

NEVE E VALANGHE IN SPAGNA

LA COLORAZIONE DEL MANTO NEVOSO AD OPERA DI ALGHE

NEVE E CONTAMINA-ZIONE AMBIENTALE

PRECIPITAZIONI
NEVOSE IN
SARDEGNA:
ASPETTI
IDROLOGICI

GLI ADATTAMENTI FISIOLOGICI ALLA QUOTA

TEMPESTA DI FÖHN IN ALTO ADIGE



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

REGIONE PIEMONTE
(Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione)
Settore Meteoidrografico e Reti di
Monitoraggio
C/o CSI-Piemonte
Cso Unione Sovietica, 216 - 10134 Torino
Tel. 011/3168203 - Fax 3181709
E-mail: meteoidro@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 Territorio, Ambiente e Opere
Pubbliche - Ufficio Valanghe.
Loc.Amerique 127/a - 11020 Quart - AO
Tel. 0165/776301 Fax 0165/776302
(Ballettino Nivometeorologico
0165/776300
Email: u-valanghe@regione.vda.it

REGIONE LOMBARDIA
Centro Nivometeorologico
Via Milano 18 - 23032 Bormio (So)
Tel. 0342/905030 - Fax 0342/905133
(Bollettino Nivometeorologico - 5 linee - NUMERO VERDE 1478/37077
Fax in poling 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 800.850077 Bollettino Meteo 0461/238939 Self-fax 0461/237089 http://www.provincia.tn.it/meteo e-mail; meteotrentino@provincia.tn.it)

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione Valanghe e Servizio Meteorologico Via Mendolo 33 - 39100 Bolzano Tel. 0471/414740 - Fax 0471/414779 Hydro@provincia.bz.it (Bollettino Nivometeorologico Tel. 0471/270555 Tel. 0471/271177 anche self fax http://www.provincia.bz.it/meteo)

REGIONE 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 pallig 0436/790009
http://www.arpa/csvdi.it
e-mail: csvdi@sunrise.it

REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA
Ufficio Valanghe
C/o Direzione Regionale delle Foreste
Via Cotonificio - 33100 Udine
Tel. 0432/555870-1-2
Fax 0432/5558757
(Bollettino Nivometeoralogico
NUMERO VERDE 800.860377)
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: gineva@aineva.it

Periodico associato all'USPI Unione Stampa Periodica Italiana Numero telefonico per l'ascolto di tutti i Bollettini Nivometeorologici degli Uffici Valanghe AINEVA Tel. 0461/230030

### Gli utenti di "NEVE E VALANGHE":

- ·Sindaci dei Comuni Montani
- · Comunità Montane
- · Commissioni Locali Valanghe
- ·Prefetture montane
- Amministrazioni Province Montane
- Genii Civili
- Servizi Provinciali Agricoltura e Foreste
- Assessorati Reg./Provinciali Turismo
- APT delle località montane
- Sedi Regionali U.S.T.I.F.
- Sedi Provinciali A.N.A.S.
- · Ministero della Protezione Civile
- ·Direzioni dei Parchi Nazionali
- Stazioni Sciistiche
- ·Scuole di Sci
- · Club Alpino Italiano
- ·Scuole di 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 specializ zati
- Aziende addette a: produzione della neve, sicurezza piste e impianti, costruzione attrezzature per il soccorso, operanti nel campo della protezione e prevenzione delle valanghe.



Meteorologia alpina, Glaciologia, Prevenzione e Sicurezza in montagna

Rivista dell'AINEVA - ISSN 1120 - 0642 Aut. Trib. di Rovereto (TN)
Nº 195/94NC
del 28/09/1994
Sped in abb. postale Gr. IV - 50% Abbanamento annuo 2000: L.30.000 da versore sul c/c postale n. 14595383 intestato a: All'NEVA vicolo dell'Adige, 18 - 38 100 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 TECILLA, Vincenzo COCCOLO, Alberto LUCHETTA, Paolo STEFANELLI, Giovanni PERETTI, Michela MUNARI

Segreteria di Redazione:

Vicolo dell'Adige, 18 **38100 TRENTO** Tel. 0461/230305 Fax 0461/232225

Videoimpaginazione e grafica: MOTTARELLA STUDIO GRAFICO

Cosio Valtellino (SO)

impioni:

STUDIO AL di Locatelli - Lecco

MANFRINI Arti Grafiche Calliano (TN)

### Referenze fotografiche:

Foto di copertina: Lodovico Mottavella Fablo Gheser: 52-53 Lodovico Mottarella 1 2 4 5 27 32 44 48 49 51 61 Jeronimo Lopez 7,8 (alto),18 Luis Carcavilla 8,12 Guardia Civil Española: 17 Gualtiero Simonetti: 21,22,23,24 Università di Venezia: 29,30 Stefano Andriasi: 34-35,36,39,41,42 Foto MP/Ortanda: 45

Foto Mauro Casalini: 50 Markus Bauchauer: 56 Archivio Morena Paiori: 46,49 (basso) Mario Mevio: 49 (basao str.)

### Hanno collaborato a questo numero:

Elena Barbora, Mauro Valt. Enrico Filaferro, Giosgio Peraldim, Stefania Del Barba, Fabio Gheser. Marco Cordola, Anselmo Cagnati. Morena Paleri, Gambica Tognoni, Lendy Haesebrouch.

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

l dati forniti dagli abbonati e dagli inserzionisti vengono inlizzari esclusivamente per l'invio della presente pubblicazione (L.31.12.96 n.675 e auc cossive integrazioni).

### Sommario

aprile 2000 numero 39

**NEVE E** VALANGHE IN SPAGNA

J.López, L.Carcavilla, E.Chicharro, E.F.Escalante





di G.Cozzi, C.Barbante, P.Gabrielli, S. Torcini e P. Cescon



ADATTAMENTI FISIOLOGICI **ALLA OUOTA** 

di G.Rossi e G.Fiorenzano



PRECIPITAZIONI **NEVOSE IN** SARDEGNA

di G.S.Andrissi



di M.Buchauer, A.Toniazzo, C.Zingerle e F.Gheser



3 Natarighe



### EDITORIALE

In numero di Neve e Valanghe, questo, nel quale si prendono in considerazione argomenti molto eterogenei ma tutti interessanti, a cominciare dal l'articolato intervento curato da Jerónimo López sul punto della situazione della problematica Neve e Valanghe in Spagna, che comprende una breve descrizione dei ghiacciai spagnoli, una valutazione sulle principali condizioni meteorologiche che danno luogo a precipitazioni nevose, una sommaria descrizione delle stazioni sciistiche ed un'interessante sintesi sugli incidenti da valanga e sulla prevenzione ed il soccorso in Spagna.

Eterogeneità che conferma l'interesse della nostra rivista ad aprirsi a temi diversi sull'argomento montagna, pur restando nei limiti dati dalla Meteorologia alpina, dalla Glaciologia e dalla Prevenzione e Sicurezza ed ovviamente sempre non dimenticando che l'argomento principale di interesse è dato dalla neve e dalle valanghe.

Il tutto cercando di spaziare geograficamente su zone diverse, non solo dell'Italia come visto.

Così si va dalla descrizione di un interessante evento meteorologico eccezionale in Alto Adige a valutazioni e studi sulle precipitazioni nevose in Sardegna, da ricerche sulla contaminazione ambientale rilevata attraverso il manto nevoso a studi sulla colorazione della neve ad opera di alghe.

Ancora, viene ripreso un argomento già altre volte trattato: quello della medicina in montagna. Questa volta vengono trattati gli adattamenti fisiologici alla quota, ed a parlarcene sono medici del Centro di Medicina dello Sport recentemente intitolato alla memoria del medico Mario Mevio, molto appassionato di montagna che ci ha tragicamente lasciato, un amico ed un collaboratore di Neve e Valanghe.

Gli sforzi per far uscire numeri interessanti e ricchi della eterogeneità sopra riportata sono notevoli, per degli "artigiani" dell'editoria di montagna quali siamo. Un doveroso ringraziamento va dunque a tutti coloro che, con convinzione e disinteresse, operano perché questo organo d'informazione dell'AINEVA raggiunga il suo scopo, e principalmente al Comitato di Redazione ed al suo Coordinatore.

> Il Direttore Responsabile Giovanni Peretti



Jerónimo López, Luis Carcavilla, Eduardo Chicharro (Facoltà di Scienze, Universidad Autónoma de Madrid) e Enrique F. Escalante

(TRAGSATEC Madrid)

### e Salah in Spana

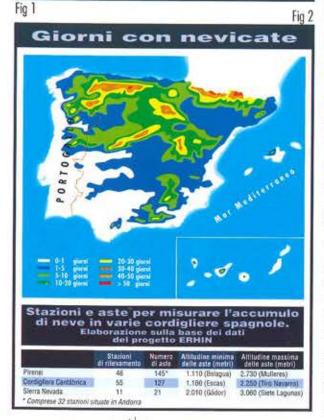
Le valanghe rappresentano da sempre un rischio sulle montagne spagnole. Esse hanno infatti provocato incidenti catastrofici e già dall'inizio del ventesimo secolo si realizzarono opere di difesa in varie zone dei Pirenei. Il rischio legato alle valanghe non è tantomeno da sottovalutare. Negli ultimi 30 anni in Spagna le valanghe hanno causato 105 vittime, oltre a numerosi feriti e notevoli danni economici.

Nel presente articolo si vuole mostrare una panoramica d'insieme sul problema neve e valanghe in Spagna, riferendosi agli aspetti meteorologici, di frequentazione e uso della montagna innevata, prevenzione e soccorso, oltre a considerare lo studio statistico degli incidenti da valanga verificatisi sulle montagne spagnole nel corso degli ultimi 30 anni, tra il 1970 e il 1999.









La neve è presente, nel corso dell'inverno e in parte della primavera, in ampi settori del territorio
montuoso spagnolo. Essa rappresenta una risorsa il cui impiego in
campo sportivo (sci e alpinismo)
ed economico (turismo, idrologia,
ecc.) è notevolmente cresciuto
negli ultimi anni in Spagna. Di
conseguenza le implicazioni ambientali e di disposizione del territorio, così come il numero di

persone e beni materiali esposti ai rischi naturali legati alla neve, sono assai considerevoli. Numerose vie di comunicazione, impianti idroelettrici, centri abitati, stazioni sciistiche, aziende forestali e rifugi sorgono in diverse aree innevate e sono esposti a potenziali rischi naturali, in particolare alle valanghe.

In Spagna vi sono 27 stazioni sciistiche, con un totale di 103.000

camere d'albergo all'interno di esse e negli immediati dintorni. Inoltre, vi sono 60.000 associati alla Federación Española de Montañismo, ai quali bisogna aggiungere coloro che praticano l'alpinismo senza appartenere ad alcuna associazione. Tutto ciò fa sì che un elevato numero di persone frequentino la montagna in inverno per la pratica di attività sportive o di svago nella neve.

La Spagna, con 660 metri di altitudine media, è il secondo Paese europeo come altitudine media, secondo solo alla Svizzera. La massima altitudine del territorio spagnolo si riscontra nelle Isole



Canarie. Qui, la cima del Teide, che si innalza fino a 3.710 metri, in inverno mostra la sua vetta vulcanica ricoperta di neve. All'interno della Penisola Iberica, le maggiori altitudini si riscontrano in Sierra Nevada, dove, a soli 30 km dal Mar Mediterraneo, si innalza il Mulhacen (3.748 metri). Tuttavia i Pirenei, che si estendono in lunghezza per ben 400 km tra i mari Cantabrico e Mediterraneo

formando la frontiera naturale tra Spagna e Francia e che culminano a 3.404 metri di altezza con il monte Aneto, sono indubbiamente la cordigliera che comprende il maggior numero di vette superiori a 3.000 metri, nonché i magciori accumuli di neve.

### LA NEVE IN SPAGNA

Nella Penisola Iberica vi sono cinque cordigliere principali: i Pirenei e la Cordillera Cantábrica al nord, la Cordillera Iberica e il Sistema Central all'interno, la Cordillera Bética nel sud (Fig. 1). I picchi più elevati di queste catene montuose superano i 2.000 metri di altezza, e nel caso dei Pirenei e della Cordillera Bética i 3.000 metri.

La neve è presente su queste cordigliere in modo variabile lungo l'anno. Innanzitutto, e in base a dati meteorologici statistici, qualsiasi punto della Penisola può registrare precipitazioni in forma di neve, sebbene sulla costa mediterranea questo sia piuttosto raro. Come si può valutare da una mappa delle isolinee di giorni di neve (Fig. 2), le cordigliere sopracitate sono le zone dove le nevicate sono più frequenti. Qui si possono avere più di 60 giorni di nevicate in un anno, mentre se si prendono in considerazione le vette superiori ai 2.500 metri, si può anche arrivare a 90-120 giorni di nevicate l'anno.

Le nevicate più frequenti si verificano nei mesi di gennaio e febbraio, sebbene non è raro che il mese con la maggior incidenza di nevicate sia marzo, in quanto questo mese coincide con il massimo primaverile di precipitazioni. In certe catene si può apprezzare una zonificazione nella distribuzione della neve, condizionata dalla prossimità ed esposizione verso il mare di uno dei suoi versanti, così come accade nelle cordigliere Cantábrica e Bética, o per l'influenza mediterranea o atlantica, come nel caso dei Pirenei

La quantità di neve e ghiaccio sul-

le cordigliere spagnole viene analizzata dal 1986 nell'ambito di un progetto denominato ERHIN (studio delle risorse idriche sotto forma di neve), e vari studi sono stati pubblicati al riguardo (ERHIN, 1988, 1992, 1994, 1997, 1998). Lo studio e l'osservazione degli accumuli nevosi ebbe inizio nei Pirenei nel 1986, estendendosi successivamente alla Cordillera Cantábrica e alla Sierra Nevada. I dati vengono raccolti a partire da una serie di stazioni di rilevamento a aste per la misurazione -degli spessori di neve accumulata (Tab. 1). Tenendo conto dei valori di accumulo nivale per bacini idrografici e densità della neve, si calcolano le cifre, in ettometri cubici, del volume netto di neve e del volume di acqua di fusione. Gli obiettivi sono la quantificazione delle risorse idriche e lo studio dell'evoluzione del manto nevoso lungo la stagione. Le misurazioni eseguite in vari punti dei Pirenei hanno fornito valori di oltre 2 metri di spessore di neve accumulata in corrispondenza dei 2.000 metri di altitudine, e di oltre 4 metri in corrispondenza di 2.600 metri, essendo la parte centrale della cordigliera quella che presenta il maggiore accumulo di neve. Sebbene la variabilità interannuale sia elevata, i valori relativi al periodo tra il 1988 e il 1992 sono intorno a 1.300 hm3, con valori massimi per il periodo di studio di 1.700 hm3, nel 1993/ 94, e minimi di 1.000 hm³, nel 1994/95 (ERHIN, 1988, 1992, 1994, 1997, 1998).

Nella Cordillera Cantábrica, al secondo posto per accumulo di neve, è stato calcolato che il volume medio annuo di acqua proveniente dalla fusione della neve è pari a 600 hm³. La Sierra Nevada, nella Cordillera Bética, è il terzo sito per importanza in quanto ad

Fig. 1. Situazione delle cordigliere e delle stazioni sciistiche in Spagna. Fig. 2. Mappa delle isolinee dei giorni di neve nella Penisola Iberica (in base a García de Pedraza e Reija Garrido (1994).

Nella pg 7: Massiccio Centrale dei Picos de Europa (Cordillera Cantábrica).

Nella pagina a fianco in alto: Cresta tra il Mulhacén (3.478 metri) e la Alcazaba (3.366 metri), in Sierra Nevada. La vetta in primo piano è la più alta della Penisola Iberica.

Sotto: ghioccialo dei picchi del Infierno (Pireneo Centrale).

### Situazione dei ghiacciai e dei principali nevai spagnoli (in base ai dati del progetto Erhin)



accumulo di neve, essendo stato calcolato un valore medio annuo di 90 hm³ di acqua di fusione. Sebbene non siano quantificati, si può stimare che gli accumuli di neve nel Sistema Central e nel Sistema Ibérico siano più modesti di quelli precedentemente citati.

### I GHIACCIAI SPAGNOLI

Le circostanze geografiche e climatiche dei sistemi montuosi spagnoli fanno si che attualmente gli unici ghiacciai della Penisola Iberica si trovino nei Pirenei. Tuttavia, in molte altre aree delle catene montuose spagnole vi sono testimonianze geomorfologiche dell'esistenza di ghiacciai negli stadi glaciali del Pleistoceno. Gli attuali ghiacciai pirenaici, che non sono che i resti di altri ghiacciai molto più grandi che occuparono e modellarono in passato la suddetta cordigliera, si trovano in 8 massicci montuosi che superano i 3.000 metri d'altezza, tutti

localizzabili nel cosiddetto Pireneo Centrale (Fig. 3). La superficie degli stessi assomma a circa 385 ettari in totale (Fig. 4). Nel presente lavoro si fa riferimento esclusivamente al versante spagnolo della cordigliera, non includendo i dati relativi ai ghiacciai situati in territorio francese. I ghiacciai spagnoli offrono le testimonianze di glacialismo più meridionali d'Europa, e una delle loro caratteristiche più importanti è il considerevole arretramento che registrano dalla seconda metà del 19° secolo, fatto osservabile mediante fotografie e grafici; la tendenza attuale è stata comprovata attraverso studi realizzati negli ultimi anni (INEGLA. 1983; ERHIN, 1988, 1992, 1994, 1997, 1998; Chueca Y Lampre, 1994), come si può vedere nella Fig 4.

A seguito del fenomeno della riduzione dei ghiacciai, il loro numero si è ridotto della metà in soli 15 anni, mentre di conseguenza è aumentato il numero di nevai. Oueste ultime forme di accumulo, che si differenziano dai ghiacciai in quanto non presentano alcun movimento, costituiscono di fatto la forma più frequente della presenza di masse di ghiaccio nella cordigliera pirenaica. Nel 1981 si è stimato che la superficie totale dei ghiacciai era di 633 ettari, con un volume totale dell'ordine dei 100 hm<sup>3</sup>. Nel 1991, dieci anni dopo, le stime davano come valori rispettivamente 508 ettari e 92 hm3. Il processo di riduzione è più evidente nei ghiacciai e nevai di piccole dimensioni e con esposizione sfavorevole, nei quali la situazione arriva ad essere critica, come è avvenuto nel 1993 con la scomparsa di tre nevai (Balaitus SE, Cregüeña N e Llosás).

La suddetta riduzione del 48% nel numero di ghiacciai nel periodo considerato è dovuta al bilancio negativo tra entrate in forma di neve e uscite in forma di acqua

### Ampiezza e localizzazione dei ghiacciai spagnoli (secondo Chueca e Lampre, 1994).

Tutti i ghiacciai sono situati nel Pireneo Centrale

| Nome<br>del ghiacciaio | Attitudine<br>massima | Altitudine<br>minima | Ampiezza<br>1992 (ha) | Esposizione | Massiccio      |  |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------|----------------|--|
| Frondiellas N          | 2.800                 | 2.700                | 8,4                   | SO SO       | Balaitous      |  |
| Brecha Latour          | 2.880                 | 2.740                | 6,6                   | SE          | Balaitous      |  |
| Oriental Infiernos     | 2.900                 | 2.770                | 7,7                   | NE          | Inflernos      |  |
| Central Inflermos      | 2.900                 | 2.680                | 11,9                  | NE          | Inflernos      |  |
| Marboré                | 2.920                 | 2.700                | 22,4                  | NE          | Monte Perdido  |  |
| Sup. Monte Perdido     | 3.170                 | 2.960                | 8,9                   | NE          | Monte Perdido  |  |
| Inf. Monte Perdido     | 2.940                 | 2.700                | 38,7                  | NE          | Monte Perdido  |  |
| La Paúl                | 3.100                 | 2.900                | 13,9                  | NE          | Posets         |  |
| Posets                 | 3.200                 | 3.060                | 10,9                  | E           | Posets         |  |
| Llardana               | 3.080                 | 2.900                | 21,9                  | NO          | Posets         |  |
| Literola               | 2.980                 | 2.820                | 5,1                   | S           | Perdiguero     |  |
| Maladeta               | 3.200                 | 2.780                | 68,9                  | NE          | Maladeta-Aneto |  |
| Aneto                  | 3.300                 | 2.810                | 99,0                  | NE          | Maladeta-Aneto |  |
| Barranes               | 3.240                 | 2.940                | 16,5                  | NE          | Maladeta-Aneto |  |
| Tempestades            | 3.000                 | 2.800                | 29,8                  | NE          | Maladeta-Aneto |  |
| Coronas                | 3.200                 | 2.940                | 16,8                  | SO.         | Maladeta-Aneto |  |

Attualmente i ghiacciai di Frondiellas, Brecha Latour e Llardana sono considerati nevai.

### Evoluzione del numero di ghiacciai e nevai nei Pirenei spagnoli

In base ai dati del progetto ERHIN

|           | 1980-82 | 1991 | 1993 | 1994 | 1995 |
|-----------|---------|------|------|------|------|
| Ghiacciai | 27      | 17   | 15   | 13   | 13   |
| Nevai     | 7       | 17   | 16   | 18   | 18   |
| TOTALE    | 34      | 34   | 31   | 31   | 31   |

Fig 4

di fusione. In certe zone delle Alpi il bilancio negativo provoca un aumento del numero di ghiacciai, in quanto essi si scindono in altri di minori dimensioni. In Spagna, con l'eccezione del ghiacciaio del Monte Perdido, questo non avviene, dal momento che le piccole dimensioni delle masse di ghiaccio non permettono scissioni; al contrario si ha una diminuzione del movimento glaciale fino ad arrivare all'arresto, momento in cui cominciano a formarsi i nevai. La fragilità dei ghiacciai spagnoli è condizionata dalle loro modeste dimensioni e dallo spessore ridotto. Nessun ghiacciaio supera infatti i 100 ettari di superficie e ve ne sono solo due che hanno più di 50 metri di spessore, fatto che li rende particolarmente sensibili alle variazioni termiche. I fattori più importanti per la permanenza di neve e chiaccio nei Pirenei sono l'altitudine e l'orientamento, in quanto i ghiacciai esposti a nord e nordest si conservano meglio.

Le crepe e i crepacci terminali sono presenti unicamente nei ghiacciai più attivi e di maggiori dimensioni. Ciò che maggiormente emerge dalla loro morfologia sono i segni evidenti della loro regressione. Le valanghe sono poco frequenti, sebbene nel ghiacciaio di Tempestades abbiano una certa importanza a causa della separazione di blocchi di ghiaccio che favoriscono fratture trasversali.

In Spagna i due apparati glaciali più importanti quanto a dimensioni si trovano nel massiccio più elevato dei Pirenei, vale a dire nei versanti nord delle cime Aneto (3.404 metri) e Maladeta (3.308 metri). In questo massiccio ci sono cinque ghiacciai e tre nevai, con quote massime di 3.300 metri e minime di 2.800 metri e tutti con esposizione a nord, ad eccezione del ghiacciaio di Coronas. Nel loro insieme questi ghiacciai rappresentano il 29% dell'am-

piezza totale dei ghiacciai spaanoli, ed è per auesto motivo che sono i più studiati. I dati ottenuti per il ghiacciaio della Maladeta hanno evidenziato che la velocità del ghiacciaio è di circa 5 metri l'anno, che la sua profondità è di 44 metri e che ha un bilancio negativo di 651 mm l'anno. Il ghiacciaio dell'Aneto ha invece una profondità massima di 52 metri e copre una superficie di 99 ettari, valori che ne fanno il ghiacciaio più profondo e più grande della Spagna. Attualmente la scissione in due corpi diversi è la tendenza di questo ghiacciaio, dove pozzi e crepacci sono presenti soprattutto nel ramo inferiore, così come le valanghe frontali di scarsa entità (ERHIN, 1997).

Il terzo ghiacciaio per importanza è quello che si trova nel versante nord del Monte Perdido (3.355 metri), ed è inoltre quello che presenta un profilo più scosceso. Esso copre un'area leggermente superiore ai 47 ettari, e attualmente si trova scisso in due parti che sono separate da una scarpata rocciosa in seguito al processo di regressione subito; viene chiamato ghiacciaio superiore quello che si trova alla quota più elevata, e ghiacciaio inferiore quello che si trova più in basso, e che è anche il più esteso. I crepacci sono frequenti e acquistano dimensioni notevoli nei due ghiacciai. Di rilievo scosceso è anche il ghiacciaio occidentale dei Picos del Infierno, che ha una superficie di otto volte inferiore a quella dell'Aneto, e dove di recente studiosi dell'Università di Saragozza (Lampre et al., 1999) hanno esequito studi sulla quantità d'acqua di fusione giornalie-

Nei Pirenei sono stati individuati ghiacciai rocciosi attivi: quello dei Gemelos, nel massiccio del Posets, e quello di Las Argualas, nel massiccio di Los Infiernos. In quest'ultimo, studiosi dell'Univer-



Asta per misurare gli spessori della neve per il progetto ERHIN, nella Valle di Tena (Pirenec Centrale). Sulla sfondo il Pico Anayet (2.559 metri) sità di Cantabria hanno eseguito degli studi sulla dinamica superficiale e hanno determinato una velocità media di 23 cm/anno nell'area interna dell'apparato, individuando inoltre uno strato di detriti senza ghiaccio da 2 a 5 metri di profondità, sotto il quale esiste un nucleo ricco di ghiaccio dello spessore compreso tra 10 e 15 metri (ERHIN, 1997).

Da parte loro i nevai, per il fatto di non avere un movimento proprio, non riescono ad evacuare le rocce clastiche superficiali che progressivamente li ricoprono, per cui è probabile che in futuro aumenti il numero di nevai coperti da elementi di congelifrazione.

### LA NEVE E LA METEOROLOGIA

La Penisola Iberica, per la sua collocazione geografica, la sua orografia e la diversità di zone atmosferiche che possono influen-

zarla, risulta essere un territorio particolarmente complesso ai fini della previsione meteorologica. Gli inverni in Spagna sono solitamente temperati e umidi al nord, freschi e secchi nell'interno e temperati e secchi vicino al Mediterraneo. Nelle zone montuose il clima è più variabile; in generale si può dire che le nevicate più abbondanti si verificano nei Pirenei e nella Cordillera Cantábrica mentre la loro intensità è minore nel Sistema Central e in Sierra Nevada. Gli spessori medi di neve (lasciando da parte la neve artificiale) sono di 1-2 metri nei Pirenei, 1-1,5 metri nella Cordillera Cantábrica e inferiori a 1 metro nel resto delle cordigliere. In ogni modo, la grande varietà di situazioni meteorologiche che interessano la Penisola Iberica provocano forti variazioni negli spessori: per esempio, nell'inverno 1996 nel Sistema

Central si raggiunsero spessori superiori a 5 metri, superiori ai 7 metri in alcune zone dei Pirenei e ai 4 metri in Sierra Nevada; nella primavera del 1998 nella Cordillera Cantábrica caddero più di 2 metri di neve in 5 giorni. Delle 23 situazioni meteo tipiche che si sono individuate per la Penisola Iberica, per la loro incidenza sul verificarsi di nevicate sulle cordigliere si possono citare, secondo Martín Vidé (1991), le otto seguenti:

a) Avvezione da ovest o zonale: tipica situazione di fronti caldi e freddi provenienti dall'Atlantico. Temperature normali, precipitazioni abbondanti nell'ovest peninsulare e tempo più secco nella zona orientale. Nevicate ad alte quote (1.600-1.800 circa) che interessano Cordillera Cantábrica, Sistema Central, Pirenei e Sistema Ibérico, e con minore intensità la Sierra Nevada (oltre ai

2,200 metri).

b) Avvezione da nordovest (Fig. 5): temperature basse, precipitazioni abbondanti nel nord e nordovest peninsulare. Nevicate a basse quote (800-1.000 metri circa) interessano la Cordillera Cantábrica, i Pirenei, il Sistema Ibérico e con minore intensità il Sistema Central.

c) Avvezione da nord: tempera-

- ture molto basse, precipitazioni abbondanti nel nord e nel nordest peninsulare. Nevicate a quote molto basse (500-700 metri circa) interessano la Cordillera Cantábrica, i Pirenei, il Sistema Ibérico e, debolmente, il Sistema Central. d) Avvezione da nordest (Fig. 6): situazione di "onda di freddo" con temperature molto basse e precipitazioni moderate nel nordest peninsulare. Nevicate a quote molto basse (anche sotto i 500 metri) interessano i Pirenei, il Sistema Ibérico, la zona orientale della Cordillera Cantábrica e il Sistema Central.
- e) Avvezione da est (goccia fredda): temperature molto più basse del normale nella zona orientale e normali nel resto: precipitazioni abbondanti sulla costa mediterranea. Nevicate a guote basse (800-1.000 metri circa) interessano il Sistema Ibérico, la Sierra Nevada, i Pirenei Orientali e. molto debolmente, il Sistema Central. f) Avvezione da sudovest (Fig. 7): questa situazione può causare abbondanti precipitazioni in Sierra Nevada e nel Sistema Central a condizione che vi sia aria molto fredda sulla penisola. Le nevicate iniziano a quote molto basse (700-800 metri) per poi salire rapidamente a 1.500-1.600 metri.
- g) Situazione di Vaguada: temperature normali nella zona occidentale e più alte del normale nella zona orientale, precipitazioni su tutta la penisola, abbondanti nella zona occidentale. Nevicate a quote elevate (1.500-1.800 metri) nella Cordillera Cantábrica e nel

Sistema Central e molto elevate (>2.000 metri) nei Pirenei e nel Sistema Ibérico.

h) Situazione di bassa pressione (Fig.8): temperature normali o basse in tutta la penisola, precipitazioni generalizzate e abbondanti. Nevicate copiose su tutte le cordigliere a quote normali (1.000-1.500 metri).

L'Instituto Nacional de Meteorología (INM) ha 8 stazioni nivometeorologiche nei Pirenei situate tra 1.400 e 2.300 metri, alle
quali si aggiungono 10 stazioni
meteorologiche automatiche posizionate tra 800 e 2.200 metri e
una rete di stazioni tra 800 e 1.200
metri gestite da personale INM.
Inoltre vengono eseguiti sondaggi del manto nevoso presso stazioni sciistiche e in alcuni rifugi di
montagna. Nel Pireneo catalano vi
sono 30 osservatori collegati con
il centro di previsioni.

### LE STAZIONI SCUSTICHE

Tra le installazioni che concentrano un maggior numero di persone e beni materiali nella neve occorre segnalare le 27 stazioni
sciistiche esistenti in Spagna (Fig.
1 e 9). Questo numero era maggiore di una unità, quando nel
1998 venne deciso di smantellare la stazione di Valcotos, nella
Sierra de Guadarrama, Madrid, a
causa degli impatti ambientali
provocati dagli impianti di risalita
e dalle piste in un contesto di alto
valore naturalistico come è il massiccio di Peñalara.

Secondo i dati dell'Asociación Turística de Estaciones de Esqui y Montaña (ATUDEM), nella stagione 1998-99 in Spagna il numero totale di impianti di risalita ammontava a 341 tra funivie, seggiovie e skilift, con una capacità globale di 317.600 sciatori/ora. Vi sono in totale 767 km di piste battute. I Pirenei hanno il maggior numero di stazioni (15), tra cui figurano alcune tra le più importan-



Fig 5



Fig 6



Fig 7

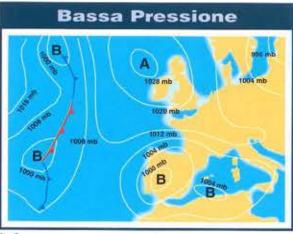


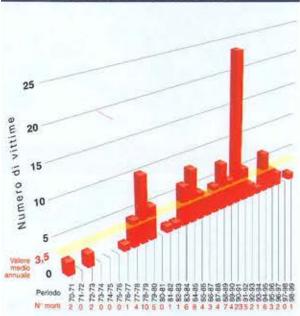
Fig 8

### Dati sulle stazioni sciistiche nelle cordigliere spagnole stagione 1998-99 (Secondo informazioni di ATUDEM)

| Localizzazione                    | N° di<br>stazioni | Attitudine<br>minima | Altitudine massima | N° totale<br>impianti | Capacita'<br>(sciatori/ora) | N° di posti<br>alberghier |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Cordigliera<br>Cantábrica         | 5                 | 1.375                | 2.175              | 47                    | 36.730                      | 1.208<br>3.575*           |
| Pirenei centrali<br>e occidentali | 5                 | 1.184                | 2.630              | 94                    | 88.447                      | 6.099<br>27.776*          |
| Pirenel<br>orientali              | 10                | 1.500                | 2.750              | 112                   | 106.998                     | 7.769<br>34.201*          |
| Cordigliera<br>Ibérica            | 3                 | 1,530                | 2.262              | 24                    | 18.640                      | 0<br>4.522                |
| Sistema<br>Centrale               | 3                 | 1.500                | 2.280              | 38                    | 34.846                      | 622<br>9.095              |
| Cordigliera<br>Bética             | 1                 | 2.100                | 3.300              | 19                    | 31.965                      | 3.775<br>452*             |
| Totale                            | 27                | 1.184                | 3,300              | 334                   | 317.626                     | 19.513<br>79.621*         |

\* In un raggio di 25 km





ti. La stazione sciistica di Sierra Fig 10 Nevada, nella Cordillera Bética, è la più meridionale d'Europa. Alcune di queste stazioni sono relativamente piccole e solitamente sono frequentate soprattutto nei fine settimana.

La stagione sciistica ha inizio nel mese di dicembre e si estende fino al mese di aprile nelle stazioni meglio situate. In ogni modo, come si è già visto, in Spagna la meteorologia è molto variabile, e dunque le condizioni meteo possono cambiare molto da un anno all'altro nell'ambito della stessa stagione.

L'altitudine delle stazioni oscilla tra i 1.200 metri e i 3.300 metri (Fig.9), ma comunque il dislivello massimo raramente arriva ai 1.000 metri. Questo si deve al fatto che le stazioni che si trovano al nord toccano quote tra i 1.500 e i 2.500 metri, nella zona centrale 1.800-2.200 metri, e nel sud della penisola 2.200-3.300 metri.

La capacità alberghiera all'interno delle stazioni sciistiche è di 19.500 camere, numero che aumenta fino a 100.000 camere se si considerano anche i dintorni in un raggio di 25 km. Nei Pirenei si trova il maggior numero di alberghi, superiore anche alla Sierra Nevada. Per la stagione attuale è aumentato di 7 il numero di impianti di risalita, facendo così salire a 4.500 il numero di sciatori/

Negli ultimi dieci anni si sono investiti più di 60.000 milioni di pesetas nel settore. Una parte di questo investimento è stata destinata alla produzione di neve artificiale e a questo scopo esistono circa 2.500 cannoni.

### GLI INCIDENTI DA VALANGA IN SPAGNA

Nel presente articolo vengono riassunti e analizzati gli incidenti da valanga mortali che si sono verificati in Spagna negli ultimi 30 anni, vale a dire dalla stagione

1970-71 fino al 1998-99, entrambe incluse. Gli incidenti sono stati classificati per stagioni, considerando come tali gli anni idrologici, i quali hanno inizio il 1° ottobre. Non vengono presi in esame in questa sede gli incidenti senza consequenze mortali, sebbene con feriti, a causa della minore affidabilità dei dati esistenti. Nel periodo sopracitato di 30 anni in Spagna si sono avute 105 vittime in seguito a incidenti da valanga (Fig.10). Questo significa una media di 3.5 vittime l'anno, il che fa delle valanghe uno dei rischi naturali che in Spagna provoca annualmente il maggior numero di vittime. Analizzando anno per anno gli incidenti mortali, si nota come in alcune stagioni il numero di vittime abbia raggiunto livelli assai considerevoli, quasi prossimi alle cifre che sono abituali in altri Paesi europei molto colpiti dalle valanghe. Così nella stagione 1990-91, le valanghe hanno causato 23 morti, nel corso di un inverno che si è rivelato tragico anche in altri Paesi europei. Nella stagione 1978-79 si sono avute 10 vittime, e 8 nella stagione 1984-85; dunque solo nelle tre stagioni sopracitate si concentra quasi il 40% delle vittime dei 30 anni presi in esame.

Una caratteristica della distribuzione degli incidenti da valanga in Spagna è il fatto che i gravi incidenti sono quelli che hanno la maggiore incidenza sulle statistiche. Le 105 vittime sopracitate rientrano in 57 incidenti, il che dà una media di 1,8 vittime per incidente. Tuttavia, sono 6 i gravi incidenti nei quali il numero di vittime ha superato la media annua (3,5), e solo con questi si raggiunge la cifra di 35 morti (33% del totale).

Vi sono sei stagioni nei 30 anni considerati nelle quali non si sono lamentate vittime. Il boom degli sport di montagna e la crescente frequentazione delle zone

innevate hanno accresciuto l'esposizione al rischio di valanghe per i praticanti, come dimostra il fatto che delle 6 stagioni senza vittime, ben 5 sono situate antecedentemente il 1982.

Come è logico, quasi tutti gli incidenti mortali da valanga si sono verificati nei mesi invernali. Tuttavia, vi è un caso di incidente incluso nel mese di luglio, sebbene si tratti di una circostanza eccezionale. I mesi con il maggior numero di incidenti sono rispettivamente marzo, febbraio e gennaio, mesi in cui c'è la maggior quantità di neve sulle montagne spagnole. In ognuno dei tre mesi citati si ha più del 20% delle vittime. Aprile e maggio toccano entrambi valori intorno al 13%, superando dicembre, dove si ha quasi il 9%. Il fatto di avere nevicate tardive in alcune stagioni fa sì che il mese di maggio presenti dei valori relativamente elevati. 1991, in una stagione nella quale

In Spagna l'incidente da valanga più grave si ebbe l'11 marzo si contarono in totale 9 incidenti con consequenze mortali. In questo caso, un gruppo di soldati che stava facendo esercitazioni di scialpinismo nei dintorni della cima Paderna (Pireneo Centrale) venne travolto da una valanga. Il passaggio di un gruppo di 88 soldati su uno stesso lastrone di neve fu la causa scatenante di un incidente nel quale morirono un tenente e otto soldati che stavano facendo il servizio militare. Il caso arrivò nei tribunali ed ebbe una vasta eco sulla stampa nazionale. Se classifichiamo gli incidenti in base alle attività che stavano svolgendo le persone coinvolte, si può notare che, a differenza di ciò che avviene in alcuni Paesi dell'arco alpino, l'alpinismo è l'attività nel cui ambito si ha il maggior numero di vittime, con il 46%. Segue lo scialpinismo con il 34%, e in queste due attività si concentra dunque l'80% delle vittime (Fig.11).





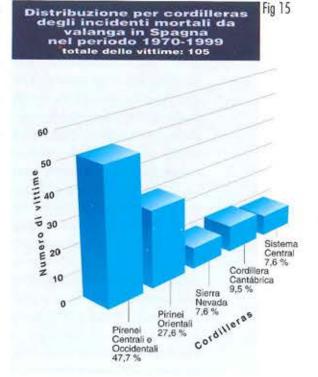
Fig 13

Fig 14

Lo sci fuoripista, nonostante in Spagna abbia un'incidenza molto minore che non nel resto dell'Europa, totalizza comunque valori relativamente elevati (10%). Occorre segnalare che solo nella stagione 1987-88 si sono avute 8 delle 11 vittime causate dallo sci fuoripista registrate in totale negli ultimi 30 anni. In questa stagione una valanga causò la morte di 5 giovani di età tra 12 e 14 anni, appartenenti alla squadra vasconavarra di sci, oltre al loro allenatore, mentre stavano facendo fuoripista presso la stazione di Candanchu (Pireneo Centrale). Nel periodo di 30 anni preso in esame si sono avuti solo due casi di incidenti mortali su piste da sci aperte al pubblico. Ciò evidenzia





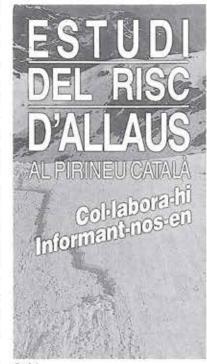


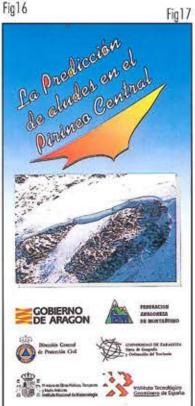
la relativa sicurezza esistente nell'ambito delle stazioni sciistiche. dove vi è ormai una crescente attenzione per la prevenzione. In Spagna si è registrato un solo caso di incidente mortale in un edificio. Si tratta di un anziano la cui casa venne travolta da una valanga di neve e pietre nel dicembre 1990. Tuttavia, se è vero che sono parecchi gli edifici travolti da valanghe, in generale essi erano però vuoti al momento dell'incidente. Un caso particolarmente grave ebbe luogo nella stazione sciistica di Astún, nel Pireneo Centrale, quando in una notte caddero più di due metri di neve, creando una situazione talmente instabile che la neve superò le protezioni e una valanga travolse un hotel, arrivando fino al quinto piano. Anche il rifugio di montagna di Respomuso nel 1996 fu colpito da una valanga che seppelli alcuni dei suoi occupanti, i quali fortunatamente poterono essere salvati dai loro compagni. Tre casi sono stati classificati nella categoria "altri" in base alle attività (Fig.11). Due di essi si verificarono su nevai residui alla fine della stagione. Uno di guesti incidenti si verificò nel mese di luglio 1998, nella Sierra de Gredos, quando un ponte di ghiaccio crollò mentre un gruppo di giovani si trovava sotto. La conseguenza fu la morte di una ragazzina di 15 anni e tre suoi compagni feriti in modo grave. L'altro incidente si ebbe nel maggio del 1992, mentre un gruppo stava facendo un'escursione in mountain bike nel Pireneo Orientale. Al momento di incrociare un nevaio si staccò una lastra che trascinò 4 persone a valle. Due di esse morirono e le altre due risultarono essere ferite in modo grave. Il terzo caso coinvolse un operaio delle ferrovie di Nuria, nel Pireneo Orientale.

L'analisi della statistica delle vittime per attività permette di concludere che nella prima metà del periodo considerato, vale a dire tra il 1970 e il 1984, delle 40 persone travolte il 65% di esse praticavano l'alpinismo senza sci (Fig. 13). Questo valore è molto elevato se lo confrontiamo con altri Paesi europei (in particolare dell'arco alpino), dove questa attività non raggiunge in nessun caso il 35% (il 31% in Italia), secondo le statistiche fornite da CISA-IKAR. Per questo stesso periodo lo sci fuoripista ha rappresentato il 25% delle vittime, un valore abituale in altri Paesi. Tuttavia, nella seconda metà del periodo considerato, cioè tra il 1985 e il 1999, lo sci fuoripista rappresenta solo il 3% delle vittime.

Tra il 1970 e il 1984 scialpinismo e sci di pista hanno rappresentato ciascuno il 5% delle vittime, mentre non si sono registrati casi in cui siano state coinvolte persone all'interno di edifici, in vie d'accesso, o nella categoria "altri" (Fig.13). Ciò significa che per i primi 15 anni qui considerati, le persone che praticavano alpinismo e sci fuoripista rappresentano il 90% del totale di vittime da valanghe in Spagna.

Nella seconda metà del periodo considerato, quello che si estende tra il 1985 e il 1999, si sono avute 65 vittime e la statistica in base ad attività risulta essere notevolmente diversa da quella dei 15 anni precedenti (Fig.14), In questo caso, la percentuale di incidenti da scialpinismo aumenta di dieci volte rispetto al periodo precedente, mentre si dimezza quasi per l'alpinismo e si riduce di dodici volte per lo sci fuoripista. In queste ultime 15 stagioni solo una persona è morta mentre praticava lo sci fuoripista, e un'altra mentre sciava su pista. A differenza del periodo antecedente, dove tutte le persone erano morte durante attività nel tempo libero, per questo secondo periodo di tempo si sono avute vittime all'inter-









no di edifici, così come in vie d'accesso e strade.

I dati precedenti potrebbero essere interpretati come dovuti all'incremento della frequentazione delle aree innevate e all'aumento dei praticanti di scialpinismo. Se si confronta la distribuzione delle vittime per attività in Spagna (Fig. 11) con quella corrispondente allo stesso periodo in altri Paesi dell'arco alpino come lo sono Francia, Svizzera, Italia, Germania e Austria (Fig. 12), si rilevano notevoli differenze. Nel caso della Spagna si notano infatti gli alti valori relativi all'alpinismo e quelli relativamente bassi dello sci fuoripista.

Per quanto riguarda la distribuzione degli incidenti mortali per catene montuose, si nota che i tre quarti delle vittime si sono avute nei Pirenei (Fig.15). Il Pireneo Centrale e Occidentale (Aragona e Navarra) raggruppano quasi il 48% delle vittime, il Pireneo Orientale (Catalogna) poco più del 27%. Occorre tuttavia segnalare che il numero di incidenti è maggiore nella parte catalana, sebbene non si possa dire lo stesso del numero di morti. Mentre nel Pireneo Orientale in nessuna stagione si sono superati i 4 morti, in quello Centrale e Occidentale nella stagione 1990-91 si sono avute 14 vittime. Da parte sua, la Cordillera Cantábrica rappresenta quasi il 10%, mentre la Sierra Nevada e il Sistema Central rappresentano ciascuna circa l'8%. In Sierra Nevada si sono verificati solo tre incidenti con consequenze mortali, due nel Sistema Central. Occorre però segnalare

che in entrambe le cordigliere si sono avuti incidenti con 6 vittime, il che contribuisce a fornire percentuali relativamente alte.

In Spagna il 22% delle persone travolte da valanghe erano straniere. Tutte erano francesi, meno il caso di un militare britannico distaccato a Gibilterra morto in Sierra Nevada. Vi è anche un caso di un anno in cui tutte le vittime furono di nazionalità francese, come avvenne nella stagione 1988-89 con 7 morti. Vi sono anche persone di nazionalità spagnola che sono morte sul versante francese delle montagne pirenaiche, così come in altre montagne, ma queste non sono state incluse nel presente studio, che si riferisce unicamente al territorio spagnolo.

### LA PREVENZIONE E IL SOCCORSO

In Spagna la coscienza del rischio insito nelle valanghe, così come l'esigenza di mettere in campo misure preventive, sono cresciute in misura considerevole negli ultimi anni. Al momento non esiste nessuna legge specifica riguardo alla tematica delle valanghe. Tuttavia nel giugno 1999 il Senato ha approvato una mozione attraverso la quale si intende stimolare il governo ad elaborare un piano per le catastrofi provocate dalle valanghe.

Oltre agli studi già citati sulla neve accumulata e i ghiacciai nelle cordigliere spagnole, diverse istituzioni hanno portato avanti studi riguardo al rischio di valanghe in diverse zone, includendo in alcuni casi, principalmente per Catalogna e Aragona, l'elaborazione di mappe dei rischi. Diverse discussioni di tesi hanno avuto come oggetto questa tematica (per es. Furdada, 1996). Nello stesso modo sono state realizzate pubblicazioni sul rischio valanghe in certe zone (per es. Vilaplana, 1989), così come sugli incidenti da valanga (per. es. López Martínez, 1989; Rodes, 1999).

Dal 1986 il Servicio Geológico de Cataluña porta avanti, in collaborazione con l'Università di Barcellona, un programma di studio e prevenzione del rischio valanghe nel Pireneo catalano. Da parte sua, anche l'Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), attraverso la sua delegazione in Aragona, in collaborazione con l'INM si occupa dello studio e della previsione delle valanghe nel Pireneo Centrale. In entrambi i casi sono state pubblicate e distribuite delle schede a fini divulgativi riguardo all'esistenza di questo rischio nonché per la compilazione di dati sulle valanghe verificatesi e le loro consequenze (Figg. 16 e 17).

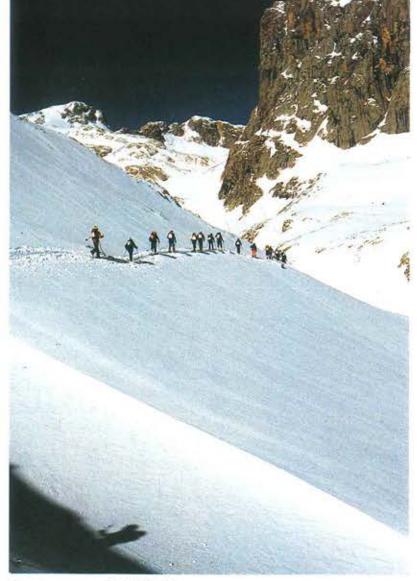
In diverse zone, principalmente nei Pirenei, esistono opere di difesa contro le valanche, tanto nelle vie d'accesso come di fronte a edifici e piste di stazioni sciistiche. In alcune di queste stazioni sono anche installati cannoni per il distacco artificiale di valanghe. Alcune di queste opere di difesa sono piuttosto datate, come nel caso delle opere poste a difesa della strada e della stazione di Canfranc, nel Pireneo aragonese, che risalgono al 1919, con aggiunte posteriori. Precisamente in questa zona, in seguito ad alcune nevicate eccezionali, nel febbraio 1986 si staccò una valanga che, superando le difese di cui si è detto, arrivò a colpire la chiesa della località.

Diverse associazioni di montagna, così come alcune stazioni sciiSondaggio durante le operazioni di soccorso dopo la valanga del Pico Paderna nel 1992 (Pireneo Centrale). stiche, organizzano corsi ed esercitazioni per prevenire il rischio valanghe. Inoltre vengono emessi bollettini sullo stato della neve e sul pericolo di valanghe. Alcuni indirizzi attinenti le informazioni ed il soccorso sono inclusi in calce al presente articolo.

### I SERVIZI DI SOCCORSO

Attualmente la Spagna conta diverse squadre di soccorso in montagna a livello professionistico e coordinate tra di loro. Il collegamento internazionale è garantito dall'appartenenza della Spagna, dal 1965, alla Commissione Internazionale di Soccorso Alpino (CISA-IKAR). La Guardia Civil si occupa del soccorso in montagna nell'ambito del territorio spagnolo. Nel 1981 questa istituzione ha creato un gruppo specializzato che nel 1998 contava 233 specialisti e diversi elicotteri ripartiti in zone strategiche, oltre a 11 cani da valanga con relative guide. Attualmente l'associazione conta 23 gruppi di soccorso distribuiti in diverse zone del Paese. Considerato il suo indice di mortalità (quasi il 50% delle vittime da valanga in Spagna), il Pireneo aragonese è la zona dove la Guardia Civil tiene distaccati più elementi. Occorre tenere conto del fatto che si calcola che questa comunità autonoma ogni anno è visitata da oltre 8 milioni di persone attratte dall'offerta di turismo legato alla montagna e alla neve. E' possibile stimare che la Guardia Civil abbia preso parte all'80% degli incidenti da valanga ai quali si riferisce questo articolo, essendo da pochi anni l'unico corpo professionale di soccorso in montagna esistente, in collaborazione con la Federación Española de Montañismo. In quattro delle 17 comunità autonome esistenti in Spagna si sono costituiti corpi di soccorso specifici autonomi. Così in

Partecipanti ad una gara di scialpinismo nei Picos de Europa (Cordillera Cantóbrica).



Catalogna sono i vigili del fuoco del governo locale (Generalitat) che provvedono a costituire questi corpi, potendo contare su circa un centinaio di professionisti e tre elicotteri. D'altra parte occorre considerare che nel Pireneo Orientale si concentra il 30% dei morti da valanga della Spagna.

Nelle Asturie è il CEISPA (Consorcio de Extinción de Incendios y Salvamento del Principado de Asturias) che si occupa di soccorso in montagna. In Navarra questo compito è svolto da una sezione specifica del Corpo dei vigili del fuoco, e nei Paesi Baschi dal SOS-DEIAK, che fa parte del gruppo di soccorso della polizia autonoma (Ertzainza).

### CONCLUSIONI

Negli ultimi anni in Spagna le attività su territorio innevato hanno conosciuto un notevole incremento. A seguito della maggiore frequentazione della montagna e dei maggiori beni esposti al pericolo, le valanghe sono diventate un rischio naturale che richiede una grande attenzione, essendo ormai tra le cause che provocano il maggior numero di vittime.

In Spagna vi sono 27 stazioni sciistiche con 767 km di piste e un totale di 348 impianti di risalita. Le stazioni dispongono di 19.500 camere d'albergo, numero che aumenta a circa 100.000 considerando un raggio circostante di 25 km.

La neve come risorsa idrica è stata valutata in circa 1.300 hm³ nei Pirenei, 600 hm³ nella Cordillera Cantábrica e 90 hm³ in Sierra Nevada Solo nei Pirenei esistono ghiacciai, ma questi sono di dimensioni relativamente piccole e sono soggetti ad un notevole fenomeno di riduzione che in alcuni casi porta alla loro scomparsa, anche a seguito dell'evoluzione climatica.

Le caratteristiche climatiche della Penisola Iberica fanno sì che le condizioni meteorologiche possano essere molto variabili, rendendo quindi difficile l'attività di previsione. Tuttavia è possibile identificare una serie di situazioni tipicamente collegate alle nevicate.

Negli ultimi 30 anni, tra il 1970 e il 1999, 105 persone hanno perso la vita a causa delle valanghe sulle montagne spagnole. Questo equivale a una media di 3,5 morti l'anno.

Nel periodo considerato vi sono 6 stagioni nelle quali non vi è stata alcuna vittima.

Le attività che praticavano le vittime erano nell'ordine: alpinismo
(46%), scialpinismo (34%), sci
fuoripista (10%), sci su pista
(3%), presenza in edifici o vie
d'accesso (3%) e altre situazioni
(4%). Per quanto riguarda la seconda metà del periodo considerato si segnala un aumento
delle vittime che praticavano
scialpinismo, assieme ad una diminuzione del numero di vittime
che praticavano alpinismo e sci
fuoripista.

All'attività di prevenzione contro il rischio legato alle valanghe contribuiscono gli studi e le ricerche, l'installazione di stazioni nivometeorologiche, nonché le attività di formazione e informazione del pubblico mediante l'emissione di bollettini. Queste misure, che vengono sempre più frequentemente adottate in Spagna negli ultimi anni, dovrebbero avere una sempre maggiore diffusione.

### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano per l'aiuto fornito nel realizzare questo articolo Juan Manzano, Manuel Español e i gruppi di soccorso alpino della Guardia Civil, in particolare Antonio Campos e José M. Diez Calzadilla, di Jaca, così come Alejandro Monjas, di Boltaña. Ringraziamenti vanno anche alla ATUDEM e al suo presidente. Antonio Llano, per le informazioni fornite.

### BIBLIOGRAFIA

ARENILLAS, M. MARTÍNEZ, R. MARTÍNEZ DE PISÓN, E. Y NAVARRO, J. (1998). Los glaciares actuales y la nieve en el Pirmeo español. In: Gómez Ortiz, A. y Pérez Alberti, A. (Eds.). Las huellas glaciares de las montañas españolas. Universidad de Santiago de Compostela. 329-346.

CHUECA J. Y LAMPRE F. (1994). Los glaciares altoaragoneses. Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Diputación de Huesca. Huesca. 32 p.

ERHIN (1988, 1992, 1994, 1997, 1998). La nieve en las cordilleras españolas. I due primi volumi pubblicati dal Ministerio de Obras Públicas y Transportes e gli ultimi due dal Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

FURDADA G. (1996). Estudi de les allaus al Pirineu occidental de Catalunya: prediccio espacial i aplicacions de la cartografia. Geoforma Ediciones. Logroño. 315 p.

GARCÍA DE PEDRAZA L. Y REIJA GARRIDO A. (1994). Tiempo y clima en España: Meteorología de las Autonomías. Madrid. 410 p.

INEGLA (1983). Estudio de las formas glaciares actuales del Pirineo español. Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid.

LAMPRE F., CANCER L. Y OLLERO A. (1999). Ritmo diario de caudales de fusión en el glacíar de los Infiernos (Pirineo aragonés). In: Avances en el estudio del Cuaternario español. Pallí Ll. y Roqué C. (Eds.). Universidad de Girona. 173-180.

LÓPEZ MARTÍNEZ J. (1989). Análisis del riesgo y de los accidentes por aludes de nieve. In: Encuentro Internacional Catástrofes y Sociedad. Itsemap-Mapfre. Madrid. 217-232.

MARTÍNVIDÉ J. (1991). Mapas del tiempo. Fundamentos, interpretación e imágenes de satélite. Madrid.

RODES P. (1999). Análisis de los accidentes por aludes en España. Una aproximación histórica. Ergon. Madrid. 74 p.

VILAPLANA J.M. (1989). Los aludes: un riesgo mal conocido. In: Encuentro Internacional Catástrofes y Sociedad. Itsemap-Mapfre. Madrid. 201-218.

### **INDIRIZZI UTILI**

### Informazioni meteorologiche e nivologiche

•Istituto Nazionale di Meteorologia.
Dipartimento di Informazione Meteorologica (INFOMET). Camino de Las
Moreras, s/n. 28040 Madrid. Tel. 91 581
9810. Teletempo: 906 36 5365. Pireneo
di Huesca: 906 36 5322. Pireneo di
Navarra: 906 36 5331. Catalogna: 93
221 1600.

Nieve de Aragón: tel. 976 23 1112.
Informazioni nivologiche e meteorologiche del Pireneo Aragonese e Navarro.
Tel. 976 56 9106, 974 28 0300, 948 31 2463

Servizio di Meteorologia di Catalogna.
 Tel. 93 444 5000. Web: <a href="https://www.gencat.es/servmet/previsio">www.gencat.es/servmet/previsio</a>.

•Istituto Cartografico di Catalogna. Parc de Montjuic. 08038 Barcellona. Tel. 93 425 2900. Informazioni: 93 423 2572, 93 423 2967, 93 325 6391 Web: www.icc.es/allaus/butlleti.htlm •Istituto Tecnologico Geominerario Spagnolo. Delegazione di Saragozza.

gnolo. Delegazione di Saragozza. Fernando el Católico, 59. 50006 Saragozza. Invio di schede sulle valanghe: Casella postale 152 F.D.50080 Saragozza. Tel. 976 55 5153

### Soccorso

•Guardia Civil. Gruppo di Soccorso e Intervento in Montagna (GREIM). Comando del servizio di montagna. 22700 Jaca, Huesca. S.O.S. Tel. 1062. Web; www.isdefe.es/gcivil/ser/ser+3.htlm •Protezione Civile (Direzione Generale). Quintiliano, 21. 28002 Madrid. Tel. 91 537 3100. S.O.S.: Tel. 112. Web; www.ctv.es/users/sos/

•Servizio di Soccorso in Montagna della Generalitat de Catalunya. Tel. 1085 e 93 692 8080.

### Altre informazioni

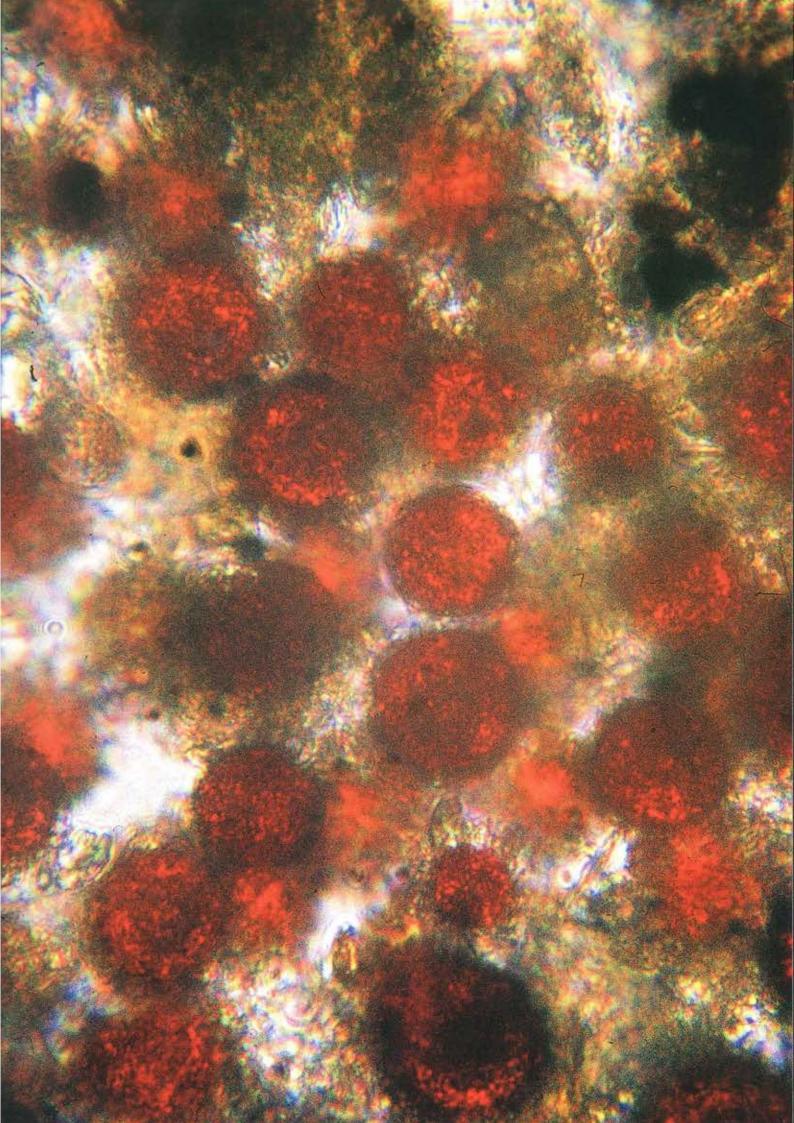
 Federazione Spagnola degli Sport di Montagna e Alpinismo. Floridablanca, 75. 08015 Barcellona. Tel. 93 426 4267.
 Web: www.fedme.es

 Associazione Turistica delle Stazioni Sciistiche e di Montagna (ATUDEM).
 Padre Damián, 43. 28036 Madrid. Tel. 91 359 1557.

Nota: ai numeri telefonici riportati occorre anteporre 00 34 se si chiama da fuori Spagna.

# Gualtiero SIMONETTI Facoltà di Agraria dell'Università di Udine

Giuseppe Feruglio nel 1901 segnalò la presenza di "neve di color rosso" attribuibile a *Chlamydococcus nivalis* sul Monte Canin; la notizia venne considerata a suo tempo in modo dubitativo. La presenza di nevi colorate per opera di alghe unicellulari è però un fenomeno frequente nelle Alpi orientali (Dolomiti, Alpi Carniche, Tauri), dovute alla presenza dell'alga verde *Chlamydomonas nivalis*. Il fenomeno delle "nevi rosse" non risulta però sufficientemente monitorato. Si segnalano alcune stazioni italiane e austriache in cui sono stati fatti rinvenimenti recenti: Passo Selle (Monzoni, Trentino); Monte Crostis (Alpi Carniche, Friuli); Monte Canin (Alpi Giulie, Friuli); Defreggertal, Grossvenediger (Osttirol); Gamsleiten-Karsee, Obertauern (Radstatter Tauern, Salzburg); Falkertsee, Nockgebirge (Karnten).







A pag 21: Chlamydamonas nivalis Cellule incistate con detriti derivanti dalla neve di fusione.

Sopra: nella cartina sono indicate le località in cui il fenomeno della neve rossa è stato asservato: 1 - Passo Selle (Manzoni, Trentino); 2 - Monte Crostis (Alpi Carniche, Friuli); 3 - Monte Canin (Alpi Giulie, Friuli); 4 - Defreggertal, Grossvenediger (Osttirol); 5 - Gamsleiten-Karsee, Obertauern (Radstätter Tauern, Salzburg); 6 - Falkertsee, Nockgebirge (Körnten).

Sopra a destra: Nevaio al Passo Selle (Monzoni, Delomiti) su cui si scorgono patine color rossastro dovute a Chlamydomonas nivalis.

> A fianco: Chlamydomonas nivalis Cellule in stadio vegetativo, precedente all'incistamento, con colorazione giallastra (Monte Crostis, Alpi Carniche)

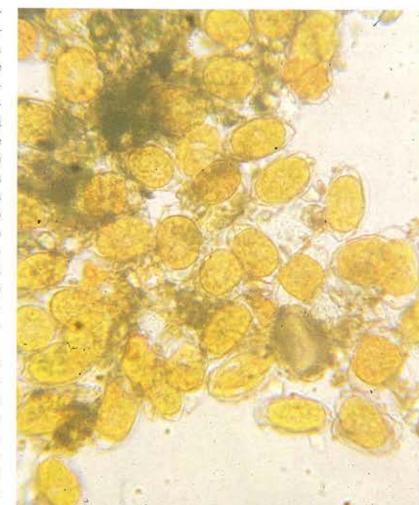
Un titolo come questo può far sospettare che si tratti della cronaca di un incidente di montagna. Non è così, ma sarà pure difficile pensare ad un articolo politicamente colorato. Infatti, il titolo vuole solo trattare delle nevi arrossate, un fenomeno che è possibile incontrare non di rado sulle Alpi Orientali. L'ultima volta che sono salito sul Canin, dalla parte slovena, avevo osservato dalla cresta le caratteristiche chiazze brune-rossastre che macchiavano i resti del ghiacciaio alla fine dell'estate. Avevo incontrato più volte, da vicino, sui nevai in varie parti delle Alpi, questa particolarità della biologia alpina.

Si sa, i ghiacciai ed i nevai non sono le mete preferite dai botanici, gli alpinisti che vi passano hanno in genere altro da pensare e guardano alle vette. Un tempo, la superstizione attribuiva a questi fenomeni segni divini, moniti nel riguardo dei pochi che attraversavano i passi alpini: suggerivano sangue, sventura, il pericolo della natura avversa.

Il razionalismo ha poi spesso accantonato tutto ciò, dando spiegazioni legate a caduta di polveri portate dal vento o qualcosa del genere.

Giuseppe Feruglio nel 1901 in "Escursione al Monte Canin" (In Alto, 5:44), scrive:

..."La neve, dove non era caduta



di recente, era di color rosso che mi sembrava potersi attribuire al Chlamydococcus nivalis'...

Si tratta di un'interessantissima segnalazione, basata su due elementi molto importanti e precisi: l'epoca della salita era la seconda metà di agosto (18/08/1901) e la superficie del ghiacciaio non era coperta da neve recente.

Feruglio non aggiunge ulteriori elementi alla sua ipotesi, tant'è vero che il redattore de "In Alto", Federico Cantarutti, pone a fianco della specie citata un numero che rimanda alla nota seguente ... "Si tratta probabilmente d'un residuo della neve di fango, cadu-

ta su tutta la nostra montagna in un giorno della primavera scorsa, mentre nella pianura lo stesso fenomeno si presentò sotto forma di pioggia. (N. della R.)"

Ritengo che Feruglio avesse avuto un'intuizione corretta, ma per
dimostrarlo avrebbe avuto bisogno di una semplice attrezzatura:
un vaso Dewar, altrimenti noto
come "Thermos". Personalmente ho potuto raccogliere in questo modo, naturalmente dopo
aver svuotato il contenuto del recipiente termostatico, un poco di

polveri ma esseri viventi microscopici, come aveva supposto Feruglio. La neve rossa è dovuta alla presenza nello strato superficiale della neve "vecchia", in fusione, di colonie di alghe microscopiche che in questo ambiente del tutto particolare trovano le condizioni adatte alla vita. In particolare, l'alga verde unicellulare della specie ora chiamata Chlamydomonas nivalis, che, in forma di singole cellule sferoidali, riesce a vivere tra –36°C e pochi gradi al di sopra dello zero (a 4°C

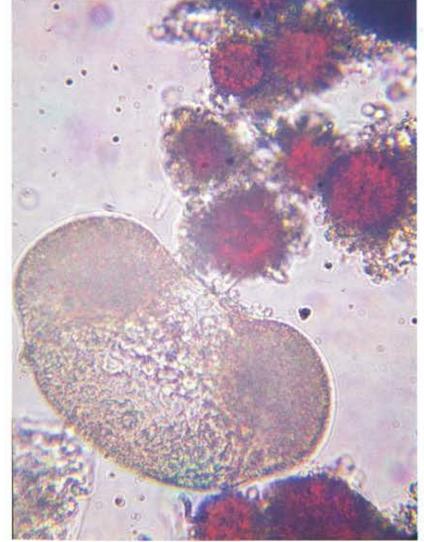
che, pur essendo l'alga verde, accumula sostanze di riserva rossastre in un organo definito ematocromo (contiene astaxantina: un miscuglio di carotenoidi rossi). Le cellule, normalmente provviste di due flagelli e per questo mobili (nuotano nell'acqua di fusione della parte superficiale della neve), hanno colore meno intenso, giallo-verdastro; possono passare a vita latente (quiescenza) formando delle cisti, o dopo l'accoppiamento, degli zigoti, tutti muniti di robusta parete e di colore molto più intenso delle cellule flagellate. Chlamydomonas nivalis fa parte delle alghe verdi, ordine Volvocali (flagellati verdi), possiede una parete cellulosica che copre il protoplasto di forma di solito ovoidale provvisto di due flagelli. Le singole cellule divengono elementi riproduttivi identici, che si uniscono (isogamia) per dar luogo ad uno zigote, con funzione di organo di resistenza che permetterà di superare l'inverno. In estate, sulla superficie fondente dei nevai, dalle forme di resistenza si formeranno numerose unità cellulari flagellate che colo-

A fianco:

Chlamydomonas nivalis

Cellule incistate, di colore
rosso, assieme ad un
granulo pollinico di pino
(Passo Selle, Dolomiti).

La conca del Monte Canin (Alpi Giulie) vista dalla cresta sommitale che porta alla vetto; in fondo la cima del Monte Carnizza. Molto ben visibili sulle rocce i segni della massima estensione del ghiaccialo.

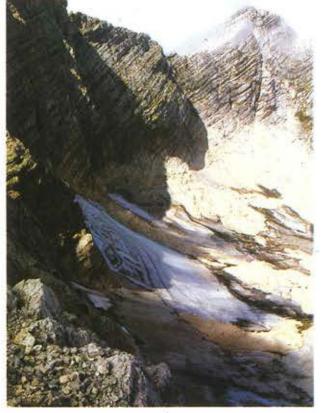


quella "neve rossa", alcune volte: nel 1971 in Dolomiti al Passo Selle (gruppo dei Monzoni, Passo S. Pellegrino), nel 1977 sul Monte Crostis (Alpi Carniche). Portato il tutto a casa, si possono preparare "a fresco" dei vetrini per l'osservazione al microscopio.

Ecco così svelato il mistero: non

già muore). Queste alghe vivono non solo sulle Alpi ma su tutte le nevi del mondo, anche quelle dell'Antartide e dell'Artide. Proprio qui, nel 1818 l'ammiraglio James K. Ross segnalò per primo il fenomeno nella Baia di Baffin a 75° di latitudine nord.

L'arrossamento deriva dal fatto

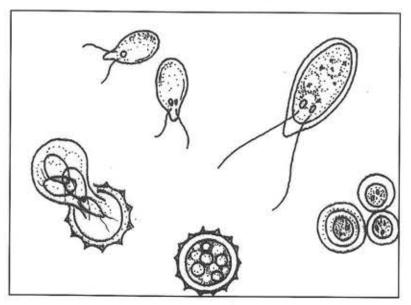


nizzeranno la superficie della neve, dove, in un bagno di luce effettueranno la loro attività fotosintetica.. Non ci sono solo nevi rosse, ma anche nevi verdi dovute ad altre alghe microscopiche (Stichococcus nivalis, Ankistrodesmus nivalis), che fanno parte del "crioplancton" (plancton delle basse temperature) delle montagne e delle zone polari. Queste strane piante non sono gli unici abitatori delle nevi: ricordiamo anche numerosi batteri, protozoi infusori, tardigradi, vermi nematodi, pulci delle nevi (Entomobria nivalis, Isotoma saltans, Desoria glacialis, tutti insetti Collemboli). Questi organismi fanno parte della complessa biocenosi criofila delle nevi, una catena alimentare in cui la produttività primaria è espressa dalle alghe microscopiche, assieme a materiale vegetale estraneo, come i pollini che il vento, dalle valli, ha portato e depositato quassù. Le alghe utilizzano le particelle minerali in sospensione nella neve e possono vegetare fino a 5 cm di profondità (fin dove arriva luce), costitudendo il plancton nivale o crioplancton.

Le nevi colorate da polveri sono meno appariscenti e non così localizzate come quelle su cui sono presenti le alghe criofile. Il redattore di "In Alto" non si fidava dunque di Feruglio, che invece aveva, con ogni probabilità, ragione! Il fenomeno delle "nevi rosse" è abbastanza diffuso sulle Alpi, però non risulta sufficientemente monitorato. Su informazioni di botanici carinziani, le località in cui è stata accertata la presenza di Chlamydomonas nivalis nelle Alpi Orientali sono le sequenti: Falkertsee, Nockgebirge (Kärnten), Gamsleiten-Karsee, Obertauern (Salzburg), Defreggertal, Grossvenediger (Osttirol).

(Si ringrazia il prof. Wilff Vattel di Klagenfurt per le segnalazioni fornite).







Il presente articolo, parzialmente modificato dall'autore, é già stato pubblicato nel numero 7 del **Notiziario del Parco Prealpi Giulie**, la cui Direzione si ringrazia per averne autorizzato la riedizione.

Al centro: Forme vegetative e di resistenza di Chlamydomonas nivalis.

Sotto: il gruppo del Monte Crostis (Alpi Corniche) d'inverno.



La neve, materiale di gioco che si modella in palle e in pupazzi, terreno su cui scivolare, a volte polvere, ghiaccio, cartone, sale grosso, zuppa.

La neve, elemento climatico con il quale bisogna convivere ogni giorno per lunghi mesi: quella dell'uomo del Grande Nord o delle montagne, quella che condiziona il mondo

La neve...

Due nuove pubblicazioni edite da AINEVA "La neve", una simpatica presentazione a fumetti descrive il formarsi della neve nell'atmosfera ed il suo complesso evolversi al suolo. Utile anche al pubblico in età scolare per la semplicità di esposizione unita alla ricchezza di contenuti scientifici.

"Guida all'utilizzo dei bollettini nivometeorologici", si presenta come uno strumento di supporto all'interpretazione delle informazioni contenute nei bollettini valanghe.

0471 271177 anche self fax www.provincia.bz.it/meteo

REGIONE VENETO 0436.780007 Self fax 0436.780008 -

79221 It. Ted. Ingl. Fax pollig 0436.790009

**REGIONE AUTONOMA** FRIULI VENEZIA

www.regione.fvg.it/bolniv/ bolniv.htm

BOLLETTINO UNIFICATO AINEVA 0461.230030

www.sunrise.il/csvdi)

GIULIA

1678/60377

www.aineva.it

Contiene informazioni sulla scala di pericolo e sulle metodologie adottate per la formulazione della previsione. Offre un approfondimento sull'utilità e i limiti territoriali e temporali dei bollettini ed é corredata da ur glossario completo dei termini nivometeo.

Gli opuscoli sono distribuiti gratuitamente da AINEVA e possono essere richiesti allegando £ 1300 in francobolli per la spedizione

Associazione Interregionale Neve e Valanghe Vicolo dell'Adige, 18 38100 Trento Tel. 0461.230305 http://www.aineva.it e-mail: aineva@aineva.it

### Giulio Cozzi,

Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Venezia,

### Carlo Barbante,

Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Venezia, Centro di Studio sulla Chimica e le Tecnologie per l'Ambiente -CNR

### Paolo Gabrielli.

Centro di Studio sulla Chimica e le Tecnologie per l'Ambiente -CNR.

### Sandro Torcini,

ENEA Casaccia, AMB-TEIN-CHIM

### Paolo Cescon.

Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Venezia, Centro di Studio sulla Chimica e le Tecnologie per l'Ambiente -CNR

## CONTAINED ON THE PERIOD OF PERIOD OF

I risultati preliminari di uno studio avviato dall'Università di Venezia nella Provincia di Trento e nella Regione Veneto

Dai risultati di una ricerca, avviata dall'Università di Venezia per studiare la qualità dell'aria sulle Alpi, è emerso che la composizione chimica dell'atmosfera, studiata attraverso l'analisi chimica della neve superficiale, è caratterizzata da una componente "antropica" che ha origine nelle vallate e nelle aree adiacenti all'arco alpino quali la Pianura Padana, da una componente "marina" probabilmente proveniente dal Mare Adriatico ed infine dall'apporto del substrato geologico alpino. E' stato ipotizzato che il processo di trasporto di queste specie ed elementi avvenga a scala locale e regionale, dovuto non solo a moti convettivi all'interno della bassa troposfera ma anche ad un sollevamento provocato da venti orografici e da turbolenze indotte nelle valli dal vento sinottico.



Il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Venezia ha realizzato uno studio relativo alla composizione chimica della neve superficiale, assunta quale indicatore della qualità dell'aria, sulle Alpi della Provincia di Trento e della Regione Veneto durante la stagione invernale 1997-1998 (si veda la presentazione dello studio nel nº 34, agosto 1998, di "Neve e Valanghe"). Il campionamento di neve superficiale, realizzato dagli operatori nivologici dell'Ufficio Neve Valanghe e Meteorologia della Provincia di Trento e del Centro Sperimentale Neve Valanghe e Difesa Idrogeologica della Regione Veneto seguendo delle opportune procedure volte alla minimizzazione della contaminazione durante tutte le fasi di prelievo e conservazione dei campioni, è stato compiuto regolarmente ogni settimana nella maggior parte delle 21 stazioni (fig.1 e 2), prescelte nei pressi di stazioni meteorologiche gestite dagli stessi enti le quali hanno reso possibile la contestuale misura di dati atmosferici.

Fig 3: Profile temporale di concentrazione per il piombo a Malga Bissina (TN).

Elenco e dislocazione delle

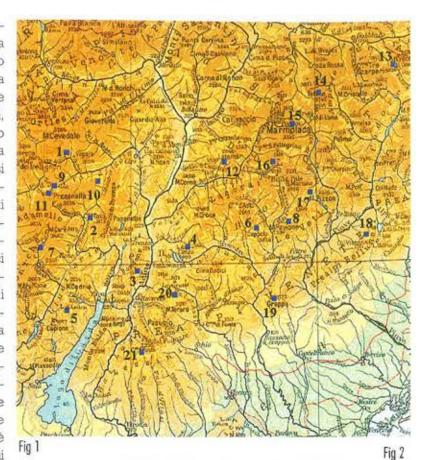
Fig 1 e 2:

stazioni di

compionamento.

La stagione meteorologica invernale 1997-1998 è risultata piuttosto favorevole in quanto le precipitazioni nevose si sono succedute in modo tale da mantenere quasi ovunque la presenza della neve al suolo dal mese di dicembre fino ad aprile inoltrato. Gli eventi si sono concentrati in particolare nel mese di dicembre, nella prima metà di gennaio e nel mese di aprile, mentre i mesi di febbraio e marzo sono stati caratterizzati da condizioni di prevalente stabilità atmosferica.

I campioni di neve raccolti sono stati analizzati per determinare la concentrazione di 16 metalli in traccia, mediante spettrometria di massa a settore magnetico con sistema di ionizzazione al plasma accoppiato induttivamente (ICP-SFMS) nei laboratori del Diparti-



Peio-Monte Vioz Tarlenta (TN) 2030 Manuale Pinzolo Gruppo di Brenta Prarodont (TN) 1530 Automatica e manuale Monte Bondone 3 Viote (TN) 1500 Automatica e manuale Valsugana Panarotta (TN) 1875 Manuale Storo-Alpi Ledrensi Tremalzo (TN) 1550 Automatica e manuale Pieve Tesino-Valsugana Passo Brocon (TN) 1550 Automatica e manuale Gruppo dell'Adamello Malga Bissina (TN) 1780 Manuale Mezzano-Primiero Val Noana (TN). 1025 Manuale Gruppo della Presanella Passo Tonale (TN) 1880 Automatica e manuale Male-Val di Sole Folgarida (TN) 1910 Manuale Gruppo della Presanella 11 Cima Presena (TN) 3040 Automatica e manuale Val di Fiemme-Latemar 12 1900 Manuale Pampeago (TN) Automatica 13 Comelico Passo Monte Croce (BL) 1960 14 Cortina-Tofane Ravales (BL) 2615 Automatica Arabba-Dolomiti Monti Alti di Ornella (BL) 2250 Automatica Cima di Pradazzo (BL) Falcade-Dolomiti Automatica 2200 Agordo-Monte Agner 17 Gosaldo (BL) 1350 Automatica 18 Prealpi Venete Faverghera (BL) 1605 Automatica 19 Prealpi Venete Monte Grappa (BL) 1540 Automatica 20 Altipiano di Folgaria Campomolon (VI) 1735 Automatica Monti Lessini Monte Tomba (VR) 1620 **Automatica** 

Fig 3







mento di Scienze Ambientali dell'Università di Venezia e di 7 ioni maggiori utilizzando la cromatografia ionica nei laboratori del Dipartimento Ambiente dell'ENEA di Roma.

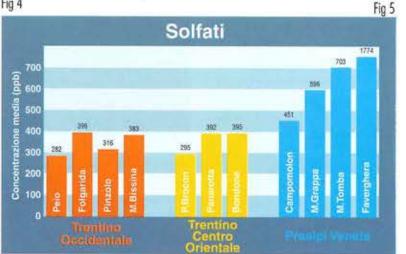
### STUDIO DEGLI ANDAMENTI STAGIONALI DELLE CONCENTRAZIONI

Durante il periodo di campionamento si sono succedute deposizioni umide di particellato atmosferico (aerosol) veicolate al suolo mediante i fiocchi di neve e lunchi intervalli caratterizzati da deposizioni secche verificatesi tra un evento nevoso ed il successivo durante i quali si è avuta l' interazione diretta dell'aerosol col manto nevoso superficiale. Poiché il processo di deposizione secca è più continuo e duraturo rispetto a quello saltuario di deposizione umida, nella neve stazionata al suolo più di una settimana si sono rilevate concentrazioni superiori fino a due tre ordini di grandezza rispetto a quelle riscontrate in

campioni di neve fresca. Un tipico profilo temporale di concentrazione è riportato in figura 3 da
dove si evince come le abbondanti nevicate abbiano la tendenza ad abbattere le concentrazioni di piombo nella neve, mentre
durante i periodi d'assenza di
precipitazioni si ha un progressivo accumularsi delle specie chi-

turbolenza atmosferica. E' emerso che gli ioni maggiori sono i costituenti chimici, tra quelli misurati, il cui apporto settimanale in tale periodo è stato più elevato. In particolare il valore più elevato è risultato quello dei nitrati seguiti dallo ione calcio e dai solfati. I cloruri, il magnesio, il sodio ed il potassio hanno subito appor-





miche sul manto nevoso.

Maggiormente significativo è risultato lo studio degli apporti di aerosol nelle 4 stazioni poste a quota superiore ai 2200 m (Cima Presena, 3040 m in Trentino; Ravales, 2615 m. Monti di Ornella. 2250 m e Cima Pradazzo, 2200 m nel Veneto) in particolari periodi caratterizzati da deposizione secca. Infatti, cuando non intervengono eventi nevosi e fenomeni di fusione sulla superficie del manto nevoso, è possibile osservare l'incremento settimanale delle concentrazioni (fig. 4), unicamente dovuto alla deposizione secca di aerosol provocata da fenomeni di

ti minori ma comunque pur sempre maggiori (da 1 a 4 ordini di grandezza) rispetto a tutti i metalli, ad eccezione del ferro. Per questi ultimi i contributi maggiori si sono avuti per ferro, zinco, manganese, titanio e piombo mentre quelli minori per argento, bismuto ed uranio.

### STUDIO DELLE DISTRIBUZIONI SPAZIALI DELLE CONCENTRAZIONI

Le diversità delle concentrazioni misurate anche nell'ambito di singoli eventi, hanno rispecchiato Foto: Stazione automatica di rilevamento dei dati meteorologici (Conca Preseno)

Fig 4: Incrementi settimanali delle concentrazioni dei metalli in traccia e degli ioni maggiori in 4 stazioni poste al di sopra dei 2200 m durante periodi di deposizione secca: l'apporto più elevato é a carico degli ioni maggiori.

Fig 5:
Concentrazioni medie dei solfati nelle stazioni del Trentino occidentale, Trentino Centro Occidentale e Prealpi Venete al di sopra dei 2000 m: la vicinanza della Pianura Padana alle Prealpi Venete è causa dei maggiori livelli di concentrazione rispetta alle stazioni del Trentino.

renze altitudinali e geografiche; in generale nelle stazioni al di sopra dei 2000 metri di quota si sono riscontrati apporti minori di aerosol. Inoltre le stazioni prealpine del Veneto ed in particolare Monte Grappa (1540 m) e Faverghera (1605 m) sono risultate, in confronto a stazioni del Trentino Occidentale e del Trentino Centro Orientale paragonabili per quota e isolamento antropico, quelle soggette ad un maggior apporto di aerosol (fig. 5). La spiegazione di ciò è riconducibile rispettivamente alla maggiore distanza da sorgenti di emissione antropica delle stazioni trentine ed alla prossimità delle stazioni delle Prealpi Venete alla Pianura Padana, principale area di emissione di aerosol di origine antropica del Nord Italia. Elevate concentrazioni sono state riscontrate anche in altri siti di campionamento del Trentino e del Veneto; tuttavia la spiegazione in questi casi è riconducibile alla presenza locale di sorgenti di emissione antropica quali strade e stazioni sciistiche che, come nel caso della stazione di Passo Tonale (1880 m) (fig. 6), hanno ca-

l'eterogeneità delle stazioni di

campionamento dovuta a diffe-



Fig 6: Profilo temporale della concentrazione di ferro in due stazioni poste a quote differenti: le emissioni antropiche locali influenzono sensibilmente i livelli di concentrazione nella neve superficiale.

Nella foto sopra: momento di campionamento della neve.

Fig.7: lo strato limite, evidenziato dalla foschia sovrastante il fondovalle, ostacola il trasporto verticale dell'aerosol.

### UN'IPOTESI SUL MECCANISMO DI TRASPORTO DELL'AEROSOL

superficiale.

ratterizzato in modo marcato i li-

velli di concentrazione nella neve

L'obiettivo principale di questo studio è stato quello di cercare di mettere in luce la struttura e la possibile provenienza degli aerosol contenuti nelle nevi delle montagne trentine e venete. A tal fine sono stati valutati, mediante delle tecniche statistiche di analisi multivariata, i dati di concentrazione chimica e meteorologici (questi ultimi misurati grazie alle stazioni automatiche e manuali situa-

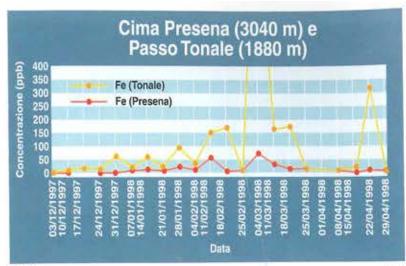


Fig 6 Fig 7



te nei pressi dei siti di campionamento). E' emerso innanzitutto che le concentrazioni delle specie chimiche considerate non sembrano dipendere dai parametri meteorologici presi in esame. In particolare i principali fattori di trasporto orizzontale (l'intensità del vento locale, l'intensità e la direzione del vento sinottico) e di trasporto verticale (gradienti termici in atmosfera libera), sarebbero indipendenti dalla qualità e dalla quantità di aerosol apportato sulle montagne del Veneto e del Trentino. L'indipendenza dei parametri meteorologici da quelli chimici é comunque per ora solamente un'ipotesi. Essa potrebbe essere indotta da vari fattori di tipo sperimentale come l'incompatibilità dell'intervallo di misura temporale o spaziale delle variabili chimiche con quello dei parametri meteorologici, oppure il non sufficiente grado di precisione del dato meteorologico considerato. Si può anche ipotizzare che i modelli descrittivi statistici di tipo lineare utilizzati, come l'analisi delle componenti principali, non siano adequati ad evidenziare relazioni che molto probabilmente possiedono caratteristiche non lineari. Se tuttavia si accetta che le concentrazioni degli analiti siano realmente indipendenti dai principali fattori di trasporto ad ampia scala spaziale, si può ipotizzare che l'aerosol provenga in modo predominante da un contesto di tipo locale o regionale, apportato prevalentemente da turbolenze non riconducibili direttamente ai parametri meteorologici considerati: l'intensità media, la moda del vento sinottico ed

il gradiente termico verticale in atmosfera libera. L'ipotesi che le specie chimiche oggetto di questo studio non possano provenire da grandi distanze, è supportato dal fatto che la fascia altitudinale oggetto del campionamento, è normalmente compresa, durante il periodo invernale, all'interno dello strato limite (fig.7). Questo è uno strato atmosferico posto in prossimità del suolo, caratterizzato da foschie e turbolenze indotte dal riscaldamento del terreno. Esso è delimitato superiormente, ad una quota compresa tra i 300 e i 3000 metri, dalla cosiddetta troposfera libera mediante un'inversione termica presente nell'area alpina tipicamente durante la stagione invernale (Kappenberger et al. 1997). Lo strato limite ostacola il trasporto verticale dell'aerosol tra lo strato sottostante, più contaminato, con gli strati sovrastanti più puliti (Maupetit et al. 1994, Van de Velde et al., 1998). Nell'ambito della fascia altitudinale considerata in questo studio, non si sono però registrate marcate differenze di concentrazione tra le stazioni più elevate (Cima Presena, 3040 m) e quelle a quote minori (Val Noana, 1025 m). La diminuzione di concentrazione degli analiti, registrata con l'aumentare della quota, sarebbe giustificata solamente da un rimescolamento, all'interno dello strato limite, dell'aria dei bassi livelli più contaminati con con quella dei superiori più puliti. La presenza di un'inversione termica in quota, che potrebbe preservare in modo più marcato i più alti siti alpini dalle emissioni inquinanti provenienti da valle, non sembra quindi essere sufficiente a spiegare il decremento riscontrato. Tale interpretazione presuppone che i rapporti quantitativi tra le varie specie rimangano invariati: ciò è confermato dal fatto che la struttura delle relazioni reciproche dei dati

chimici ad alta quota e nei pressi delle stazioni maggiormente soggette ad emissioni antropiche rimane molto simile, proprio come se nelle stazioni di campionamento più elevate fosse avvenuta semplicemente una "diluizione" dell'aerosol proveniente da valle. La constatazione che la provenienza delle specie chimiche sia locale o regionale, non risulta in linea col fatto che tali apporti non siano correlati ai gradienti termici verticali che normalmente regolano il trasporto tra le basse e le alte quote Tuttavia, in media, durante la stagione invernale 1997-1998, come accade spesso in questo periodo, i gradienti termici hanno assunto valori tali da mantenere mediamente la neutralità atmosferica, per cui il meccanismo di scambio convettivo turbolento tra i livelli inferiori e superiori dello strato limite non sembra poter essere l'unico coinvolto nell'azione di mescolamento. E' ipotizzabile dunque che il trasporto di aerosol sia avvenuto anche grazie all'azione di venti di tipo orografico e turbolenze indotte dal vento sinottico. Quest'ultimo infatti, incontrando ostacoli come l'arco alpino, viene indotto a risalire i versanti oppure induce forti turbolenze locali all'interno delle valli dando luogo a correnti ascensionali non correlate né al vento sinottico generante, in quanto la loro direzione è condizionata dall'orientamento spaziale del versante risalito, né alla loro intensità, influenzata da molteplici fattori d'attrito col suolo stesso. Questo processo di trasporto dell'aerosol dalle basse fino alle alte quote potrebbe avvenire non solo in concomitanza dei processi di deposizione secca ma anche attraverso processi di deposizione umida, in quanto l'innalzamento orografico nell'ambito delle precipitazioni invernali sarebbe responsabile fino al 50% del sollevamento verticale

delle masse d'aria umida (Mc Clung, 1997). In questo caso aria proveniente dai bassi strati andrebbe a mescolarsi alle meno contaminate masse d'aria umida degli strati superiori provenienti solitamente dal Mediterraneo e dall'Oceano Atlantico (Maupetit et al., 1994), marcandole così in modo irreversibile. Quest'ipotesi, relativa al meccanismo di trasporto dell'aerosol durante l'inverno 1997-1998 nella fascia altitudinale studiata, è supportata dal fatto che l'aerosol veicolato da precipitazioni nevose possiede una struttura, desunta delle relazioni reciproche degli elementi e specie che lo compongono, simile a quella dell'aerosol apportato durante le deposizioni secche, proprio come se provenisse in ambedue i casi dalle stesse aree di emissione.

### LA STRUTTURA DEL CONTENUTO CHIMICO DELLA NEVE

Ma quali sono esattamente le aree di emissione di aerosol? L'analisi statistica multivariata ha messo in evidenza che le principali aree sarebbero il Mare Adriatico, il substrato geologico della catena alpina e le emissioni antropiche industriali e civili provenienti dalle vallate e dalle regioni adiacenti all'arco alpino (Fig. 8).

Il contributo "marino" è emerso grazie alla buona correlazione esistente tra i cloruri e lo ione sodio nonché dalla constatazione che il rapporto di questi due ioni non si discosta mediamente di molto da quello misurato tra le due specie nell'acqua di mare ([Cl-/Na<sup>+</sup>]=1.803). Il fatto inoltre che sulle Prealpi Venete si siano riscontrati valori medi di concentrazione dello ione sodio e dei cloruri maggiori rispetto al Trentino Occidentale, porta ad ipotizzare che la componente



Fig 7:
L'analisi dei gruppi ha
consentito di evidenziare la
correlazione degli elementi
analizzati: sono cerchiati in
blu gli elementi in traccia
(contributo crostale ed
antropico) ed in rosso gli
ioni maggiori (contributo
crostale, antropico e
marino).

"marina" provenga prevalentemente dal vicino bacino Adriatico. Il contributo "crostale" da parte del substrato geologico dell'arco alpino e quello "antropico" non è stato facilmente discriminabile poiché si è verificata una sovrapposizione contemporanea di emissioni da parte di queste due categorie di sorgenti. Ad ogni modo è emersa piuttosto chiaramente l'origine "crostale" dello ione calcio e dello ione magnesio in quanto sono risultati reciprocamente ben correlati ed il loro rapporto ha assunto un valore mediamente identico a quello esistente tra le due specie nelle rocce carbonatiche (calcari e dolomiti). Si è evidenziata inoltre una considerevole differenza delle concentrazioni medie di queste due specie tra l'area dolomitica ed il Trentino Occidentale: fatto da ricondurre alla diffusa presenza di dolomia, roccia ricchissima di calcio e magnesio, nella prima zona e dalla quasi totale assenza di questo substrato geologico nella seconda, caratterizzata invece soprattutto da graniti e da rocce metamorfiche, tipicamente più povere di queste due specie. L'origine di calcio e maanesio risulta dunque chiaramente dolomitica vista anche la sporadica presenza di questo substrato geologico su tutto il resto dell'arco alpino.

I metalli sono risultati in generale molto ben correlati reciprocamente ma alcuni, quali uranio, manganese, ferro ed in particolare il titanio, vengono ricondotti dalle tecniche statistiche descrittive ad una meno netta, ma ricorrente, origine dolomitica grazie ad un'associazione con lo ione calcio e lo ione magnesio. Ciò è confermato dal fatto che il calcolo del contributo delle rocce carbonatiche alle concentrazioni di questi quattro elementi è risultato in media superiore al 50%. Ambigua è risultata invece la natura di metalli quali bario, zinco e rame a causa di ricorrenti associazioni con i metalli di prevalente natura "crostale" ma con apporti carbonatici del tutto trascurabili probabilmente a causa di contributi non identificati provenienti da substrati geologici differenti da quello dolomitico.

Piuttosto chiara è risultata invece l'origine prevalentemente "antropica" di metalli quali piombo, antimonio, cadmio, argento, cobalto, molibdeno, cromo e vanadio ricondotti dalle tecniche statistiche ad una comune origine grazie ad un'ottima associazione e ad arricchimenti crostali trascurabili almeno da parte delle rocce carbonatiche. Ora, non si può escludere che per questi metalli non sia intervenuto un arricchimento crostale da parte di substrati geologici di natura diversa da quella calcareo dolomitica. Tuttavia la presenza in questo raqgruppamento di elementi quali ad esempio cadmio e piombo, la cui contaminazione antropica risulta di gran lunga superiore a qualsiasi altro apporto naturale (Nriagu, 1989, Van de Velde et al. 1998. Turetta, 1998), riconduce ad un'origine derivante dai processi di emissione industriali e civili (Merian, 1991) anche per gli altri metalli correlati. Per elementi quali ferro, manganese, titanio e uranio, al di là della prevalente origine crostale, resta comunque molto probabile un parziale apporto dovuto ad emissioni antropiche, mascherato da molteplici e significativi contributi derivanti dalla complessa struttura geologica dell'arco alpino.

Sarebbe interessante a questo punto conoscere se le emissioni antropiche di metalli pesanti, caratterizzanti le nevi alpine, avvengano principalmente a partire dalle vallate delle Alpi oppure dalle regioni adiacenti all'arco alpino. Ebbene, per i metalli di natura spiccatamente "antropica"

esisterebbe una sovrapposizione non distinguibile di contributi locali e regionali; ciò varrebbe soprattutto per elementi quale il piombo ed il vanadio, legati alle emissioni veicolari diffuse su tutto il territorio tramite la rete stradale. Tuttavia proprio l'evidenziata associazione del piombo e vanadio con metalli quali antimonio, cromo, cobalto e argento, legati a processi produttivi indubbiamente poco diffusi nelle vallate alpine, come le emissioni in atmosfera dell'industria dei minerali non ferrosi, dei processi di produzione energetica tramite combustione e di raffinazione (Merian, 1991), induce a pensare ad un'origine regionale non ben identificata, a causa dell'omogeneità territoriale delle concentrazioni dei metalli a parità di quota. Secondo gli ultimi studi svolti da questo Dipartimento la concentrazione di Pt. Pd e Rh é aumentata notevolmente nel corso degli anni '90, sia nei ghiacci polari che in quelli alpini. Dati pubblicati recentemente infatti (Barbante et al. 1999) hanno evidenziato che questo incremento nei livelli di concentrazione di tali elementi, è risultato essere anche di 100 volte superiore ai loro livelli naturali. E' stata anche evidenziata nei campioni di neve prelevati, la presenza di platino, palladio e rodio. Tali elementi, che costituiscono la parte attiva delle marmitte catalitiche delle nostre automobili, possono venire rilasciati nell'ambiente e costituire una nuova fonte di contaminazione ambientale. Anche per le specie dei nitrati e dei solfati è stata evidenziata, grazie all'analisi statistica multivariata, un'origine prevalentemente "antropica" con un minoritario apporto di tipo "marino" per i solfati, rivelato grazie al confronto dei rapporti di questa specie con i "markers" marini dello ione sodio e dello ione cloro. L'origine prevalentemente



"antropica" di solfati e nitrati è riconducibile alle emissioni (preponderanti rispetto a tutti i processi naturali) autoveicolari, industriali e civili di anidride solforosa e ossidi di azoto (Inventario emissioni, Corinair 1990; Piano di tutela dell'aria, Provincia di Trento 1998), a partire dai quali vengono originati, attraverso processi chimici in atmosfera, i nitrati ed i solfati. Queste specie che sembrano avere un ruolo importante nel regolare l'acidità dell'atmosfera, non sembrano essere però associate agli altri metalli di origine antropica (solo i solfati alle alte quote ed in precipitazioni di neve fresca risultano correlati discretamente ai metalli di natura "antropica"). Questo potrebbe essere dovuto alle differenti proprietà fisiche e chimiche del particellato vettore dei metalli rispetto a quello veicolante nitrati e solfati. Tuttavia, come già osservato, la presenza di una marcata differenza di concentrazione tra le Prealpi Venete ed il Trentino Occidentale, per quanto riguarda queste due specie, nonché di una buona associazione di queste con l'aerosol "marino" di origine adriatica, induce ad ipotizzare una sovrapposizione di traiettorie d'arrivo al di sopra della Pianura Padano Veneta. Quest'area risulterebbe dunque la zona di emissione principale di quelle specie gassose che, trasformatesi in nitrati e solfati nell'atmosfera, raggiungerebbero in seguito le zone alpine del Veneto e del Trentino.

### CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Dai risultati della ricerca è emerso dunque che l'atmosfera alpina è caratterizzata da una componente dell'aerosol di tipo antropico con una netta influenza delle componenti naturali. Lo studio compiuto ha avuto dunque una valenza di tipo sia locale che regionale rivelandosi un ottimo strumento per individuare contaminanti di origine antropica che, pur mantenendo nella neve livelli di concentrazione molto bassi, rappresentano per il loro contenuto in metalli pesanti, un rischio potenziale per la salute.

Per continuare a monitorare in generale la composizione qualitativa dell'aerosol alpino del Trentino e del Veneto sarebbe probabilmente sufficiente stabilire, vista la ridondanza strutturale del particellato nei vari siti, un numero inferiore di punti di osservazione in luoghi remoti posti ad una quota comunque non inferiore ai 2000 metri, in modo da poter evitare il più possibile la forte influenza delle emissioni provenienti dalle aree adiacenti al sito.

Per compiere degli studi su scala continentale, sarebbe invece opportuno campionare la neve superficiale durante la stagione invernale ad una quota almeno superiore ai 3000 m, ovvero al di sopra del menzionato strato limite. Questo vincolo risulta altamente problematico, soprattutto logisticamente, nel caso si voglia compiere un campionamento re-

golare e ravvicinato nel tempo. Potrebbe dunque essere più indicato compiere il campionamento in primavera, prima che sopraggiungano percolazioni da fusione lungo l'intero profilo del manto nevoso, costituito dagli strati accumulatisi durante le precipitazioni invernali. In questo modo si potrebbe effettuare il campionamento sfruttando la cosiddetta tecnica dello scavo in "trincea", che metterebbe così in evidenza gli strati invernali, limitando significativamente l'impegno logistico ad un periodo di pochi giorni. Sarebbe così possibile campionare ogni singola precipitazione invernale, riferendola ad una data e a condizioni meteoclimatiche precise, grazie all'esperta valutazione degli operatori nivologici e meteorologici che verrebbero così coinvolti in maniera più diretta e ancor più proficua nella ricerca.

### Bibliografia

BARBANTE ET AL. (1999): "Determination of Rh. Pd. and Pt in Polar and Alpine Snow and Ice by Double-Focusing ICPMS with Microconcentric Nebulization", Anal. Chem. 71, 4125-4133.

CORINAIR (1990), Inventario delle emissioni atmosferiche europee, UE.

KAPPENBERGER G., KERKMANN J., (1997), "Il tempo in montagna, manuale di meteorologia alpina", Zanichelli, Milano,

MAUPETIT F., WAGENBACH ET AL., (1994), "Seasonal fluxes of major ions to a high altitude cold alpine glacier", Atmospheric Environment, 29, 1,1-9.

MCCLUNG P. SCHAERER, (1996), "Manuale delle valanghe", Zanichelli.

MERIAN E. ET AL. (1991), "Metals and their compounds in the environment: Occurrence, Analysis and Biological relevance", Ed. VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge.

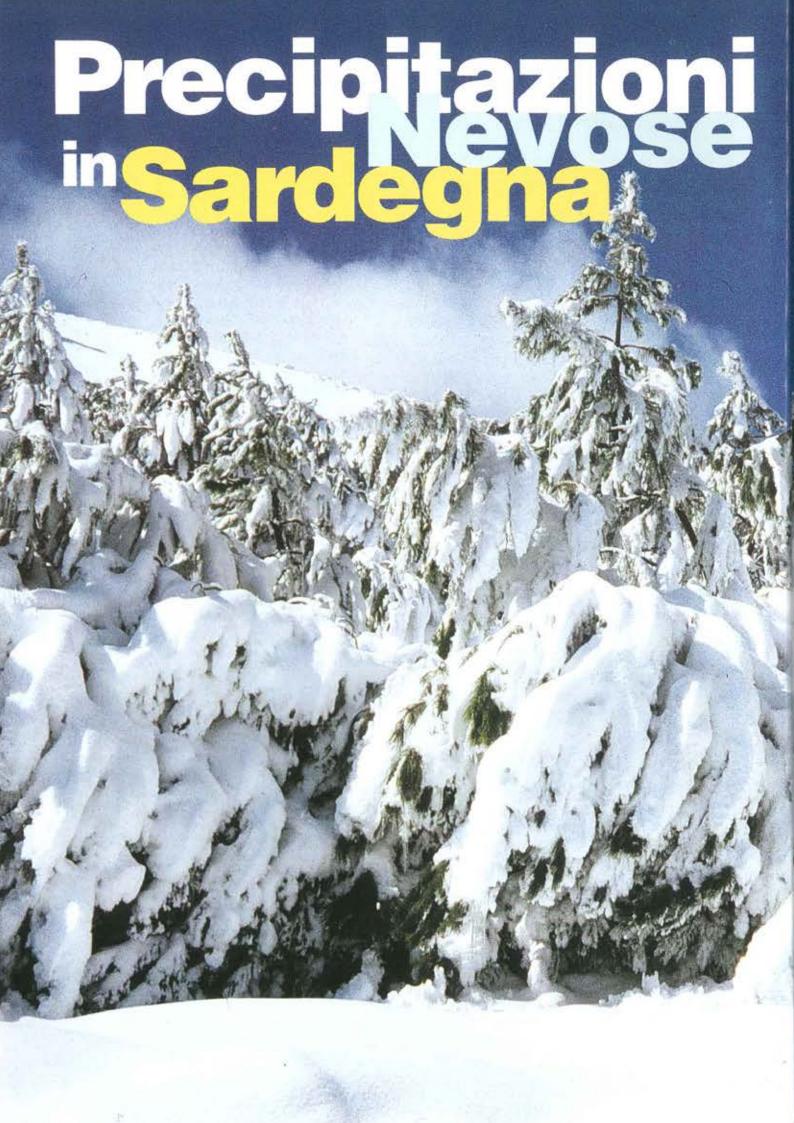
NRIAGU J.O., PACYNA J.M., (1989), "A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals", Nature, 338, 47-49.

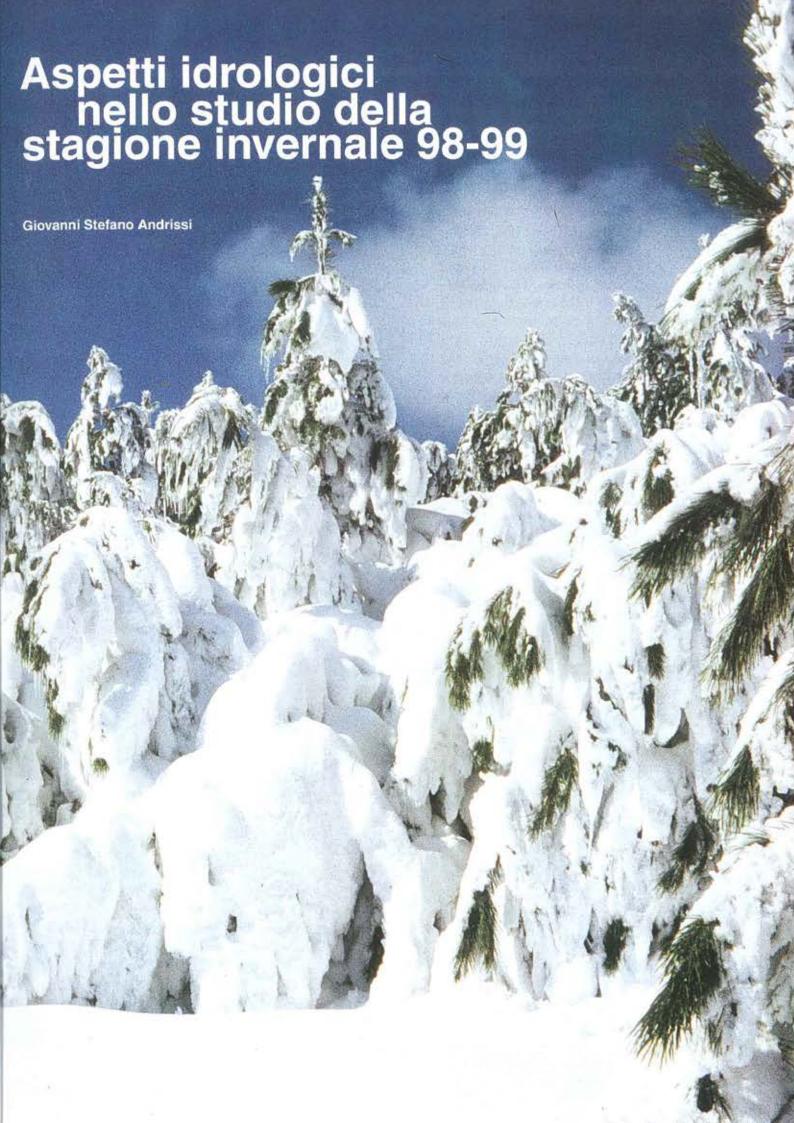
PROVINCIA DI TRENTO, (1998), "Piano provinciale di risanamento e tutela della qualità dell'aria", Agenzia Provinciale Per la Protezione dell'Ambiente.

TURETTA A., (1998), "Modificazioni ambientali atmosferiche degli ultimi secoli ricostruite attraverso lo studio di carote di neve e ghiaccio del Monte Rosa", Tesi di Laurea, Università di Ca' Foscari di Venezia.

VAN DE VELDE K. ET AL., (1998),
"Seasonal variations in the occurrence of
heavy metals in high altitude ice from the
French-Italian Alps dated from the 1960s:
sources versus meteorological
parameters", Earth and Planetary Science
Letters.

prelievi





Anche nelle regioni caratterizzate dal clima di tipo mediterraneo, rivestono una notevole utilità dal punto di vista idrologico, gli studi sulle precipitazioni nevose che si verificano sui rilievi maggiori. Le precipitazioni sotto forma solida sono infatti, grazie alla loro maggiore permanenza sul terreno, in grado di esercitare i loro benefici influssi sulle sorgenti e sui corsi d'acqua in misura nettamente superiore a quanto facciano le piogge. La nivologia si rivela pertanto un valido supporto agli studi di carattere idrologico unitamente a quelli più tradizionali di tipo climatico e meteorologico.

Pagine precedenti: Esempio di precipitazione nevosa nelle 24 ore sul Monte Spada m 1595.

In questo pogino: Episodio particolare di galaverna sulla cima del Gennargento in concomitanza del periodo stagionale più freddo (fine gennaio 1999).



Fig 1

In Sardegna è possibile individuare diversi massicci montuosi che oltre ad interrompere l'uniformità del paesaggio, determinano delle situazioni ambientali (climatiche, vegetazionali ecc.) particolari rispetto a quelle tipicamente mediterranee del resto dell'isola. Procedendo da nord verso sud l'elenco dei massicci superiori ai 1000 metri di quota comprende:

- Il massiccio del Limbara (quota massima 1362 metri sul mare);
- · Le montagne dell'area di

Pattada-Buddusċ-Alà dei Sardi (circa 1100 metri);

- Il monte Albo nei pressi di Siniscola (allineamento di cime, max. 1127 metri);
- Le "catene" del Marghine-Goceano (quota massima 1258 metri);
- Il Supramonte di Oliena-Orgosolo (quota massima 1463 metri);
- •Il Montiferru di Cuglieri-S.Lussurgiu (quota max. 1050 metri);
- I monti del Gennargentu ( quota massima 1834 metri e diverse cime oltre i 1800);
- Le cime dell'Ogliastra da Lanusei a Dorgali (circa 1300 metri);
- Il monte Linas di Gonnosfanadiga (quota massima 1236 metri):
- •Il monte Serpeddi (quota massima 1067 metri)
- •I monti dei Sette Fratelli (quota massima 1023 metri);
- · Il massiccio dei monti del Sulcis

(quota massima 1116 metri).

Dal punto di vista nivologico è il Gennargentu, principale massiccio dell'isola, a rivestire il ruolo fondamentale in quanto ricoperto di neve per diversi mesi dell'anno, alle quote superiori ai 1500 metri. Secondariamente si collocano il massiccio del Limbara ed il Supramonte di Oliena-Orgosolo, che sebbene soggetti a frequenti precipitazioni nevose sulle cime, non conservano accumuli significativi per periodi superiori ai dieci giorni consecutivi. Gli altri massicci sono da considerare solo in caso di eventi meteorologici particolari, come forti irruzioni di masse d'aria dal primo quadrante (nordest) che alle quote più elevate, possono determinare precipitazioni e accumuli anche di 30-40 cm, soggetti tuttavia ad una rapida fusione nell'arco delle 48-72 ore seguenti.

Il presente lavoro si riferisce pertanto in modo particolare all'ana-



tatto ed i metodi di studio utilizzati sono comuni a molte delle discipline scientifiche fondamentali tra le quali la fisica, l'idrologia, la meteorologia, la climatologia, la geologia applicata e la geomorfologia.

Lo studio della neve e degli accumuli che si verificano sui versanti con il succedersi delle precipitazioni, riveste una notevole importanza anche nelle regioni mediterranee dove, nelle zone montuose, la neve permane per un più o meno lungo periodo sul terreno.

L'utilità delle indagini nivologiche si rivela determinante per molti settori tra i quali sono importantissimi quelli legati alla sicurezza ai fini turistico-sportivi e della viabilità. Mediante le indagini nivologiche è infatti possibile riconoscere i tipi di metamorfismo in atto nei diversi strati costituenti il manto nevoso per eviden-

Superficie alle diverse quote nei principali massicci montuosi dell'isola, in Km²

| Quota metri: | Gennargentu | Supramonte | M. Limbara |
|--------------|-------------|------------|------------|
| 1100         | 280.5       | 13.6       | 7.8        |
| 1200         | 130.5       | 7.6        | 2.8        |
| 1300         | 77.5        | 1.7        | 0.9        |
| 1400         | 48.4        | 0.4        |            |
| 1500         | 22.7        |            |            |
| 1600         | 8.7         |            |            |
| 1700         | 3.4         |            |            |
| 1800         | 0.4         |            |            |

lisi dell'andamento nivologico relativo alla stagione "fredda" 1998/ 99 sul massiccio del Gennargentu e secondariamente sui gruppi del Limbara e del Supramonte Fig. 1.

### IL RILEVAMENTO DEI DATI NIVOLOGICI

La nivologia è la disciplina che si occupa dello studio della neve e delle sue modificazioni, dalla nascita del piccolo cristallo al suo deposito sulla superficie, fino al suo scioglimento. I punti di conziandone la stabilità o, individuando situazioni di potenziale pericolo che potrebbero portare all'improvviso distacco di masse di neve (valanghe). E' inoltre possibile trarre informazioni utili alla previsione della evoluzione degli strati e della durata del manto nevoso nelle 24-48 ore successive alle analisi, fornendo in tal modo, elementi importanti per gli addetti alla manutenzione delle piste dedicate allo sci.

Ma nella media montagna medi-

terranea è dal punto di vista idrologico che queste indagini rivestono una importanza almeno pari a quella della sicurezza. Non va dimenticato infatti che la neve accumulatasi nei mesi invernali. costituisce una preziosa riserva di acqua, che si renderà disponibile in maniera continua, facilmente prevedibile e quantificabile. con la fusione primaverile delle nevi, e andrà ad alimentare numerose sorgenti e corsi d'acqua. La del conoscenza regime nivologico delle montagne è di grande utilità nelle regioni che come la Sardegna, sono soggette ad un clima caratterizzato da frequenti deficit pluviometrici. soprattutto nelle zone costiere e di pianura. Tuttavia, forse per il fatto che si svolgono in un ambiente non familiare alla grande maggioranza dei ricercatori o forse perchè si è sempre dato troppo peso ai luoghi comuni che indicano le isole del mediterraneo come territori assolutamente "immuni" dal fenomeno neve, ci si è dimenticati molto spesso che le aree montuose al di sopra di una certa quota, sono proprio quelle in cui si verificano le maggiori precipitazioni, in grado di "integrare", anche notevolmente, le disponibilità idriche superficiali di queste regioni.

Ricordo che le ricerche relative alla climatologia ed ai fenomeni di accumulo e fusione della neve sul Gennargentu, (Andrissi, 1997), hanno evidenziato il verificarsi di un numero di precipitazioni con altezza uguale o maggiore a 40 cm compreso tra 6 e 8 volte per stagione, con valori della massa volumica della neve fresca frequentemente compresi tra 100 ed oltre 200 Kg/m³.

Questo significa che ad una singola precipitazione di 40 cm, (di neve), con una massa volumica media di 150 Kg/m³, alla quota di 1500 metri, corrisponde un equivalente in acqua di 60 mm, ovvero un accumulo sul terreno di circa 60 litri di acqua per m2. A partire da tale quota è bene ricordare che le precipitazioni nevose tendono a conservarsi, sovrapporsi e per effetto sia del carico degli strati sovrastanti sia di altri fattori, a compattarsi ulteriormente. In tal modo si può arrivare facilmente a valori medi di 300 Kg/ m³ che, nel caso di uno spessore totale del manto nevoso di 70 cm corrispondono a 210 litri di acqua per m2. Da questo semplice esempio risulta evidente come sul Gennargentu, tutto sommato un "modesto" rilievo, nel corso della intera stagione invernale, possono essere presenti sotto forma di accumuli di neve, anche più di 15 milioni di m3 di acqua, considerando una superficie innevata di circa 50-70 Km2, che come si può osservare nella Fig.2 corrisponde ad una quota intermedia tra i 1300 ed i 1400 metri.

L'importanza di questo tipo di deposito relativamente ai fenomeni di infiltrazione appare evidente, considerando la diversa "evoluzione" caratteristica della neve al suolo rispetto a quella tipica delle precipitazioni in forma liquida.

Nella pagina a fronte:

galaverna in vetta al

Gennargentu.

singolare formazione di

Una conoscenza più approfondita e relativa a diversi anni di osservazioni, dell'andamento stagionale delle precipitazioni nevose può pertanto fornire utili informazioni per una migliore comprensione del regime idrologico di numerosi importanti bacini dell'isola, che in montagna ricevono le maggiori precipitazioni.

### GLI STRUMENTI E LE MODALITA' DEL RILEVAMENTO

Sul Gennargentu così come sul Supramonte e sul Monte Limbara non vi sono installate stazioni di rilevamento dei dati nivometeorologici; pertanto l'acquisizione degli stessi, soprattutto sul Gennargentu alle quote di 1700 e Scheda di rilevamento

Rilevatore: GSA Data: 20/3/1999

Data: 20/3/1999 Località: Gennargentu
Quota: 1700 m Esposizione: N-NE

Dati meteorologici

Condizioni del tempo: 00

Nuvolosità: 2 Visibilità: 4 Vento: 0 Temp. aria: 01

Dati nivometrici

h. manto nevoso (cm): 70 Strato superfic.: 22 h. neve fresca (cm): 0 Rugosità superfic.: 1

Brina di superficie: 0

### Caratteristiche degli strati

| Strato | H. cm | Temp. | Test della<br>mano    | Cont.<br>acqua | Massa volumica<br>Kg/m³ |
|--------|-------|-------|-----------------------|----------------|-------------------------|
| 4      | 10    | 0     | Crosta fusione rigelo | 121            | 17 <u>1</u> 1           |
| 3      | 30    | 0     | ×                     | 3              | 330                     |
| 2      | 5     | -1    | Crosta fusione rigelo | *              | 380                     |
| 1      | 15    | 0     | ×                     | 2              | 310                     |

1800 metri ha comportato frequenti ed a volte difficoltose, per la impraticabilità delle strade, "visite" ad un campo di rilevamento localizzato sul versante nord del monte Bruncu Spina, (es. pag 40). Sulla cima di questa montagna ha funzionato per un breve periodo una stazione automatica di rilevamento del Servizio Agrometeorologico Regionale che a causa della sua "infelice" collocazione ha subito gravissimi danni per i grossi depositi di galaverna ed il vento nelle prime situazioni "invernali".

I rilevamenti nivologici e meteorologici sono stati effettuati secondo le modalità previste dalla A.I.NE.VA., Associazione Interregionale Neve e VAlanghe con sede a Trento che per la parte meteorologica segue le indicazioni dettate dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale e per quella nivologica quelle adottate a livello europeo dalle principali organizzazioni tecniche del settore. In occasione di ciascun rilevamento è stata compilata una scheda, come quella illustrata nella

fig.3, dove sono state riportate le misure relative a:

- · Dati identificativi della località;
- · Principali dati meteorologici;
- Principali dati nivometrici;
- Caratteristiche fondamentali degli strati individuati.

Per quanto riguarda i dati meteo è stato utilizzato un codice semplificato che trae spunto da quello di provata efficacia elaborato dall'AINEVA ed indicato come Modello I.

Così le condizioni del tempo indicano quelle effettivamente presenti in loco al momento della osservazione, la nuvolosità è espressa in ottavi di cielo coperto, la temperatura dell'aria è stata misurata mediante un termometro a fionda mentre, per quanto riquarda le minime è stata fatta la media dei valori riportati da due termometri a minima, (precisione 0.3 °C), collocati ad una distanza di due metri dalla superficie. Va sottolineato che le differenze nei valori delle temperature registrati dai due termometri sono risultate minime pur essendo uno dei due collocato all'interno di -



una semplice struttura protettiva appositamente costruita. Anche nel caso della visibilità si è fatto ricorso alle indicazioni riportate nel modello prima citato.

L'altezza del manto nevoso è stata misurata direttamente con una normale sonda mentre per quella della neve fresca, quando è stato possibile, ci si è serviti di una tavola quadrata di 40 cm di lato. Le caratteristiche dello strato superficiale, la rugosità e la presenza o meno di brina sono state determinate in accordo ai codici AINEVA.

Al termine di questa prima serie di rilevamenti è stata scavata la cosiddetta "buca" (una corta trincea), per l'esecuzione del profilo stratigrafico sulla parete in ombra. Come si può vedere nella Fig.3, per ogni strato sono stati rilevati lo spessore, la temperatura al centro dello strato, l'eventuale contenuto in acqua (liquida) ed è stato effettuato il test della mano per la determinazione del grado di durezza. La massa volumica è stata determinata, per ogni strato, pesando con un dinamometro una

carota di neve ricavata tramite un cilindro del volume di 0.5 litri. Questa semplice misura consente di conoscere sia il contenuto di acqua immagazzinata in ogni strato sia il deposito totale di acqua sotto forma solida per metro quadrato. Conoscendo i Km² di superficie innevata e le caratteristiche di ogni strato si possono pertanto determinare i m³ accumulati sui versanti.

### LA STAGIONE INVERNALE 1998/99 SUL GENNARGENTU

Le prime deboli nevicate si sono verificate già a partire dalla fine del mese di Ottobre quando i primi afflussi di aria relativamente fredda hanno portato la temperatura, nelle ore notturne ed oltre i 1600 metri di quota, su valori poco inferiori agli zero gradi. Tuttavia il risalire diurno delle temperature unitamente al flusso di calore proveniente dal terreno hanno avuto ragione in breve tempo della neve caduta comunque in spessori mai superiori ai 3-5 cm. Il mese di novembre ha visto un

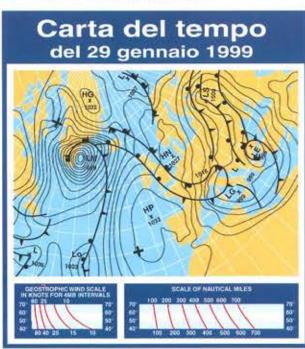


Fig 4

solo episodio con valori leggermente superiori (circa 12 cm) rispetto a quelli di ottobre mentre
non sono mancati episodi di pioggia che hanno spesso determinato lo scioglimento della poca neve
presente anche a 1800 metri. Le
prime precipitazioni di tipo invernale, spesso tipiche della fine del
mese di Novembre, si sono verificate invece poco prima della
metà di Dicembre ed hanno dato

luogo ad accumuli persistenti che sui versanti oltre i 1500 metri hanno raggiunto i 50 cm, con una punta di 83 cm sul versante nordest del monte Bruncu Spina alla quota di 1810 metri. Da questo momento la neve è stata sempre presente sul Gennargentu permettendo anche prima del periodo natalizio la pratica degli sport invernali.

La fine del mese di Dicembre è stata caratterizzata dall'alternarsi del passaggio di perturbazioni atlantiche, che hanno provocato precipitazioni nevose generalmente al di sopra dei 1300 metri, ed afflussi di aria dai quadranti meridionali con innalzamento del limite delle nevicate oltre i 1700-1800 metri. Le prime settimane di Gennaio sono state caratterizzate, in montagna, da frequenti condizioni di cielo sereno, non si sono avute particolari precipitazioni e la neve presente sui versanti, in forma continua oltre i 1500-1600 metri ha subito localmente, oltre al normale processo di assestamento, anche un metamorfismo da fusione-rigelo con formazione di uno strato superficiale piuttosto duro e compatto.

Alla fine del mese le condizioni meteorologiche hanno subito un radicale cambiamento e sono state caratterizzate dal persistente afflusso di aria polare di origine siberiana che a causa della interazione con quella più umida presente sul Mediterraneo ha dato l'avvio, anche in Sardegna, alla fase più fredda e nevosa, almeno alle quote meno elevate, degli ultimi dieci anni, come si può ben vedere dalla analisi<sup>1</sup> riportata in Fig. 4.

E' importante distinguere le quote elevate da quelle di bassa montagna o collina perchè, almeno per quanto riguarda le precipitazioni nevose, tra queste non si sono avute, con l'innalzarsi della quota, delle significative differenze nei valori registrati in occasio-

### Rilevamento del giorno 7/2/1999 sul monte Bruncu Spina ore 10-12

| Quota<br>metri | Temp. aria<br>°C | Altezza neve<br>Cm | Massa Vol.<br>Kg/m³ | Tipo<br>neve | Note                        |
|----------------|------------------|--------------------|---------------------|--------------|-----------------------------|
| 1500           | -6.5             | 75                 | 170                 | А            | A 35 cm<br>CF/RG            |
| 1700           | -6               | 110                | 210                 | Α            | A 45 cm<br>CF/RG            |
| 1800           | -5.5             | 193                | 260                 | А            | A 50 cm<br>CF/RG<br>A 90 CV |

### Rilevamento del giorno 8/2/1999 sul monte Spada ore 9-10

| Quota<br>metri: | Temp, aria<br>°C | Altezza neve<br>Cm | Massa Vol.<br>Kg/m <sup>3</sup> | Tipo<br>neve | Note             |
|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------------|--------------|------------------|
| 1350            | -5               | 45                 | 135                             | A            |                  |
| 1550            | -6               | 80                 | 175                             | Α            | A 30 cm<br>CF/RG |

In entrambe le tabelle e' indicata la media della massa volumicadei singoli strati. A indica la neve asciutta; CF/RG=Crosta da fusione e rigelo; Cv=Crosta da vento. La distanza in Cm e' dal suolo.

ne degli eventi più consistenti. Così mentre i 35 cm registrati a Nuoro (m. 550) ed i 45 di Fonni (m. 1000) possono essere considerati valori molto elevati per un singolo episodio, non si può dire altrettanto per i 50-55 del Bruncu Spina a 1700 metri di quota dove, anche nel corso delle precedenti stagioni invernali caratterizzate da precipitazioni nevose non certo abbondanti, si sono diverse volte raggiunti questi valori.

Questa situazione meteorologica ha comunque avuto una durata di circa due settimane grazie al sopraggiungere di nuovi afflussi di aria polare ed ha dato luogo alla formazione di un manto nevoso abbastanza stabile, con una altezza media di 40 cm a 1300 metri. di 65 a 1500 metri e di 80-90 a 1700 metri. Le basse temperature caratteristiche del periodo, (valori minimi anche inferiori ai -13 °C e massimi non superiori a -3 °C a 1500 metri), hanno prodotto precipitazioni nevose con cristalli dalla forma abbastanza inconsueta per queste località. Infatti

sono state osservate in diverse occasioni forme a piastre, a colonne cave, dendritiche, attribuibili alle classi 1c, 1a e 1d nella classificazione ICSI (1990) o alle classiP2e-P2g, Cle-Clf, Ple-P2c della classificazione di Magono and Lee's (1966). I valori della massa volumica della neve fresca sono stati generalmente piuttosto bassi e hanno oscillato tra i 60 ed i 100 kg/m3. Alcuni dati della indagine eseguita il giorno 7 sul monte Bruncu Spina ed il giorno 8 sul monte Spada sono riassunti nella Fig.5.

In entrambe le tabelle è indicata la media della massa volumica dei singoli strati.

A indica la neve asciutta; CF/RG = Crosta da Fusione e Rigelo; Cv

= Crosta da Vento.

La distanza in cm è dal suolo.

Nella Fig.5 è indicata la quota di 1800 metri corrispondente al centro di una vasta area di accumulo situata sul versante nordnordest della seconda cima del Gennargentu. Questa area offre la possibilità di analizzare i





metamorfismi subiti dagli strati nel "lungo" periodo, in quanto è quella dove maggiormente si conservano le precipitazioni nevose, dal tardo autunno alla primavera inoltrata.

Nell'intervallo temporale appena descritto il pericolo per quanto riguarda la probabilità del distacco di valanghe, in modo particolare di tipo puntiforme, ha raggiunto localmente il grado 3 (Marcato), dei cinque previsti dalla Scala Europea, a causa dei notevoli accumuli e delle basse temperature che hanno rallentato l'incremento della coesione tra i grani. Fortunatamente si sono avuti solo alcuni piccoli scaricamenti che non hanno causato alcun danno, in zone impervie quali il versante nord della punta Lamarmora, scarsamente frequentate da turisti nel periodo invernale.

Dal punto di vista idrologico è in-

teressante notare la netta diminuzione nelle portate osservata nelle sorgenti collocate alle quote più elevate, i cui bacini di alimentazione sono direttamente interessati ed influenzati dai fenomeni di accumulo e di fusione della copertura nevosa. Il fenomeno è risultato evidente anche nei versanti meridionali, normalmente soggetti a più rapidi metamorfismi e/o a fusione accelerata per via della maggiore quantità di energia ricevuta dal sole.

A tale proposito, sarebbe molto utile poter disporre di strumenti posizionati su versanti opposti, a diverse quote, per determinare "sul campo" l'entità dei reali apporti di calore che teoricamente dipendono dall'angolo di incidenza dei raggi solari sul terreno ma, come è noto, sono influenzati da molti altri fattori. Sulla base della esperienza si può tuttavia osser-

vare che su queste montagne, l'influenza di gran lunga più importante nello sviluppo dei diversi metamorfismi, così come sulla permanenza della copertura nevosa, è determinata dalle caratteristiche proprie delle diverse masse d'aria che investono il rilievo. Queste, per la loro frequente variabilità e diversità sono, in prima approssimazione, capaci di provocare nel manto nevoso effetti superiori a quelli dovuti alle differenze nella radiazione solare ricevuta dai versanti.

Valori normali per il periodo si sono ripristinati solo nei giorni sequenti la fine dell'ondata di freddo. Le sorgenti collocate alle quote comprese tra i 1300 ed i 1400 metri non hanno invece evidenziato significative variazioni, probabilmente, per la maggiore ampiezza del proprio bacino. Con la fine della seconda settimana di Febbraio, esauriti guasi del tutto gli afflussi di masse d'aria di provenienza siberiana e balcanica, si è instaurato un tipo di tempo più comune nel periodo invernale, caratterizzato dal passaggio di perturbazioni di tipo "atlantico" che ha dato luogo alla consueta alternanza nel passaggio dei fronti sull'Isola.

Le temperature si sono riallineate ai valori medi del periodo che sono indicati, in funzione dell'ora e della situazione meteorologica, nella Fig.6, per la quota di 1500 metri e nella Fig.7, per la quota di 1800 metri.

Le conseguenze più evidenti del ritorno alla normalità sono state l'innalzamento del limite medio del cambio pioggia-neve dai 900-1000 metri ai 1300-1500 e la scomparsa quasi totale del manto nevoso alle quote inferiori ai 1400 metri.

Durante questa fase protrattasi dalla seconda settimana di Febbraio alla meta del mese di Marzo,non sono mancati i momenti più "freddi", con valori miSopra: Innevamento nell'alta valle del Rio "Aratu", nel Gennargentu.

Sotto: Coscata sul Rio Linas alimentata dalla neve di fusione

### Valori tipici delle temperature in °C nel periodo 15/02-15/03 a 1500 metri di quota

| Ora della<br>osservazione | Provenienza del<br>vento: Quadr.<br>Settentrionali | Provenienza del<br>vento: Quadr.<br>Meridionali | Alta pressione<br>stabile |
|---------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|
| 08.00                     | -2 + -4                                            | -1+2                                            | -5 + -2                   |
| 12.00                     | -2 + 2                                             | 1+4                                             | -1+3                      |
| 15.00                     | -1 + 3                                             | 2+5                                             | 1 + 4                     |
| 20.00                     | -4+-2                                              | 0+3                                             | -4+-2                     |

Fig 6

### Valori tipici delle temperature in °C nel periodo 15/02-15/03 a 1800 metri di quota

| Ora della<br>osservazione | Provenienza del<br>vento: Quadr.<br>Settentrionali | Provenienza del<br>vento: Quadr.<br>Meridionali | Alta pressione<br>stabile |
|---------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|
| 08.00                     | -6 + -4                                            | -2 ÷ 0                                          | -7+-3                     |
| 12.00                     | -3 + I                                             | 0+3                                             | -2 + 2                    |
| 15.00                     | -2 + I                                             | 1+3                                             | -1 + 2                    |
| 20.00                     | -6 + -3                                            | -1 + I                                          | -6+-3                     |

Fig 7

### Rilevamento del giorno 16 marzo sul monte Bruncu Spina ore 10-11

| Quota<br>metri: | Temp. aria<br>°C | Allezza neve<br>Cm | Massa Vol.<br>Kg/m <sup>3</sup> | Tipo<br>neve | Note   |
|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------------|--------------|--------|
| 1500            | - 1              | 45                 | 325                             | U-T-C        | CF/RGS |
| 1700            | 1                | 80                 | 335                             | T-C          | CF/RGS |
| 1800            | 0.5              | 165                | 305                             | T            | CF/RGS |

Fig 8

### Rilevamento del giorno 3 aprile sul monte Bruncu Spina ore 10-12

| Quota<br>metri: | Temp. aria<br>C | Altezza neve<br>Cm | Massa Vol.<br>Kg/m <sup>3</sup> | Tipo<br>neve | Note                                   |
|-----------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------------------|
| 1500            | 4.5             | 17.                | *                               |              |                                        |
| 1700            | 3.5             | 40                 | 405                             | U-F          | Metamorfismo<br>per fusione            |
| 1800            | 3.5             | 95                 | 400                             | U-F          | Metamorfismo<br>per fusione<br>SCF/RGS |

Fig 9

nimi prossimi a -10°C a 1800 metri, alternati ad episodi "caldi", durati anche 48 ore che alla stessa quota hanno fatto stazionare la temperatura su valori positivi.

Tali variazioni hanno avuto un riflesso evidente sul manto nevoso che, come appare dalla Fig.8, riferita al rilevamento eseguito il giorno 16 Marzo sul monte Bruncu Spina, ha subito un notevole assestamento ed aumento nei valori della massa volumica, sia per il progredire dei processi di metamorfismo dei grani, sia a causa di nuove precipitazioni con neve pallottolare ad elevata densità che alla azione di compattazione esercitata dal vento.

La seconda meta del mese di Marzo ha segnato l'avvio dei processi che in circa due settimane hanno portato alla fusione quasi completa del manto nevoso fino alla quota di 1600 metri. Gli apporti sotto forma di neve verificatisi in questo periodo in alcuni episodi anche a partire dai 1400 metri, (10-30 cm tra il 30 ed il 31 marzo), hanno parzialmente rallentato questi processi. Tuttavia a causa delle temperature massime particolarmente elevate per la stagione, fino a 10-12 °C a 1600 metri, e delle poche ore di gelo notturno, si è avuta una sensibile riduzione dello spessore dell'innevamento, anche 5-6 cm al criorno, che il 3 Aprile si presentava come evidenziato nella Fig.9.

La situazione prima descritta è relativa al versante nord mentre su quello meridionale la neve era presente in maniera continua solo oltre i 1700 metri con uno spessore medio di 15-25 cm e punte di 40 presso le massime elevazioni del Gennargentu.

Questa situazione, sia per quanto riguarda le temperature sia per lo spessore della neve presente sui versanti, è riscontrabile generalmente verso la fine del mese di Aprile ed è in netto contrasto con la tendenza evidenziatasi negli ultimi anni al prolungamento della durata del manto nevoso fino alla primavera inoltrata.

Il motivo della precoce fusione registrata quest'anno è da attribuire alle particolari situazioni meteorologiche, verificatesi sul Mediterraneo centro-occidentale e sulla Sardegna nella prima parte della primavera, Fig. 10, che hanno provocato una netta diminuzione delle precipitazioni (almeno in montagna) ed un sensibile aumento nei valori delle temperature, quasi a "compensare" i record negativi dell'inverno.



Dalla seconda settimana di Aprile non si riscontrava più una copertura continua e la neve ricopriva ancora il terreno solo in corrispondenza degli avvallamenti,
delle nicchie e nelle strette
vallecole dove si era potuta accumulare in spessori anche rilevanti, (si vedano la Fig.5 e seguenti
alla quota di 1800 metri), che ne
hanno permesso la conservazione fino alla prima metà del mese
di Maggio.

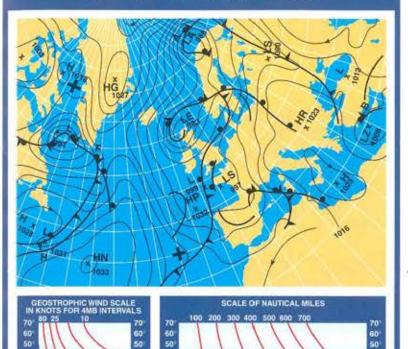
### CENNI SUL LIMBARA E SUL SUPRAMONTE

Il massiccio del Limbara, (metri 1362), come quello del Supramonte, (metri 1463), costituiscono le uniche elevazioni sarde che, al di fuori del Gennargentu, sono caratterizzate da un certo numero di precipitazioni nevose nel corso della stagione fredda.

La differenza di quota a favore del Supramonte come pure la sua vicinanza al Gennargentu non determinano tuttavia significative variazioni tra i due rilievi nel numero degli eventi e nella durata della neve al suolo. I motivi di questo andamento sono probabilmente dovuti alla diffusa presenza sul Limbara, di una copertura vegetale continua e ad alto fusto, oltre alla sua collocazione in posizione settentrionale rispetto al più "spoqlio" Supramonte.

A differenza del Gennargentu le prime nevicate di dicembre hanno avuto una persistenza al suolo limitata a poche ore e non sono

### Carta del tempo del 25 marzo 1999



mai state superiori ai 5 cm. Il mese di Gennaio è stato caratterizzato da un simile andamento fino alla ultima settimana quando, a causa delle irruzioni fredde prima descritte, si sono verificate delle abbondanti precipitazioni che hanno consentito la formazione di un manto nevoso con altezza variabile tra i 40 ed i 60 cm alla quota di 1200-1300 metri.

Nelle zone di accumulo lo spessore si è avvicinato al metro, (95 cm nei pressi delle punte del Limbara), determinando l'impercorribilità delle strade poste a quota più elevata.

Sulle cime le temperature sono scese a valori molto bassi, con punte minime inferiori ai -11 °C e massime intorno ai -3 °C per diversi giorni di seguito. Nella prima settimana di Febbraio, ad una graduale ripresa delle temperature, hanno fatto seguito ulteriori apporti sotto forma solida che, oltre i 1100-1200 metri hanno permesso la permanenza della copertura nevosa sotto forma continua fin quasi alla fine del mese.

Oltre tale periodo le precipitazioni hanno ripreso la normale evoluzione stagionale e solo oltre i 1200-1300 metri si sono conservate per 24-48 ore.

### LE ALTRE MONTAGNE

Sulle restanti montagne della Sardegna l'andamento delle precipitazioni nevose ha seguito una evoluzione molto simile a quella descritta per i rilievi maggiori.

In funzione della quota si sono avuti un numero di eventi progressivamente inferiori, con precipitazioni nevose che spesso hanno raggiunto il suolo grazie alla forte intensità della stessa, con temperature fino a 3 °C sopra lo zero. Il massimo innevamento si è verificato in occasione del periodo freddo ed ha dato luogo, sulle cime più elevate, (monte Linas, Marghine-Goceano, Ogliastra), a spessori anche di 50 cm che hanno ricoperto il terreno per circa dieci giorni consecutivi, determinando un paesaggio di tipo "alpino" inconsueto per molte località.

### CONCLUSIONI

Con la presente descrizione dell'andamento delle precipitazioni nevose sulle montagne della Sardegna nel corso della stagione invernale 1998/99, si è cercato di evidenziare, pur in forma necessariamente sintetica, un aspetto delle caratteristiche ambientali che, sebbene trascurato, meriterebbe invece ulteriori approfondimenti e indagini in quanto consente la determinazione della localizzazione e distribuzione della risorsa acqua, accumulata sotto forma solida e per questo molto più utile, ai fini della alimentazione delle falde dei bacini montani di quanto non lo siano le sole precipitazioni liquide. Essendo quella prima descritta l'unica campagna di rilevamento eseguita nel corso di una intera annata nivologica, appare evidente la necessità di proseguire nella determinazione delle precise caratteristiche climatiche idrologiche delle aree montane dell'Isola, in teoria sedi dei più alti valori medi annui di precipitazione, attualmente non ben determinati, tramite la installazione di adequate stazioni di rilevamento meteo, il monitoraggio delle sorgenti e dei corsi d'acqua, anche con l'ausilio delle indagini nivologiche.

### BIBLIOGRAFIA

ANDRISSI G. S., 1996, Metodologia per lo studio delle valanghe. Il Geologo, Num. 2. Cagliari.

ANDRISSI G. S., 1997, Aspetti climatici e nivologici del Gennargentu, Num.31, Neve e Valangbe, Trento.

ANDRISSI C. S., 1999, La vita segreta della neve, Pianeta Sci. Nam. 1. Roma

KAPPENBERGER G., KERKMANN J., 1997, li tempo in mostagna, Zanichelli, Bologna.

CRESTAR. 1993, Le neve e le valanghe, Mulatero, Cirio".

CIANDOTTI M., 1938, Idrología generale, Edizioni Agricole, Bologria.

INTERNATIONAL COMMISSION ON SNOW AND ICE, 1990, Cliestification of intow.

MACONO AND LEE, 1968, System for classifying newly fallen anow

MCCLUNG D., SCHAERER P., 1996, Manuale delle valanghe, Zanichelli, Bologna.

NEW ZEALAND MOUNTAIN SAFETY COUNCIL, 1998, Avalanche safety, Wellington.

PINNA M., 1976, Climatologia, Uter, Torino.

UNESCO, 1970, Sonsonial Snow Cover, Paris, France

ZEKAI SEN, 1995, Applied hydrogeology, Lewis Publishers, Boca Rator, Florida Per le carte del tempo riportate nel presente lavoro II ringraziamento va al Dr. S. Mussillo, Ufficio Meteo della Prefettura di Messina. Per i dati della figura di pg 37 si ringrazia il dr F.Pani della Geostudi Cagliari.

### Giulio Rossi,

Responsabile Centro di Medicina dello Sport Mario Mevio Azienda Ospedaliera Morelli Sondalo

### Giuseppe Fiorenzano

Divisione di Broncopneumologia Azienda Ospedaliera

# Morelli Sondalo

L'influenza dell'altitudine sulle prestazioni fisiche dell'uomo



La notevole diffusione che si è avuta in questi ultimi decenni dell'attività fisica in montagna (trekking,sci alpinismo,sky-runner,alpinismo,sci alpino, ecc..), pone in primo piano l'influenza della quota sulla prestazione fisica. Le attività ricordate si svolgono abitualmente a quote variabili fra i 2000 ed i 4000 metri, mentre a quote superiori l'attività è limitata essenzialmente all'alpinismo extraeuropeo.

Oltre al condizionamento della prestazione fisica legato all'altitudine, già evidente alle quote medie, vi è da considerare la variabilità delle condizioni ambientali (basse temperature, vento...). Tutto ciò richiede da parte del nostro organismo degli adattamenti fisiologici che riguardano più organi o sistemi, oltre a presupporre un' adeguata conoscenza delle condizioni ambientali locoregionali.





Convenzionalmente si definisce media quota un'altitudine compresa fra 1800 e 3000 metri, alta quota fra i 3000 ed i 5000 metri ed altissima quota quella superiore ai 5.500 metri. (Fig.1)

Le caratteristiche del clima montano si evidenziano nei punti seguenti (Fig.2 e 3):

- ·Riduzione della pressione barometrica con l'aumentare della quota, passando dai 760 mmHg a livello del mare a 380 mmHg ai 5000 metri, fino a raggiungere valori prossimi ai 230 mmHg sulla cima dell'Everest. L'ossigeno, che partecipa alla composizione dell'aria ambiente in ragione del 20,93%, diminuisce proporzionalmente, riducendo la PO2 (Pressione Parziale di Ossigeno) alveolare ed arteriosa. Tale condizione si definisce come IPOSSIA. Già intorno ai 3000 metri la PO2 arteriosa si riduce significativamente a 65 mmHg (normale 90-95 mmHg), potendo causare seri inconvenienti.
- Riduzione dell'umidità atmosferica, che a 2000 m è del 50% e a 4000 m si riduce del 75% rispetto al livello del mare.
- Riduzione della temperatura ed aumento della ventosità. Il primo parametro è valutabile nell'ordine di 1° C ogni 150 metri di quo-

ta (gradiente verticale). Una temperatura ambiente di 10° C in assenza di vento, può raggiungere i –25°C in presenza di vento che soffi a 70 km/h.

- Diminuzione della densità dell'aria, che determina riduzione del lavoro respiratorio.
- Diminuzione della gravità.
- Aumento degli effetti della radiazione solare.
- Riduzione degli aeroinquinanti ed aeroallergeni (Fig.4)

### GLI ADATTAMENTI ALLA QUOTA

L'ipossia ipobarica, caratteristica dell'ambiente di montagna, costituisce uno degli eventi che richiedono un maggiore adattamento, obbligando l'organismo ad attuare dei meccanismi di compenso, che coinvolgono cuore, apparato respiratorio, l'equilibrio pressorio, grandi e piccoli vasi.

Nel periodo breve di permanenza in altitudine (ora, qualche giorno), si parla di "acclimatamento", mentre la "acclimatazione "si riferisce ad un periodo di 1-4 settimane.

Il numero di giorni occorrenti per un corretto adattamento fisiologico dipende dall'altitudine, secondo lo schema:

- a 2.700 m : da 7 a 10 giorni;
  a 3.600 m: da 15 a 21 giorni;
- a 4.500 m: da 21 a 25 giorni. Gli adattamenti cardiovascolari non possono prescindere dai condizionamenti che anche gli altri apparati subiscono e devono tener conto di due situazioni significativamente diverse: l'ipossia ACUTA e l'ipossia CRONICA. La frequenza cardiaca mostra, in condizioni di ipossia acuta a riposo, un sensibile incremento, per poi ridursi progressivamente. E' noto da tempo come in condizioni di ipossia cronica l'emoglobina tenda progressivamente ad aumentare, mentre la saturazione del sangue arterioso diminuisce rapidamente in ipossia acuta, tendendo ad aumentare con il prolungarsi dello stimolo ipossico. Il comportamento della frequenza cardiaca massima da sforzo non subisce modificazioni di rilievo in acuto, mentre tende a ridursi in ipossia cronica; lo stesso comportamento si evidenzia a carico della portata cardiaca durante esercizio in altitudine. Per quanto concerne il circolo coronarico, in condizioni di altitudine pari a 5.500 m s.l.m., il flusso coronarico raddoppia rispetto al livello del mare, in consequenza dell'incremento del tono simpatico (la componente del sistema nervoso periferico che, sul cuore, aumenta parametri come la frequenza, la capacità di contrazione, il flusso coronarico appunto). In ipossia cronica il tutto si riporta alle condizioni proprie del livello del mare. Recenti suggeriscono come studi l'ipossia cronica non modifica le risposte del Sistema nervoso Autonomo (che si articola in sistema simpatico e parasimpatico, in equilibrio fra loro nel modulare il funzionamento di vari organi e sistemi) nella regolazione della frequenza cardiaca rispetto al livello del mare. Si può affermare che il cuore sano, per quanto concerne quest'ultimo aspetto, tollera

| Altitudine<br>(m) | Temperatura<br>(°C) | Pressione<br>barometrica<br>(mmHg) | Pressione<br>inspiratoria<br>ossigeno<br>(mmHg) | Attivita'<br>sportiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9.000             | -43.4               | 231                                | 28                                              | Alpinismo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8.500             | -40.1               | 248                                | 42                                              | extraeuropeo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8.000             | -36.9               | 267                                | 46                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7.500             | -33.9               | 287                                | 50                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7.000             | -30.4               | 308                                | 55                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6.500             | -27.2               | 330                                | 59                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6.000             | -23.9               | 354                                | 64                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5.500             | -20.7               | 379                                | 70                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5.000             | -17.4               | 405                                | 75                                              | Caccia e pesca                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4.500             | -14.2               | 433                                | 81                                              | Trekking                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4.000             | -10.9               | 462                                | 87                                              | Sci Alpinismo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3.500             | -7.7                | 493                                | 93                                              | Ciclismo in                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3.000             | -4.4                | 525                                | 100                                             | montagna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2.500             | -1.2                | 560                                | 107                                             | Sub in laghi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2,000             | 2.0                 | 596                                | 115                                             | montagna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1.500             | 5.2                 | 634                                | 123                                             | Discipline                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1.000             | 8.5                 | 674                                | 131                                             | olimpiche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 500               | 11.7                | 716                                | 140                                             | A CONTRACTOR OF THE PARTY OF TH |
| 0                 | 15.0                | 750                                | 150                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

### Il Clima di montagna Modificazioni delle principali

Modificazioni delle principali caratteristiche fisiche ed ambientali

- Diminuzione progressiva della PRESSIONE BAROMETRICA.
- Diminuzione progressiva della PRESSIONE PARZIALE DELL'OSSIGENO (cioe' del contenuto di ossigeno dell'aria).

| Quota               | P. Barometrica | Pp Ossigeno |
|---------------------|----------------|-------------|
| A livello del mare: | 760 mmHg       | 159 mmHg    |
| A 3000 metri:       | 525 mmHg       | 110 mmHg    |
| A 8000 metri:       | 260 mmHg       | 55 mmHg     |

- Diminuzione progressiva della DENSITA' e della RESISTENZA dell'ARIA.
- 4) Diminuzione progressiva dell'UMIDITA' dell'ARIA.
- 5) Diminuzione progressiva della TEMPERATURA AMBIENTALE.
- Aumento dell'IRRADIAZIONE SOLARE (soprattutto dei raggi ultravioletti).
- 7) Aumento della VENTOSITA'.

Fig 1

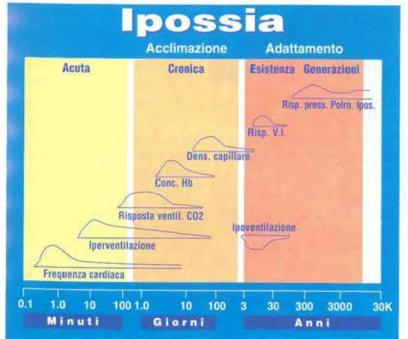
### Adattamenti fisiologici alla quota Principali meccanismi di compenso

- 1)Aumento della VENTILAZIONE POLMONARE (iperventilazione).
- Aumento della CONCENTRAZIONE DEI GLOBULI ROSSI nel sangue (poligiobulia compensatoria).
- 3)Modificazioni della PRESSIONE ARTERIOSA SISTEMICA, della FREQUENZA e GETTATA CARDIACA.

N.B.: Lo scopo di tali adattamenti è quello di aumentare l'apporto di ossigeno ai tessuti (cervello, cuore, rene, muscoli, ecc.).



Fig 3 Fig 4



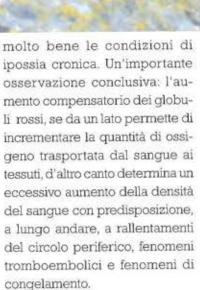
### Adattamenti all'alta quota Adattamenti polmonari Aumento della ventilazione minuto. Ipertensione polmonare, per una saturazione della emoglobina inferiore al 75%. Adattamenti cardiaci Aumento della frequenza e della gettata cardiaca. Adattamenti ematologici Incremento del contenuto di 2.3 DPG (difosfoglicerolo) dei globuli rossi. Incremento del numero di globuli rossi.

### Adattamenti endocrini

 Incremento di ormoni tiroidei, di catecolamine e glucocorticoidi, soprattutto durante i primi giorni di esposizione.

Fig 6





### VENTILAZIONE POLMONARE E METABOLISMO AEROBICO IN ALTA OUOTA

Modificazioni della funzione respiratoria sono essenziali nel complesso processo di acclimatazione all'ipossia: l'aumento della ventilazione polmonare a riposo e durante esercizio, è necessaria in ipossia acuta per mantenere sufficientemente alti i valori di ossigeno disponibili per i





tessuti. Tale condizione si attenua solo parzialmente con il prolungarsi del soggiorno in quota, cosicché il costo della ventilazione in alta quota è aumentato, nonostante la minore densità dell'aria.

Il metabolismo energetico di nativi a livello del mare subisce notevoli alterazioni in altitudine, sia a riposo, sia in condizioni di esercizio: l'ipossia conduce infatti a riduzione dei processi ossidativi ed anche ad una limitazione del metabolismo anaerobico.

La massima potenza aerobica (VO2 max) diminuisce in funzione dell'altura secondo una funzione curvilinea: ad un 'altitudine di 6500 m s.l.m, il VO2 max si riduce tra il 30 ed il 45% del valore espresso al livello del mare. Nel corso di una serie di spedizioni





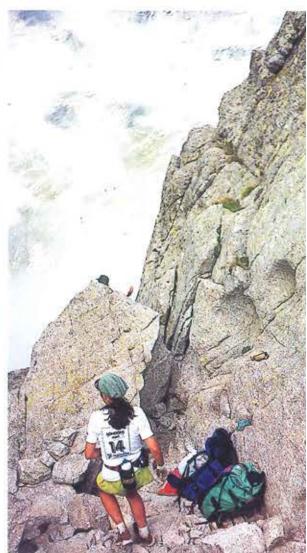
scientifiche realizzate in laboratorio-Piramide a 5050 m s.l.m.è stato possibile evidenziare come la
riduzione del VO2 max non è
uguale per tutti i soggetti, risultando penalizzati coloro che a livello del mare hanno un elevato
VO2 max.

Un comportamento particolare si è osservato in soggetti allenati a compiere maratone in quota (skyrunners): sorprendentemente tali atleti subiscono una minore riduzione del VO2 max (20% circa), pur avendo a livello del mare una potenza aerobica max paragonabile a quella di sedentari allenati.

In conclusione, le modalità di adattamento all'ipossia cronica in soggetti nativi a bassa o media quota non sono univoche: in alcuni atleti allenati specificamente, si verificano probabili modificazioni a livello muscolare che facilitano la diffusione dell'ossigeno dal capillare al tessuto.

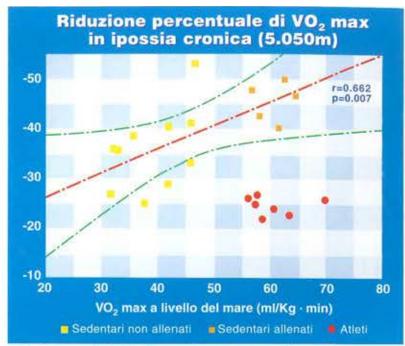
### L'ALLENAMENTO IN ALTITUDINE

Negli ultimi anni si è diffusa la tendenza ad inserire, nella preparazione di atleti di alto livello, periodi di allenamento da effettuarsi in altura. Ciò sia per l'adattamento preventivo alle gare che si svolgono in altitudine, sia per migliorare la prestazione agonistica a livello del mare. L'argomento appare da un punto di vista scientifico, fortemente controverso, anche se su un punto vi è sostanziale concordanza: la necessità Fig 1 di soggiornare ed allenarsi a media altitudine (1800-2500 metri), per preparare competizioni



che si svolgono in quota. Ma altri fattori climatici, oltre all'ipossia possono influenzare la prestazione in quota: la riduzione della densità dell'aria, che favorisce le discipline di velocità (salti, lanci, corse veloci), le variazioni di temperatura e umidità dell'aria.

Molti studi indicano che le prestazioni di durata, dipendenti in ampia misura dal sistema aerobico,



Riduzione percentuale di VO<sub>2</sub>max misurato dopo tre settimane di permanenza a 5.050 metri, rispetto al corrispondente valore riscontrato a livello del mare prima della partenza della spedizione in tre gruppi di soggetti tutti nativi al livello del mare.

risultano penalizzate in quota: le corse di mezzofondo (3000-5000 m piani) in particolare. Ciò in quanto, per le considerazioni precedentemente illustrate, la massima potenza aerobica si riduce in altura, limitando la prestazione aerobica massimale, sia pure con variabilità individuale.

Fig 7

In aggiunta, in condizioni di ipossia cronica si verifica un accumulo precoce di lattato, con raggiungimento più rapido della soglia anaerobica: occorrerà perciò fare attenzione ai carichi di lavoro "sopra soglia", per non acidificare eccessivamente il tessuto muscolare. In caso di soggiorno prolungato in altura sono state inoltre evidenziate riduzioni di massa e forza muscolare, sia a causa di un aumentato catabolismo proteico, sia ad un effetto diretto dell'ipossia sulla sintesi proteica.

Allo stato attuale delle conoscenze, come già detto, si considera vantaggioso o necessario, l'esercizio in altura per preparare competizioni che si svolgono in quota, mentre tale approccio non sembra offrire vantaggi significativi nel migliorare la prestazione

agonistica a livello del mare, pur potendo rappresentare, in atleti particolarmente evoluti, uno stimolo supplementare efficace. La nostra esperienza riguarda atleti delle squadre nazionali e regionali di sci nordico, che per necessità di allenamento specifico, trascorrono periodi di 1-3 settimane sui ghiacciai a quote di 2800-3300 metri. Per le considerazioni precedenti, il lavoro allenante deve essere prevalentemente aerobico, evitando gli sforzi lattacidi sulle lunghe distanze. Una volta ridiscesi, occorre osservare un periodo di 7-10 giorni per favorire il ripristino di ritmi di pia-

nura. Importanti accorgimenti

dietetico-comportamentali sono

altresi indispensabili: l'alimenta-



carboidrati, sia sotto forma di amidi (pasta, pane, riso), sia di zuccheri semplici; particolarmente curata dovrà essere la reintegrazione di liquidi, la cui perdita aumenta in altura per la secchezza dell'aria e l'aumento della ventosità, evitando bevande gasate ed alcooliche.

### IL MAL DI MONTAGNA

Il mancato od insufficiente adattamento alla quota può dar luogo, già ad altitudini comprese fra i 2500 e i 3000 metri, ad una serie di disturbi che vanno sotto il nome di mal di montagna acuto (AMS: acute mountain sickness). La sua incidenza è apprezzabile già a quote moderate: nel 1985 furono rilevati sintomi di AMS nel 12% di soggetti che frequentavano le stazioni sciistiche del tali, comprendono l'edema cerebrale e l'edema polmonare da alta quota, e appaiono stadi successivi di gravità del più comune

Sono più facilmente e gravemen-

Colorado. Uno studio recentemente effettuato sulle Alpi svizzere ha evidenziato una percentuale crescente di AMS con l'aumento della quota: 9% a 2850 m, 13% a 3050 metri, 34% a 3650 metri, 53% a 4559 metri. La forma più comune e benigna di AMS si caratterizza per la presenza, in soggetti che hanno effettuato una recente ascesa in quota, di cefalea, anoressia e/o nausea e vomito. astenia, vertigini, disturbi del sonno. Le forme più gravi di mal di montagna, potenzialmente morte colpiti soggetti predisposti che salgono rapidamente di quota, senza rispettare tappe intermedie di adattamento. Nella maggior parte dei casi fortunatamente i disturbi tendono a risolversi con la discesa a quote inferiori, mentre nei casi più seri è necessaria. in aggiunta, la somministrazione di ossigeno e farmaci in ambiente specialistico.

Al fine di ottenere dati riguardanti la popolazione italiana, il nostro gruppo (Fiorenzano G., Occhi G., Rossi G., Tondini M.et al) ha dato inizio nel 1995 ad un' indagine epidemiologica nell'area dello Stelvio, sede di una scuola estiva di sci, somministrando ai soggettí che la frequentavano un questionario di autovalutazione con sistema a punteggi. In estrema sintesi l'incidenza percentuale di AMS nei soggetti che pernottavano allo Stelvio è risultata simile a quanto evidenziato da altri autori in alpinisti europei (13%), con netta prevalenza del sesso femminile.

Condizioni favorenti sono apparse l'utilizzo di farmaci sedativi, la rapidità dell'ascesa, il pernottamento in quota, mentre il pernottamento a quota inferiore (Bormio) ha evidenziato significativo effetto protettivo. L'indagine è tuttora in corso.



### BIBLIOGRAFIA

WARD MP., MILLFDGE JS. e. WEST JB, High Altitude Medicine and Physiology, Chapman and Hall Medical, London, 1995.

JOHNSON TS., ROCK PB, Acute Mountain Sickness, N. Engl J. Mcd. 1988, 319, 841-45

FIORENZANO G. DOTTORINI M. Edema Polmonare da Alta Quota, Rass. Pat. App. Resp. 1993, 8, 159-70.

The Lake Louise Consensus on the Definition and Quantificationi of Altitude

In: SUTTON JR. COATES, G. HOUSTON CS (Eds.), Hypoxia and Mountain Medicine, Queen City Printers inc., Burlington Vermont, 1992, 327-30.

P CERRETELLI, P.E. DI PRAMPERO:Fisiologia e patologia ad alta quota.In :Sport, ambiente e limite umano, EST Mondadori, 1985.

T. BERTI, C. ANGELINI : Medicina in montagna . Cleup editore, Padova 1982

CERQUIGLINI S., CERRETELLI P. et al:Medicina e Montagna Societa estampa sportiva,Roma.

FIORENZANO, TONDINI, OCCHI: Fisiopatologia cardiorespiratoria in alta quota, 1998.

## Tempesta John di Fondi Sull'Alto

Markus Buchauer
Alexander Toniazzo
Christoph Zingerle
Fabio Gheser
Ufficio Idrografico della
Provicia Autonoma di Bolzano
Servizio Meteorologioco

Tetti scoperchiati, alberi sradicati e "oggetti volanti": è quanto viene riferito dai giornali locali il 19 gennaio ed è stato vissuto il giorno precedente da una parte della popolazione dell'Alto Adige. Infatti in molte zone della provincia di Bolzano la tempesta da Föhn ha arrecato ingenti danni, raramente si è registrata in Alto Adige una tale violenza di questo vento caldo di caduta. I parametri meteorologici di temperatura, umidità e soprattutto velocità del vento hanno presentato per quasi tutto il periodo valori record, essendo stati provocati

Adige

da una situazione meteorologica eccezionale. Fig. 1:
Nel centro della figura é
evidenziata la Svizzera,
l'alta pressione staziona a
nord-ovest.
Si nota bene il gradiente di
pressione sulle Alpi
(avvicinamento isolinee).

Fig.2: Separazione delle isolinee (verdi): 10 Kn. La superficie rosso corrisponde a 130 Kn (> 200 Km/h). Le linne rosse indicano la direzione delle correnti .

Fig. 3; Andamento termico in conseguenza al passaggio del Föhn,

Fig. 4: Andamento della presione otmosferica ridotta a livello del mare a Dellach (A) nella Valle della Drava (linea blu) e differenza di pressione tra il Lago di Costanza e Dellach (linea nera, scalo di sinistro).

Fig. 5:
Andomento della
temperatura (linea rossa)
e dell'umidità relativa
dell'aria (linea verde) alla
stazione meteo di Balzano.
Da notare il significativo
salto dei due parametri
all'inizio del Föhn.

Fig. 6 e 7:

Il 18/01 a mezzogiorno il
Föhn interessa anche
Milano fino a livello del
suolo. Questo lo si vede
dalle alte temperature (sui
+20°C) e anche dal fatto
che l'inversione termica nei
bassi strati è scomparsa. Si
noti l'alta velocità del
vento in quota (oltre i 100
Km/h ). L'aria del Föhn
arriva fino a Milano
partendo da una quota di
oltre 3000 m.

Con la parola Föhn si intende genericamente un vento di caduta asciutto, prodotto dallo scavalcamento di catene montuose. Nel caso dell'arco alpino in presenza di correnti da sud si parla di "Föhn da sud", fenomeno noto soprattutto a Innsbruck (A) e anche ben studiato. In Alto Adige durante questi eventi le nubi si ammassano sulle Alpi (Stau da sud) e si verificano precipitazioni. Nel caso di situazioni meteorologiche con correnti da nord, il "Föhn da nord" interessa la zona a sud della cresta principale alpina. In questi casi le nubi producono lo Stau sul versante nord delle Alpi. Il Föhn da nord viene però spesso meno considerato del Föhn da sud, perché normalmente il riscaldamento delle masse d'aria in questi casi è minore. Il motivo è da ricercarsi nel fatto che in media le masse d'aria che si trovano a nord sono più fredde e, arrivando con il Föhn sulla nostra regione, non provocano un riscaldamento così intenso, come invece si verifica quando masse d'aria calda provenienti da sud arrivano a nord delle Alpi.

Nel caso in esame però, durante la prima parte dell'evento di Föhn, sull'Europa settentrionale si trovavano masse d'aria molto miti. Queste vennero portate dalle forti correnti da nord sull'Alto Adige, provocando così per i movimenti discendenti da quote molto alte un fortissimo riscaldamento dell'aria. In presenza di Föhn il riscaldamento dell'aria normalmente è di 1° C per 100 m di guota. Per fare un esempio: se l'aria passa da una quota di 2500 m arrivando fino a Bolzano (280 m), durante questo processo essa si riscalda di 22° C. La presenza di alte temperature in montagna durante questo evento (sopra lo zero a 2000m), è la causa delle temperature, eccezionalmente alte per il periodo, registrate in valle.

# Pressione barometrica 18 - 01 - 2000 ore 12,00 UTC

Correnti in quota
18 - 01 - 2000 ore 12,00 UTC

### EVOLUZIONE SINOTTICA

La situazione di domenica 16.01.00 alle 12 UTC, mostra una tipica configurazione di blocco. A ovest della costa del Portogallo si trova una depressione in quota, con una depressione al suolo, posta esattamente al di sotto. Pro-

| Tmax       | 18.01 | 19.01 |
|------------|-------|-------|
| Dobbiaco   | 7.8°  | -0.7° |
| Prato      | 9.8°  | 2.8°  |
| Vipiteno   | 9.6°  | 2.6°  |
| Bolzano    | 17.6° | 8.8°  |
| Brunico    | 9.9°  | 0.9°  |
| Bressanone | 13.8° | 5.0°  |
| Laces      | 12.6° | 5.6°  |
| Merano     | 14.10 | 7.4°  |

Valanche 54

prio a nord della Scozia, a 500 hPa, staziona un'area di alta pressione, unitamente ad una forte alta pressione al suolo. Il centro dell'alta pressione mostra valori superiori a 1045 hPa e fino alla zona a nord delle Alpi si rilevano valori superiori ai 1035 hPa. Come conseguenza di questa forte area anticiclonica, sull'Europa centrale si trovano masse d'aria molto calda. Le correnti in quota sulla zona dell'Alto Adige soffiano in questo momento da nordest, sul retro di una debole saccatura in quota con asse di direzione nordorientale, che si estende dall'Italia centrale fino all'Europa orientale. A nord delle Alpi si assiste quindi già ad un lieve effetto di Stau di masse d'aria umida. Già in questo momento il gradiente di pressione sulle Alpi è quasi ovunque di 5 hPa, con un massimo sulle Alpi svizzere.

Lunedi 17.01.00 la saccatura presente sull'Europa orientale e sull'Italia centrale si porta verso est, cosicché le correnti in quota sull'Italia settentrionale ruotano progressivamente verso nord, rafforzandosi, Dall'Europa nordorientale però si avvicina una depressione in quota, fatto che porta ad un'intensificazione delle correnti in quota, soprattutto nel settore del Mar Baltico. Alle nostre latitudini, le correnti in quota più forti si trovano ancora a est dell'Alto Adige; comunque su questa zona si rilevano già velocità fino a 150 km/h. Il gradiente di pressione sulle Alpi rafforza ulteriormente e raggiunge già alle 12 UTC, valori da 10 fino a 12 hPa, con un massimo sulle Alpi francesi (Fig.1). Tuttavia l'aria presente a sud delle Alpi è un po' più fredda di quella che si trova a nord, fatto non frequente in un evento di Föhn da nord. In questo momento il Föhn è da ricondursi soltanto alla forte evoluzione dinamica della situazione meteorologica. In molte valli dell'Alto Adige a

quest'ora il Föhn era qià arrivato fino al suolo. La depressione in quota sull'Europa nordorientale si avvicina alla nostra provincia, cosicché anche le correnti in quota rafforzano. La zona con le più alte velocità (corrente a getto Fig.2) si trova martedì 18.01.00 direttamente sopra l'Austria. Da nordovest si avvicina all'arco alpino già aria più fresca. Ciò porta, a parità di condizioni dinamiche di gradiente di pressione, ad una intensificazione del Föhn per una componente termica. Circa verso mezzogiorno nelle valli dell'Alto Adige vengono raggiunti i valori di temperatura più alti (Fig.3). La configurazione meteorologica a grande scala rimane invariata anche il giorno mercoledi 19.01.00, le correnti in quota da nord si indeboliscono però lievemente e da nordest è già arrivata in quota aria fredda di origine polare. Le temperature diminuiscono quindi nettamente sia in montagna che in valle, di 10 °C pur con un forte gradiente di pressione (Fig.4). L'alta pressione sull'Inghilterra e la bassa pressione sulla costa orientale del Portogallo si indeboliscono ulteriormente. La zona con le più alte velocità in quota si sposta giovedì 20.01.00 ancora più ad est; le correnti in quota e il gradiente barico sulle Alpi diminuiscono ulteriormente. Venerdì 21.01.00 si forma una debole bassa pressione in quota fra l'Inghilterra e la Francia. Le correnti in quota sulla nostra zona si intensificano temporaneamente e anche il gradiente barico al suolo rafforza ancora una volta.

Con quest'ultima rimonta del Föhn termina questa lunga e persistente fase meteorologica. In seguito la corrente in quota ruota da ovest e domenica una depressione in quota transita sulla nostra provincia. Le condizioni necessarie al verificarsi del Föhn sono terminate.

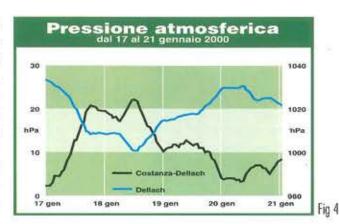




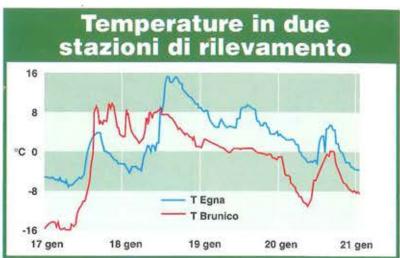


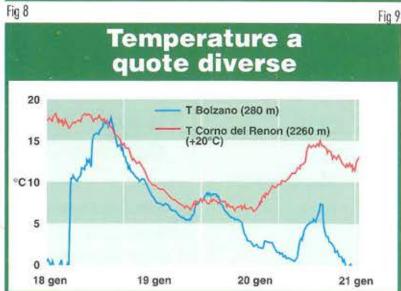


Fig 7

Fig.8:
Andamento della
temperatura a Egna e a
Brunico: si noti il forte
aumento con l'inizio del
Föhn (a Brunico circa
25°C in 6 ore, a Egna
19°C). Inoltre molto
evidente é lo scarto
temporale tra le due
stazioni: a Egna (Bassa
Atesina) il Föhn irrompe un
giorno dopo che a Brunico.

Fig.9: Andamento della temperatura a Bolzano e al Como del Renon (con aggiunti 20°C). Questi 20°C sono il riscaldamento teorico dell'aria se questa scendesse dalla guota del Como del Renon fino a Bolzano. Si noti la forte relazione tra temperatura in montagna e in valle nei fenomeni di Föhn: durante la fase più intensa le due curve mostrano quasi lo stesso andamento.





velocità del vento aumentano notevolmente soprattutto in montagna (si registrano in molte zone raffiche sopra i 110 km/h). A Bolzano l'aria del Föhn non ha ancora raggiunto il suolo. L'escursione termica più alta è stata misurata a Brunico, dove al mattino di lunedi si registravano ancora -15°C; dopo l'irruzione del Föhn già verso mezzogiorno il termometro era salito a valori attorno ai +10°C (Fig.8). Quindi la temperatura dell'aria subiva un aumento di 25°C in sole 6 ore! Eccetto che a Bolzano e in Bassa Atesina. dove non è ancora arrivato, il Föhn soffia nella maggior parte delle valli per tutta la notte. Il 18.01.00 alle 4 del mattino irrompe anche a Bolzano, causando un innalzamento della temperatura (in un'ora si passa da temperature negative a +10°C Fig.9) e una forte diminuzione dell'umidità relativa (che in 20 minuti passa da 68% a 39%). In seguito il Föhn si spinge sempre più anche nella Bassa Atesina. La velocità del vento in montagna aumenta e vengono registrate raffiche fino a 180

### CRONACA DELLA TEMPESTA DI FÖHN

Il vento di Föhn irrompe inizialmente in alta Val Venosta. Nella zona attorno a Lasa si osservano in 4 stazioni automatiche, verso la mezzanotte fra sabato e domenica 16.01.00, un aumento di temperatura fino a 5°C. Successivamente il termometro in queste zone non scenderà più sotto lo zero. Anche in alta Val d'Isarco, attorno a Vipiteno, il Föhn irrompe già nella notte; il termometro passa da -10° a -2° nel giro di 2 ore. In giornata poi il Föhn si avverte anche per la presenza del vento: a Lasa le misure mostrano velocità continue di 15 km/h da direzioni occidentali, seguendo esattamente la direzione della vallata della bassa Venosta. A Vipiteno, dove generalmente le velocità sono superiori, il vento di



Föhn spira già con una velocità media di 35 km/h. In montagna si osservano venti abbastanza forti di direzione nordorientale (con punte verso mezzogiorno di circa 65 km/h). Il tempo è molto soleggiato e in pratica c'è completa assenza di nubi. Nella notte fra domenica e lunedì 17.01.00 il Föhn in tutta la provincia si arresta, per irrompere nuovamente in molte valli poco dopo l'alba. Le

km/h. Un sensore del vento dell'Ufficio Idrografico, posizionato sulla Cima Beltovo di Fuori (3325 m), viene danneggiato dal vento. Anche in fondovalle la velocità del vento aumenta e in particolare le temperature, raggiungono valori estremamente alti per questo periodo (Fig.3). Nel pomeriggio si registrano le temperature più alte, e l'umidità relativa scende a valori estremamente bassi; nella

capannina meteorologica dell'Ufficio in via della Mendola a Bolzano (Fig.5), viene misurato solo il 9% di umidità relativa! Inoltre il gradiente di pressione fra il nord e il sud delle Alpi (a nord alta pressione e a sud bassa pressione) mostra valori da record, con un massimo di oltre 21 hPa (vedi Fig. 4). Dalle ore 14 si avvicinano da nordest in quota masse d'aria più fredda. In seguito le temperature in montagna a 3000 m diminuiscono di 10 gradi.

Dato che in presenza di Föhn le temperature in valle dipendono da quelle in montagna, nella notte fra il 18 e il 19 gennaio, nei fondovalle il termometro cala dello stesso valore (Fig.3). Però il vento di caduta continua a spirare anche in valle con quasi la stessa intensità, solo in montagna i valori di velocità massima diminuiscono lentamente (le stazioni sulle cime registrano dappertutto raffiche fino a 100 km/h). Successivamente, le correnti dovute alla configurazione meteorologica si indeboliscono lentamente, ma il Föhn perdura ancora. Nelle zone nord di Bolzano, in alta Val Venosta e in alcune altre valli, il Föhn spira ininterrottamente, però con minore intensità, fino al pomeriggio del 21 gennaio. In bassa Val Venosta e in Bassa Atesina, nella notte fra il 19 e il 20 gennaio, il Föhn concede una pausa. Si può però osservare come il Föhn irrompa nuovamente in tarda mattinata. La foschia notturna che si è formata in queste valli viene spinta progressivamente verso sud e sostituita dalla limpida aria del Föhn. Questo fenomeno si manifesta in maniera più evidente verso la Bassa Atesina: in circa mezzora tutto il fondovalle viene liberato dalla foschia e la visibilità è ottima. Nel tardo pomeriggio la temperatura e l'umidità dell'aria ritornano velocemente a valori nella norma e si conclude così l'episodio di Föhn.





### Gruppo di lavoro internazionale di nivologia 2000

Dal 2 al 6 ottobre si terrà a Big Sky in Montana il GRUPPO DI LAVORO INTER-NAZIONALE DI NIVOLOGIA 2000.

Si tratta del dodicesimo incontro in una serie di gruppi di lavoro che si propone come obiettivo quello di creare un forum per lo scambio di idee fra scienziati e professionisti responsabili della gestione e della sicurezza sulla neve.

Queste conferenze hanno avuto inizio in Canada e sono sempre state ospitate in Canada o negli Stati Uniti, attirando partecipanti da tutto il mondo.

Il titolo "Gruppo di Lavoro Internazionale di nivologia" con tema "unire teoria e pratica" è stato concepito nel 1982 presso l'Università Statale del Montana a . Bozeman per promuovere la relazione \* simbiotica fra scienziati e professionisti. Nella sua storia ha continuato a svilupparsi senza perdere la sua missione di base

Il 4 ottobre ci sarà una giornata all'aperto. In diverse località intorno a Lone Peak si discuteranno i problemi di controllo delle valanghe e le caratteristiche interessanti del terreno

Il 7 ottobre si svolgera a Yellowstone National Park un' escursione post-conferenza guidata da geologi e dal Dott. S. Custer:

Lendy Haesebrouck



### Convegno "Olimpiadi Invernali di Torino 2006:

Meteorologia e Nivologia al servizio dello Sport e del Turismo"

Torino, 24 Gennaio 2000

Notevole affluenza di pubblico è stata registrata in occasione del convegno organizzato dalla Regione Piemonte a Torino il 24 gennaio scorso, sull'importanza delle previsioni meteorologiche in area alpina e sulle interazioni delle condizioni meteo nello svolgimento di manifestazioni sportive di alto livello come le Olimpiadi Invernali che si svolgeranno a Torino nel 2006.

Nell'occasione è stato presentato l'apposito progetto di assistenza nivometeorologica predisposto dalla Direzione - L'attività realizzata in occasione del-

Servizi Tecnici di Prevenzione per le Olimpiadi e sono state discusse le basi di una . attendibile previsione meteorologica in . area alpina, in relazione alle attese delle diverse componenti organizzative, turi-. stiche ed agonistiche dell'evento olimpi-

La realizzazione del servizio proposto è volta a garantire l'assistenza nivo-meteorologica sulle località designate per le gare olimpiche ed in particolare: Torino, Pinerolo, Pragelato, Sestriere, Sauze d'Oulx, Cesana Torinese (San Sicario), Bardonecchia, Oulx (Beaulard), e trae origine dalla realta' operativa e dalle esperienze condotte dal Settore Meteoidrografico regionale nel campo dell'assistenza nivometeorologica in occasione di eventi sportivi di rilievo (Turin Marathon, Campionati Mondiali di Sci Alpino del 1997,...).

La struttura del servizio si comporrà di un ufficio centrale denominato CENTROMETEO presso il villaggio olimpico a Torino e di uffici collegati, denominati SATELLITI, posti presso le località di gara.

Ogni unità satellite si avvarrà, oltre allo staff di gestione, di personale qualificato nei settori della meteorologia, della nivologia e della comunicazione.

I prodotti del Servizio Meteo sono stati definiti in funzione della tipologia di utenti; a seconda delle esigenze operative verranno predisposti differenti bollettini per il Comitato organizzativo, i preparatori sportivi, il pubblico ed i media.

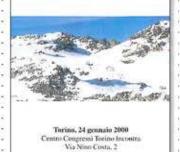
La strumentazione scientifica meteorologica, al passo con le innovazioni tecnologiche nel settore nivo-meteorologico, consisterà in un'unità mobile di radiosondaggio dell'atmosfera, di apparecchiature per la definizione del profilo verticale della velocità e direzione del vento e per il rilevamento dei sistemi nuvolosi

Verranno utilizzati modelli numerici di previsione atmosferica e nivologica con il più elevato dettaglio disponibile, oltre a modelli ad hoc per la ricostruzione dei campi meteorologici a scala locale e per la modellizzazione del manto nevoso.

Il progetto prevede anche l'installazione di un laboratorio per l'analisi delle caratteristiche fisiche del manto nevoso, che si collochi all'interno di una struttura permanente di ricerca sulla meteorologia e sull'ambiente alpino.



OLIMPIADI INVERNALI **TORINO 2006:** METEOROLOGIA **E NIVOLOGIA** AL SERVIZIO DELLO SPORT E DEL TURISMO



l'evento olimpico delinea quindi una possibilità di sviluppo della ricerca in campo meteorologico e nivologico, in ambito italiano ed internazionale.

Nel corso di un incontro tecnico postcongressuale svoltosi nella giornata di sabato 29 gennaio a Sestriere sono state illustrate le iniziative già adottate in preparazione all'evento olimpico, attraverso l'attività di previsione nivometeorologica di supporto agli eventi agonistici dello sci alpino e nordico più rilevanti della stagione in corso.

Marco Cordola



### Il Centro Valanghe di Arabba nel programma nazionale di ricerche in **Antartide**

Il 24 febbraio 2000, con il ritorno al porto di Christchurch (NZ) della motonave Italica, si è conclusa ufficialmente la XV spedizione antartica del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. Il Dr. Anselmo Cagnati, del Centro Valanghe di Arabba, ha partecipato alla spedizione nell'ambito del progetto "Permafrost e variazioni climatiche in Antartide". Nell'ambito dello stesso progetto, il p.m. . Alvise Tomaselli, anch'egli del Centro \* Valanghe di Arabba, aveva partecipato. ad inizio anno, ad una campagna di raccolta dati in Terra del Fuoco (Argentina). Obiettivo del progetto è quello di contribuire allo studio del Global Change in Antartide e, per comparazione, in area

artica, attraverso l'analisi del permafrost e del ground ice in esso contenuto. Infatti, la distribuzione del permafrost, il suo spessore e quello dello strato attivo sovrastante sono determinati dal bilancio energetico della superficie che è sua volta regolato dai parametri climatici (temperatura dell'aria, radiazione solare). dalla copertura nevosa e, ove presente, dalla copertura vegetale. La sensibilità del sistema permafrost a questi molteplici fattori consente di ottenere dati particolarmente utili per la comprensione delle variazioni climatiche globali. Con le attività previste si tende inoltre a colmare la quasi assoluta mancanza di dati relativi al permafrost in Antartide come auspicato da programmi di ricerca quali PAGES e CLIMEX. Il progetto farà inoltre parte di un più vasto programma internazionale denominato CIRCUMAN-TARCTIC MONITORING PROJECT che vedrà la costituzione di una rete di stazioni di monitoraggio attorno al continente antartico e nelle isole antartiche e subantartiche. I partner italiani del Centro Valanghe di Arabba nel progetto sono l'Università di Roma III-Dipartimento di Scienze Geologiche (per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici) che ha anche il ruolo di coordinamento nella persona del Prof. Francesco Dramis, il CNR-Istituto di ricerca sulle acque di Brugherio (per quanto riguarda gli aspetti chimici), l'Università di Ferrara Dipartimento di Biologia (per quanto riguarda. gli aspetti biologici).

Il Centro Valanghe di Arabba partecipa al progetto con un'Unità Operativa cui sono richieste delle specifiche competenze per gli aspetti nivologici composta da 5 membri (Anselmo Cagnati responsabile, Mauro Valt, Alvise Tomaselli, Pietro Fenti, Renato Zasso). In particolare, l'apporto del Centro si concretizza in:

- · esecuzione sul terreno di profili nivologici con descrizione della stratigrafia e misure di durezza, temperatura, forma e dimensione dei grani, densità, contenuto in acqua liquida, Impuntà;
- studio deil'influenza del manto nevoso. sul regime termico del Permafrost;
- · applicazione e sviluppo dei modelli di evoluzione del manto nevoso sulla base dei parametri climatici misurati:
- installazione e manutenzione di stazioni di raccolta dati

Anselmo Cagnati

### Lettere alla Redazione

Pubblichiamo di seguito le riflessioni di una nostra lettrice in merito agli incidenti da valanga di quest'ultimo inverno:

### Spettabile A.I.NE.VA.,

sono rimasta attonita di fronte alla notizia della valanga che ha travolto, in Austria, un numeroso gruppo di maestri di sci. Stessa sensazione mi aveva provocato, qualche tempo fa, l'incidente con quattro morti che ha coinvolto un grup- . po accompagnato da due guide alpine. Non riesco a capacitarmi del fatto che i . fenomeni valanghivi siano fino a tal punto imprevedibili. Le informazioni fornite dai mass-media sono come sempre assolutamente lacunose, ed è impossibile capire se sono state commesse imprudenze e quali. Finché gli incidenti riquardano comitive accompagnate da presunti esperti oppure scialpinisti isolati, non mi stupisco più di tanto: so per esperienza diretta che come privati cittadini a volte si accetta consapevolmente qualche rischio. Ma quando i fatti riguardano gruppi che dovrebbero operare in condizioni di rischio pari a zero (maestri di sci durante un'esercitazione collettiva o guide nell'esercizio della loro professione) sento il bisogno di comprendere a fondo l'accaduto, infatti non è accettabile l'idea, che i media cercano . di far passare, che sciare fuori pista sia un'attività simile alla roulette russa.

Sarebbe estremamente utile se la rivista Neve e Valanghe, di cui ho sottoscritto recentemente l'abbonamento, potesse pubblicare una analisi di tali incidenti. Sono convinta che i fatti, raccontati e analizzati da tecnici dell'argomento e non dai soliti giornalisti male informati possano apparire di sicuro meno inspiegabili. Capirne la meccanica risultereb- . be molto utile a tutti quelli che come me \* svolgono un'intensa attività invernale in . montagna, per ampliare i propri margini di sicurezza. Grazie!

Germana Maiolatesi

Risponde la Coordinatrice del Comitato Tecnico Direttivo AINEVA:

### Gentile Signora,

la sua lettera del 30 marzo 2000, che prende lo spunto da un grave incidente da valanga accaduto in Austria, contiene alcuni interessanti elementi che meritano una riflessione approfondita e anche qualche chiarimento a beneficio dei lettori della rivista.

### Valanghe e rischlo zero

Fra gli addetti ai lavori che si occupano

di problematiche legate alla sicurezza,

si sente spesso affermare che in monta-

gna il rischio zero non esiste. Questa al-

fermazione ha un fondamento scientifi-

co ben preciso legato al fatto che tutti i fenomeni naturali potenzialmente pericolosi (valanghe, frane, alluvioni, fulmini ecc.) presentano un certo grado di imprevedibilità e di conseguenza, nonostante vengano prese tutte le precauzioni del caso, rimane pur sempre un certo rischio residuo. Nel caso di valanghe spontanee, nelle quali non vi è quindi l'intervento del fattore umano come elemento innescante, questo rischio residuo può essere calcolato in modo matematico avendo a disposizione alcuni dati di base come ad esempio il tempo di ritorno delle valanghe, la dimensione delle stesse ecc. In nord-america, ad esempio, il calcolo del rischio residuo accettabile dalla società è una prassi consuetudinaria quando si vanno a progettare interventi di difesa dalle valanghe. Nel caso di valanghe provocate, il calcolo del rischio residuo diventa molto difficile in quanto viene generalmente effettuato con metodi empirici (vedi ad esempio il metodo delle riduzioni di Munter) e richiede inoltre di considerare un ulteriore fattore che risulta spesso determinante, il fattore umano. Non vi è dubbio comunque che in tutte le attività di tipo professionale (guide alpine e maestri di sci nell'esercizio della professione, gestione di comprensori sciistici, gestione di strade di montagna ecc.) il rischio residuo deve essere ridotto ai livelli minimi. Partendo dal presupposto che ciò venga fatto, anche attuando tutti i metodi che la scienza e gli strumenti che la tecnologia mettono oggi a disposizione, un seppur minimo rischio residuo rimane in ogni caso. Il problema sta nel fatto che, pur riconoscendo l'impossibilità di controllare perfettamente tutti i fenomeni naturali, di fatto la società non accetta questo concetto del rischio residuo.

### Come si preparano i professionisti della montagna?

E' un fatto assodato che diversi recenti incidenti da valanga, anche di estrema gravità, sono occorsi a guide alpine e maestri di sci, cioè a quelle categorie di . zione dei dati misurati, in condizioni cli- .

persone che, per quanto sopra esposto, · matiche talvolta estreme e con la necesdovrebbero essere le più preparate ad evitarli. In questi ultimi anni si è investito molto sulla formazione rivolta ai profes-. sionisti della montagna e, sia ai corsi di formazione per Guide Alpine, sia ai corsi di formazione per Maestri di sci, le tematiche nivologiche vengono trattate ampiamente. Naturalmente Guide Alpine e Maestri di Sci, pur potendo beneficiare di un percorso formativo all'altezza, sono anche le categorie più . esposte al rischio. La legge di Murphy, valida per tutti gli aspetti della vita, è applicabile anche a questa fattispecie: se un piccolo errore (che genera il rischio residuo di cui sopra) viene ripetuto frequentemente, prima o dopo si trasforma in una catastrofe. Più spesso ci si mette in gioco accettando il rischio residuo, più probabile sarà un incidente.

### Utilità dello studio degli incidenti da . valanga

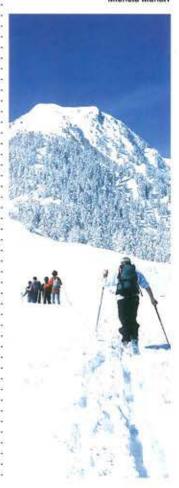
Coloro che si occupano di problematiche relative alla neve e alle valanghe da sempre riconoscono che dallo studio di eventi del passato (nella fattispecie di incidenti da valanga) è possibile ricavare preziosi insegnamenti per il futuro. Per citare solo alcuni esempi, lo studio degli incidenti da valanga ha consentito di definire le basi teoriche per lo sviluppo dell'autosoccorso, ha indirizzato la ricerca nel settore delle valanghe a lastroni, ha permesso di individuare quelli che sono oggi ritenuti i capisaldi della prevenzione in montagna. Questi studi vengono pubblicati non solo per finalità statistiche ma anche a scopo di insegnamento e, per quanto riguarda le Alpi italiane, in passato è stato fatto con regolarità anche da questa rivista (è auspicato da tutti che questa rubrica, sospesa per motivi organizzativi, possa presto essere riproposta). Naturalmente, quando si analizzano incidenti da valanga per finalità didattiche occorre tenere presente un aspetto fondamentale: un conto è esaminare un incidente a posteriori dopo aver avuto la possibilità di analizzare i dati disponibili, aver effettuato rilievi supplementari, aver raccolto testimonianze ecc., un conto è dover fare delle valuta-· zioni sul posto, senza avere a disposi-

sità di prendere delle decisioni immediate. Gli eventuali errori vanno valutati nel contesto reale dove essi si originano.

### Il complesso rapporto con i media

Sul n. 19 del luglio 1993 della rivista Neve e Valanghe, sono stati pubblicati tredici errori fatali che derivano spesso da comuni pregiudizi nel campo delle valanghe. Questi luoghi comuni, unitamente alla scelta poco accurata delle fonti sono spesso alla base di informazioni lacunose o talvolta errate e fuorvianti che vengono fornite dai media in caso di incidenti da valanghe. Il complesso rapporto fra i Servizi Valanghe e i media ha indotto l'AINEVA e la Regione Valle d'Aosta ad organizzare un convengo appositamente dedicato a questa tematica. Il convegno, che si è tenuto a Saint Vincent lo scorso mese di dicembre, ha fornito molti spunti interessanti e elementi concreti su cui riflettere. L'auspicio di tutti è che questo costituisca un primo passo verso un rapporto di collaborazione più serio con il mondo dell'informazione a beneficio di tutti i cittadini.

Michela Munari





Molto probabilmente si sono rifatti alla guida di Dante i creatori di www.virgilio.it, e c'è da dire che hanno creato una buona guida

Anche qui è presente un pulsante meteo, premendo il quale non si accede ad una lista di siti, bensi ad una pagina completa, variamente articolata, ricca di varie opzioni. Sono infatti presenti immagini da satellite (Italia ed Europa) di provenienza MeteoFrance, previsioni del tempo in forma grafica per località italiane (sede di aeroporto), europee ed extraeuropee (se vi interessano Bandar ... Abbas, Deir Ezzor, Gualeguaychu...).

Di poco interesse sono le meteowebcam, anche se qualcuno può essere incuriosito nel vedere con i propri occhi che tempo fa a Surfers Paradise, in Australia, Certamente di maggior interesse è il glossario dei termini meteorologici.

Ciò che però rende estremamente utile questo portale è la sezione denominata . Tutti i siti italiani sul Meteo, vera lampada di Diogene nella ricerca di informazioni meteo.

Http://members.xoom.com/3bmeteo/è il primo dell'elenco (anche se più facilmente si entra attraverso www.3bmeteo.com) e collega con un sito veramente ricco: modelli matematici previsionali . (una mezza dozzina), immagini da satelliti e radar meteo (a bizzeffe), 1700 web cam, più tutta una serie di link a vari centri previsionali. Anche il reparto bollettini meteo e neve, incluso un forum di discussione sull'argomento, è decisamente buono. (Voto: \*\*\*\*).

Decisamente particolare il sito Brrr... ma che freddo fa, raggiungibile presso www.geocities.com/Yosemite/Falls/ 5511 dedicato non alle previ meteo ma solo al freddo ed alla neve. Succose chicche, anche storiche, su "temperature gelide, nevicate abbondanti e violente bufere di neve che in tempi recenti, purtroppo, non si sono mai più realizzale". Le carte previsional, poi si occupano esclusivamente delle previsioni neve ed è consultabile una carta della copertura nevosa, che purtroppo appare solo a metà. E quando poi, cliccando Quello che le carte..., ci si vede promettere "Per una consultazione di oltre mille carte premere qui", beh... c'è da crederci! (\*\*\*\*), CRS4 Meteo rende 404 File not found, di Elisa s'è già detto.

Eurometeo (www.eurometeo.com) è decisamente un sito bello, ben disegnato. con una miriade di ottimi link a immagini, carte, modelli. Si fa notare per la passione e la competenza con la quale è curato (\*\*\*\*, solo per il banner fastidio-

Tralasciando i siti collegati al mare, ve ne sono due dall'ispirazione simile, l'Europa dal satellite: uno non è accessibile,

http://intercity.shiny.it/meteo2m.html dà solo quello che recita il titolo, un'immagine Meteosat e basta e quindi voto: . Http://ftp.ciaoweb.net/r.rivara/ potrebbe essere interessante, ma una serie di

(\*\*\* per castigo). Meteonordest ha due - po' diversa dal solito. (\*\*\*\*). possibilità d'accesso, ma

MeteoNordEst/ è preferibile. La ricchezdi neve (entrambi dall'Università di Ate- , come pure per Nevelandia. Per uno dei ne) (forse \*\*\*\*\*)

orientamento verso la didattica è Meteorologia (www.tin.lt/scienza/ meteoroloqia/) con una notevole mole di informa- zioni su istituti di ricerca, progetti, infor-· mazioni eccc., strutturato in maniera un

MeteoSarth, apparentemente interessarihttp://www.freeweb.org/NewEntry/ . te, non è visitabile causa estrema lentezza nel caricamento. Poiché lo stesso avza del sito è considerevole e c'è pratica-. viene per RamSat e Ramsat Meteo, che mente tutto, incluse le previsioni circa le ' ci sia qualche problema di overbooking tempeste di neve sul Sahara ed un mo-, presso Tiscali? Per valutare MeteoSud aldello animato di previsione delle cadute \* tendiamo che terminino i lavori in corso, soliti misteri dei firewall, l'accesso a Quasi altrettanto buono, sia pure con un . NimbusWeb non è consentito. Quindi andate a vedere da voi presso www.arpnet,it/meteo/. L'osservatorio Bianchi e il Cineca si occupano di aree limitate. SGWeather, pur dichiarandosi "per la città di Modena", collega ad informazioni interessanti (\*\*\*).

> Una visita interessante è quella che si può fare, attraverso www.politicheagricole.it/ucea/, si può fare al DALAM, modello numerico in grado di effettuare previsioni estremamente attinenti al nostro settore ( ... ). WeatherMet, che meteorologicamente punta alla Liguria e che è reperibile su http://digilander.iol.it/weathermet/ risulta interessante per l'inconsueto taglio

> climatologico delle sue informazioni (000)

> Web Meteo Live collega a www.tempolibero.com dove non è facile trovare la rubrica meteo, anche perché si viene subito invogliati, almeno oggi, a scaricare i salvaschermo con le immagini delle attrici più graziose del momento(n.c.). Poiché non c'è nessun sito meteo il cui nome inizi per Z. termina qui la nostra esplorazione in terra italiana.

> > EF

Il voto dell'autore si rifà ad una scala di giudizio da 1 a 5



errori negli script ne impediscono l'uso (voto: n.c.)

Altro sito con una grafica pulita ed una discreta serie di link è www.italia.ms/ meteo2000/ (\*\*\*), mentre

www.freeweb.org/ambiente/ meteofelino/ si segnala principalmente per le informazioni sulle ricezione dei satelliti meteorologici e per il software per la decodifica dei loro dati, che può essere scaricato gratuitamente.

Web.tiscalinet.it/mauscaccia/ porta a Meteo Limana, încentrata sulle informazioni meteo del Bellunese (\*\*). Il sito meteo di Tiscali (http://web.tiscalinet.it/ meteoweb) è certamente uno dei più . completi e ricchi, ma è notevolmente penalizzato dal tempo che impiega a caricarsi, a causa, forse, della pubblicità



### **ABSTRACT**

### SNOW AND AVALANCHES IN SPAIN

J. López, L. Carcavilla, E. Chicharro and E. F. Escalante

Avalanches have always represented a major risk in Spanish mountains. In fact, they have provoked a number of disastrous accidents and thus already at the beginning of the 20° century several defence works were built in various zones of the Pyrenees. Also, the risks linked to avalanches should not be underestimated. In the last 30 years, avalanches have made 105 casualties, besides a number of injured people and major economic damage.

This article presents an overview of the problem of snow and avalanches in Spain, referring to aspects such as meteorology, the presence of man in the mountain, and prevention and rescue, besides considering the statistical study of the avalanche accidents occurring in Spanish mountains in the last 30 years, from 1970 to 1999.

### **RED SNOW**

Colouring of the snow cover due to algae

Gualtiero Simonetti

Already in 1901 Giuseppe Feruglio reported the presence of "red snow" on Monte Canin, an event due to the effect of the Chlamydococcus nivalis; at that age this information was considered in a doubtful way. Yet, the presence of coloured snow due to unicellular algae is a frequent phenomenon in the eastern Alps (Dolomites, Carnic Alps, Tauri), and it is caused by the Chlamydomonas nivalis, a green alga. However, the phenomenon of "red snow" is not sufficiently monitored. In the following, some Italian and Austrian resorts where this event was recently reported are mentioned: Passo Selle (Monzoni, Trentino); Monte Crostis (Carnic Alps. Friuli); Monte Canin (Julian Alps, Friuli); Defreggertal, Grossvenediger (Osttirol); Gamsleiten-Karsee, Obertauern (Radstatter Tauern, Salzburg); Falkertsee, Nockgebirge (Karnten).

### SNOW AND ENVIRONMENTAL POLLUTION

The preliminary results of a study carried out by Università di Venezia in Trento province and Veneto

C. Barbante, P. Gabrielli, G. Cozzi and P. Cescon

The University of Venice has carried out a research program in Alpine regions in order to study the chemical composition of the low troposphere considering the snow as indicator of air quality. The preliminary results from the chemical analysis of the superficial snow point out that the chemical content of the air is characterised from an "anthropogenic" component, coming from the Alpine valleys and the close regional areas like the Po valley, a "marine" component probably from the Adriatic basin and a "crustal" component from the geological Alpine background. It has been advanced the hypothesis that the atmospheric transport of these elements and species occurs in a local and regional scale, due not only to convective flow in the low troposphere but also to the lifting produced from orographic wind and to the turbulence risen in the Alpine valleys from the synoptic wind flow.

### HYDROLOGICAL ASPECTS OF SNOWFALLS IN SARDINIA

A study on the 1998-1999-winter season

G. Stefano Andrissi

Studies about snow-folls on major altitude have proved to be of grat utility in mediterranean climate region also. As matter of fact, due to their stronger permanence on soil, solid atmosferic precipitations are able to exert an influence over sources and water courses which is much superior than that of raining itself. Snow studies (nivology) is therefore a valid help to hydrologic studies in combination with the more traditional climatic and meteorologic ones.

### PHYSIOLOGICAL ADAPTATION TO ALTITUDE

The influence of altitude on man's physical efficiency

G. Rossi, G. Fiorenzano

Due to the diffusion of physical activity in the mountain (trekking, ski touring, skyrunner, mountaineering, alpine skiing, etc) in the last few years, the influence of altitude on performance should be carefully considered.

The above-mentioned sports are usually carried out at variable heights between 2,000 and 4,000 metres, whereas at a higher altitude physical activity essentially means extra-European mountaineering.

Besides evaluating the influence of altitude on physical performance, which is already evident also at a medium height, the variability of environmental conditions (low temperature, wind...) should also be considered.

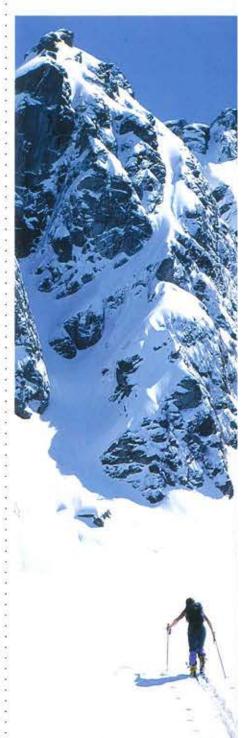
All that requires some physiological changes on behalf of our body that may concern several organs or systems, other than implying a good knowledge of local-regional environmental conditions.

### A FOEHN STORM ON ALTO ADIGE

The violent meteorological events of 17 and 18 January 2000

M. Buchauer, A. Toniazzo, C. Zingerle, F. Gheser

Uproofed homes, uprooted trees and "flying objects": this is what the local press reported on 19 January and which was experienced the day before by part of the Alto Adige population. In fact, the foehn storm caused huge damage in many areas of Bolzano province: in Alto Adige, such violence was only rarely reported. The various meteorological parameters of temperature, humidity and mainly wind speed showed record levels for nearly the whole period considered, being the result of an exceptional meteorological situation.







CAE

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