

Neve e Valanghe

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

n° 37 - settembre 1999

**STUDIO NIVO
CLIMATOLOGICO
IN FRIULI VENEZIA
GIULIA**

**NUOVO MODELLO
MATEMATICO SUL
MANTO NEVOSO**

**RISCHIO
VALANGHE E
PIANIFICAZIONE
TERRITORIALE**

**RAPPORTO
TRENTINO SUL
GAZ-EX**

**LA CARTA
CLIMATICA DEL
PIEMONTE**

**I GHIACCIAI COME
MEMORIA
STORICA**



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

REGIONE PIEMONTE

(Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione)
Settore Meteorologico e Reti di
Monitoraggio
C/o CSI Piemonte
C.so Unione Sovietica, 216 - 10134 Torino
Tel. 011/3168203 - Fax 3181709
E-mail: meteor@regione.piemonte.it
(Bollettino Nivometeorologico:
Tel. 011/3185555
Sito Internet:
<http://www.regione.piemonte.it/neve>
Televideo RAI 3 pagine 536 e 537

REGIONE AUTONOMA

VALLE D'AOSTA

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

REGIONE LOMBARDIA

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

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Ufficio Neve, Valanghe e meteorologia
Via Vannetti 41 - 38100 Trento
Tel. 0461/497413 - Fax 0461/238309
Bollettino Neve e Valanghe 0461/238939
Self-fax 0461/237089
<http://www.provincia.tn.it/meteo>
e-mail: meteo@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
0471/270555
0471/271177 anche self fax
<http://www.provincia.bz.it/meteo>)

REGIONE 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 0436/790009
<http://www.sunrise.it/csvdi>
e-mail: csvdi@sunrise.it

REGIONE AUTONOMA

FRIULI VENEZIA GIULIA

Ufficio Valanghe
C/o Direzione Regionale delle Foreste
Via Cottonificio - 33100 Udine
Tel. 0432/555780-1-2
Fax 0432/55757
(Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678/60377)
e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

Sede A.I.NE.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

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.F.
- Sedi Provinciali A.N.A.S.
- Ministero della Protezione Civile
- Direzioni dei Parchi Nazionali
- Stazioni Sciistiche
- Scuole di Sci
- Club Alpino Italiano
- Scuole di Scialpinismo del CAI
- Delegazioni del Soccorso Alpino del CAI
- Collegi delle Guide Alpine
- Rilevatori di dati Nivometeorologici
- Biblioteche Facoltà Univ. del settore
- Ordini Professionali del settore
- Professionisti del settore italiani e stranieri
- Enti addetti ai bacini idroelettrici
- Redazioni di massmedia specializzati
- Aziende addette a: produzione della neve, sicurezza piste e impianti, costruzione attrezzature per il soccorso, operanti nel campo della protezione e prevenzione delle valanghe.

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

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 1999: 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 GHESER,
Gianluca TOGNONI,
Elena TURRONI, Mauro VALT,
Elena BARBERA

Comitato scientifico editoriale:
Cristoforo CUGNOD, Giorgio TECILIA,
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

Videoimpaginazione e grafica:
MOTTARELLA STUDIO GRAFICO
Coscia Valtellina (SO)

Selezioni e impianti:
STUDIO AL di Locatelli - Lecco

Stampa:
MANFRINI Arti Grafiche
Calliano (TN)

Referenze fotografiche:
Foto di copertina: Lodovico Mottarella
Fabio Gheser: 44-45
Lodovico Mottarella: 1, 2, 4, 5, 19, 44, 47
Alfredo Praolini: 21, 22, 26, 27, 28, 29, 31, 42-43
Mario Di Gallo: 6-7
B. Mongiat: 8-9, 13, 15, 17
Michael Lehning: 20
Giovanni Peretti: 21
Uff. Valanghe Trento: 34, 35, 37, 38, 40, 41
Flavio Berbenzi: 27
Marco Filippazzi: 51, 53, 54, 55

Hanno collaborato a questo
numero:

Elena Barbera, Giuliana Germani, Mauro Valt,
Enrico Filafarro, Giorgio Peradini, Stefania Del
Barba, Fabio Gheser, Elena Turroni, Betty Sovilla,
Anselmo Cagnati, Mauro Mazzola, Stefano Bovo,
Sciola Elementare Bormio.

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

settembre 1999 numero 37

NEVEADIS IN FRIUL

**Studio nivoclimatico
del Friuli V.G.**

di L. Stefanuto, S. Micheletti, S. Nordio



6

MANTO NEVOSO E STAZIONI

AUTOMATICHE

**Nuovo modello di
calcolo dei dati**

di M. Lehning, P. Bartelt, B.
Brown, T. Russi, U. Stuckli, M.
Zimmerli



18

ESPOSIZIONE AL

RISCHIO

VALANGHE E

PIANIFICAZIONE

**La normativa della Val
d'Aosta**

di M. Pasqualotto



34

LA CARTA CLIMATICA DEL PIEMONTE

**Considerazioni sui
caratteri climatici e
termopluviometrici**

di B. Cagnazzi, C. Marchisio, L.
Motta, S. Vittorini



IL GAZ.EX DEL BONDONE

**Rapporto
sull'utilizzo
sperimentale**

di M. Gaddo

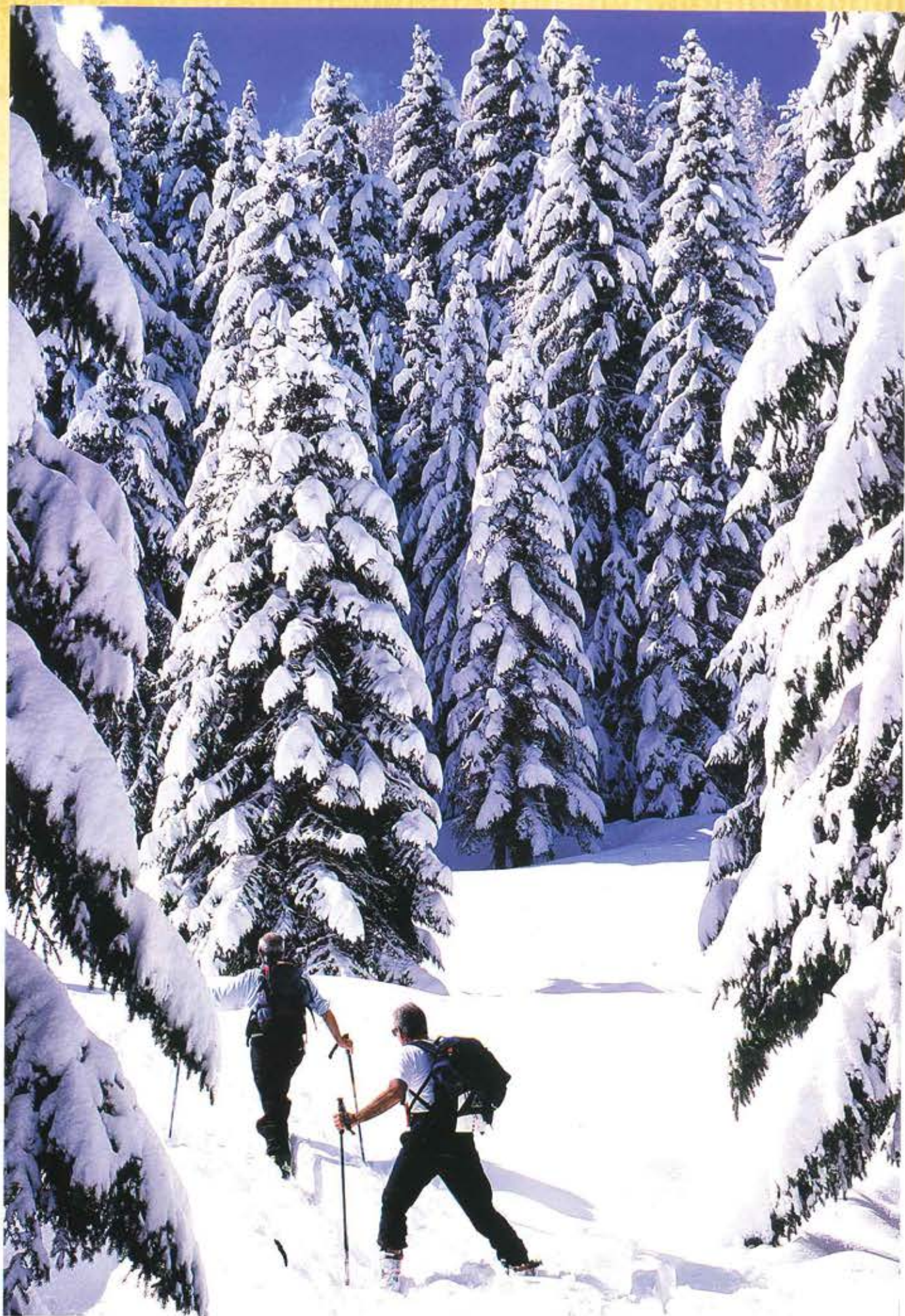
IL CONTATTO TRA LE ALPI E IL DESERTO

**I ghiacciai come
memoria storica**

di B. Delmonte



5



Com'è noto, uno dei principali rischi naturali che interessano l'arco alpino è quello delle valanghe. Il territorio alpino costituisce la zona montana più densamente popolata del mondo e, oltre alla popolazione residente, più di 120 milioni di turisti all'anno frequentano le località turistiche con un turnover molto spinto e concentrato prevalentemente nella stagione invernale. Per proteggere dalle valanghe queste zone densamente popolate, negli ultimi decenni la comunità scientifica e le strutture tecniche delle Amministrazioni locali hanno sviluppato numerosi sistemi di difesa preventiva basati sulla previsione del pericolo, sull'applicazione di misure di sicurezza e sulla realizzazione di opere ingegneristiche. A seguito dei catastrofici eventi avvenuti sull'arco alpino nel febbraio 1999, che hanno causato numerose vittime, feriti e ingentissimi danni materiali, si rende necessaria un'approfondita riflessione sullo sviluppo scientifico in corso e sull'efficacia degli strumenti tecnici attualmente disponibili. Parimenti si rende necessario attivare canali informativi efficaci con gli organi di informazione per una adeguata e tempestiva diffusione delle informazioni finalizzate alla previsione del pericolo.

Per questo motivo la Regione Valle d'Aosta, in collaborazione con l'AINEVA organizza nei giorni 13 e 14 dicembre 1999 a Saint Vincent (Aosta), una Conferenza internazionale sulla gestione del pericolo valanghe.

La conferenza si pone l'obiettivo di rappresentare il quadro dei sistemi tecnici e delle procedure organizzative adottate nei diversi Paesi per la gestione del problema valanghe. All'illustrazione di alcuni casi significativi verificatisi lungo l'arco alpino durante la scorsa stagione, seguiranno le sessioni tecniche; in conclusione si terrà una tavola rotonda di confronto delle esperienze, con la partecipazione dei rappresentanti del mondo dell'informazione.

Il Presidente dell'AINEVA
dott. Franco Vallet



UNO STUDIO NIVOCLIMATICO DEL FRIULI - VENEZIA GIULIA

“NEVEADIS

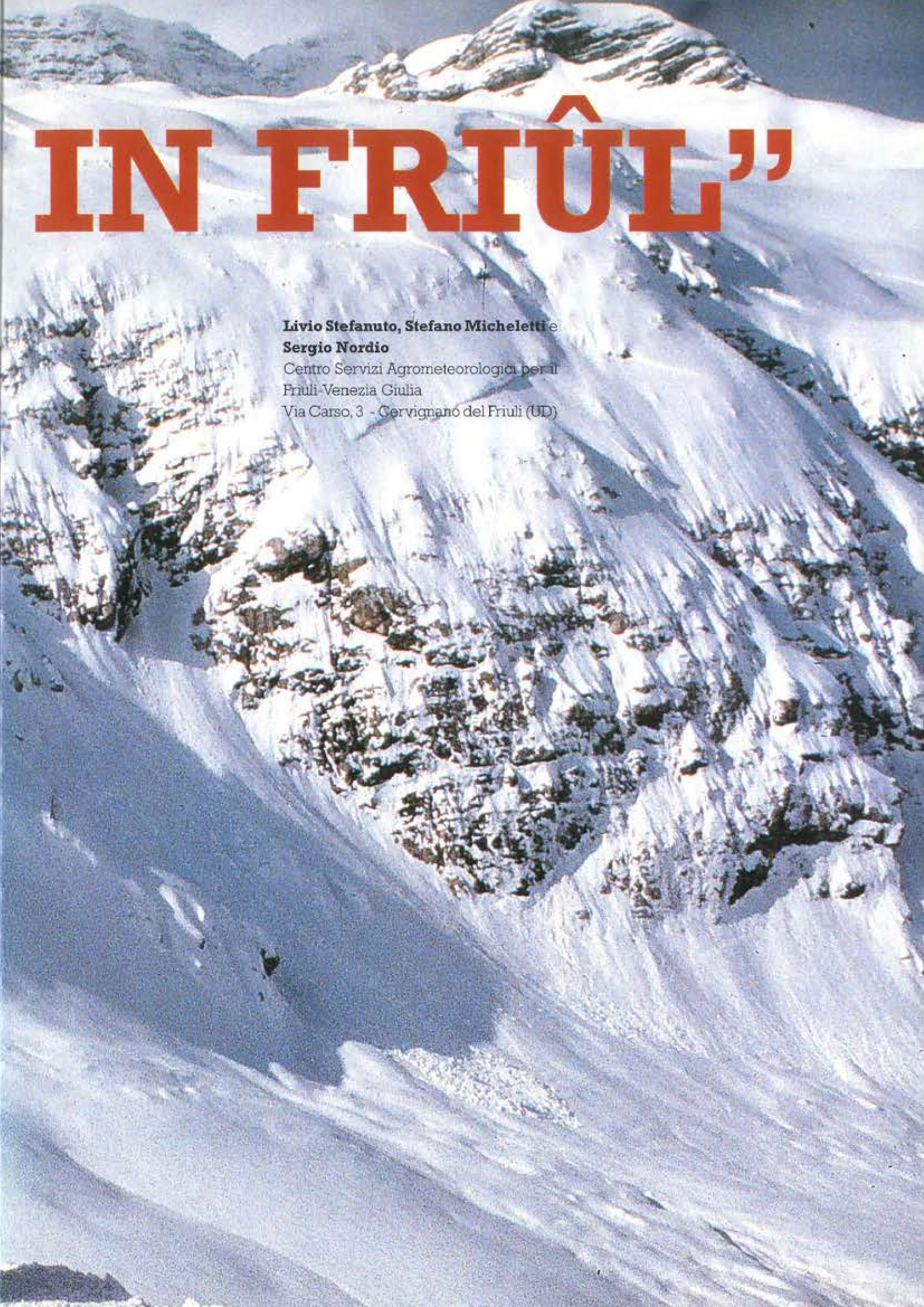
Elaborazioni di dati nivologici raccolti dal 1972 ad oggi
dalla Direzione Regionale delle Foreste

Il clima e le nevicate del Friuli- Venezia Giulia sono già state oggetto di vari studi nel passato più o meno recente, a partire dai pionieri della meteorologia e della climatologia, locale e generale, con Asquini, Venerio, Malignani. Queste ricerche ed osservazioni, magari colorate con toni romantici, costituiscono una fonte storica preziosa e delle piccole banche dati interessanti e utili, soprattutto come storia climatica. Tuttavia non potendo avere quelle caratteristiche di continuità e affidabilità che vengono richieste dai criteri scientifici internazionali, non si può assegnare loro una validità scientifica piena ed attuale.

Nell'ambito di una ricerca sempre più approfondita delle particolari caratteristiche climatiche del Friuli - Venezia Giulia, la Direzione Regionale delle Foreste ha incaricato il Centro Meteorologico Regionale del CSA di effettuare uno studio nivoclimatico, elaborando grafici e tabelle che rendano manifeste le condizioni di innevamento sul territorio montano regionale. A tale scopo sono state utilizzate le serie storiche di dati nivologici messi a disposizione dall'Ufficio Neve e Valanghe e relative a 29 stazioni dal 1972 al 1999.

Queste elaborazioni sono poi state utilizzate per un'analisi delle probabilità di superamento di soglie prefissate di neve fresca e dello strato di neve al suolo, per tutte le località in cui sono state fatte le misurazioni. A completamento dello studio abbiamo anche svolto una analisi meteorologica di alcune delle nevicate più significative degli ultimi trenta anni. In seguito alle elaborazioni eseguite si è cominciato un lavoro di studio delle caratteristiche nivoclimatiche della regione.





IN FRIÛL'

**Livio Stefanuto, Stefano Micheletti e
Sergio Nordio**

Centro Servizi Agrometeorologici per il
Friuli-Venezia Giulia
Via Carso, 3 - Cervignano del Friuli (UD)

OROGRAFIA

Il Friuli - Venezia Giulia è costituito per la sua metà meridionale da una zona pianeggiante che si bagna a sud nel mare Adriatico e nella laguna di Marano (tanto calda d'estate quanto fredda d'inverno) e per la sua metà settentrionale dalle pendici meridionali della catena alpina orientale; due catene di montagne parallele tra loro sono disposte principalmente in direzione ovest-est e sono divise longitudinalmente, al centro dell'area.

Nella parte occidentale delle montagne friulane sorgono, per 2000 - 2500 m, le Prealpi Carniche; dietro ad esse si elevano fino a 2800 m circa le Alpi Carniche (Coglians m 2781), separate dall'ampia valle del Tagliamento, la cui altitudine media è di 500 m circa.

Nella parte orientale sorgono fino ad una altitudine di 1500 - 2000 m le Prealpi Giulie; dietro ad esse solo un paio di profonde e strette valli precedono le Alpi Giulie che, nella regione, si elevano fino a quasi 2800 m. Prima del confine con l'Austria la Valcanale, che giace mediamente a circa 700 m s.l.m., divide le Giulie dalla propaggine più orientale della Catena Carnica.

DATI STORICI

La climatologia delle Alpi Friulane mostra da sempre alcune interessanti caratteristiche, dovute sia all'orografia che alla particolare posizione, individuate già dai maggiori studiosi del passato.

S. Polli, nella sua presentazione del clima della regione, riportata nell'Enciclopedia Monografica del Friuli - Venezia Giulia del 1971, parla di un aumento rapido delle precipitazioni nevose partendo dai primi rilievi prealpini verso la barriera montuosa più interna, tenendo presente che nella fascia costiera e nella bassa

pianura le precipitazioni nevose sono molto scarse, e differiscono di poco nella media pianura. Afferma inoltre che le altezze nevose risultano però molto diverse da località a località secondo la situazione geomorfica della zona considerata, ma stima comunque dei totali annui, basati sulle osservazioni compiute fino al 1960, suddivisi per fasce altimetriche. Così, alle altitudini di 500 m, le altezze dei totali annui sono in media di 80 cm; ai 1000 m si arriva a totali medi di quasi 200 cm; ai 1500 m, in condizioni favorevoli all'accumulo, si raggiungono i 400 cm, e a quote maggiori si arriva alla soglia degli 8 metri, che in alcuni casi si oltrepassa. Per quanto riguarda i giorni con nevicate, ne assegna 10 ad una altitudine di 500 m, 20 a 1000 m e infine 30 a 1500 m. Il massimo regionale, frutto di queste rilevazioni abbastanza datate, spetta al Passo Monte Croce Carnico, che a quota 1360 m registrerebbe una media di 410 cm e 28 giorni con nevicate.

Joseph Gentili, studioso esperto del clima friulano, basandosi sugli aspetti climatici principali, propone la suddivisione del territorio montano in quattro zone principali: Carnia, Fella, Tramontino e Resiano.

Egli commenta: "In Carnia la neve non è abbondantissima perché tanto vapore acqueo precipita sulle Prealpi, ma in certi anni si registrano cadute notevoli, come accadde nel 1836 e nel 1888, con 7.5 e 8.5 metri a Forni Avoltri (m 900 s.l.m.), 18.5 e 12.4 metri a Forni di Sopra (m 900 s.l.m.) e addirittura 19.8 e 15.4 metri al Passo della Mauria (m 1298 s.l.m.). La frequenza delle nevicate è anche proporzionale all'altitudine, e mentre il Passo di Monte Croce Carnico può avere 40 giorni con nevicate in un anno nevoso, nello stesso anno Forni di Sopra e Sauris possono averne





30, Forni di Sotto ed Ovaro 25, Tolmezzo 10.

La zona del Fella, che comprende il Canale del Ferro, la Val Canale, e le valli laterali fuorché quella di Resia, non costituisce un'unità climatica distinta e potrebbe frazionarsi in varie sottozone. Nell'insieme questa zona ha climi più eccessivi di quelli carnici, sia per la presenza di valli profonde ed incassate sia per l'abbondanza di pareti rocciose esposte al sole di giorno ed a rapido raffreddamento durante la notte, sia per l'esposizione prevalente che permette l'ingresso della bora. Ne risultano inverni un po' più rigidi che in Carnia, ma anche più nevosi. A parità d'altitudine, si registrano nevicate più abbondanti, ad esempio il Passo del Predil, più basso del Passo della Maura, lo supera per nevosità quasi ogni inverno, come Camporosso supera Forni Avoltri e Timau, e Pontebba spesso supera Paluzza. Nel periodo compreso fra il 1927 e il 1952 a Tarvisio (m 751 s.l.m.) caddero in media 246 cm di neve in quasi 25 giorni l'anno, con un massimo di oltre 6 metri e 46 giorni nevosi nel 1952. A Cave del Predil (m 900 s.l.m.), sempre nel periodo 1927-1944, si ebbero 290 cm con 24 giorni con neve.

La zona Tramontina, con le sue poche valli, profondamente incassate, e le superfici calcaree esposte al sole, presenta grandi contrasti termici tra i fondovalle e le pareti rocciose, con minimi invernali piuttosto rigidi (Cimolais, m 652, la notte è più freddo di Timau, m 830; Claut è più freddo di Pontebba, Tramonti di Sopra è più freddo di Paularo).

La zona Resiana è la controparte orientale della zona Tramontina, e ne differisce per la sua piovosità molto maggiore, e per le temperature in genere più basse. La piovosità di questa zona è veramente eccezionale e s'inserisce



Elenco delle stazioni nivometriche

Prealpi Carniche			Alpi Carniche			Alpi Giulie e Carniche orientali		
Stazione	Cod.	s.l.m.	Stazione	Cod.	s.l.m.	Stazione	Cod.	s.l.m.
Prescudin	PRE	640	Lateis	LAT	1270	Fusine	FSN	850
Claut	CLA	650	Paluzza	PAL	610	Tarvisio	TAR	777
Piancavallo	PIA	1280	Pradibosco	PRA	1200	C.d.Predil	CAV	910
			Timau	TMU	816	Sella Nevea	SNE	1190
			Sauris	SAU	1400	M.Lussari	LUS	1770
			Ravascletto	RVO	890	M.Florianca	FLO	1658
			Varmost	VAR	1440	Rif. Gilberti	RGI	1850
			M.Zoncolan	ZON	1750	P.Pramollo	PPR	1500
			Collina	COL	1200	Pontebba	PTB	545
			Forni di Sopra	FSO	910	Aupa	AUP	900
			S.Lius	LIU	1010	Resia	RES	470
			Valdajner	VAL	1440	Val Saisera	VLS	1000
			Paularo	PAU	700			

Tabella delle elaborazioni statistiche effettuate per ogni stazione.

(media, mediana, minimo, massimo, deviazione standard e numero di dati per ogni decade, mese e stagione)

Istogrammi della variazione interannuale

Tabella climatologica dei parametri statistici poliennali

Numero di giorni di precipitazione nevosa:	Stagionali e mensili
	Totale stagionale e massimo evento stagionale
Neve fresca:	Totale mensile e massimo evento mensile
	Massimo stagionale
Spessore della neve al suolo:	Massimo, medio e minimo mensile
	Massimo, medio e minimo decennale
	Numero mensile di giorni con spessore maggiore o uguale a 1, 10, 30 cm
Durata dell'innevamento:	Date primo e ultimo innevamento, inizio e fine copertura nevosa continuata
	Durata della copertura nevosa continuata
	Durata della copertura nevosa totale stagionale

Grafici riepilogativi

Media poliennale del totale mensile di neve fresca
Media poliennale dell'evento massimo mensile di neve fresca
Media poliennale dello spessore minimo, medio e massimo mensile della neve al suolo
Media poliennale dello spessore minimo, medio e massimo decennale della neve al suolo
Media poliennale del numero mensile di giorni con spessore della neve al suolo $\geq$ di 1, 10, 30 cm

Analisi della variazione altitudinale e stagionale del manto nevoso Alpi Carniche e Alpi Giulie

Relazione fra lo spessore medio mensile del manto nevoso e la quota
Relazione fra lo spessore mediano mensile del manto nevoso e la quota

Analisi meteorologica degli eventi nevosi più intensi

Analisi probabilistica

Altezza totale di neve fresca per diversi livelli di probabilità di non superamento
Spessore medio mensile della neve al suolo per diversi livelli di probabilità di non superamento
Probabilità di raggiungimento di altezze totali della neve fresca
Probabilità di raggiungimento di spessori medi mensili della neve al suolo

tra i massimi europei: nel solo inverno cadono 400-500 mm di pioggia e poca neve, poi la piovosità va aumentando durante la primavera ed il principio dell'estate, per raggiungere il massimo nell'autunno, quando cadono 800-1000 mm in media (ed a volte molto di più). La nevosità è modesta, in genere meno della metà di quella delle Alpi, ma naturalmente superiore a quella della pianura. Mediamente fra il 1927 e 1952 caddero ogni anno nel fondovalle resiano (500 m s.l.m.) 73 cm di neve con oltre 8 giorni con nevicate, sul versante sud della catena dei Musi (630 m s.l.m.) 63 cm e 9 giorni con neve, e storicamente oltre 6 metri di neve nel 1886 a Lusevera (500 m s.l.m.)".

Sul clima delle Alpi Giulie, D. di Cobertaldo, nel testo "Il Tarvisiano" del C.A.I. Monte Lussari, 1961, così scrive: "E' noto che il limite climatico delle nevi persistenti si abbassa sensibilmente dalle Alpi Occidentali alle Alpi Orientali: il valore medio per il gruppo del M. Bianco è di m 3150, per il gruppo dell'Ortles di m 3050, ma, nelle Alpi Giulie, per il gruppo del Canin scende a m. 2200 e per il Montasio addirittura sotto ai 2000 m. Nel Tarvisiano il clima peggiore si riscontra a Cave del Predil (m 900 s.l.m.), che si trova nel cuore di una regione che, per instabilità meteorologiche ed abbondanza di precipitazioni, a parità di quota, non trova riscontro con alcun'altra località delle Alpi. La sua posizione poi, qualche chilometro a Nord della maggiore catena delle Giulie (Mangart, Cima del Lago, Rombon, Canin, ecc.), baluardo naturale ai venti sciroccali caldumidi provenienti dall'Adriatico, è tale che, pur non essendo a quota eccessivamente elevata, ha condizioni meteorologiche che rispecchiano molto bene il clima medio regionale. La quantità di

neve oscilla intorno ai 4-5 metri l'anno, ma nel 1951 si registrarono ben 10,17; un minimo invece si riscontrò nel 1959 con 0,73. Le nevicate in passato erano molto più copiose: nel 1909 dall'1 al 15 marzo caddero ben 9 metri di neve! Si racconta che la gente sciava sopra i fili delle linee elettriche e che i caseggiati erano semisepolti. Alcuni dati citati risultano piuttosto dubbi e, pur preziosi ed interessanti, non possono avere quelle caratteristiche di continuità e affidabilità richieste a livello internazionale e quindi non si può assegnare loro una validità scientifica piena. Per questo motivo la Direzione Regionale delle Foreste ha incaricato il Centro Meteorologico Regionale di elaborare i dati raccolti dal 1972 e di descrivere la distribuzione della neve in questi anni.

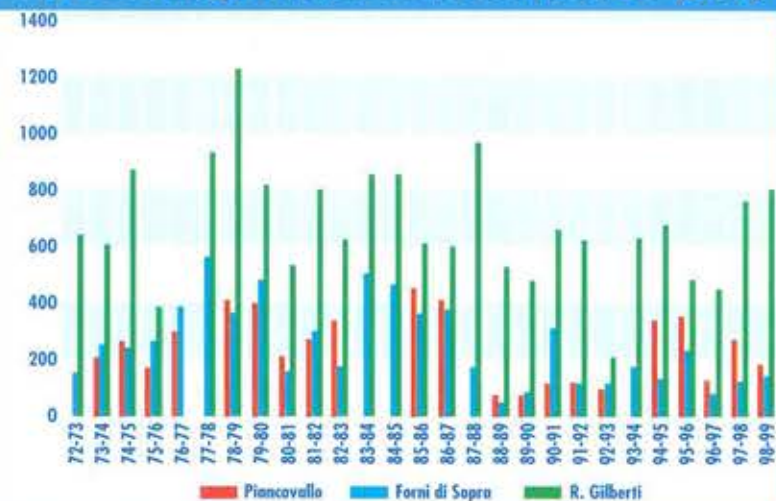
STAZIONI

Per analizzare le principali caratteristiche climatiche del Friuli - Venezia Giulia abbiamo utilizzato le serie storiche di dati fornite dall'Ufficio Neve e Valanghe. I dati sono costituiti da misure giornaliere dello strato di neve fresca caduta nelle ultime 24 ore e dell'altezza totale dello strato di neve al suolo, registrate alle 8 del mattino in 29 stazioni delle Alpi e Prealpi Carniche e delle Alpi Giulie, dal 1 dicembre al 30 aprile di ogni anno, dal 1972 al 1999.

VALIDAZIONE DEI DATI

Prima di procedere nell'elaborazione, si è constatato che parecchi dati risultavano mancanti; poiché le annate disponibili vanno dal 1972 al 1999, eliminando quelle incomplete si sarebbe resa impossibile per molti siti l'analisi statistica prevista, che per essere valida ha invece bisogno di un numero di dati sufficientemente alto. Si è provveduto dunque, congiuntamente con il personale del-

Variazione interannuale dell'altezza totale stagionale di neve fresca (cm)

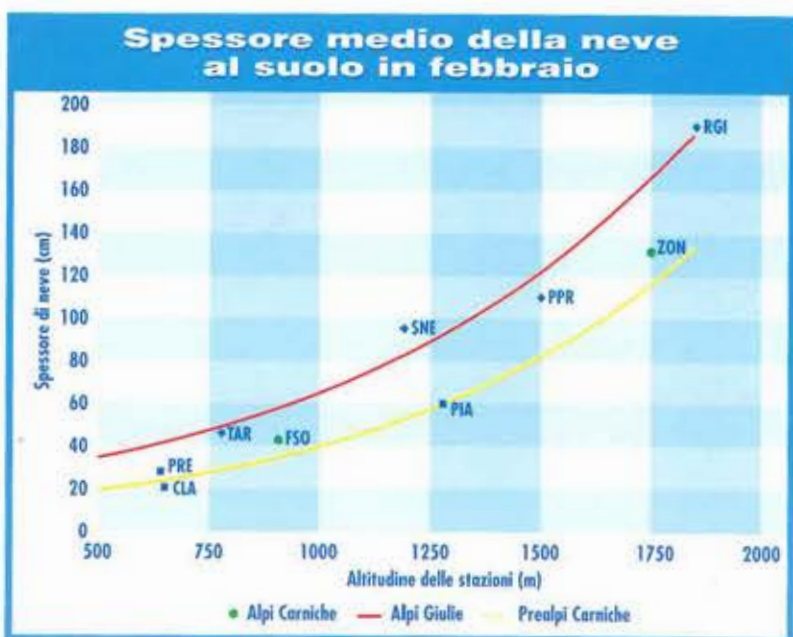
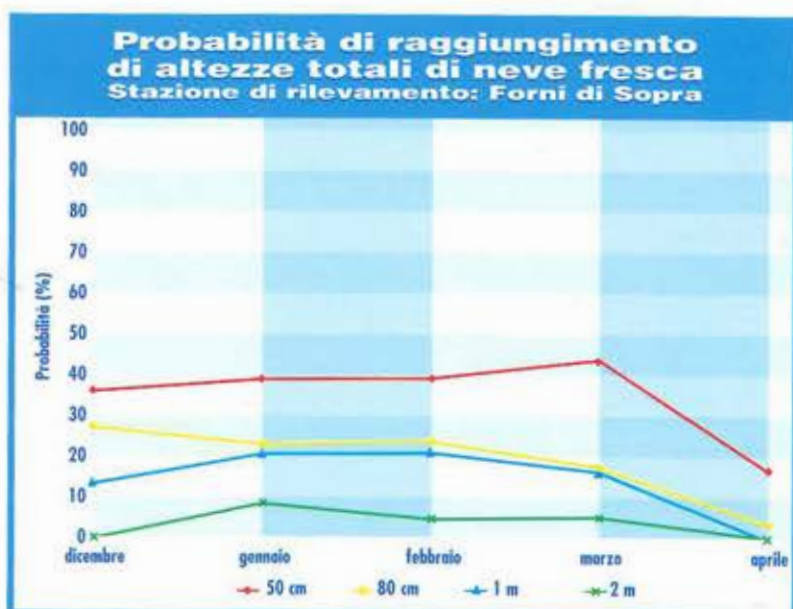
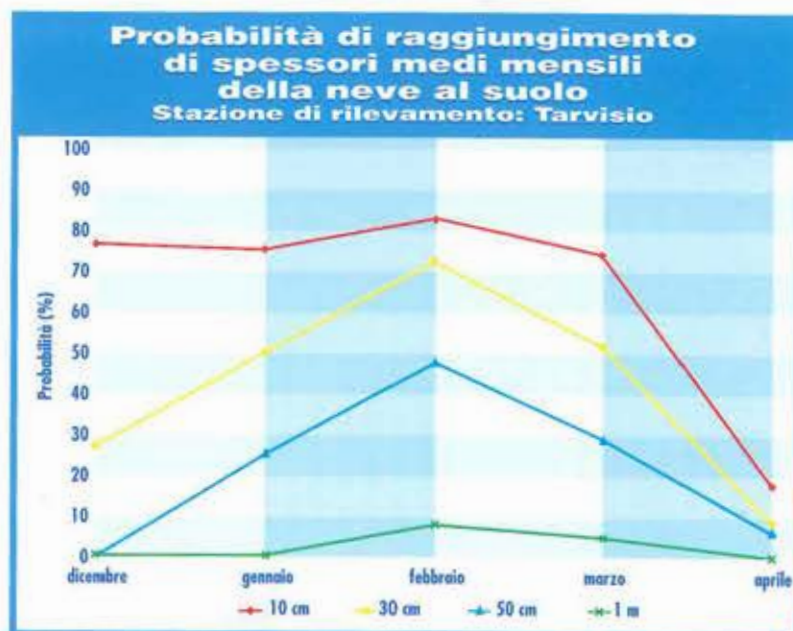


Spessore della neve al suolo (massimo, medio e minimo decadale) Stazione di rilevamento: Forni di Sopra 1972-1999

me- se	decade	neve al suolo	media	mediana	min	max	deviazione standard	numero osserv.
dicembre	prima	massimo	15	8	0	84	20	27
		medio	9	4	0	33	10	27
		minimo	6	0	0	31	9	27
	seconda	massimo	24	15	0	82	25	27
		medio	14	8	0	76	17	27
		minimo	8	1	0	72	16	27
	terza	massimo	31	19	0	91	30	27
		medio	23	13	0	71	24	27
		minimo	15	6	0	66	18	27
gennaio	prima	massimo	29	20	0	77	26	27
		medio	24	17	0	69	22	27
		minimo	21	15	0	65	20	27
	seconda	massimo	43	29	0	117	39	27
		medio	34	23	0	95	30	27
		minimo	24	16	0	68	23	27
	terza	massimo	46	34	0	128	41	27
		medio	36	27	0	121	34	27
		minimo	31	21	0	112	31	27
febbraio	prima	massimo	48	35	0	154	45	27
		medio	41	30	0	135	40	27
		minimo	36	25	0	122	37	27
	seconda	massimo	55	38	0	212	54	27
		medio	44	34	0	183	45	27
		minimo	38	29	0	165	41	27
	terza	massimo	54	36	0	185	52	27
		medio	45	31	0	144	43	27
		minimo	38	26	0	127	38	27
marzo	prima	massimo	53	37	0	153	45	27
		medio	42	28	0	130	38	27
		minimo	33	19	0	112	35	27
	seconda	massimo	45	33	0	146	42	27
		medio	33	20	0	102	34	27
		minimo	23	2	0	87	31	27
	terza	massimo	37	32	0	105	36	27
		medio	24	6	0	81	30	27
		minimo	16	0	0	70	25	27
aprile	prima	massimo	28	27	0	125	30	27
		medio	16	7	0	102	23	27
		minimo	6	0	0	81	18	27
	seconda	massimo	16	5	0	84	22	27
		medio	7	0	0	69	15	27
		minimo	3	0	0	52	11	27
	terza	massimo	4	0	0	47	11	27
		medio	1	0	0	19	4	27
		minimo	0	0	0	0	0	27

Media poliennale dello spessore minimo, medio e massimo decadale della neve al suolo (cm) Stazione di rilevamento: Piancavallo





la Direzione stessa, a verificarne la validità e, dove era possibile, a ricostruire il dato mancante sostituendolo con un valore sotto-stimato ricavato utilizzando i dati delle stazioni più vicine oppure quelli della rete dell'Istituto Idrografico e della rete delle stazioni ERSI. Per ogni stazione l'elaborazione dei dati nivologici è stata eseguita soltanto per le decadi che presentavano almeno 7 dati, per i mesi che ne presentavano almeno 20 e per le stagioni invernali che ne presentavano almeno 100, quale limite minimo di validità statistica.

ELABORAZIONE DEI DATI NIVOLGICI

Per ogni stagione invernale e per ogni stazione considerata sono stati elaborati i grafici della variazione interannuale dell'altezza totale stagionale di neve fresca, dello spessore massimo stagionale della neve al suolo e del massimo spessore medio mensile della neve al suolo. Sono state inoltre ricavate, per ogni stazione, le tabelle che presentano in modo sintetico la media aritmetica semplice, la mediana, il massimo ed il minimo assoluto, la deviazione standard ed il numero di osservazioni delle seguenti grandezze: giorni di precipitazione nevosa, totale di neve fresca, spessore di neve al suolo e sua durata.

In seguito è stata compiuta un'analisi della variazione altitudinale e stagionale del manto nevoso. Tale analisi è stata svolta mediante l'elaborazione di diagrammi di relazione fra lo spessore del manto nevoso e la quota, con l'utilizzo della media e della mediana mensile e per aree geografiche omogenee.

Da ultimo si sono effettuati degli studi sulla probabilità del verificarsi in futuro di situazioni accadute nel passato; l'analisi probabilistica degli eventi rende infatti disponibile un importante

indice di tendenza in climatologia, ed è un efficace strumento di rappresentazione delle peculiarità di un territorio. Pertanto per ogni stazione è stata determinata la distribuzione di frequenza che caratterizza alcuni parametri nivologici. Indubbiamente lo studio probabilistico migliorerebbe con il possesso di una banca dati o di serie storiche più lunghe (50 o 100 anni), incorrendo tuttavia nel rischio di intercettare variazioni climatiche orientate in qualche direzione. La distribuzione empirica della serie di dati è stata ottenuta applicando la formula proposta da Weibull-Gumbel ricavando, per ogni stazione, le diverse probabilità di non superamento e, mediante la suddivisione in centili, le soglie del 5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95%. L'elaborazione ha riguardato sia l'altezza totale mensile di neve fresca, che lo spessore medio mensile della neve al suolo. Trattandosi di una distribuzione di probabilità, i risultati sono fortemente influenzati dal numero di dati mensili disponibili per ogni stazione: per nessuna di loro si raggiunge il valore suggerito di 30 casi e per alcune non si raggiunge nemmeno il numero minimo di 4.

Le rappresentazioni grafiche esprimono, per ogni mese, sia la probabilità di raggiungere una soglia fissata di altezza neve, che l'altezza della neve corrispondente ad una fissata probabilità di non superamento.

ELABORAZIONE DI DATI NIVOMETEOROLOGICI DI EVENTI NEVOSI INTENSI

Allo scopo di comprendere meglio quei meccanismi fisici che portano la neve a distribuirsi in modo diseguale sulla regione, si è fatta un'analisi approfondita di alcune delle nevicate più significative delle 25 stagioni invernali.

Si sono scelti 17 eventi che racchiudono, secondo i dati a disposizione, le più abbondanti cadute di neve in 24 o 48 ore, dal 1973 al 1999, sulle stazioni nivometriche della Direzione Regionale delle Foreste. Per ognuno di essi si sono raccolti:

- un'analisi sintetica della distribuzione della neve caduta sulle zone montane secondo questa divisione: Alpi Giulie - Alpi Carniche Orientali - Alpi Carniche Centrali - Alpi Carniche Occidentali - Prealpi Carniche Occidentali - zona del Piancavallo;

- i dati principali dei sondaggi effettuati nella libera atmosfera sopra Udine prima, durante e dopo l'evento, e relativi a: temperatura, umidità, modulo della velocità e direzione di provenienza del vento alle quote di 925 hPa, 850 hPa, 700 hPa e 500 hPa (circa 700, 1400, 3000 e 5500 m);

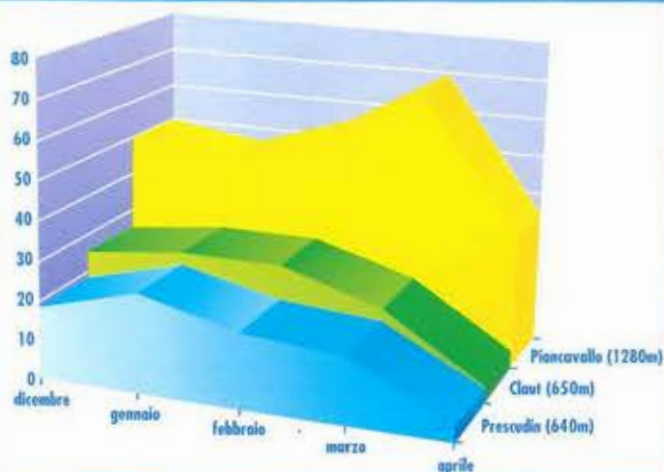
- tutti i dati disponibili, registrati alle ore 08:00 del mattino dalle stazioni nivometriche attive in quel momento: data, codice della stazione, condizioni del tempo, condizioni del cielo, intensità e direzione del vento, temperatura al momento della rilevazione, temperatura minima e massima nelle 24 ore precedenti, spessore totale della neve, spessore dello strato di neve fresca caduta nelle 24 ore precedenti; ed una nota con il totale della neve caduta durante tutto l'evento meteorologico;

- le carte meteorologiche sinottiche a scala europea corrispondenti all'evento e relative a: linee isobariche e tracciato dei fronti con dati delle stazioni europee al suolo; linee geopotenziali con i dati dei sondaggi europei a 500, 700 e 850 hPa;

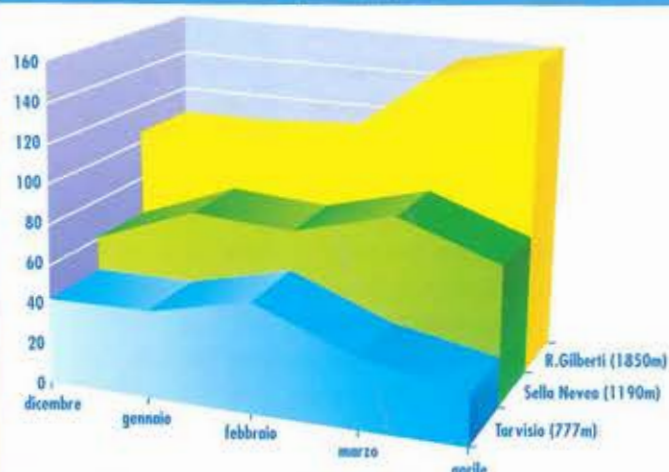
- un commento delle mappe meteorologiche, che mette in evidenza l'evoluzione temporale dell'evento ed il tipo di situazione sinottica che ha provocato le precipitazioni.



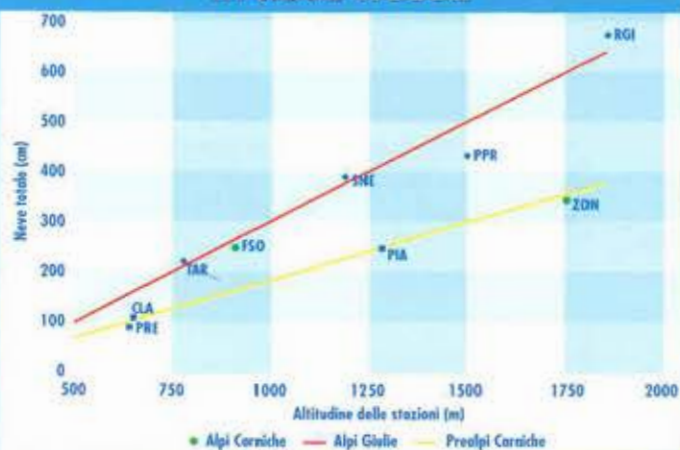
Media poliennale del totale mensile di neve fresca (cm) Prealpi Carniche



Media poliennale del totale mensile di neve fresca (cm) Alpi Giulie



Media annuale del totale di neve fresca



Valore medio del totale annuo di neve fresca (cm)

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	100	65	Forni di Sopra (910m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	300	180	249	345
1500	500	300		

Valore medio annuo del numero di giorni nevosi

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	20	10	Forni di Sopra (910m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	27	19	24	28
1500	35	28		

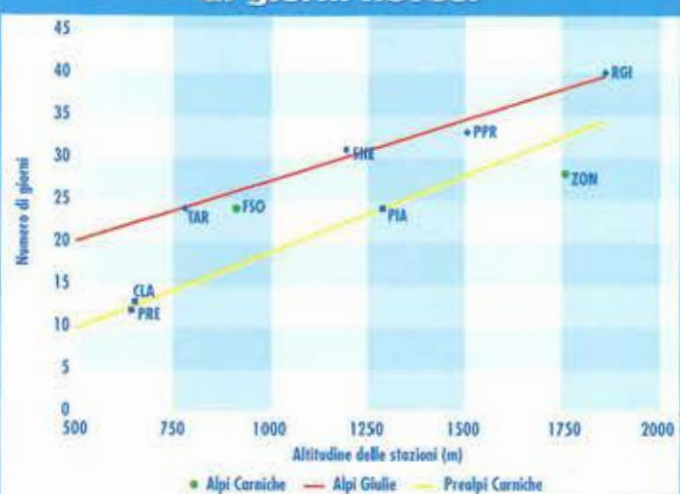
Valore medio annuo del numero di giorni di copertura nevosa ≥ 1 cm

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	90	50	Forni di Sopra (910m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	120	95	98	131
1500	135	125		

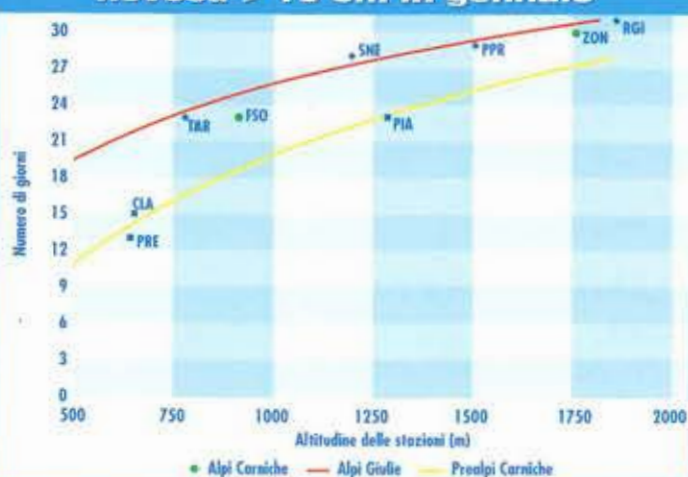
Valore medio in gennaio del numero di giorni di copertura nevosa ≥ 10 cm

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	20	11	Forni di Sopra (910m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	26	20	23	30
1500	29	25		

Media annuale del numero di giorni nevosi



Media annuale del numero di giorni con copertura nevosa > 10 cm in gennaio



ANALISI CLIMATICA DELL'INNEVAMENTO IN FRIULI - VENEZIA GIULIA

A partire dai dati elaborati si è quindi iniziato un lavoro di sintesi della gran mole di informazioni raccolte, prendendo in considerazione soltanto quelle stazioni che hanno continuato a funzionare per almeno 20 anni. Sulla base delle considerazioni svolte nell'ultimo secolo dai maggiori climatologi interessati del Friuli - Venezia Giulia, si è diviso il territorio in tre fasce omogenee: Prealpi Carniche (con le stazioni di Piancavallo, Claut e Prescudin), Alpi Carniche (con le stazioni di Forni di Sopra e M. Zoncolan) e Alpi Giulie (con le stazioni di Tarvisio, Sella Nevea, Passo Pramollo e Rifugio Gilberti). Interpolando, per mezzo della curva che meglio approssima i punti ed in funzione dell'altitudine, il valore medio della neve fresca e dello strato di neve al suolo, il numero di giorni nevosi e di giorni con copertura nevosa, la probabilità di raggiungere valori medi mensili di 30 e 50 cm di neve al suolo, si è potuto evidenziare le principali diversità climatiche delle varie zone. Naturalmente, considerando che la distribuzione delle precipitazioni in genere e della neve in particolare ha una forte dipendenza da tutta una serie di fattori meteorologici ed orografici, quali la disposizione e la localizzazione della valle, l'altitudine del sito e la sua esposizione, i dati medi estrapolati hanno un valore soltanto indicativo.

In ogni caso sembra di poter affermare che in media sulle Prealpi Carniche cadono circa 65 cm di neve fresca in un anno a 500 m di altitudine, 180 cm a 1000 m e 300 cm a 1500 m; sulle Alpi Giulie invece cadono in media 100 cm a 500 m di altitudine, 300 cm a 1000

m e 500 cm a 1500 m. Nelle Alpi Carniche non avevamo un numero sufficiente di stazioni con una serie storica abbastanza lunga da rendere attendibili e confrontabili i valori ottenuti, perciò non abbiamo potuto cercare una curva di regressione; tuttavia il valore medio di 249 cm di Forni di Sopra e quello di 345 cm di M. Zoncolan ben si inseriscono nella banda delimitata dall'andamento nelle altre due zone, se si tiene conto della loro altitudine e del fatto che la stazione di M. Zoncolan è una stazione di vetta battuta dal vento.

Per quanto riguarda il numero di giorni nevosi, si può ragionevolmente dedurre che sulle Prealpi Carniche in un anno nevichi mediamente per 10 giorni a 500 m, 19 giorni a 1000 m e 28 giorni a 1500 m; sulle Alpi Giulie invece per 20, 27 e 35 giorni rispettivamente. Anche in questo caso le Alpi Carniche si inseriscono abbastanza bene tra questi valori: la stazione di Forni di Sopra registra in media 24 giorni nevosi in un anno.

Se andiamo ad indagare sul numero di giorni in cui il suolo rimane coperto da almeno 1 cm di neve, vediamo che nelle Prealpi Carniche questo accade in media per 50 giorni a 500 m, 95 gior-

Valore medio in gennaio dello spessore della neve al suolo (cm)

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	24	13	Forni di Sopra (810m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	47	28	32	93
1500	92	62		

Valore medio in febbraio dello spessore della neve al suolo (cm)

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	35	20	Forni di Sopra (810m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	65	40	43	132
1500	122	82		

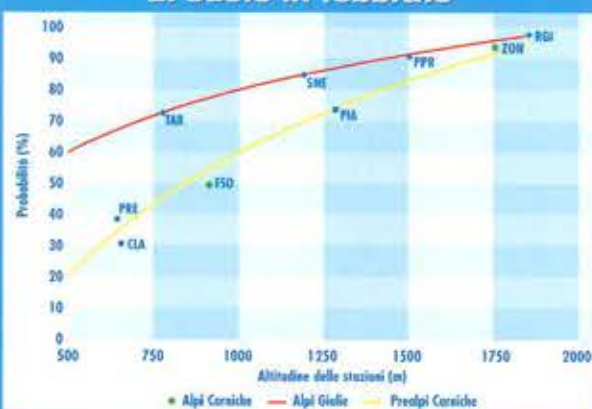
Probabilità di trovare in febbraio uno spessore medio di neve ≥ 30 cm (%)

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	60	20	Forni di Sopra (810m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	80	60	50	94
1500	90	85		

Probabilità di trovare in febbraio uno spessore medio di neve ≥ 50 cm (%)

Altitudine (m)	Alpi Giulie	Prealpi Carniche	Alpi Carniche	
500	25	15	Forni di Sopra (810m)	M. Zoncolan (1750m)
1000	65	35	32	92
1500	90	55		

Probabilità di superare un valore medio di 30 cm di neve al suolo in febbraio





ni a 1000 m, 125 giorni a 1500 m; nelle Alpi Giulie lo stesso accade per 90, 120 e 135 giorni. A Forni di Sopra il suolo rimane coperto dalla neve in media per 98 giorni all'anno.

Andando a vedere il numero medio di giorni con copertura nevosa maggiore o uguale a 10 cm nel mese di gennaio si troveranno nelle Prealpi Carniche 11 giorni a 500 m, 20 giorni a 1000 m e 25 giorni a 1500 m. Nelle Alpi Giulie si troveranno 20 giorni a 500 m, 26 giorni a 1000 m e 29 a 1500 m. Forni di Sopra è pienamente inserito in questa banda con 23 giorni.

Per quanto riguarda lo spessore medio della neve al suolo si ricava che nel mese di gennaio nelle

Prealpi Carniche in media ci sono 13 cm di neve a 500 m, 28 cm a 1000 m e 62 cm a 1500 m. Nelle Alpi Giulie 24 cm a 500 m, 47 cm a 1000 m e 92 cm a 1500 m. Nelle Alpi Carniche abbiamo 32 cm a Forni di Sopra e 93 cm sul M. Zoncolan.

Nel mese di febbraio nelle Prealpi Carniche in media al suolo ci sono 20 cm di neve a 500 m, 40 cm a 1000 m e 82 cm a 1500 m. Nelle Alpi Giulie si rilevano 35 cm a 500 m, 65 cm a 1000 m e 122 cm a 1500 m. Nelle Alpi Carniche abbiamo 43 cm a Forni di Sopra e 132 cm sul M. Zoncolan.

L'analisi probabilistica ci permette di avere un'idea della speranza con cui possiamo aspettarci un determinato valore medio mensile dello strato di neve al suolo nelle località montane della regione. La probabilità di raggiungere un valore medio di 30 cm di neve al suolo nel mese di febbraio è di circa 20 % a 500 m, 60 % a 1000 m e 85 % a 1500 m nelle Prealpi Carniche; mentre per le Alpi Giulie è di 60 % a 500 m, 80 % a 1000 m e 90 % a 1500 m. La probabilità di raggiungere invece un valore medio di 50 cm di neve al suolo nello stesso mese scende a 15 % a 500 m, 35 % a 1000 m e 55 % a 1500 m nelle Prealpi Carniche; mentre nelle Alpi Giulie è di 25 % a 500 m, 65 % a 1000 m e 90 % a 1500 m.

In definitiva abbiamo messo in evidenza che:

- 1) alla stessa altitudine sulle Alpi Giulie c'è un totale annuo di neve fresca maggiore che sulle Prealpi Carniche; in media troviamo infatti almeno 35 cm in più a 500 m di quota, 120 cm in più a 1000 m e 200 cm in più a 1500 m;
- 2) sulle Alpi Giulie nevica più frequentemente: almeno 10 giorni in più che sulle Prealpi Carniche a 500 m, 8 giorni in più a 1000 m e 7 giorni in più a 1500 m;
- 3) nelle Alpi Giulie il suolo rimane coperto dalla neve più a lun-

go: ben 40 giorni in più che nelle Prealpi Carniche a 500 m, 25 giorni in più a 1000 m e 10 giorni in più a 1500 m;

4) anche il numero di giorni in cui si può trovare più di 10 cm di neve è maggiore nelle Alpi Giulie che nelle Prealpi Carniche: in gennaio 9 giorni a 500 m, 6 giorni a 1000 m e 4 giorni a 1500 m;

5) nelle Alpi Giulie lo spessore medio è maggiore che nelle Prealpi Carniche di 11 cm a 500 m, quasi 20 cm a 1000 m e 30 cm a 1500 m nel mese di gennaio; di 15 cm a 500 m, 25 cm a 1000 m e 40 cm a 1500 m nel mese di febbraio;

6) di conseguenza la probabilità di avere, ad esempio, un mese di febbraio con uno strato medio di neve al suolo di 50 cm a 1000 m di altitudine nelle Alpi Giulie è del 65 % mentre è soltanto del 35 % nelle Prealpi Carniche; così la probabilità di avere almeno 30 cm a 500 m è del 60 % nelle Alpi Giulie e del 20 % nelle Prealpi Carniche;

7) pur avendo pochi dati a disposizione si può ragionevolmente affermare che anche dal punto di vista nivoclimatico le Alpi Carniche si pongono in una situazione intermedia tra le altre due regioni;

8) pur non avendo effettuato una ricerca ad hoc, i dati che emergono sembrano congrui anche con le stime effettuate nel passato e di cui si è già accennato.

ANALISI METEOROLOGICA DELL'INNEVAMENTO IN FRIULI - VENEZIA GIULIA

L'analisi meteorologica degli episodi nevosi più interessanti degli ultimi 25 anni ci ha portato ad identificare le principali caratteristiche delle situazioni sinottiche che sono responsabili delle nevicate più intense sulla zona montana.

In particolare si è notato che gli episodi più consistenti sono accaduti sulle Alpi Giulie (con anche 120 cm di neve fresca in sole 24 ore a 1800 m d'altitudine!) in concomitanza a forti flussi d'aria umida da ovest-sudovest nei livelli più alti dell'atmosfera (5500 m circa) e contemporaneamente a forti flussi da sud-sudovest nei livelli inferiori (soprattutto nei primi 2000 m circa).

Invece nelle Prealpi Carniche le nevicate più abbondanti (fino a 100 cm di neve in 24 ore) accadono prevalentemente in concomitanza a forti venti da sud in quota e da sudest negli strati d'aria più bassi.

Nel primo caso la direzione dei flussi è tale che l'aria umida è costretta a sollevarsi di fronte ai baluardi naturali delle Alpi Giulie e, trovandosi in un ambiente a pressione minore, ad espandersi e quindi a raffreddarsi. Tutto il vapore acqueo che non può più essere contenuto nell'aria si trasforma in ghiaccio e dà origine alla formazione della neve, che cade copiosa. Nel secondo caso il sollevamento avviene principalmente sopra le Prealpi e le Alpi Carniche.

Naturalmente in ambedue le situazioni occorre che la temperatura sia vicino allo zero e a questa situazione concorrono sia il particolare momento stagionale sia l'occasionale arrivo della Bora che, principalmente attraverso la porta della Val Canale, fa giungere sulle Alpi Giulie aria gelida proveniente dalla pianura russa. Non sempre quest'aria più fredda riesce a penetrare fin nelle Alpi e Prealpi Carniche, ma quando questo avviene essa rimane intrappolata a lungo nelle valli e permette la precipitazione nevosa fino a fondovalle, anche se lo zero termico nella libera atmosfera è ben più alto.

Allo stesso tempo il flusso da sud-sudovest o da sud-sudest nei bas-

si strati porta aria relativamente più mite proveniente dal mare Adriatico; anch'essa si solleva di fronte alle montagne e porta il maggiore contributo alle precipitazioni, perché la temperatura più alta permette all'aria di contenere una maggiore quantità di vapore acqueo. La temperatura di questa massa d'aria determina il limite altimetrico di caduta della neve sulle Prealpi Carniche più esposte, ma non sulle Alpi Giulie ed in Carnia che invece rimangono protette. Solo raramente lo Scirocco riesce a penetrare per alcuni chilometri nelle valli carniche, predominando sulla Bora o anche soltanto sulla corrente d'aria più fredda e quindi pesante che dalle cime dei monti innevati scende verso la pianura o che ristagna nelle valli da più giorni, per accumulo o avvezione precedenti.

CONCLUSIONE

L'analisi e l'elaborazione dei rilevamenti quotidiani della quantità di neve fresca caduta e dello strato di neve presente sul suolo ci ha permesso di mettere in luce le diversità nivoclimatiche più importanti delle principali zone montane del Friuli - Venezia Giulia ed in particolare delle Alpi Giulie e delle Prealpi Carniche.

L'analisi meteorologica degli eventi più significativi ci ha introdotto alla scoperta delle ragioni più evidenti per questa diversità:

1) la maggiore frequenza con cui soffiano nei bassi strati i venti umidi meridionali a componente più occidentale rispetto a quelli a componente più orientale, con la conseguenza che il sollevamento della massa d'aria avviene più frequentemente sul settore orientale della regione montana;

2) la posizione situata soltanto a poche decine di chilometri dal mare Adriatico ma a ridosso dei paesi dell'Europa centro-orientale;

3) la particolare orografia della regione montana e la direzione delle sue valli che, poste longitudinalmente, si oppongono frontalmente ai flussi umidi da sudest nella regione occidentale e da sudovest in quella orientale, ma sono aperte al freddo vento di Bora.

A sentinella di un naturale confine tra il clima mediterraneo e quello continentale, il Friuli-Venezia Giulia subisce il prevalere ora dell'uno o dell'altro, in un gioco continuo di correnti che quasi mostrano di volersi divertire, rincorrendosi a vicenda per sedarsi improvvisamente subito dopo. Una eterna altalena di giornate gonfie di pioggia e neve e giornate dal cielo terso e luminoso in cui svettano le candide cime dei monti.



BIBLIOGRAFIA

A.V., *Das Bioklima von Fressach*, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, 1987.

A.V., *Klimakarten Österreich*, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, 1990.

AUER, I., BÖHM, E., MOHNI, H., *Das Klima von Wien*, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und Magistrat der Stadt Wien, Wien, 1989.

CASTIGLIONI, E., *Alpi Carniche - Guida dei monti d'Italia*, C.A.I. - T.C.I., 1954.

CRESTA, R., *La neve e le valanghe*, Mulino Torino, 1993.

COBERTALDO, D., *Il Taurisano*, C.A.I. Monte Lussari, Taurisano, 1961.

Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung Wessfluhjoch, *Schnee und Lawinen in der Schweizer Alpen*, Winter 1993-94, N. 58/95, Davos (CH).

GENTILI, J., *Il Friuli - I Climi*, Camera di Commercio Industria e Agricoltura, Udine, 1964.

GENTILI, J., *Boletino Ufficiale della Camera di Commercio Industria e Agricoltura di Udine*, N. 5 - 5/1966, pp. 15-21.

Hydrographischer Dienst in Österreich, *Die Schneeverhältnisse in Österreich im Zeitraum 1901 - 1950*, Beiträge zur Hydrographie Österreichs, Heft Nr. 25, Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien 1952.

KERKMAN, J., *Andamento Meteorologico sulle Alpi Italiane*, in *Neve e Valanghe* n. 20 11/93, AlNEVA Trento.

KIRCHHOFER, W., *Klimasatlas der Schweiz - Atlas Climatologique de la Suisse - Atlante Climatologica della Svizzera*, Schweizerische Meteorologische Anstalt - Institut suisse de météorologie - Istituto Svizzero di Meteorologia, Berna, 1987.

POLLA, S., *Il Clima in regione*, Enciclopedia Monografica del Friuli - Venezia Giulia, Vol. 1, parte prima, pp. 443-483, Istituto per l'Enciclopedia del F.V.G. Udine, 1971.

W.M.O., *Guide to climatological practices No. 100*, Secretariat of the W.M.O., Geneva - Switzerland - 1963.

manto nevoso: modello di calcolo basato sui dati forniti dalle stazioni automatiche

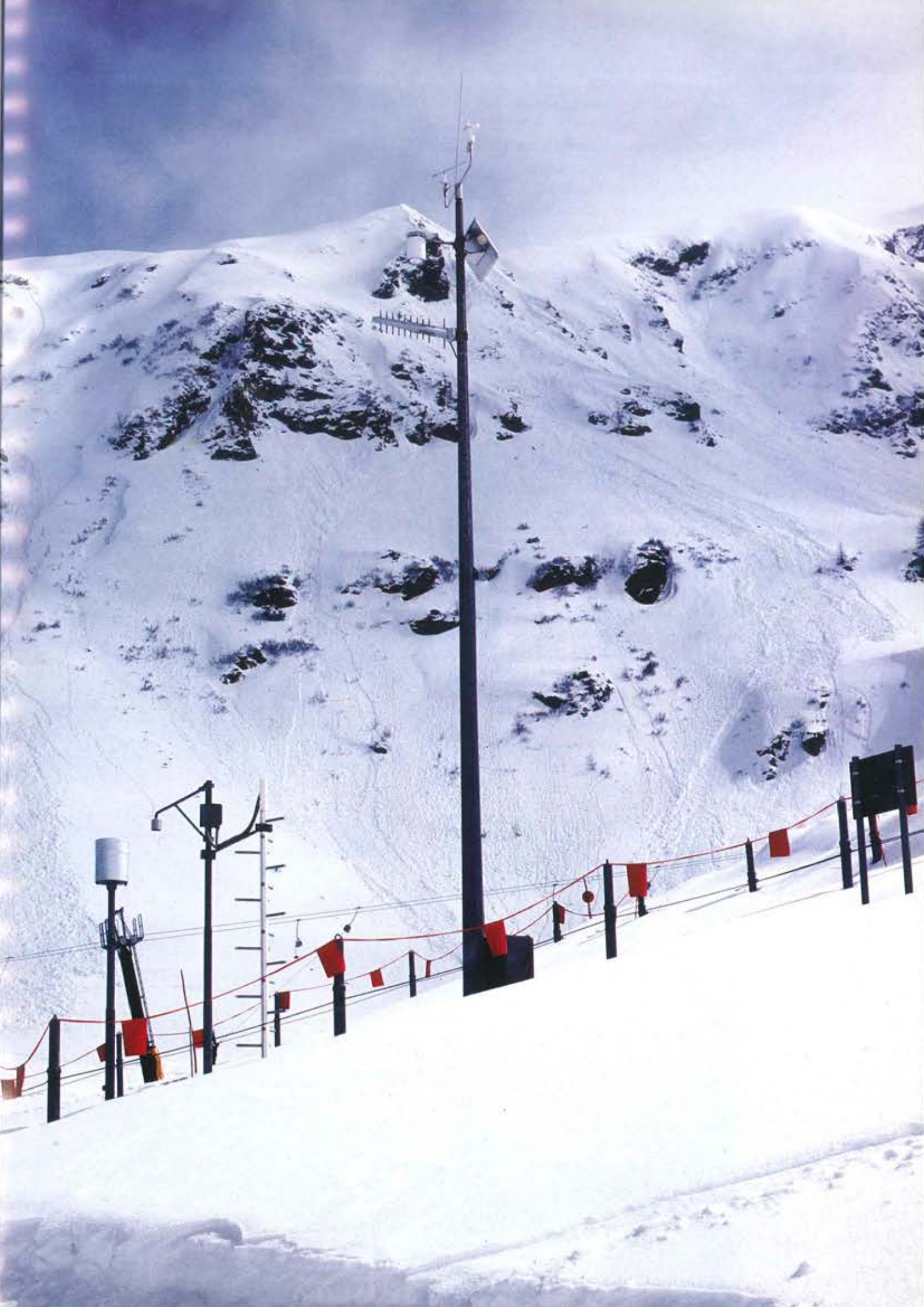
**Michael Lehning, Perry Bartelt, Bob Brown,
Tom Russi, Urs Stöckli e Martin Zimmerli**

Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e
delle Valanghe, Fluelastrasse 11
CH - 7260 Davos Dorf

L'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe (SNV) a partire dall'estate 1996, ha iniziato l'installazione di una rete di stazioni automatiche per il rilevamento di dati nivo-meteorologici. Attualmente le stazioni operative sono 50. Ciascuna stazione misura: vento, temperatura dell'aria, umidità relativa, altezza della neve, temperatura della superficie nevosa, temperatura del suolo, radiazione riflessa ad onde corte e tre temperature all'interno del manto nevoso. Ogni ora, le misure raccolte sono trasferite al Centro di ricerca di Davos e qui utilizzate da un modello matematico di simulazione del manto nevoso agli elementi finiti. Il modello elabora ogni ora i dati raccolti e fornisce informazioni supplementari relative allo stato del manto nevoso in corrispondenza alle stazioni di rilevamento. In particolare è in grado di prevedere i nuovi apporti nevosi, i tassi di assestamento, la possibile formazione di brina di superficie, i profili di temperatura e densità e gli eventuali metamorfismi della neve.

Il modello è connesso ad un database in grado di immagazzinare i dati sperimentali raccolti dalle stazioni e i risultati del modello. Il database è dotato di visualizzazioni che permettono un veloce, facile e comprensibile accesso ai dati immagazzinati.

Il modello è stato testato in modo quasi operativo durante la stagione invernale 1997/98. Il calcolo è risultato affidabile in termini di bilanci di energia e di massa. La descrizione del metamorfismo della neve è attualmente in via di miglioramento. Il modello è completamente operativo dalla stagione invernale 98/99 ed utilizzato dai previsori valnghe a livello locale, regionale e nazionale.



A causa del crescente utilizzo delle aree alpine da parte del turismo invernale, allo scopo di limitare il numero di vittime e l'estensione dei danni in caso di eventi catastrofici simili a quelli avvenuti nella stagione invernale 98/99, la valutazione del pericolo valanghe è richiesta sempre con maggior risoluzione sia spaziale sia temporale.

Conseguentemente, il servizio valanghe svizzero con sede a Davos, sta espandendo la sua attività allo scopo di fornire previsioni giornaliere del pericolo valanghe su scala nazionale e regionale.

La previsione a livello nazionale è attualmente emessa nel pomeriggio ed è valida per il giorno seguente.

Le previsioni a livello regionale sono emesse al primo mattino.

Queste previsioni possono essere fatte unicamente a seguito di una adeguata conoscenza dello stato del manto nevoso e delle condizioni meteorologiche in diverse aree della Svizzera. Tradizionalmente il servizio valanghe dispone di osservatori che forniscono questo tipo di informazioni. Questa rete di osservazione soffre però di alcune limitazioni, sia spaziali, sia temporali, in quanto le misure sono raccolte unicamente una o due volte al giorno in villaggi alpini generalmente localizzati sopra i 2000 m di quota. Per superare queste limitazioni, sono state installate alcune stazioni di misura automatiche, localizzate in diverse zone appartenenti alle Alpi svizzere, in grado di raccogliere le informazioni necessarie. Le misure dirette fornite dalle stazioni sono successivamente integrate dalle elaborazioni eseguite dal modello.

Alcuni importanti parametri quali l'apporto di neve fresca, il tasso di assestamento, la brina di superficie e la struttura interna del man-

to nevoso non possono essere misurati dalle stazioni; il modello matematico è necessario per riempire queste lacune.

I risultati del modello, in aggiunta ai dati misurati, servono quali input per i modelli di previsione del pericolo valanghe locale e regionale attualmente in via di sviluppo presso il SNV.

Il sistema di modelli SAFRAN-CROCUS-MEPRA (Brun e al., 1992) è usato in modo simile, ma concettualmente differente, dal servizio valanghe francese.

Questo modello calcola caratteristiche rappresentative del manto nevoso secondo piramidi geometriche ciascuna delle quali rappresenta una regione delle Alpi francesi.

Operativamente, con questo approccio, risulta molto difficile una valutazione realistica dei dati calcolati rispetto alle misure e osservazioni reali, inoltre non vengono tenute in conto la variabilità locale e le informazioni reali su piccola scala.

Comunque include possibilità di calcolo relative a differenti quote e differenti esposizioni il che consentirebbe una stima dello stato generale e della variabilità del manto nevoso su base regionale. Il concetto svizzero è quello di simulare il manto nevoso reale in diversi siti appartenenti alle Alpi svizzere, allo scopo di ottenere un'indicazione della variabilità del manto nevoso stesso.

Anche con questo tipo d'approccio, rimane in ogni modo ancora incerta quale sia la rappresentatività di una simulazione locale del manto nevoso ma rimane il vantaggio che i valori di calcolo possono essere direttamente verificati.

Questo articolo dà un'idea generale su come le misure siano recuperate dalle stazioni di misura, integrate con l'ausilio del modello matematico e utilizzate dal servizio valanghe svizzero.



Fig. 1a



Fig. 1b

LE STAZIONI IMIS

Nell'estate 1996, l'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe (SNV), in collaborazione con i Cantoni Montani Svizzeri, ha iniziato l'installazione di una rete di stazioni automatiche per il rilevamento di dati nivometeorologici (IMIS-German: Interkantonaless Mess-und Informations-System).

Durante l'inverno 1996/97 erano già operative le prime 20 stazioni. A partire dalla stagione invernale 1997/98 il numero delle sta-

Figura 1a. Esempio di stazione IMIS di rilevamento del vento ubicata sulla cresta della montagna. Sono visibili il pannello solare, la scatola contenente il data logger e il sistema di trasmissione ed alcuni sensori.

Figura 1b. Esempio di stazione IMIS di misura della neve. Tra gli altri sono visibili il sensore del vento, in alto, il sensore ad ultrasuoni per la misura dell'altezza della neve e i sensori per la misura dell'umidità e della temperatura, posti sul braccio trasversale.



zioni funzionanti è salito a 50 ed è stato pianificato di costruirne altre 20 entro l'estate 1999. Questa rete di rilevamento fornisce importanti informazioni che si sommano alle misurazioni effettuate dai rilevatori. Una stazione automatica IMIS è costituita da una stazione di misura del vento, situata sul picco di una montagna (Fig. 1a), e di una stazione di misura della neve (fig 1b), collocata possibilmente su di un'area piana non direttamente esposta al vento e a poca distanza dalla stazione di misurazione del vento. Le stazioni di misura sono poste ad altitudini tipiche per zone di distacco di valanghe, generalmente comprese tra i 1600 e i 2700 m di quota. I parametri misurati da ciascuna stazione sono: vento, temperatura dell'aria, umidità relativa, altezza della neve al suolo, temperatura della superficie nevosa, temperatura del suolo, radiazione riflessa ad onde corte e tre temperature all'interno del manto nevoso. I parametri meteorologici sono misurati sia presso la stazione di misura del vento che presso la stazione di misura della neve. I parametri relativi al manto nevoso sono misurati unicamen-





te in corrispondenza della stazione di misura della neve. Le stazioni sono alimentate da batterie e pannelli solari e, di conseguenza, i sensori non sono né riscaldati né ventilati. Alcuni errori nelle misurazioni ed eventuali mancanze di dati sono la conseguenza di queste limitazioni.

L'esperienza accumulata durante gli ultimi due inverni dimostra, in ogni modo, che il funzionamento delle stazioni rimane stabile ed affidabile per la maggior parte della stagione invernale.

Il concetto di stazioni automatiche poste ad elevate altitudini non è completamente nuovo. In collaborazione con l'Istituto meteorologico Svizzero, il SNV gestisce altre 11 stazioni automatiche ENET che sono tipicamente localizzate ad alte quote vicino a comprensori sciistici, il che consente una maggior facilità di alimentazione delle stazioni con conseguente possibilità di riscaldamento e ventilazione dei sensori. Gli svantaggi sono dati dal limitato numero del-



le stazioni e dal fatto che la loro posizione non può essere scelta in accordo con le esigenze degli esperti.

Nelle stazioni IMIS le misure sono raccolte in un data logger ogni 30 minuti e trasmesse, ogni ora, al SNV via radio e via rete telefonica. Al SNV i dati sono immagazzinati in un database centrale e da qui immediatamente distribuiti ai previsori locali.

IL MODELLO SNOWPACK

Il manto nevoso in ciascuna stazione è simulato con l'ausilio di un nuovo modello matematico denominato SNOWPACK e sviluppato al SNV (Lehning e al., 1998). Lo scopo del modello è quello di fornire ai previsori valanghe informazioni aggiuntive. Daremo di seguito una breve descrizione delle sue caratteristiche rilevanti, lasciando ad altra pubblicazione la descrizione matematica approfondita dello stesso.

Modellazione della neve

In SNOWPACK la neve è simulata da un sistema trifase costituito da ghiaccio, acqua e aria, medio poroso caratterizzato dai contenuti volumetrici di ciascuna fase e dai parametri microstrutturali: sfericità e dendricità, (Brun e al., 1992), raggio delle particelle, raggio del legame e classificazione della tipologia dei grani. Questi

parametri sono considerati primari in quanto il gradiente di temperatura e il metamorfismo da equitemperatura ne determinano le variazioni nel tempo. Altri parametri microstrutturali addizionali, quali il numero di coordinazione o la lunghezza di legame, sono considerati termini secondari in quanto sono calcolati a partire dai contenuti volumetrici e dai parametri primari. L'algoritmo del metamorfismo è attualmente in fase di sviluppo.

Risoluzione numerica

Il modello risolve le equazioni "instazionarie" di trasferimento del calore e di creep/ assestamento usando un metodo Lagrangiano agli elementi finiti. Sulla superficie del manto nevoso possono essere prescritte due condizioni al contorno: o la misura superficiale della temperatura (condizioni al contorno di Dirichlet-DBC) o i parametri meteorologici che sono utilizzati per determinare il flusso di calore superficiale, composto dagli scambi di calore sensibile e latente e dal contributo delle radiazioni ad onde lunghe (condizioni al contorno di Neumann - NBC). Quando la temperatura della superficie del manto nevoso è al di sotto di 0 °C sono utilizzate le condizioni al contorno DBC. Come la temperatura del manto nevoso si alza fino a raggiungere gli 0 °C il

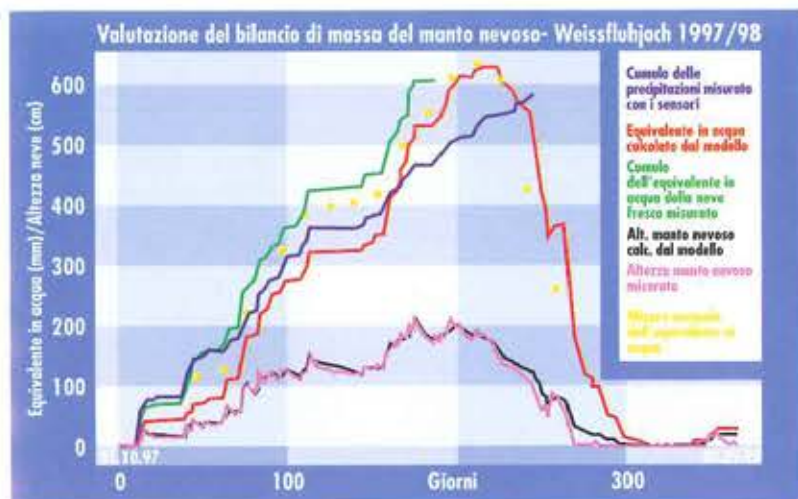


Fig. 2

modello utilizza automaticamente le condizioni al contorno NBC. La radiazione ad onde corte è simulata come una sorgente volumetrica di calore. L'intensità delle radiazioni ad onde corte assorbita decresce, al di sotto della superficie, esponenzialmente con la profondità. Il cambiamento di fase delle componenti acqua e ghiaccio è responsabile della diminuzione del calore volumetrico (scioglimento) come dell'incremento dello stesso (congelamento). L'acqua di fusione è trasportata attraverso una semplice procedura di soglia. SNOWPACK impone rigidamente la conservazione di massa, momento ed energia.

Viscosità microstrutturale e conduttività termica

L'assestamento della neve e la conseguente variazione d'altezza di ciascun elemento, sono governati da una relazione costitutiva volumetrica. Per neve non dendritica la relazione è associata ai parametri microstrutturali ed include processi come la pressione di sinterizzazione all'interno dei legami e l'assestamento iniziale causato dalla tensione superficiale. Lo sviluppo di questa relazione si basa sul modello presentato da Mahajan e Brown (1993). Distinguendo tra variazione lineare e non lineare si ottiene una relazione in cui la viscosità,

η , è proporzionale a:

$$\eta \sim \left(\frac{r_b}{r_g}\right)^6, \eta \sim \left(\frac{N_3}{I}\right) \text{ e } \eta \sim \theta_1^3$$

Dove r_b e r_g sono rispettivamente i raggi dei legami e delle particelle, N_3 è il numero di coordinazione tridimensionale, I è la lunghezza del legame e θ_1 è la frazione di volume del ghiaccio. Per nevi dendritiche e bagnate è utilizzata la relazione di Lehning e al. (1998).

Sia la formulazione della viscosità che della conduttività termica effettiva sono funzione dello stato metamorfico del manto nevoso. Il modello di conduttività è stato adattato da Adams e Sato (1993) e i suoi parametri possono essere espressi in funzione dei parametri utilizzati dal SNOWPACK.

Determinazione delle precipitazioni nevose

Una speciale opzione del modello è la determinazione della neve fresca. Il modello non usa una stima indipendente della precipitazione nevosa (il modello potrebbe utilizzare un tasso di precipitazione prestabilito. Nel prossimo futuro il modello, utilizzato in questa modalità, consentirà di fare previsioni sull'evoluzione del manto nevoso), ma determina la quantità di neve fresca tenendo conto dall'altezza della neve misurata in campo e dell'assestamento calcolato con il modello.

L'altezza della neve misurata, e quindi corretta, è confrontata con l'altezza calcolata dal modello e relativa al caso di calcolo che non considera nuovi apporti nevosi. La differenza tra le due altezze è presa quale nuova altezza di neve fresca. Il nuovo strato è aggiunto sulla superficie del manto nevoso e l'altezza calcolata dal modello in questo modo, è riaggiustata alla misura reale dell'altezza della neve. Questo procedimento è eseguito solo quando esistono le condizioni limite perché avvenga una precipitazione nevosa quali alti valori d'umidità relativa e basso valore di radiazione ad onde corte. Questa procedura assicura che in condizioni di precipitazioni nevose non ci sia differenza tra l'altezza della neve calcolata e misurata.

Questo metodo per la determinazione della precipitazione nevosa, fornisce una stima corretta del bilancio di massa solo se è possibile un'ottima stima del tasso di assestamento della neve e specialmente della densità della neve fresca. È usata quale stima della densità iniziale la formulazione di Lehning e al. (1998). La Fig. 2 mostra la valutazione del bilancio di massa del manto nevoso, presso il sito sperimentale del Weissfluhjoch, relativamente alla stagione invernale 1997/98. La stima della neve fresca e l'equivalente in acqua calcolati dal modello, sono stati comparati alle misure manuali di precipitazione nevosa e densità (giornaliere), ed equivalente in acqua (due volte al mese) e alle misure automatiche di precipitazione eseguite nello standard del servizio meteorologico svizzero. Queste misure sono eseguite utilizzando speciali strumenti equipaggiati specificamente per precipitazioni in quota. Senza che via sia stato alcun adattamento dei parametri, esiste un'ottima concordanza tra i valori calcolati e le misure ma-

Figura 2. Confronto tra la valutazione del bilancio di massa calcolata e le misure eseguite nel sito sperimentale del Weissfluhjoch. Il valore calcolato dell'equivalente in acqua totale (che è quasi identico al valore calcolato dell'equivalente in acqua della neve fresca) è comparato al valore misurato dell'equivalente in acqua della neve fresca, della neve totale e le misure di precipitazione eseguite con i metodi standard. Notare che alla fine del periodo d'investigazione il modello sottostima la massa persa per ablazione.

nuali mentre, generalmente, le misure automatiche sottostimano notevolmente la precipitazione. Possiamo concludere che il metodo, consistente nel combinare misure eseguite direttamente sul manto nevoso con dati di densità e assestamento calcolati, fornisce un'attendibile stima dei tassi di precipitazione nevosa in zone alpine ad altitudini elevate, con una alta definizione sia temporale (30 minuti) che spaziale, informazioni che sono sempre state di grande importanza per idrologi, meteorologi ed esperti valanghe ma che finora, con i metodi convenzionali, non si potevano ottenere.

Uso operativo

La strategia è quella di avere una versione del modello operativa e contemporaneamente lavorare ad una seconda versione allo scopo di introdurre miglioramenti.

Utilizzando questa strategia si ricevono importanti osservazioni da parte degli utilizzatori. Una semplice versione del modello è già stata utilizzata nell'inverno 1997/98. La versione operativa è connessa al database dell'Istituto. Ogni ora, quando le stazioni IMIS forniscono nuove condizioni al contorno, il modello calcola lo stato del manto nevoso e trasferisce i risultati nel database. I parametri immagazzinati sono: l'altezza della neve fresca, l'equivalente in acqua, la formazione di brina di superficie, lo scorrimento superficiale e alcune informazioni sul profilo quali temperatura, densità e tipo di cristalli. Queste informazioni sono utilizzate dai previsori valanghe dell'Istituto. Alcuni di questi parametri sono trasmessi, congiuntamente ai dati misurati dalle stazioni, a circa 120 specialisti nel settore delle valanghe che sono responsabili della sicurezza delle strade, ferrovie, aree abitative e comprensori sciistici.

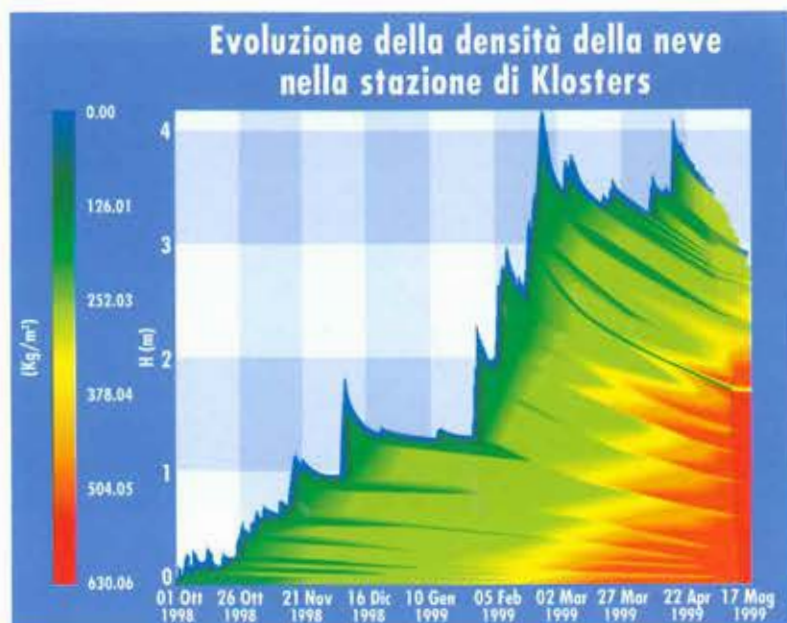


Fig. 3a

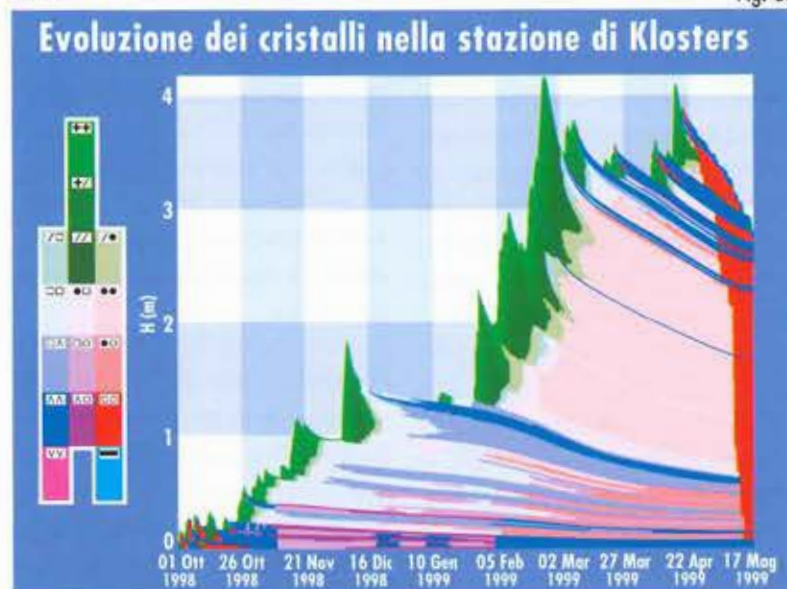


Fig. 3b

Esempio di calcolo stagionale

La Fig. 3 usa quale esempio di calcolo la stazione di misura di Klosters nei Grigioni, allo scopo di dimostrare quali tipi di informazioni può fornire il modello e come queste siano visualizzate. La stampa di uscita mostra la distribuzione delle densità (Fig. 3a) e il tipo di cristalli (Fig. 3b) per la stagione invernale 1998/99. L'analisi visiva dei grafici di questi due parametri, sottolinea anche la stratificazione del manto nevoso. E' importante osservare che il vecchio manto nevoso, prima del grosso evento iniziato il 27 gennaio, presenta strati vicini alla su-

perficie con brina di profondità e forme da fusione e rigelo aventi bassa densità (Fig. 3a). La distribuzione del tipo di cristalli evidenzia un manto nevoso basale debole. Analogamente alla stampa delle densità, è possibile ottenere la distribuzione della temperatura, del contenuto in acqua e della dimensione dei grani.

Un altro modo di evidenziare l'elaborazione del modello è quella di rappresentare serie di importanti quantità in funzione del tempo. La Fig. 4a illustra la comparazione tra le altezze della neve misurate nella stazione di Klosters e quelle calcolate. L'ottimo accor-

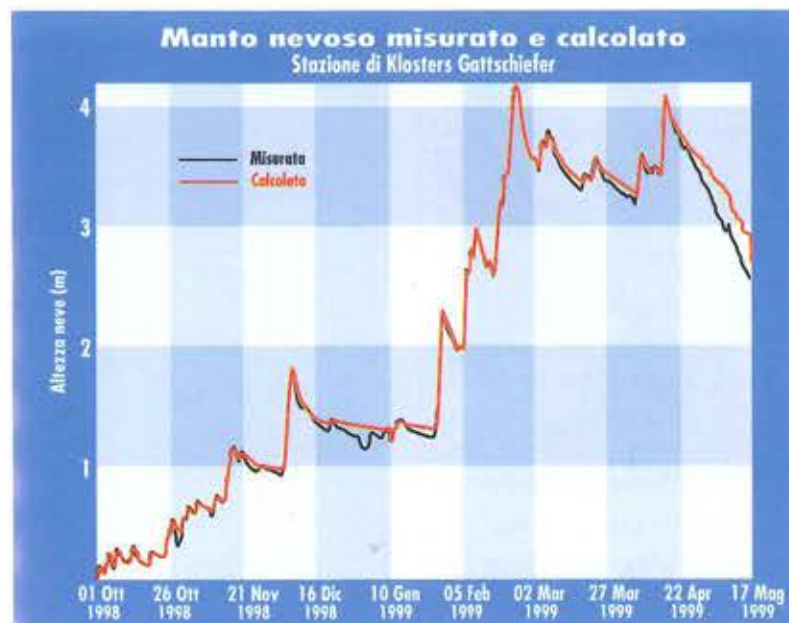


Fig. 4a

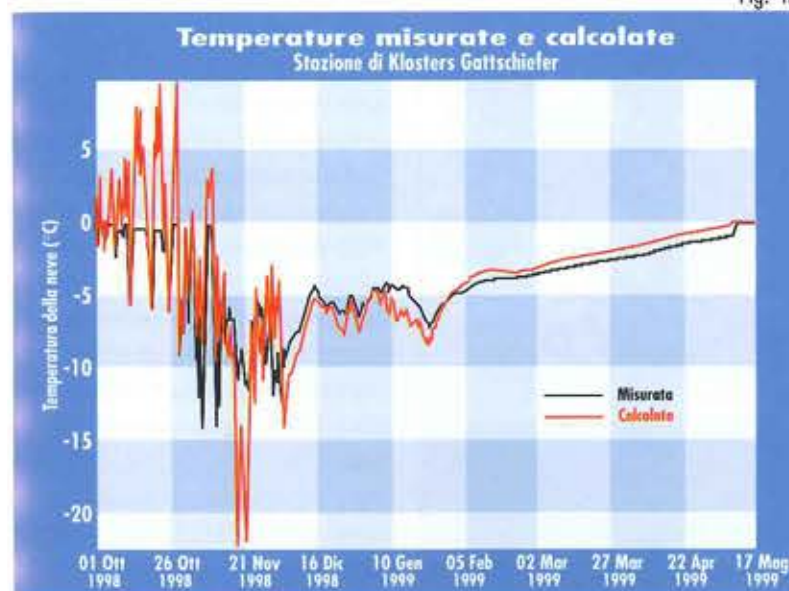


Fig. 4b

do tra le due grandezze indica che il modello è in grado di calcolare il tasso di assestamento della neve con una curata precisione, anche in considerazione del fatto che la dipendenza tra microstruttura e densità non è ancora stata perfettamente calibrata alle misure reali.

Gli argomenti di cui sopra sono validi anche per valutare il calcolo della temperatura, come presentato nella Fig. 4 b. La figura mostra il confronto tra temperature misurate e calcolate a 100 cm dal suolo, all'interno del manto nevoso. La tendenza generale indica una buona concordanza tra le due curve, anche se in qualche

punto, la curva calcolata presenta delle variazioni maggiori. Le ragioni di queste incongruenze sono facilmente imputabili alla non perfetta descrizione del metamorfismo e come questo sia associato alla conduttività termica. Importante osservare che una valida comparazione dei due grafici è possibile solo dopo il 6 dicembre, quando l'altezza del manto nevoso sale al di sopra dei 100 cm (Fig. 4 a).

Esempio: situazione del febbraio 1999

L'esempio di seguito riportato riguarda la precipitazione iniziata venerdì 5 febbraio 1999 (Fig. 3).

A seguito di un flusso umido da nord-ovest, il versante settentrionale delle Alpi è stato interessato da un considerevole accumulo di neve fresca. La figura 5 mostra l'altezza neve totale e la differenza dell'altezza della neve corrispondente a 24 e 72 ore per le stazioni IMIS relative alle Alpi Svizzere Occidentali. In Fig. 5 b sono presentate le corrispondenti altezze di neve fresca così come calcolate dal modello.

Questa rappresentazione è operativa e disponibile on-line per il servizio di previsione valanghe e per gli esperti esterni.

Nel primo pomeriggio del 6 febbraio 1999 il previsore, mentre stava preparando il bollettino di previsione valanghe nazionale per il giorno successivo, ha ricevuto le seguenti informazioni:

"La parte nord e la parte centrale delle Alpi sono state interessate da un apporto nevoso di circa 50 cm nelle ultime 24 ore, e da 50 a 70 cm negli ultimi tre giorni. La parte sud delle Alpi è stata interessata da un contributo considerevolmente inferiore.

La piccola differenza tra il valore della neve fresca calcolato (Fig. 5b) e la corrispondente differenza fra le altezze del manto nevoso indica che le basse temperature hanno inibito un significativo assestamento e stabilizzazione della neve fresca. Inoltre, la neve fresca caduta durante la settimana precedente (vedere Fig. 3) non è ancora ben consolidata e la neve vecchia, come già menzionato, è costituita da numerosi strati deboli".

Queste considerazioni, estrapolate dal profilo di Fig. 3, calcolato con il modello SNOWPACK, potrebbero essere fatte anche per tutte le altre stazioni e per i profili manuali che i rilevatori eseguono regolarmente in diverse località delle Alpi Svizzere.

Inoltre era noto dai valori trasmessi dalle stazioni IMIS che il fortis-

Figura 3 a. Evoluzione della densità e dell'altezza della neve nel tempo relativa alla stazione di misura di Klosters per la stagione invernale 1998/99. A causa del legame esistente tra viscosità e microstruttura della neve, è mantenuta la stratificazione del manto nevoso. La figura è una copia del prodotto delle stazioni IMIS ed è operativa e disponibile on-line per il servizio di protezione dalle valanghe svizzero e per altri esperti locali.

Figura 3 b. Come per la Fig. 3 a ma per i tipi di cristalli

Figura 4 a. Serie temporali di altezza neve e valutazione del tasso di assestamento alla stazione di Klosters.

Figura 4 b. Serie temporali e valutazione della temperatura della neve per la stazione di Klosters.



Fig. 5a



Fig. 5b

Figura 5 a. Altezza di neve totale e suo incremento dell'altezza della neve durante le ultime 24 e 72 ore prima delle ore 16.00 del 6 febbraio 1999. L'abbondante precipitazione è arrivata dal nord.

Figura 5 b. Neve fresca depositata nelle ultime 24 e 72 ore prima del 6 febbraio 1999.



simo vento aveva creato depositi locali di neve ventata tali da incrementare più del doppio l'altezza media del manto nevoso.

Anche in considerazione delle previsioni del tempo che annunciavano ulteriori precipitazioni e temperature ancora basse, il servizio di previsione valanghe, emise un bollettino valido per il giorno successivo (domenica 7 febbraio) assegnando grado di pericolo 4 (forte) alla parte nord e alla parte centrale delle Alpi Svizzere.

Con la persistenza del flusso da nord-ovest anche nei giorni seguenti la neve ha continuato ad accumularsi (vedere Fig. 3 come esempio) e il servizio di previsione valanghe, nel bollettino di giovedì 9 febbraio, è stato costretto ad elevare il grado di pericolo a 5 (molto forte). Questo è stato il grado più alto di pericolo mai raggiunto in Svizzera dopo il febbraio 1994.

Una delle cause di questo drastico aumento del grado di pericolo è stato l'aumento di 10 gradi delle temperature che hanno transitoriamente indebolito la massa di neve accumulata. Nelle seguenti due settimane, caratterizzate da continue precipitazioni, il grado di pericolo 5 è diventato più diffuso e come già reso noto dai mezzi di comunicazione,



molte valanghe di grandi dimensioni avrebbero potuto creare danni enormi in tutta l'area alpina. Comunque, se compariamo questa situazione catastrofica alla situazione del 1951, possiamo osservare che malgrado in questa situazione fossero presenti sulle Alpi almeno 5 volte le persone presenti nel 1951, si sono verificati minori danni.

Ciò può essere attribuito al nuovo ed efficace concetto di prevenzione valanghe in aggiunta alle nuove tecnologie di protezione.

CONCLUSIONI

Il servizio di previsione valanghe svizzero vuole migliorare la risoluzione sia spaziale sia temporale della valutazione del pericolo valanghe ed integrare le misure automatiche nivrometeorologiche con l'ausilio di un modello di calcolo, allo scopo di ottenere un mezzo oggettivo di valutazione dello stato del manto nevoso. Questa integrazione è associata alla gestione di un database centrale e a strumenti di visualizzazione di facile utilizzo.

Il nuovo modello possiede struttura modulare. Il suo schema, Lagrangiano agli elementi finiti, fornisce la struttura ideale per simulare la stratigrafia del manto nevoso con l'assestamento in funzione del tempo, la crescita do-

vuta ad apporti nevosi, l'erosione prodotta dal vento (non ancora implementata) e l'ablazione dovuta allo scioglimento della neve. E' comunque auspicata la necessità di un miglioramento della formulazione del metamorfismo della neve anche se il primo tentativo di associare la conducibilità termica e la viscosità ai parametri microstrutturali è stato incoraggiante: il bilancio di energia e di massa del manto nevoso può essere soddisfacentemente calcolato e il tasso di precipitazione che se ne deduce è più affidabile delle stesse misure eseguite dai sensori (precipitation gauge).

La formulazione del modello è tale per cui possono essere facilmente sviluppate e migliorate singole parti di esso. Lo scopo finale è quello di ottenere una descrizione quantitativa della stabilità del manto nevoso su differenti siti. I piani di ricerca e di sviluppo del modello includono una descrizione semi-quantitativa del trasporto eolico in combinazione con le previsioni del tempo. Il modello di previsione meteorologica svizzero fornirà i parametri grezzi di input per il modello che saranno successivamente adattati attraverso particolari procedure alle condizioni meteorologiche locali.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano: Walter Ammann per aver iniziato e sostenuto questo lavoro, Bernhard Brabec, Roland Meister, Thomas Stucki, Charles Fierz e Pramod Satyawali per le importanti discussioni.

Un particolare ringraziamento alla Dott.ssa Betty Sovilla per l'importante contributo dato nella traduzione del testo.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, E.E., SATO, A., 1993: Model for effective conductivity of a dry snow cover composed of uniform ice spheres, *Ann. Glaciol.*, 18, 300-304.

BRUN, E., DAVID, P., SUDUL, M., BRUGNOT, G., 1992: A numerical model to simulate snowcover stratigraphy for operational avalanche forecasting, *J. Glaciol.*, 38, 13-22.

LEHNING, M., BARTELT, P., BROWN, B., 1998: Operational Use of a Snowpack Model for the Avalanche Warning Service in Switzerland: Model Development and First Experiences, *Proceedings of the NGI Anniversary Conference, Norwegian Geotechnical Institute May 1998*, 169 - 174.

MAHAJAN, P., BROWN, R.L., 1993: A microstructure-based constitutive law for snow, *Ann. Glaciol.*, 18, 287-294.



Esposizione al rischio **valanghe** e pianificazione territoriale

Massimo Pasqualotto

Regione Autonoma Valle d'Aosta

Assessorato Territorio, Ambiente e

Opere Pubbliche

Dipartimento Territorio e Ambiente



I recenti fenomeni valanghivi dell'inverno 1998-99, avvenuti in diverse regioni alpine (Italia, Francia, Svizzera e Austria), hanno posto in primo piano le problematiche riguardanti l'esposizione a rischio valanghe di aree urbanizzate. In tale ambito la Regione Autonoma della Valle d'Aosta aveva già predisposto dal 1978 specifiche norme urbanistiche che vincolavano le aree esposte al rischio valanghivo. Recentemente tale normativa è stata rivista in un'ottica di zonizzazione del rischio, introducendo la suddivisione del territorio regionale esposto a fenomeni valanghivi in tre classi di rischio: debole, medio ed elevato. La recente legge regionale 6 aprile 1998, n° 11 "Normativa urbanistica e pianificazione territoriale della Valle d'Aosta" e la successiva deliberazione della giunta regionale "Approvazione di disposizioni attuative della legge regionale 6 aprile 1998, n° 11 previste agli artt. 36 e 37 (Criteri ed indirizzi di carattere tecnico e adempimenti in ordine alla redazione ed approvazione delle cartografie degli ambiti edificabili)" indicano quali fattori discriminanti nella zonizzazione l'intensità dei fenomeni, dei loro effetti e la frequenza di avvenimento degli stessi.



N° valanghe censite nel Catasto regionale	Circa 1000
Percentuale di territorio regionale potenzialmente interessato da fenomeni valanghivi	70 - 80 %

Le caratteristiche morfologiche e fisiche del territorio valdostano hanno da sempre posto all'attenzione delle popolazioni locali gli aspetti e le problematiche derivanti da una convivenza ed un utilizzo del suolo in rapporto ai fenomeni valanghivi. Le cifre, ricavate dagli archivi regionali a disposizione, mostrano chiaramente come tali fenomeni hanno una ripercussione fisicamente importante sull'utilizzo antropico del territorio.

Traspaiono quindi importanti le implicazioni socio-economiche derivanti dalla definizione del rischio valanghivo in rapporto alla pianificazione urbanistica in un territorio tipicamente alpino come quello valdostano.

LA NORMATIVA PRECEDENTE

Fin dal 1978 la Regione autonoma della Valle d'Aosta si era dotata di una normativa che vincolava l'utilizzo urbanistico del territorio in relazione ai diversi rischi naturali: rischio geologico, rischio idraulico e rischio valanghivo. Tale normativa espressa nella legge regionale n° 14 del 15 giugno 1978 limitava qualsiasi utilizzo edificatorio del territorio in tutte quelle aree che risultavano a memoria d'uomo essere interessate da fenomeni valanghivi, senza distinzione di fenomenologie o di effetti (art. 1: "è vietata l'edificazione...(omissis)... sui terreni soggetti al rischio di valanghe o slavine...").

La successiva legge regionale 9 agosto 1994, n. 44 "Modificazioni di norme regionali in materia urbanistica...", nel modificare il sopracitato art. 1, introduceva la possibilità di alcuni e limitati interventi edificatori in ambiti esposti al rischio valanghivo.

Nel settembre 1996, un'ulteriore modifica della legge regionale n. 14/1978 (Legge regionale 2 settembre 1996, n. 32 "Ulteriori modificazioni alle legge regionali 15 giugno 1978, n. 14 e 12 gennaio 1993, n. 1..."), introduceva per la prima volta il concetto di gradualità del rischio in ambito urbanistico regionale: concetto sostanzialmente ripreso nell'attuale e recente normativa.

L'ATTUALE NORMATIVA

La recente normativa, espressa nella legge regionale n° 11 del 16 aprile 1998, introduce il concetto di zonizzazione del rischio, in particolare vengono indicati quali fattori discriminanti l'intensità dei fenomeni e, chiaramente, dei loro effetti, e la frequenza di avvenimento degli stessi.

Per analogia con la normativa riguardante anche gli altri rischi naturali, sono state individuate tre classi di rischio dei terreni soggetti a rischio di valanghe, così come espresso nell'articolo 37 della citata legge:

estratto da: Legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 "Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta"

ART 37

(classificazione dei terreni soggetti al rischio di valanghe e slavine e relativa disciplina d'uso)

1) I terreni soggetti al rischio di valanghe o slavine sono distinti, in funzione dell'intensità degli eventi attesi e della loro frequenza, in:

- a)** aree ad elevato rischio;
- b)** aree a medio rischio;
- c)** aree a debole rischio.

2) Nelle aree di cui al comma 1, lett. A), è vietato ogni intervento edilizio o infrastrutturale eccedente la messa in sicurezza e la manutenzione straordinaria. Ogni

intervento di manutenzione straordinaria deve comportare l'adeguamento delle strutture e l'esecuzione di specifiche opere di protezione, atti a garantire la resistenza ai massimi effetti degli eventi attesi in tali aree; è comunque consentita l'esecuzione di opere infrastrutturali interrato direttamente attinenti al soddisfacimento di interessi generali, purché dette opere non siano localizzabili altrimenti o siano assistite da opportuni accorgimenti o interventi di bonifica. Sono altresì consentiti gli interventi di costruzione di strade poderali di servizio agli alpeggi e ai mayen fruibili solo in stagioni caratterizzate da assoluta sicurezza, nonché interventi di costruzione, ricostruzione, ristrutturazione, ampliamento di fabbricati rurali utilizzati esclusivamente per la monticazione del bestiame durante il periodo estivo, solo ove gli stessi presentino orientamento, struttura, altezza o morfologia idonei a resistere ai massimi effetti degli eventi attesi in tali aree.

3) Fatto salvo il rispetto delle determinazioni più restrittive del PTP e dei PRG, nelle aree di cui al comma 1, lett.b), ferme restando l'eseguibilità degli interventi di cui al comma 2 con le cautele tecniche, le limitazioni e la procedura ivi previste:

a) sono consentiti la costruzione ricostruzione e l'ampliamento degli edifici solo dove gli stessi presentino orientamento, struttura, altezza o morfologia idonei a resistere ai massimi effetti attesi in tali aree;

b) sono consentiti gli interventi di recupero eccedenti l'ordinaria manutenzione solo ove si accompagnino all'adeguamento delle strutture e all'esecuzione di specifiche opere di protezione, ove necessarie, atte a garantire la resistenza ai massimi effetti degli eventi attesi in tali aree;

c) sono comunque consentiti gli

interventi di consolidamento, risanamento conservativo, ristrutturazione, ricostruzione di alpeggi e mayen utilizzati esclusivamente per la monticazione estiva del bestiame, nonché gli interventi di risanamento, consolidamento, ricostruzione, ampliamento, realizzazione di canali interrati o a cielo aperto e di piccole strutture tecniche agricole; in questi casi, la concessione edificatoria è subordinata al rilascio, da parte della struttura regionale competente in materia di difesa del suolo, del parere favorevole in ordine alla tipologia costruttiva adottata.

4. Nelle aree di cui al comma 1, lett. c), si applicano le disposizioni di cui al comma 3, in relazione ai massimi effetti degli eventi attesi in tali aree.

5. La Giunta Regionale, con apposita deliberazione, determina:

a) i criteri e i parametri per la delimitazione delle classi di aree soggette al rischio di valanghe o slavine;

b) i coefficienti relativi ai massimi effetti degli eventi attesi in ciascuna classe di aree;

c) i criteri per la progettazione degli interventi ammissibili.

6. I progetti relativi agli interventi nelle aree (comma 1) sono sottoposti al parere vincolante della struttura regionale competente in materia di difesa del suolo.

I CRITERI APPLICATIVI

La scelta legislativa di adottare fattori oggettivi nella classificazione ha determinato l'applicazione di limiti quantitativi nella suddivisione delle diverse classi, individuati in soglie di pressione, sulla falsariga di quanto già espresso da altre normative europee (p.e. svizzera).

Basandosi sull'esperienza acquisita in altre realtà alpine sono stati redatti i seguenti criteri di classificazione, formalizzati nella deli-

Classificazione dei terreni	Limiti di pressione per la suddivisione delle aree valanghiva
Aree a elevato rischio	Pressioni d'impatto superiori a 3 t/mq
Aree a medio rischio	Pressioni d'impatto comprese tra 3 e 0.5 t/mq
Aree a debole rischio	Pressioni d'impatto inferiori a 0.5 t/mq

bera della Giunta regionale del 15 febbraio 1999, n. 422:

estratto da: Deliberazione 15 febbraio 1999, n. 422 "Approvazione di disposizioni attuative della legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 previste agli artt. 36 e 37 (Criteri ed indirizzi di carattere tecnico e adempimenti in ordine alla redazione ed approvazione delle cartografie degli ambiti inedificabili) e revoca delle deliberazioni della Giunta regionale n. 9797/1994 e n. 4190/1995"

CAPITOLO IV. TERRENI SOGGETTI AL RISCHIO DI VALANGHE O SLAVINE

Paragrafo A. LINEE GUIDA.

1. Il concetto di esposizione al rischio valanghivo è individuato dall'art. 37 legge regionale 6 aprile 1998, n. 11.

La classificazione introdotta dalla legge si basa sulla distinzione su 3 classi di pericolosità:

- a)** aree a elevato rischio;
- b)** aree a medio rischio;
- c)** aree a debole rischio.

2. La classificazione dovrà essere redatta in rapporto alle intensità dei massimi eventi attesi e sulla loro frequenza temporale, come espressamente indicato nella normativa in oggetto.

Si ritiene che la suddivisione delle aree esposte al rischio valanghivo debba essere redatta in funzione delle pressioni d'impatto dei fenomeni valanghivi calcolate su tempi di ritorno non inferiori ai 100 anni e sul massimo evento storico riscontrato.

3. Gli elaborati di corredo devono essere costituiti da una relazione generale e da una cartografia generale, completati da specifiche indagini ed elaborati riferiti ad ogni fenomeno valanghivo conosciuto. Si evidenzia il carattere temporaneo e dinamico della delimitazione e di conseguenza degli elaborati, soprattutto della documentazione cartografica, in rapporto al verificarsi di nuovi eventi valanghivi, alla modificazione dell'esposizione al rischio a motivo della realizzazione di interventi di difesa attivi o passivi o alla realizzazione di nuovi interventi urbanistici. A seguito di varianti della zonizzazione urbanistica dovranno essere anche aggiornati i documenti di analisi dell'esposizione al rischio delle aree in questione.



Paragrafo B. ELABORATI

1. Relazioni:

a) Relazione generale per tutto il territorio comunale contenente i seguenti aspetti:

- *caratteristiche climatiche evidenziando particolarmente gli aspetti nivologici;*
- *elenco dei fenomeni valanghivi conosciuti sull'intero territorio comunale;*
- *nome locale o storico della valanga;*
- *codice del catasto regionale delle valanghe;*
- *numerazione progressiva;*

- *descrizione della situazione generale (con dati statistici: danni, incidenti, mortalità, opere presenti, ecc.).*

b) Relazione specifica per ogni fenomeno valanghivo conosciuto contenente i seguenti aspetti:

- *indagine storica;*
- *documentazione fotografica storica e attuale;*
- *indagine fotointerpretativa;*
- *descrizione dei sopralluoghi estivi e invernali (evidenziando la presenza di testimoni muti);*
- *descrizione del fenomeno valanghivo;*
- *presenza o meno di opere di difesa, descrizione delle stesse;*
- *carta alla scala 1:5.000 con perimetrazione dell'intera valanga, redatta in base alle indagini precedenti.*

c) Relazione integrativa per valanghe che interessano aree edificabili o edificate, costruzioni industriali, commerciali, artigianali, agricole, turistico - sportive, strutture fisse all'interno dei comprensori sciistici ad esclusione delle opere contenute all'art. 37, comma 2.

d) Le valanghe che dovranno essere esaminate e sottoposte alla zonizzazione saranno valutate e definite in concerto tra il Comune interessato, la struttura regionale competente ed il professionista incaricato della redazione dello studio, sulla base della Relazione Generale e di quella specifica nonché della cartografia preliminare definita al punto 2, lettera a).

e) La relazione specifica dovrà essere integrata nei seguenti aspetti:

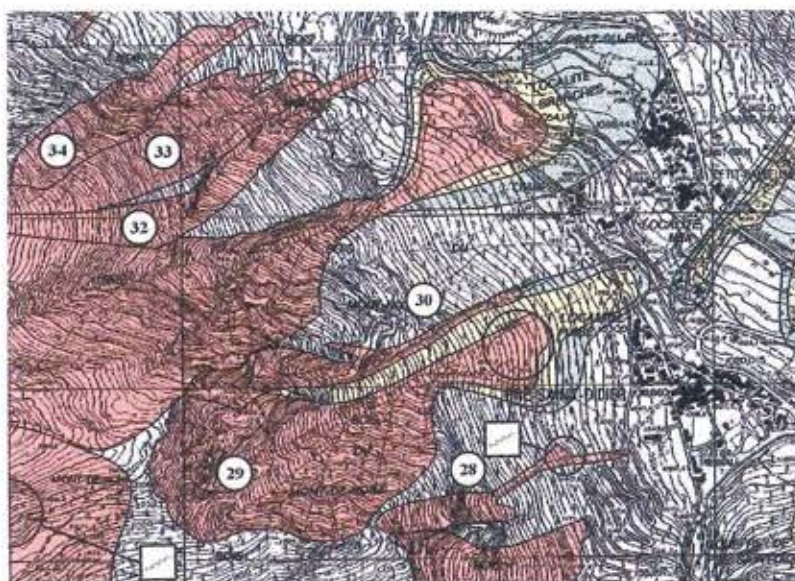
- *analisi quantitativa del fenomeno valanghivo;*
- *individuazione delle zone di distacco;*
- *funzione ed influenza delle opere di difesa sul fenomeno valanghivo;*
- *valutazione dei volumi di distacco con tempi di ritorno di almeno*

Carta prescrittiva di sintesi	Grafia + sigle
Zone non oggetto di studio di dettaglio: Va zone esposte a fenomeni valanghivi Vb zone di probabile localizzazione dei fenomeni	Colore: viola + Va o Vb B/n: righe orizzontali + Va o Vb
Zone oggetto di perimetrazione sulla base della concertazione: V1 aree a elevato rischio	Colore: rosso B/n: grigio
V2 aree a medio rischio	Colore: giallo B/n: quadrettato
V3 aree a debole rischio	Colore: verde B/n: puntinato
Prescrizioni all'edificazione da inserire nelle N.T.A.	

Note:

Zone esposte a fenomeni valanghivi: si intendono tutti i fenomeni conosciuti non oggetto di specifica zonizzazione (V1, V2, V3).

Zone di probabile localizzazione dei fenomeni: si intendono tutti i settori morfologicamente propensi a subire fenomeni valanghivi di cui non si ha sufficiente documentazione.



100 anni;

- *modellizzazione del fenomeno per stabilire le 3 aree di pressione (da allegare profili e sezioni trasversali di calcolo, utilizzati nel modello);*

- *carta alla scala 1:5.000 con perimetrazione della zona terminale e di arresto e suddivisione dell'area nelle tre classi di rischio redatta sulla base delle indagini precedenti.*

2. Cartografia.

a) Una cartografia preliminare su base C.T.R. alla scala 1:10.000 di tutto il territorio comunale (massimo formato A0), da utilizzare nella fase di concertazione contenente i seguenti aspetti:

- *perimetrazione di tutti i fenomeni valanghivi;*
- *perimetrazione delle aree poten-*

zialmente esposte a fenomeni valanghivi di cui non si hanno informazioni di natura storica documentale;

- *numerazione e codici.*

b) Una cartografia su base C.T.R. alla scala 1:10.000 di tutto il territorio comunale (massimo formato A0) contenente i seguenti aspetti:

- *perimetrazione delle aree di probabile localizzazione dei fenomeni;*

- *perimetrazione di tutti i fenomeni valanghivi conosciuti;*

- *suddivisione delle aree nelle tre classi di rischio per quanto riguarda valanghe che interessano aree edificabili o edificate, costruzioni industriali, commerciali, artigianali, agricole, turistico - sportive e strutture fisse all'interno dei*

comprensori sciistici;

- localizzazione e tipologia delle opere di difesa presenti;

- numerazione e codici.

c) Una cartografia catastale di sintesi alla scala 1:5.000 riguardante tutto il territorio e 1:2.000 delle aree urbanizzate contenente i seguenti aspetti:

- perimetrazione del fenomeno valanghivo;

- suddivisione delle aree nelle tre classi di rischio per quanto riguarda valanghe che interessano aree edificabili o edificate, costruzioni industriali, commerciali, artigianali, agricole, turistico - sportive e strutture fisse all'interno dei comprensori sciistici;

- numerazione e codici.

d) Cartografia e rappresentazioni grafiche (vedi tabella e CLPV a pg 32).

Paragrafo C. CRITERI PER LA PROGETTAZIONE E LINEE GUIDA

1. Alla luce delle complessità costruttive (scelte progettuali - architettoniche, requisiti tecnici, ecc.) e delle complessità dei fenomeni valanghivi con caratteristiche e tipologie estremamente variabili di volta in volta, si ritiene che non si possano generalizzare schemi ed indicazioni per la progettazione di opere in aree esposte al rischio valanghivo. All'interno delle Norme Tecniche di Attuazione dovranno essere indicate le misure di cautela e le specifiche tecniche di progettazione inerenti gli aspetti ingegneristici ed architettonici delle costruzioni per ciascuna area a rischio o per aree a rischio omogenee.

2. Si suggerisce a tale riguardo la formulazione da parte di un tecnico abilitato di apposito documento che attesti la piena conformità dell'opera in rapporto ai requisiti tecnici stabiliti dalla norma vigente.

3. Nella scelta e verifica dei parametri per la progettazione dovrà essere utilizzato il coefficiente più cautelativo per ciascuna classe di rischio.

4. Per opere infrastrutturali di cui al comma 2, dell'art. 37, della L.R. 11/1998, si intendono le opere di urbanizzazione del PRG. Sono invece esclusi dal concetto di opere infrastrutturali, purché i relativi progetti si fondino su specifiche indagini nonché sulla specifica valutazione dell'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di difesa necessarie, gli interventi di tipo puntuale e lineare, quali: prese d'acqua, acquedotti, elettrodotti, fognature, impianti di risalita, piste da sci, piste antincendio, forestali e interpoderali, ampliamenti stradali, reti telematiche, ed altri simili; sono inoltre escluse le opere infrastrutturali di urbanizzazione a carattere esclusivamente stagionale.

APPLICAZIONI

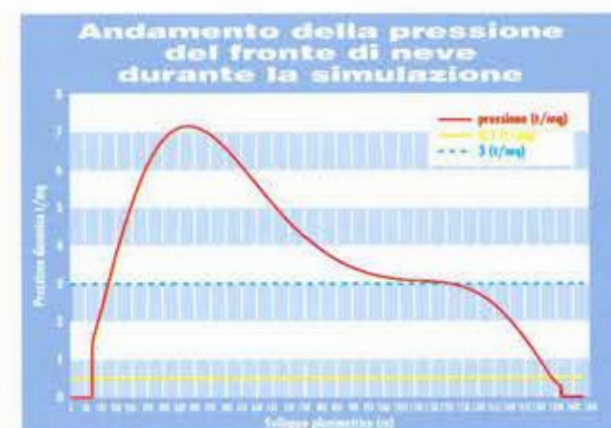
L'applicazione della normativa descritta è chiaramente ancora nelle prime fasi per cui solamente un test su un numero congruo di comuni potrà indicare l'esattezza e la congruità tecnica dei criteri proposti.

Si riportano a lato alcuni esempi di applicazione sul territorio comunale di Pré-Saint-Didier (Alta Valle d'Aosta) (per gentile concessione del Dr. E. Ceriani).



PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE	
File: pre25-la.dat Fiume Valanga: Piabé Descrizione simulazione: valanga estrema invernale canalicata sud.	
PARAMETRI DEL PROFILO	
Quota iniziale:	1.975 m s.l.m.
Quota finale:	1.050 m s.l.m.
Distanza inclinata:	1.938 m
Punti quotati:	195
PARAMETRI DI CALCOLO	
Distanza tra 2 stazioni:	5 m
Spessore del lastrone al distacco:	1 m
Spessore massimo di neve di simulazione:	6,00 m
Coefficiente di viscosità:	0,45
Larghezza della massima sezione:	100,00 m
Larghezza della minima sezione:	30,00 m
PARAMETRI DEL DISTACCO	
Larghezza alla quota di inizio distacco:	40 m
Quota inizio distacco:	1.975 m s.l.m.
Quota fine distacco:	1.907 m s.l.m.
Profondità planimetrica del distacco:	73,20 m
Profondità inclinata del distacco:	100,00 m
Numero di elementi:	20
Volume di distacco:	4.000 mc

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE	
File: pre25-la.dat Fiume Valanga: Piabé Descrizione simulazione: valanga estrema invernale canalicata sud.	
DATI SINTETICI DI SIMULAZIONE	
Volume di distacco:	4.000 mc
Spessore del lastrone:	1 m
Quota di inizio distacco:	1.975 m s.l.m.
Coefficiente di viscosità:	0,45
Densità della neve:	300 Kg/mc
RISULTATI	
Quota di inizio deposito:	1.036 m s.l.m.
Quota di fine deposito:	1.015 m s.l.m.
Altezza massima del deposito:	0,9 m
Quota all'altezza del massimo deposito:	1.018,2 m s.l.m.



**Primo rapporto sull'utilizzo in
via sperimentale del sistema di
distacco artificiale delle
valanghe GAZ.EX. in località
Monte Bondone (Trento)**

il **Gazex** *del* **Bondone**

Mauro Gaddo

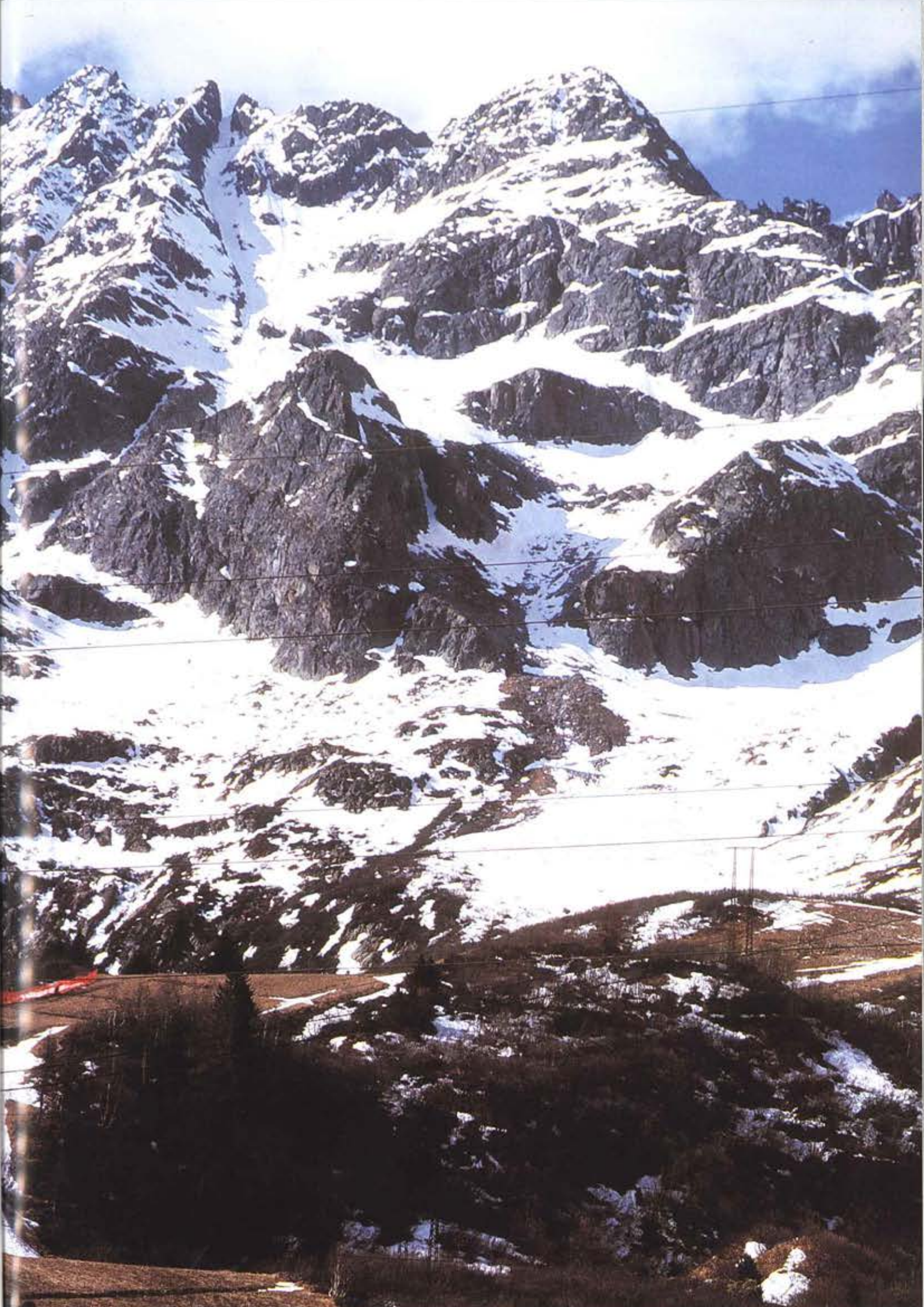
Servizio Prevenzione Calamità Pubbliche

Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia

Provincia Aut. Di Trento



Il presente rapporto vuole illustrare l'attività svolta durante la stagione invernale 1997-'98 dai tecnici dell'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia, dalla Società Funivie Monte Bondone S.r.l. nonché dai membri della locale Commissione Valanghe nell'ambito della sperimentazione di un sistema di controllo tramite distacco artificiale delle valanghe che interessano alcune piste da sci sul Monte Bondone, nel comune di Trento.



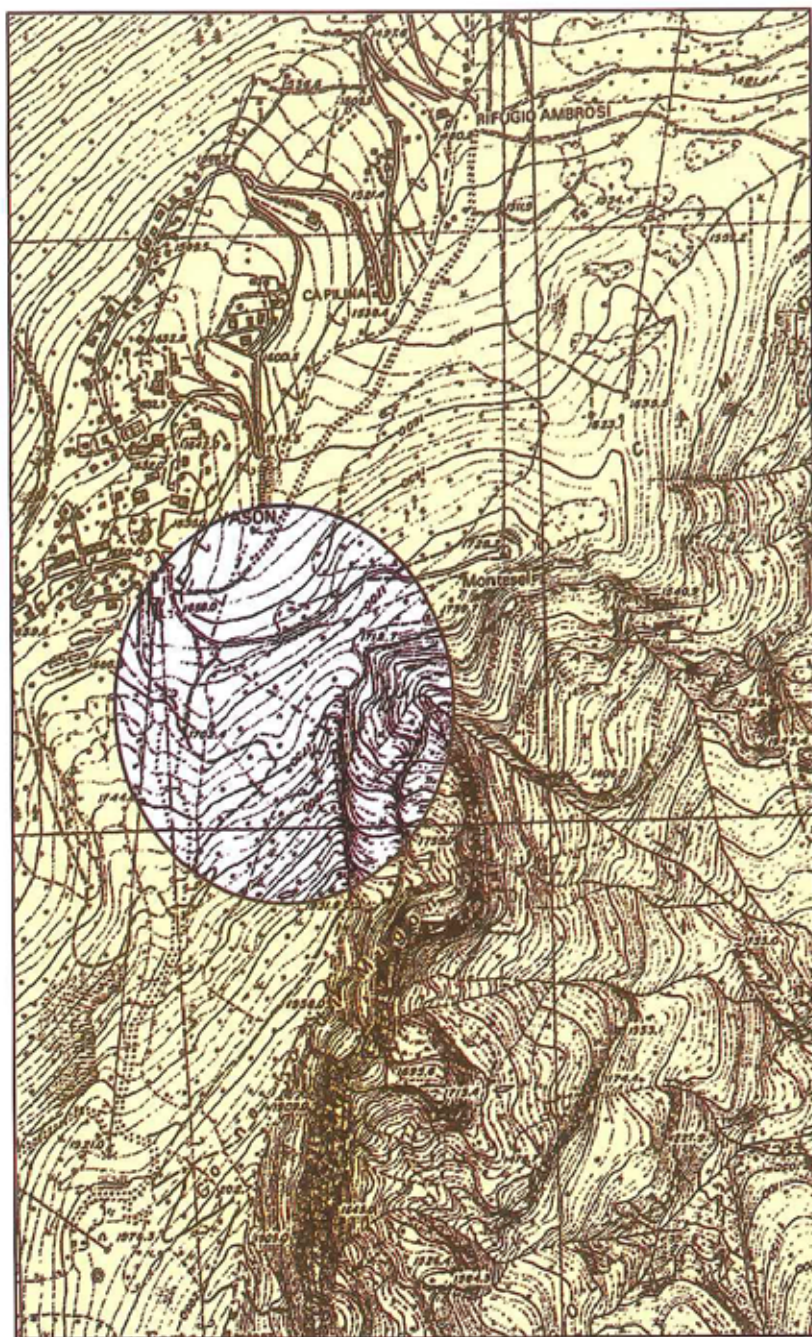
A seguito della proposta avanzata dalla Società concessionaria degli impianti da sci del Monte Bondone, per il distacco delle masse nevose instabili sul versante del Mugon è stato installato un GAZ.EX., apparecchiatura molto diffusa all'estero e oggi di frequente utilizzo anche nel settore alpino italiano. Lo studio e l'uso di questo sistema hanno permesso di approfondire le conoscenze sulle modalità di gestione del pericolo valanghe nei comprensori sciistici, fornendo altresì utili suggerimenti per la redazione del nuovo regolamento di attuazione della L.P. 7/87.

La modifica apportata dalla L.P. 10/97 alla L.P. 21 aprile 1987, n.7 "Disciplina delle linee funiviarie in servizio pubblico e delle piste da sci" ha infatti introdotto alcune novità di rilievo relativamente alla gestione del problema valanghivo nelle aree adibite alla pratica dello sci, equiparando in particolare le misure di difesa di tipo strutturale a quelle di tipo gestionale.

Con deliberazione della Giunta Provinciale è stato allo scopo costituito un gruppo di lavoro misto in cui sono rappresentati la Provincia Autonoma di Trento, la Società concessionaria delle infrastrutture sciistiche oggetto di controllo, nonché la Commissione Locale Valanghe. Compiti del gruppo di lavoro sono:

- esaminare e valutare gli elaborati progettuali, soprattutto con riferimento alla procedura di gestione del sistema;
- individuare una metodologia di rilevazione della situazione nivometeorologica, in relazione all'efficacia del sistema sperimentale;
- elaborare linee guida e suggerimenti utili per la redazione del Regolamento attuativo della L.P. 7/87 e s.m.

In un panorama nazionale total-



mente privo di normativa tecnica nel settore della prevenzione del rischio valanghivo e a fronte delle difficoltà incontrate in sede di stesura del regolamento di attuazione della legge nel classificare e normare la totalità delle molteplici situazioni riscontrabili durante l'attività di controllo dei fenomeni, il lavoro svolto sul monte Bondone e l'esperienza acquisita durante questo primo anno di sperimentazione sono stati di fondamentale aiuto per evidenziare le problematiche connesse all'applicazione di misure di difesa di tipo gestionale e trovare le risposte più adeguate.

IL SITO VALANGHIVO

Il monte Palon è compreso nella più vasta catena montuosa Stivo-Bondone, che snodandosi in direzione nord-sud separa la valle dell'Adige dalla valle dei Laghi. La zona di distacco della valanga che interessa le infrastrutture sciistiche del Palon è situata sulle pendici nord-occidentali del massiccio stesso, in località Cornetto di Mugon, ad una quota di circa 1900 m s.l.m.

Il versante, che nella sua parte sommitale mostra pendenze di circa 40°, si presenta liscio e regolare, privo di scabrosità di rilievo, caratterizzato dalla presen-



za di piante di pino mugo e di ontano di notevoli dimensioni. Un fattore determinante per il distacco di valanghe di grosse dimensioni è rappresentato dal trasporto eolico, con successivo deposito in corrispondenza della zona di distacco. Le precipitazioni nevose sono infatti frequentemente accompagnate da vento, con direzione prevalente dai settori meridionali. In assenza di precipitazioni, invece, i venti tendono a provenire dai quadranti settentrionali.

EVENTI STORICI

La valanga del Mugon è presente nella Carta di Probabile Localizzazione delle Valanghe del Comune di Trento con il numero 2, con periodicità irregolare.

Gli eventi principali, tutti riconducibili a stagioni invernali ricche di precipitazioni nevose, risalgono agli anni 1951-'52, al 1971, al 1975, nonché al 1986. In particolare, la valanga del 2 febbraio 1986 interessò la stazione di monte della telecabina "Vaneze-Vason" e la pista da sci "Cordela".

IL PROGETTO

Il progetto del sistema GAZ.EX. è stato realizzato dall'ing. Michele Martinelli, consulente della Società concessionaria, in conformità alle analisi, valutazioni ed integrazioni richieste dal gruppo di lavoro. Nella sua forma finale, il progetto si compone di:

- relazione tecnico-illustrativa
- piano di intervento per il distacco artificiale delle valanghe (P.I.D.A.)
- planimetria di progetto
- planimetria con localizzazione postazioni di controllo, punti di rilevamento dati nivometeorologici e segnaletica
- planimetria con il limite massimo della zona di arresto della valanga di progetto calcolato in funzione dello spessore medio della neve al distacco
- profilo longitudinale del sito valanghivo
- particolari costruttivi GAZ.EX.

LA RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

Tale elaborato espone le caratteristiche ambientali e nivometeorologiche della zona interessata dalla sperimentazione, elenca i fenomeni valanghivi verificatisi in passato, porge le motivazioni alla base della scelta progettuale, descrive nel dettaglio il sistema GAZ.EX., indica l'altezza limite di neve fresca al suolo da non superare prima dello sparo per non generare valanghe che possano danneggiare infrastrutture di interesse, illustra gli interventi previsti per la posa in opera delle attrezzature tecniche, anticipa alcune considerazioni estratte dal piano di intervento per il distacco artificiale delle valanghe (P.I.D.A.) sulle modalità di gestione del si-

stema, presenta un estratto della carta di localizzazione probabile delle valanghe del Comune di Trento con relativo profilo longitudinale e relativa documentazione fotografica.

IL PIANO DI INTERVENTO PER IL DISTACCO ARTIFICIALE DELLE VALANGHE (P.I.D.A.)

Tale elaborato individua l'area interessata dalle operazioni, descrive il sistema di intervento con particolare riguardo al sistema di innesco, atto ad impedire il verificarsi di detonazioni indesiderate, indica i siti dove sono raccolti i dati nivometeorologici, specifica le misure di sicurezza preventive da adottare e la segnaletica da esporre a presidio delle aree interessate dai lavori, segnala il nominativo del responsabile della sicurezza nominato dalla Ditta Funivie Monte Bondone S.r.l., espone la procedura da seguire per la ripresa dell'esercizio delle infrastrutture sciistiche a seguito delle operazioni di tiro, indica l'altezza limite di neve fresca al suolo da non superare prima dello sparo per non generare valanghe che possano danneggiare infrastrutture di interesse, presenta la documentazione di base che dovrà essere prodotta per documentare ogni singola operazione effettuata e le eventuali valanghe artificiali prodotte.

GLI ELABORATI CARTOGRAFICI

Tali elaborati sono costituiti dai particolari costruttivi del sistema GAZ.EX., da una planimetria di progetto, ove è indicata la posizione dell'esplositore e del deposito delle bombole, da profilo longitudinale e planimetria del sito valanghivo, con l'indicazione del limite massimo della zona di arresto della valanga calcolato in funzione dello spessore medio

della neve al distacco, nonché da una planimetria ove sono localizzati gli impianti di risalita e le piste da sci, i punti di rilevamento dei dati nivometeorologici, la centrale operativa, l'esplositore, le reti di chiusura degli accessi presidiati da personale della Società concessionaria e la segnaletica.

IL COLLAUDO FUNZIONALE

Il giorno 17 dicembre 1997 è stato effettuato il collaudo funzionale del sistema GAZ.EX. In tale occasione è stata compiuta dall'Unità Organizzativa inquinamento acustico dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente una analisi fonometrica relativa all'inquinamento acustico prodotto dal suddetto sistema.

Nel corso di una manovra simulata, si sono seguite passo passo le fasi previste nel progetto, con special riferimento ai contenuti del Piano di Intervento per il Distacco Artificiale (P.I.D.A.).

Le procedure adottate si sono rivelate valide dal punto di vista funzionale, pur in mancanza, come prevedibile, di un distacco di valanga vero e proprio. La manovra ha comunque fornito l'occasione per sottolineare, da parte dei tecnici dell'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia, la necessità di operare con particolare cautela nelle giornate di scarsa visibilità.

L'INQUINAMENTO ACUSTICO

A partire dai dati raccolti durante il collaudo funzionale del sistema, l'Unità Organizzativa inquinamento acustico dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente ha predisposto una relazione concernente la valutazione dell'inquinamento acustico prodotto dall'esplosione.

Le misure sono state eseguite contemporaneamente sia in am-



biente interno che esterno presso uno degli appartamenti più esposti.

Dalla relazione si evince che "la sorgente di rumore oggetto di indagine è caratterizzata da eventi sonori di brevissima durata il cui grado di disturbo, a parità di contenuto energetico, è superiore a quello derivante da un rumore continuo. L'aggravarsi del disturbo è provocato dall'"effetto sorpresa" e dalle conseguenti reazioni di allarme che si originano sul recettore. Pertanto questa tipologia di rumore necessiterebbe di un criterio di valutazione distinto da quello impiegato per la valutazione del rumore prodotto dalle sorgenti fisse e mobili."

In mancanza di una normativa specifica, le analisi sono state compiute con riferimento ai criteri stabiliti dalla L.P. n. 6 del 18 marzo 1991 "Provvedimenti per la prevenzione ed il risanamento ambientale in materia di inquinamento acustico". Dai dati ottenuti si evince che i livelli di rumorosità rilevati in ambiente esterno nel periodo notturno risultano essere superiori ai limiti di accettabilità previsti dalla zonizzazione acustica del Comune di Trento anche nel caso di una sola esplosione, mentre nel periodo diurno il superamento è ipotizzabile solo con tre esplosioni, (evento peraltro estremamente improbabile).

Dalla relazione si evince in definitiva che il funzionamento del sistema nel periodo di riferimento notturno, e nel caso di più di due esplosioni anche nel periodo di riferimento diurno, dovrà essere autorizzato con apposita ordinanza del sindaco di deroga ai limiti di accettabilità.

I PUNTI DI RILEVAMENTO DEI DATI NIVOMETEOROLOGICI

La raccolta dei dati nivometeorologici è stata effettuata in tre differenti siti tramite:

- una stazione automatica di rilevamento
- uno strumento per la misura della neve trasportata dal vento
- un campo di rilevamento

LA STAZIONE AUTOMATICA

Nei pressi del crinale del Mugon, vicino al deposito dei gas, è stata installata una stazione di rilevamento automatica di dimensioni ridotte, consultabile, tramite chiamata con telefono cellulare, dai tecnici dell'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia. La stazione, alimentata con pannelli solari, è in grado di fornire le misure dei seguenti parametri:

- temperatura aria
- direzione vento
- intensità vento
- altezza neve

- temperatura neve
- umidità relativa

I dati sono memorizzati con cadenza oraria e riportano la massima, la minima e la media delle misure del singolo parametro rilevato.

IL DRIFTOMETRO

Questo apparecchio è stato creato appositamente per la misura della neve trasportata dal vento e nel caso specifico è stato posizionato nei pressi della stazione di arrivo della seggiovia "Palon". La raccolta dei dati è stata effettuata manualmente da personale della Società concessionaria e dai tecnici dell'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia.

IL CAMPO DI RILEVAMENTO

Il campo di rilevamento è stato posizionato sul Mugon, a monte delle esistenti opere paravalanghe in legno realizzate a difesa della linea della seggiovia "Palon", a sinistra di un piccolo crinale che separa tale sito dalla zona di influenza del GAZ.EX. In detto campo sono state effettuate prove penetrometriche e stratigrafiche sul manto nevoso per determinarne la composizione e la stabilità.

L'ATTIVITÀ

Con il collaudo funzionale effettuato il 17 dicembre 1997 è stato dato il via formale alla sperimentazione vera e propria. Le operazioni sul territorio si sono protratte fino al termine della stagione invernale: l'ultimo rilievo sul campo, in particolare, porta la data del 16 aprile 1998.

L'attività di sperimentazione è stata condotta dai diversi soggetti presenti nel gruppo di lavoro secondo le seguenti modalità:

- la Società concessionaria ha curato l'organizzazione delle manovre sul campo in occasione dell'effettuazione dei tiri, attenendo-

si al piano di intervento concordato dal gruppo di lavoro;

- la Commissione Valanghe ha effettuato una costante vigilanza del versante valanghivo, presenziando alle operazioni di tiro e assumendosi in prima persona il compito di effettuare i rilievi penetrometrici e stratigrafici a cadenza per lo più settimanale;
- l'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia ha coordinato le attività, fornendo il bollettino valanghe e appoggiando la Commissione Valanghe nelle operazioni di rilievo.

L'ANDAMENTO NIVOMETEOROLOGICO NELLA STAGIONE INVERNALE 1997-98

(a cura del p.i. Mauro Mazzola)

Le nevicate del periodo 17 - 20 dicembre 1997 hanno determinato uno strato totale di neve al suolo di circa 160 cm, con presenza di cristalli di neve fresca del tipo 2 e 3.

Il manto nevoso al suo interno presentava una resistenza molto bassa, dovuta principalmente alla costituzione di strati umidi, in quanto il limite inferiore delle nevicate si assestava intorno ai 1600 m. La resistenza superficiale effettuata con la prova della sonda determinava una penetrazione di 96 cm su un totale di 160 cm. Tuttavia, la presenza di umidità determinava una buona coesione interna.

Le successive nevicate del periodo 23 - 27 dicembre 1997 hanno apportato una nuova quantità di neve fresca. La neve al suolo era di 145 cm, con presenza di stratificazione a debole resistenza e un manto nevoso ancora umidificato.

L'evoluzione meteorologica ha determinato successivamente l'assestamento dello strato superficiale e la formazione all'interno del manto nevoso di cristalli prevalentemente del tipo 3. Nel pe-

riodo 30 dicembre 1997 - 3 gennaio 1998 all'interno del manto nevoso erano rinvenibili degli strati di neve trasformata a resistenza omogenea.

Deboli precipitazioni hanno interessato il manto nevoso nel periodo centrale del mese di gennaio 1998, determinando una variazione non sostanziale delle resistenze interne ma aumentando il consolidamento dello strato superficiale, favorito anche dal rigelo notturno.

Fino alla fine del mese di febbraio non si sono verificate nevicate significative (un solo evento con neve intorno ai 30 cm). Il manto nevoso si è via via consolidato, lasciando al suo interno uno strato con minor resistenza subito sotto la crosta superficiale. Tale strato è rinvenibile all'interno della neve al suolo per tutta la stagione fino al sopraggiungere delle nevicate primaverili della seconda decade di aprile (con tre eventi consecutivi per un totale di neve fresca di circa 1 metro). La neve fresca al suolo ascrivibile a quest'ultima precipitazione, a causa del riscaldamento diurno, ha avuto una rapida evoluzione, determinando complessivamente un discreto consolidamento.

I TIRI EFFETTUATI

Oltre che per i tiri di collaudo, durante la stagione invernale 1997-'98 il sistema GAZ.EX. è stato utilizzato in tre distinte occasioni. In ogni circostanza, conformemente a quanto indicato nel piano di intervento per il distacco artificiale delle valanghe, il responsabile delle operazioni della Società concessionaria ha provveduto ad avvertire preliminarmente un membro della locale commissione valanghe ed ha realizzato, a lavori conclusi, una specifica scheda di tiro da inviare alla commissione valanghe stessa nonché all'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia.

EVENTO DEL 18 DICEMBRE 1997

A partire dal giorno 15 dicembre si sono registrate deboli precipitazioni nevose, che non hanno provocato apporti giornalieri superiori ai 10 cm. Nella notte fra il 17 e il 18 le precipitazioni nevose sono invece aumentate, raggiungendo i 32 cm di neve fresca e portando lo spessore del manto nevoso a 116 cm.

Dopo aver avvertito il membro designato della commissione valanghe, alle ore cinque e trenta del 18 dicembre il responsabile delle operazioni della Società concessionaria effettuava un tiro. In quell'occasione non si è registrato alcun distacco di neve.

EVENTO DEL 20 DICEMBRE 1997

Nei due giorni susseguenti al primo tiro sono perdurate le precipitazioni a carattere nevoso, al punto che il giorno 20, alle ore sette e quarantacinque, è stato effettuato un secondo tiro.

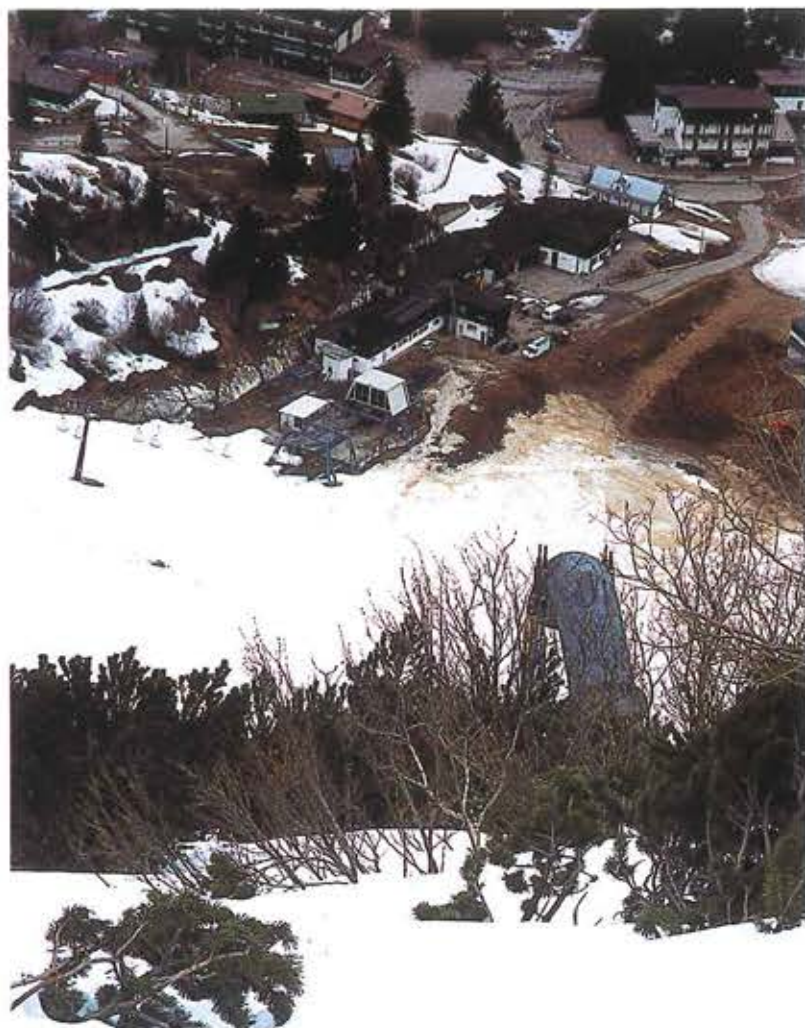
Con un manto nevoso di 158 cm di spessore, di cui circa 35 di neve fresca, è stata provocata una piccola valanga di neve umida, di lunghezza stimata in circa 20 metri.

EVENTO DEL 16 APRILE 1998

Le numerose precipitazioni a carattere nevoso dei giorni precedenti hanno portato lo spessore del manto nevoso a 132 cm. Il 16 aprile, constatata la presenza di circa 40 cm di neve fresca, viene effettuato un tiro, provocando una piccola valanga di neve asciutta di lunghezza pari a circa 20 metri.

VALUTAZIONI CONCLUSIVE SULLA PRIMA FASE DEL LAVORO

Come già evidenziato, la scorsa stagione invernale non ha prodotto grandi precipitazioni nevose,



concentrandole perlopiù in alcune specifiche giornate.

Per questo motivo l'impiego del GAZ.EX. è stato limitato e concentrato unicamente in tre periodi ben precisi. Un primo studio degli eventi sintetizzati nel capitolo precedente ha permesso comunque di formulare le considerazioni di seguito riportate.

Il giorno 17 dicembre 1997 è stato eseguito il primo profilo stratigrafico nel campo di rilevamento del Mugon.

Alle ore 12 e 25 il manto nevoso raggiungeva l'altezza massima di 84 cm ed era composto da:

- uno strato superficiale di neve fresca asciutta di spessore pari a 25 cm con cristalli di tipo 1 e 2;
- uno strato intermedio di neve trasformata per isoterma (cristalli di tipo 2 e 3) di spessore pari a circa 20 cm;
- uno strato di base di neve caratterizzata da metamorfismo da fu-

sione (cristalli di tipo 6).

Tale situazione determinava:

- una significativa viscosità dei primi 40 cm di neve;
- una resistenza alla penetrazione della sonda per la neve fresca debole per i primi 20 cm e discreta per i rimanenti 25 cm.

Il protrarsi delle precipitazioni nevose durante il periodo notturno ha causato un aumento sensibile dell'altezza del manto nevoso, con apporti di neve fresca fino a 50 cm di spessore. Sulla base delle prescrizioni contenute nel piano di intervento per il distacco artificiale, il responsabile delle operazioni di tiro della Società concessionaria ha deciso dunque di procedere con l'esecuzione di una prima esplosione con il GAZ.EX. I 50 cm di neve rappresentano infatti l'altezza limite di neve fresca al suolo da non superare prima dello sparo per non generare valanghe in grado di

danneggiare infrastrutture di interesse primario.

Si può trovare una spiegazione riguardo al mancato distacco di masse nevose significative in occasione del tiro del 18 dicembre 1997, sulla base di quanto detto nei punti precedenti. A fronte di un profilo stratigrafico realizzato subito dopo l'esplosione caratterizzato dalla presenza di 50 cm di neve fresca a debole resistenza e di neve trasformata per il rimanente spessore, un ruolo determinante è stato svolto dal buon grado di plasticità del manto nevoso e dalla limitata altezza della coltre, specie se raffrontata con la presenza della vegetazione.

Detta situazione ha di fatto contribuito a fornire un primo elemento di valutazione sul ruolo svolto dal pino mugo di notevoli dimensioni presente sul versante del Mugon nei riguardi della trattenuta della neve, perlomeno per gli strati inferiori.

Lo studio delle correlazioni esistenti fra vegetazione, stabilità del manto nevoso e onda d'urto generata dal GAZ.EX. è infatti presupposto indispensabile per poter procedere al distacco artificiale delle valanghe del Mugon in modo razionale e produttivo.

Il giorno 20 dicembre è stato effettuato il terzo profilo stratigrafico, dopo un periodo di continue precipitazioni. Il manto nevoso era in effetti costituito per circa un metro da neve fresca, con cristalli di tipo 1 e 2 e peso specifico di 140 kg/mc nei primi 40 cm e cristalli di tipo 2 e 3 e peso specifico di 180 kg/mc nel sottostante strato. Nel complesso il manto nevoso risultava umido per tutta la stratificazione, con una resistenza alla penetrazione debole nello strato superficiale (ben 90 cm di penetrazione della sonda). La coltre nevosa presentava al suo interno la formazione del metamorfismo da isotermia, con un livello di umidità che ne deter-

minava un parziale consolidamento. Confrontando il profilo stratigrafico del giorno 20 con quelli dei giorni precedenti non si possono non notare delle precise analogie; la differenza sostanziale, in effetti, è dovuta al maggiore spessore di neve fresca. Il tiro effettuato alle ore 7.45 del giorno 20 dicembre ha provocato il distacco di una valanga di neve umida di dimensioni contenute, a causa della buona plasticità della neve in fase di assestamento che ha attenuato il fenomeno valanghivo.

Il giorno 16 aprile 1998, in occasione del terzo tiro, il profilo stratigrafico del manto nevoso presentava uno spessore di neve fresca di 60 cm.

Detto strato poggiava su uno strato di neve trasformata con cristalli di tipo 3, mentre sul fondo si notavano strati di neve umida in fase di avanzata fusione. Il consolidamento del manto nevoso risultava sufficiente per trattenere sul pendio la nuova precipitazione nevosa che, a causa delle temperature miti, si assottigliava velocemente.

In questa occasione, l'onda d'urto provocata dal GAZ.EX. ha permesso di vincere le resistenze locali del manto nevoso ed ha provocato una piccola valanga.

Per sintetizzare, si può affermare che nello scorso inverno si sono registrate buone precipitazioni ad inizio stagione, con il limite delle precipitazioni nevose assestate sui 1600 m. Significativa è l'assenza di precipitazioni consistenti nei mesi di febbraio - marzo.

Tale situazione ha provveduto a mantenere il manto nevoso umido e plastico nel primo periodo, quello caratterizzato da maggior quantità di neve al suolo; l'assestamento successivo del manto ha fatto sì che i nuovi apporti primaverili sono risultati in genere ininfluenti per la stabilità globale del pendio del Mugon.

A conclusione di questo primo rapporto, si ringraziano tutte le persone che hanno collaborato fattivamente alla riuscita dell'attività di sperimentazione. Una speciale menzione meritano i signori Sergio Benigni, Maurizio Brandalise, Claudio Colme, Marco Filippi e Orlando Gasperi, che hanno assicurato durante l'arco di tutta la stagione invernale la raccolta puntuale dei dati e l'osservazione degli eventi valanghivi.



BIBLIOGRAFIA

CRESTA R., 1983: "L'esplosivo e la neve", Club alpino italiano S.V.I.

McCLUNG D. - SCHAEERER P., 1996: "Manuale delle valanghe", Zanichelli

MEFFRE J. F., 1996: "La protection des routes contre les avalanches aux USA", Neige et Avalanches ANENA

PROFESSIONE MONTAGNA, 1998: "A ciascuno il suo cannone"

ZANNONI A., 1997: "Esplosivi e distacco di masse nevose", Neve e Valanghe A.I.NE.VA.

La Carta Climatica del **PIEMONTE**

Considerazioni sui caratteri
climatici e termopluviometrici
piemontesi

Barbara Cagnazzi

CSI- Regione Piemonte

Claudio Marchisio

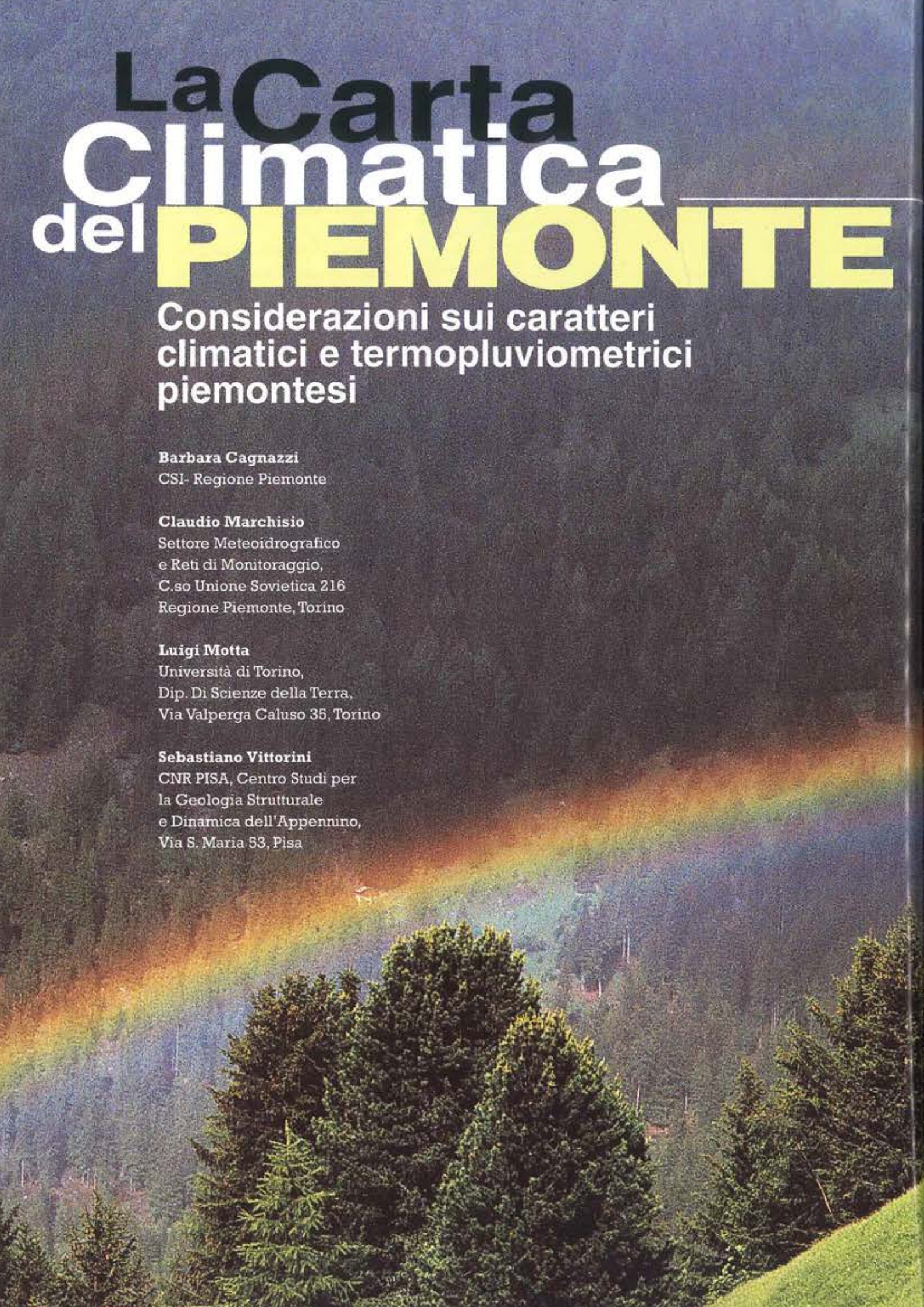
Settore Meteoidrografico
e Reti di Monitoraggio,
C.so Unione Sovietica 216
Regione Piemonte, Torino

Luigi Motta

Università di Torino,
Dip. Di Scienze della Terra,
Via Valperga Caluso 35, Torino

Sebastiano Vittorini

CNR PISA, Centro Studi per
la Geologia Strutturale
e Dinamica dell'Appennino,
Via S. Maria 53, Pisa



La carta climatica costituisce uno strumento di sintesi a grande scala che consente di ricavare rapidamente le informazioni climatiche di una Regione.

La carta del Piemonte, in scala 1:250.000, è stata realizzata prendendo a esempio le carte prodotte dal C.N.R.S. francese (PEGUY, 1969). In Italia il metodo è già stato ripreso per realizzare la Carta Climatica della Toscana (RAPETTI E VITTORINI, 1994), quella della Liguria (POTENTI E VITTORINI, 1995) e quella della Lombardia (tesi di laurea inedita - Neve & Valanghe n° 34). I dati termopluviometrici utilizzati si riferiscono al periodo 1951 - 1986 e sono stati tratti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico nazionale.

La carta principale è stata realizzata sovrapponendo al fondo termico, che rappresenta la distribuzione della temperatura media annua dell'aria, l'andamento dei fattori climatici limitanti: i mesi aridi e i mesi freddi. A questi tematismi si sono sovrapposte le isoiete medie annue.

Alla carta principale sono state affiancate sei carte ancillari a piccola scala e cinque grafici che descrivono importanti aspetti del clima a completamento di quelli rappresentati a scala maggiore.



PREMESSE

La carta climatica del Piemonte è stata pubblicata nel 1998 e presentata alla 25ª Conferenza Internazionale di Meteorologia Alpina (ICAM 98) insieme a due volumi di argomento climatologico, uno sull'andamento termopluviometrico ed uno sulle precipitazioni nevose, corredati di CD-Rom, frutto della collaborazione tra la Regione Piemonte e l'Università di Torino. La necessità di disporre di informazioni climatiche, sia per le esigenze interne di conoscenze finalizzate alla pianificazione territoriale, sia per le richieste di inquadramento climatico proveniente dall'esterno, ha spinto l'Amministrazione Regionale a

stata seguita la metodologia utilizzata dai climatologi francesi per l'elaborazione della Carta Climatica della Francia. Al termine del lavoro la carta del Piemonte è stata confrontata a quelle francesi delle zone di confine di Gap e di Annecy. Nonostante i diversi dati utilizzati, le indicazioni climatiche delle zone transfrontaliere analizzate sono risultate omogenee a conferma della validità e della corretta interpretazione del metodo.

METODOLOGIA DI COSTRUZIONE DELLA "CARTA PRINCIPALE"

Per la costruzione della carta, in scala 1:250.000, ci si è avvalsi dei

realizzare una collana di pubblicazioni climatologiche dal titolo "Studi Climatologici in Piemonte" con il supporto scientifico dell'Università di Torino. In questo progetto si colloca anche la carta climatica che fornisce un'efficace sintesi delle elaborazioni effettuate. Oltre al documento cartaceo è stato anche predisposto un CD-Rom contenente, insieme agli ipertesti dei volumi realizzati e alle banche dati utilizzate, una banca dati territoriale che consente di ottenere per ogni punto del territorio regionale le migliori stime dei principali parametri climatici.

Per la realizzazione della carta è

criteri adottati dal climatologo francese Peguy e dai suoi collaboratori nell'elaborazione della "Carte Climatologique Détaillée de la France". In Italia il metodo è già stato ripreso per realizzare la Carta Climatica della Toscana (Rapetti e Vittorini 1994), quella della Liguria (Potenti e Vittorini, 1995) e quella della Lombardia (tesi di laurea inedita - Neve & Valanghe n° 34).

La base dei punti quotati è stata tratta dalla Carta Regionale in scala 1:250.000, su cui sono stati selezionati solo i siti trigonometrici di maggiore importanza; per l'idrografia è stata utilizzata una base cartografica semplificata, in





scala 1:500.000 realizzata dall'Ufficio Territorio del CSI Piemonte. Il territorio regionale è stato suddiviso in fasce altimetriche i cui limiti sono 200; 500; 1000; 2000; 3000 m s.l.m.

La carta principale è stata realizzata sovrapponendo al fondo termico, che rappresenta la distribuzione della temperatura media annua dell'aria, l'andamento dei fattori climatici limitanti: i mesi aridi (bande arancioni), in cui la quantità di precipitazioni, espressa in millimetri, è inferiore al doppio della temperatura dell'aria espressa in gradi centigradi, ed i mesi freddi (bande grigie) in cui la temperatura media mensile è inferiore a 7 °C. A questi tematismi si sono sovrapposte le isoiete medie annue (linee blu).

Alla carta principale sono state affiancate sei carte ancillari in scala 1: 1.500.000 e cinque grafici. Oltre all'ipsometria esse presentano: le precipitazioni con massima intensità in 24 ore e con tempo di ritorno di 50 anni, la distribuzione dei tipi di regime pluviometrico, il decile superiore e il decile inferiore delle precipitazioni annue, la distribuzione dell'innevamento.

I cinque grafici presentano la distribuzione, in relazione al variare di quota e dei mesi, delle temperature: massime assolute, medie dei massimi, medie mensili, medie dei minimi, minime assolute.

FONDO TERMICO

Le isoterme sono state tracciate sulla base dei dati elaborati con il metodo descritto nel volume "Distribuzione regionale di piogge e temperature" (Biancotti, Cagnazzi e Marchisio, 1998 - articolo pubblicato su *Neve & Valanghe* n° 36).

Le isoterme sono comprese tra quella dei 14°C e quella dei 4°C, in modo da individuare sei classi di temperatura, numerate progressivamente, a partire dal va-

Valori di temperatura media (espressi in °C) di Torino ricavati dai grafici della carta climatica

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Massimi	15;20	20;25	25	25;30	30;35	30;35	>35	30;35	30;35	25;30	25	20;25
Media dei massimi	0;5	5	10;15	15;20	20;25	25;30	25;30	25;30	20;25	15;20	10	5;10
Media	0;5	0;5	5;10	10;15	15;20	20	>20	>20	15;20	15;10	5;10	0;5
Media dei minimi	-5;0	-5;0	0;5	5;10	10;15	15;20	15;20	15;20	10;15	5;10	0;5	-5;0
Minimi	-15;-20	-15;-20	-5;-10	-5	0	0;5	>5	>5	0;5	0;-5	0;-5	-10;-15

Fig. 1

Valori di precipitazione media mensile di Torino ricavati mediante la tabella dei regimi pluviometrici

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Media mensile	30.6	43.4	64.6	93.5	110.5	102.0	60.3	74.0	68.0	85.0	74.8	39.1

Fig. 2

PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA' DI DURATA 24 ORE E TEMPO DI RITORNO 50 ANNI

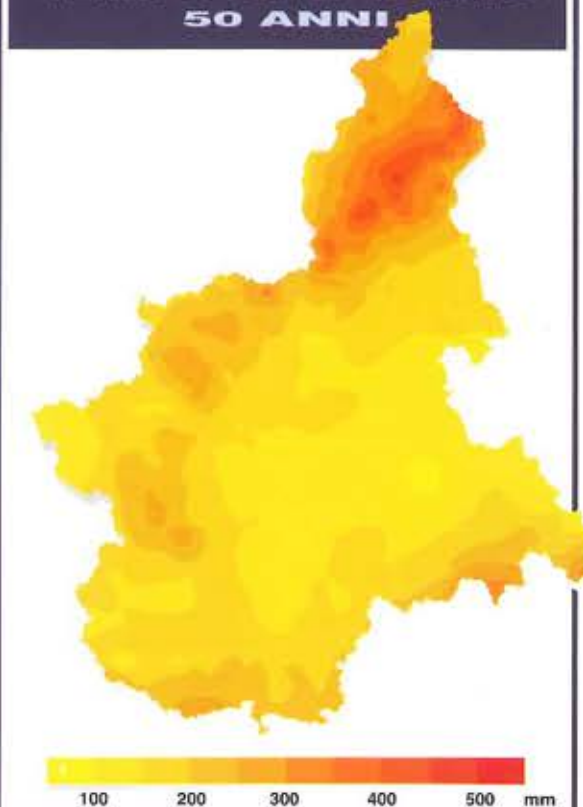


Fig. 3

PRECIPITAZIONE NEVOSA MEDIA ANNUA

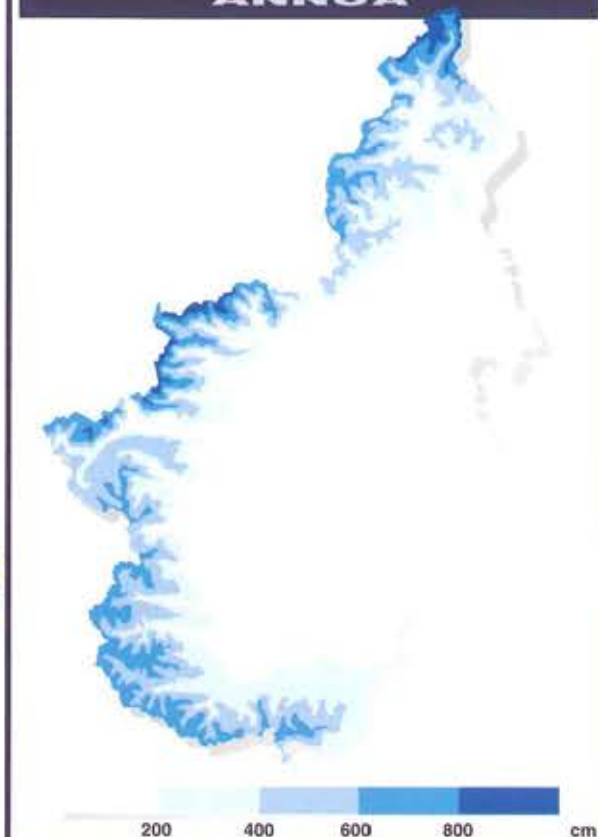


Fig. 4

Precipitazioni medie mensili espresse come percentuale del valore medio annuo

		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Subalpino		3.9	5.4	7.8	10.0	12.0	10.0	6.7	8.8	8.8	11.0	10.0	4.9
	a	3.6	5.1	7.6	11.0	13.0	12.0	7.1	8.7	8.0	10.0	8.8	4.6
Prealpino	b	4.1	5.6	8.4	11.0	13.0	11.0	5.5	7.8	8.2	11.0	8.7	5.4
	c	5.3	6.8	8.9	10.2	11.5	9.2	5.7	7.6	7.7	10.0	10.4	6.3
Subcontinentale		3.7	4.9	6.8	9.4	11.0	10.0	7.3	10.0	11.0	11.0	9.4	4.7
	a	7.3	7.7	9.6	7.9	8.2	5.3	4.1	6.0	8.0	14.0	13.0	8.4
Sublitoraneo	b	6.2	7.4	9.5	9.3	10.0	7.0	5.0	6.7	7.2	12.0	12.0	7.5
	c	7.6	8.1	7.6	8.6	9.6	9.0	5.3	7.4	8.3	10.0	9.5	8.0

Fig. 5



lore più basso.

Le temperature medie annue scelte per delimitare le classi sono le seguenti: 4.0 / 7.0 / 9.0 / 11.0 / 12.5 / 14.0.

FATTORI CLIMATICI LIMITANTI

Mesi aridi

Si è utilizzato il criterio di Gaussen (1955), secondo cui un mese si considera arido se la quantità di precipitazioni, espressa in millimetri, è inferiore al doppio della temperatura dell'aria espressa in gradi centigradi.

Il numero dei mesi aridi in Piemonte varia da zero a due e le aree interessate sono rappresentate da bande arancione, inclinate di 60 gradi rispetto all'asse orizzontale ed orientate dal quadrante SW al quadrante NE, con una larghezza crescente all'aumentare del numero di mesi secchi.

Mesi freddi

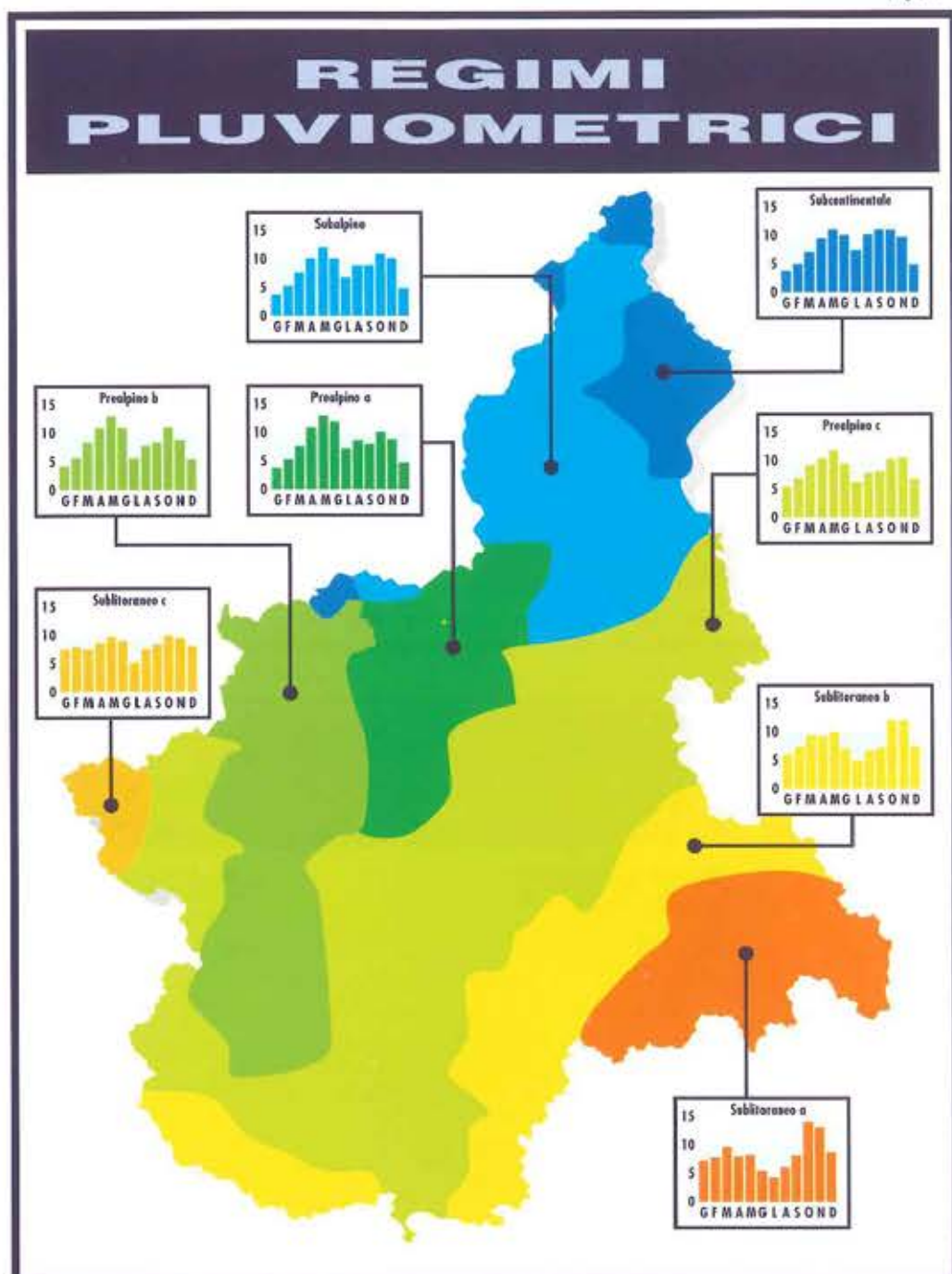
Si è considerato mese freddo quello in cui la temperatura media mensile è inferiore a 7°C, tenendo conto che l'attività vegetativa del bosco è limitata da temperature inferiori a tale valore.

Il numero dei mesi freddi varia da tre a dodici; se ne fanno derivare sette classi: la prima (3 mesi) non viene rappresentata, mentre le altre sono indicate da bande gri-

gie di larghezza via via crescente, a cominciare da un millimetro per la classe 4-5 mesi freddi, fino a coprire tutta la superficie per la classe di dodici mesi; le bande grigie, inclinate di 60 gradi rispetto all'asse orizzontale sono orientate dal quadrante NW al quadrante SE.

Le aree con temperatura media mensile di gennaio inferiore a -3°C, sono state rappresentate con le stesse bande grigie dei mesi freddi, ma bordate con un tratto nero e sono presenti a partire dalla classe 6-7 mesi freddi.

Fig. 6



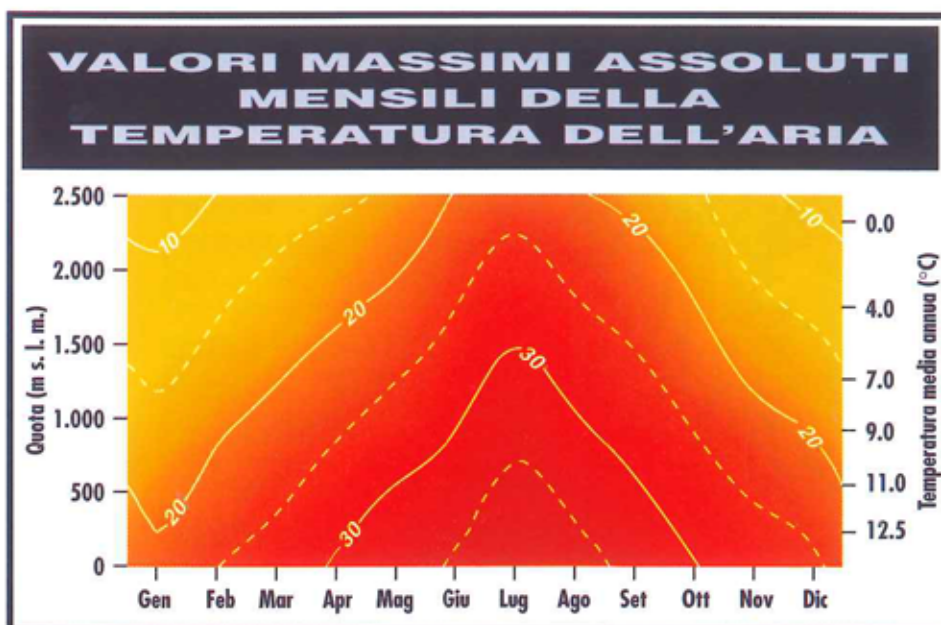


Fig. 7

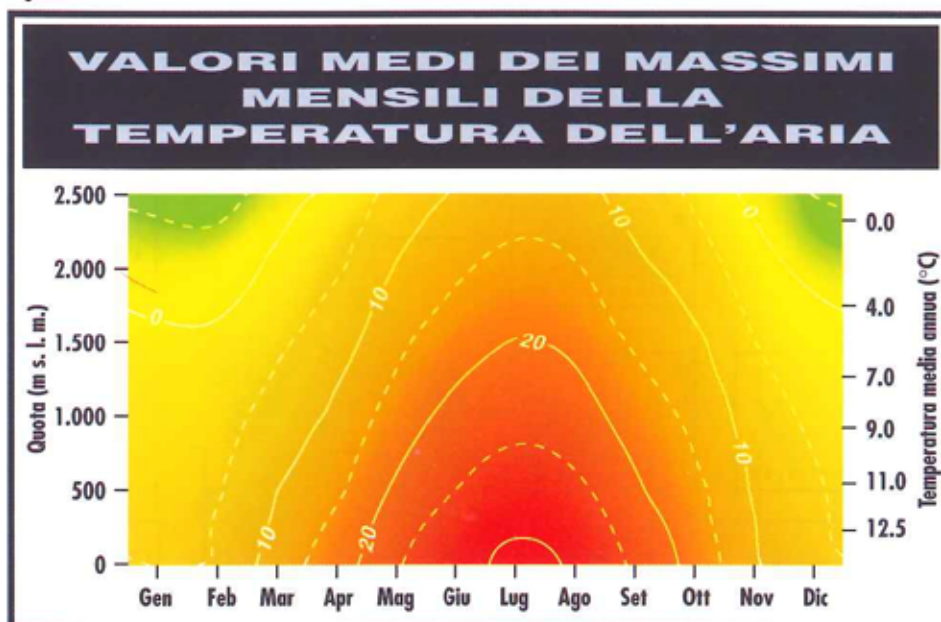


Fig. 8

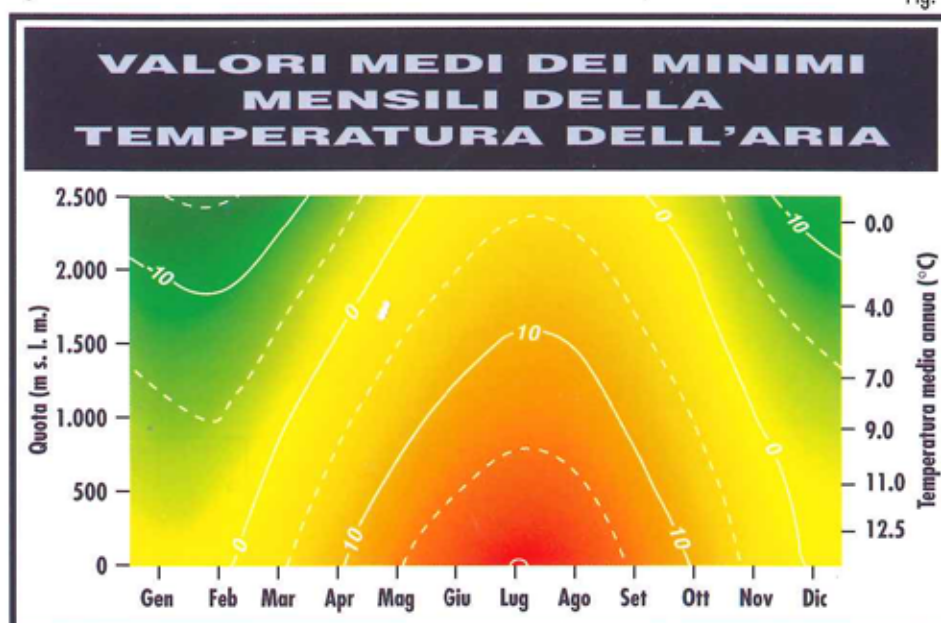


Fig. 9

PRECIPITAZIONI

Le isoiete (colore blu) rappresentano le precipitazioni medie annue hanno un'equidistanza di 100 millimetri fino a 1400 mm di precipitazione media annua, e un'equidistanza di 200 mm per valori superiori.

LE CARTE ANCILLARI

Regimi pluviometrici

Il territorio regionale è stato suddiviso in 9 aree omogenee per regime pluviometrico; la cartina è stata completata da istogrammi che permettono di apprezzare visivamente la distribuzione della precipitazione media nell'anno (fig 6). A completamento della cartina si è allegata una tabella con i valori medi mensili di precipitazione espressi come percentuale della precipitazione media annua; è così possibile leggendo la precipitazione media annua sulla carta principale, stimare i valori di precipitazione media mensile (fig 5).

Decile inferiore e decile superiore delle precipitazioni annue

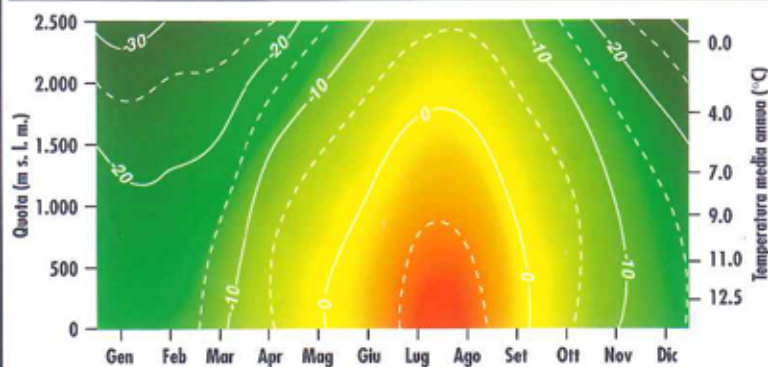
Sono indici della variabilità interannuale degli afflussi meteorici e rappresentano la quantità di precipitazioni (in mm) che sono superate rispettivamente in nove anni su dieci e in un anno su dieci. Sono state considerate classi di uguale ampiezza (200 mm) a partire da 400 mm sino a 1600 mm per il decile inferiore e da 600 a 3200 mm per quello superiore.

Precipitazioni con massima intensità giornaliera e con tempo di ritorno di 50 anni

Sono rappresentate le isoiete con equidistanza di 50 mm, fino a 600 mm (fig 3). In Piemonte almeno una volta ogni 50 anni si verificano precipitazioni con durata di 24 ore pari a:

- meno di 100 mm in un'area di dimensioni ridotte (meno del 1%

VALORI MEDI DEI MINIMI MENSILI DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA



g. 10

del territorio) intorno ad Alessandria;

- 100 - 300 mm nel 92% della regione (tutta la pianura, le Alpi Occidentali e parte del Piemonte settentrionale);
- 300 - 600 mm nel resto della regione (circa l'8%) nella zona del Lago Maggiore e nell'estremità meridionale dell'Appennino.

Altezza di precipitazione nevosa media cumulata annua

La carta è stata realizzata utilizzando i gradienti calcolati per i diversi settori alpini riportati nel volume "le precipitazioni nevose sulle Alpi piemontesi" (Biancotti, Motta e Turrone, 1998). Sono rappresentate le isolinee con equidistanza di 200 cm da 200 ad oltre 1000 cm (fig 4).

GRAFICI DI CONTERNO

I grafici presentano la distribuzione, in relazione al variare di quota e dei mesi, delle temperature massime assolute, medie dei massimi, medie mensili, medie dei minimi e minime assolute.

Sui grafici delle figure 7,8,9,10 sono riportati: sulle ascisse i mesi dell'anno, sulle ordinate a sinistra le quote, che vanno da 0 m s.l.m. a 2500 m s.l.m., e sulle ordinate a destra i valori di temperatura media annua, comprese tra 0°C e 12.5°C e sono rappresentate le

isoterme seguendo la variazione della quota e dei mesi. Nota la temperatura media annua, desumibile dalla carta principale, è possibile stimare il valore delle cinque temperature mensili per ogni mese dell'anno.

ESEMPIO DI LETTURA DELLA CARTA

La carta climatica è strutturata in modo tale da permettere la stima di un certo numero di condizioni climatiche. Si supponga di voler conoscere le condizioni climatiche di un sito, ad esempio Torino; si stima sulla carta principale una temperatura media annua compresa tra 11°C e 12.5°C (area colorata in giallo) e una precipitazione media annua compresa tra gli 800 e i 900 mm; si desume inoltre che la condizione prevalente è di assenza di mesi aridi (nessuna campitura in rosso) e che si manifestano mediamente 4-5 mesi freddi (campitura in grigio più sottile).

Con le informazioni ricavate dalla carta principale, consultando le carte di contorno si ottengono informazioni più dettagliate. Con il valore di temperatura media annua desunta dalla carta "grande" e riportata sull'ordinata a destra dei grafici (in alto a destra) si leggono i valori mensili delle cinque tipologie di temperatura corrispondenti (fig1, pg 46).

Nella mappa dei regimi pluvio-

metrici si osserva che Torino è caratterizzata da un regime prealpino di tipo a, e dalla tabella con i valori di precipitazione media mensile in percentuale del valore medio annuo (desunto dalla carta principale) si può stimare un valore medio di precipitazione mensile (fig 2, pag 46).

Dalla consultazione delle carte rappresentanti i decili superiore ed inferiore si ricava che a Torino un anno su dieci si hanno meno di 400 - 600 mm mentre con la stessa probabilità ne cadono più di 800 e 900.

Inoltre sulla carta delle massime precipitazioni giornaliere si desume che almeno un anno ogni 50 cadono in un solo giorno tra 100 e 150 mm di pioggia.

BIBLIOGRAFIA

- PEGUY CH. P. (1969) - *Carte Climatologique Détaillée de la France*. 8 carte in scala 1:250.000, Edition Ophrys, Paris et Gap.
 RAPETTI VITTORINI S. (1994) - *Carta climatica della Toscana centro-settentrionale*. Pacini, Pisa.
 RAPETTI VITTORINI S. (1994) - *Carta climatica della Toscana centro-meridionale ed insulare*. Pacini, Pisa.
 POTENTI L. VITTORINI S. (1995) - *Carta climatica della Liguria*. CNR Centro di Studio per la geologia strutturale e dinamica dell'Appennino. Pisa.
 SONVICO E. BORMOLINI E. R. (1998) - *La carta climatica della Lombardia*. (Tesi di laurea-inedita) Neve & Valanghe n° 34.

La carta climatica del Piemonte è allegata al volume: "Distribuzione regionale di piogge e temperature" di recente pubblicato dalla Regione Piemonte in collaborazione con l'Università di Torino nell'ambito della collana "Studi climatologici in Piemonte". Le pubblicazioni, corredate di cd rom multimediale, sono disponibili presso gli uffici della Regione Piemonte - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio - C.so Unione Sovietica, 216 - 10134 Torino. Tel: 011/31.68.203 Fax: 011/31.81.709 e-mail: ssrn@regione.piemonte.it

il sottile **contatto** tra le **ALPI** *e il* **deserto**

Barbara Delmonte

Via Toniolo, 1
20028 S. Vittore Olona (MI)

La capacità dei ghiacciai alpini di preservarne al proprio interno memoria storica di taluni eventi singolari, come le "piogge rosse", costituisce un valido supporto agli studi climatico-ambientali sul delicato sistema alpino

I recenti sviluppi degli studi glaciologici hanno mostrato la grande potenzialità delle carote di ghiaccio quali archivi di storia naturale. Mentre i ghiacciai polari sono registratori di condizioni paleoclimatiche a scala emisferica o persino globale, i ghiacciai alpini possono conservare al proprio interno la memoria storica di condizioni climatiche più recenti e a scala più limitata.

Da qui si evince l'importanza come *markers stratigrafici* di taluni eclatanti eventi come i cosiddetti "eventi sahariani", ovvero deposizioni di polveri nordafricane sulla massa glaciale.

Studi sul contenuto di polveri insolubili contenute in una carota di ghiaccio del Colle del Lys (Monte Rosa, 4250 m s.l.m.) sono stati effettuati presso il DISAT dell'Università di Milano.

A fianco delle analisi di laboratorio è stata svolta un'accurata indagine delle configurazioni meteorologiche favorevoli a questo tipo di trasporto, sulla base di un precedente lavoro svolto a Plateau Rosà negli anni '70 da F.Prodi e G.Fea.

Sostanzialmente due sono le condizioni necessarie alla mobilitazione ed al successivo trasporto delle polveri. La prima è una condizione al suolo, e consiste nell'attraversamento dell'entroterra nordafricano da parte di un fronte freddo, generatore di instabilità; la seconda è una condizione in quota, e consiste nell'instaurazione di un idoneo regime di circolazione atto a convogliare la massa d'aria arricchita di polveri verso l'arco alpino. Configurazioni favorevoli in questo senso sono fondamentalmente tre, la più frequente delle quali consiste nel cosiddetto trasporto diretto ciclonico, più ricorrente nelle stagioni primaverili ed autunnali.

Furono di questo tipo, ad esempio, eventi sahariani eclatanti come il famoso evento del Maggio 1977 o i più recenti della primavera del 1987 e del Marzo 1991.



I ghiacciai alpini sono importanti registri delle condizioni ambientali di un dato periodo storico, ed hanno la capacità di conservare al proprio interno tali informazioni in ordinata sequenza temporale; essi costituiscono quindi dei veri e propri *archivi di Storia Naturale* (Orombelli, 1996).

Da qui il recente sviluppo della Glaciologia, in particolare delle analisi di Carote di Ghiaccio come strumento di indagine finalizzato a ricostruzioni paleoclimatiche su scala temporale più o meno ampia.

L'importanza dei ghiacciai polari negli studi rivolti alle variazioni climatiche a scala globale non adombra minimamente quella dei ghiacciai alpini come indicatori di condizioni ambientali a scala locale. La singolare collocazione geografica di questi ultimi li rende fedeli indicatori delle condizioni climatico-ambientali delle regioni industrializzate e fortemente antropizzate dell'Europa centro-meridionale, cui si aggiunge tuttavia l'influenza delle regioni Nordafricane; il Bacino del Mediterraneo, infatti, è teatro d'incontro di masse d'aria di differente tipologia (Wagenbach et al., 1993).

Da qui il sottile legame tra le Alpi e il deserto, ambienti così diversi eppure in così stretta sinergia, che si manifesta talvolta palesemente attraverso episodi come gli eventi di "pioggia rossa", ovvero fenomeni di trasporto di polveri sahariane verso l'Europa.

Allorché queste raggiungono l'arco alpino, che costituisce un importante ostacolo al tragitto, può verificarsi una loro deposizione sulla superficie dei ghiacciai. I costanti apporti di strati di neve fresca e il progressivo seppellimento di quelli sottostanti permettono poi la conservazione della memoria dell'evento all'interno della massa glaciale.

Schema di situazione tipica a 500mb favorevole al trasporto diretto di polvere del Sahara

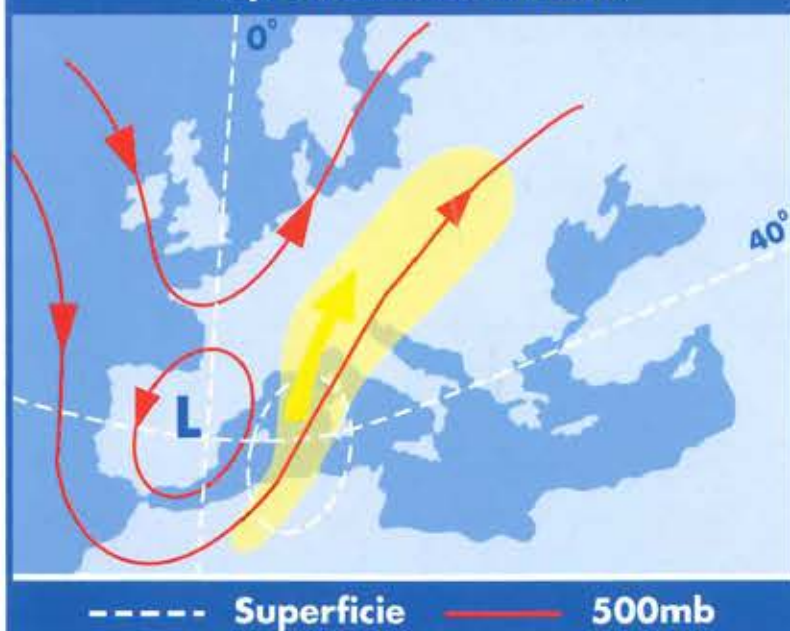
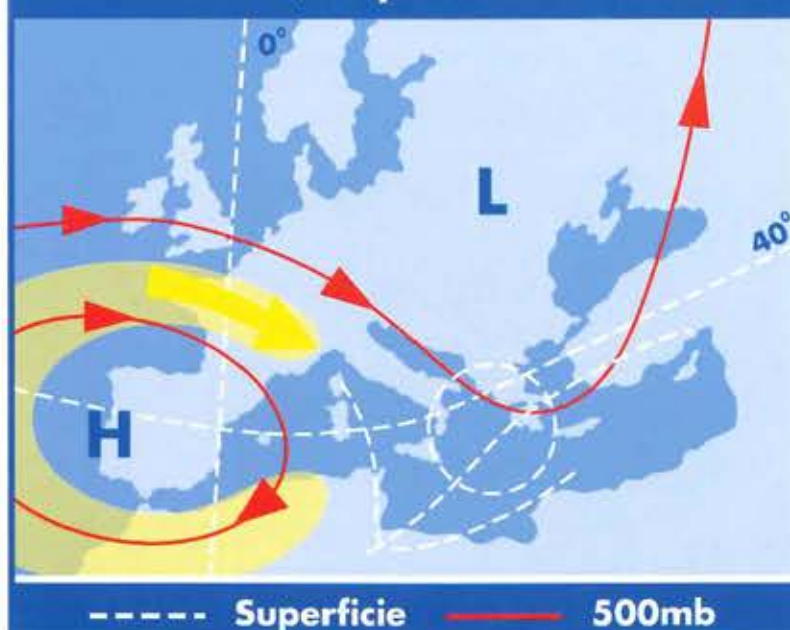


Fig. 1

Fig. 2

Schema di situazione tipica a 500mb favorevole al trasporto, in senso anticiclonico, di polvere del Sahara



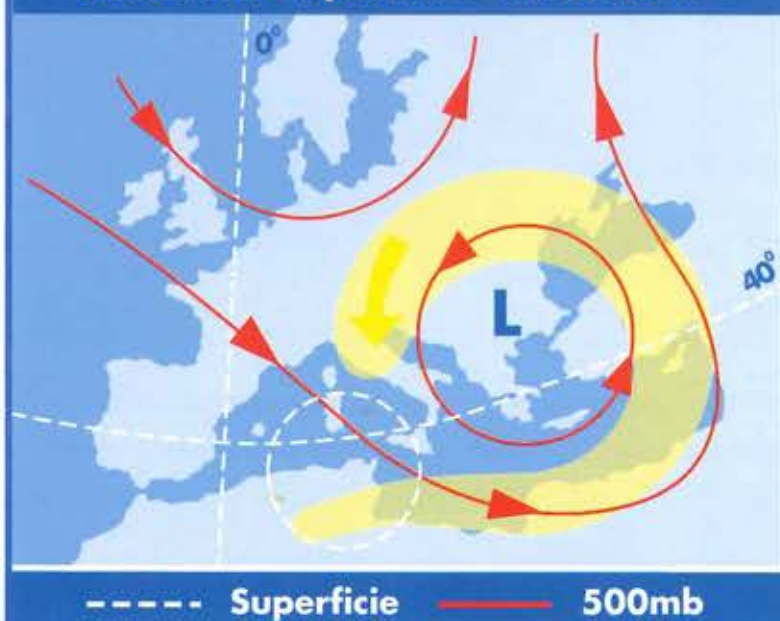
Perché si preservi la sequenza storica degli accumuli, evitando "rimiscolamenti" di informazioni, è necessaria comunque una fondamentale condizione: la temperatura del ghiaccio, infatti, deve mantenersi sempre al di sotto del punto di fusione. Ciò consente la trasformazione ad opera di processi fisici della neve fresca in ghiaccio di ghiacciaio, notevol-

mente più denso, evitando la formazione di acqua di fusione superficiale e la sua percolazione negli strati inferiori.

Effettuando carotaggi in punti strategici di un ghiacciaio, laddove esistono condizioni di sforzo compressivo quasi esclusivamente verticale, è possibile quindi ottenere cilindri di ghiaccio, detti carote (foto a lato), che



Schema di situazione tipica a 500mb favorevole al trasporto, in senso ciclonico, di polvere del Sahara



3

conservano memoria di condizioni atmosferico-ambientali tanto più remote quanto più si scende in profondità nel campionamento. Eventi singolari come le *piogge rosse* costituiscono quindi importanti *markers* stratigrafici nelle ricostruzioni temporali degli eventi.

GLI "EVENTI SAHARIANI"

Mentre in epoche passate questi strani fenomeni venivano interpretati come punizioni divine per i mali dell'umanità o veniva loro attribuita una imprecisata origine cosmica (A. Bucher, 1983), a partire dalla fine del secolo scorso si tentò di dare una prima sommaria spiegazione scientifica del fenomeno: fu nel 1870 che il professor H. Tarry avanzò l'ipotesi di un possibile legame tra le piogge rosse e la penetrazione di depressioni atlantiche nell'entroterra nordafricano, sul quale la massa d'aria si carica di pulviscolo, seguito dalla risalita di questa verso Nord, sul Mar Mediterraneo e sull'Europa meridionale.

Già all'inizio di questo secolo, alcuni eventi eclatanti coinvolsero numerose regioni centro europee



arrivando ad influenzare addirittura paesi ubicati alle latitudini scandinave (Marzo 1901, Febbraio 1903). Essi attirarono l'attenzione di numerosi studiosi e curiosi: tuttavia, la svolta decisiva nell'interpretazione scientifica di tali fenomeni risale agli anni '70, allorché F. Prodi e G. Fea, a seguito di campionamenti di aerosol presso la stazione alpina di Plan Rosà per la durata di un decennio, individuarono le condizioni meteorologiche responsabili del verificarsi di tali fenomeni e le relative configurazioni bariche ad esse associate.

Una prima condizione, indispen-

sabile ma non sufficiente, consiste nell'attraversamento dell'entroterra nordafricano da parte di un fronte freddo diretto verso est, il quale è in grado di generare condizioni di instabilità responsabili del sollevamento delle polveri; a questa prima fase però deve seguirne una seconda, costituita dall'instaurazione di un regime di circolazione in quota che consenta alle sabbie desertiche di raggiungere le Alpi.

Le configurazioni bariche in quota favorevoli al fenomeno sono principalmente tre (Prodi e Fea, 1978).

La più ricorrente è quella che genera i cosiddetti *trasporti di tipo ciclonico diretto* (fig. 1), costituita dall'instaurazione di un'area depressionaria sulla regione

Iberica in grado di penetrare profondamente sulle regioni nordafricane; le sabbie da qui sollevate sono poi condotte verso Nord grazie a questa saccatura, sino al raggiungimento dell'arco alpino e talvolta, come nel caso del recente evento del Marzo 1991, persino regioni nord europee come la Svezia (Franzén et al., 1994).

Trasporti di polveri desertiche verso l'Europa centrale possono verificarsi comunque anche in presenza di altre situazioni bariche: la presenza di un anticiclone sul Nord Africa occidentale in grado di condurre le masse

d'aria pulvirulente verso l'Oceano Atlantico, poi verso Nord deviandole infine verso est sino alle Alpi, può generare ad esempio uno di quegli eventi che i meteorologi definiscono *trasporti indiretti anticiclonici* (fig. 2). Fu di questo tipo l'evento del mese di Marzo del 1990, rilevato in Svizzera presso lo Jungfraujoch (Schwikowski et al., 1995). Sono possibili infine, sebbene piuttosto rari, taluni casi di trasporti di polveri dai deserti medio-orientali alle Alpi (raggiunte in questo caso da oriente) sotto l'azione di un'area depressionaria instauratasi sui Balcani (Fig. 3).

STUDI DI EVENTI SAHARIANI SU CAROTE DI GHIACCIO

Nel mese di giugno del 1996 è stato eseguito il primo carotaggio alla sommità del bacino collettore del Ghiacciaio del Lys, sul versante italiano del Monte Rosa (4241 m.s.l.m.); il Colle del Lys è ubicato in prossimità di un contesto di antico ed intenso popolamento, in quanto si espone su valli alpine come la Valle di Gressoney e la Valle Anzasca che ricevono apporti dalla vicina pianura Padana.

Precedenti carotaggi sul Monte Rosa erano stati eseguiti presso il Colle Gnifetti (4450 m s.l.m.), area di sella situata sulla parte sommitale del Grenzgletscher, sul confine italo-svizzero.

Mentre però una delle caratteristiche principali del Colle del Lys è quella di avere un elevato accumulo medio annuo di neve, che rende le carote d' ghiaccio ivi prelevate archivi naturali ad elevata risoluzione temporale, al Colle Gnifetti, l'erosione eolica ha un ruolo determinante (Wagenbach, 1989): qui tuttavia, il relativamente basso accumulo annuo (0.2 - 0.4 metri di equivalente in acqua), le basse temperature all'interno della massa glaciale e l'elevato

Distribuzione dei campioni ad alta concentrazione

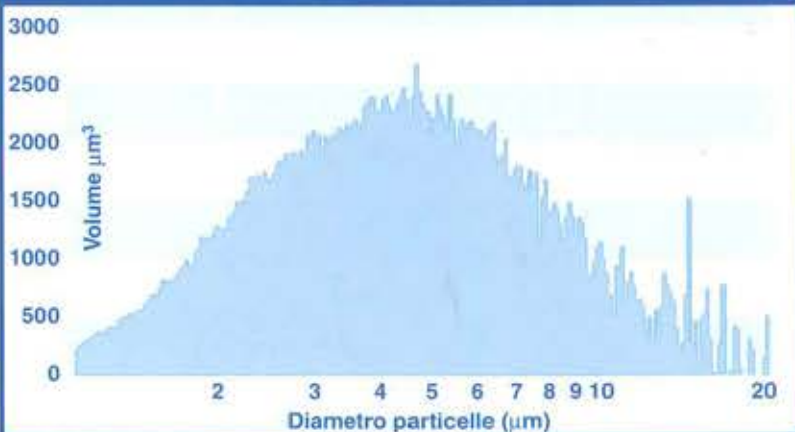
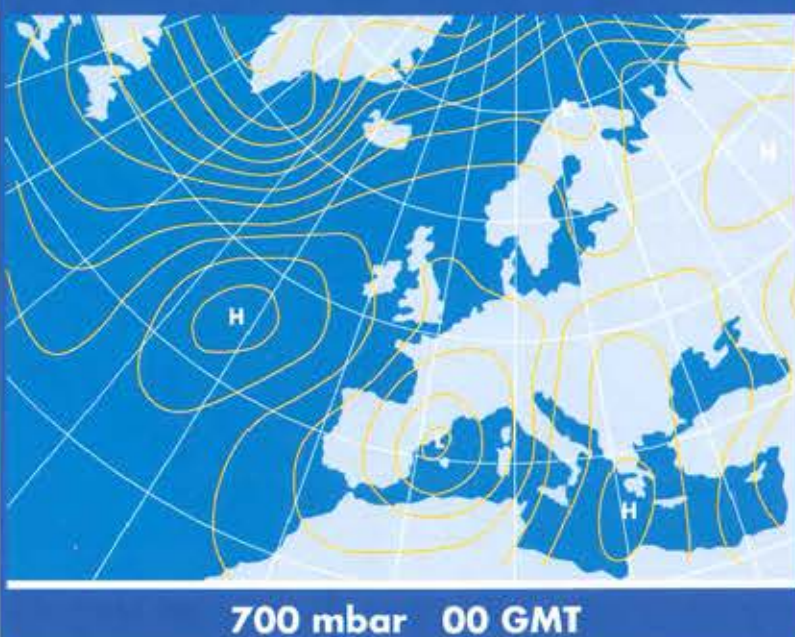


Fig. 4

Fig. 5

TRASPORTO CICLONICO DIRETTO Evento Sahariano del 20 maggio 1977



spessore (130 metri) creano condizioni idonee alla conservazione di records glaciologici di più lungo periodo.

Per la perforazione al Colle del Lys è stata utilizzata una sonda elettromeccanica a filo già impiegata nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA). Essa permette di recuperare carote di ghiaccio del diametro di 10 cm e di lunghezza variabile tra 50 e 90 cm, nonché gli scarti (*chips*) di perforazione.

La presenza di clasti di roccia di alcuni mm di diametro negli spezzoni prelevati tra 77 ed 80 metri di profondità ha fatto supporre il raggiungimento del

ghiaccio basale, portando all'arresto della perforazione. Peraltro, indagini geofisiche di radio-echo sounding sul Ghiacciaio del Lys confermano questo spessore del ghiaccio nell'area del carotaggio. Purtroppo le tensioni cui il ghiaccio è sottoposto nella sua porzione più profonda hanno fatto sì che solo per i primi 55 metri circa di profondità dalla superficie il recupero del ghiaccio fosse del 100%.

Sulla carota di ghiaccio del Colle del Lys sono tuttora in atto numerosi studi, eseguiti nell'ambito del progetto europeo "ALPCLIM" (ENVIRONMENTAL AND CLIMATE RECORDS FROM





HIGH ELEVATION ALPINE GLACIERS

In particolare, studi relativi agli "eventi sahariani" registrati nel ghiaccio sono stati condotti presso il Dipartimento di Scienze dell'ambiente e del territorio (DISAT) dell'Università di Milano. I risultati delle analisi granulometriche del particolato atmosferico insolubile contenuto hanno consentito l'identificazione di numerosi accumuli imputabili a questo tipo di fenomeni, taluni di portata eccezionale e ben visibili anche ad occhio nudo nel ghiaccio (che assumeva una caratteristica colorazione bruno-giallognola) altri identificati solo in seguito alle analisi di laboratorio e confermati dalle relative indagini meteorologiche.

Queste analisi sono state effettuate in un'apposita *clean room* (classe 10000) a mezzo di un contatore di particelle COULTER MULTISIZER IIe (Fig 4), che consente di determinare, sulla base di impulsi elettrici, il numero, il volume nonché l'area superficiale delle microparticelle insolubili (aventi diametro compreso tra circa 1 e 60 millesimi di millimetro) sospese in una soluzione costituita dal campione di ghiaccio portato a temperatura di fusione.

Tra gli eventi sahariani rilevati in questa carota di ghiaccio, analizzata per una lunghezza di 53 metri reali (corrispondenti a circa 37

metri di equivalente in acqua) e la cui età nella sua parte inferiore è ragionevolmente attribuibile all'inizio degli anni '70, il più intenso risulta senza dubbio quello del mese di Maggio del 1977 (Fig 5), che ha dato origine a più di 10 cm di ghiaccio di color giallo-bruno. L'eccezionale portata di tale evento, che fu di tipo "diretto", nonché la sua durata relativamente lunga (più di quattro giorni) lo ha impresso fortemente nella memoria di numerose popolazioni italiane e centro europee, e ha suscitato nuovo interesse scientifico per questo tipo di fenomeni.

Anche trasporti di polveri come quello osservato su gran parte del Nord Italia nel 1987, nonché quello già citato del 1991 sono stati chiaramente individuati; peraltro, i trasporti di polveri grossolane sulle Alpi sembrano essere più ricorrenti di quanto si possa immaginare, in particolare nelle stagioni primaverili ed autunnali, allorché il Bacino del Mediterraneo risulta investito da quelle perturbazioni di origine atlantica cui prima s'è accennato. La probabile provenienza nordafricana delle polveri analizzate pare essere confermata, oltre che dalla loro caratteristica distribuzione dimensionale, che evidenzia il carattere più grossolano di queste polveri, anche dal maggior contenuto in Calcio, dalla forte conducibilità elettrica

degli accumuli, nonché dal più elevato pH degli stessi, tutte caratteristiche "tipiche" delle deposizioni sahariane (Wagenbach, 1993).

Inoltre, come già detto, l'elevato accumulo annuo di neve al Colle del Lys consente di preservare nel ghiaccio informazioni ad elevata risoluzione temporale: è possibile cioè vedere l'alternanza stagionale dei vari depositi, e ricostruire molto dettagliatamente la storia climatico-ambientale al sito. Questi studi sono tuttora in corso; per il momento quindi non rimane che sottolineare ancora una volta la grande importanza delle masse glaciali come fedeli registratori di condizioni ambientali e l'importanza dello sviluppo delle Scienze Glaciologiche per l'apertura di nuovi orizzonti verso la comprensione del complesso sistema climatico-ambientale, delle sue dinamiche e della sua evoluzione.

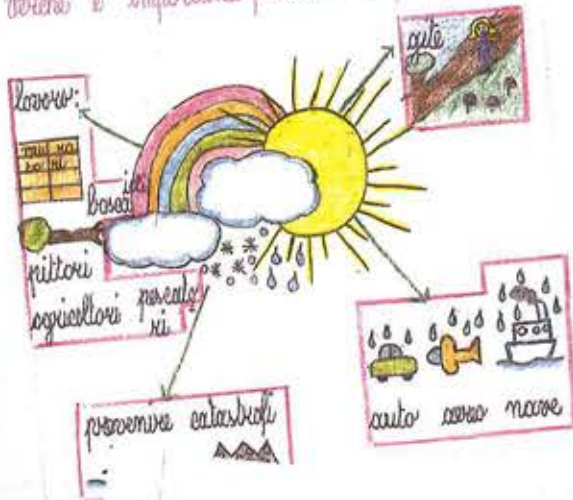


Bibliografia

- BUCHER, A., J. DUBIEF, et al. (1983). "Retombées estivales de poussières sahariennes sur l'Europe." *Revue de Géologie dynamique et de ABSTRACT Géographie Physique* 24, fasc. 2: 153-165.
- FRANZEN, L. G. J. MATTSON, et al. (1994). "Yellow snow over the Alps and Subarctic from dust storm in Africa, March 1991." *Ambio* 23, N.3 (May 1994): 233-235.
- OROMBELLI, G. (1996). "Climatic Records in Ice Cores." *Terra Antarctica* 3: 63-75.
- PRODI, F. AND G. FEA (1978). Transport and deposition of Saharan dust over Alps. *Internationale Tagung fuer Alpine Meteorologie*, Grindelwald, Institut Suisse de Meteorologie.
- SCHWIKOWSKI, M., P. SEIBERT, et al. (1996). "A study of an outstanding Saharan dust event at the high-alpine site Jungfraujoch, Switzerland." *Atmospheric Environment* 29, N.15: 1829-1842.
- WAGENBACH, D. (1989). *Environmental records in alpine glaciers. The environmental Record in Glaciers and Ice Sheets*. Berlin, Wiley-Interscience Publications.
- WAGENBACH, D. e K. GEIS (1993). The mineral dust record in a high altitude alpine glacier (Colle Onfetti, Swiss Alps). 1893-1993 - Cento anni della Capanna Osservatorio Regina Margherita. C. S. C. e. C. C. Medica, Club Alpino Italiano: 309-324.

Abbiamo capito che il tempo dei ghiacciai dipende dal modificarsi nel tempo dei fattori climatici.

Perché è importante prevedere il tempo?



Dati meteorologici settimanali.

GIORNI	MARTE	MERCOLEDÌ	GIOVEDÌ	VENERDÌ	SABATO	DOMENICA	LUNEDÌ
TEMPERATURA (max/min)	10,2°C	8,4°C	4,8°C	8,1°C	5,8°C	8,1°C	5,8°C
PRECIPITAZIONE (mm)	10,6	10,4	10,1	10,1	10,2	10,1	10,1
UMIDITÀ (%)	20	15	40	20	23	24	58
VENTO (km/h)	18	25	14	0	16	6	0
CIELO	QUASI SERENO	SERENO	QUASI SERENO	QUASI SERENO	SERENO	SERENO	NUVOLOSO
PRECIPITAZIONE (mm)	/	/	/	/	/	/	0,2

Considerazione:

abbiamo registrato i dati relativi alla settimana dal 16 marzo al 23 marzo riguardanti i vari fattori studiati che determinano il tempo.

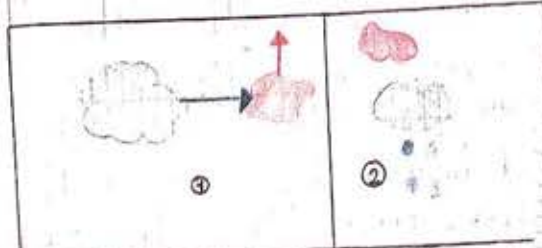
ISOBARE — linee che uniscono tutti i punti in cui la pressione è la stessa.

A — alta pressione

B — bassa pressione

FRONTE FREDDO

aria fredda che si muove verso una regione di aria calda e la fa scivolare verso l'alto, causando la pioggia.



FRONTE CALDO

massa di aria calda che si dirige verso una regione di aria fredda.

ISOBARE — linee che uniscono tutti i punti in cui la pressione è la stessa.

A — alta pressione

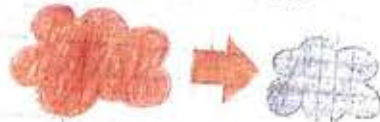
B — bassa pressione

FRONTE FREDDO

aria fredda che si muove verso una regione di aria calda e la fa scivolare verso l'alto, causando la pioggia.



FRONTE CALDO — massa di aria calda che si dirige verso una regione di aria fredda.



Elementi di Meteorologia a scuola

CONOSCERE E IMPARARE A MISURARE I PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI.

Nell'ambito delle attività didattiche di studio dell'ambiente e delle variazioni nel tempo, ci si è accorti che esiste uno stretto legame tra esso e l'evoluzione meteorologica negli anni. Questo è stato l'approccio che ha portato gli alunni delle classi terze e quarte della scuola elementare "Massimo Longa", del Circolo Didattico di Bormio, a voler approfondire la conoscenza dei principali elementi che caratterizzano il tempo: pressione, temperatura, umidità, vento...e, per l'occasione, a visitare il Centro Nivometeorologico della Regione Lombardia. In queste due pagine vengono presentati alcuni fra i tanti lavori prodotti durante l'anno scolastico 1998-99.





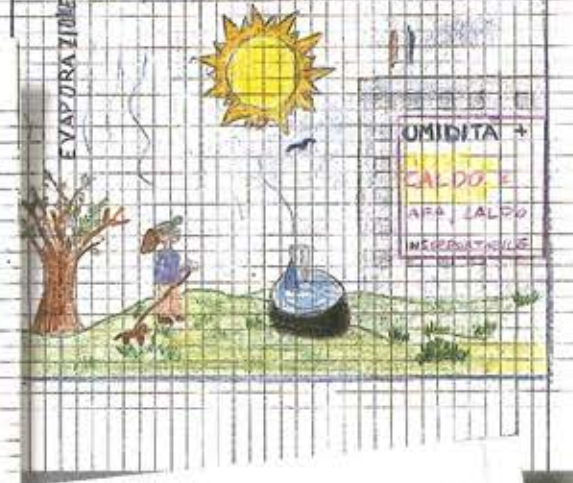
percentuale di umidità più
registrata questa mattina, que
corso.
sempre umidità nell'aria se
di bello e caldo tempo,
to di freddo.

Ripostiamo nel grafico i dati riguardanti
l'umidità nell'aria da martedì a
martedì e febbraio raccolti da Michela e
Giovanni in via Roma.
Tabella riferita alla percentuale di
umidità dal 2-2 al 9-2 alle ore 8.

UMIDITA'	
GIOVEDI	
MARTEDI	30 %
	20 %

UMIDITA'

L'umidità dell'aria è costituita dal
vapore acqueo proveniente dall'evapora-
zione dell'acqua e si trova negli
strati più bassi dell'atmosfera. L'umidi-
tà è in stretto rapporto con la
temperatura: più l'aria è calda, più
umidità può contenere.



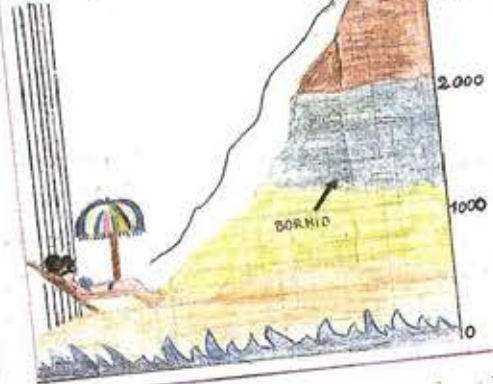
BRK
fido diventaro
neve
c
di
a terra
redda



Le incontrano aria
fredda
ANCORA PIU' FORTE...
fino a 100 Km all'ora
VENTO + NEVE



La pressione atmosferica



L'aria con il suo peso esercita una pressione sui corpi: è mag-
giore al mare e minore in montagna perché ad alta quota è me-
no lo spessore di aria.
Per questo motivo gli aerei che volano oltre i 4000 metri han-
no la cabina pressurizzata in modo che la pressione interna
rimanga costante.

Riunione del gruppo di lavoro dei servizi di previsione valanghe europee

Nei giorni 2-3 giugno 1999 si è tenuto a Chamonix (F) l'ottavo incontro dei Servizi di previsione valanghe europei. L'incontro, che faceva seguito a quelli di Monaco (1983), Davos (1985), Grenoble (1986), Bolzano (1991), Wilbad Kreuth (1993), Davos (1995) e St. Anton (1997) è ormai diventato un tradizionale momento di confronto e di verifica fra i tecnici che nei Paesi europei si occupano in modo operativo della previsione valanghe. Nel corso della sua ormai quasi ventennale storia il Gruppo ha raggiunto, specie nel settore della standardizzazione delle procedure, importanti risultati tra cui spicca la stesura e la successiva adozione della scala europea del pericolo di valanghe (Wilbad Kreuth, 1993) che rappresenta oggi la base imprescindibile nella stesura dei bollettini valanghe. All'incontro erano presenti i rappresentanti di Austria, Francia, Germania, Italia, Norvegia, Polonia, Scozia, Slovacchia, Spagna, Slovenia e Svizzera. Nel corso della prima giornata le tematiche trattate sono state le seguenti:

1. Scala di pericolo e bollettini valanghe
2. Misure nivometeorologiche (progetto di scambio dati e armonizzazione dei protocolli di misura)
3. Progetto di sito Internet europeo

Per quanto concerne il primo punto è stato riscontrato che, mentre l'utilizzo della scala europea è divenuto ormai una routine consolidata, rimangono ancora alcune questioni irrisolte riguardo l'associazione delle diverse situazioni valanghive ai vari gradi di pericolo, con conseguenti ripercussioni sull'armonizzazione dei bollettini. È stata comunque riconosciuta l'opportunità di non apportare, nel breve periodo, modifiche alla versione ufficiale della scala (grado di pericolo, stabilità del manto nevoso, probabilità di distacco) ed è stato nominato un apposito gruppo ristretto, coordinato dalla Svizzera e a cui partecipa anche l'Italia, con il mandato di provvedere, entro l'autunno 1999, alla miglior definizione di alcuni concetti (numero di valanghe, dimensioni delle valanghe, stabilità, sovraccarico). Un utilizzo sperimentale dei nuovi concetti nel corso della stagione invernale 1999-2000 potrà chiarire l'opportunità di modificare in fu-

turo alcune definizioni ufficiali della scala. Riguardo alle misure nivometeorologiche, pur essendo riconosciuta l'utilità di uno scambio dati, specie a livello bilaterale fra zone confinanti, l'ipotesi di armonizzazione dei protocolli di misura appare ancora irrealizzabile a breve termine, causa l'impossibilità pratica di alcuni paesi di apportare modifiche sostanziali ai sistemi adottati (ad esempio la Francia è inserita nel sistema di raccolta dati gestito da MeteoFrance). Un importante punto di partenza potrebbe essere costituito dall'unificazione del sistema di codifica delle "valanghe osservate". Una proposta interessante, che può costituire un buon punto di partenza per il futuro, è quella di inserire le misure nivometeorologiche nella rete di raccolta dati dell'OMM.

Il progetto di realizzazione di un sito Internet europeo con indicati i gradi di pericolo nelle varie regioni ha sollevato parecchie perplessità sia di tipo tecnico (tempestività e omogeneità nell'aggiornamento delle informazioni) sia di tipo concettuale (la gestione del sito da parte di uno sponsor è apparsa troppo vincolante). Si è deciso pertanto di verificare la possibilità di realizzare, in modo autonomo e senza il supporto di uno sponsor, un sito unico contenente solo i link verso i vari bollettini regionali o nazionali.

La seconda giornata dell'incontro, aperta anche a specialisti esterni interessati alle problematiche, è stata dedicata alla presentazione, da parte dei vari paesi, dei sistemi di diffusione delle informazioni sul pericolo di valanghe e delle situazioni valanghive più significative che hanno caratterizzato il mese di febbraio 1999.

Il prossimo incontro del Gruppo di lavoro sarà organizzato dall'AINEVA e si terrà in Italia, in località da definirsi, nella primavera del 2001.

Anselmo Cagnati



Presentazione del sistema di sondaggio automatico dell'atmosfera della Regione Piemonte.

Si terrà il 6 ottobre 1999 presso l'Aeroporto di Levaldigi (CN) la presentazione del sistema di sondaggio automatico dell'atmosfera di proprietà della Regione Piemonte. Infatti la Regione, tramite la Direzione Regionale Servizi Tecnici di Prevenzione, ha avviato un programma di

potenziamento delle proprie strutture nel campo della meteorologia operativa, in sintonia con gli altri organi competenti ed alla luce del nuovo assetto del Servizio Meteorologico Nazionale Distribuito (Decreto Legislativo 112 del 31/3/98) in cui assume il ruolo di coordinamento e gestione a livello regionale.

Si colloca in tale ambito l'attivazione di una stazione per l'esecuzione di sondaggi termodinamici dell'atmosfera presso l'Aeroporto Cuneo Levaldigi, il cui obiettivo è duplice: migliorare le previsioni meteorologiche nell'area piemontese, finalizzate alla previsione del rischio idrogeologico, e completare il sistema



GTS (Global Telecommunication System) dell'OMM (Organizzazione Meteorologica Mondiale) nell'area alpina mediterranea occidentale.

Il sito individuato ha infatti un'importante valenza meteorologica nell'attuale rete di osservazioni in quota dell'Italia settentrionale (Milano, Linate, Udine e Bologna) e garantisce una copertura dell'estremità della Valle Padana sino ai confini della catena alpina; la Società Aeroporto Cuneo Levaldigi S.p.A., all'interno del proprio programma di miglioramento delle dotazioni informative finalizzate alla sicurezza e funzionalità dello scalo, ha accolto favorevolmente la richiesta della Regione per l'installazione e gestione operativa presso la propria infrastruttura del sistema di radiosondaggio.

L'apparecchiatura, le cui caratteristiche tecniche e funzionali saranno illustrate nel corso dell'incontro, durante il quale si assisterà ad una prova di lancio, è stata fornita tramite appalto concorso internazionale della ditta VAISALA, leader mondiale nei sistemi di monitoraggio atmosferico.

Stefano Bovo

Pubblicato dalla Regione Piemonte il volume "Serie climatiche ultracentenarie"

La proficua collaborazione scientifica che si è da tempo instaurata tra il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino e la Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione della Regione Piemonte e che ha per obiettivo la realizzazione di una collana di pubblicazioni di argomento climatologico corredate di cd-rom multimediali per la presentazione dei dati, si è ulteriormente concretizzata con l'uscita del 3° volume dal titolo *Serie climatiche ultracentenarie* (ottobre 1999).

Il lavoro è stato curato dal Professor Gian Camillo Cortemiglia che con una paziente ricerca ha provveduto al recupero, alla digitalizzazione e all'elaborazione statistica dei dati giornalieri di 25 serie storiche pluviometriche e di 6 serie storiche termometriche piemontesi. Il volume è corredato di un cd-rom multimediale contenente, oltre all'ipertesto, una banca dati con i valori mensili di pioggia e temperatura. Il progetto ha consentito di ricostruire un patrimonio scientifico di notevole interesse - dati giornalieri dal 1800 e, nel caso di Torino, dal 1700 - facilmente consultabili ed utilizzabili da tutti gli operatori del settore grazie all'allegato multimediale. Specifiche elaborazioni hanno consentito di valutare la variazione dei parametri climatici nel tempo, tema di particolare attualità in relazione al prospettato riscaldamento del globo e ad una diminuzione delle precipitazioni. L'analisi delle serie storiche pluviometriche piemontesi indica una tendenza generale delle precipitazioni annue alla diminuzione, stimata mediamente, a seconda delle stazioni, da un minimo di 0,12 mm/anno (Mondovì) ad un massimo di 2,59 mm/anno (Chivasso). Per quanto riguarda le temperature, le misurazioni relative ai sei Osservatori (Alessandria, Bra, Fossano, Moncalieri, Torino, Tortona) distribuiti nell'area di pianura piemontese, evidenziano la presenza di un trend positivo nell'andamento dei valori medi annui, la cui entità può valutarsi con un aumento di 0,8°C al secolo. Il volume, assieme ai due precedentemente pubblicati "Distribuzione regionale di piogge e temperature" e "Precipitazioni nevose sulle Alpi Piemontesi", è in distribuzione presso gli uffici della Regione Piemonte. Eventuali richieste dei volumi e dei cd-rom allegati vanno indirizzate al Settore Meteoidrografico e Reti

di Monitoraggio, C.so Unione Sovietica, 216 - 10134 Torino tel.: 011/31.68.203; fax: 011/31.68.432.

La copertina ed il sommario del nuovo volume "Serie climatiche ultracentenarie" sono riportati su Internet (<http://www.aineva.it>) nella rubrica Notizie Aineva.

Elena Turrone e Barbara Cagnazzi

Un nuovo archivio di dati sull'Antartide

Si chiama "ARCHIVIO DI FIRME SPETTRALI DI SUPERFICI NIVOGLACIALI PER IL MONITORAGGIO DI AMBIENTI GLACIALI CON DATI TELERILEVATI" ed è un nuovo archivio, unico nel suo genere a livello mondiale, di dati radiometrici della neve e del ghiaccio rilevati sia sulle Alpi che ai due Poli. Oltre a questi dati si possono trovare interessanti informazioni su analisi stratigrafiche effettuate nelle Terra Victoria Settentrionale, sugli strumenti radiometrici e nivologici utilizzati nelle campagne di misura e sulle metodologie di lavoro, oltre ad un'ampia bibliografia (una parte on-line) sul tema della radiometria correlata alla neve o al ghiaccio. Al fine di studiare la relazione tra la risposta spettrale delle superfici e la loro caratterizzazione nivologica, nell'ambito delle attività del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) e in particolare del progetto Telerilevamento, è stato creato un archivio di misure spettro-radiometriche e nivologiche basato sulle misure rilevate nelle campagne di misura condotte in Antartide da Anselmo Cagnati (1994), Mauro Valt Mauro (1996 e 1998) del Centro Valanghe di Arabba (ARPAV) e da Rosamaria Salvatori (1998) dell'Istituto Inquinamento Atmosferico del CNR di Roma nonché sull'analisi delle immagini telerilevate (Ruggero Casacchia ed altri, 1998-1999, Istituto Inquinamento Atmosferico -CNR Roma). Le misure in Antartide sono state effettuate durante le spedizioni scientifiche nell'ambito del PNRA nella Terra Victoria Settentrionale dove è operativa la base Italiana di Terra Nova Bay.

L'archivio, consultabile al sito internet <http://www.gioconda.polar.rm.cnr.it/sispec.php> è strutturato in modo da correlare direttamente le proprietà nivologiche della superficie investigata (neve o ghiaccio) con le sue caratteristiche spettrali. I dati contenuti nell'archivio sono tutti dati acquisiti al terreno, pertanto, per ogni sito di misura, sono riportati oltre ai dati radiometrici, anche dati geografici, meteorologici e nivologici.

In particolare per ogni sito di misura sono disponibili:

- misure di riflettanza assoluta nell'intervallo 350-2500 nm
- dati nivologici comprendenti temperatura, densità e contenuto in acqua della neve, dimensione e geometria dei grani, morfologia dello strato superficiale e profilo del manto nevoso
- informazioni geografiche e meteorologiche rilevate nei siti di misura.

L'archivio è inoltre arricchito dei dati acquisiti in Artico nel 1998 da A.Cagnati e R.Casacchia presso la base scientifica di Ny-Ålesund nelle Isole Svalbard e in Italia nelle Alpi Bellunesi.

Mauro Valt

ASS

AVALANCHE-SAFETY-SYSTEM



F1 focus

Arva con indicatore ottico di ricerca a 3 spie.

Arva con menu di controllo digitale delle funzioni. La nuova generazione degli arva.



STRATUS 32

Zaino da alpinismo a doppio comparto per stivaggio ASS
32 lt - gr. 1.200



PALA DA NEVE

Con manico telescopico
versione Teleskop
(gr. 500) e versione
Professional (gr. 600)



SONDE

In lunghezza cm 240 o 320. In versione leggera o rinforzata con cavo di collegamento rinforzato e punta conica



KIT PRONTO SOCCORSO

Kit di materiale per il primo soccorso. In versione da gruppo o individuale.

ORTOVOX



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>