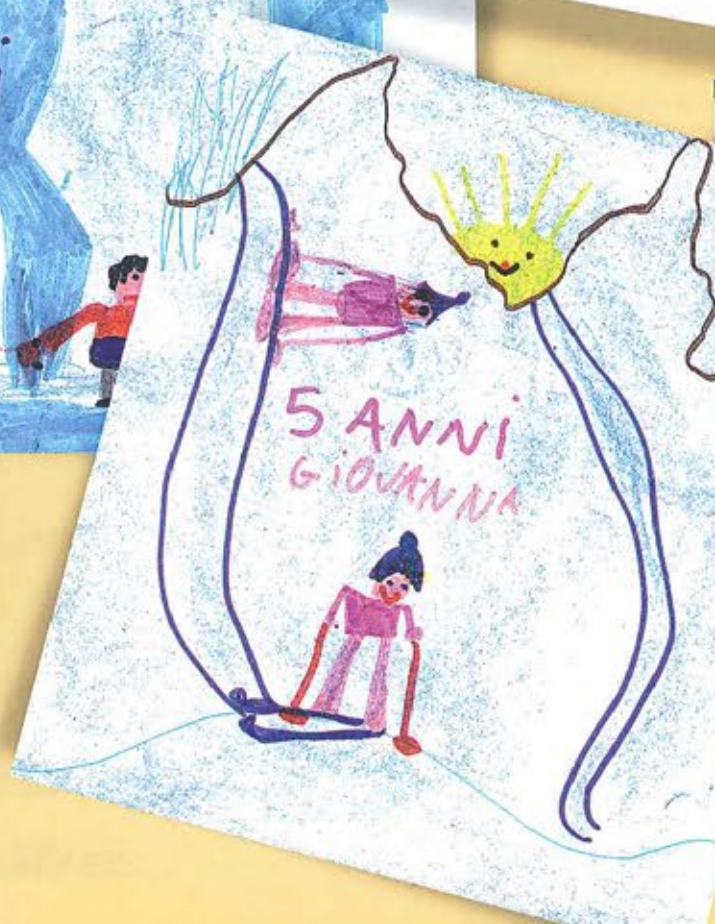
Presso il CEN di METEOFRANCE è stata illustrata l'organizzazione del servizio di previsione valanghe; molto spazio è stato riservato ai modelli per la gestione dei dati e per l'elaborazione delle previsioni





GRAZIE

DAI
BAMBINI
DELLA
SCUOLA MATERNA
DI
CARISOLO



Durante lo scorso inverno, nell'ambito di un programma di educazione civica e di conoscenza delle attività montane, presso la scuola materna di Carisolo in Val Rendena sono state organizzate alcune lezioni sulla neve e le valanghe per trasmettere ai bambini una sensibilità non solo verso le bellezze della montagna ma anche verso i pericoli che nasconde.

I bambini hanno risposto all'iniziativa con grande interesse e partecipazione.

In questi simpatici disegni dedicati all'AINEVA che ha fornito il materiale documentaristico, illustrano ciò che hanno appreso sulla "dinamica delle valanghe".



OBSERVING SNOW TO UNDERSTAND AVALANCHES

Difficulties and limits of the analysis of snow grains in the study of avalanches
Alain Duclos, Transmontagne

The analysis of the snow grains that form an avalanche seems to be an indispensable step in order to understand, and therefore forecast, avalanches. This idea has led to the setting up of a system of classification of avalanches depending on moving snow: powder snow, snow slabs, melt snow, etc. But is reality so simple? Is characterisation of snow layers of a snow cover sufficient in order to evaluate its stability?

SNOW AS AN INDICATOR OF AIR QUALITY IN THE ALPS A project developed by Università di Venezia in the Trento province and Veneto region

Paolo Gabrielli, Giulio Cozzi, Carlo Barbante, Paolo Cescon, Università di Venezia

What is the quality of the air in Alpine regions? To answer this question would require a long monitoring program, collecting and analysing air samples with an on-line analytical system on a volume of air between the surface and the tropopause. A direct research method would certainly give an adequate answer to the proposed question, but it would be difficult to achieve because of the logistic and economic difficulties. In order to overcome these problems, the Department of Environmental Sciences of the University of Venice, in collaboration with the Province of

Trento, the Veneto Region and the ENEA of Rome, has started a campaign to sample surface snow in the eastern Alps.

The aim of the research program is to study directly the chemical composition of snow and indirectly the quality of the air above the eastern Alps in relation to the meteorological conditions. The program of study is particularly innovative and the first results be available at the beginning of 1999.

THE CLIMATIC MAP OF LOMBARDY

Considerations on the climate of a region in the middle of the Alps

Emanuela Sonvico and Elena Rosa Bormolini

The climatic map is a mean of consultation that gathers and sums up information concerning the climate.

The work includes a principal map, on a 1:500,000 scale, which was made by superimposing the trend of limiting climatic factors to the thermal bottom, and six thematic maps made on a 1:250,000 scale. The latter, which emphasize some important climatic characteristics, refer to potential evapotranspiration, hydric deficit, hydric surplus, climate types, global moisture index and precipitations.

In the future, it will be possible to add further information to the section developed until today, such as the number of rainy days, daily figures and temperatures; also, it will be possible to integrate the analysis with some information on natural calamities.

An innovative proposal to be applied to the study of avalanches and glaciers

THE LASER PROBING TECHNIQUE

An alternative to photogrammetric surveying of digital topographic models

J. Stotter e GdbR
GEO TEAM

For analyzing and modelling of processes of mass movement like avalanches and glaciers topographic parameters and relations to environmental parameters have to be examined at a high resolution.

Laser-scanning can be applied in mountain areas for producing a data base of hypsometric points from which a digital terrain model (DTM) is calculated. This up-to-date technique is based on measuring the distance between an aircraft and the surface by scanning pulsed laser beam using differential GPS and an inertial navigation system (INS) for determining the exact position and orientation of the scanner.

It is pointed out that the resulting laser-scan-DTM describes the real surface at a considerably higher resolution and accuracy than other models used before.

CARESER GLACIER 1967-1990

Analysis on level and volumetric variations in a glacier of the Ortles-Cevedale group (Central Alps)

M. Giada and Giorgio Zanon, Università di Padova

An aerial survey carried out in October 1990 on the Careser glacier made it possible to make a comparison with a previous survey of 1967 and determine level and volumetric variations that occurred in the 1967-1990

period. Furthermore, using automatic cartographic techniques it was possible to create a thematic map on a 1:5,000 scale with isolines that represent variations of the level of glacial surface between 1967 and 1990. These variations are largely negative at all heights between 2,860 and 3,350 metres, with an average value of - 14 m, corresponding to a volume of - 74 x 106 mc; in the same period, the whole area shrank by 18%. These results are in agreement with the glaciological measures of the mass balance carried out on the glacier every year; they can be considered as indicative of the recent behaviour of glaciers of the Ortles-Cevedale group, and more in general, of the southern side of Central Alps.

**From the north, a show-case
for a study on glaciers
THE NORWEGIAN
GLACIER MUSEUM**

**An approach to the Jostedal
glacier, the largest glacial
area in Europe**

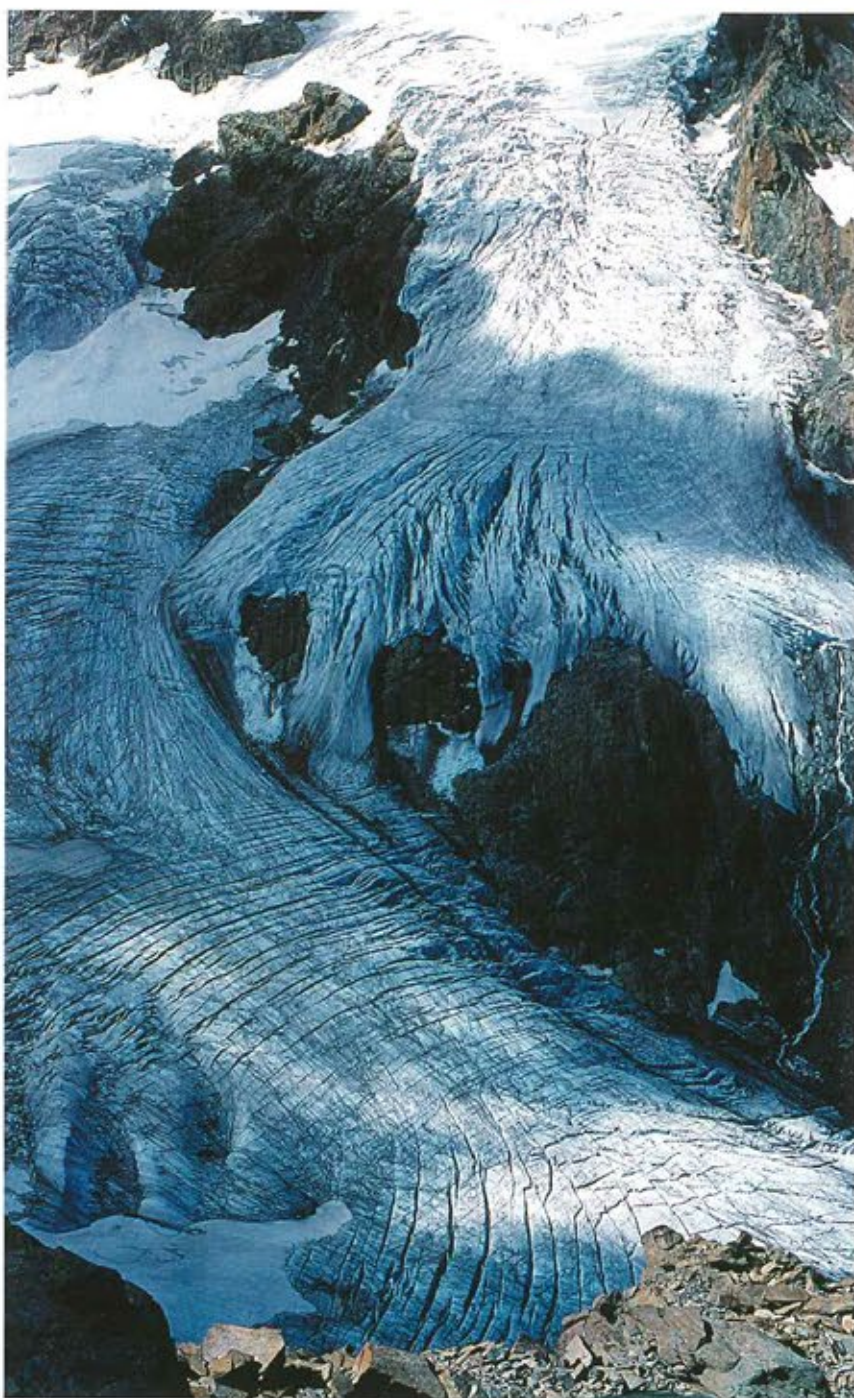
By Ole Martin Korsen, Norwegian
Glacier Museum

The present article was presented by the author at the international meeting iGlaciers and protected areas: study, preservation, utilization, organised by Comune di Sondrio and the authority Bacino Imbrifero dell'Adda on 30 October 1997.

Thanks to its geographical position, the Norwegian Glacier Museum represents a starting point for everybody, from tourists to researchers, who wants to study more in detail all subjects concerning glacialism and recent glacial evolutions. Readers will be certainly astonished by the fact that the motion of glaciers can vary from 2 metres a day to 265

metres in 5 consecutive years.

The main purpose of the Norwegian Glacier Museum is to gather, create and spread new information on snow, ice and glaciers, thereby emphasizing interactions between man and the environment where he lives by means of films, interactive models, individual experiments and visits to the Jostedal glacier. The success of this initiative is well demonstrated by the number of people visiting the museum: more than 75,000 visitors a year, among which over 4,000 students.





SISTEMI DI MONITORAGGIO NIVOMETEOROLOGICO

CAE SRL (SEDE LEGALE) - VIA CA' DELL'ORBO, 48 - 40050 VILLANOVA DI CASTENASO (BO) - TEL. 051/780539
CAE SRL (UFF. COMMERCIALE) - VIA CA' DELL'ORBO, 34 - 40050 VILLANOVA DI CASTENASO (BO) - TEL. 051/782089
E-MAIL: CAE@CAE.IT

INDIRIZZO INTERNET: [HTTP:// www.affari.com/cae](http://www.affari.com/cae)

