

Neve e valanghe

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

n° 43 - agosto 2001

**1885 - 1951
valanghe del
passato**

**Climatologia e
pericolo
valanghe**

**Clpv in
Appennino**

**La metodologia
Monte Carlo**

**Montasio: un
ghiacciaio a
1800 metri**

**Ghiacciai,
foreste e clima**

**Le Guide Alpine
adottano il GPS**



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

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 3166203 - Fax 3181709
e-mail: meteo.dro@regione.piemonte.it
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 011 3185555
<http://www.regione.piemonte.it/meteo>
Televidet RAI 3 pagine 536 e 537

**REGIONE AUTONOMA
VALLE D'AOSTA**

Assessorato Territorio, Ambiente e Opere
Pubbliche - Ufficio Valanghe
Loc.America 127/a - 11020 Quart AO
Tel. 0165 776301 - Fax 0165 776302
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0165 776300
<http://www.regione.vda.it>
e-mail: u.valanghe@regione.vda.it

REGIONE LOMBARDIA

Centro Nivometeorologico
Via Reverberi 2 - 23032 Bormio SO
Tel. 0342 530362 - Fax 0342 905133
Bollettino Nivometeorologico - 5 linee -
NUMERO VERDE 8488 37077
Fax polling 0342 901521
<http://www.regione.lombardia.it/geo/indice.html>
e-mail: nivometeo@regione.lombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Ufficio Neve, Valanghe e meteorologia
Via Vannetti 41 - 38100 Trento
Tel. 0461 494877 - Fax 0461 238309
Bollettino Nivometeo 0461 238939
Self-fax 0461 237089
<http://www.provincia.tn.it/meteo>
e-mail: meteo.trentino@provincia.tn.it

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione Valanghe
e Servizio Meteorologico
Via Mendola 33 - 39100 Bolzano
Tel. 0471 414740 - Fax 0471 414779
Hydro@provincia.bz.it
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0471 270555
Tel. 0471 271177 anche self fax
<http://www.provincia.bz.it/meteo>

REGIONE DEL VENETO

Centro Valanghe di Arabba
Via Passo Campolongo 122
32020 Arabba BL
Tel. 0436 79227 - Fax 0436 79319
Bollettino Nivometeo Tel. 0436 780007
Self fax 0436 780008 - 79221 It. Ted. Ingl.
Fax polling 0436 780009
<http://www.cipa.veneto.it/csvdi>
e-mail: cva@cipa.veneto.it

**REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA**

Ufficio Valanghe
C/e Direzione Regionale delle Foreste
Via Cotanificio - 33100 Udine
Tel. 0432 555870-1-2
Fax 0432 555757
Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 800 860377
<http://www.regione.fvg.it/bolniv/bolniv>
e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

Sede A.I.N.E.VA.

Vicolo dell'Adige, 18
38100 TRENTO
Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225
<http://www.aineva.it>
e-mail: aineva@aineva.it



Periodico associato all'USPI
Unione Stampa Periodica Italiana

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

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 Sciapinismo del CAI
- Delegazioni del Soccorso Alpino del CAI
- Collegi delle Guide Alpine
- Rilevatori di dati Nivometeorologici
- Biblioteche Facoltà Univ. del settore
- Ordini Professionali del settore
- Professionisti del settore italiani e stranieri
- Enti addetti ai bacini idroelettrici
- Redazioni di massmedia specializzati
- Aziende addette a: produzione della neve, sicurezza piste e impianti, costruzione attrezzature per il soccorso, operanti nel campo della protezione e prevenzione delle valanghe.

Rivista dell'AINEVA - ISSN 1120-0642
Aut. Trib. di Rovereto (TN)
N° 195/94NC
del 28/09/1994
Sped. in abb. postale Gr. IV - 50%
Abbonamento annuo 2001: L.30.000
da versare sul c/c postale n. 14595383
Intestato a: AINEVA
vicolo dell'Adige, 18 - 38100 Trento

Direttore Responsabile
Giovanni PERETTI

Coordinatore di redazione:
Alfredo PRAOLINI

Comitato di redazione:
Enrico FILAFERRO, Fabio GHESE,
Mauro GADDO,
Elena TURRONI, Mauro VALLI,
Elena BARBERA

Comitato scientifico editoriale:
Cristoforo CUGNOD, Giorgio TECILLA,
Vincenzo COCCOLO,
Alberto LUCHETTA,
Paolo STEFANELLI, Giovanni PERETTI,
Michela MUNARI

Segreteria di Redazione:
Vicolo dell'Adige, 18
38100 TRENTO
Tel. 0461/230305
Fax 0461/232225

Videimpaginazione e grafica:
MOTTARELLA STUDIO GRAFICO
www.mottarella.it
Cosio Valtellino (SO)

Impianti:
STUDIO AL di Locatelli - Lecco

Stampa:
ALCIONE srl
Trento

Referenze fotografiche:
foto di copertina: Lodovico Mottarella
Archivio Regione Piemonte: 6, 12, 13
Serdino Angelini / Umberto Marconi: 29-
27, 28, 29, 31
Daniela Moro: 42, 43
Lodovico Mottarella: 1, 4, 7, 8, 14-15, 18, 24-25,
32-33, 55, 59
Alfredo Praolini: 19, 20, 23, 52, 53
Luca Arzuffi: 44-45, 46, 47, 48, 49, 50, 51
Gian Pietro Verza: 54, 55, 58

**Hanno collaborato a questo
numero:**

Elena Barbera, Nadia Fregonella, Elena
Turroni, Stefania Del Barba, Antonella Valtolina

*Gli articoli e le note firmate esprimono
l'opinione dell'Autore e non impegnano
l'AINEVA*

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

Sommario

agosto 2001 numero 43



1885-1951 VALANGHE DEL PASSATO IN PROVINCIA DI TORINO

di E. Tommasuolo



CLIMATOLOGIA DELLA NEVE E PERICOLO VALANGHE

di M. Colombo



ANALISI METEOCLIMATICA E CARTOGRAFIA VALANGHE

di S. Angelini, P. Farabollini,
M. Fazzini, B. Gentili, M. Gaddo



MONTE CARLO: UNA NUOVA METODOLOGIA PER LO STUDIO DELLE VALANGHE

di M. Barbolini, F. Savi



IL GHIACCIAIO DEL MONTASIO

di D. Moro



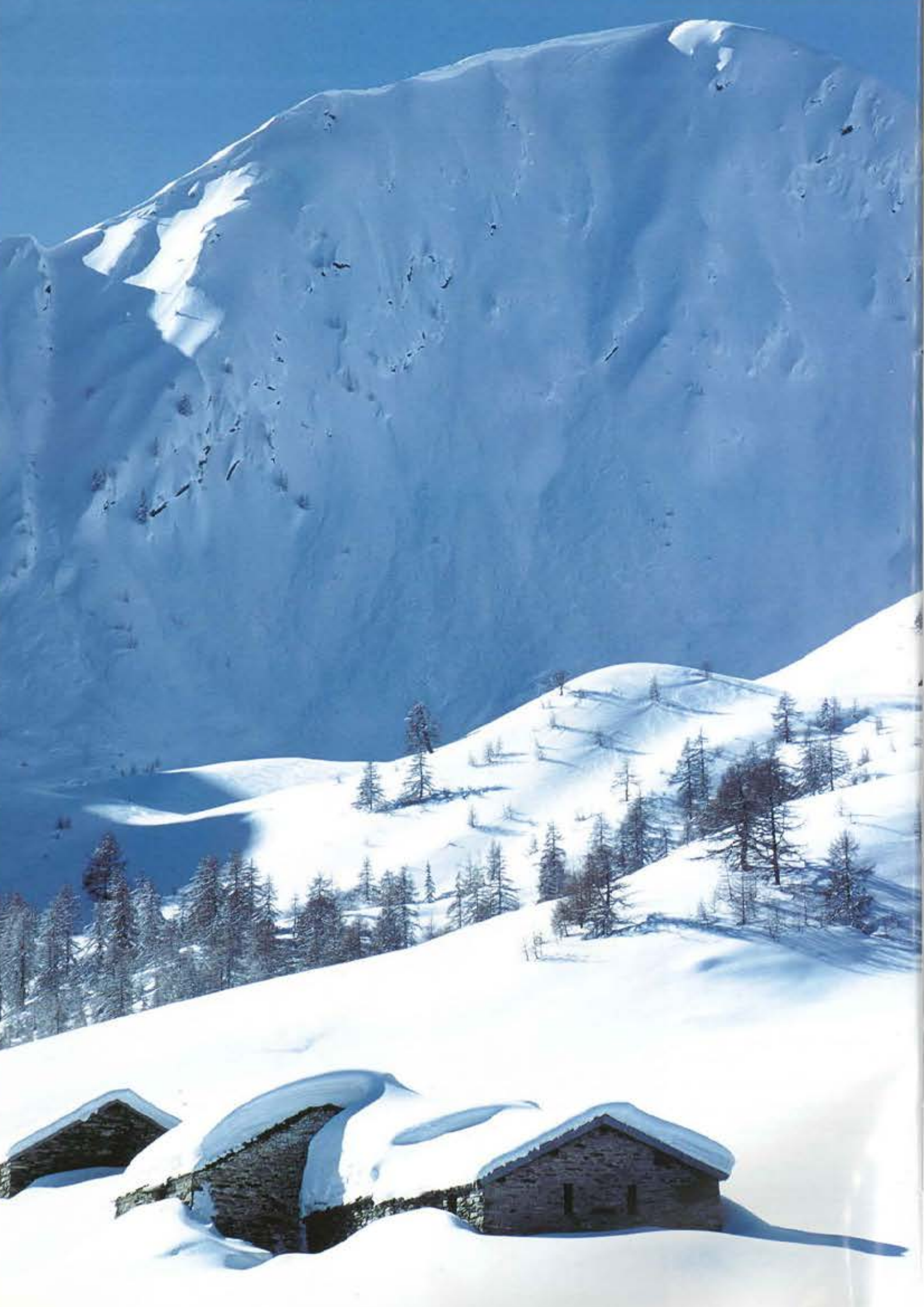
I TESTIMONI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

di L. Arzuffi, M. Pelfini



LE GUIDE ADOTTANO IL GPS

di N. Zardini, G. P. Verza



Ed eccoci al consueto numero estivo di "Neve e valanghe", il quadrimestrale dell'A.I.N.E.V.A. che con questo numero è ormai quasi ai vent'anni di vita.

Da buon numero estivo è principalmente dedicato alla climatologia ed ai ghiacciai, ma non mancano spunti tecnici sulla dinamica delle valanghe o sulle moderne tecnologie per l'orientamento in montagna.

Apri il numero un articolo sulle valanghe del passato in Piemonte, nel periodo tra il 1885 ed il 1931: un archivio banca dati tramite il GIS. Segue uno studio sull'alta Valtellina, sintesi di un'interessante tesi di Laurea, sulla climatologia della neve in relazione al pericolo delle valanghe.

Il Monte Terminillo è il soggetto del terzo articolo, che mette in relazione la meteoroclimatologia con la Cartografia tematica delle valanghe. L'Ing. Barbolini, del dipartimento di idraulica dell'università di Pavia, ci relaziona sul nuovo metodo Monte Carlo per lo studio della dinamica delle valanghe mentre altri due interessanti articoli a sfondo glaciologico ci illustrano ghiacciai che sono sull'orlo della sopravvivenza, come il ghiacciaio del Montasio in Friuli Venezia Giulia, e relazioni tra i ghiacciai e le foreste, ove la dendrocronologia la fa da padrona.

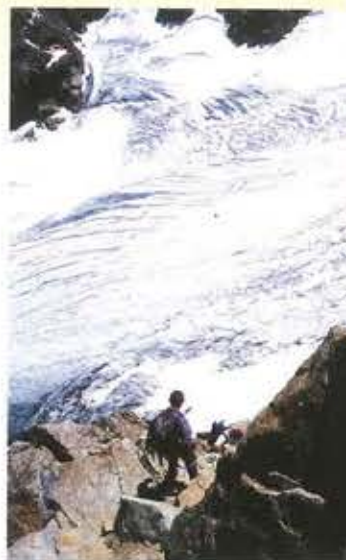
Concludono le Guide Alpine Italiane, nell'ambito della fruttuosa collaborazione avviata ormai da tempo, con un divulgativo articolo sull'uso del GPS in montagna, valido sfruttamento della tecnologia anche in funzione della prevenzione e della sicurezza.

I lettori di Neve e Valanghe sono ormai un buon numero, ed affezionati. Sanno di poter contare su articoli variegati e di livello divulgativo ma, allo stesso tempo, scientifico.

La rivista è, da alcuni mesi, pubblicata interamente su internet sul sito dell'AINEVA <http://www.aineva.it>, anche grazie alla consulenza e capacità del nostro grafico Lodovico Mottarella ed al suo Studio, che -va detto- ci dà sempre una grande collaborazione anche usufruendo della sua esperienza di uomo di montagna. Ciò non ha distolto lettori del prodotto cartaceo, come di poteva credere, ma li ha aumentati, e questo è il significativo risultato dell'integrazione tra la forma classica di divulgazione, la rivista fisica, appunto, e quella più moderna, cioè quella digitale.

Un altro piccolo, ma importante, traguardo.

Il direttore responsabile
Giovanni Peretti



Uno studio
sugli eventi
storici della
Provincia
di Torino

1885 Valanghe del passato 1951

Creazione di un
archivio G.I.S.
per la banca dati
valanghe della
Regione Piemonte

Egizia Tomasuolo
Università di Torino
Dipartimento di Scienze della Terra
(tesi di laurea)



La Banca Dati Valanghe della Regione Piemonte attualmente comprende tutte le informazioni riportate dai documenti storici editi, quali l'Archivio Storico Topografico delle Valanghe (Capello, 1980), le schede degli Uffici Forestali e monografie specifiche. Recentemente è stata avviata una ricerca per la provincia di Torino, sugli eventi valanghivi del periodo 1885-1951 pubblicati sulle testate giornalistiche locali; questo canale informativo è stato scelto perché le informazioni contenute rappresentano una testimonianza ritenuta attendibile degli eventi del passato.

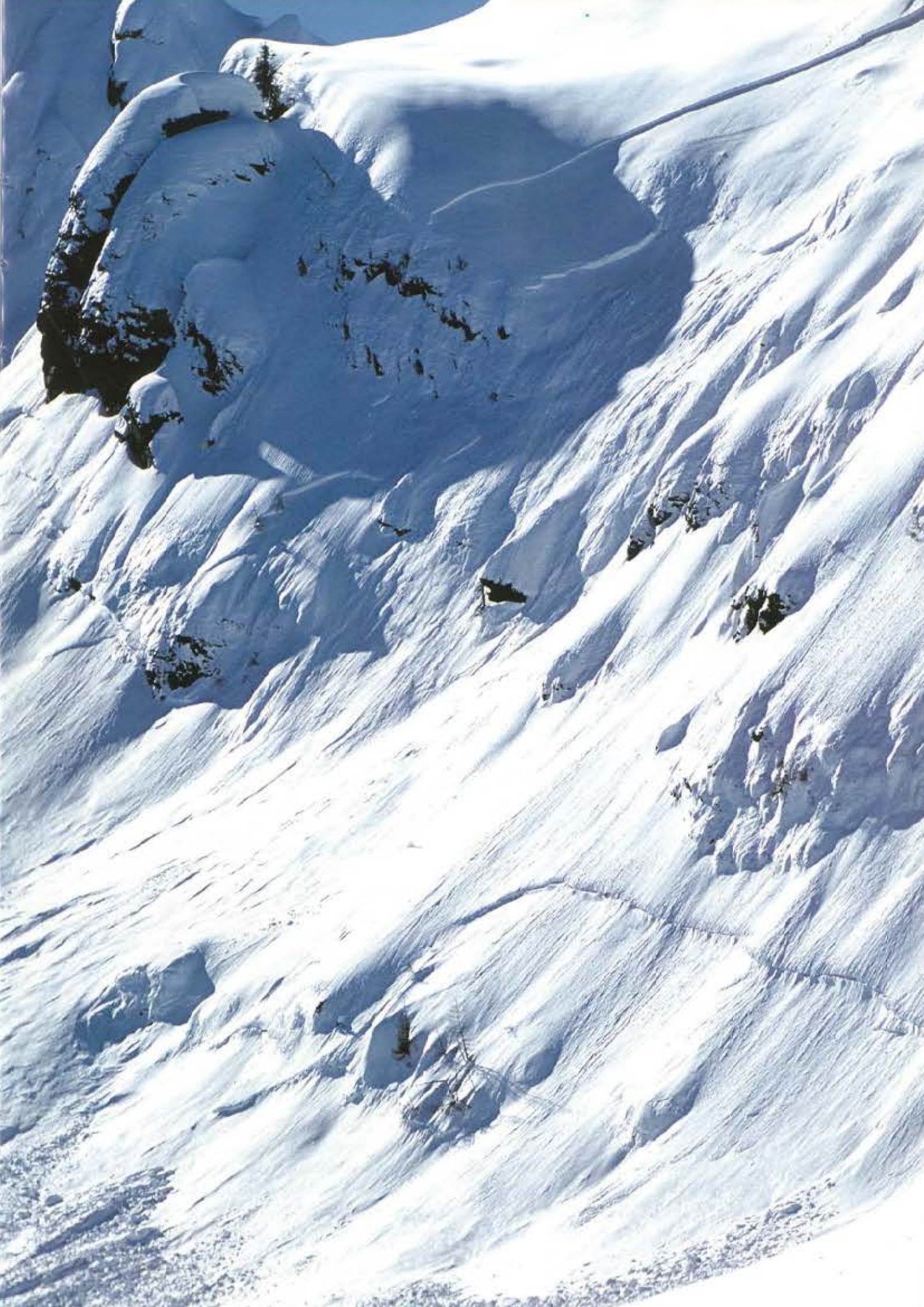
Attraverso la ricerca sono stati complessivamente segnalati 203 eventi valanghivi, associati a 162 località; dal confronto con le informazioni della Banca Dati Valanghe sono emerse le seguenti considerazioni: Sono stati individuati 144 eventi valanghivi e 70 siti di cui non si avevano notizie e che non erano stati riportati nella Banca Dati Valanghe della Regione.

Numerose sono le indicazioni di valanghe che, in inverni con innevamento eccezionale (ad esempio gli anni 1885 e 1888), hanno superato il percorso abituale, andando a interessare abitati ritenuti non a rischio.

Alcuni eventi valanghivi si sono verificati in zone non comprese dall'attuale cartografia, come il bacino idrografico del Malone, della Dora Baltea e la zona di Valdellatorre.

Il limite di questo tipo di indagine si riscontra nella difficoltà a individuare il percorso delle valanghe; nei giornali viene sempre dato risalto alla descrizione dei danni.

Per ottenere una rapida consultazione delle notizie è stata realizzata una cartografia di sintesi georiferita mediante un applicativo GIS. Gli eventi sono riportati con un simbolo puntiforme che identifica l'ubicazione e la tipologia del danno, al quale sono associati i dati tabellari riportati sulle schede, i riferimenti bibliografici (articoli di giornale) e le eventuali documentazioni fotografiche, acquisite con lo scanner e immediatamente consultabili grazie alle funzionalità dell'applicativo (hot link).



Testate giornalistiche consultate

Quotidiani (Biblioteca Civica di Torino):

La Gazzetta del Popolo dal 1/1/1885 al 31/12/1951

La Gazzetta Piemontese dal 1885 al 1896

La Stampa dal 1897 al 1951

Stampa Sera anno 1950

Periodici:

La Provincia Pavese anno 1885

Bacino idrografico:

Dora Riparia (Biblioteca Civica di Susa)

La Valsusa dal 27/04/1907 al 1951

Il Rocciame one dal 3/04/1897 al 1904

Corriere delle Alpi dal 7/03/1889 al 1895

L'Indipendente dal 1887 al 1934

Bacini idrografici: Chisone, Pellice e Germanasca (Biblioteca E. Allaud di Pinerolo)

L'Eco del Chisone dal 10/11/1906 al 1939 e anno 1974

Il Pellice 1919

La Lanterna Pinerolese dal 1885 al 31/12/1926

Canavese e Vaili Lanzo (Biblioteca Civica di Ivrea):

La Dora Baltea dal 1885 al 1890

Il Caravesano dal 1885 al 1919

L'Eco della Pubblicità dal 6/01/1893 al 23/02/1894

La Sentinella del Canavese dal 2/03/1894 al 1951

1980, le schede degli Uffici Forestali, e monografie specifiche. Recentemente è stata avviata una ricerca, limitata alla provincia di Torino, sugli eventi valanghivi storici pubblicati sulle testate giornalistiche locali: questo canale informativo è stato scelto perché le informazioni contenute rappresentano, anche se con certi limiti (nomi di località inesatti, descrizioni contraddittorie), una testimonianza attendibile degli eventi del passato. Il lavoro (tesi di laurea) è stato condotto in collaborazione con la Regione Piemonte - Direzione Regionale dei Servizi Tecnici di Prevenzione, Settore Meteorologico e Reti di Monitoraggio, nell'ambito della raccolta dati e definizione di cartografie documentanti i rischi naturali delle aree montane.

Il periodo preso in esame comprende gli anni 1885-1951, principalmente per tre ragioni:

- esiste un buon livello di informazione e documentazione da parte della Banca Dati Valanghe per gli eventi posteriori al 1951;
- gli anni 1885 e 1888 sono tristemente famosi per le nevicate eccezionali (precipitazioni di grandi quantità di neve nel giro di pochi giorni) che hanno avuto come conseguenza numerosi eventi valanghivi in località oggi ritenute non a rischio perché completamente vegetate anche nelle zone di distacco. Questi episodi sono stati solo in parte segnalati dalle fonti ufficiali, ma sono ritenuti da non sottovalutare perché hanno provocato i disastri maggiori in passato: occorre dunque tenerne conto soprattutto nella fase di progettazione di opere edili o di infrastrutture.

- L'unica raccolta fino ad oggi esistente sugli eventi valanghivi di questo periodo è rappresentata dall'A.S.T.V. (Capello, 1980). In questa pubblicazione sono state raccolte informazioni da numerose fonti scritte ed orali; tuttavia

sono frequenti le imprecisioni sulla tipologia e sull'entità dei danni dovuti a valanghe e sulla collocazione geografica dei siti valanghivi nella cartografia allegata in scala 1:50.000.

Esistono infine studi monografici riguardanti eventi specifici (Miniere del Beh 1904).

Testate giornalistiche consultate

La raccolta del materiale è stata condotta nelle biblioteche di Torino e provincia (Susa, Ivrea e Pinerolo); si è lavorato prevalentemente su microfilm nelle biblioteche di Torino, Pinerolo e Ivrea. A Susa il lavoro è stato svolto su materiale cartaceo (fig. 1).

Sono state raccolte le informazioni relative agli eventi accaduti in quel periodo e alle condizioni di innevamento (quando erano riportate). In alcuni casi le notizie storiche sulle località più remote sono risultate contraddittorie perché provenienti da testimonianze più o meno dirette degli eventi: per citare un esempio la Valle Cenischia negli anni 1885-1888 veniva percorsa regolarmente (ogni 3-4 giorni) solo dal "procaccio postale" che al ritorno trasmetteva le notizie a Susa.

Attraverso questo tipo di testimonianza non è possibile determinare con certezza quali siano state le località interessate dal fenomeno delle valanghe; solo dal 1925 le informazioni raccolte risultano più dettagliate. Anche il periodo delle guerre è molto lacunoso dal punto di vista delle informazioni; si sa ad esempio che nel 1914/15 ci sono state nevicate abbondanti (La Gazzetta del popolo 21-02-1915) ma si sa poco o nulla delle loro conseguenze.

Individuazione dei siti

Sulla carta sono stati individuati i siti valanghivi e confrontati con i dati presenti nella Banca Dati Valanghe. Per la visualizzazione si è

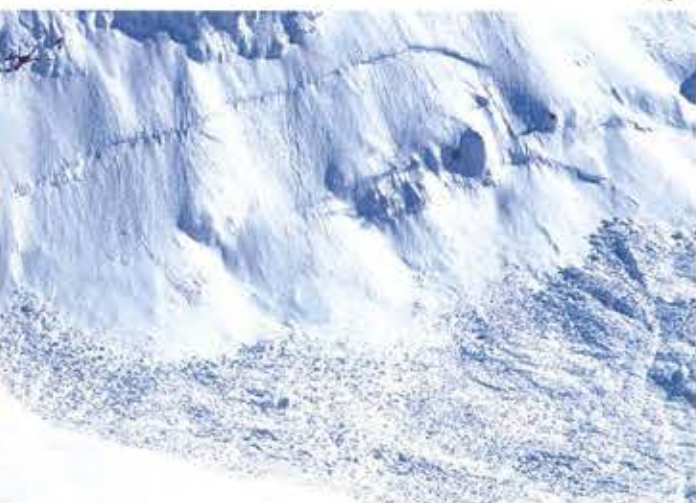


Fig. 1

INTRODUZIONE E OBIETTIVI DEL LAVORO

Uno degli obiettivi della Banca Dati Valanghe della Regione Piemonte è quello di raccogliere, acquisire e cartografare il maggior numero di informazioni sui siti e gli eventi valanghivi del passato; essa attualmente comprende tutte le informazioni riportate dai documenti storici editi, quali l'Archivio Storico Topografico delle Valanghe (A.S.T.V.) pubblicato dal prof. Carlo F. Capello nel

deciso di utilizzare la scala 1:25.000 per uniformarsi a quella in uso per le Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV); si è rivelato comunque utile avere a disposizione le Carte Tecniche Regionali a scala 1:10.000.

Questa fase si è rivelata abbastanza complessa poiché in molti casi i nomi di regioni, valloni o torrenti sono dialettali e conosciuti solo dagli anziani residenti.

Per citare un esempio il termine "Cabbadone" che non risulta sulle carte, si riferisce alla zona del municipio di Ribordone (Valle Orco). Inoltre alcune località esistenti nel 1885 probabilmente hanno cambiato nome, mentre altre sono state abbandonate.

Per questo motivo ci si è avvalsi della collaborazione dei Comuni e in particolare degli Uffici Tecnici, dei messi comunali, delle Comunità Montane e dei testimoni indiretti degli eventi, che hanno permesso di chiarire numerosi dubbi.

Il confronto con le informazioni presenti nella Banca Dati Regionale ha portato all'individuazione di nuovi siti valanghivi.

Questo significa che le informazioni sul terreno sono state cancellate dal tempo e quindi non sono più individuabili tramite la fotointerpretazione o l'inchiesta sul terreno. In tal caso è probabile che si tratti di un evento eccezionale. In altri casi si è visto che la località in cui si è verificato l'evento era situata nelle vicinanze di un sito valanghivo ma non era compresa in esso: questo fa presupporre che in determinate condizioni e in presenza di grandi volumi di neve il percorso della valanga possa variare.

Questo tipo di cartografia comprende quasi tutta la provincia; solo alcune aree prossime alla pianura, interessate in passato da eventi valanghivi, (il bacino della Dora Baltea, e la zona di Corio -

Cuorgné), non sono state rappresentate e dunque non è stato possibile fare un confronto.

ARCHIVIAZIONE DEI DATI

Per la fase di archiviazione e georeferenziazione dei dati si è scelto di adottare un Sistema Informativo Geografico che permetta di visualizzare i siti valanghivi e le informazioni ad essi associate. Il prodotto utilizzato è stato ArcView della ESRI (fig 2), già in uso per la Banca Dati Valanghe.

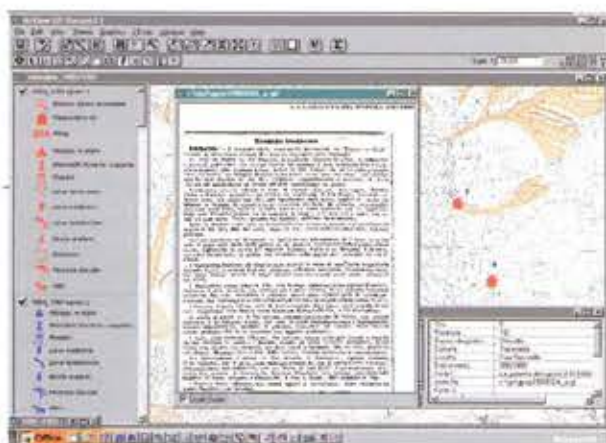
I Sistemi Informativi Geografici, o G.I.S. (Geographic Information System), sono strumenti che attraverso il computer permettono di elaborare carte geografiche e fare analisi sulle informazioni in esse contenute: oggetti presenti sulla superficie terrestre, come gli edifici, i fiumi, le strade, oppure eventi, come un'alluvione, l'inquinamento atmosferico, la temperatura, o come nel nostro caso, gli eventi valanghivi.

Con questo tipo di strumenti è possibile realizzare, oltre alle carte, tutta una serie di operazioni normalmente effettuate sui più comuni database, quali la ricerca e l'analisi statistica, la memorizzazione e l'immagazzinamento dei dati, la manipolazione e l'analisi degli stessi, la creazione di rappresentazioni e copie di carte e tabelle, con i vantaggi della visualizzazione e dell'analisi geografica.

Le Carte Tecniche Regionali in scala 1:10000 della Provincia di Torino, già presenti in formato digitale, sono state utilizzate come base per la georeferenziazione dei siti valanghivi individuati.

Georeferenziazione

Sulla base cartografica acquisita si è deciso di fare una georeferenziazione puntiforme degli eventi, poiché in pochi casi è stato possibile ricostruire il percorso



so della valanga; quando è stato possibile, il percorso della valanga è stato però evidenziato da una linea.

Si è cercato di verificare sempre l'attendibilità dell'informazione, cercando di individuare la zona di scorrimento o la zona di deposito della valanga.

In particolare si è tenuto conto della pendenza del terreno, che deve essere almeno di 26° perché avvenga il distacco; gli altri fattori climatici e vegetazionali non sono stati presi in considerazione se non attraverso le testimonianze raccolte.

I punti sono stati quindi collocati nella zona dove si è verificato il danno. Mentre sulle tavole della Banca Dati Valanghe Regionale vengono segnalati i siti valanghivi, nel presente lavoro sono stati evidenziati gli eventi ne consegue che in alcuni casi, in corrispondenza di un sito possiamo avere più segnalazioni, corrispondenti al numero di eventi verificatisi in esso.

Fig 2
Visualizzazione degli eventi dai siti valanghivi tramite ArcView

Si è inoltre deciso di utilizzare una simbologia diversa a seconda del danno causato (a strade, a persone, a costruzioni o a linee elettriche, telegrafiche o telefoniche), in modo da rendere la carta di più facile lettura. La fase successiva è stata la scansione di tutte le informazioni storiche raccolte dai quotidiani; ogni file, acquisito in formato .GIF è stato nominato con la sigla della testata giornalistica di riferimento e la data.

Fig.3: distribuzione temporale degli eventi risultante dalle testate giornalistiche.

Fig.4: distribuzione temporale degli eventi risultante dalla Banca Dati Valanghe.

Laddove è stato possibile, sono state acquisite immagini, disegni e documentazioni fotografiche, quali ad esempio quelle del fotografo Oreste Bignami risalenti all'anno 1888 relative alle Valli di Lanzo (foto pg. 12-13). Il lavoro consiste di reperire le informazioni sui vari eventi attraverso la consultazione della cartografia tematica a video: selezionando con il mouse il simbolo che rappresenta l'evento valanghivo, è possibile accedere al database e alle fonti di informazione, ovvero agli articoli acquisiti (fig.2).

ANALISI DEI RISULTATI

Distribuzione temporale degli eventi valanghivi: confronto testate giornalistiche - Banca Dati Valanghe

La segnalazione degli eventi valanghivi per un determinato periodo storico è legata al tipo e alla qualità della fonte di informazione che si sceglie di esaminare. Le testate giornalistiche si adattano molto bene a questo tipo di indagine, se non ci sono delle vicende politiche o di attualità più gravi da segnalare, quali ad esempio le guerre; in tal caso le notizie sugli eventi valanghivi non vengono più riportate, dovendo lasciare spazio ad altri avvenimenti di maggiore interesse. Lo dimostra il grafico (fig.3) che illustra la distribuzione degli eventi risultante dalle testate giornalistiche prese in esame.



Fig 3



Fig 4

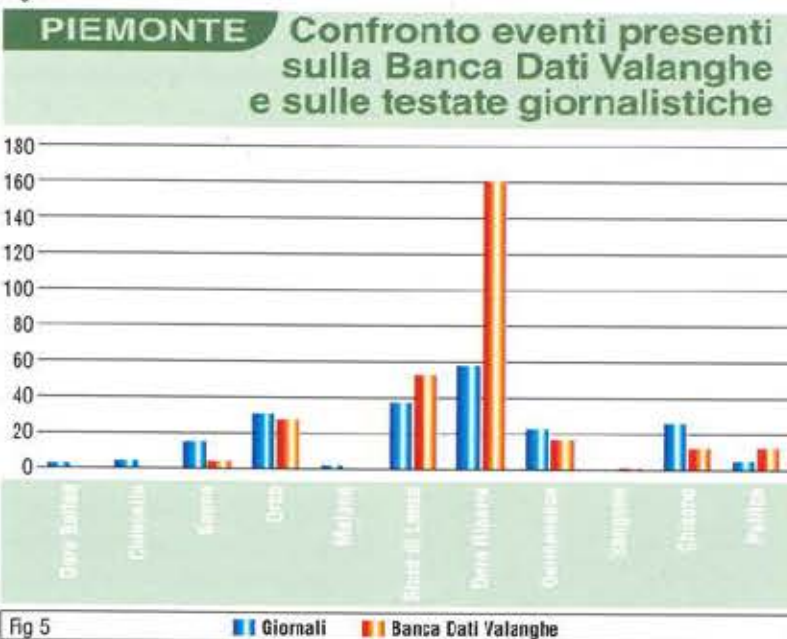


Fig 5

Si osserva come le segnalazioni di eventi valanghivi siano numerose per gli anni 1885 e 1888; nei decenni 1931-1940 e 1941-1950 in cui sono comprese la guerra in Africa e la Seconda Guerra Mondiale, si hanno complessivamente notizie di undici eventi, mentre le informazioni della Banca Dati Valanghe dimostrano come essi siano stati più numerosi (fig.4).

Numerose sono le segnalazioni relative al decennio 1931-1940; meno abbondanti quelle sugli anni 1885 e 1888. Questo perché le informazioni provengono in minima parte dalle testate giornalistiche (non sono stati mai consultati periodici locali); gran parte di esse è stata ricavata dalle schede della Milizia Confinaria, della Scuola Militare Alpina e del

CAI e riguarda appunto gli anni '30. Per gli eventi relativi agli anni 1885, 1888 o ancora precedenti sono segnalati i seguenti autori: P. F. Denza, fratelli Appia, G. e P. Milone e talvolta il quotidiano la Gazzetta Piemontese.

Distribuzione eventi per bacino idrografico

Un aspetto interessante della ricerca è lo studio della quantità delle informazioni raccolte per ogni bacino idrografico; questo, soprattutto se riguarda un periodo storico lontano, può significare diverse cose:

- difficoltà di comunicazione tra le località o frazioni montane, a causa delle quali non era possibile ricevere notizie con regolarità;
- condizioni climatiche: è infatti ragionevole pensare che le precipitazioni nevose avvengano con più frequenza in alcune valli, mentre in altre, a causa della loro conformazione geografica, è più difficile che arrivino le perturbazioni;
- l'estensione di ogni bacino idrografico: in quelli più vasti aumenta la probabilità di avere degli eventi valanghivi rispetto a quelli di dimensioni minori.

Il grafico di fig. 5 illustra la distribuzione degli eventi per ogni bacino. Il maggior numero di informazioni si riferisce al bacino della Dora Riparia; questo è in parte dovuto al fatto che esso occupa anche un'area molto vasta rispetto agli altri e comprende numerose valli laterali molto importanti, come il vallone di Rochemolles o quello dell'Argentera; anche sui bacini idrografici dello Stura di Lanzo, dell'Orco e del Germanasca esiste una ricca documentazione di eventi valanghivi. Sono state invece raccolte delle informazioni che riguardano il bacino idrografico della Dora Baltea, non compreso nella Banca Dati Valanghe Regionale.

In alcuni bacini idrografici il nu-

mero delle segnalazioni ufficiali è superiore rispetto alle testate giornalistiche; in particolare questo riguarda i bacini della Dora Riparia, della Stura di Lanzo e del Pellice.

In tutti gli altri casi prevalgono le segnalazioni da parte delle testate giornalistiche prese in esame, come ad esempio per il bacino del Chisone, dell'Orco e del Germanasca.

Nuove segnalazioni di siti ed eventi

Nella tabella di fig. 6 sono messi in evidenza i siti (località interessate da valanghe) e gli eventi segnalati dalle testate giornalistiche locali ma non compresi nella Banca Dati Regionale.

Come si vede, il maggior numero di nuove segnalazioni riguardanti i siti si riferisce ai bacini della Dora Riparia, della Stura di Lanzo e dell'Orco.

Per ciò che riguarda gli eventi, le segnalazioni più numerose si riferiscono ai bacini della Dora Riparia, del Soana, del Germanasca e del Chisone.

Tipologia e distribuzione dei danni da valanga

I danni che possono causare le valanghe sono stati raggruppati secondo 14 tipologie differenti; la classificazione è quella convenzionale attualmente in uso per la compilazione del modello 7 dell'A.I.N.E.VA. "inchiesta permanente sulle valanghe".

Le tipologie dei danni e i codici relativi sono rappresentati in fig. 7. Poiché ad ogni evento possono corrispondere diverse tipologie di danno, il totale dei danni è superiore al numero degli eventi segnalati dalle testate giornalistiche.

Ad esempio, la valanga che colpì la frazione Vasario di Sparone il 18-01-1885 causò numerose vittime e distrusse molte abitazioni. I codici relativi ai danni segnalati sono dunque:

Nuove segnalazioni di siti ed eventi

Bacino idrografico	Siti non presenti nella Banca Dati Valanghe	Eventi nuovi
Dora Baltea	3	3
Chiusella	2	4
Soana	3	14
Orco	14	24
Maiona	2	1
Stura di Lanzo	14	21
Dora Riparia	18	36
Chisone	10	20
Germanasca	2	16
Pellice	2	5

Fig 6

Tipologia e distribuzione dei danni da valanga

Tipologia	Codice	Tipologia	Codice
Non segnalati	0	Linee telefoniche	8
Fabbricati civili	1	Impianti di risalita	9
Rifugi	2	Piste sciistiche	10
Alpeggi/malgne	3	Bosco maturo	11
Manufatti	4	Bosco in rinnovazione	12
Rotabili	5	Nessuno	13
Ferrovie	6	Persone travolte	14
Linee elettriche	7	Altro	15

Fig 7

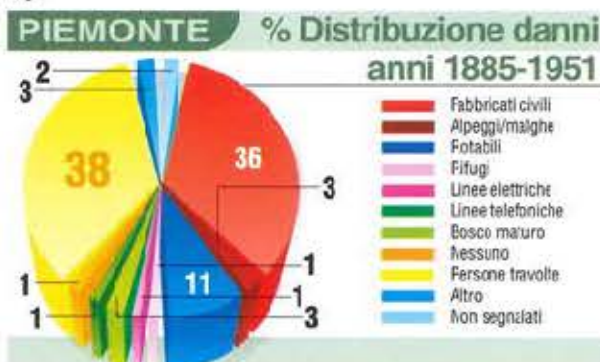


Fig 8

- 1 - fabbricati civili
14 - persone travolte

Dal grafico di fig. 8 si osserva che i danni maggiori da valanghe sono stati causati a fabbricati civili e a persone; in moltissimi casi esiste una corrispondenza tra le due tipologie di danno, poiché sono stati segnalati numerosi eventi in cui sono state investite abitazioni occupate dalle famiglie. Relativamente pochi i danni alle

loro abitazioni. Le informazioni raccolte sul 1951 fig. 10 riguardano in prevalenza le valanghe dello Chaberton cadute sulla strada che collega Cesana Torinese a Claviere; di conseguenza i danni rilevano per la maggior parte le strade e in misura minore le persone o la vegetazione.

CONCLUSIONI

Attraverso la ricerca sono stati complessivamente segnalati 203 eventi valanghivi, associati a 162 località georeferenziate; Il confronto con i dati presenti nella Banca Dati Valanghe Regionale ha fatto emergere le seguenti considerazioni:

- sono stati individuati 144 eventi valanghivi e 70 siti ai cui non si avevano notizie e che non erano stati riportati Banca Dati Valanghe della Regione;
- numerose sono le indicazioni di valanghe che, in inverni con innevamento eccezionale (ad esempio gli anni 1885 e 1888), hanno superato il percorso abi-

tuale, andando a interessare abitati che si ritenevano non a rischio; • alcuni eventi valanghivi si sono verificati in zone non comprese dall'attuale cartografia, come il bacino idrografico del Malone, della Dora Baltea e la zona di Valdellatorre. Il limite di questo tipo di indagine si riscontra nella difficoltà a individuare il percorso delle valanghe, raramente indicato dagli articoli particolare risalito viene sempre dato alla descrizione dei danni. Per ottenere infine una rapida consultazione delle notizie è stata realizzata una cartografia di sintesi georiferita mediante un applicativo GIS. Gli eventi sono riportati con un simbolo puntiforme che identifica l'ubicazione e la tipologia del danno, al quale sono associati i dati tabellari riportati sulle schede, i riferimenti bibliografici (articoli di giornale) e le eventuali documentazioni fotografiche, acquisite con lo scanner e immediatamente consultabili grazie alle funzionalità dell'applicativo (hot link).



Il presente lavoro è stato oggetto di una tesi di laurea realizzata presso la facoltà di Scienze Naturali dell'Università degli Studi di Torino dal titolo

"CREAZIONE DI UN ARCHIVIO G.I.S. DEGLI EVENTI VALANGHIVI IN PROVINCIA DI TORINO NEL PERIODO 1885-1951"
presentata dalla dott.ssa Egizia Tomasuclo il 15-03-2001 (relatore: prcf. Giovanni Ansaldo, correlatori: dott.ssa Maria Cristina Prcla, dott. Marco Cordola)

RINGRAZIAMENTI

Un particolare ringraziamento alla mia correlatrice, dott.ssa Maria Cristina Prola a cui devo le mie attuali conoscenze sui software G.I.S. e sulla dinamica valanghiva. Ringrazio inoltre il dott. Marco Cordola per la sua disponibilità, e tutto il personale del CSI e della Regione Piemonte che in qualche modo ha partecipato a questa ricerca, in particolare Della Vita, Imma Gioffi e Viorina Schiavi, che hanno collaborato al lavoro di scansione degli articoli.

Molta documentazione sugli eventi del passato ci è stata fornita da persone con cui ci siamo messi in contatto; si ringraziano in particolare il personale della Biblioteca E. Alliaudi di Pinerolo per la documentazione fornita sugli eventi delle Miniere del Beth (anni 1901 e 1904); il sindaco del Comune di Settimo Vittone per i documenti relativi agli eventi di frazione Mssiroglio del 1888;

il sig. Giorgio Inaudi per la documentazione sulle valli di Lanzo.

Infine un ringraziamento alla dott.ssa Elena Turroni che mi ha offerto questa possibilità di divulgazione del lavoro e ha contribuito, attraverso continue revisioni e tagli, a renderlo più scorrevole.

BIBLIOGRAFIA

ANONIMO "Relazione della valanga caduta a Venas il 15 gennaio 1845" ed Gatti
AVONDO G. V. "Vite nere. Storia delle miniere del Beth e della grande valanga del 1904" L'altro modo, 1997

CAPELLO C.F. "Archivio Storico Topografico delle Valanghe Italiane" provincia di Torino Istituto di Geografia Alpina Univ. Di Torino, 1980; vol 2°

CAPELLO C.F. "Bibliografia analitica delle Valanghe in Italia (sino al 1977)" Istituto di Geografia Alpina Univ. Di Torino, 1980; vol 2°

MILONE G. e P. "Notizie delle Valli di Lanzo" Tipografia Palatina di G. Bonis, Rossi & c. 1911

SERRA M.T. "Le valanghe del 1885-1888. I terribili inverni dei nostri nonni" 1997

Alta Valtellina 1990-2000

Climatologia della Neve e pericolo Valanghe

**Una ricerca sull'origine climatologica e
sull'evoluzione del manto nevoso in rapporto
al pericolo delle valanghe**

Un piano di prevenzione valanghe, ha come scopo quello di ottenere un sufficiente grado di sicurezza per le persone e le cose negli insediamenti e lungo le vie di comunicazione, oltre che per le attività sportive e ricreative che sono praticate sulle montagne innevate. Il rischio è definito dall'insieme della probabilità del verificarsi di un evento, della vulnerabilità di una determinata area e dell'entità del danno; la probabilità che si verifichi una valanga in una determinata area è calcolata attraverso la valutazione della stabilità del manto nevoso, che avviene principalmente mediante l'analisi dei profili della coltre nevosa e dei risultati dei test di stabilità, oltre che attraverso la stima dell'azione dei principali fattori meteorologici (precipitazione, vento, temperatura, radiazione solare, ecc.) sulla struttura del manto nevoso. La conoscenza dettagliata degli effetti di una determinata situazione meteorologica sull'evoluzione del manto nevoso in una certa zona, permette di migliorare sempre più la previsione del pericolo valanghe, e con-



Matteo Colombo

Facoltà Scienze Matematiche e Ambientali
Università di Milano - Bicocca

sente di intervenire più efficacemente in situazioni di probabile rischio elevato. Con gli attuali modelli di previsione meteorologica, è possibile prevedere la 850 hPa a 9- 10 giorni: è evidente che la conoscenza delle relazioni tra neve e tipi di tempo possa essere utile per sviluppare dei sistemi di preallarme, sulla base delle previsioni di circolazione, sempre tenendo presente la situazione del manto nevoso al suolo. L'articolo presenta uno studio effettuato sulle precipitazioni invernali nel decennio 1990 - 2000 in un'area delle Alpi Lombarde: l'analisi dei tipi di tempo a scala europea, messa in relazione con l'evoluzione del manto nevoso al suolo, ha permesso di definire una stagione invernale media per l'area oggetto dello studio, evidenziando in particolare le situazioni meteorologiche che maggiormente influenzano il manto nevoso al suolo.



INTRODUZIONE

La neve è un'idrometeora ed è funzione della situazione meteorologica in ogni sua fase (genesì, caduta, accumulazione, evoluzione del manto, ecc.). Si può dire, in altri termini, che la neve con le relative metamorfosi (distruttiva, costruttiva, da compressione e da fusione), le proprietà meccaniche, la stratificazione, l'equivalente in acqua, ecc., non può sfuggire alle influenze della temperatura, del vento, dell'andamento verticale delle temperature nell'atmosfera e, in generale, dei caratteri delle masse d'aria che concorrono a determinare il tempo. I parametri che definiscono il tempo meteorologico sono molti

suolo, in relazione al pericolo valanghe, in un'area delle Alpi lombarde.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le stazioni cui i dati si riferiscono sono situate nella parte orientale delle alpi retiche lombarde in alta Valtellina; la parte alta della Valtellina si sviluppa da nord a sud-ovest descrivendo un arco e sfocia a settentrione nella vasta conca di Bormio (fig.1). Dalla cittadina si dipartono a raggiera numerosi solchi vallivi, formanti l'alto bacino dell'Adda (Valfurva e Valdidentro); alcuni di questi solchi hanno origine dallo spartiacque con il bacino danubiano, come la Valle di Livigno.

INQUADRAMENTO CLIMATICO STATICO E DINAMICO

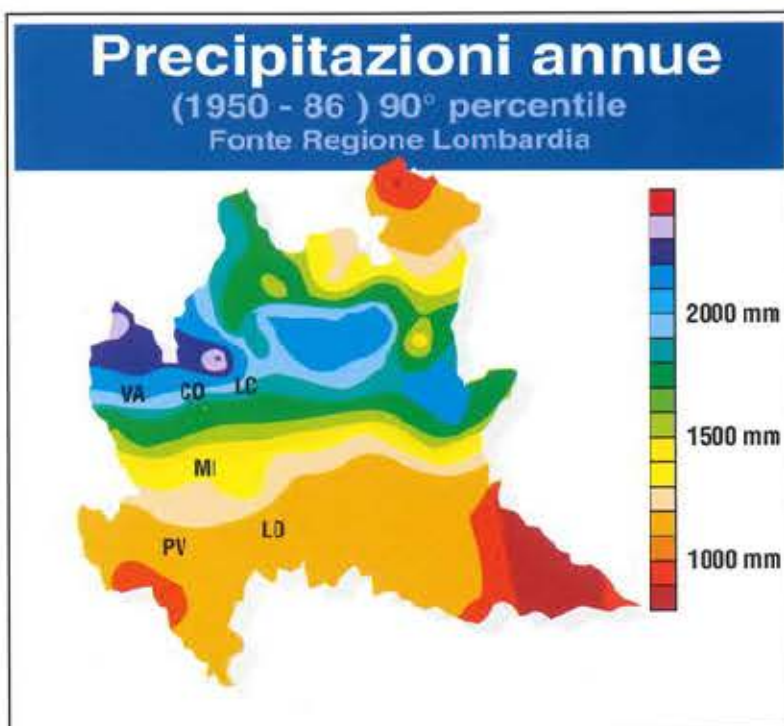
Climaticamente l'area si trova entro una larga fascia di transizione che, verso sud e verso sud-est, risente degli influssi più o meno attenuati del clima padano e, verso nord e nord-ovest, è sottoposta agli influssi della regione endoalpina. Il fattore rilievo complica notevolmente l'andamento

climatico locale e grande importanza rivestono l'altitudine e l'orientamento dei versanti, specialmente in vicinanza dei solchi vallivi e dei valichi più incavati. Per l'area lombarda i range delle precipitazioni risultano di 650-1100 mm/anno per la fascia di pianura, di 1100-2000 mm/anno per quella prealpina e di 750-2000 mm/anno per quella alpina con minimi in Alta Valtellina (fig.2). La scarsità di piogge è uno dei fattori caratteristici che individua il così detto clima endoalpino, tipico della parte centrale del sistema montano alpino e quindi della media e alta Valtellina. Analizzando la distribuzione mensile delle piogge si osserva che mentre nel periodo autunno-inverno cade una quantità relativamente omogenea di pioggia su tutta la vallata, le differenze si manifestano soprattutto per le precipitazioni primaverili-estive. Ciò può essere collegato al fatto che le piogge autunno-vernine sono in prevalenza frontali, legate cioè a grossi sistemi perturbati, mentre quelle primaverili-estive sono di prevalente origine temporalesca. La parte interna della vallata, vuoi per le condizioni orografiche



Fig 1 e tutti intervengono insieme con peso di volta in volta diverso per determinare lo stato dell'atmosfera; per questa ragione non esistono due configurazioni bariche identiche mentre si possono osservare solo configurazioni analoghe, legate ai processi fondamentali dell'atmosfera, da cui ci si aspetta di ottenere fenomeni meteorologici simili. L'analisi dei tipi di tempo si propone di ricavare una visione sintetica delle condizioni meteorologiche desumibili da configurazioni tipiche.

Questo lavoro cerca di mettere in evidenza le relazioni esistenti tra tipi di tempo a scala europea e l'evoluzione del manto nevoso al



poco favorevoli ad invasioni fredde vuoi per la scarsità di accumulo di vapore, è meno favorevole rispetto alla parte iniziale della valle a fenomeni temporaleschi estivi di elevata intensità.

Il regime delle precipitazioni si differenzia poi marcatamente rispetto a quello tipico delle stazioni della pianura Lombarda.

In queste, infatti, la pioggia presenta di norma due massimi (uno primaverile e uno autunnale) mentre in Valtellina abbiamo un solo massimo estivo-autunnale.

La Valtellina è inoltre esposta agli episodi di foehn, un vento catabatico caldo e secco che è causa di bruschi innalzamenti delle temperature con altrettanto repentini cali dell'umidità dell'aria.

Con riferimento alle temperature medie, gennaio risulta essere il mese più freddo e luglio il mese più caldo.

Luglio risulta anche il mese con più elevato irraggiamento solare medio giornaliero (445.9 Cal/cm²), superando giugno che pure è il mese con il maggiore numero di ore di sole teoriche.

Sul clima della vallata ed in particolare sul quadro termigrometrico incide inoltre la presenza delle brezze, fenomeni circolatori di origine termica, che risultano significativi soprattutto nei mesi di marzo e ottobre e nelle ultime ore antimeridiane ed in quelle pomeridiane.

La descrizione del clima della Valtellina, non può trascurare il collegamento fra i lineamenti climatici locali e le situazioni meteorologiche a scala sinottica (tipi di tempo).

Per fare questo, è stato utilizzato un lavoro svolto dall'Osservatorio Meteorologico di Milano Ducmo sull'influenza delle strutture meteorologiche a scala sinottica europea sulla circolazione negli strati atmosferici inferiori in Italia settentrionale, che ha permesso di classificare le diverse situazioni

bariche in 10 tipi di tempo.

Tipo 1- saccatura ad ovest dell'arco alpino occidentale: le correnti in quota sull'area lombarda sono dirette da sud-ovest verso nord-est (libeccio).

Tipo 2- depressione con centro sui bacini nord-occidentali italiani: correnti in quota da sud-est, di provenienza non adriatica.

Tipo 3- depressione di origine nord-africana con centro tra il basso tirreno ed il canale di Sicilia: correnti da sud-sud-est di provenienza adriatica (scirocco).

Tipo 4- vasta depressione sull'Italia settentrionale e centrale, spesso caratterizzata da due depressioni secondarie, separate dagli Appennini: correnti in quota con componente da sud o da est.

Tipo 5- campo di alte pressioni sul bacino del Mediterraneo: regimi di brezza.

Tipo 6- fenomeno del foehn, con intensi venti in quota provenienti dai settori nord-occidentali.

Tipo 7- promontorio di alte pressioni sul Mediterraneo occidentale: correnti in quota da nord-nord-ovest deboli.

Tipo 8- promontorio di alte pressioni a nord dell'arco alpino: correnti in quota da nord-est di origine atlantica.

Tipo 9- correnti ondulate, mediamente dirette da ovest verso est, investono le regioni settentrionali italiane: i venti in quota possono avere componente meridionale o settentrionale.

Tipo 10- espansione di aria fredda dal continente eurasiatico: correnti in quota da est-nord-est (bora sull'alto adriatico).

Su un campione di 6939 casi giornalieri di circolazione a 850 hPa, è stata effettuata una ripartizione nei 10 tipi circolatori sopra elencati: la frequenza di comparsa di ciascun tipo nel periodo compreso tra il 1976 ed il 1994, è rappresentata nei grafici di figura 3.

Estrapolando i dati per le sole sta-

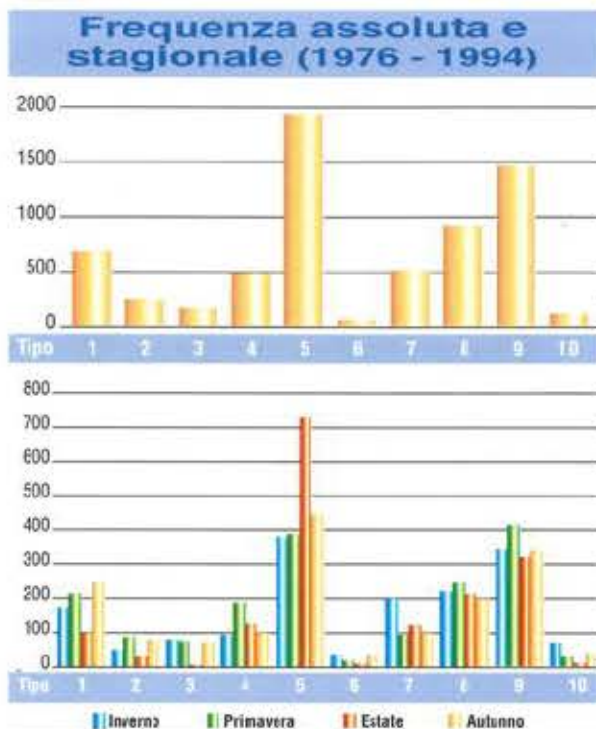


Fig. 3



Fig. 4

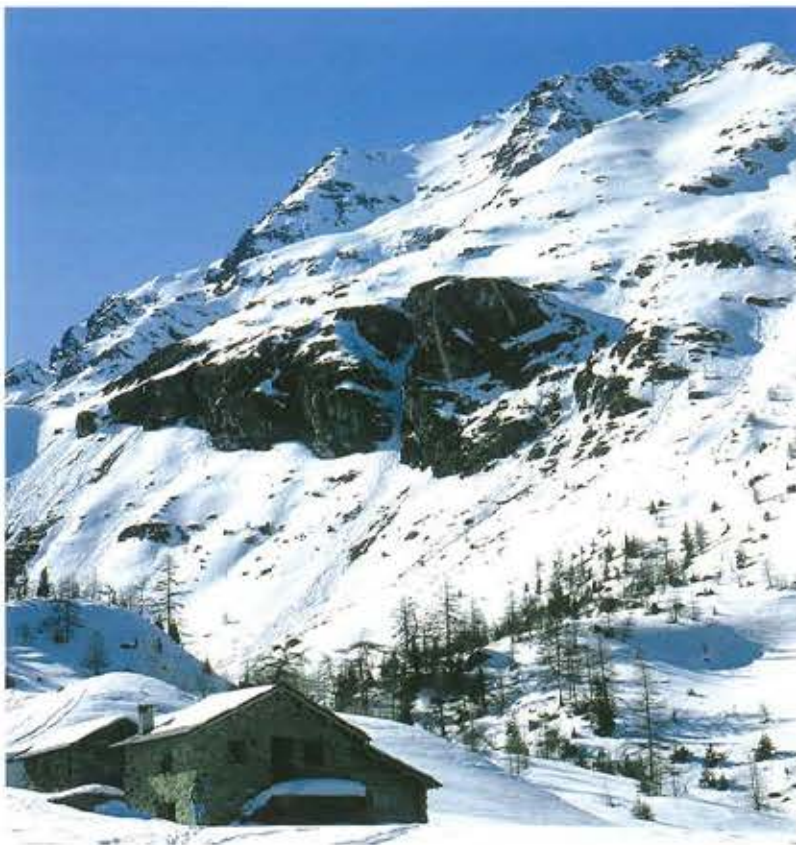
gioni invernali, otteniamo la seguente distribuzione degli episodi nei tipi circolatori descritti.

Come si può notare dalla rappresentazione grafica, (fig. 4) l'80% dei casi è riconducibile a 5 tipi circolatori (1, 5, 7, 8, 9) e tra questi il tipo 5 ed il tipo 9 occupano oltre il 50% dei casi. La circolazione anticiclonica di tipo 5 favorisce la formazione di nebbie e foschie, ben note in pianura Padana, e si instaurano al suolo regimi di brezza. Il tipo 9 convoglia aria sulle Alpi dai settori occidentali, con alternanza di componenti settentrionali e meridionali nei venti: quest'ultima può dare origine a deboli precipitazioni. I tipi circolatori 7 e 8 danno condizioni di aria stabile e a differente grado di rimescolamento:



Fig 6 scarso nel primo caso, buono nel secondo. Nel tipo 1 le masse d'aria umide meridionali risalgono i solchi vallivi trasversali delle Alpi (come ad esempio la Valtellina), dando origine a precipitazioni più intense sulla fascia prealpina.

Meno frequenti i restanti tipi, che rappresentano il 20% del totale nell'intervallo considerato. Interessante per gli episodi ad esso associati risulta essere il tipo 2: in superficie le masse d'aria investono l'arco alpino da est-sud est con precipitazioni abbondanti e nevicate anche eccezionali, come dimostra la situazione del gennaio 1985 con temperature minime record e copiose nevicate su tutti i settori delle Alpi. In modo analogo il tipo 3 determina l'afflusso di correnti dai settori meridionali con perturbazioni estese sulle Alpi. La circolazione associata al tipo 4 può assumere caratteri variabili, a seconda che prevalga in quota l'azione della depressione sul Mar Ligure, piuttosto che quella della depressione orientale, presente sul Mar Adriatico. Que-



sto tipo di configurazione barica può dare luogo a precipitazioni nevose, riscontrate principalmente ad inizio e fine stagione.

Analizzando tutti gli episodi meteorologici che hanno apportato un certo quantitativo di neve fresca sull'area in esame, nel periodo compreso tra la stagione invernale 1989 - 1990 e la stagione invernale 1998 - 1999, è stato possibile valutare l'incidenza di ciascun tipo di tempo sulle precipitazioni nevose.

Innanzitutto sono stati considerati episodi con almeno 20 cm di neve: la frequenza di comparsa dei tipi di tempo è rappresentata dalla figura 5.

Come si può facilmente notare, le correnti associate a fenomeni perturbati sulla regione alpina, si sviluppano principalmente da ovest verso est: i venti in quota soffiano dai quadranti occidentali con componente meridionale, spingendo flussi di aria umida contro la barriera orografica alpina. Sull'area in esame, episodi prolungati deboli sono spesso associati a questo tipo di circolazione: nel-

l'ambito di una situazione omogenea di tipo 9 prolungato, il massimo della precipitazione si realizza con una temporanea evoluzione nel tipo 1. Precipitazioni più intense si verificano, infatti, con strutture circolatorie di tipo 1: masse d'aria umida risalgono i principali solchi vallivi trasversali delle Alpi, con una struttura media della circolazione dai settori meridionali. Questa situazione è messa ancor più in evidenza, dall'analisi della circolazione in episodi meteorologici con almeno 50 cm di neve fresca (fig.6).

Frequenza dei tipi di tempo in episodi con almeno 50 cm di neve. Eventi meteorologici perturbati sono spesso associati a correnti provenienti da nord-nord ovest: il tipo 7 è da considerarsi come possibile portatore di precipitazioni sull'area in esame, per creazione di depressioni locali sotto vento allo spartiacque alpino. Le precipitazioni associate a questo tipo di circolazione sono in genere di debole intensità; spesso si trovano in coda ad episodi perturbati prolungati e sono indice di

evoluzione del tempo a condizioni di stabilità.

Condizioni di tipo sciroccale, con correnti di provenienza adriatica da sud-est, non producono effetti rilevanti sull'area a causa della protezione della conca di Bormio da parte dei rilievi, in particolare dal gruppo dell'Adamello. L'area risulta interessata da circolazioni di tipo 3 solo marginalmente, con precipitazioni residue e di debbole intensità.

Di maggiore efficacia sono le circolazioni associate all'azione di depressioni situate sul Mar Ligure: le correnti si sviluppano

bondanti sul settore alpino, quasi sempre accompagnate da raffiche di vento di una certa intensità. Anche circolazioni da nord-est possono apportare deboli nevicate residue; in genere sono indice di ritorno alla stabilità quando poste in coda a lunghi episodi perturbati.

GRANDEZZE CONSIDERATE E DATI UTILIZZATI

La Regione Lombardia presenta un territorio montuoso molto vasto ed articolato: comprende provincie interamente montane, quali



dai settori meridionali ma gli effetti sono attenuati dalle prealpi e dalla fascia orobica, dove si verificano le precipitazioni più intense. Le perturbazioni associate a questa circolazione sono maggiormente favorite in coda alla stagione, specialmente sulla fascia prealpina, a causa dell'afflusso di correnti fresche dalle valli alpine richiamate dalle condizioni di bassa pressione.

L'area in esame è posta immediatamente a ridosso dello spartiacque alpino, e risente fortemente di circolazioni atmosferiche che si sviluppano da nord-nord ovest: in queste condizioni, quando sulla Valpadana l'aria si presenta molto secca e ben rimescolata con tempo stabile, si possono verificare precipitazioni anche ab-

quella di Sondrio, e provincie prevalentemente montuose, quali quelle di Brescia, di Bergamo, di Lecco e di Como. La struttura che opera in merito allo studio di fenomeni quali la neve, le valanghe, la glaciologia e la meteorologia di montagna, è il Centro Nivometeorologico regionale che ha sede in Bormio (SO). Il centro è dotato di una rete di Stazioni Nivometeorologiche automatiche e manuali, che permette il costante controllo della evoluzione delle situazioni di pericolo legate alla neve, alle valanghe ed al tempo in montagna. La raccolta e l'elaborazione dei dati è finalizzata principalmente alla realizzazione del Bollettino Nivometeorologico Lombardo, il quale d'estate assume la veste di bollettino meteo-

rologico alpino, sempre pronto a riportare notizie nivologiche in caso di situazioni meteorologiche particolari.

Nelle Stazioni manuali una parte dei dati vengono registrati meccanicamente da strumentazioni site in capannina meteorologica ed altri, come ad esempio l'altezza della neve e la precipitazione nevosa giornaliera, vengono rilevati manualmente in maniera diretta. I dati rilevati dalle stazioni manuali, integrati a quelli provenienti dalle stazioni automatiche, costituiscono un importante supporto di verifica delle previsioni nivometeorologiche riportate nei Bollettini, oltre che per analisi climatologiche ed ambientali e per la previsione dei rischi.

Nel lavoro sono stati presi in esame i dati delle Stazioni manuali di Bormio, S. Caterina, Livigno e Cancano (quest'ultima operante solo durante la stagione invernale) relativi a 10 stagioni invernali. La scelta delle stazioni segue un criterio di omogeneità del territorio: pur presentando caratteristiche microclimatiche differenti, le Stazioni prescelte coprono, infatti, una macro area quanto più omogenea possibile, essendo tutte ubicate nel settore retico Nord-Orientale della Regione al di sopra dei 1200 m.

Non sono stati considerati i dati delle stazioni automatiche in quanto poco significativi per gli obiettivi preposti.

Per ciascuna stagione invernale sono stati presi in esame i seguenti punti:

- situazione euroatlantica giornaliera per i periodi perturbativi. Descrive la circolazione media, la distribuzione delle temperature e delle precipitazioni mensili.
- analisi meteorologica. Si effettua la scelta degli episodi significativi di ciascun mese, descrivendo per ciascuno la situazione meteorologica ricavata dalle carte di circolazione.



- **analisi climatologica.** Descrive per ogni stagione e per ciascuna stazione l'andamento delle temperature, delle precipitazioni, dell'evoluzione del manto nevoso confrontando i dati con valori storici disponibili.

- **analisi di episodi particolari.** Si isolano per ciascuna stagione degli episodi particolarmente interessanti dal punto di vista nivometeorologico (precipitazioni abbondanti, freddo intenso, lunghi periodi secchi).

- **analisi climatologica dinamica.** Si confrontano i tipi circolatori di ciascuna stagione con quelli storici disponibili.

Prima dell'elaborazione si è reso necessario un pretrattamento dei dati a causa della presenza di *missing values*, cioè di dati man-

canti. Si è utilizzato il metodo di sostituzione per similarità locale: gli oggetti per i quali non esistono dati mancanti vengono utilizzati per stimare la distanza da ciascun oggetto per il quale esiste un dato mancante, distanza calcolata con il metodo **K-NN** (*k-nearest neighbours*). Scelto un valore del parametro **k**, il numero di vicini da considerare, viene stimato il valore del dato mancante dai valori assunti per i **k** campioni più vicini, pesando i valori noti dei **k** vicini con l'inverso delle loro distanze dal dato mancante, secondo l'espressione

$$x_i = \frac{\sum_r \frac{x_{mr}}{d_{imr}}}{\sum_r \frac{1}{d_{imr}}}$$

dove **r** scorre sui **k** intornoi, **m**, identifica i **k** intornoi più vicini e **d** è la distanza euclidea media tra il dato **i** e ciascuno dei **k** intornoi. In pratica, l'oggetto più vicino pesa di più nel determinare la stima del dato mancante. Si è scelto 4 come valore per il parametro **k**.

I parametri nivometeorologici presi in considerazione nello studio sono stati:

- **altezza della neve fresca,** misurata come incremento della neve fresca al suolo. Viene rilevata nelle stazioni manuali per mezzo di una tavoletta posta sul manto nevoso eventualmente presente, in modo da separare meccanicamente la neve già deposta da quella che cade durante la giornata. Di questa precipitazione si valuta l'altezza in centimetri lungo un'asta nivometrica, infissa verticalmente nel terreno. Nel lavoro è stata considerata l'altezza della precipitazione nevosa cumulata mensile e annuale, confrontando i valori con la media calcolata sul decennio disponibile (dall'inverno 1988-89 all'inverno 1998-99),

- **altezza della neve al suolo,** ossia lo spessore dell'intera coltre mi-

surata lungo un'asta nivometrica in centimetri. La conservazione del manto nevoso dipende strettamente dalle condizioni microclimatiche, ed è quindi difficile allestire stazioni rappresentative dell'effettiva condizione media del manto nevoso naturale sui versanti alpini. Nel lavoro sono stati considerati l'andamento mensile dello spessore per ogni stagione invernale, i suoi valori minimi, massimi e medi, tenendo conto di quanto detto precedentemente;

- **temperatura dell'aria,** valori massimi e minimi giornalieri valutati per mezzo di termometri a circuiti integrati in gradi centigradi. Nel lavoro sono stati considerati l'andamento mensile, la media annuale e decennale dei valori minimi e massimi;

- **numero di giorni nevosi,** definito come numero dei giorni in cui la neve fresca è stata uguale o superiore a 1 cm. Per la stazione di Bormio, si è anche considerato il numero di eventi di precipitazione che hanno apportato una quantità di neve fresca maggiore o uguale a 20 cm, valutando la sua distribuzione mensile e stagionale;

- **distribuzione dei tipi di tempo** nelle stagioni invernali e frequenza di comparsa negli eventi meteorologici significativi. Vengono descritti gli eventi di nevicate di maggiore rilievo del decennio, sia dal punto di vista delle configurazioni meteorologiche che li hanno provocati, sia dei fenomeni valanghivi ad essi conseguenti.

ESTENSIONE TEMPORALE DEI DATI

I periodi invernali di disponibilità di dati per le località considerate, che vanno generalmente da dicembre ad aprile, sono i seguenti:

- per Bormio, gli inverni dal 1982/83 al 1998/99, per complessive 17 stagioni invernali

- per le altre stazioni, gli inverni dal 1989/90 al 1998/99, per complessive 10 stagioni invernali.

Carta di circolazione a 850 hPa del 24-12-99 alle 12 UTC.



Fig 8



Fig 9

nuovi apporti nevosi innescano così il secondo periodo critico stagionale per quel che riguarda il pericolo di distacco delle valanghe. In aprile, infatti, le temperature ormai assestate su valori primaverili ed il susseguirsi di periodi perturbati, non permettono un'adeguata stabilità del manto nevoso. Solo a partire dalla seconda metà del mese ha inizio un'intensa fase di ablazione, che si traduce con la scomparsa del manto nevoso entro metà maggio oltre i 2000 metri di quota.

Sulla base dei risultati ottenuti, con l'analisi dell'andamento delle stagioni invernali comprese tra il dicembre 1989 e l'aprile 1999, è stato possibile tracciare le caratteristiche dell'inverno medio

per l'area delle Alpi lombarde in esame. L'attendibilità dei risultati ottenuti è stata verificata valutando l'andamento della stagione invernale 1999-2000. Il mese di dicembre 1999 è caratterizzato nella sua prima parte da assenza di precipitazioni significative e da temperature rigide, a partire dalla terza decade del mese, per afflusso di correnti fredde da nord-est. Il manto nevoso a 2000 metri di quota presenta spessori ancora esigui (30-50 cm) e risulta debolmente consolidato; sono presenti lastroni da vento e gli strati basali sono costituiti da cristalli angolari e brina di fondo per il

persistere della basse temperature. L'indice del pericolo si mantiene moderato per la scarsa presenza della neve al suolo e per la sua disomogeneità, e solo in concomitanza con i deboli eventi di precipitazione si porta al livello di pericolo marcato. A partire dal giorno 22 le correnti fredde settentrionali si attenuano, lasciando spazio all'ingresso di flussi di correnti umide occidentali che determinano il tempo per l'ultima settimana dell'anno. I venti in quota soffiano dai quadranti nord-occidentali e si registrano nevicate di debole intensità oltre i 900 metri di quota (fig.8).

Carta di circolazione a 850 hPa del 28-01-00 alle 12 UTC.



Fig 10

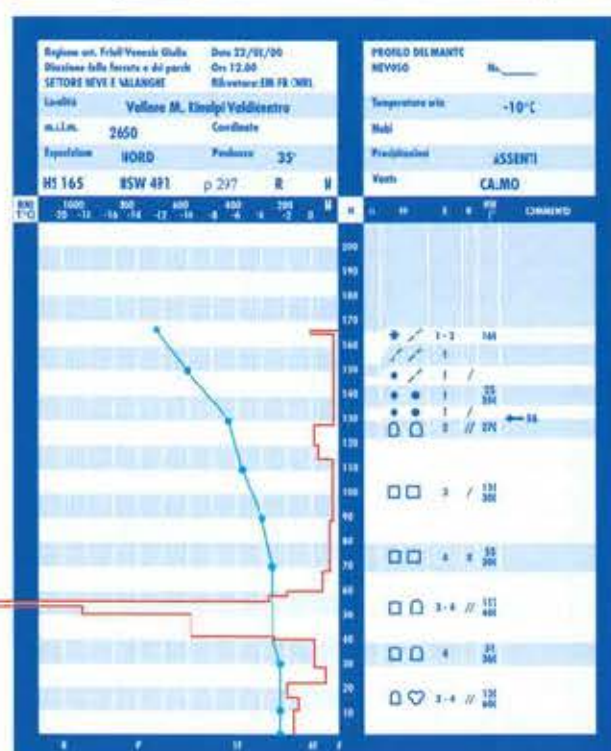


Fig 11



All'inizio di gennaio, il manto nevoso fa registrare spessori intorno alla media degli ultimi anni e la neve nuova non presenta buoni legami con il manto nevoso preesistente.

In questo periodo si assiste ad una fase critica per quel che riguarda il pericolo di valanghe, anche a causa dei forti venti occidentali che hanno accompagnato le precipitazioni (fig.9).

Fino alla metà del mese di gennaio l'Europa risulta sotto l'influsso di un campo di alte pressioni, che determina condizioni di tempo stabile sulle Alpi ed il progressivo consolidamento del manto nevoso. Il giorno 17 la presenza di un campo di alte pressioni sulle Isole Britanniche ed una profonda depressione con minimo sul Mar Baltico, fanno sì che la nostra regione sia interessata da forti correnti settentrionali che abbassano notevolmente le temperature. Oltre il limite boschivo la neve al suolo è caratterizzata da accumuli in dorsali ed avvallamenti.

Dal giorno 28 si assiste ad un peggioramento delle condizioni meteorologiche grazie all'ingresso di aria umida dai quadranti

nord-occidentali, sospinta verso il centro Europa da una depressione sull'Atlantico. Nevica debolmente lungo le creste di confine e le nuove precipitazioni non modificano sostanzialmente la stabilità del manto nevoso (fig.10).

Durante la prima metà del mese di febbraio le Alpi sono investite da forti venti settentrionali, che abbassano sensibilmente le temperature e solo in alcuni casi danno luogo a deboli nevicate lungo le creste di confine. Le basse temperature mantengono deboli i legami tra la neve vecchia e quella recente e solo la scarsità delle precipitazioni permette di non far variare sensibilmente la stabilità del manto nevoso (fig.11). A fine febbraio l'anticiclone delle Azzorre influenza il tempo sulla nostra regione (fig.12). All'inizio di marzo il passaggio di correnti atlantiche connesse ad una depressione sulla penisola scandinava, determina deboli precipitazioni accompagnate da forti venti in quota. Il manto nevoso si presenta instabile per la presenza di lastroni superficiali poggiati sui precedenti lastroni non ancora legati al vecchio manto nevoso. Dalla seconda decade del mese l'anti-

Carta di circolazione a 850 hPa del 24-02-00 alle 12 UTC.



Fig 12

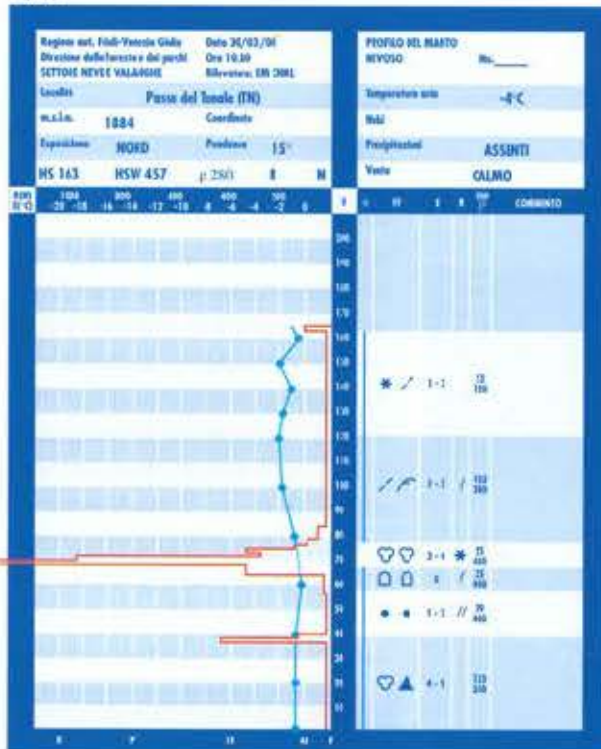


Fig 13

clone presente sul bacino del Mediterraneo mantiene il tempo stabile e permette l'innalzamento delle temperature; i cicli di fusione e rigelo che si instaurano in questo periodo favoriscono il consolidamento del manto nevoso. A fine marzo una depressione presente sull'Atlantico fa affluire masse di aria umida in direzione della fascia alpina da sud-ovest; il formarsi di una depressione sull'Italia settentrionale determina estese precipitazioni su tutti i settori delle Alpi lombarde. Il manto nevoso raggiunge i massimi spessori stagionali: la neve si presenta umida e debolmente consolidata (fig.13). In questo periodo s'instaura un forte pericolo di valanghe a causa delle recenti ab-



bondanti nevicate e dei venti moderati che le hanno accompagnate. Dopo una breve pausa di tempo stabile instaurata da un debole sistema anticiclonico presente sul centro Europa, le condizioni meteorologiche tornano a peggiorare durante la prima settimana di aprile e si mantengono instabili fino all'inizio dell'ultima decade del mese. Le Alpi sono interessate da correnti umide succedenti occidentali che apportano precipitazioni di debole intensità: le nevicate, caratterizzate da neve umida o bagnata, contribuiscono ad appesantire il manto nevoso innescando possibili distacchi di valanghe spontanee. A partire dal giorno 21 una fascia di alta pressione si estende sul centro Europa determinando tempo stabile sulle regioni alpine. Le temperature si assestano su valori primaverili contribuendo al progressivo consolidamento del manto nevoso che inizia la fase di ablazione, dalla fine del mese di aprile a causa dell'ulteriore innalzamento dei valori di temperatura. L'inverno 1999-2000 si è distinto

particolarmente per la frequenza di comparsa di flussi da nord-nord ovest nei mesi di gennaio, febbraio e nella prima metà del mese di marzo, che hanno fatto registrare così basse temperature e precipitazioni sempre di debole intensità, confermando la tendenza degli ultimi anni circa l'assenza di nevicate di una certa importanza nei mesi centrali dell'inverno. L'evoluzione del manto nevoso per quel che riguarda l'attività valanghiva, è stata fortemente influenzata dallo scarso spessore della neve al suolo ad inizio stagione, dai frequenti episodi di vento forte nella parte centrale dell'inverno e dalle abbondanti nevicate di fine marzo. I periodi critici registrati sono stati 3:

- durante e immediatamente dopo le precipitazioni di fine dicembre a causa dell'assenza di buoni legami tra la neve nuova e quella vecchia;
- a seguito delle deboli precipitazioni di fine febbraio a causa del forte vento che le ha accompagnate e delle basse temperature;
- durante e dopo le precipitazioni

di fine marzo a causa degli abbondanti quantitativi di neve fresca e dell'umidità della neve precipitata.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Un piano di prevenzione ha come scopo quello di ottenere un sufficiente grado di sicurezza per le persone e le cose negli insediamenti e lungo le vie di comunicazione, oltre che per le attività sportive e ricreative che vengono praticate sulle montagne innevate. Il rischio si definisce attraverso la probabilità che si verifichi un evento durante un intervallo di tempo predeterminato ed è correlato a tre indici di probabilità fra loro indipendenti:

- il pericolo o probabilità del verificarsi dell'evento;
- la vulnerabilità o probabilità di presenza o che vengano prodotti dei danni;
- valore o entità del danno.

Gli enti e le istituzioni considerano il così detto rischio collettivo dato dalla somma dei rischi individuali, cioè dall'insieme dei ri-



sci corsi da tutte le persone e gli oggetti minacciati dall'evento, moltiplicato per un fattore che indica il diverso peso assegnato dalla società a diversi tipi di rischio (ad esempio la distinzione tra rischi volontari e involontari). Rimane una percentuale di rischio residuo che è posta in relazione alla capacità di valutazione e di comportamento del singolo che intraprende attività volontarie al di fuori delle zone maggiormente controllate. La probabilità che si verifichi una valanga in una determinata area viene definita attraverso la valutazione della stabilità del manto nevoso, e l'analisi climatologica può essere un valido supporto. La probabilità di presenza è legata all'uso che si fa dell'area da proteggere: per un insediamento turistico permanente è sempre pari a 1 ed è molto alta per percorsi ricreativi molto frequentati (piste da sci, percorsi sci-alpinistici). L'entità del danno permette di quantificare le proporzioni di un possibile danno sulla base di una scala di valori parzialmente soggettiva. La defi-

rizione delle condizioni attuali di stabilità, da cui dipende la probabilità di distacco valanghe, viene fatta principalmente attraverso l'esame dei profili del manto nevoso e dei risultati dei test di stabilità, mentre la previsione del pericolo viene effettuata stimando l'azione dei principali fattori meteorologici: (precipitazione, vento, temperatura, radiazione solare ecc.) sulla struttura del manto nevoso. È quindi evidente che la previsione del pericolo di valanghe è strettamente legata alla previsione meteorologica. La conoscenza dettagliata degli effetti di una determinata situazione meteorologica, sull'evoluzione del manto nevoso in una certa zona, permette di migliorare sempre più la previsione del pericolo valanghe e consente di intervenire più efficacemente in situazioni di probabile rischio elevato. Per questa ragione è auspicabile lo sviluppo di modelli che integrino sempre di più le conoscenze meteorologiche con i modelli classici di dinamica delle valanghe. Con gli attuali modelli di previsione

meteorologica, è possibile prevedere la 850 hPa a 9-10 giorni: è evidente che la conoscenza delle relazioni tra neve e tipi di tempo possa essere utile per sviluppare dei sistemi di preallarme sulla base delle previsioni di circolazione, sempre tenendo presente la situazione del manto nevoso al suolo. La stagione invernale media definita precedentemente (figura 7), ad esempio, pone l'attenzione su due momenti particolari dell'inverno: il periodo compreso tra la fine dell'anno e la prima metà di gennaio ed il periodo che va dall'ultima decade del mese di marzo fino ad oltre la metà d'aprile. Tenendo conto della prevalente vocazione turistica dell'area analizzata, si perviene alla conclusione che la prevenzione delle valanghe deve rivestire un ruolo di primaria importanza e deve dettare le regole in una corretta politica di pianificazione territoriale. L'indagine svolta in questo studio può essere utilizzata a supporto di previsioni meteorologiche, che servono a definire il pericolo valanghe su un'area alpina.



Analisi Meteoclimatica Cartografia Valanghe

**Studio per il rilevamento geomorfologico dei
Monti Reatini, nell' Appennino centrale**

Angelini S, Farabollini P, Fazzini M,
e Gentili B.

Dipartimento di Scienza della Terra,
Università di Camerino (MC)

Mauro Gaddo

Provincia Autonoma di Trento - Ufficio Neve e
Valanghe

Lo studio si inquadra nell'ambito delle ricerche che il Dipartimento Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Camerino da anni svolge nel territorio dell'Italia centrale. In particolare, il lavoro qui presentato si prefigge lo scopo di ricostruire l'evoluzione geomorfologica quaternaria della porzione centrale del gruppo di Monte Terminillo, comunemente considerato parte dei Monti Reatini. La realizzazione si è articolata in più fasi: la prima ha prodotto un rilevamento geomorfologico di dettaglio (110 kmq, scala 1:10000), finalizzato allo studio delle forme e dei depositi presenti nell'area, con particolare attenzione alla ricostruzione dei processi di messa in posto attraverso le fasi glaciali interessanti l'area rilevata; la cartografia così ottenuta è stata integrata e completata attraverso lo studio delle foto aeree. Particolare importanza è stata rivolta alla ricerca bibliografica e da ultimo, ma non meno importante, dall'analisi delle testimonianze umane di chi vive, opera e lavora in quell'ambiente. L'area presa in esame ha mostrato i caratteri riscontrabili in zone d'alta montagna, con forme tipiche delle aree più elevate dell'appennino, oltre i duemila metri di quota, quindi, una gran parte del presente lavoro è stato rivolto alle problematiche connesse con le precipitazioni nevose e con la redazione di una apposita cartografia delle pericolosità connesse con i fenomeni valanghivi (CLPV, scala 1:25000), che hanno svolto e svolgono tuttora un ruolo molto importante sia come agente morfogenetico che come attività programmatica; inoltre, si è presentato un progetto di bonifica per la Strada Provinciale Leonessa-Rieti, stagionalmente interrotta per pericolo di valanghe.

INTRODUZIONE

La Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe della porzione centrale dei Monti Reatini, è nata come naturale completamento di una tesi sperimentale di laurea in Geologia, presso l'Università degli studi di Camerino (MC). Si è tentato infatti, di dare una funzione applicativa ad un lavoro di Rilevamento Geomorfologico (Fig.1) altrimenti fine a se stesso, pur riconoscendo l'obiettivo difficoltà di muoversi in un discorso completamente nuovo per i gruppi montuosi dell'Arco Appenninico. In effetti, oltre al rilevamento geologico-geomorfo-



gico di dettaglio (scala 1:10000 Fg.5), e alla già citata CLPV (scala 1:25000), è stata presentata una proposta di bonifica delle aree a rischio valanga sedi di infrastrutture. L'area interessata da questo lavoro si estende all'interno del comune di Leonessa (RI), occupa una superficie di 100 Km² circa ed è notoriamente ritenuta parte dei Monti Reatini (Appennino Umbro-Sabino). Compresa approssimativamente fra la conca di Rieti a Ovest e la valle del fiume Velino a Est, è caratterizzata dalle vette della porzione centrale del gruppo di Monte Terminillo che hanno,



Fig 1

Leonessa						Terminillo						Rieti					
Max.	Min.	Med.	Esc.	Prec.	Hn	Max.	Min.	Med.	Esc.	Prec.	Hn	Max.	Min.	Med.	Esc.	Prec.	
5,1	-2,3	1,4	7,3	148	2	-0,4	-4,8	-2,6	3,6	130	0	8,2	-0,8	3,7	9,0	104	
6,4	-2,3	2,1	8,7	144	1	1,5	-3,0	-0,8	4,5	158	1	10,0	-0,2	4,9	10,2	116	
8,9	0,4	4,7	8,6	147	11	3,1	-1,3	0,9	4,3	127	11	13,8	2,5	8,2	11,3	103	
12,5	3,3	7,9	8,1	154	11	5,4	1,0	3,2	4,4	141	11	17,9	5,4	11,7	12,5	100	
17,8	6,9	12,3	11,0	146	11	10,5	4,8	7,7	5,7	128	11	21,8	8,6	15,2	13,2	111	
21,8	10,0	15,9	11,8	86	11	14,9	8,7	11,8	6,2	118	11	25,8	11,6	19,2	15,2	63	
25,3	11,6	18,5	13,7	51	11	17,3	11,0	14,1	6,3	66	11	29,6	14,1	21,9	15,5	29	
25,1	12,0	18,5	13,1	53	11	17,7	11,1	14,4	6,6	99	11	29,3	14,1	21,7	15,2	38	
21,4	9,3	15,3	12,1	118	11	14,9	8,8	11,9	6,2	132	11	25,7	12,1	18,9	13,6	84	
16,3	5,4	10,9	11,0	199	11	10,2	4,4	7,3	5,8	156	11	19,1	7,9	13,5	11,2	142	
10,1	2,7	6,4	7,5	206	11	6,5	2,1	4,3	4,3	200	11	13,8	3,7	8,8	10,1	164	
6,0	-0,6	2,7	6,6	168	11	2,1	-1,8	0,1	3,8	167	11	9,6	0,7	5,2	8,9	126	
15,7	4,7	11,0	11,0	121	11	8,3	2,4	6,0	5,3	129	11	19,0	8,8	12,7	12,7	111	

Fig 2

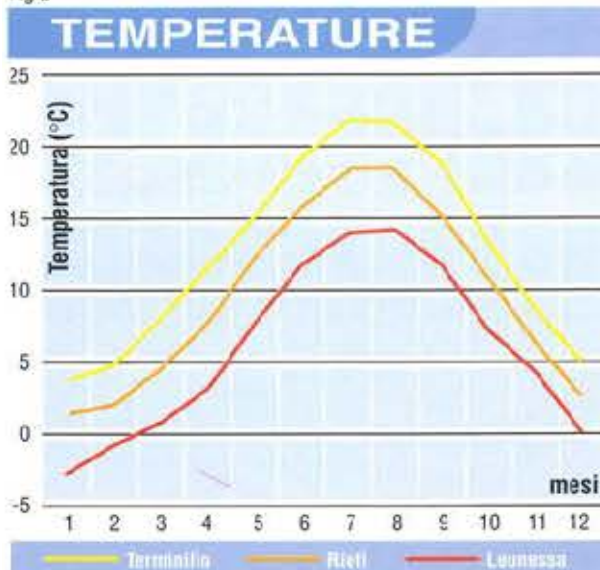


Fig 3

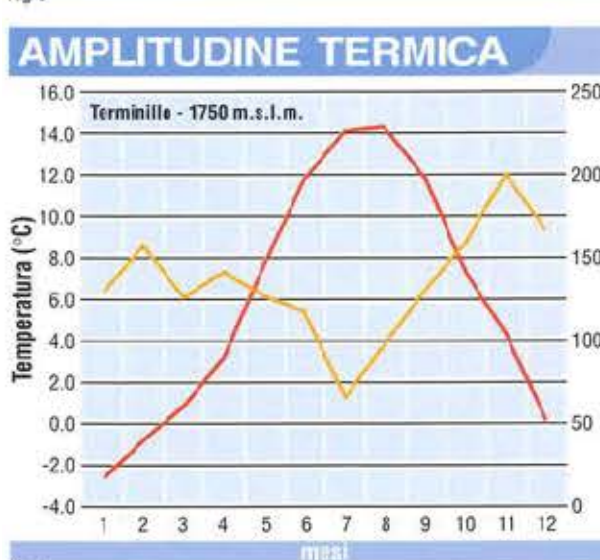


Fig 4

come massima espressione altimetrica, proprio la quota di 2216 m di Monte Terminillo; i centri abitati di Leonessa (1000 m circa) e di Terminillo (1650 m circa), delimitano rispettivamente a Nord ed a Sud la zona analizzata.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E VEGETAZIONALE

L'area presenta i terreni calcarei e calcareo-marnosi tipici della successione sedimentaria Carbonatica-Pelagica Sabina con litotipi che vanno dal più antico rappresentato dal calcare di piattaforma carbonatica giurassica denominato "Calcare massiccio", al termine più recente denominato "Marne con cerrognia". La morfologia dell'intera area, è fortemente condizionata da fattori paleoclimatici, con valli a fondo piatto che bruscamente passano a forre in corrispondenza della massima espansione dei ghiacciai, individuata con la glaciazione del Wurm (Fig.6).

Dal punto di vista vegetazionale si riconoscono diverse specie

arboree a foglie caduche, con assoluta prevalenza di faggete che si spingono sino ai 1700 m circa, mentre mancano totalmente le conifere. Al di sopra di tale quota è presente una tipica vegetazione di tundra alpina (vedi foto).

ANALISI METEO-CLIMATICA

Per l'analisi climatica sono state considerate le stazioni termopluviometriche di Rieti, Leonessa e Monte Terminillo (Fig.2), appartenenti alle Rete di misura della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Servizi Tecnici Nazionali, per il compartimento di Roma; i dati riguardano il periodo compreso tra il 1960 ed il 1990. Per la parte nivologica sono disponibili invece dati relativi alle stazioni di Monte Terminillo e Leonessa per il periodo 1973-1987.

Da un punto di vista dinamico tutta l'area risente in ogni periodo dell'anno della circolazione tipica del Mediterraneo occidentale. Le precipitazioni, piuttosto abbondanti, sono apportate prevalentemente da perturbazioni atlantiche precedute da venti di scirocco o libeccio caldi ed umidi che provocano forti apporti, specie nel semestre ottobre-marzo, mentre in estate vi domina l'anticiclone delle Azzorre.

E' da sottolineare comunque che il forte riscaldamento diurno del suolo favorisce i fenomeni temporaleschi di tipo termico. Piuttosto raramente invece l'area è investita dalle correnti del primo quadrante che apportano ondate di freddo particolarmente intense e nevicate abbondanti.

Le temperature medie annue dell'area sono in genere comprese tra i 12,5 °C di Rieti, i 10 °C circa di Leonessa ed i 6 °C della stazione di Monte Terminillo (Fig.3). Tali valori per il mese più freddo (gennaio) e i più caldi (luglio ed agosto) sono rispettivamente di 3,7, 1,4 e -2,3 °C e di 22, 18,5 e





14.5 °C circa (Fig.4). Risulta evidente dal quadro delle temperature, come la morfologia in scala locale sia fortemente influenzata dai classici cicli criogenetici. L'acqua penetra nelle fratture della roccia carbonatica esercitando forti pressioni puntuali al passaggio liquido-solido, i clasti così prodotti alimentano le potenti falde detritiche al piede dei rilievi.

In rapporto alla posizione geografica delle tre stazioni, (le prime due collocate su pianure alluvionali, la terza di vetta), i valori estremi sono tipici di aree con caratteri sub-continentali d'altitudine, specie per le temperature invernali che possono essere paragonate a quelle di siti alpini posti ad altezze simili.

In effetti, in gennaio, a Rieti si raggiungono non di rado valori intorno ai -10 °C (favoriti anche dal fenomeno dell'inversione termica), a Leonessa ed al Terminillo si possono sfiorare o addirittura superare i -20 °C (inverni '63-'85 ed '86) in situazioni di tempo balcanico quando masse d'aria continentale russa riescono a raggiun-

gere l'Italia adriatica ed a valicare lo spartiacque appenninico principale. Il numero dei giorni di gelo è estremamente variabile e dipende soprattutto dall'esposizione dei singoli siti; i dati disponibili per la stazione di Monte Terminillo indicano un valore piuttosto costante nell'anno di circa 130 episodi; si può tuttavia ipotizzare che il numero sia sensibilmente superiore nei fondovalle principali in virtù dell'esposizione e del fenomeno dell'inversione termica. Essi avvengono generalmente tra fine ottobre e inizio maggio ma in situazioni di tempo balcanico possono verificarsi anche al di là dei limiti temporali succitati. Il numero dei giorni di ghiaccio è molto inferiore e si aggira intorno ai 25 alle quote più elevate.

Analizzando i dati pluviometrici risulta evidente che tutta l'area riceve mediamente precipitazioni abbondanti, senza grandi scarti tra i siti di vetta e quelli di media montagna mentre è evidente un calo allontanandosi dal nucleo montuoso centrale (Rieti).



Le precipitazioni nevose sono comuni e consuete ogni anno in tutta l'area. Da dati relativi al periodo 1970-1987 delle stazioni di Terminillo, Leonessa e Monteleone di Spoleto si osserva che i quantitativi medi sono particolarmente abbondanti in prossimità delle vette principali anche in virtù del fatto che la stagione fredda è anche la più perturbata e che il massiccio è direttamente investito dalla corrente umida proveniente dal Mediterraneo. Così intorno ai 1000 metri si registrano totali stagionali di circa 100 cm con punte di 150 cm (1983) mentre al Monte Terminillo la media è di 430 cm con frequenti valori sta-

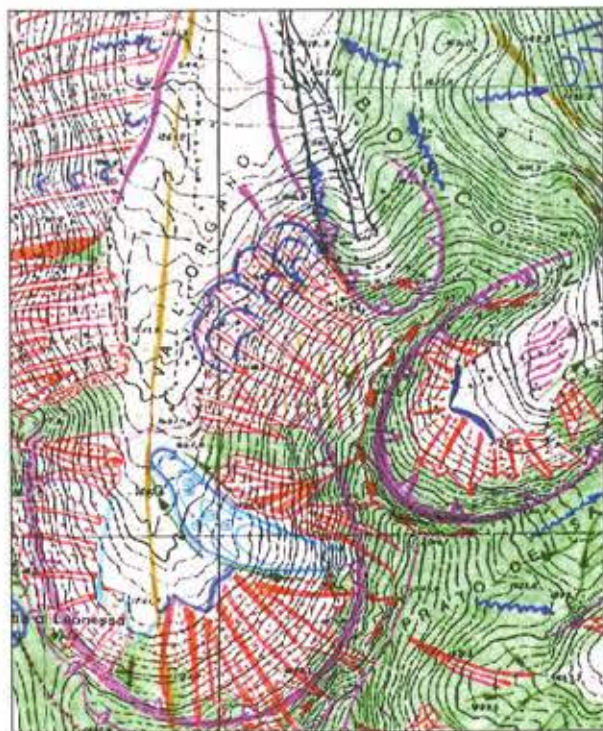


Fig. 5

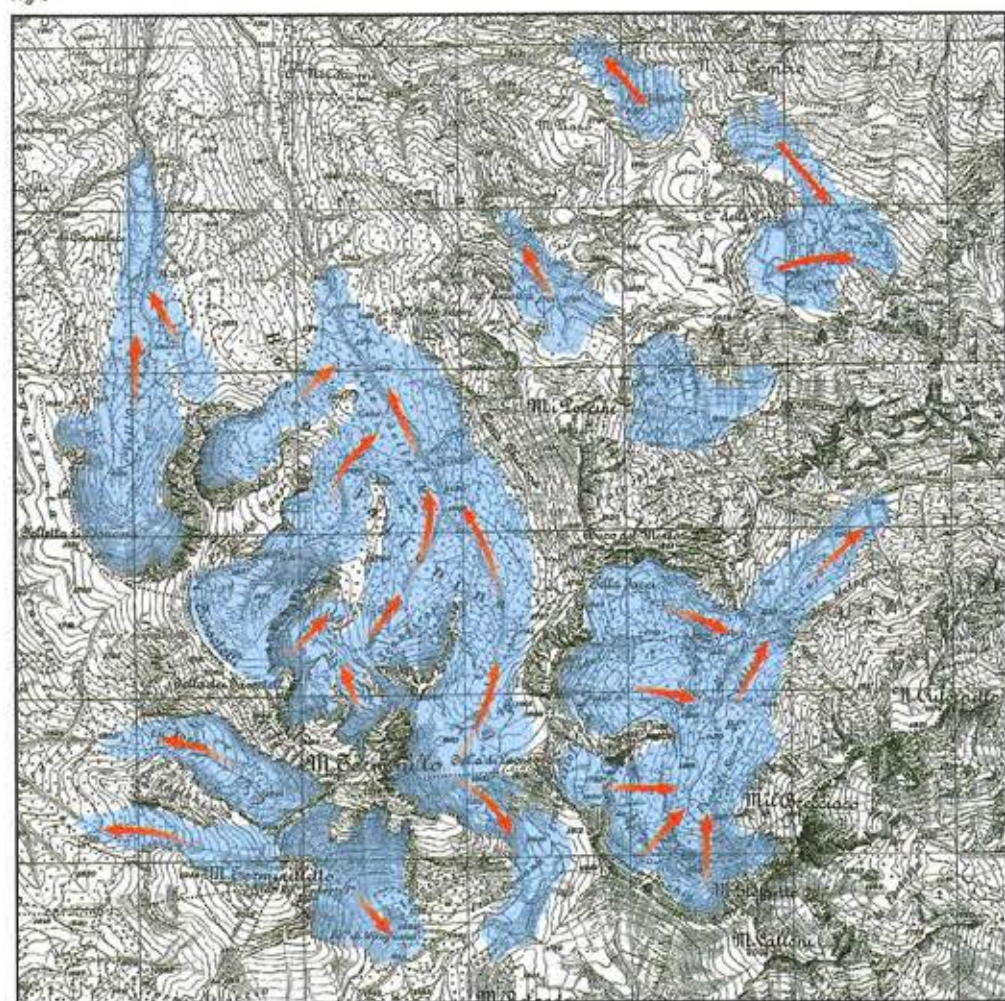


Fig. 6

Fig. 5: estratto del rilevamento geomorfologico in scala 1:1000.

Fig. 6: massima espansione dei ghiacciai durante la glaciazione wurmiana.

gionali superiori ai 500 cm. Il coefficiente nivometrico risulta pertanto essere particolarmente elevato con valori prossimi al 30% alle quote sommitali. La neve cade prevalentemente nel periodo compreso tra fine ottobre e metà maggio e rimane al suolo nelle valli più riparate dall'insolazione anche sino all'inizio di giugno.

Il quadro eolico medio è di difficile interpretazione anche a causa della complessità del rilievo; i dati disponibili per Monte Terminillo evidenziano una netta prevalenza dei venti occidentali in tutte le ore e stagioni con rare calme e con valori estremi talvolta superiori ai 150 km/h; i valori igrometrici medi infine sono piut-

tosto elevati, specie in autunno e si aggirano intorno al 74%.

LE CARTE DI LOCALIZZAZIONE PROBABILE DELLE VALANGHE

Le valanghe rappresentano uno di quei fenomeni naturali che possono condizionare notevolmente l'uso del suolo. Pertanto, nella predisposizione di un'adeguata base analitica finalizzata all'attività di pianificazione, può assumere molta importanza una raccolta sistematica di tutti i dati relativi ai vari fenomeni verificatisi.

Sul territorio della Provincia di Rieti, non esiste un'adeguata documentazione che possa servire come base per la realizzazione di una *Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV)* (Fig. 7), come da anni avviene ormai in molte aree alpine.

Questa mancanza è attribuibile principalmente a due ragioni: la prima riguarda la relativa esiguità del fenomeno se rapportato a zone ben più esposte come quelle dell'Arco Alpino; la seconda è in qualche maniera correlabile alla prima ragione. Solo sporadicamente infatti, detti fenomeni interessano abitazioni o infrastrutture, quindi in passato non si è dedicato loro attenzione sufficiente, subendone passivamente gli effetti ed attribuendoli erroneamente a semplici casualità o peggio ancora, assumendo un atteggiamento di inevitabilità.

L'esperienza alpina dimostra invece che, non solo certi fenomeni non vanno sottovalutati, ma che con uno studio attento e particolareggiato, si potrebbero utilizzare ben più proficuamente fondi pubblici, prevenendo danneggiamenti prima ancora che si verificassero, invece di adoperare palliativi che portano a soluzioni temporanee.

Come noto, la CLPV non può essere letta come carta di rischio,

né, dare indicazioni sui tempi di ritorno, certamente però segnalare i versanti e canali sui quali si è già verificato il fenomeno, quindi da tenere in giusta considerazione.

Si sono incontrate difficoltà di vario tipo nell'acquisizione dei dati necessari, a cominciare dall'esiguità del patrimonio fotografico per giungere alla assoluta mancanza di un catasto relativo agli episodi valanghivi; ciononostante, si è cercato di supplire integrando con la comunità locale, ascoltando testimonianze e cercando riscontri sul terreno arrivando a censire decine di episodi, alcuni dei quali a frequenza stagionale.

A onor del vero, le valanghe stagionali sono in numero abbastanza limitato, tali però da compromettere la percorribilità di almeno una strada di importanza provinciale: da anni ormai, il tragitto che collega il centro abitato di Leonessa alla città di Rieti, viene interrotto per pericolo di valanghe all'arrivo della stagione invernale e ripristinato soltanto allo scioglimento delle nevi costringendo ad una ampia deviazione il traffico locale.

In effetti in tutta l'area, gli episodi censiti sono 38, e almeno tre di questi interessano il tratto di strada sopra indicato: la valanga prodotta dal versante SW di Monte Porcini (Fig. 6), quella dal versante NW di laccio Crudele e da quello N di Monte Terminillo. Di questi però, il solo episodico riguardante laccio Crudele sembra avere cadenza stagionale, negli altri casi, sbalzi termici e precipitazioni

notevoli sembrerebbero avere ben poco effetto, tanto che le ultime valanghe risalirebbero alla stagione invernale 1982/83 particolarmente ricca di precipitazioni nevose.

Esaminando in dettaglio il problema relativo alla già citata Strada

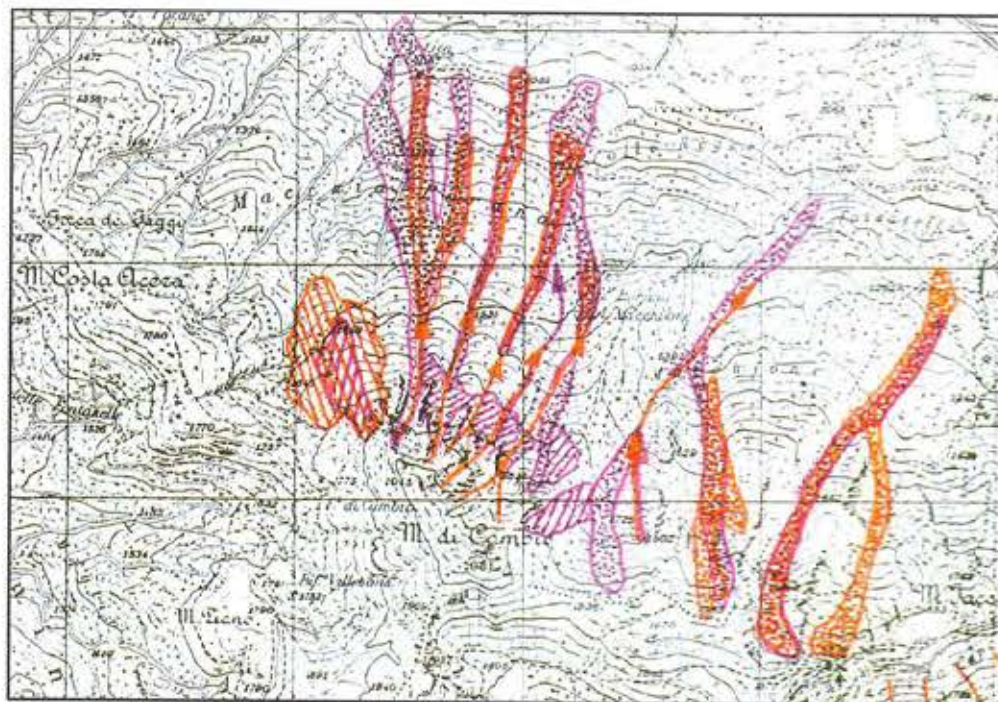


Fig 7

Provinciale, e al versante sovrastante, tralicci dell'energia elettrica periodicamente sono resi inutilizzabili. Sono state ipotizzati due tipi di intervento: nel primo caso si è proposta una variante al tracciato preesistente, con diversi altri accorgimenti tali da garantire la sicurezza; nel secondo caso si è provveduto a indicare il posizionamento di opportune opere di difesa passiva, tali da eliminare definitivamente il problema.

BIBLIOGRAFIA

- SANGELINI, P. FARABOLINI, M. FAZZINI, B. GENTILI (2000) - *Rilevamento geomorfologico del gruppo del Monte Terminillo (Appennino Centrale) e carta di localizzazione probabile delle valanghe* - Tesi di Laurea, Università di Camerino (MC).
- GB. CASTIGLIONI (1988) - *Geomorfologia* - UTET.
- M. COLTORTI, F. DRAMIS (1990) - *Geografia e geomorfologia* - "Paese dei Sibillini", Tecneprint.
- M. COLTORTI, F. DRAMIS & B. GENTILI (1980) - *Glacial and periglacial morphogenesis in the Umbria-Marche Apennines* - Int. Geogr. Congr., Tokyo, 1, 114-115.
- G. DEIANA, L. PASQUALINI, F. SALVUCCI, P. STROPPA & E. TONDI (1995) - *Il sistema dei sovraccorimenti nei Monti Reatini: analisi geometrica e cinematica* - Studi geologici camerti, vol. spec.
- J. DEMANGEOT (1965) - *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques* - CNRS, Documents et mémoires, Paris.
- F. DRAMIS & A. KOTARBA (1994) - *Geomorphological evidences of high mountain permafrost in Central Apennines* - Geogr. Fis. E Din. Quat., 17, 29-36.
- F. DRAMIS & A. KOTARBA (1992) - *Southern limit of relict rock glaciers, Central Apennines, Italy* - Permafrost Perigl. Proc., 3, 257-260.
- PR. FEDERICI (1979) - *Un'ipotesi di cronologia glaciale nurmiana, tardo e postnurmiana nell'Appennino Centrale* - Geogr. Fis. Din. Quat.



Una nuova metodologia di perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe

Massimiliano Barbolini
Dipartimento di Ingegneria Idraulica e
Ambientale, Università di Pavia
Via Ferrata, 1 - 27100 Pavia
e-mail: massimiliano.barbolini@unipv.it

Fabrizio Savi
Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade,
Università "La Sapienza" di Roma
Via Eudossiana, 13 - 00184 Roma

Le procedure attualmente adottate per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe sono affette da incertezze, dovute al numero limitato di osservazioni sperimentali disponibili e alle semplificazioni introdotte nei modelli matematici. Al fine di quantificare queste incertezze viene proposta un'applicazione di analisi statistica di tipo Monte Carlo.

Tale metodologia consente di valutare le funzioni di distribuzione di probabilità delle variabili di interesse per la perimetrazione del pericolo - essenzialmente distanze di arresto e pressioni di impatto - una volta che siano definite le funzioni di distribuzione di probabilità delle variabili di distacco (altezza ed area) e dei parametri modellistici (coefficienti di resistenza). La metodologia proposta è stata applicata per perimetrare le aree esposte al pericolo di valanghe sul sito valanghivo Solco, ubicato in località Chiareggio (SO), Valmalenco.

Le aree montane europee sono state caratterizzate negli ultimi anni da un crescente sfruttamento, in relazione ad un aumento delle attività turistiche e dei traffici commerciali. In alcune aree Alpine si è registrato anche un consistente aumento della popolazione, che ha invertito il "trend" negativo dell'ultimo secolo. Questo fatto ha portato ad occupare aree che mai nel passato erano state oggetto di insediamento, con un



conseguente aumento dell'esposizione al rischio valanghivo di persone e beni. Sebbene una secolare tradizione di protezione dalle valanghe ha permesso di individuare e di proteggere le aree maggiormente esposte, è tuttavia sentita negli enti preposti alla gestione del territorio la necessità di sviluppare procedure tecniche che consentano di perimetrare le aree a rischio di valanga in maniera attendibile e

sistematica. I modelli matematici di simulazione della dinamica delle valanghe costituiscono al riguardo un utile strumento. Numerosi Autori hanno sviluppato nel recente passato differenti tipi di modelli: per una rassegna estensiva si rimanda al lavoro di Harbitz (1998). E' stato progressivamente raggiunto un crescente dettaglio nella modellazione fisica del fenomeno valanghivo, a partire dalle prime descrizioni a

"centro di massa" (Voellmy, 1955; Perla *et al.*, 1980), fino ai più recenti modelli di tipo "continuo", principalmente basati su teorie di tipo idraulico (Naaim ed Ancey, 1992; Natale *et al.*, 1994; Bartelt *et al.*, 1997; Eglit, 1998). Parallelamente ai modelli di tipo deterministico per la descrizione della dinamica delle valanghe, sono state sviluppate anche procedure empiriche per il calcolo delle distanze di arresto (Lied e



Schema dell'approccio Monte Carlo alla mappatura del pericolo di valanga



Fig 1

Distribuzione di probabilità triangolare per Z

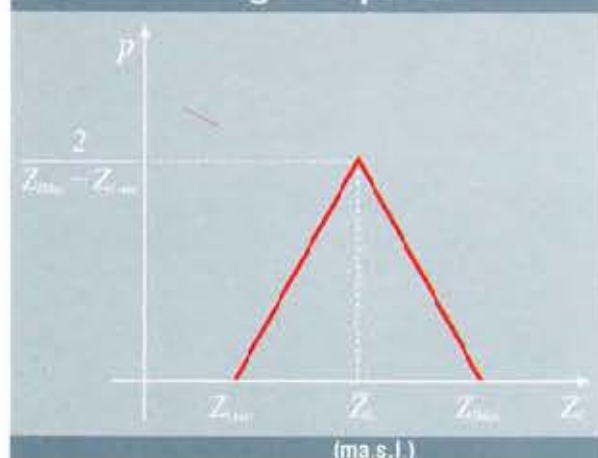


Fig 2 Bakkehoi, 1980; McLung e Lied, 1987). Benché di uso relativamente semplice, i modelli empirici possono essere utilmente impiegati solo per valutazioni speditive e di prima approssimazione, ma sono pressoché inapplicabili nella perimetrazione delle aree a rischio, solitamente caratterizzate attraverso la frequenza e l'intensità degli eventi valanghivi attesi. Questi modelli infatti, oltre a non quantificare le pressioni dell'impatto delle valanghe (ovvero la loro intensità), sono calibrati sulla base di eventi "estremi" e pertanto non permettono di caratterizzare opportunamente neppure la rarità dello scenario valanghivo.

La distanza di arresto che può essere calcolata con i modelli di tipo empirico non è associata ad un ben definito valore del tempo di ritorno, ma fornisce piuttosto un'indicazione di massima di quanto potrebbe verificarsi in occasione di eventi particolarmente "significativi".

Al contrario, i modelli dinamici permettono di simulare più in dettaglio l'evento valanghivo, consentendo ad esempio di valutare le velocità, le pressioni di impatto e la forma del deposito. Le aree con differente grado di esposizione al pericolo possono essere opportunamente perimetrate definendo, per assegnato tempo di ritorno, l'altezza di distacco e studiando la propagazione della valanga con il modello matematico. In realtà, il grado di precisione richiesto in applicazioni pratiche finalizzate alla perimetrazione delle aree a rischio è maggiore di quello attualmente ottenibile mediante l'utilizzo di modelli dinamici, come hanno dimostrato in molti casi gli eventi valanghivi dell'inverno 1999 (Colombo, 2000). Infatti, incertezze sostanziali caratterizzano la definizione sia degli scenari di progetto (altezza ed area di distacco in funzione di un fissato tempo di ritorno) che dei parametri del modello (coefficienti dell'attrito in funzione delle caratteristiche della valanga e del sito).

Un'analisi approfondita su un gruppo di modelli dinamici di tipo idraulico, compiuta nell'ambito del progetto di ricerca Europeo "SAME" (*Snow Avalanche Mapping in Europe*, IV Programma Quadro della Comunità Europea "Ambiente e Clima") (Barbolini et al., 1998; 2000) ha mostrato chiaramente che anche variazioni relativamente contenute sui coefficienti d'attrito (15%), possono produrre variazioni considerevoli nei risultati del modello, sia in termini di distanze di arresto

(fino all'ordine di 10^2 m) che di pressioni di impatto (fino all'ordine di 10^1 kPa). La sensibilità alle condizioni di distacco è risultata inferiore, ma comunque significativa. Sebbene riconosciute, le incertezze nella definizione delle condizioni di distacco e dei parametri modellistici non sono solitamente considerate in modo esplicito nella perimetrazione delle aree a rischio. Queste fonti di errore sono normalmente trattate attraverso una stima conservativa dei parametri o, in alcuni casi, mediante analisi di sensibilità. Comunque, ciascuno di questi approcci presenta evidenti limitazioni quando si vogliano stimare le implicazioni statistiche delle incertezze. Nel presente lavoro sono proposte alcune idee preliminari per definire i limiti di confidenza delle aree perimetrate in funzione delle incertezze connesse con la modellazione del distacco e della propagazione delle valanghe.

METODOLOGIA

La metodologia proposta, descritta nello schema di Figura 1, combina un approccio deterministico per la modellazione della dinamica delle valanghe con criteri di tipo statistico per la valutazione delle condizioni di distacco e dei parametri modellistici. Le incertezze nella stima di queste variabili sono tenute in conto in modo esplicito esprimendo le funzioni di distribuzione di probabilità, specifiche del sito, delle grandezze che caratterizzano i volumi di distacco e i coefficienti di resistenza. Individuate le leggi di distribuzione di probabilità, sono generati scenari di evento equiprobabili (in termini di altezza e lunghezza dell'area di distacco H_d e L_d , e valori dei parametri del modello μ_i e n_i in Figura 1). Per ciascun scenario viene effettuata la simulazione con il modello matematico della propagazio-

ne della valanga, e sono stimati i valori delle grandezze di interesse per la perimetrazione (tipicamente distanze di arresto e pressioni di impatto, D_i e P_i in Fig. 1). E' quindi possibile caratterizzare statisticamente i risultati per diversi scenari di simulazione e quantificare le incertezze nelle mappe di pericolosità, definendo i limiti di confidenza nella stima delle variabili di mappatura.

IL MODELLO DI SIMULAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DELLA VALANGA

I modelli di dinamica delle valanghe "VARA" sono stati sviluppati presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale dell'Università di Pavia nel corso degli anni '90 (Natale *et al.*, 1994; Nettuno, 1996; Barbolini, 1998). Tali modelli utilizzano un approccio di tipo idraulico per la simulazione della dinamica degli scorrimenti nevosi; le equazioni sono simili a quelle comunemente applicate per la simulazione delle correnti idrauliche a pelo libero. Di conseguenza, tali modelli sono applicabili esclusivamente alla simulazione di moti di tipo radente (VARA è infatti l'acronimo di valanghe radenti).

Le equazioni per la conservazione della massa e della quantità di moto di una valanga in movimento lungo un pendio, nella forma mono-dimensionale possono essere scritte (Nettuno, 1996) come riportato dalle equazioni (1a) e (1b) Fig. 3, dove u è il valore medio (sulla verticale) della componente della velocità in direzione parallela al pendio, h è il tirante locale dell'ammasso nevoso in movimento, J è il coefficiente di attrito dinamico, α è l'angolo rappresentativo della pendenza locale del pendio. Le equazioni (1a,b) sono integrate numericamente ai volumi finiti mediante uno schema esplicito di tipo *upwind* del

secondo-ordine (Nujic, 1995).

La formulazione adottata per il coefficiente di attrito dinamico J è simile a quella originariamente proposta da Voellmy (1955), con n^2 equivalente a $1/\xi$ nel modello originale di Voellmy, (vedi equazione 2 Fig. 3). μ è interpretato come un attrito di tipo Coulombiano in corrispondenza del letto di scorrimento, mentre il termine quadratico può essere interpretato con riferimento alla resistenza sviluppata da un materiale granulare in regime di moto di tipo "inerziale" (Bagnold, 1954). Nelle applicazioni pratiche i coefficienti di resistenza μ e n sono stimati mediante taratura, ricostruendo con il modello eventi storici documentati. La simulazione di scorrimenti nevosi su pendii aperti, quali il sito *Solco*, può essere effettuata con un modello mono-dimensionale: per questa ragione è stata utilizzata la versione mono-dimensionale del modello VARA, denominata VARA1D. Le condizioni di distacco sono in questo caso compiutamente definite assegnando l'altezza di distacco H_r e la lunghezza longitudinale di distacco L_r .

DISTRIBUZIONI DI PROBABILITÀ DELLE VARIABILI DI DISTACCO

Altezza di distacco

In accordo con Salm *et al.* (1990) e Burkard e Salm (1992), per fissato tempo di ritorno T e quota media della zona di distacco z , l'altezza di distacco $H_r(T, z)$ può essere espressa in funzione della precipitazione nevosa sui tre giorni consecutivi, $P_{72}(T, z)$, del sovraccarico di neve ventata, P_{SD} , e della pendenza media della zona di distacco, θ come da equazione (3) Fig. 3, dove $f(\theta)$ è un fattore correttivo che consente di tenere in conto della riduzione dell'altezza di distacco al cre-

EQUAZIONI

$$1a) \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} = 0$$

$$1b) \frac{\partial uh}{\partial t} + \frac{\partial (u^2 h)}{\partial x} = g h \sin \alpha - g h \cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} + J \right)$$

$$2) J = \mu + n^2 \frac{u \cdot |u|}{h}$$

$$3) H_r(T, z) = [P_{72}(T, z) + P_{SD}] \cdot f(\theta)$$

$$4) P_{72}^* = \frac{P_{72}}{P_{72j}}$$

$$5) P_{72}^*(T) = b + \frac{a}{k} \left\{ 1 - \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^k \right\}$$

$$6) \text{Var}[P_{72}^*(T)] = \frac{a^2}{N} [f(k, T)]$$

$$7) P_{72}(T, z) = P_{72}^*(T) \cdot \bar{P}_{72}(z)$$

$$8a) P(Z_i) = 2 \cdot \left(\frac{Z_i - Z_{\min}}{Z_{\max} - Z_{\min}} \right)^2, \quad Z_i \leq \bar{Z}_i$$

$$8b) P(Z_i) = 1 - 2 \cdot \left(\frac{Z_i - Z_{\max}}{Z_{\min} - Z_{\max}} \right)^2, \quad Z_i \geq \bar{Z}_i$$

$$9) \mu_j = \frac{\sum_{i=1}^M \mu_i w_{ij}}{\sum_{i=1}^M w_{ij}}$$

$$10) \sigma(\mu)_j = \left[\frac{\sum_{i=1}^M (\mu_i - \mu_j)^2 w_{ij}}{\sum_{i=1}^M w_{ij}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$11) w_{ij} = (1 - d_{ij}^*)$$

$$12) d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^9 (x_k - x_k^*)^2}$$

scere della pendenza della zona di distacco. Nel presente lavoro sono considerate in modo esplicito le incertezze nella stima di $P_{72}(T, z)$. Le altre grandezze che compaiono nell'equazione (3) sono state caratterizzate con il loro valor medio, utilizzando i valori proposti in Salm *et al.* (1990). I valori di $P_{72}(T, z)$ sono stimati a partire da un'analisi delle precipitazioni nevose a scala regionale. A questo scopo si è utilizzata la tecnica del "valor-indice" (Kite, 1988). I dati relativi a differenti stazioni di misura appartenenti ad una determinata area geografica (P_{72ij} indica l' i -esimo massimo annuale per la stazione j -esima) sono resi adimensionali dividendo le singole osservazioni di una stazione per il relativo

Fig 3



valore medio, $\bar{P}_{72j}$, come espresso dall'equazione (4) Fig.3.

In questo modo, una volta controllata l'omogeneità delle stazioni mediante appropriati test statistici (Kite, 1988), tutte le osservazioni costituiscono un unico campione esteso di valori adimensionali. Il campione empirico così ottenuto è stato regolarizzato con la legge di ripartizione di probabilità generalizzata dei valori estremi (GEV) (Hosking *et al.*, 1985; Li-Hsiung e Stedinger, 1992).

Utilizzando tale legge di ripartizione, il valore del percentile $P_{72}^*(T)$ può essere espresso nel modo (5) (Li-Hsiung e Stedinger, 1992) di Fig.3, dove **a**, **b** e **k** indicano rispettivamente i parametri di scala, locazione e forma della distribuzione, stimati in questo caso con la tecnica dei momenti pesati in probabilità (PWM). Seguendo Hosking *et al.* (1985) la varianza della stima del percentile GEV/PWM può essere calcolata mediante l'equazione (6) di Fig.3: dove **N** è la dimensione del campione e **f(k, T)** è una complessa funzione algebrica, i cui valori sono tabulati per assegnati **T** e **k** in Li-Hsiung e Stedinger (1992). L'equazione (5) permette di stimare il valore atteso della variabile $P_{72}^*(T)$, mentre la (6) permette di calcolare la varianza di tale stima e di definire l'intervallo di confidenza.

Il valore di $P_{72}(T, z)$, è ottenuto moltiplicando il suo valore adimensionale $P_{72}^*(T)$ con il valor medio della precipitazione

sui tre giorni alla quota di interesse, $\bar{P}_{72}(z)$ (7) Fig.3.

Quest'ultimo valore è valutato regredendo i valori medi della precipitazione sui tre giorni relativi alle differenti stazioni ($\bar{P}_{72j}$) con le relative quote.

La metodologia seguita consente di quantificare le varianze della stima di $P_{72}^*(T)$, (vedi equazione 6) e di $P_{72}(z)$, quest'ultima connessa all'errore di regressione. Si è ammesso che entrambe queste variabili siano distribuite con legge gaussiana intorno al valore atteso.

Lunghezza di distacco

La lunghezza di distacco **Lr** è definita univocamente una volta che sono fissati lungo il profilo longitudinale del pendio i limiti superiori (**Z_u**) ed inferiori (**Z_i**) di distacco. Nel contesto del presente lavoro, le incertezze inerenti la definizione di questa variabile di distacco sono considerate in modo esplicito considerando mobile il limite inferiore di distacco **Z_i**. Questa ipotesi non appare essere eccessivamente restrittiva, poiché nelle applicazioni pratiche un notevole grado di incertezza caratterizza la definizione del limite inferiore della zona di distacco (il cosiddetto "stauchwall") mentre l'identificazione del limite superiore è di solito meno problematica. Si è ammesso che la variabile **Z_i** sia distribuita secondo una legge di ripartizione di probabilità di tipo triangolare (Figura 2), la cui funzione di probabilità cumulata ha l'espressione riprodotta nelle equazioni 8a e 8b di Fig.3.

Questa legge di distribuzione di probabilità permette di descrivere la variabilità di una grandezza, fissati un valore più probabile (**Z_i** in Figura 2) e due limiti (**Z_{i min}** e **Z_{i max}** in Figura 2). I tre parametri della distribuzione (**Z_{i min}**, **Z_{i max}** e **Z_i**) sono definiti sulla base delle caratteristiche topografiche

della zona di distacco considerata; l'esperienza personale e/o la conoscenza del luogo sono ovviamente di grosso aiuto in questo tipo di valutazioni.

DISTRIBUZIONI DI PROBABILITÀ PER I COEFFICIENTI DI RESISTENZA

Allo stato attuale, il solo riferimento tecnico per quantificare i valori dei coefficienti di resistenza è costituito dalle *Direttive Svizzere* (Salm *et al.*, 1990), ove sono proposti appropriati valori di μ e **n** in relazione alle caratteristiche della valanga (condizioni della neve, frequenza della valanga) e del sito (grado di incanalamento, copertura vegetativa). Comunque, come mostrato in Barbolini *et al.*, (1998; 2000), i valori suggeriti, ottenuti calibrando il modello di Voellmy-Salm, non possono essere direttamente utilizzati per altri modelli matematici, anche nel caso in cui essi utilizzino espressioni simili a quella proposta da Voellmy (1955) per la resistenza al moto. Inoltre i campi di variazione dei coefficienti proposti nelle *Direttive Svizzere*, vista la sensibilità dei modelli dinamici ai parametri di resistenza, si sono dimostrati troppo ampi (Barbolini *et al.*, 1998; 2000).

La procedura alternativa è solitamente quella di compiere una taratura "diretta" del modello sul sito oggetto di studio, sulla base di eventi storici adeguatamente documentati.

La notevole variabilità dei valori di taratura dei coefficienti di resistenza è dovuta alle semplificazioni introdotte nei modelli matematici utilizzati, che spesso trascurano importanti fenomeni fisici nella propagazione della valanga (quali, ad esempio, l'erosione/deposito di neve durante il movimento). Per questa ragione anziché stimare μ e **n** attraverso dei

valori di riferimento, si è preferito caratterizzare i coefficienti di resistenza mediante le leggi di distribuzione di probabilità; tali leggi sono specifiche del sito e, in accordo con le *Direttive Svizzere*, nel caso di μ sono ritenute anche dipendenti dalla frequenza della valanga. Inoltre, per superare l'usuale mancanza di dati storici "sito-specifici" adeguati alla taratura, i valori dei parametri delle leggi di distribuzione di probabilità sono stati stimati su scala regionale, cioè utilizzando valori di taratura dei coefficienti di resistenza ottenuti calibrando il modello su siti valanghivi differenti.

Taratura del modello

Il modello VARA1D è stato calibrato riproducendo valanghe adeguatamente documentate (per le quali erano note le condizioni al distacco e la posizione di arresto), verificatesi in diverse regioni dell'arco alpino italiano (vedi Figura 4) e caratterizzate da diversa frequenza di accadimento. In particolare gli eventi valanghivi sono stati suddivisi in due classi di frequenza: (a) eventi relativamente frequenti; (b) eventi estremamente rari. Una sintesi dei risultati della taratura del modello è presentata in Fig.5; maggiori dettagli in merito possono essere trovati in Barbolini (1999).

Il coefficiente di resistenza n

L'analisi statistica sui valori di taratura segnala che i valori di n non sono correlati alla frequenza della valanga, mentre invece dipendono (ad un livello di significatività del 5% del test *one-way Anova*) dal grado di incanalamento del sito (Fig.6). I valori di n aumentano all'aumentare del grado di incanalamento del sito, in accordo con l'osservazione di una tendenza generale delle valanghe incanalate a scorrere più lentamente di quelle su pendii aperti (vedi equazione 2).

Considerato che n influenza il calcolo delle distanze di arresto assai meno sensibilmente di μ (Barbolini *et al.*, 1998-2000), si è ritenuto di utilizzare nelle simulazioni un valore di n costante, dipendente esclusivamente dalle caratteristiche topografiche del sito in accordo con i valori medi indicati in Fig. 6.

Il coefficiente di resistenza μ

Test statistici sia parametrici che non-parametrici dimostrano, ad un livello di significatività del 5%, che i valori di taratura relativi a eventi relativamente frequenti ed eventi estremamente rari appartengono a popolazioni diverse. In

Indicazione delle zone dell'arco alpino italiano in cui è stata eseguita la taratura del modello VARA1D (Valle D'Aosta, Lombardia, Veneto)



Fig 4

Statistica descrittiva per i valori di taratura dei coefficienti di resistenza μ e n

	Campione generale		Campioni basati sulla frequenza				Campioni regionali					
			Eventi relativamente frequenti		Eventi estremamente rari		Veneto		Lombardia*		Valle d'Aosta*	
Coefficienti di resistenza	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n
	(-)	(s m ^{-1/2})	(-)	(s m ^{-1/2})	(-)	(s m ^{-1/2})	(-)	(s m ^{-1/2})	(-)	(s m ^{-1/2})	(-)	(s m ^{-1/2})
No osservazioni	42	42	30	30	12	12	32	32	7	7	3	3
Valore medio	0.28	0.019	0.31	0.019	0.22	0.015	0.30	0.019	0.27	0.022	0.17	0.014
Deviazione Stord.	0.067	0.004	0.053	0.004	0.051	0.005	0.064	0.003	0.033	0.004	0.016	0.004
Valore minimo	0.15	0.01	0.21	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.24	0.017	0.15	0.01
Valore massimo	0.41	0.025	0.41	0.026	0.29	0.026	0.41	0.026	0.33	0.026	0.18	0.018

*: Erano disponibili per la taratura solo eventi relativamente frequenti
*: Erano disponibili per la taratura solo eventi estremamente rari

Fig 5

particolare per gli eventi più rari si è ottenuto un valore medio di μ più basso (Fig.5), in accordo con le indicazioni delle *Direttive Svizzere* (Salm *et al.*, 1990). Per il campione di dati disponibile risultano appartenere a popolazioni diverse anche i valori di taratura relativi alle differenti regioni dell'arco alpino considerate.

I parametri della legge di distribuzione di probabilità di μ specifica di un determinato sito sono stati stimati con la metodologia originale descritta nel seguito. Per una assegnata regione alpina e per una assegnata classe di frequenza, il valore medio e la deviazione standard di μ sul j -esimo sito valanghivo sono definiti come dalle relazioni 9 e 10 di Fig.3, dove M indica il numero dei valori di taratura disponibili per il campio-

Valori medi per il coefficiente di resistenza n

Grado di incanalamento del sito	Valore medio di n (s m ^{-1/2})
Pendio aperto	$n = 0.017$
Pendio parzialmente canalizzato	$n = 0.019$
Pendio completamente canalizzato	$n = 0.021$

Fig 6

ne considerato, e w_{ij} , definito come da relazione (11) di Fig.3: è il peso da applicare al valore di calibratura relativo al sito i -esimo (m_i) quando utilizzato per derivare la distribuzione di probabilità di μ sul sito j -esimo. d_{ij} , definito come da (12) di Fig.3 rappresenta una distanza Euclidea tra siti differenti, che si è dimostrata efficace nel catturare somiglianze topografiche tra siti valanghivi

Parametri utilizzati per misurare le "similarità" topografiche tra siti valanghivi

Simbolo per il parametro (x_i)	Descrizione del parametro
1 β (°)*	Pendenza media della zona di scorrimento, misurata tra il punto più alto della zona di distacco ed il punto lungo il profilo longitudinale del pendio con una pendenza pari a 14°.
2 δ (°)	Pendenza media della zona di arresto, misurata a partire dal punto lungo il profilo longitudinale del pendio con una pendenza pari a 14°.
3 ψ (°)	Pendenza media del sito valanghivo, pari al rapporto tra il dislivello complessivo del sito e la sua lunghezza in pianta.
4 H (m)	Dislivello complessivo del sito
5 y'' (m ⁻¹)	Curvatura della miglior parabola interpolante
6 R^2 (-)	Coefficiente di correlazione tra la miglior parabola interpolante e il profilo reale del sito
7 Z_R (m s.l.m.)	Quota media della zona di distacco
8 Z_D (m s.l.m.)	Quota media della zona di arresto
9 E (°)*	Esposizione del sito (nel caso di siti con curve, si deve considerare l'esposizione della zona di distacco)

*: Per la definizione del punto β è stata scelta una inclinazione di riferimento pari a 14°, al fine di includere nell'analisi il numero più ampio possibile di siti valanghivi.

*: L'esposizione del sito è misurata in gradi a partire da Nord. Per venire conto del fatto che le differenze più significative per le condizioni del manto nevoso si riscontrano tra le esposizioni Nord/Sud, mentre le differenze relative alle esposizioni Est/Ovest appaiono meno importanti, si sono utilizzati uguali valori di E per i quadranti orientali ed occidentali, cioè E assume i seguenti valori: N=0°; NE/NW=90°; E/W=90°; SE/SW=135°; S=180°.

Fig. 7 che si traducono in valori di calibratura simili per il coefficiente di attrito μ (per dettagli in merito si veda Barbolini, 1999). I parametri topografici x_i utilizzati per misurare le "distanze" tra siti valanghivi, sono elencati e brevemente descritti in Fig. 7. Le variabili x_i sono state preventivamente normalizzate, sottraendo la media e dividendo per la deviazione standard. L'asterisco nell'equazione (11) indica che le distanze sono riscalate su un range [0, 1]; ne segue che il valore di taratura del coefficiente di attrito μ relativo al sito j -esimo stesso, quando disponibile, ha un peso pari a 1, mentre quello relativo al sito del campione più "distante" dal sito j -esimo (ovvero topograficamente più dissimile) ha peso pari a zero.

Si è ammesso che il coefficiente μ fosse distribuito con legge di distribuzione log-normale a due parametri (quindi limitata inferiormente); i valori dei parametri sono stimati col metodo dei momenti, utilizzando valor medio e deviazione standard determinati con le equazioni (9) e (10).

L'utilizzo di leggi di distribuzione di probabilità con più di due parametri, comunque sconsigliabile

data l'esiguità degli eventi disponibili, richiederebbe anche la stima di momenti di ordine superiore al secondo (effettuata con la tecnica dei momenti pesati, in analogia a quanto esposto per media e deviazione standard, cfr. equazioni 9 e 10).

APPLICAZIONE AL CASO DI STUDIO

Il sito valanghivo e il regime nivometrico associato

Il sito valanghivo *Solco* è ubicato nelle Alpi Retiche, nella parte più settentrionale della Valmalenco, una valle laterale della Valtellina situata nelle Alpi Lombarde (Fig. 8). Il sito, orientato a SE e caratterizzato da una conformazione prevalentemente a pendio aperto, interessa in corrispondenza del fondovalle alcune case isolate ed una strada (Fig. 9). La lunghezza del percorso è circa 1600 m, con una dislivello verticale di circa 800 m. L'inclinazione media della zona di distacco è di circa 40°-45°, quella complessiva del sito di circa 30°. La zona di distacco è formata da due bacini distinti; quello più orientale risulta attualmente meno critico, in seguito alla realizzazione di opere di difesa attiva (Foto pag. 36, Fig. 9).

Le stazioni di rilevamento nivometrico meteorologico utilizzate per l'analisi a scala regionale delle precipitazioni nevose sono elencate e brevemente descritte in Fig. 10; in Fig. 8 è indicata la loro ubicazione geografica con riferimento all'ubicazione del sito *Solco*. In Fig. 11 sono sintetizzati i risultati dell'analisi dei regimi di precipitazione relativi all'area in esame; sono tabulati i valori medi della precipitazione sui tre giorni consecutivi (P_{72}) per fissati tempi di ritorno e quote.

Applicazione della procedura Monte Carlo

I metodi delineati nei paragrafi precedenti sono stati applicati per dedurre le distribuzioni di probabilità specifiche del sito di *Hr*, *Lr* e μ con riferimento al caso di studio in esame; dettagli in merito possono essere trovati in Barbolini (1999). Sono stati estratti dalle relative curve di distribuzione di probabilità 1000 valori per ciascuna variabile di distacco (vale a dire *Hr* e *Lr*) e 1000 valori per il coefficiente di attrito μ , sia per eventi relativamente frequenti (ovvero $T=30$ anni) che per eventi estremamente-rari (ovvero $T=300$ anni). I valori di μ sono stati considerati correlati a quelli di *Hr* e *Lr*. Per ciascuna delle due classi di frequenza sono state effettuate le simulazioni della propagazione delle valanghe col modello VARA1D, adottando per tutte le simulazioni il valore $n=0,017 \text{ ms}^{-0.6}$ (Fig. 7) ed il profilo longitudinale di riferimento indicato in Fig. 9. Sono stati eseguiti anche due cicli di simulazioni finalizzati a valutare separatamente gli effetti delle incertezze nella stima delle variabili di distacco e del coefficiente di resistenza μ . Alternativamente, il coefficiente di resistenza μ e le variabili di distacco *Hr* e *Lr* sono state tenute costanti (pari al loro valore medio), mentre veniva fatto variare il va-

Nella figura di pagina a fronte (fig. 8) sono rappresentate le stazioni di rilevamento della Valmalenco e l'ubicazione del sito "Solco"



Fig 8

lore dell'altro parametro (sulla base della relativa curva di distribuzione di probabilità). Nelle applicazioni che seguono le valutazioni di pericolosità sono fatte in accordo con i criteri di mappa: a) proposti nelle *Directive Svizzere* (IFSNV, 1984), basati su frequenze, distanze di arresto e pressioni di impatto delle valanghe.

Risultati

I risultati riportati in Figura 12a-b sono stati ottenuti considerando contemporaneamente le incertezze relative alla stima del coefficiente di resistenza μ e delle condizioni al distacco (altezza H_r e lunghezza L_r). Sulla mappa sono riportati i valori medi e le fasce di confidenza al 95% (calcolati sui 1000 scenari in metri misurati a partire dal punto più alto di distacco) per la distanza di arresto (a) e la soglia di pressio-

ne pari a 30 Kpa (b). Le linee tratteggiate indicano la possibile espansione laterale e sono state determinate sul campo. Gli scostamenti delle distanze di arresto rispetto ai valori medi sono significativi, sia per il caso di eventi relativamente frequenti (fino a 65m) che per il caso di eventi estremamente rari (fino a 180m). La variabilità delle pressioni dell'impatto, sebbene inferiore, è ancora significativa: l'ubicazione del limite inferiore per la soglia di pressione pari a 30kPa è caratterizzata da una variabilità fino a 40m per eventi relativamente frequenti, e fino a 120m per eventi estremamente rari. Il grado di incertezza dei risultati è legato al tempo di ritorno: le fasce di confidenza al 95% per il caso $T=300$ anni, sia per le distanze di arresto che per le pressioni di impac-

Vista d'assieme del sito valanghivo "Solco" su base CTR 1:10000



Fig 9

Stazioni nivo-meteorologiche considerate nello studio

Numero di riferimento	Nome	Quota (m.s.l.m.)	Serie storica disponibile (anni)
1	Lanzada	983	29 (1969-1997)
2	Campo Moro	1966	14 (1984-1997)
3	Alpe Gera	2125	14 (1984-1997)
4	Laghi di Chiesa	1614	5 (1993-1997)
5	Alpe del'Oro	2050	5 (1993-1997)
6	Palù	2000	10 (1988-1997)



Fig 10

Contesto montano della Valmalenco: valori medi della precipitazione su tre giorni consecutivi (P_3) per assegnato tempo (T) di ritorno e quota (z)

Quota (m.s.l.m.)	$P_3(T, z)$ (cm)								
	Tempo di ritorno (anni)								
	3	5	10	15	30	50	100	150	200
1000	32	38	45	49	55	59	65	68	70
1500	54	63	75	81	91	98	108	113	117
2000	75	88	104	113	127	138	151	158	163
2500	96	114	134	145	164	177	194	203	210
3000	118	139	164	178	200	216	237	248	256

Fig 11

Zona di arresto del "Solco"

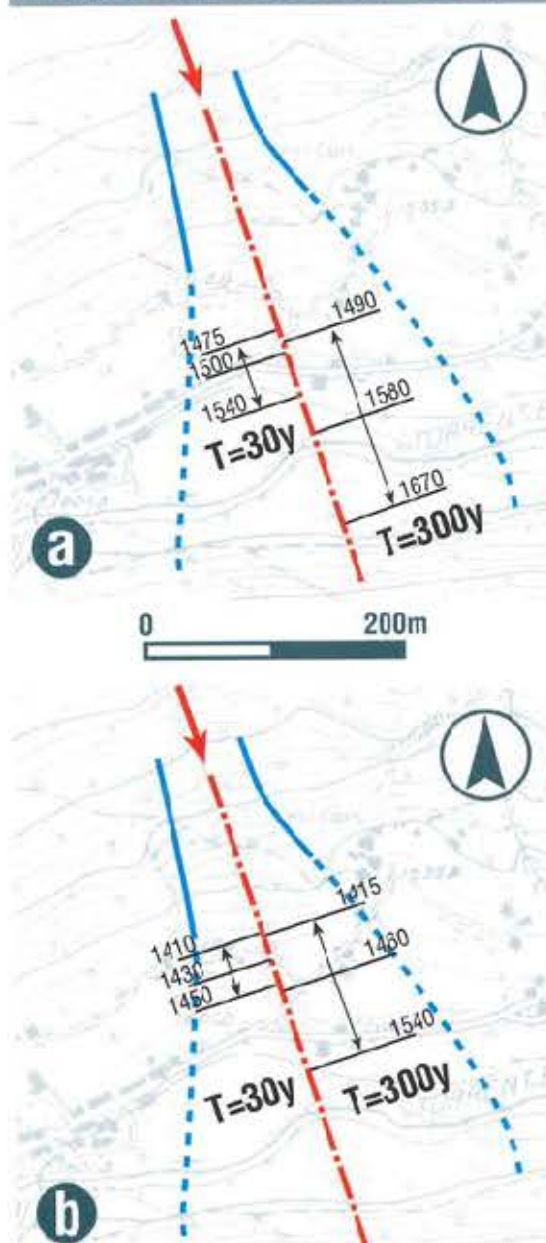


Fig 12

to, sono notevolmente più ampie (circa tre volte) di quelle per il caso $T=30$ anni. Per quest'ultimo caso, tuttavia, la differenza tra il valore medio della distanza di arresto ed il limite inferiore della fascia di confidenza al 95% comporterebbe l'inclusione nella zona interessata dalle valanghe più frequenti sia della strada principale che di un gruppo di case (Figura 12a), con conseguenze rilevanti in termini di valutazione del rischio per l'area in esame. Va infine sottolineato che i valori medi ottenuti per le distanze di arresto, sia nel caso $T=30$ anni che nel caso $T=300$ anni (Figura 12a), sono in buon accordo con i dati storici di valanghe disponibili per il sito in esame (Figura 9). E' stata successivamente analizzata l'influenza sulla distanza d'arresto delle incertezze nella sola stima di μ e nella sola stima di H_r e L_r . Per il caso di eventi relativamente frequenti (Figura 13a) le incertezze nel coefficiente di resistenza μ e quelle nelle variabili di distacco hanno effetti comparabili sul calcolo della distanza di arresto. Le rispettive fasce di confidenza al 95% sono molto simili, sia in termini di ubicazione che di ampiezza (circa 35 m in entrambi i casi). I risultati per il caso dove le due tipologie di incertezze sono tenute in conto simultaneamente (lato sinistro di Figura 12a) sembrano combinare i due effetti separati, con un'ampiezza della fascia di confidenza al 95% per la distanza di arresto (65m) pari a circa il doppio di quella dei due casi precedenti. Al contrario, per il caso di eventi estremamente rari (Figura 13b) le incertezze sul coefficiente di resistenza μ producono errori sulla stima della distanza di arresto che sono notevolmente maggiori di quelli generati dalle incertezze nelle condizioni iniziali. L'ampiezza della fascia di confidenza per il primo caso (160 m)

è circa il doppio di quella relativa al secondo caso (75 m); quando i due effetti sono combinati (lato destro della Figura 12a), si registra solo un piccolo incremento della fascia di confidenza al 95%, rispetto al caso in cui si considera solo l'effetto del coefficiente di resistenza μ (lato destro della Figura 13b). Questo risultato potrebbe avere importanti conseguenze in termini pratici se confermato da ulteriori analisi, condotte sia su altri siti valanghivi che utilizzando un modulo più accurato per la definizione delle variabili di distacco (in grado ad esempio di considerare anche le incertezze relative alla definizione della larghezza di distacco, e quelle relative alla stima dei sovraccarichi di neve ventata). Infatti se si potesse assumere che per eventi estremi l'effetto delle incertezze sulle variabili di distacco è trascurabile se comparato a quello delle incertezze sui coefficienti di resistenza, sarebbe possibile tarare i modelli sulla base dell'informazione relativa all'estensione del deposito anche per i casi in cui fossero disponibili solo stime approssimative delle condizioni di distacco. Si deve osservare che questa è una situazione abbastanza comune per i dati storici contenuti nei catasti valanghe.

CONCLUSIONI

La prima applicazione pratica della metodologia proposta, conferma la concreta possibilità di ridurre il grado complessivo di soggettività attualmente presente nelle operazioni di perimetrazione del pericolo da valanga. Definite le leggi di distribuzione di probabilità delle variabili di ingresso del modello matematico, e caratterizzati statisticamente i risultati delle elaborazioni, le fasce di confidenza delle aree perimetrate possono essere definite in maniera oggettiva e con il livello di affidabilità desiderato,

semplicemente adottando per ciascuna variabile di mappatura il valore con l'appropriata probabilità di non-superamento P (vedi Figura 14a-b). Un vantaggio importante della procedura proposta è indubbiamente connesso con la sua "flessibilità". Le varie semplificazioni attualmente introdotte in ciascuno dei moduli caratterizzanti la procedura, schematizzati in Figura 1, non inficiano la validità generale dell'approccio proposto; ogni eventuale miglioramento dei vari moduli coinvolti (modulo per la determinazione delle condizioni iniziali, modulo per la determinazione dei coefficienti di resistenza, modello di dinamica) potrà infatti essere facilmente integrato nella procedura. Da un punto di vista pratico un'utile implementazione

del presente lavoro potrebbe essere rappresentata dal riconsiderare le mappe di pericolosità già esistenti mediante la procedura proposta, e valutare a quale probabilità di non-superamento si adattano i limiti di pericolosità attualmente in uso. Questa analisi fornirebbe una valida opportunità di standardizzazione delle mappe di pericolosità esistenti.

Ringraziamenti

Questa ricerca è stata sostenuta finanziariamente dal Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Gli autori desiderano ringraziare il Professore Luigi Natale per la sua guida nello sviluppo di questo lavoro e gli Uffici Regionali di Arezzo (AR) e Bormio (SO) per il supporto essenziale nella raccolta dei dati. Un ringraziamento particolare va inoltre a Chris Keylock per i numerosi ed utili commenti, a Betty Scivilla per il suo essenziale contributo tecnico, a Dieter Issler per le stimolanti discussioni. Gli autori desiderano inoltre ringraziare Lorenzo Nettuno, Giovanni Songini e Pietro Vettovelli per il prezioso supporto fornito nella raccolta dei dati relativi al caso di studio Solco. Massimiliano Barbolini ringrazia l'Università di Pavia per una borsa di studio che ha consentito lo svolgimento della presente ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- Bagnold, R. A.: 1954, *Experiments on a gravity free dispersion of large solid spheres in a newtonian fluid under shear*, Proc. Royal Society of London, Ser. A 225, 49-63.
- Barbolini, M.: 1998, VARA one- and two-dimensional models, In C. B. Harbitz (eds), *EU programme SAME. A Survey of computational models for snow avalanche motion*, Oslo, Norwegian Geotechnical Institute, NGI Report 581220, 59-63.
- Barbolini M.: 1999, *Dense snow avalanches: computational models, hazard mapping and related uncertainties*, Ph.D Thesis, University of Pavia, 250 pp.
- Barbolini, M., Gruber, U., Keylock, C.J., Naaim, M. and Savi, F.: 1998, Application and Evaluation of Different Avalanche Models at Five Real Sites in Europe, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, European Commission Programme Energy, Environment and Sustainable Development Project SAME: Snow Avalanche Mapping and Warning Systems in Europe (Contract ENV4-CT96-0258), SAME Report EUR 19068.
- Barbolini, M., Gruber, U., Keylock, C., Naaim, M. and Savi, F.: 2000, Application and evaluation of statistical and hydraulic-continuum dense-snow avalanche models to five real European sites, Cold Regions Science and Technology, 31(2), 133-149.
- Bartelt, P., Gruber, U. and Salm, B.: 1997, Numerical Modelling of Dense Snow Avalanches Using Upwind Finite Difference Methods, Internal Report of the Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research, No. 716, Davos, Switzerland.
- Burkard, A. and Salm, B.: 1992, Die bestimmung der mittleren anrissnichtigkeit d_r zur berechnung von fließlawinen, Internal Report of the Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research No. 668, Davos, Switzerland. [also available in French under the title: Estimation de l'épaisseur moyenne de déclenchement d_r pour le calcul des avalanches coulantes, translated in French by C. Ancey, Cemagref, 1994].
- Colombo, A.G.: 2000, Lesson learnt from avalanche disaster. Proceedings of the Meeting "Analysis of catastrophic avalanches occurred in the EU, and proposals for concrete measures", Ispra, Italy, 4-5 October 1999.
- Egli, M.E.: 1998, Mathematical Modelling of Dense Avalanches, In *Proceedings of the Anniversary Conference for the 25 Years of Snow Avalanche Research at NGI Voss, Norway*, 12-16 May 1998, NGI Publications No. 203, 15-18.
- Harbitz, C.: 1998, EU programme SAME. A Survey of computational models for snow avalanche motion, Oslo, Norwegian Geotechnical Institute, NGI Report 581220. (also in the SAME Report EUR 19068, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, European Commission Programme Energy, Environment and Sustainable Development Project SAME: Snow Avalanche Mapping and Warning Systems in Europe, Contract ENV4-CT96-0258).
- Hacking, J. M. R., Wallis J. R. and Wood E. E.: 1985, Estimation of the generalized extreme value distribution by the method of probability weighted moments, *Technometrics* 27(3), 251-261.
- ISFV: 1984, "Direttive per la considerazione del pericolo di valanghe nelle attività di incidenza territoriale", Ufficio Federale per le Foreste - Istituto Federale per lo Studio della Neve e delle Valanghe, Davos/Berna, Ottobre 1984, 22 pp.
- Kite, G.W.: 1988, *Frequency and risk analysis in hydrology*, Littleton, CO, Water Resources Publications (Publication 224).
- Li-Hsiung L. and Stedinger R.: 1992, Variance of two- and three-parameter GEV/PWM quantile estimator: formulae, confidence intervals, and a comparison, *Journal of Hydrology*, 138, 247-267.
- Lied, K. and Bakkehoi, S.: 1980, Empirical Calculations of Snow Avalanche Run-Out Distance Based on Topographic Parameters, *Journal of Glaciology*, 26(94), 165-177.
- McClung, D.M. and Lied, K.: 1987, Statistical and Geometrical Definition of Snow Avalanche Runout, *Cold Regions Science and Technology*, 13, 107-119.
- Naaim, M. and Ancey, C.: 1992, Modélisation de Dense Avalanches, In *Proceedings of the European Summer University on Snow and Avalanches*, Chamonix, France, 14-25 September 1992, Cemagref Publications, 173-181.
- Natale L., Nettuno L. and Savi F.: 1994, Numerical simulation of snow dense avalanche: an hydraulic approach, In Hamza, M.H. (eds), *Proceedings of 24th International Conference on Modelling and Simulations, MS'94*, 2-4 May Pittsburgh, Pennsylvania, Anaheim, International Association of Science and Technology Development (IASTD) ACTA PRESS, 233-236.
- Nettuno, L.: 1996, *La modellazione delle valanghe di neve densa: aspetti modellistici e sperimentali*, Ph.D Thesis, University of Pavia.
- Nujic, G.L.: 1995, Efficient implementation of non-oscillatory schemes for the computation of free surface flows, *Journal of Hydraulic Research*, 33(1), 101-111.
- Perla, R.I., Cheng, T.T. and McClung, D.M.: 1980, A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion, *Journal of Glaciology*, 26(94), 197-207.
- Salm, B., Burkard, A. and Gubler, H.: 1990, Berechnung von Fließlawinen: eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen, Eidg. Inst. Schnee- und Lawinenforsch. Mitt., 47, 41 pp.
- Voellmy, A.: 1955, Über die Zerstörungskraft von Lawinen, *Schweiz. Bauztg.*, 73(12/13/17/18), 159-165, 212-217, 240-249, 280-285.

Effetti individuali delle incertezze sulle condizioni iniziali (lato sinistro delle figure) e sul coefficiente di resistenza μ (lato destro delle figure) sul calcolo delle distanze di arresto

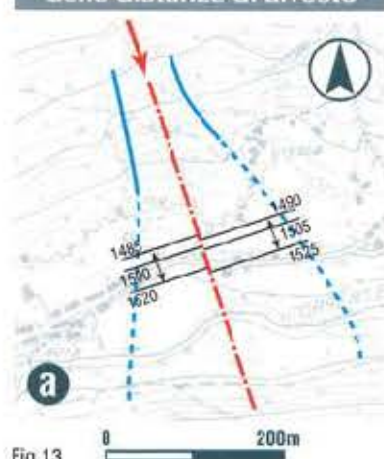
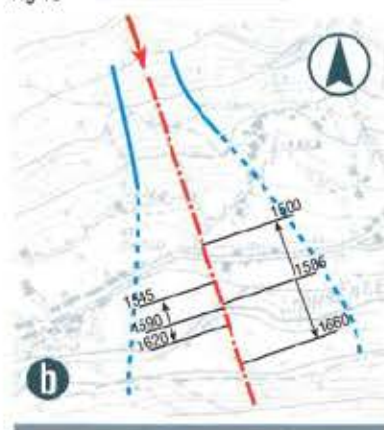


Fig 13



Mappe di pericolosità di tipo "Rosso/Blu" per fissate probabilità di non superamento P



Fig 14



Il Ghiacciaio c

Nonostante le sue minuscole dimensioni e l'innalzamento globale della temperatura, il ghiacciaio del Montasio risulta essere uno degli ultimi baluardi glaciali dell'arco alpino a resistere ancora a quote così basse. Infatti nel Tarvisiano, al margine estremo della Val Saisera sulle pendici nord del Jof di Montasio, alla quota di appena 1800 metri, in fondo ad un profondo canale alimentato da valanghe, si trova un minuscolo ghiacciaio, tanto piccolo quanto affascinante.

Punto di partenza obbligatorio per chi decide di intraprendere la scalata alla parete nord dello Jof di Montasio seguendo la storica e suggestiva via Kugy, (in onore a Julius Kugy padre e scopritore dei percorsi più affascinanti delle Alpi Giulie) il ghiacciaio del Montasio si presenta come un conoide di ghiaccio e neve alto circa 200 metri.

Non indifferente al generalizzato problema dell'innalzamento della temperatura, anche esso negli ultimi anni accusa sostanziali riduzioni di volume e sensibili arretramenti.

Infatti basta dare un'occhiata alle pareti rocciose che lo racchiudono ed alla morena antistante per rendersi conto di quanto più ampio fosse solo qualche decennio fa, tant'è vero che l'attacco della via Kugy, una volta senza difficoltà di sorta, ora presenta un primo tratto con difficoltà di III e IV grado.

Tale situazione, se non interverrà un'inversione di tendenza, porta ad ipotizzare per un prossimo futuro, se non la sua completa scomparsa, sicuramente una consistente riduzione della sua massa, costringendolo a seguire le sorti del ghiacciaio del Canin, anch'esso residuo glaciale situato su una conca a quota 2200 m sotto le pendici nord del monte Canin, confinato ad essere ormai un mini rock glacier.

Nel settembre del 1993, a seguito di un periodo di piogge particolarmente intense il fronte destro della morena antistante cedeva e riversava a valle una quantità di detriti, stimata in alcune decine di migliaia metri cubi, dopo un salto di circa 1000 metri, aggirando lo sperone di roccia su cui si trova il rifugio Stuparich, si depositava in fondo al torrente Saisera. Tale episodio ha contribuito a mettere a nudo parte del ghiaccio da sempre interrato sotto i detriti morenici, rendendolo ancora più vulnerabile all'azione degli agenti atmosferici. Essendo alimentato esclusivamente dalle colate valanghive provenienti dalla zona sovrastante ha sofferto pure della carenza di precipitazioni nevose degli ultimi decenni. Piccolo angolo di paradiso, residuo di un mondo ormai scomparso esso mantiene comunque intatto il suo fascino in grado di stupire chiunque lo raggiunga.



he non c'era



La recente scoperta del Ghiacciaio del Montasio, un corpo glaciale a 1800 m di quota.



I Testimoni. cambi

Un' interessante esperienza
scientifica in Val Solda,
sulle falde nord del
Gruppo Ortles -Cevedale

Luca Arzuffi
luca.arzuffi@unimi.it

Manuela Pelfini
manuela.pelfini@unimi.it

Dipartimento di Scienze della Terra
Università degli Studi di Milano





dei amenti. climatici

Ghiacciai e foreste
come indicatori
del clima

La Val Solda, principale intaglio vallivo del versante Nord del Gruppo Ortles-Cevedale presenta il classico paesaggio di origine glaciale, oggi sempre più colonizzato dalla vegetazione che tende a riconquistare i territori progressivamente deglaciat. Il bosco tuttavia era presente già prima delle avanzate nelle aree poi occupate dalle lingue glaciali. Ne consegue che la relazione tra dinamica glaciale e dinamica della vegetazione arborea è sempre stata molto stretta e l'intero paesaggio naturale conserva le tracce dell'evoluzione ambientale: le morfologie glaciali da una parte e le sequenze degli anelli di accrescimento arboreo dall'altra rappresentano due archivi naturali ricchi e dettagliati. Il presente lavoro riporta i risultati della storia glaciale della Vedretta di Solda negli ultimi secoli, ricostruita mediante indagini dendrogeomorfologiche. Nell'area raggiunta dalla Vedretta di Solda durante la massima avanzata della Piccola Età Glaciale (seconda metà del XIX secolo) sono state cartografate e datate le morene deposte e ricostruite le fasi glaciali corrispondenti. La costruzione di una cronologia per il pino cembro evidenzia le principali tendenze climatiche correlabili alle più generalizzate fasi glaciali; la realizzazione di una carta geomorfologica mostra attraverso le forme dell'ambiente alpino i processi che hanno agito nel passato modellando il paesaggio.

Nelle pagine precedenti: la Val Solda vista dai pressi della Cima dello Schrötterhorn (m 3386) foto G. (ev.): i monti Ortles e Zebù visti dalle Morene di Solda (vicinanze del rif. del Coston-Hintergrathütte); in primo piano la cresta della morena relativa alla massima espansione della Piccola Età Glaciale.

A fianco: l'area tra il salto roccioso e la piana fluvio-glaciale di Solda, oggetto dello studio dendrogeomorfologico sulle variazioni glaciali della Vedretta di Solda nella PEG.



Dall'alto è un solco profondo, quasi rettilineo da un lato e frastagliato dall'altro; i boschi verdeggianti di conifere, in basso, lasciano posto verso l'alto ai pascoli e ad ampie distese di detriti, mentre su tutto domina il biancore scintillante dei ghiacciai coperti di neve nella prima estate. In mezzo, una vasta piana verde di prati e pascoli accoglie, sparpagliati lungo il nastro scuro della strada, i vecchi masi e gli alberghi del paese.

Siamo a Solda, una delle più famose località del gruppo dell'Ortles-Cevedale: la valle che si apre verso settentrione è la Val Solda,

principale intaglio a Nord del massiccio; essa confluisce presso l'abitato di Gomagoi (1200 m) con la Val Trafoi, proveniente dal Passo dello Stelvio: da qui le acque del Rio Solda scendono fino a Prato allo Stelvio in Val Venosta, dove si gettano in quelle dell'Adige. La Val Solda, lunga circa 13 km ed estesa per quasi 75 km², è caratterizzata da quote mediamente elevate: è infatti racchiusa da creste che in corrispondenza delle vette principali superano i 3000 - 3500 m di quota, sfiorando la fatidica cifra dei "quattromila" con le cime dell'Ortles

(3905 m) e del Gran Zebrù (3856 m). Il territorio della valle, date queste caratteristiche, presenta un glacialismo molto sviluppato, con una superficie attualmente coperta da ghiacciai che complessivamente supera i 10 km². Ancora più importante, poi, è stata la presenza dei ghiacciai nel passato: qui, come nella maggior parte delle valli alpine, eventi glaciali più o meno importanti hanno lasciato profonde tracce nel paesaggio.

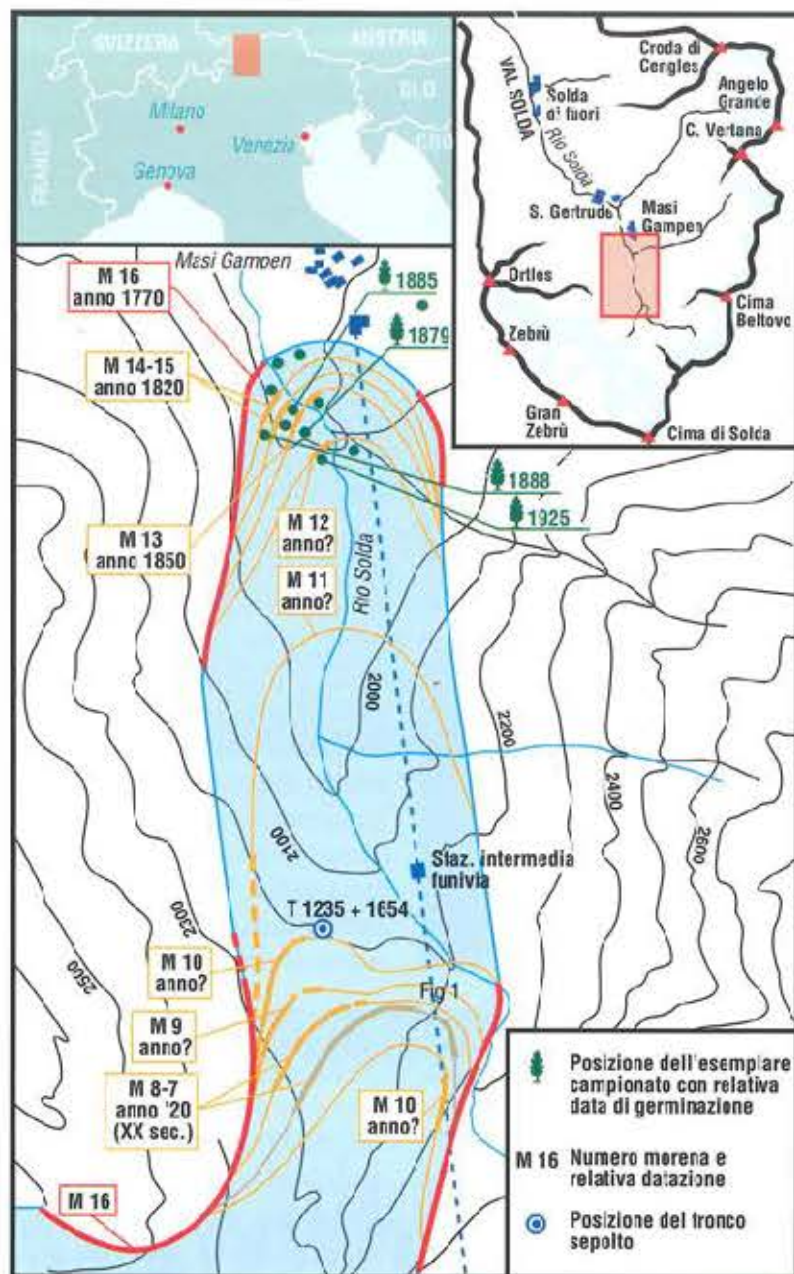
I GHIACCIAI COME INDICATORI CLIMATICI

I ghiacciai alpini, che con le loro variazioni di forma e dimensioni rispondono alle fluttuazioni climatiche, vero motore della dinamica ambientale in alta montagna, costituiscono uno dei principali agenti modellatori del paesaggio alpino. Anche il semplice escursionista subisce il fascino della storia di questo paesaggio "vivo" attraverso le vecchie immagini, le foto storiche e le antiche stampe che suggeriscono paesaggi diversi dall'attuale: ghiacciai dalle lingue rigonfie, boschi radi e giovani dopo il ritiro delle fronti glaciali, paesi non ancora invasi dal turismo. Se poi le immagini lasciano posto all'immaginazione, ci si può figurare un paesaggio glaciale ancora più affascinante, con le valli riempite da grandi ghiacciai confluenti e solo le vette delle montagne che emergono dalla immensa superficie bianca: un paesaggio simile a quello che possiamo osservare ancora oggi quando le nuvole basse vanno a formare il "mare di nubi" alle basse quote, come già suggeriva Ardito Desio nei suoi scritti degli anni Sessanta.

Ma è possibile subire il fascino delle trasformazioni che hanno modellato il paesaggio anche ricostruendone la storia e le carat-

teristiche: è questo l'oggetto d'indagine primario della geomorfologia e delle discipline ad essa correlate.

Nella valle del Rio Solda e nel settore lombardo dell'Ortles Cevedale vengono realizzati da anni studi e ricerche sulla storia glaciale e sugli alberi, da parte di un gruppo di lavoro del Dipartimento Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano. Questi studi hanno portato innanzitutto, per quanto riguarda la Val Solda, alla realizzazione di una dettagliata carta geologica del Quaternario e geomorfologica: oltre a costituire una base dati fondamentale per la conoscenza del territorio (questo rilevamento verrà infatti inserito nella cartografia geologica nazionale in corso di aggiornamento), la cartografia realizzata è stata utile per la ricostruzione delle variazioni glaciali, con la realizzazione di carte paleogeografiche in cui sono state correlate le morene coeve. Per completare il quadro dell'evoluzione ambientale sono stati studiati anche alcuni aspetti della vegetazione in quanto anch'essa risponde alle variazioni climatiche, conquistando o abbandonando i territori posti al limite dei propri areali e registrando negli anelli di accrescimento annuali le caratteristiche climatiche responsabili della maggiore o minore produzione di legno, ed andando così a costituire un ricco archivio naturale di informazioni sulle variazioni ambientali. Stanno ad esempio per essere ultimate ricerche finalizzate alla valutazione delle variazioni di quota del limite altitudinale del bosco. Queste indagini vanno di pari passo con quelle legate allo studio delle variazioni dei ghiacciai: in particolare in Val Solda (come sulla vicina Vedretta del Madaccio, in Val Trafoi) la datazione di alberi, viventi e morti, ha permesso una più precisa ricostru-



zione degli eventi glaciali, in particolare per la Vedretta di Solda, il principale e più esteso ghiacciaio della valle.

LE INDAGINI ALLA VEDRETTA DI SOLDA

Questo ghiacciaio raccoglie le colate glaciali che provengono dalla articolata cresta meridionale della valle, che comprende tre bacini principali: uno occidentale, allungato alla base della parete SE del Monte Ortles, uno centrale, costituito dalla confluenza delle colate provenienti dalla parete Nord del Gran Zebù e dagli attigui passi di Solda e della Bottega ed infine uno orientale, chiu-



A fianco: operazioni di campionamento sul tronco di larice ritrovato sepolto nel till presso la stazione intermedia della funivia, a 2200 m di quota. Dopo lo scavo intorno al tronco, con la motosega è stata tagliata una rotella ellittica di circa 75 cm di diametro massimo, successivamente trasportata a valle per le analisi.



In alto: la rotella prelevata dal tronco sepolto dopo l'essiccazione, la ripulitura e la lavorazione. Si nota in basso la porzione di tronco che, essendo rimasta sepolta più in profondità, conserva ancora la corteccia. Qui si è potuto contare il maggior numero di anelli, 419, che rappresenta l'età minima dell'albero al momento della sua morte.

Sopra: il tronco sepolto nella posizione di ritrovamento: il tronco ha le radici rivolte verso monte, segno del suo abbattimento "sul posto".

so a monte da una serie di cime minori che vanno dalla Punta del Lago Gelato al Corno di Solda. Durante la massima espansione della Piccola Età Glaciale (PEG), la Vedretta di Solda raggiungeva la piana fluvio-glaciale a monte del paese, ad una quota di meno di 2000 m, lasciando numerose evidenze relative alla fase di acme. E' proprio in quest'area, che va dalla porzione meridionale della piana fluvio-glaciale di Solda (dove sorge la stazione di partenza della Funivia) fino alla zona antistante le attuali fronti del ghiacciaio, che sono stati condotti studi di dettaglio per ricostruire le variazioni recenti della Vedretta di Solda e datare le diverse fasi positive che hanno dato origine alle morene.

Va ricordato che per la maggior parte dei ghiacciai alpini la PEG rappresenta la massima espansione glaciale di tutto l'Olocene, cioè degli ultimi 10.000 anni. Il suo

massimo è stato raggiunto per lo più nella prima metà dell'800 e molti ghiacciai hanno deposto la loro morena frontale più esterna intorno al 1820, anche se alcuni di essi hanno anticipato la fase di acme agli ultimi decenni del 1700 (1770 circa). In realtà i primi segnali di questo periodo di recrudescenza climatica in alcune regioni possono essere fatti risalire fino al 14° secolo anche se il vero raffreddamento inizia nel 17°-18° secolo. A partire dalla fine dell'800 la PEG può considerarsi conclusa e da allora i ghiacciai hanno vissuto una fase di progressivo ritiro che oggi più che mai assume connotazioni drastiche. La fase di regresso non è stata tuttavia uniforme; le morene concentriche che possiamo osservare alle testate delle vallate alpine documentano infatti fasi di avanzata di entità via via minore osservate ovunque sulle Alpi. Le fasi classiche di progresso si sono verificate intorno al 1350 (ascrivibile ancora alla PEG), nel 1880-90, ai primi del '900 (non per tutti i ghiacciai) intorno al 1920 ed infine negli anni 80 del secolo appena concluso.

L'area oggetto degli studi di dettaglio effettuati in Val Solda si estende dall'area della stazione a valle della Funivia, presso i masi Gampen, fino alla piana antistante le attuali fronti della Vedretta di Solda; essa presenta dunque quote dai 1850 ai 2350 m circa ed è caratterizzata da un salto roccioso (perpendicolare all'asse vallivo) che permette di individuare una zona superiore (sopra i 2150 m) ed una inferiore. Nella porzione inferiore, più a valle, si concentrano le evidenze geomorfologiche delle importanti variazioni frontali che hanno caratterizzato la storia glaciale della Vedretta di Solda negli ultimi 3 secoli. Nelle due zone sono presenti rispettivamente due gruppi di morene; quello ubicato a quo-



Fig 2 — curva dendrocron. media indicizzata — media mobile (ordine 5)



Fig 3 — n° di campioni — curva indicizzata — media mobile (ordine 5)

ta inferiore è costituito dalle morene 12 - 13 (vedi figura 1), poste al fondo della vasta piana fluvioglaciale della Val Solda; il secondo gruppo si trova invece sopra il salto roccioso, a circa 2200 m di quota, in un'area scarsamente vegetata (morene 7 - 10 in figura 1). Oltre a questi due gruppi di morene sono presenti altri argini morenici: in corrispondenza del salto roccioso, ad esempio, si osservano deboli tracce di morene sui versanti (n. 11); in prossimità delle fronti si trovano morene di neoformazione, deposte cioè durante l'ultima modesta fase di progresso glaciale verificatesi negli anni '70-'80 del XX secolo; infine, le imponenti morene laterali della massima estensione della PEG racchiudono l'area interessata dai maggiori fenomeni glaciali culminati in posizione frontale con la deposizione della morena n. 16.

Oltre ad un rilevamento cartografico (condotto su tutta la valle) alla scala 1:10.000, che ha messo in luce le abbondanti evidenze geomorfologiche riferibili soprattutto alla Piccola Età Glaciale, è stato possibile utilizzare il metodo dendrogeomorfologico per datare le morene. Durante la fase di avanzata infatti il ghiacciaio ha invaso la foresta distruggendo e seppellendo la vegetazione. In questi casi il ritrovamento di tronchi sepolti ancora in situ permette di identificare la quota a cui si trovava il ghiacciaio durante una fase di avanzata in un ben preciso anno, che può essere stabilito mediante datazione incrociata tra la curva dendrocronologica ricavata dal tronco e quella standard ricavata, per la medesima specie, entro la stessa valle.

Nel caso della Val Solda è stato ritrovato un ceppo di larice immediatamente a monte del salto roccioso che caratterizza l'alta valle, ad una quota di 2200 m (foto pag 47). Da questo esemplare, libera-



A fianco: fronte del rock glacier attivo (a sinistra) nei pressi del Rif. Serristori in Valle di Zay: la fronte ripida progredisce su una piana erbosa acquitrinosa. Sullo sfondo, accanto al rifugio, sono visibili rocce montonate con un curioso aspetto "embricato"; all'orizzonte, l'imponente massa dell'Ortles.

to dal materiale in cui si trovava sepolto, è stata prelevata una rondella di forma ellittica (foto pag. 48) con diametro massimo di circa 75 cm; la porzione meglio conservata, che presenta anche la corteccia, è quella che si trovava sepolta più in profondità. La presenza dell'attacco delle radici al fusto, visibile a monte e la posizione del tronco sepolto hanno permesso di ipotizzare che il tronco stesso non sia stato trasportato, ma soltanto abbattuto dall'avanzata della Vedretta di Solda; tale ipotesi è confortata dalla presenza, a monte del luogo di ritrovamento, di un ampio affioramento roccioso, che avrebbe protetto l'albero dagli effetti dell'avanzata glaciale: il ghiacciaio potrebbe aver "scavalcato" questo dosso roccioso, creando una zona di minor erosione immediatamente a valle, dove l'albero si sarebbe più facilmente conservato (foto pag. 48). La posizione attuale del tronco corrisponderebbe pertanto alla sua posizione di vita e la sua data di morte rappresenterebbe quindi la data in cui il ghiacciaio ha raggiunto il sito di ritrovamento. La data di morte della pianta è stata ottenuta mediante la tecnica del

cross-dating: la rondella prelevata cioè è stata utilizzata per misurare lo spessore degli anelli di crescita e ricavare la corrispondente curva dendrocronologica che mette in relazione età e spessore degli anelli (figura 2). Questa curva è stata sincronizzata con una curva di riferimento costruita partendo da singole curve ricavate da numerosi campioni di larice prelevati da alberi viventi. Queste curve devono essere mediate tra loro e "ripulite" dai rumori di fondo mediante opportune tecniche matematiche e statistiche. La curva finale che ne deriva viene normalmente utilizzata per inserire le curve "fluttuanti" come quella ricavata dal nostro tronco sepolto e ricavarne appunto la data di morte. Nel nostro caso, la curva di crescita ricavata dal tronco sepolto è stata inserita in diverse cronologie del larice costruite per le valli del gruppo dell'Ortles-Cevedale. La correlazione visiva e matematica ha fornito come data di morte il 1654 AD: la data di germinazione, vista l'età minima del larice di 419 anni, risalirebbe pertanto al 1235 AD. Un campionamento condotto sui larici viventi, posti in corri-

In fig. 3: cronologia del Cembro (*Pinus Cembra*) in val Solda, dal 1745 al 1999. La curva presenta un valore statistico a partire dalla fine del 1300: l'area in giallo rappresenta il numero di esemplari analizzati. La media mobile permette di individuare un progressivo deterioramento climatico a partire da fine '700. Il clima freddo ha culminato tra il 1817-21 (minimi spessori negli anelli) anni che corrispondono alla massima espansione nella PEG. Seguono periodi di miglioramento climatico interrotti tra il 1915-20 e 1970-80, anni in cui si registrano, anche in Val Solda, sensibili avanzate delle fronti glaciali che lasciano evidenze morfologiche "morene di neoformazione".

Tipico paesaggio alpino: la Val Solda fotografata dai pressi del Pulpito, con la parete est dell'Ortles che accoglie gli apparati morenici delle Vedrette Fine del Mondo e Mariet, che giungono fino nei boschi di cembrini che ricoprono i versanti alle quote minori; in basso, l'abitato di Solda - S. Geltrude.



Pagina a fronte: Strie glaciali nei pressi della fronte della Vedretta di Solda, impresse su una roccia montana e sul limo glaciale consolidato sulla sua superficie.

spondenza di morene latero-frontali e tra gli argini morenici, ha inoltre consentito di collocare nel tempo la definitiva messa in posto delle morene.

Il numero di anelli relativo alla pianta più vecchia ritrovata sulle singole unità morfologiche ha consentito infine di attribuire un'età minima alle forme e ai depositi rilevati.

La vegetazione arborea si insedia infatti dopo la messa in posto e la stabilizzazione dei depositi glaciali; i campionamenti per indagini dendrocronologiche vengono normalmente effettuati all'altezza convenzionale di un metro, e, poiché nelle valli a Nord del Gruppo Ortles-Cevedale si stima che occorrono circa 15-20 anni per raggiungere l'altezza di un metro ed altrettanti affinché la vegetazione arborea possa colonizzare le morene, nella datazione delle morene con esemplari viventi di larice è stato aggiunto alla data di germinazione degli alberi un tempo di 30-40 anni.

LA STORIA DELLA VEDRETTA DI SOLDA

Intorno alla metà del 17° secolo, dunque, la Vedretta di Solda era in fase di avanzata come indicato dal tronco di larice sepolto sotto circa 20 cm di till (materiale glaciale) di fondo. Ciò significa che nel 13° secolo, intorno ai 2200 m di altitudine, vi era una vegetazione arborea sicuramente molto ben sviluppata, travolta poi, nel 17° secolo, dal ghiacciaio in avanzata. Questo fatto lascia pensare che l'aspetto complessivo del paesaggio della Val Solda (così come tutte le valli alpine) doveva essere a quell'epoca molto diverso: ghiacciai in posizioni probabilmente più arretrate di quelle odierne, foreste sviluppate dove oggi crescono solo erbe e arbusti, e tutto questo solo poche centinaia di anni fa, fin quando i ghiacciai presero ad avanzare, all'inizio della Piccola Età Glaciale. Intorno alla metà del 17° secolo la Vedretta di Solda era sicuramente in fase di progresso, anche se

tale data non corrisponde alla messa in posto di una morena. Va ricordato che comportamenti analoghi si sono verificati anche per altri ghiacciai alpini, che risultano essersi mossi rapidamente nella seconda metà del 18° secolo. La fase di massima espansione in lunghezza del ghiacciaio è da attribuirsi agli anni intorno al 1770. Infatti l'età minima di alcuni esemplari di larici viventi posti immediatamente all'interno della morena n. 16 (figura 1), tenuto conto del tempo di colonizzazione e del tempo di crescita, rimanda alla fine del 1700. L'assenza di alberi che presentino un'età molto maggiore posti sulla morena 16 e la relativa omogeneità nella copertura pedogenetica rispetto alle vicine morene datate al 1820 permettono di escludere che questa morena sia stata deposta in un periodo precedente. Un'avanzata intorno al 1770 corrisponde poi alle fasi di avanzata documentate con lo stesso metodo in altre località delle Alpi



GLI ALTRI AGENTI MORFOGENETICI

Se i ghiacciai della Val Solda nella storia geologica hanno impresso sicuramente i lineamenti principali del paesaggio va ricordato che in quelle aree non occupate dal ghiaccio hanno agito e sono attivi tutt'oggi i processi tipici dell'ambiente periglaciale. Tra questi ricordiamo in particolare i rock glacier, curiosi elementi del paesaggio d'alta quota che in Val Solda sono presenti con alcuni apparati particolarmente significativi: nella Valle di Zay, principale valle laterale della Val Solda, ne troviamo alcuni nelle aree proglaciali, impostati quindi sugli apparati morenici relativi alla Piccola Età Glaciale e alle successive fasi positive; si tratta di forme molto attive, con fronti ripide in avanzata che progrediscono, seppure con velocità estremamente limitate (si parla di pochi centimetri o decimetri l'anno) su zone vegetate (foto pagina 49: in questo caso un piccola zona umida, la cui acqua proviene dal ghiacciaio a monte, "filtrata" dal rock glacier stesso e dalla caratteristica bassa temperatura). In Val Razoi, un poco in disparte, si trova invece il più esteso rock glacier della Val Solda, e sicuramente uno dei più estesi dell'intero massiccio dell'Ortles: il "Mare di Sass", un rock glacier con un'estensione di circa un milione di mq.

Mano a mano che i ghiacciai si ritirano, poi, lasciano liberi porzioni di territori che mostrano le forme legate al modellamento glaciale, che si presentano all'inizio molto fresche: girare nelle zone antistanti le fronti glaciali può portare a

curiose scoperte come strie glaciali impresse sia sulla roccia, sia, in continuità, sul limo fine e consolidato attaccato alla roccia stessa.

Le forme glaciali poi vengono nuovamente attaccate dagli agenti esogeni e dagli altri "elementi vivi" del territorio: la gravità, le acque correnti, la neve e la stessa vegetazione lavorano incessantemente per rielaborare e rimodellare il paesaggio.

Ed è così che i territori resi disponibili dall'arretramento delle fronti presentano l'aspetto fresco del lavoro glaciale ma mano a mano che il tempo passa, mano a mano cioè che scendiamo verso valle, il territorio assume connotazioni più dolci, i suoli sono via via più sviluppati, la vegetazione più densa e ricca, per giungere infine a quel tipico paesaggio che caratterizza le vallate delle Alpi e che possiamo osservare anche in Val Solda.



per lo stesso periodo: il ghiacciaio del Madaccio nella vicina Val Trafoi, ad esempio, risulta aver depositato la sua morena frontale più esterna intorno al 1770.

La morena n.16 e le altre quattro morene frontali (12 - 15 nella figura 1) dell'alta Val Solda documentano altrettante fasi di avanzata della Vedretta di Solda.

Le avanzate successive a quella corrispondente al culmine della PEG sono collocabili rispettivamente intorno al 1820 e al 1850. La prima fase è testimoniata dalle morene n.14 e 15, due creste ravvicinate corrispondenti all'avanzata del primo ventennio del 19° secolo. Le età sono state attribuite mediante la determinazione dell'età minima dei larici viventi indicati nella figura 1, che risultano essere comprese tra il 1885 e il 1893; anche osservazioni di natura storica avvalorano questa ipotesi di datazione: nelle cronache della valle si riferisce come intorno al 1818-19 gli abitanti di Gampenhof (Masi dei

Campi) fossero preoccupati per l'imponente massa della Vedretta di Solda in avanzata, che minacciava da vicino i pascoli accanto ai masi, da cui doveva distare solo due-trecento metri. La Vedretta di Solda avrebbe infatti subito in quegli anni, un vero e proprio fenomeno di surge glaciale, con un'avanzata di ben 1200 m in soli due anni, tra il 1817 e il 1818. Negli stessi anni la cronologia del cembro (figura 3) mostra un piccolo negativo molto marcato registrando quindi un netto segnale di recrudescenza climatica.

Un arco morenico successivo (13), più rilevato, è stato datato al 1850 sulla base dell'età di un albero cresciuto in corrispondenza della morena e di altri esemplari immediatamente a valle.

Una fase stazionaria più recente delle avanzate sopra citate ha lasciato alcune tracce morfologiche rappresentate in particolare dalla morena n. 11: questa fase potrebbe essere stata controllata dalla presenza del salto roccioso posto a quota 2100 - 2200. L'imponente seraccata prodotta da questo gradino roccioso (visibile nelle stampe del XIX secolo) potrebbe infatti aver funzionato da

"volano" per le variazioni frontali sia positive che negative, fintanto che la fronte era collocata a valle del gradino stesso. Il salto roccioso potrebbe aver causato anche la persistenza di una placca di ghiaccio morto dopo l'arretramento del flusso al di sopra della seraccata. A monte del salto roccioso e del tronco sepolto sono stati cartografati numerosi altri archi morenici, di cui si conservano parti più o meno consistenti, che sono state correlate tra loro. Le morene 6, 7 e 8, in particolare, possono essere riferite all'avanzata dei primi anni '20 del XX secolo sulla base di informazioni storiche, che collocano la fronte della Vedretta di Solda in quegli anni in corrispondenza di tali morene.

In prossimità delle attuali fronti del ghiacciaio infine, sono stati osservati moltissimi lembi di morene di neoformazione, riferibili alla pulsazione positiva degli anni '70-'80: la posizione di queste morene corrisponde spesso alla posizione della fronte riportata sulla Carta Tecnica Provinciale della Provincia Autonoma di Bolzano, realizzata sulla base di fotografie aeree prese nel 1985.

IERI, OGGI, DOMANI

Negli ultimi decenni i ghiacciai della Val Solda, così come quelli dell'intero arco alpino, hanno subito una drastica riduzione di massa, con il progressivo arretramento delle fronti, l'assottigliamento delle lingue ed una generale trasformazione delle morfologie, del flusso e dell'alimentazione glaciali. Il ritiro dei ghiacciai prosegue tuttora, in questi anni a cavallo del millennio, con ritmi notevoli, seppur a volte con qualche rallentamento o rare battute di arresto.

Nelle aree occupate dai ghiacciai fino a due-tre secoli fa, oggi la vegetazione riprende possesso del territorio, a volte con dinamiche particolarmente rapide. Il paesaggio quindi si sta trasformando: torneremo forse all'aspetto che le montagne dovevano avere nel medioevo, quando le foreste ricoprivano le valli fino a quote di 2500 metri? Non sono poche infatti le testimonianze di altre epoche storiche, in cui l'ambiente, il territorio e il paesaggio erano diversi da oggi.

Su tutti questi segnali di un riscaldamento del clima e sulle cause di questo cambiamento si inter-





roga la comunità, ormai finalmente non solo quella scientifica. In questo ambito possiamo capire quindi il senso ultimo degli studi come quello condotto in Val Solda: i risultati ottenuti qui, oltre a chiarire l'evoluzione geomorfologica di questa valle e a consentire una ricostruzione del paesaggio nel passato e delle trasformazioni che lo hanno interessato, contribuiscono ad ampliare il quadro complessivo della conoscenza sulle fluttuazioni glaciali e più in generale sulle trasformazioni ambientali che le valli alpine hanno subito negli ultimi secoli.

Questo "leggere", nelle pieghe della storia, le trasformazioni di un territorio, oltre ad essere un viaggio affascinante nella storia naturale, è anche il primo importante passo per capire, proteggere e valorizzare la straordinaria ricchezza ambientale delle nostre Alpi.



Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il prof. Alfredo Bini per la rilettura critica del lavoro e il dott. Blundetto per aver fornito dati utili alla stesura del presente lavoro. Si ringraziano inoltre l'Azienda Regionale delle Foreste della Provincia Autonoma di Bolzano e le Funivie di Solda per l'appoggio logistico alla ricerca sul terreno e il Consorzio Parco Nazionale dello Stelvio per le autorizzazioni alla ricerca.

Il lavoro è stato realizzato con fondi Murst 40% 1999, responsabile nazionale prof. M. Panizza, responsabile locale G. Orombelli e Murst 40% 2000 responsabile nazionale prof. R. Terranova, responsabile locale M. Pelfini.

Bibliografia

ARZUFFI L., BINI A., PELFINI M. (in stampa) - Variazioni glaciali recenti della Vedretta di Solda (Gruppo Ortles-Cevedale, Alto Adige). Geogr. Fis. Dinam. Quat.

BACHMANN R. (1984) - Ghiacciai delle Alpi. Zanichelli, Bologna

BEBBER A. (1991) - Una cronologia del larice (*Larix decidua* Mill.) delle Alpi orientali italiane. Dendrochronologia vol. 9, pp. 119-139.

BLUNDETTO R. (2001) - Dinamica del limite del bosco e degli alberi in Val Solda (BZ): rilevamento dei parametri stagionali, analisi dendrocronologica e confronto con la storia glaciale recente. Tesi di laurea in Adria, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano, a.a. 1999-2000, 291 pp.

CARMINATI A., COLA G., PELFINI M. & SMIRAGLIA C. (1999) - Ritrovamento di un tronco di pino cembro (Alta Valtellina) come possibile testimonianza di eventi estremi associati alla Piccola Età Glaciale. In: Orombelli G. ed. (1999) Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni, Brigati, Genova, 161-167.

DESIO A. (1967) - I ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale. CNR - Com. Glac. It. Tamburini Ed., Torino

DUTTO F. & MORTARA G. (1992) - Richi connessi con la dinamica glaciale nelle Alpi italiane. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15 (1992), 85-89

PELFINI M. & OROMBELLI G. (1997) - Variazioni recenti dell'ambiente alpino registrate nelle serie di anelli di accrescimento delle conifere. Applicazioni della dendrogeomorfologia. Acqua e Aria, 6, 103-110

PELFINI M. (1999a) - La Piccola Età Glaciale e la sua registrazione negli archivi naturali (alcuni esempi nelle Alpi italiane). In: Orombelli G. ed. (1999) - Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni, Brigati, Genova, 525-544

PELFINI M. (1999b) - Dendrogeomorphological study of glacier fluctuations in the Italian Alps during the Little Ice Age. Annals of Glaciology 23, 123-128.

PELFINI M., SMIRAGLIA C., DIOLAIUTI G. (in stampa) - I ghiacciai della Val Sissone (Valtellina, Alpi Retiche) e la loro storia olocenica. Il quaternario

Nuove Le Guide Alpine adottano il GPS

La tecnologia più evoluta offerta oggi dal mercato per localizzare via satellite la propria posizione sta entrando anche nello zaino delle guide.

A partire dallo scorso maggio sono stati istituiti appositi stage informativi per la categoria, mentre l'argomento è già stato inserito nelle materie del primo corso di formazione delle guide vulcanologiche.

A cura di
Nicoletta Zardni
Ufficio Stampa Collegio Guida Alpine
sulla base di testi forniti da
Gian Pietro Verza



Con l'aiuto del sistema GPS, i professionisti della montagna saranno dunque in grado di operare perfettamente anche nelle più critiche condizioni di visibilità e di orientamento e di intervenire in modo più efficace anche in caso di interventi di soccorso.

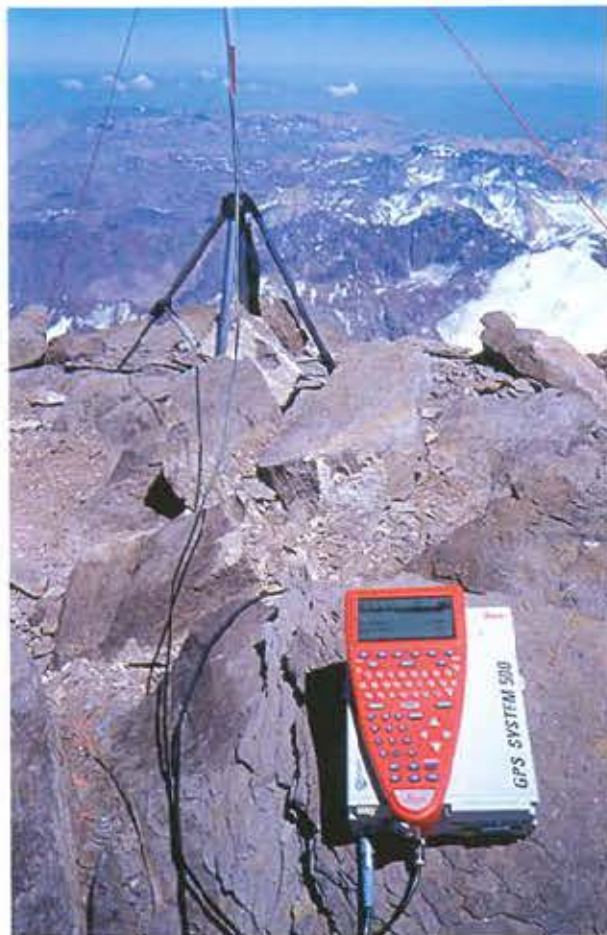
I primi stage informativi, organizzati dai Collegi regionali di Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia e il vero e proprio corso inserito nel nuovissimo corso di formazione delle guide vulcanologiche -organizzato a tarda primavera dal Collegio regionale delle Guide Alpine della Sicilia- hanno ottenuto ottimi consensi, creando le basi per diffondere questo "strumento di navigazione" ancora poco utilizzato nell'ambito montano.

GLOBAL POSITIONING SYSTEM: COS'È E COME FUNZIONA

GPS sta per Global Positioning System (Sistema di Posizionamento Globale): ovvero, un dispositivo che consente di individuare con esattezza la propria posizione sulla superficie terrestre. Il sistema GPS, messo a punto una quindicina d'anni fa per le esigenze strategiche della Nato, si avvale di una rete di 24 satelliti orbitanti attorno alla Terra a circa 20.000 chilometri di altezza. Tramite questa tecnologia è possibile calcolare con buona esattezza (con qualche metro di errore) la posizione in longitudine, latitudine e altitudine di un qualsiasi punto del pianeta e rife-

Technologie

The image is a full-page background photograph of a high-altitude mountain scene. In the foreground, a massive glacier flows down a rocky slope, its surface marked by numerous crevasses and ridges of ice. The glacier's color is a pale, milky blue. In the background, a dark, craggy mountain peak rises sharply, its upper reaches covered in patches of snow. The sky is a deep, clear blue. The word 'Technologie' is superimposed in a large, white, serif font across the upper portion of the image, with a thin white horizontal line running beneath the letters.



rirsi quindi alla localizzazione geografica di un sito.

L'utilizzo in montagna del GPS era stato finora riservato agli esploratori, alle spedizioni alpinistiche e all'iniziativa di poche guide. Ma l'utilità dell'apparecchiatura è evidente anche in altre situazioni meno estreme.

La guida alpina Gian Pietro Verza, progettista elettronico con specifiche competenze tecnologiche che cura la diffusione del sistema nell'ambito delle iniziative del Comitato Ev-K2- CNR, spiega: "In caso di oscurità o condizioni di nebbia in montagna, i tradizionali punti di riferimento possono venire meno. Per orientarsi si può fare affidamento solo su sensibilità ed istinto personale. A questo punto il GPS diventa di grande utilità, in quanto consente all'utente di individuare la propria posizione per potersi riorientare o per provvedere a comunicare le esatte coordinate ad altri. Nel caso della guida alpina, in tal modo viene salva-

guardate al massimo la sicurezza del gruppo di persone accompagnate anche a fronte di pessime condizioni di visibilità".

In buona sostanza un GPS consente all'alpinista di individuare e raggiungere facilmente un luogo stabilito e di ripercorrere un tracciato fatto con buona approssimazione. In caso di emergenza, o se serve attivare i soccorsi, può efficientemente aiutare le persone ad essere localizzate, implicando comunque l'utilizzo trasversale di altre tecnologie quale la telefonia GSM e i messaggi SMS (ovvero con i telefoni cellulari dotati di queste funzioni), oppure via radiotrasmettenti.

L'apparecchio GPS ha l'ingombro e i pesi di un telefono cellulare di medie dimensioni e può quindi essere trasportato con facilità.

Le possibilità offerte da questa tecnologia sono dunque straordinarie e potranno essere utilizzate vantaggiosamente nell'ambito dei soccorsi di montagna.

"Un indubbio vantaggio per chi pratica un'attività come la nostra così esposta agli agenti naturali - continua Verza - perché per la prima volta abbiamo a che fare con uno strumento di navigazione insensibile al clima, alle condizioni meteorologiche e alle loro variazioni. Il prodigio che con esso si realizza è la localizzazione ed l'identificazione del punto in cui ci troviamo a prescindere dalle condizioni di visibilità alle quali normalmente ed istintivamente ci affidiamo. La notte, la nebbia, il temuto "white out" in cui il territorio innevato si mescola all'ambiente reso biancasto dal nevischio o da una nuvola bassa, non influenzano il ricevitore GPS".

Come già accennato, le prime lezioni rivolte alle guide alpine per l'uso del GPS sono iniziate a maggio, coordinate dal Collegio Nazionale delle Guide Alpine Italiane e tenute dallo stesso Verza che ne ha illustrato l'utilizzo dopo

averne già sperimentato l'utilità e l'affidabilità nelle Alpi, in Himalaya e nelle Ande.

La Garmin, società americana produttrice di GPS, ha già dato la sua disponibilità a fornire a prezzi convenzionati le Guide Alpine (il costo si aggira sul mezzo milione di lire).

DALLE ORIGINI ALLO STATO DELL'ARTE

Se è vero che i marinai si sono sempre fidati delle stelle, che cosa ha da sempre aiutato l'alpinista a trovare la strada giusta? Forse l'immutabilità in tempi brevi dell'ambiente montano, che fin da piccoli (alpinisti) ci ha abituato a memorizzare attentamente il terreno, cercando riferimenti o semplicemente abituarci per istinto alla curiosità per le forme. Prima venne la bussola di chiara importazione marinara, che ci avrebbe aiutato di notte o con nebbia, perché di giorno molte delle nostre scelte dipendono dalla posizione del sole e con essa la direzione è chiara.

Successivamente l'altimetro, già di scientifica tradizione, in quanto strumento per la verifica dell'assottigliamento (diminuzione della densità) dello strato atmosferico con l'innalzamento della quota. Ahimè, questo riferimento ci ha però anche confuso nelle fasi di evoluzioni delle condizioni meteo, ma comunque all'altimetro è stato fatto affidamento dagli anni '60 fino ai '90, inserendolo con successo anche nel mondo della tecnologia digitale e della miniaturizzazione. Evoluti altimetri digitali aneroidi (sensibili alla pressione atmosferica) da polso ornano la dotazione degli alpinisti himalayani e spesso di chiunque si debba allontanare dal livello del mare per più di un chilometro, abbinandoli alla bussola, anche quella digitale.

Ma ancora troppe volte abbiamo

continua: e continuiamo a non capire dove siamo.

La visibilità e la variabilità del terreno, spesso accentuata dalla quota o dalle condizioni invernali, non danno sempre sufficienti informazioni atte a collegare quella serie di sensazioni che solo ci può ricondurre a far corrispondere la nostra percezione di posizione con la realtà, portandoci, in casi estremi, anche a rischiare la nostra sopravvivenza.

Ed ora, ancora una volta, sono le stelle a venirci in aiuto: ma in questo caso sono stelle artificiali, che con segnali radio possono indicarci con buona precisione la nostra posizione grazie, appunto, alla tecnologia GPS.

LA TRASVERSALITÀ DELLE TECNOLOGIE

I satelliti GPS voluti dalla DMA (Defense Mapping Agency degli USA) hanno costituito un ottimo sistema di localizzazione, sviluppato inizialmente per un puro interesse strategico militare che ne ha condizionato l'evoluzione e l'uso, perché -per ovvie ragioni legate alla sicurezza militare- il calcolo di posizione fatto dal ricevitore al suolo veniva "corrotto" da una codifica del segnale, che ne confondeva la precisione, riducendola a poco di meno di 100 metri.

Questa codifica, pomposamente chiamata SA (Selective Availability) permetteva alle forze Nato di utilizzare pienamente le capacità del sistema, creando per contro problemi agli altri utenti.

Di recente, il nuovo scenario di equilibri internazionali ha fatto sì che questa codifica sia stata eliminata, grazie ad una decisione dell'ex presidente Clinton e questa liberalizzazione dovrebbero portare al reinserimento della codifica nella copertura delle zone interessate.

Questo provvedimento ha portato a migliorare la precisione del-

la misura da parte di ricevitori portatili ad un valore tra i 15 e i 5 metri, determinando l'inizio dell'interesse per coloro che possono qualche volta trovare assai scomoda la propria posizione in pendenza, gli alpinisti.

La romantica triangolazione sulle stelle dei marinai viene ripetuta sulle microonde dei satelliti GPS e in pochi secondi il ricevitore ci fornisce le nostre coordinate orizzontali elaborate con segnale di almeno 4 satelliti che determina anche la quota, ma con precisione leggermente inferiore.

Quando poi ci spostiamo, la memoria dell'apparecchio registra una successione di punti di localizzazione riconosciuti che permette, in tempo reale, un calcolo della direzione di movimento e relativa velocità sulla base di questi parametri, il sistema GPS è inoltre in grado di valutare la distanza dall'obiettivo e il tempo necessario per raggiungerlo.

Non solo, ma se qualcosa va storto, il ricevitore ci può facilmente guidare all'indietro sullo stesso percorso fino al punto d'inizio escursione e, nel peggiore dei casi, il punto in cui siamo costretti a chiedere soccorso, permettendo di essere localizzati e raggiunti in modo preciso e tempestivo da una squadra o da un elicottero.

L'ultima generazione di GPS palmari prevede poi l'integrazione di più informazioni di "navigazione" (come avviene nei sistemi di guida degli aerei) unendo l'indicazione satellitare con quelle storicamente note, ma sempre valide, quali l'altitudine calcolata sulla base aneroidica (della pressione atmosferica), e la direzione stabilita sulla base del campo magnetico terrestre.

Naturalmente, il piccolo navigatore elettronico si può interfacciare con il computer, realizzando così un sistema di gestione (inteso come pianificazione e verifica di un percorso) molto

GPS E DINTORNI

Il servizio offerto dal GPS entra sempre più nel nostro mondo quotidiano e le sue applicazioni sono gradualmente state arricchite con funzioni offerte da altri dispositivi, reti e tecnologie.

Una panoramica su quello che può fare:

- Navigazione su terreno di montagna, l'Etrex Summit della Garmin è un dispositivo di navigazione che si avvale di ricevitore GPS, bussola magnetica digitale, altimetro aneroidico digitale. Le informazioni sono integrate e correlate, il dispositivo seleziona e fornisce sempre le informazioni più accurate in funzione del movimento dell'utente, della geometria di posizione dei satelliti e delle impostazioni personalizzate nell'interfaccia utente

- Autolocalizzazione, telelocalizzazione e telesoccorso sono le funzioni disponibili nei terminali Viasat che includono un ricevitore GPS integrato in un telefono cellulare GSM, le informazioni vengono trasmesse ad un centro servizi attivo 24 ore su 24 che può fornire dalla semplice assistenza generica agli interventi di soccorso. L'utente deve solo premere un tasto.

- Creazione di sistemi informatici territoriali, l'americana Trimble produce terminali GPS portatili che memorizzano in un database le informazioni di posizione correlandole con dati e caratteristiche ambientali allo scopo di produrre cartografie multitematiche (del manto erboso, della struttura geologica, della varietà forestale...)

- La svizzera Leica produce ricevitori GPS per geodesia che hanno funzionato sulle cime dell'Everest e del K2 registrando misure di posizione con la precisione di centimetri. Grazie alle tecnologie GPS si possono anche avere interessanti informazioni sui movimenti delle placche tettoniche e sui conseguenti fenomeni erogenetici

- Fornire un'accurata informazione temporale (dai satelliti della costellazione GPS) in applicazioni che richiedono una perfetta sincronia di funzionamento, così le reti di stazioni sismiche riescono a calcolare gli epicentri dei sismi e la propagazione delle onde d'urto

- Mappe elettroniche, sono dispositivi che visualizzano della cartografia digitalizzata su un piccolo schermo, mostrano su questo la posizione e gli spostamenti dell'utente grazie ai segnali GPS

- GPS watch, la Giapponese Casio produce un GPS da polso, la stessa filosofia che ci ha portato oggi a disporre di orologi-altimetri-bussola da polso

- Le reti di ricevitori GPS Master che forniscono i segnali di riferimento per le correzioni che portano la precisione di semplici ricevitori al metro e ai centimetri per quelli geodetici sono in continua espansione. I dati di correzione sono disponibili su Internet e trasmessi via GSM o anche tramite canali radio FM. Nel Parco Nazionale dell'Everest sarà presto disponibile il servizio GPS Master grazie al supporto della Piramide Ev-K2-CNR

- Anche le restrittive norme per le apparecchiature di assistenza alla navigazione aerea hanno accettato l'inclusione di ricevitori GPS nel sistema di navigazione dei moderni aerei di linea, i navigatori GPS trovano interessanti applicazioni per la gestione del lavoro dei mezzi battipista

- Studi e test di fisiologia su terreno naturale. Come è possibile valutare in tempo reale lo sforzo sopportato da un fondista o da un corridore in montagna (mentre le avanzate apparecchiature di monitoraggio a distanza dei parametri corporei degli atleti forniscono i loro dati)? Con un ricevitore GPS che misura continuamente le velocità di spostamento orizzontali e verticali.

avanzato, anche perché facilmente riferibile alla cartografia digitale purché compatibile al sistema di riferimento del GPS.

In buona sostanza, è possibile pianificare un percorso su pc e trasferirlo nella memoria del GPS, per seguirlo con precisione anche affrontando un terreno sconosciuto, grazie alle informazioni fornite dall'interfaccia grafica del GPS che visualizzerà una simulazione di mappa oppure, più semplicemente, una bussola virtuale



con la direzione da seguire.

Inoltre, una volta rientrati dall'attività outdoor possiamo scaricare sul pc i dati memorizzati dal GPS e da questi ricavare tutte le informazioni di navigazione registrate, comprese le posizioni dei punti toccati, le soste, gli spostamenti, le velocità orizzontali e verticali e le quote. Il tutto abbinato alle informazioni di tempo riferito agli orologi dei satelliti, precisi al millesimo di secondo (dal GPS sincronizzato ai satelliti si ha, tra l'altro, sempre l'ora esatta).

MA C'È ANCORA QUALCHE LIMITE...

Un dispositivo da usare con interesse e fiducia dunque. Ma quali sono gli attuali limiti di quest'affascinante tecnologia?

Il primo è quello dell'alimentazione dell'apparecchio, che permette un'autonomia di 20/30 ore con batterie alcaline; l'esperienza però dimostra che non è necessario tenere il dispositivo sempre acceso, limitandosi a memorizza-



re una serie di punti di riferimento per definire in maniera inequivocabile il percorso.

I moderni palmari accettano poi l'uso di batterie ricaricabili in cambio di una riduzione dell'autonomia a circa 8 ore, in funzione del tipo di batterie.

Il secondo limite è quello della variabilità della precisione nella localizzazione, che suggerisce una certa attenzione nell'uso, da attribuire al fatto che la costellazione dei satelliti Navstar continua a cambiare posizione: questo determina la continua variazione delle condizioni di visibilità a terra e dei relativi dati che vengono elaborati dal GPS.

Anche la visibilità parziale del cielo, cioè di quella porzione di volta celeste che emerge dall'orizzonte quando ci troviamo in zone montuose, è un fattore che può influenzare la precisione dello strumento, in quanto il segnale di alcuni satelliti viene schermato dalle montagne circostanti: per questo aspetto, i nostri amici marinai sono assolutamente avvantaggiati.

Ma la tecnologia ci viene ancora in aiuto e mentre si prevede il continuo aumento dei satelliti operativi nella costellazione GPS, il firmware della macchina (il suo programma interno di gestione che può anche essere di volta in volta aggiornato tramite Internet) ci dice in qualsiasi momento

qual'è la prospettiva di precisione in funzione dei satelliti visibili e sincronizzabili; e, con una mappa del cielo, ci può aiutare a individuare meglio la posizione di miglior ricezione, anche se ci troviamo in un fondovalle incassato.

Certo non possiamo ancora pretendere che la piccola macchina ci possa guidare sino a portare i nostri piedi sul punto esatto che abbiamo stabilito, ma possiamo essere certi che ci aiuterà nella localizzazione, permettendo di avvicinarci all'obiettivo in un raggio di precisione da essa stessa indicato. Raggiunta l'area, dovremo aiutarci con gli occhi e l'istinto per localizzare precisamente il punto. Gli ultimi modelli palmari sono anche predisposti per incrementare la loro precisione di localizzazione fino al metro, utilizzando il funzionamento in modalità differenziale, cioè avvalendosi di una stazione terrestre GPS Master, che riceve i segnali dai satelliti provvedendo a calcolare e inviare via radio un segnale di riferimento (in realtà, si tratta di una correzione) che viene ricevuto ed elaborato dai palmari.

A loro volta, gli apparecchi GPS di precisione operanti nella modalità di differenza di frequenza e di fase, utilizzando i due canali chiamati L1 ed L2, raggiungono precisioni nell'ordine di millimetri. Ma attenti all'uso, per via dell'affidabilità e della potenzialità

del sistema: alcuni paesi adducono motivi strategici per non gradire l'importazione di dispositivi GPS nel loro territorio (come il Pakistan) e l'essere sorpresi con un ricevitore GPS potrebbe portare a incresciose situazioni.

Per il resto, la "macchinetta prodigiosa" non conosce limiti politici o geografici: sull'intera sfera terrestre e l'uso della tecnologia GPS viene oggi attualmente ben visto anche nell'ambiente della strumentazione avionica civile (in particolare, i sistemi di guida per aeromobili) come sistema di posizionamento integrativo quando l'informazione da terra è scarsa (per esempio, per l'attraversamento di oceani).

L'evoluzione della componentistica e della miniaturizzazione per la realizzazione di ricevitori sempre più piccoli offre oggi il GPS da polso, ma la tecnologia GPS ha da tempo messo a disposizione un comodo e preciso strumento di misurazione utilizzato vantaggiosamente da ricercatori, come quelli di topografia del gruppo Tower che, nel gennaio 2001, nell'ambito delle attività del progetto di ricerche scientifiche in alta quota ed aree remote Ev-K2-CNR, hanno portato a termine la misura dell'altezza dell'Accucagua (la più alta montagna delle Americhe) con l'uso di tecnologie laser e GPS.

Star Trek

nel futuro delle guide

Dopo aver guardato per decenni verso le cime, per tenere il passo con i tempi, le guide alpine devono ora lanciare virtualmente lo sguardo verso il cielo, monitorandolo dal nuovo sistema GPS, alla ricerca delle sue costellazioni satellitari...

Il primo round di "Immersione spaziale" nella nuova realtà tecnologica -svoltosi a tarda primavera- ha coinvolto un centinaio di professionisti, che, nei vari turni, hanno avuto a disposizione 10 GPS palmari per le esercitazioni sul terreno, computer con tre tipi di software diverso per la gestione dei dati GPS collegato a videoproiettore per le lezioni in interno, e la dotazione di diversi tipi di cartografia su supporto cartaceo (importati con scanner) e digitale, oltre ad una serie di schede e dispense in italiano e inglese.

L'iniziativa ha sollecitato anche la stampa che, in particolare, si è occupata dello stage informativo effettuato in Val d'Aosta e del corso per guide vulcanologiche svoltosi in Sicilia in cui

l'utilizzo del GPS è diventato per la prima volta materia di studio in un iter di formazione.

Tutti gli allievi hanno dimostrato grande interesse e soddisfazione, sia per l'opportunità di usare personalmente i dispositivi, che per la possibilità di ricevere direttamente (durante lo svolgimento delle esercitazioni), e in tempo reale, tempestive informazioni di utilizzo degli strumenti da parte del docente.

Cesare Cesa Bianchi, direttore tecnico del corso di formazione delle guide vulcanologiche, ha riferito dell'intenzione del comitato tecnico del Collegio Nazionale delle guide di includere a breve questi stage nelle materie ufficiali dei corsi. Da parte sua, Gian Pietro Verza, docente ai corsi, ha commentato: "Questa prima serie d'incontri ha fornito anche a me l'opportunità di approfondire ulteriormente l'esperienza personale nella materia, che ritengo un importante passo nel know how nel settore delle tecnologie GPS applicate e in quello dei professionisti della montagna".



Delle tecnologie GPS dedicate ai problemi della sicurezza in montagna si parlerà in un workshop che avrà luogo nell'ambito della manifestazione "Gli Stati Generali della Montagna". Questi rappresentano il primo incontro-evento che si prefigge di coinvolgere tutte le componenti economiche, amministrative, politiche e culturali della montagna, in programma a Torino dal 27 al 29 settembre 2001 in occasione del "38° Salone Europeo della Montagna".

Informazioni su www.montagna.org

A Trento l'11° incontro dei Servizi di Previsione Valanghe Europei

Da oltre 15 anni i rappresentanti dei servizi valanghe europei si ritrovano con cadenza biennale in un incontro dove vengono discusse alcune tematiche di interesse comune che riguardano gli aspetti operativi dei servizi con lo scopo di definire ed adottare degli standard di riferimento che abbiano una validità che vada da internazionale a quella nazionale. In questi ultimi anni sono usciti in passato alcuni importanti risultati, primo fra tutti l'adozione, a livello europeo, di una scala unificata del pericolo di valanghe. Ai paesi alpini tradizionali che hanno attivato questa importante iniziativa (Austria, Francia, Germania, Italia e Svizzera) si sono uniti recentemente altri paesi che, per vari aspetti, hanno dovuto affrontare il problema della sicurezza legata al pericolo di valanghe. Nei giorni 7 e 8 giugno 2001, si è svolto a Trento, con organizzazione a cura dell'ANEVA, l'11° incontro cui hanno partecipato rappresentanti di 9 paesi (Austria, Francia, Germania, Italia, Scozia, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svizzera). L'incontro si è svolto in tre diverse sessioni nelle quali sono state affrontate le seguenti tematiche:

- Scala europea del pericolo di valanghe
- Elaborazione dei dati e verifica della previsione valanghe regionale
- Diffusione al pubblico delle informazioni sul pericolo di valanghe.

Ciascuna sessione di lavoro è stata aperta con una presentazione, da parte di ciascun paese, di come in ambito nazionale sono trattati alcuni aspetti particolarmente significativi. I temi chiave di apertura delle diverse sessioni sono stati i seguenti:

- Scala europea del pericolo di valanghe: criteri interpretativi per alpinisti, sci alpinisti e sciatori fuori pista
- Metodi utilizzati operativamente per la verifica della previsione valanghe regionale;
- La previsione valanghe regionale: diversi prodotti e gradienti da parte del pubblico.

Ale varie presentazioni è seguita una discussione con eventuali proposte, decisioni o costituzione di gruppi di lavoro ristretti per lo studio di particolari problematiche. Da alcuni relatori sono state fatte inoltre delle brevi presentazioni su

aspetti particolarmente innovativi in relazione alle tematiche trattate. Fra le decisioni adottate una, particolarmente significativa per gli aspetti pratici connessi, riguarda il cambiamento di alcuni colori identificativi dei gradi della scala di pericolo al fine di eliminare le possibilità di confusione fra il grado 3 (ocra) e il grado 4 (arancio). In pratica, secondo la nuova proposta formulata, il colore arancio è stato assegnato al grado 3, il colore rosso al grado 4 mentre il grado 5 verrà contraddistinto da una quadratura a scacchi rosso/nera. È stata inoltre decisa la ricostituzione di un gruppo di lavoro ristretto per lo studio di alcune definizioni della scala e la predisposizione di matrici multiparametriche per l'individuazione del grado di pericolo in modo maggiormente oggettivo.

Il gruppo di lavoro ristretto si riunirà già a partire dal mese di settembre prossimo. Un resoconto più dettagliato dell'incontro verrà probabilmente proposto in uno dei prossimi numeri della rivista.

Anselmo Cognati



Premio Grignetta d'Oro 2001

In occasione del 3° Meeting della Montagna organizzato dal Gruppo Ragni della Grignetta e svoltosi a Lecco nel mese di maggio, l'A.I.N.E.V.A. è stata insignita di un premio molto prestigioso a riconoscimento del lavoro svolto nel campo della meteorologia alpina e della prevenzione delle valanghe. Si tratta del Premio Grignetta d'Oro 2001, consegnato all'Associazione Interregionale Neve e Valanghe per la categoria Scienza e ricerca.

Il premio sottolinea gli sforzi effettuati dall'associazione per quanto riguarda l'emissione dei bollettini costantemente aggiornati di riferimento fondamentale per la sicurezza degli alpinisti, degli sciatori e degli sci alpinisti, per la sperimentazione di strumenti, attrezzature di ricerca e metodologie, la divulgazione di documentazione scientifica ed il costante aggiornamento offerto ai tecnici del settore.

In concomitanza con la consegna del premio ad A.I.N.E.V.A., alla quale erano presenti non solo numerosi appassionati di montagna e tecnici del settore ma anche molti giornalisti in rappresentanza di numerose testate specialistiche, sono stati consegnati altri due trofei

Grignetta d'oro, rispettivamente al miglior alpinista ed al miglior giornalista che si sono distinti nel proprio campo con attività di rilievo negli ultimi due anni.

Nadia Preghenella



Notizie dai ghiacciai dell'Alto Adige

Dopo un autunno e un inverno con abbondanti precipitazioni e dove in molti campi neve del servizio prevenzione valanghe della Provincia Autonoma di Bolzano si sono registrati valori record di neve al suolo, arrivano i primi dati dai ghiacciai.

Dati decisamente confortanti, se si considera che la costante tendenza alla diminuzione di massa osservata negli ultimi anni, è causata anche dallo scarso accumulo di neve nei mesi invernali.

Il giorno 19/5/2001 è stata effettuata la misura dell'accumulo lordo sul ghiacciaio Vedretta Pendente, situato alla testa della val Ridanna. Questo ghiacciaio fa parte delle Alpi Braone, sistema montuoso appartenente alle Alpi Retiche che comprende il gruppo delle Stubai ed il cui spartiacque meridionale costituisce la linea di confine con l'Austria.

Si è determinato lo spessore del manto nevoso in 46 punti distribuiti sull'intera superficie. Il valore medio delle misure è risultato di **527 cm**, compreso tra un minimo di **415 cm**, nella fascia bassa del bacino sotto i 2700 m, ad un massimo di **670 cm**, nella parte del bacino sotto le rocce della Cresta Rossa a quote superiori ai 2800 m; la metà delle misure era comunque compresa tra **490 e 560 cm**. La **densità media** della neve è risultata **492 kg/m³**, di conseguenza l'**accumulo lordo** sull'area glaciale è stato valutato in **2.787 milioni di m³**, su una superficie valutata, sulla base dell'ortofoto della Carta Tecnica Provinciale del 1998, in **1.066 km²**.

Confrontando questi dati con i risultati ottenuti negli anni precedenti, si osserva come l'accumulo nevoso dell'anno idrologico 2000-2001 sia stato particolarmente elevato, +27% rispetto alla media, (già alta rispetto a quella di altri ghiacciai vicini e a quote simili, per valori di accumulo favoriti da una particolare morfologia) con precipitazioni abbondanti già in ottobre e novembre. Durante il resto dell'inverno si sono mantenute condizioni favorevoli all'accumulo, anche per effet-

to delle temperature relativamente miti. Analogamente, anche nella zona sud ovest della Provincia gli apparati glaciali risultano coperti da una coltre nevosa di spessore decisamente superiore alla media degli ultimi anni, tale da far sperare a possibili bilanci positivi dopo il periodo di ablazione estivo.

Fabio Gheser



Ricordiamo il dottor Gino Eigenmann

Morto il 29 gennaio 2001 a Merano/VA. Nato a Milano, 8 maggio 1912, da padre svizzero e madre italiana.

Laureato in chimica e farmaceutica. È stato probabilmente il primo non-alpinista e non-frequentatore professionista della montagna innevata ad occuparsi dei mezzi di soccorso per vittime da valanga.

Colpito profondamente dalla tragica fine di un suo nipote, Vanni Eigenmann, travolto da una valanga nella regione di St. Moritz il 6 febbraio 1961 e ritrovato soltanto dopo 40 giorni di estenuanti ricerche, decise di creare con parenti ed amici la "FONDAZIONE INTERNAZIONALE VANNI EIGENMANN" per risolvere i problemi del soccorso con nuove tecnologie.

A questo scopo organizzò un primo incontro di esperti del soccorso alpino e uomini di scienza a Davos nel gennaio 1963, seguito poi da un altro a Solda nell'aprile del 1975 che mostrò i primi risultati delle ricerche fatte in 12 anni.

Gino Eigenmann continuò il suo impegno ancora per molti anni.

Ruth Eigenmann



AVALANCHES IN THE PAST: PROVINCE OF TORINO DURING YEARS 1885-1951* **CREATION OF FILES G.I.S. FOR THE AVALANCHES DATA BANK IN REGION PIEMONTE**

Egizia Tomasuolo

Regione Piemonte Avalanche Data Base presently includes all informations written by published historical documents as the Archivio Storico Topografico delle Valanghe (Capello, 1980) forestal Offices schedules and specific monographies. A provincia di Torino research has been recently completed on avalanche events for the period 1885-1951, published on local newspapers.

We choose this information channel because it represents a reliable proof of the past events.

Through the research we totally found 203 avalanche events, linked to 162 places; from the comparison with the Avalanche database, we obtained the following considerations:

144 avalanche events and 70 unknown places for Regione Piemonte Avalanche Data Base.

In heavy snow winters (example in 1885 and 1888) lots of avalanches have been surpassing the normal threshold and therefore reached places normally not considered under risk.

Some avalanche events occurred in areas not included into current data base maps, as the Malone topographic basin, the Dora Baltea one and the Valdelatorre area. The research limit is tied to the difficulty of spotting the avalanche track; newspaper usually highlight only damage description.

In order to quickly search the data, we created a synthetic cartography through a GIS software. Each event is represented with a point like symbol that identifies the location and type of damage, to which are associated tabular data reported on the records, bibliographic references (paper news) and computerized photographic survey, when they exist, easily accessible thanks to the GIS software (hot links).

CLIMATOLOGY OF SNOW AND AVALANCHES DANGER

Alta Valtellina 1990-2000

Matteo Colombo

A work top of avalanches forecast has the aim to obtain a sufficient safety for people and things in settings and along the lines of communications, besides the sport and recreational activities that are practised on snowy mountains. The risk is determined by the whole probabilities that an event happens, the vulnerability of a particular area and the damage extent; the chance that an avalanche falls in a certain area is estimated through the profiles analysis of the blanket of snow and of the stability tests results, besides

through the estimate of the action of the main meteorologic factors (precipitation, wind, temperature, solar radiation, etc.) on the structure of the blanket of snow. The detailed knowledge of the results of a certain meteorological situation about the development of the blanket of snow in a particular area, permits to improve more and more the forecast of avalanches risk and permits to intervene with more efficacy in situations of probable high risk. With the current models of meteorological forecast, it's possible to foresee the 850 hPa in 9-10 days: its clear that the knowledge of the relationships between snow and weather can be useful to develop some alert systems, on the base of the circulation forecast, always keeping in mind the situation of the blanket of snow on the ground.

The article presents a study made about the winter precipitations during decade 1990-2000 in an area of Lombard Alps: the analysis about the kind of weather in European scale, related to the development of the blanket of snow on the ground, has allowed to define an average winter season for the studied area, evidencing in particular the meteorological situation that most affects the blanket of snow on the ground.

METEOROLOGICAL ANALYSIS AND AVALANCHES MAPPING

Angelini S., Farabollini P., Fazzini M., Genilli B. e Gaddo M.

The study is framed in the area of researches that the Dipartimento Scienze della Terra of the Camerino University is carrying out on the territory of the Central Italy for two years.

In particular, the work here presented has the aim to reconstruct the Quaternary geomorphologic evolution of the central portion of Monte Terminillo group, usually considered part of Monti Reatini.

The realization is articulated in many stages: the first has produced a geomorphologic survey in detail (1:10 kmq, scala 1:10000), directed to the study of forms and deposits in the area, paying attention to the reconstruction of placing process through glacial period that interest the surveyed area; the obtained mapping has been integrated and completed through the study of aerial photos. A particular importance has been given to the bibliographical research and to the analysis of the human testimony from who lives, operates and works in that area.

The examined area has displayed the characters comparing in high mountain areas, with typical forms of the highest areas of Appennino, over 2000m, therefore, a great part of works has been made for the problems connected to the snow precipitations and to the drawing up of a special mapping of the dangerousnesses connected to

avalanches phenomenon (CLPV, scala 1:25000), that had and has a very important role both as morphogenetic agent and as planning activity; besides has been presented a reclamation project for the Strada Provinciale Leonessa-Rieti, seasonally closed for avalanches risk.

MONTE CARLO APPROACH TO AVA LANCHE HAZARD MAPPING

Massimiliano Barbolini and Fabrizio Savi

The present work addresses the urgent demand for methods of quantifying the uncertainties inherent in the current procedures for avalanche hazard assessment. A Monte Carlo approach to hazard mapping is proposed for this purpose. This statistical sampling-analysis method allows us to evaluate the probability distributions of the relevant variables for avalanche hazard assessment — essentially runout distance and impact pressure — once the release variables (release area and depth) and the model parameters (friction coefficients) are expressed in terms of suitable probability distributions. In this way it is possible to explicitly account for uncertainties both in the input data definition of the dynamic models and in the mapping results. The overall methodology is presented in detail, and applied to a real world avalanche mapping problem (the Solco avalanche site, located in the Rhetian Alps, in the inner part of Valmalenco, Italy).

THE GLACIER THAT WAS NOT THERE

Daniele Moro

The recent discovery of Montasio Glacier, a glacial "body" at the altitude of 1800m emerges to be one of the last bastion of the alpine area that can resist also at so low heights.

It presents itself as an ice- and snow conoid 200m high and at the mercy of climatic changes; like the greater part of glaciers of Alps it reveals substantial volume reductions and notable backing. During September 1993, after a period of particular intense rain, the ice always covered with morainic detritus has reappeared at the sight of many alpinists and tripper.

VAL SOLDA GLACIERS AND FORESTS AS WITNESS OF CLIMATIC CHANGES

Luca Arzuffi and Manuela Pelfini

Val Solda, the main valley of the northern side of Ortles-Cevedale massif, presents the typical landscape of glacial origin, nowadays even more colonized by vegetation, that is reconquering that areas progressively deglaciated. However, the forest was already present

before of the glacial advances, in that areas successively occupied by glaciers. Therefore, the relationship between glacial dynamic and arboreal vegetation's dynamic has always been very close, and the entire natural landscape shows the traces of the environmental evolution: glacial morphologies and tree ring's sequences represent two rich and detailed natural archives. The present paper deals with the glacial history of the Vedrette di Solda in the last centuries, reconstructed by dendrogeomorphological studies. In the area reached by the Vedretta di Solda in his maximum extension during the Little Ice Age (second half of the XX century) the moraines have been mapped and dated, and the correspondent glacial phases have been reconstructed. The creation of a chronology for the stone pine evidences the main climatic trends in relationship with the more general glacial phases; the realization of a geomorphological map shows, through the alpine environment's morphologies, the processes that in the past have played a role in the modeling of the landscape.

SAFETY IN THE MOUNTAINS: ALPINE GUIDES ADOPT THE GPS

The most advanced technology that the market today offers in order to localize by satellite its one's side is getting in the backpack of the guides. As from last May some special informative stages for the category have been instituted, while the subject has been already included in the first forming course of vulcanologic guides.



CAE SISTEMI DI MONITORAGGIO NIVOMETEOROLOGICO



Uff. commerciale: Via Ca' dell'Orbo, 34 - 40050 Villanova di Castenaso (BO)
Tel. 051.6004811 - Fax 051.6004829 - e-mail: sales@cae.it - Internet: <http://www.cae.it>