

e Neve Valanghe

n° 61 - agosto 2007

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*

Rivista quadrimestrale - Sped. A.P. 70% - d.c.l.n. - tasse pagate/da pagare

Il fenomeno del fulmine

Neve sulle Alpi italiane 2006-2007

Nessun segnale da Werner M.

Il radar "LISA" per le valanghe

La gestione invernale della viabilità
in ambiente alpino

Identificazione di potenziali
aree distacco valanghe



e Neve Valanghe

n° 61 - agosto 2007

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*

Rivista quadrimestrale - Sped. A.P. 70% - d.c.l.n. - tasse pagate/da pagare

Il fenomeno del fulmine

Neve sulle Alpi italiane 2006-2007

Nessun segnale da Werner M.

Il radar "LISA" per le valanghe

La gestione invernale della viabilità
in ambiente alpino

Identificazione di potenziali
aree distacco valanghe



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

REGIONE PIEMONTE

ARPA-Piemonte
Area Previsione e Monitoraggio Ambientale
Cso Unione Sovietica, 216 - 10134 Torino
Tel. 011 3168203 - Fax 3181709
Bollettino Nivometeorologico:
Tel. 011 3185555
<http://www.arpa.piemonte.it>
Televideo RAI 3 pagine 536 e 537
e-mail: sc05@arpa.piemonte.it

REGIONE AUTONOMA

VALLE D'AOSTA
Assessorato Territorio Ambiente e Opere Pubbliche
Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche
Direzione Tutela del Territorio
Loc. Amérique 33/A - 11020 QUART (AO)
Tel. 0165 776600/1 - fax 0165 776804
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0165 776300
<http://www.regione.vda.it>
e-mail: u-valanghe@regione.vda.it

REGIONE LOMBARDIA

ARPA-Lombardia Centro Nivometeorologico
Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio SO
Tel. 0342 914400 - Fax 0342 905133
Bollettino Nivometeorologico - 8 linee -
Tel. 8488 37077 anche self fax
<http://www.arpalombardia.it/meteo/bollettini/bolniv.htm>
Televideo RAI 3 pagina 517
e-mail: g.peretti@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Dipartimento Protezione Civile
Ufficio Previsioni e Organizzazione
Via Vannetti 41 - 38100 Trento
Tel. 0461 494877 - Fax 0461 238309
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0461 238939
Self-fax 0461 237089
<http://www.meteotrentino.it>
e-mail: ufficio.previsioni@provincia.tn.it

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione
Valanghe e Servizio Meteorologico
Via Mendola 33 - 39100 Bolzano
Tel. 0471 414740 - Fax 0471 414779
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0471 270555
Tel. 0471 271177 anche self fax
<http://www.provincia.bz.it/valanghe>
Televideo RAI 3 pagine 429 e 529
e-mail: Hydro@provincia.bz.it

REGIONE DEL VENETO

ARPA-Veneto Centro Valanghe di Arabba
Via Pradat 5 - 32020 Arabba BL
Tel. 0436 755711 - Fax 0436 79319
Bollettino Nivometeo Tel 0436 780007
Self fax 0436 780008 - 79221
Fax polling 0436 780009
<http://www.arpa.veneto.it/csvdi>
e-mail: cva@arpa.veneto.it

REGIONE AUTONOMA

FRIULI VENEZIA GIULIA
Ufficio Valanghe
C/o Direzione Regionale delle Foreste
Via Cotonificio 127 - 33100 Udine
Tel. 0432 555877
Fax 0432 485782
Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 800 860377 (in voce e self fax)
<http://www.regione.fvg.it/valanghe/valanghe.htm>
e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

Sede AINEVA

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

 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 specializzati
- Aziende addette a: produzione della neve, sicurezza piste e impianti, costruzione attrezzature per il soccorso, operanti nel campo della protezione e prevenzione delle valanghe.

Rivista dell'AINEVA - ISSN 1120 - 0642
Aut. Trib. di Rovereto (TN)
N° 195/94NC
del 28/09/1994
Sped in abb. postale Gr. IV - 50%
Abbonamento annuo 2007: Euro 18,00
da versare sul c/c postale n. 14595383
o su c/c bancario 052 848578360
presso Banca Bovio Calderari Sede di
Trento, ABI 03064 CAB 01800
intestato a: AINEVA
vicolo dell'Adige, 18 - 38100 Trento

Direttore Responsabile
Giovanni PERETTI
Coordinatore di redazione
Alfredo PRAOLINI
ARPA Lombardia

Comitato di redazione:
Enrico FILAFERRO, Fabio GHESER,
Mauro GADDO, Elena TURRONI,
Mauro VALT, Elena BARBERA,
Michele FREPPAZ

Comitato scientifico editoriale:
Massimo PASQUALOTTO,
Alberto TRENTI, Stefano BOVO,
Francesco SOMMAVILLA,
Paolo STEFANELLI, Giovanni PERETTI,
Michela MUNARI

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

Videoimpaginazione e grafica:
MOTTARELLA STUDIO GRAFICO
www.mottarella.com
Cosio Valtellino (SO)

Stampa:
ALCIONE srl
Trento

Referenze fotografiche:

Foto di copertina: Riccardo Scotti
(www.meteovaltellina.it)
Lodovico Mottarella: 15, 2
Alfredo Praolini: 4, 8, 12, 16, 18, 25, 45, 58, 63
Fabio Gheser: 28, 29
Oskar Lechner, BRD San Giovanni: 27, 30, 31
Werner Beikircher: 28 alto, 32, 33
Anton Jeller, Clinica Univ. Innsbruck: 33 basso
DG Joint Research Center: 35, 38, 39, 40, 41, 42
Riccardo Scotti: 5, 6, 9, 11
Centro Valanghe Arabba: 23, 24
Filiberto Bolego: 54, 55
Univ. Studi Torino DIVAPRA: 64, 65, 66, 67, 68, 69

Hanno collaborato a questo numero:

Serena Mottarella, Stefania Del Barba,
Giorgio Tecilla, Nadia Preghenella,
Monica Rossi, Fabio Gheser.

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

Sommario

agosto 2007 numero 61



4
IL FENOMENO DEL FULMINE
M. Bernardi



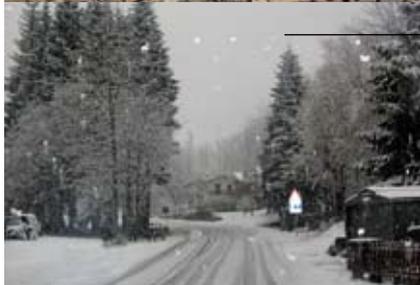
14
NEVE SULLE ALPI ITALIANE
INVERNO 2006-2007
M. Valt



26
NESSUN SEGNALE DA WERNER M.
W. Beikircher



34
IL RADAR "LISA" PER LE VALANGHE
G. Antonello, A. Martinez-Vazquez, J. Fortuny-Guasch
M. Freppaz, M. Maggioni



44
LA GESTIONE INVERNALE DELLA VIABILITA'
IN AMBIENTE ALPINO
F. Bolego



62
IDENTIFICAZIONE DI POTENZIALI AREE
DI DISTACCO VALANGHE
M. Maggioni, M. Freppaz, M. Bergero, L. Bertranda



Le valanghe sono un fenomeno naturale bellissimo...

La neve cade sulle montagne e già quando si è depositata si può trovare in condizioni fisico-meccaniche diversissime, di volta in volta.

Si evolve in modo diverso a seconda delle diverse condizioni meteorologiche, geomorfologiche, eccetera.

Si trasforma lentamente ma inesorabilmente soprattutto a causa di un altrettanto inesorabile giudice: il tempo.

Questo candido e tranquillo manto è estremamente vivo... e non sempre è tranquillo.

Quando si rompono i delicati equilibri, che si sviluppano e si evolvono al suo interno, d'un colpo si trasforma in valanga.

Una più o meno consistente massa di neve che, anch'essa con caratteristiche diverse di volta in volta, non può resistere alla forza di gravità e scende a valle, ora con lentezza... quasi con dolcezza, il più delle volte con impeto, con irresistibile potenza alla ricerca di nuovi equilibri (tutto, in natura, è ricerca di equilibri).

Le valanghe sono un fenomeno naturale bellissimo, beninteso... visto come fenomeno a sé stante.

Purtroppo quando c'è di mezzo l'uomo le valanghe diventano delle cose bruttissime, cattive, ingiuste, perché provocano la morte, anche se loro, le valanghe, non ce ne possono nulla.

La maggior parte delle volte esse sono provocate dagli stessi travolti.

E scatta l'allarme, scatta la macchina dei soccorsi, formata da delicati equilibri... altrettanto delicati come quelli che mantengono sospeso sulla montagna un instabile versante di neve, che vorrebbe liberarsi da forze che non conosce per lasciarsi andare, attratto da forze altrettanto sconosciute che gli vorrebbero far trovare un altro equilibrio.

In questo numero di Neve e Valanghe riportiamo il caso molto particolare di un incidente da valanga occorso a scialpinisti.

Werner è il nome di uno di questi.

Werner è ancora vivo, sicuramente grazie ad una sommatoria di cose positive e magari anche fortuite ma anche per la tenacia e la preparazione tecnica della macchina dei soccorsi, dal sondatore del soccorso alpino, al pilota dell'elicottero oppure al tecnico ospedaliero.

Grazie, forse, alla pervicacia di qualcuno, di un anello di questa catena dei soccorsi.

L'articolo, scritto con sintetica schiettezza e coinvolgimento da un medico che di montagna ne ha masticata e ne mastica, il dott. dott. Werner Beikircher, è stato curato dal collega del Servizio Valanghe della Provincia Autonoma di Bolzano Fabio Gheser.

Sicuramente, a vari livelli nella comunità tecnico-scientifica e nella citata complessa macchina dei soccorsi, porta un importante contributo ed assume un significativo valore didattico.

Le valanghe sono un fenomeno naturale bellissimo...

naturalmente non bisogna finirci dentro.

Il Direttore Responsabile
Dott. Geol. Giovanni Peretti

IL FENOMENO

DEL



Marina Bernardi

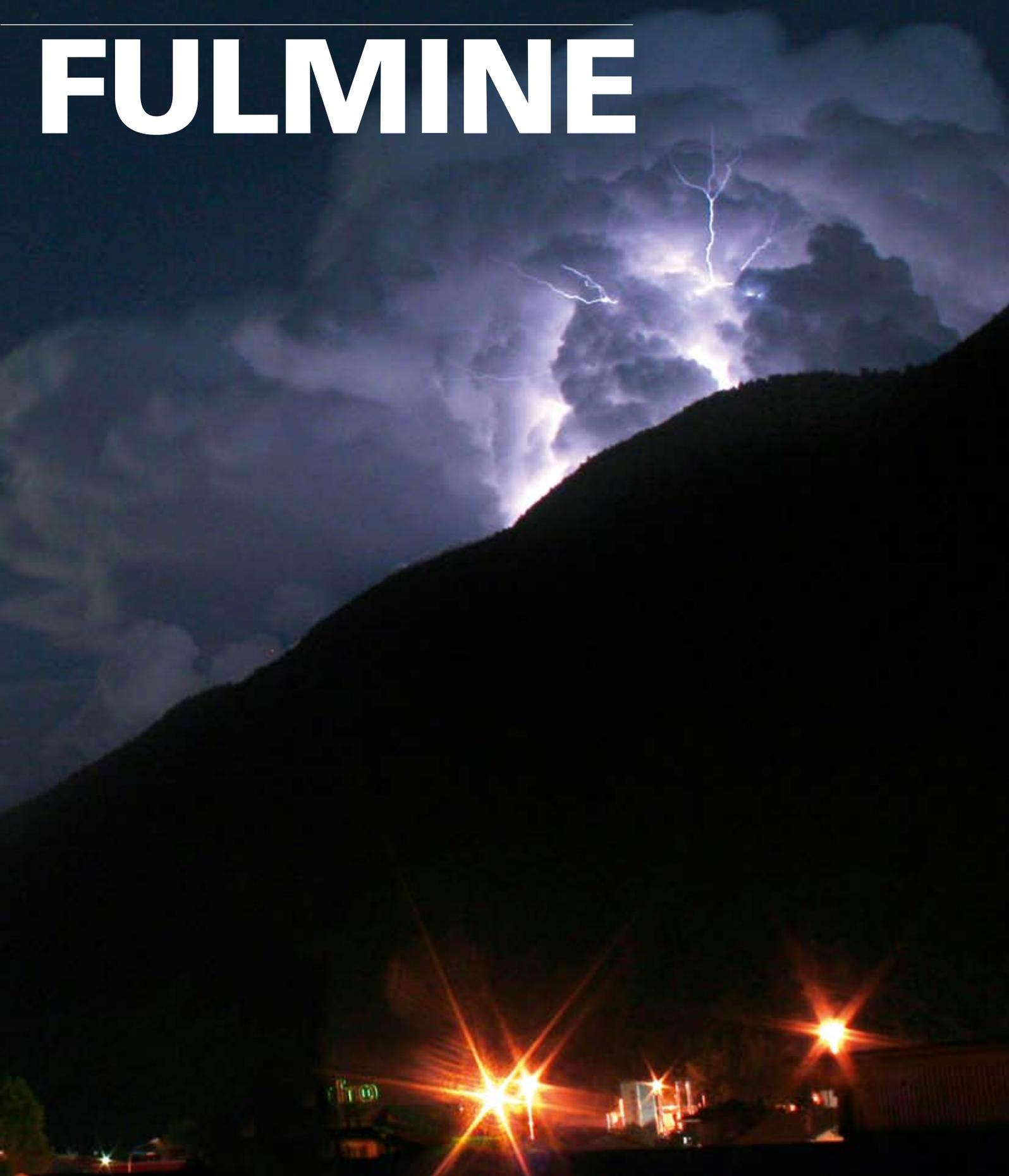
CESI - Centro Elettrotecnico
Sperimentale Italiano
via Rubattino 54, 20134 Milano
mbernardi@cesi.it

Il fulmine è da sempre uno dei fenomeni meteorologici più pericolosi per le attività umane in generale e per quelle all'aperto ed in montagna in particolare [1].

Molto spesso il fulmine viene considerato un corollario del più ampio fenomeno temporalesco ed allo studio di quest'ultimo, trattato da varie discipline scientifiche, ci si limita. In realtà il fulmine è un fenomeno complesso e necessita di competenze specifiche per essere analizzato e compreso. Il fulmine, la sua genesi e le sue caratteristiche sono stati perciò oggetto di studio da parte di specialisti, a partire dal '700 con i primi esperimenti sulle caratteristiche elettriche del fulmine. Oggi, grazie alle moderne tecnologie ed ai molti progressi nell'analisi di questo fenomeno, è possibile conoscere molte delle caratteristiche fondamentali del fulmine e persino seguire in tempo reale la presenza di scariche sul territorio.

Si cercherà qui di dare un quadro conciso delle caratteristiche dei fulmini, che possa essere una prima introduzione e, magari, uno stimolo all'approfondimento.

FULMINE



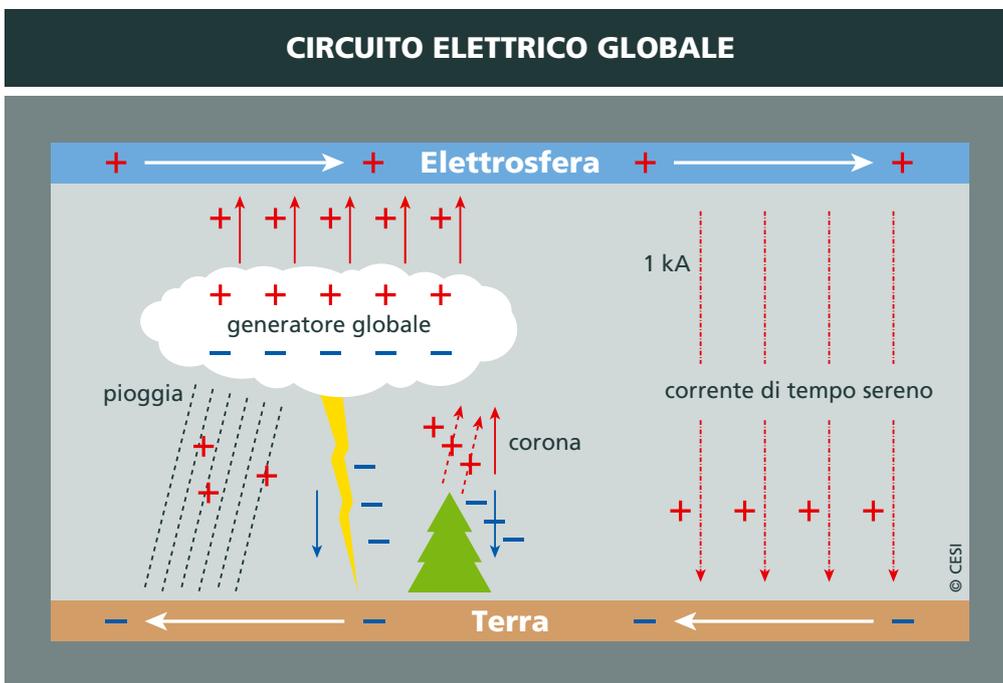


Fig. 1 **PILLOLE DI STORIA**

La storia degli studi sui fulmini inizia nel '700, con la scoperta della natura elettrica di questi da parte di Franklin e Dalibard [2]; si procede poi nell '800 con le misure di spettroscopia della scarica, che permettono, tramite la lettura delle lunghezze d'onda della radiazione elettromagnetica emessa dal canale di scarica luminoso, di valutare la temperatura del canale stesso, la densità ed il tipo di molecole presenti [3-4]. Nei primi del '900 misure con strumenti ottici [5-6-7] permettono di misurare i tempi di evoluzione del processo di sca-

rica. Si eseguono inoltre i primi esperimenti per le misure di corrente su torri. Questi studi vengono eseguiti installando degli strumenti di misura (ad es. di carica e di corrente) presso una torre che, grazie alla sua altezza, è colpita di frequente da scariche di fulmine; le caratteristiche delle scariche che colpiscono la torre possono essere misurate con gli strumenti installati. Questa metodologia è stata ed è tuttora utilizzata in molti esperimenti e, tramite essa, negli anni '60 si sono ottenute le misure fondamentali di Berger e Garbagnati (Svizzera-Italia) [8-9] che

tuttora sono un riferimento internazionale. In contemporanea, nel corso del '900, si sviluppano gli studi delle caratteristiche della scarica e della formazione del leader (canale di carica ionizzata che innesca il fulmine) nei laboratori di alta tensione e potenza, ove si è in grado di riprodurre scariche simili ai fulmini in modo controllato. Anche in questo settore l'Europa e l'Italia sono all'avanguardia, con gli studi effettuati nei laboratori del gruppo Le Renardiere e del CESI [10-11]. Sempre nel '900 si ha la messa in opera dei primi rilevatori o contatori di fulmine, strumenti in grado di captare il segnale elettrico emesso dal fulmine e registrarlo [12], e dei primi esperimenti con razzi di innesco [13] (razzi lanciati verso la nuvola, che trascinano un filo collegato agli strumenti al suolo, lungo il quale passa la corrente del fulmine innescato). Negli anni '70/'80/'90 si sviluppano i sensori elettromagnetici a banda larga e si diffondono le reti di rilevamento in grado di rilevare i fulmini su ampi territori, di calcolarne il punto di impatto al suolo con buona precisione e di fornire le caratteristiche elettriche di ogni scarica rilevata; questi sistemi vengono oggi per brevità definiti LLS - Lightning Location Systems

o sistemi di localizzazione dei fulmini [14-15], e sono in uso in molti paesi, rappresentando una delle più moderne tecnologie a disposizione per lo studio dei fulmini.

Negli anni '90 infine, vengono lanciati i primi satelliti con a bordo strumenti in grado di rilevare i fulmini sulla sfera terrestre [16].

DA DOVE VENGONO LE CARICHE ELETTRICHE

Se grazie al famoso aquilone di Franklin abbiamo capito che il fulmine è una scarica elettrica, meno facile è capire da dove arrivino le cariche elettriche necessarie alla sua formazione. Nonostante i molti sforzi in questo senso, non si è ancora giunti ad una verità incontestabile; esistono alcune teorie, suffragate da esperimenti e test di laboratorio, e la più accettata di queste verrà accennata qui di seguito.

Prima di affrontare la produzione di cariche strettamente necessaria al fulmine, iniziamo ricordando che delle cariche sono già presenti in atmosfera e contribuiscono alla conduttività di questa.

Lo strato di atmosfera vicino alla crosta terrestre, infatti contiene ioni ed elettroni generati da diversi fenomeni, primi fra tutti la radioattività terrestre ed i raggi cosmici. La percentuale di ioni ed elettroni varia passando dagli strati d'atmosfera vicini al suolo, ove si sente l'effetto della radioattività terrestre, verso quelli alti, ove predomina sempre più l'effetto dei raggi cosmici.

La presenza in aria di queste cariche fa sì che esista un campo elettrico non nullo in atmosfera e tra questa ed il suolo. L'atmosfera al di sopra dei 60 km contiene un quantitativo di cariche molto superiore agli strati più bassi e

può essere, dal punto di vista elettrico, vista come uno strato conduttore equipotenziale, denominato Elettrosfera. In condizioni di tempo sereno si possono allora schematizzare l'elettrosfera ed il suolo come le due parti di un condensatore sferico immaginario, carichi a $+5 \cdot 10^5$ C e $-5 \cdot 10^5$ C rispettivamente; la differenza di potenziale tra le due parti è di 300 kV. Essendo l'aria tra i due gusci del condensatore un debole conduttore, in presenza di una differenza di potenziale tra i gusci stessi si genera una corrente, che tende a ristabilire l'equilibrio elettrico. Questa corrente è effettivamente presente tra l'elettrosfera ed il suolo, con intensità di 1 kA totale, ovvero di 2 pA/m^2 . Essa scaricherebbe il "condensatore" nel giro di 10 minuti, se non fossero presenti altre forme di ricarica, oltre alla produzione naturale di ioni/elettroni descritta sopra [1]. Altri meccanismi di separazione di cariche devono quindi esistere e vengono identificati nei cosiddetti meccanismi di produzione locale di cariche in atmosfera:

- Temporali/cumulonembi
- Sprite/Jets e fenomeni elettrici collegati ai temporali
- Nuvole di polvere vulcanica
- Tempeste di sabbia
- Tempeste di neve
- Incendi boschivi

• Forti venti (tornado e trombe d'aria).

Soprattutto il primo tipo di meccanismo, presente con circa 100 temporali al secondo sull'intero globo, consente di riportare in alta atmosfera cariche positive, per dispersione dalla sommità dei cumulonembi, e di riportare al suolo cariche negative, tramite i fulmini e l'effetto corona (vd. figura 1).

FORMAZIONE DI CARICHE NEL CUMULONEMBO

La formazione delle nubi dette cumuli avviene: quando particelle d'aria umida e calda salgono verso l'alto e si raffreddano per espansione adiabatica; quando nella particella l'umidità relativa supera il livello di condensa, si formano gocce d'acqua sul particolato atmosferico e si ha la nascita della nuvola. Se l'abbassamento di temperatura verso l'alto è più veloce del processo di condensa adiabatico, le particelle d'umidità salgono oltre lo zero termico, dove le più grosse formano ghiaccio ma le più piccole restano liquide (definite acqua superfredda); si ha quindi una regione a temperatura minore di zero, ove particelle di acqua e di ghiaccio coesistono. In questo caso si ha una nuvola del tipo Cumulonembo. In essa troviamo

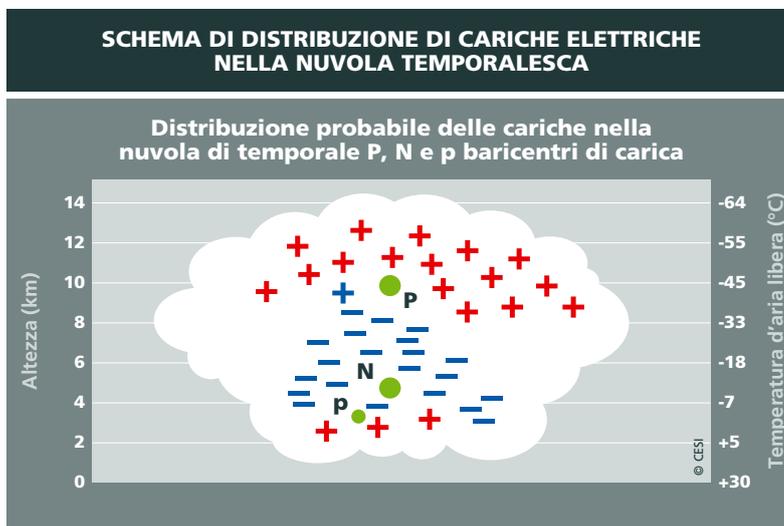


Fig. 2

NOMENCLATURA DEI FULMINI

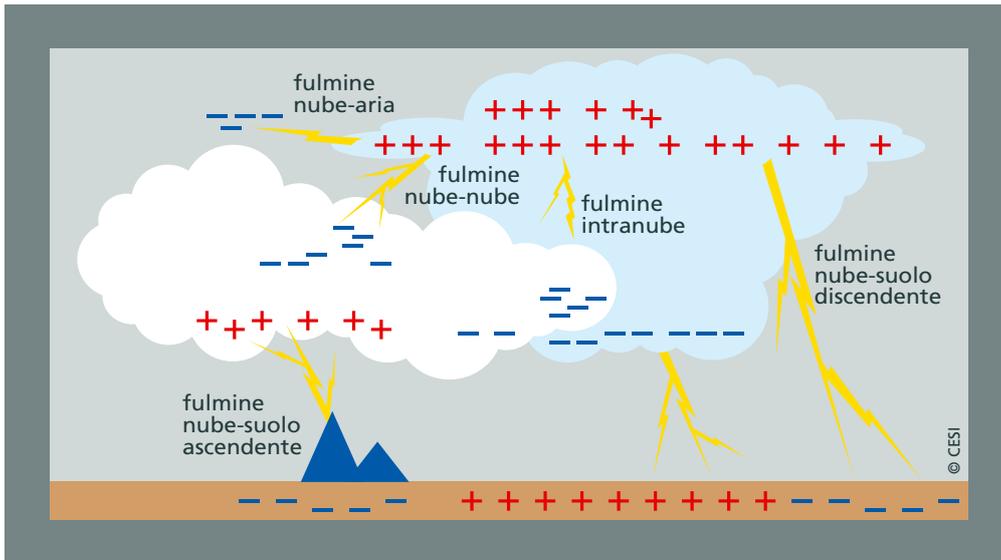
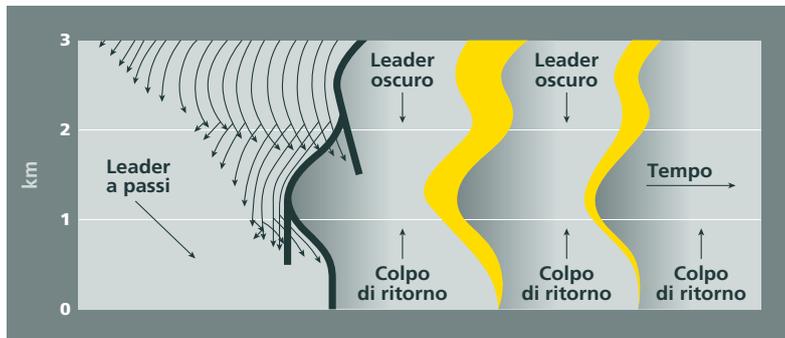


Fig. 3

SCHEMA DEL PROCESSO DI FORMAZIONE DEL FULMINE [17]

Fig. 4



perciò la coesistenza di ghiaccio ed acqua, in forma di particelle dette idrometeorie (particelle di acqua o ghiaccio aggregate); le più pesanti tendono a ricadere per gravità. Nel cumulonembo abbiamo inoltre la presenza di forti moti convettivi verticali; le particelle d'acqua e di ghiaccio coinvolte nei moti convettivi si

scontrano e questo porta alla liberazione di cariche per attrito. Si ottengono perciò particelle cariche elettricamente, libere all'interno della nuvola.

Le cariche elettriche formate all'interno del cumulonembo, tendono a disporsi in poli di cariche opposte, all'interno del volume della nuvola. Vari poli

possono coesistere all'interno di una nuvola, tuttavia nella maggioranza dei casi si può rappresentare un Cumulonembo con le cariche positive verso l'alto della nuvola, e le negative verso il basso, in forma di dipolo.

A volte un terzo polo positivo, di consistenza minore, è posizionato verso il basso della nuvola.

Il terreno sottostante tipicamente si polarizza con carica opposta a quella del fondo della nuvola.

Il campo elettrico generato da una nuvola temporalesca al suolo sotto di essa, è dell'ordine di $1-10 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ e si può facilmente simulare tramite lo schema elettrico di tripolo della nuvola (vd. figura 2).

IL FULMINE

Se s'ipotizza che un fulmine non sia altro che una scarica dovuta alla rottura del dielettrico presente nel condensatore, formato dal suolo e dal fondo della nuvola, si può calcolare la variazione di campo elettrico al suolo dovuta a questa scarica, ipotizzando che essa neutralizzi in parte le cariche del di/tripolo di carica presente nella nuvola. Misure di campo al suolo confermano che i fulmini rappresentano delle rapide variazioni di campo paragonabili a quelle così ipotizzate. Il gradiente di campo elettrico necessario alla rottura dielettrica dell'aria, in presenza di idrometeorie e pioggia, risulta essere, di valori misurati realmente in presenza di cumulonembi, di circa $2 \cdot 10^5 \text{ V/m}$.

Possiamo infine definire un fulmine come: una scarica elettrica di alta intensità di corrente, breve durata, spazialmente estesa, che avviene quando nelle nubi si formano regioni cariche elettricamente di segno opposto, tali che il gradiente di campo elettrico sia sufficiente a provocare la rottura del dielettrico (aria).

NOMENCLATURA

Data la definizione di fulmine, s'intuisce subito che, a seconda della disposizione delle cariche nella nube ed al suolo, si potranno avere situazioni elettriche e spaziali differenti, che origineranno scariche, almeno geometricamente, diverse. Infatti, un vasto campionario di scariche esiste in natura e queste vengono schematicamente divise in fulmini nube-nube e fulmini nube-suolo, con significato immediato. A loro volta i fulmini nube-nube si suddividono in:

- Intranube,
- Nube-nube,
- Nube-aria,

ove il nome della seconda categoria ripete quello generale.

I nube-suolo sono suddivisi in:

- ascendenti,
- discendenti,

a seconda che il canale ionizzato di inizio del processo sia partito dalla nuvola procedendo verso terra o viceversa. Gli ascendenti, necessitando di un canale ionizzato che parta da terra e proceda verso l'alto, si realizzano solo in presenza di punte elevate, torri, cime di monti, cioè situazioni particolari che permettano una ionizzazione intensa del "suolo". I vari tipi di fulmine sono mostrati schematicamente in figura 3.

Tutti questi fulmini vengono poi distinti elettricamente, in:

- positivi,
- negativi.

La distinzione dipende dal tipo di carica presente nella zona di partenza del canale ionizzato del fulmine. Nel caso di un fulmine nube-suolo discendente, per esempio, supponendo che parta dal basso della nube, se in questa zona della nube vi sono cariche negative il fulmine sarà negativo, cioè la corrente sarà diretta dal basso verso l'alto; viceversa, se sul fondo della nube vi sono cariche positive il fulmine sarà



positivo, cioè la corrente sarà diretta dall'alto verso il basso.

Questo è un modo semplice per ricordare la classificazione, che in realtà nasconde una situazione complessa, dovuta al verso della corrente che si genera nella scarica ed alle relative velocità di spostamento e ricombinazione di elettroni e ioni positivi.

La percentuale di fulmini nelle varie categorie varia in base alla latitudine, alla stagione, al tipo di temporale e ad altri fattori vari.

La percentuale di fulmini ascendenti dipende dalla presenza o meno di strutture alte e dall'altezza di queste, quindi è molto variabile e di non facile generalizzazione. Solitamente si considera che gli ascendenti siano una piccola percentuale.

CIÒ CHE VEDO NON È CIÒ CHE ACCADE

Non vogliamo qui addentrarci nella descrizione del fenomeno fisico che in dettaglio origina il fulmine. Vogliamo però ricordare alcuni punti salienti di questo percorso, la cui comprensione può essere utile [17].

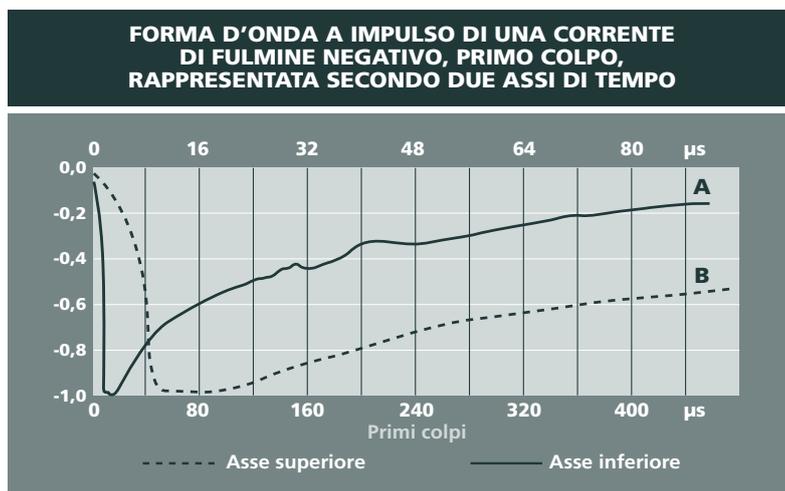
Il fulmine, così come appare ai nostri occhi, è una scia luminosa che percorre un tragitto più o meno tortuoso e che si esaurisce nell'arco di 0.2-0.5 s. In realtà in questo tempo relativamente

lungo avvengono una serie di fenomeni distinti e conseguenti, che il nostro occhio non riesce a distinguere e che nel complesso vengono chiamati fulmine (vd. figura 4).

Il fulmine inizia con la formazione di una zona locale ionizzata, per esempio vicino al fondo della nube (nel caso di fulmine discendente), in forma allungata detta di "streamer". Questa ionizzazione iniziale si estende a formare un canale ionizzato di qualche decina di metri, canale che viene poi prolungato in avanti da canali simili, con progressione a passi successivi, da cui questo processo prende il nome di "leader a passi"; tutto questo viene formandosi senza la presenza di intensa luminosità. Quando il canale ionizzato del leader a passi raggiunge il suolo, le cariche di polarità opportuna, presenti nel terreno, tendono ad essere richiamate verso la nube lungo il canale; di fatto questo stadio rappresenta la chiusura del circuito elettrico ed il conseguente passaggio di corrente.

In modo più appropriato si descrive questo stadio come l'innescò di un'onda di ricombinazione ionica che percorre a ritroso tutto il canale, producendo luce ed alte temperature (circa 30.000 K in un canale di pochi cm di dia-

Fig. 5



DISTRIBUZIONE DI PROBABILITA' DI CORRENTE DEL FULMINE PER FULMINI NEGATIVI E POSITIVI REGISTRATI DAL SISTEMA SIRF SULL'ITALIA ANNI 1996 - 2005

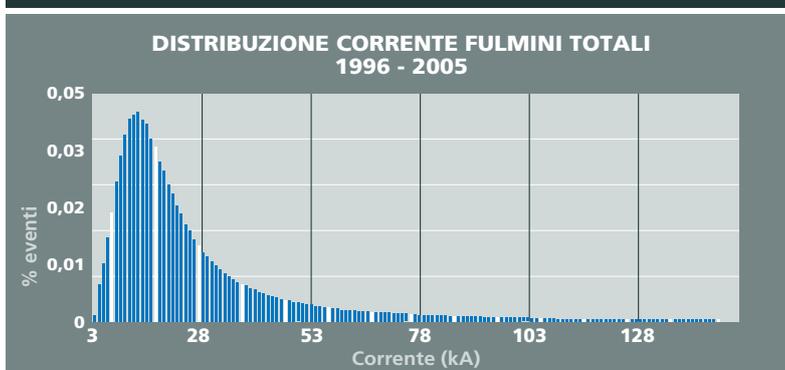


Fig. 6

DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEL NUMERO DI FULMINI TOTALI PER MESE, SECONDO I DATI REGISTRATI DAL SISTEMA SIRF SULL'ITALIA ANNI 1996 - 2005



Fig. 7

metro). Questo fenomeno è detto "colpo di ritorno" ed è la causa della scia luminosa vista dal nostro occhio, nonché dell'onda sonora di tuono. A questo punto il fulmine è completo, ed a volte qui si esaurisce; sono passati circa 100 ms dall'innesco dello streamer.

Altre volte invece lungo il percorso precedente del colpo di ritorno rimane un canale parzialmente ionizzato, lì dove prima si era creato il leader a passi; questa traccia viene sfruttata per un successivo processo di ionizzazione verso terra, detto "leader oscuro" che richiuderà

il circuito e creerà un secondo colpo di ritorno, con passaggio di corrente e luminosità conseguente. Questo processo di leader oscuro e colpo di ritorno successivo al primo dura circa 50-100 ms, può avvenire più volte e viene considerato sempre parte del fenomeno fulmine. Ciascun colpo di ritorno successivo al primo viene detto colpo secondario o colpo successivo di fulmine. Il 55% circa dei fulmini è formato da più colpi successivi di corrente, fino anche a 10-20 colpi e con media di 2-3 colpi per fulmine. Il percorso dei colpi successivi è solitamente lo stesso del primo e si manifesta come re-illuminazioni successive dello stesso percorso, illuminazioni che tuttavia l'occhio umano non riesce a percepire come distinte; in alcuni casi tuttavia il canale viene percorso solo in parte ed il punto di impatto al suolo del colpo successivo è diverso da quello del primo colpo.

Un'ultima complicazione nel meccanismo del fulmine è introdotta durante lo sviluppo del leader a passi. Mentre questo procede, diciamo dalla nuvola verso terra, spesso dalle punte al suolo si generano ionizzazioni sufficienti ad innescare dei leader ascendenti, che procedono sostenuti dal campo generato all'avvicinarsi del leader discendente. In questo caso perciò il leader discendente non incontra direttamente il suolo, ma incontra prima uno di questi leader ascendenti, chiudendo il circuito e provocando il successivo passaggio di cariche e di corrente.

CARATTERISTICHE DEI FULMINI

Le caratteristiche principali del fulmine sono derivate dagli esperimenti con torri elevate, lancio di razzi, spettroscopia, LLS, come ricordato sopra.

Riassumiamo alcune di esse, senza pretese di completezza. Molte informazioni citate qui sono desunte dai dati registrati dal LLS Italiano, di proprietà del CESI e denominato SIRF-Sistema Italiano rilevamento Fulmini, rete che è in funzione dal 1994 con continuità su tutto il territorio italiano [18]. In particolare per i valori qui riportati si sono utilizzati i dati di fulmine registrati nell'area 36 – 48 N, 6 – 20 E, che copre interamente il territorio italiano.

Corrente di fulmine

Concentrandosi su i fulmini nube-suolo, ben noti e di maggior impatto sulle attività umane, si possono esaminare alcune caratteristiche delle correnti ad essi associate.

In particolare, per i fulmini discendenti negativi, formati da uno o più colpi successivi, si trovano forme d'onda tipicamente impulsive, sia per le correnti di primo colpo che per quelle dei colpi successivi (vd. figura 5). I tempi di salita sono di 1-30 μ s e 0.2-5 μ s rispettivamente per primi colpi e successivi, mentre i tempi all'emivalore sono rispettivamente di 10-250 μ s e 5-150 μ s [17].

I fulmini discendenti positivi sono sempre composti da un solo colpo. I valori di picco della corrente di fulmine variano da valori minimi di 2-3 kA a valori massimi di 100 kA o anche 200-300 kA nel caso di scariche positive; la distribuzione di probabilità delle correnti assume una concentrazione prevalente intorno ai valori tra 5 e 40 kA, come mostrato in figura 6.

Il calcolo del valor mediano (valore al 50% di probabilità) della corrente di fulmine, sia per scariche positive sia negative, sta subendo in questi ultimi anni una revisione profonda, dopo l'introduzione di LLS in molti

paesi. Il valore classico è, infatti, calcolato in letteratura tramite misure con strumenti associati a torri elevate; questa situazione sperimentale tuttavia, introduce una distorsione verso l'alto nella misura, a causa della presenza delle torri stesse, ed il campione di dati è sempre molto esiguo. Viceversa con l'utilizzo delle reti LLS è possibile registrare un gran numero di eventi, in ogni configurazione di territorio; i valori mediani ricavati da questo tipo di misure [19] risultano costantemente più bassi di quelli classici, come ci si aspetta.

Rilevando i dati di fulmine caduti sull'Italia dal 1996 al 2005 con il sistema SIRF i valori mediani di corrente risultano:

- fulmini negativi: -18 kA
- fulmini positivi: +35 kA

Numerosità

Il numero totale di fulmini nube-suolo registrati da SIRF sull'Italia dal 1995 al 2004 è di 16.097.103, corrispondente ad un numero di fulmini negativi di 14.522.271 (90 % del totale) e ad un numero di fulmini positivi di 1.574.832 (10 % del totale), confermando con questa divisione quanto generalmente riportato in letteratura per le zone temperate. Il numero medio di fulmini all'anno, sull'Italia, risulta dunque:

$$\begin{aligned} \text{Numero Medio per anno} \\ = \\ \mathbf{1.609.710 \text{ fulmini/anno}} \end{aligned}$$

I dati raccolti si possono rappresentare in funzione del mese,

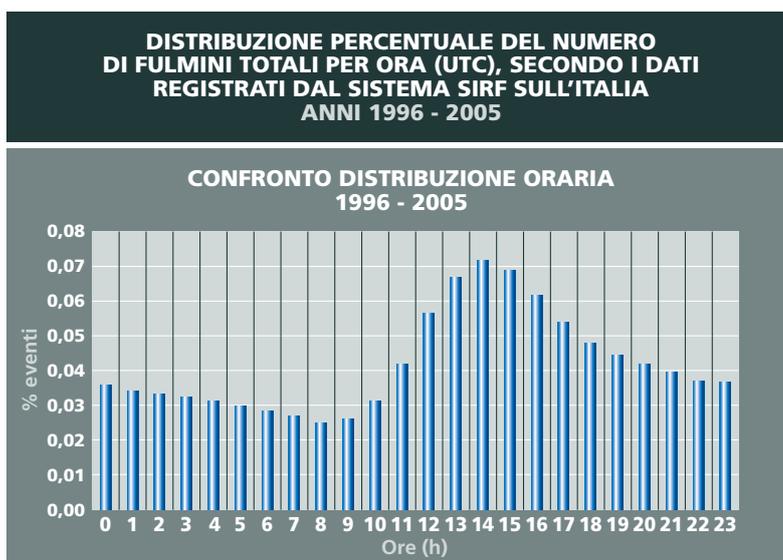


Fig. 8



**ZONA DEL LAGO DI GARDA:
DENSITA' DI FULMINAZIONE
CALCOLATA SUL PERIODO 1996 - 2006
Grigliato 1x1 km, fasce da 0 a più di 6 fulmini/km² anno**

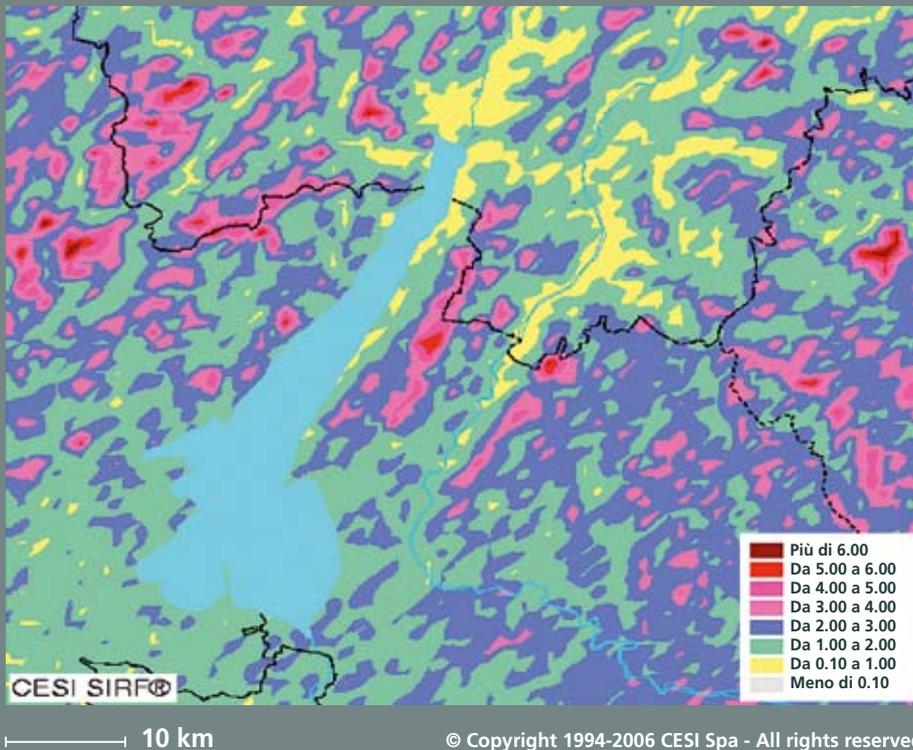


Fig. 9
Fig. 10

**ZONA DEL LAGO DI GARDA:
OROGRAFIA E GEOGRAFIA
Da Google Earth**



come in figura 7, evidenziando che il periodo di maggior ceraunicità per l'Italia coincide con i mesi di Luglio e Agosto. Suddividendo la distribuzione in fulmini positivi e negativi si evidenzia inoltre che la percentuale relativa di fulmini positivi nei mesi autunnali/invernali è maggiore rispetto a quella dei fulmini negativi nello stesso arco di tempo. Di fatto, è anche noto che i fulmini positivi che cadono in autunno ed inverno sono mediamente più intensi, nonché accompagnati da precipitazioni abbondanti e da fenomeni violenti. Conteggiando il numero totale di fulmini caduti in ciascuna fascia oraria (vd. figura 8) si evidenzia come le ore di maggior concentrazione di fulmini siano quelle del pomeriggio, mantenendosi comunque elevate durante la sera, così come istintivamente ben noto ed importante da ricordare soprattutto in montagna, ove la formazione di temporali pomeridiani è frequente ed a volte improvvisa.

Densità al suolo

La densità di fulminazione al suolo, vale a dire il numero di fulmini all'anno caduti al km², è un dato indispensabile per la valutazione della pericolosità di una zona di territorio rispetto al fenomeno in questione. Tramite le registrazioni dei fulmini effettuate dalle reti LLS ed in Italia dalla rete SIRF, è possibile ricostruire con buona precisione quest'informazione [20]. In particolare, valutando Ng sul territorio italiano per il periodo 1996-2006 di dati, si ottengono delle mappe cerauniche che indicano con chiarezza le zone più esposte al fulmine per la penisola. Esse coincidono con l'arco prealpino, con particolari intensità nelle zone dei Laghi e del Friuli, con l'Appennino Ligure e con alcune zone dell'Appen-

nino centrale, tra cui spicca la zona di Roma. Tramite una mappatura a griglia fine, utilizzando il massimo dettaglio spaziale disponibile (si ricorda che la rete SIRF ha una precisione media, sul punto di impatto del singolo fulmine, di 500 m), si verifica facilmente che le zone più colpite in ogni regione coincidono con le alture montane, mentre le vallate attigue vengono risparmiate dalle fulminazioni. Questo dato conferma quanto già noto empiricamente e consiglia pertanto di evitare le alture principali e le creste in presenza di temporali. Ad esempio si veda in figura 9 la mappa ceraunica della zona del Garda, con i rilievi ben evidenziati dalle maggiori densità di fulminazione; per confronto immediato si veda la figura 10 dei rilievi locali.

ALLERTA FULMINI

Sapere cosa sono i fulmini e sapere come comportarsi in loro presenza è fondamentale ma, altrettanto, può essere di aiuto sapere se nel giro di poche ore un temporale arriverà sulla nostra testa.

Grazie alla moderna tecnica delle reti di rilevamento, è oggi possibile registrare ogni scarica che avvenga sul territorio italiano, ma soprattutto è possibile avere l'informazione sulla posizione di una scarica pochi secondi dopo lo scoccare della stessa. Quest'estrema velocità di ricostruzione del dato, unita ad un'ottima precisione spaziale, consente di controllare in continuo ed in tempo reale le perturbazioni temporalesche e le scariche connesse che avvengono sull'Italia, verificando dove

insistono e dove stanno andando.

In particolare, la possibilità di controllare lo spostamento dei fronti temporaleschi permette di valutare con anticipo se una zona particolare verrà interessata dal fenomeno ed, eventualmente, reagire di conseguenza.

Strumenti ad hoc sono stati sviluppati per consentire a diverse tipologie di utenti di avvalersi di questa possibilità di monitoraggio ed allerta, siano essi enti preposti al controllo del territorio, siano industrie a rischio di fulminazione o siano infine privati che vogliano essere avvertiti del pericolo imminente di temporali. Nell'ambito della prevenzione da rischi ambientali ed in particolare per attività legate alla montagna, questi strumenti possono rivelarsi estremamente proficui.

Bibliografia

[1] Rakov V., Uman M. A.: "Lightning Physics and Effects", Cambridge Univ. Press, Cambridge UK, 2000

[2] Cohen I. B.: "Benjamin Franklin's Science", Harvard Univ. Press, Cambridge Mass., 1990

[3] Meyer G.: "Ein versuch, das spectrum des blitzes zu photographieren, Ann. Physik Chem., 51, 415-416, 1894

[4] Orville R.E. et al.: "Temperature and electron density in long air sparks", J. App. Phys., 38, 895-896 1967

[5] Boys C. V.: "Progressive Lightning", Nature, 124, 54-55, 1929

[6] Malan D.J.: "The relation between the number of strokes, stroke intervals and the total durations of lightning discharges", Geofis. Pura Appl. 34, 224-230, 1956

[7] Shonland B.F. and Chollens H.: "Development of the lightning discharge", Nature, 132, 407-408, 1933

[8] Berger K. e Vogelsanger E.: "Photographische blitzuntersuchungen del Jahre 1955-1965 auf dem monte San Salvatore", Bull. SEV, 56, 2-22, 1966

[9] Garbagnati E. et al.: "Rilievi delle caratteristiche dei fulmini in Italia. Risultati ottenuti negli anni 1970-1973", Elettrotecnica, 57/62, 237-249, 1975

[10] Le Renardieres Group: "Research on long air gap discharges at Les Renardieres", Electra, 23, 53-157, 1972

[11] Carrara G.G.: "Investigation on impulse sparkover characteristics of long rod/rod and rod/plane gaps", CIGRE Report n 328, 1964

[12] Pierce E.T.: "The influence of individual variations in the field changes due to lightning discharges upon the design and performance of lightning flash counters", Arch. Meteor. Geophys. Bioklim., A9, 78-86, 1956

[13] Newman M.M.: "Use of triggered lightning to study the discharge channel", Problems of Atmospheric and Space Electricity, Elsevier, New York, 1965

[14] Krider E.P. et al.: "A gated wideband magnetic direction finder for lightning return strokes", J. Appl. Meteor., 15, 301-306, 1976

[15] Orville R.E.: "Annual summary - Lightning ground flash density in the contiguous United States-1989", Mon. Wea. Rev., 119, 573-577, 1991

[16] Christian H.J., Latham J.: "Satellite measurements of global lightning", Q.J.R. Meteor. Soc., 124, 1771-3, 1998

[17] Uman M.A.: "Lightning", Dover Pub. Inc., New York, 1969

[18] M. Bernardi, D. Ferrari: "The italian lightning detection system (CESI-SIRF): main statistical results on the first five years of collected data and a first evaluation of the improved system behavior due to a major network upgrade", Proc. of the 25th International Conference on Lightning Protection, Rhodes, Sept. 2000

[19] Rovelli, M. Bernardi: "Extrapolation of the median value of the lightning current on the basis of existing measurements", J. Lightn. Res. (JOLR), 2006

[20] M. Bernardi, D. Ferrari: "Evaluation of the LLS efficiency effects on the lightning density at ground, using the italian lightning detection system SIRF", J. of Electrostatics, 60 (2004), pp. 131-140, 2004



Mauro Valt
AINEVA
Vicolo dell'Adige, 18
38100 Trento
ARPAV
Centro Valanghe di Arabba
Via Arabba - Pradat, 5,
32020 Livinallongo del Col di
Lana (BL)
mvalt@arpa.veneto.it

Con la collaborazione di:

Marco Cordola,
Elena Turrone

ARPA Piemonte, Area,
Previsione e Monitoraggio
Ambientale.

Osanna Roncari
Compagnia Valdostana delle
Acque, Ufficio Ingegneria /
Sicurezza, Opere Idrauliche

Alfredo Praolini
ARPA Lombardia,
Centro Nivometeorologico

Mauro Gaddo
Provincia Autonoma di
Trento, Dipartimento
Protezione Civile, Ufficio
Previsioni e Organizzazione

Fabio Gheser
Provincia Autonoma di
Bolzano, Ufficio Idrografico,
Servizio Prevenzione
Valanghe e Servizio
Meteorologico

Daniele Moro
Regione Autonoma Friuli
Venezia Giulia, Ufficio
Servizio territorio
montano e manutenzioni

Giorgio Galeati
Enel spa
Area energie rinnovabili
Unità idrologica
Mestre Venezia

Anselmo Cagnati,
Bruno Renon,
Andrea Crepaz,
Gianni Marigo,
Renato Zasso
ARPA Veneto,
Centro Valanghe di Arabba

Daniele Cat Berro
Società Meteorologica
Italiana,
Castello Borello,
10053 Bussoleno (TO)

Ufficio Neve e Valanghe
Regione Autonoma
Valle d'Aosta,
Assessorato Territorio,
Ambiente e Opere
Pubbliche, Direzione Tutela
del Territorio - Università
di Torino, Di.Va.P.R.A. -
Laboratorio Neve e Suoli
Alpini. Gressoney La Trinité
(AO)

NEVE

sulle ALPI

ITALIANE

INVERNO 2006 - 2007

La stagione invernale 2006 - 2007 è stata caratterizzata da scarse precipitazioni nevose, da temperature miti e da importanti episodi di vento.

Le temperature particolarmente miti a tutte le quote, hanno condizionato la tipologia delle precipitazioni, con piogge invernali anche fino a 3000 m di quota. L'inverno meteorologico (dicembre- gennaio-febbraio) è stato, su gran parte delle Alpi, il più mite dal 1920. Le temperature miti hanno determinato frequenti episodi di fusione anticipata del manto nevoso tanto che, in alcune aree campione la permanenza della neve al suolo è stata di 30- 45 giorni inferiore alla media, rimarcando un trend negativo in atto già dalla fine degli anni '80. La mancanza di neve è stata importante soprattutto nei mesi autunnali e di inizio inverno (novembre -90% di precipitazione nevosa rispetto alla media, dicembre -25/-60%) e nel mese di aprile (-80%). Il mese di gennaio è risultato scarso di nevicate specie nelle Alpi occidentali mentre il mese di marzo è stato nevoso su tutto il versante sud delle Alpi ed in particolare sulle Alpi orientali. Questa diversità di precipitazione ha determinato anche un bilancio pluviometrico (pioggia + neve fusa) particolarmente negativo sulle Alpi occidentali e normale o positivo per alcune aree (Dolomiti) nelle Alpi orientali.

Il deficit di precipitazione nevosa, oltre che ad avere una caratterizzazione mensile, ha avuto anche una caratterizzazione altimetrica, con deficit superiori al 40% fino a 1800 m di quota nelle Alpi occidentali e centrali e del 25% oltre i 2100 m in tutti i settori. L'unica zona con un deficit contenuto sono state le Dolomiti, dove le precipitazioni di gennaio, marzo e del mese di maggio, hanno contenuto il debito totale di fine stagione. Tuttavia anche in questa area, come nel resto delle Alpi, la mancanza della neve autunnale e di inizio inverno, non ha permesso la formazione di una copertura nevosa continua, con ripercussioni sulle attività sportive dello sci e in primavera sulla disponibilità della risorsa idrica. Infine, le particolari configurazioni bariche che si sono susseguite sull'arco alpino durante l'inverno, hanno determinato, specie dopo le nevicate, forti venti con una generale re-distribuzione della neve e formazione di ampie zone erose e venti di föhn nei fondovalle con la fusione della neve residua.



INTRODUZIONE

La stagione invernale 2006 – 2007 è stata caratterizzata da scarse precipitazioni nevose, da temperature miti e da importanti episodi di vento. Nel presente articolo, dopo una breve descrizione meteorologica e dell'andamento delle temperature della stagione invernale, viene analizzato l'andamento stagionale della precipitazione solida (neve) con particolare riguardo alle differenze fra la parte occidentale, centrale e orientale dell'arco sud alpino, alle differenze degli apporti nevosi per fasce altimetriche e alla durata della neve al suolo.

FONTE DEI DATI

Gran parte dei dati utilizzati nel presente lavoro, come in quelli precedenti (Valt e Cagnati, 2004, Valt et al, 2005; Valt, 2006), sono stati desunti dalle banche dati delle reti di monitoraggio regionale e provinciale dei Servizi Valanghe AINEVA, dagli Annali Idrologici pubblicati dal Ministe-

ro dei Lavori Pubblici (Ministero Lavori Pubblici, 1927-1996) e dalle stazioni di rilevamento ubicate presso le dighe delle diverse Compagnie di gestione delle acque superficiali dell'arco alpino.

I dati relativi alla permanenza della neve al suolo sono stati calcolati sul numero di giornate con un'altezza di neve al suolo maggiore di 1 cm nel periodo ottobre – giugno di ogni anno idrologico. Per questo tipo di elaborazione è stata utilizzata anche la banca dati climatologici on-line, a risoluzione mensile, della Società Meteorologica Italiana realizzata nell'ambito del progetto "Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese" e finanziata dalla Fondazione Vodafone Italia [1].

I dati relativi alla precipitazione nevosa stagionale sono il risultato della sommatoria dei singoli valori giornalieri di neve fresca rilevati di norma alle ore 8.00 di ciascun giorno (Cagnati, 2003) ed espressi in cm. In tutti i grafici

e le tabelle del presente lavoro l'anno di riferimento è l'anno idrologico (ad esempio l'anno 2006 inizia il 1 ottobre 2005 e termina il 30 settembre 2006). Tuttavia, per i raffronti, sono state considerate le sole precipitazioni nevose relative alla stagione invernale compresa fra il mese di ottobre e il mese di maggio.

Per alcune stazioni, i valori mensili e stagionali erano riassunti già in tabelle nelle pubblicazioni consultate, per altre sono state effettuate le varie sommatorie partendo dai valori giornalieri.

In totale sono stati utilizzati i dati di 80 stazioni, 30 delle quali ricadenti nelle Alpi Occidentali, 24 nelle Alpi Centrali e 26 nelle Alpi Orientali.

AREE GEOGRAFICHE CONSIDERATE

Per la suddivisione geografica fra le Alpi Occidentali e Centrali è stato considerato il fiume Ticino, mentre per le Alpi Centrali e quelle Orientali il fiume Adige fino a Bolzano, proseguendo poi verso Nord lungo la Val Sarentino e con una linea ideale fino al Passo del Brennero.

Tale suddivisione, non prettamente climatica, ha permesso una buona distribuzione delle stazioni anche per fasce altimetriche.

Per quanto riguarda le micro-aree del versante sud-alpino è stata utilizzata la suddivisione in 42 aree utilizzata dai Servizi Valanghe regionali e provinciali associati all'AINOVA e pubblicata su www.aineva.it.

Per quanto concerne la durata della neve al suolo, sono state prese in considerazione alcune stazioni ricadenti nella Valle Orco situata nelle Alpi Graie (Piemonte, provincia di Torino) (Alpi occidentali) e nelle Dolomiti Bellunesi (Veneto, provincia di Belluno) (Alpi orientali).





Fig. 1a - Nell'immagine del 30 novembre 2006 è possibile osservare come in tutto l'arco alpino non ci sia un manto nevoso esteso.



Fig. 1b - Nell'immagine del 12 gennaio 2007 è possibile osservare la mancanza di neve soprattutto nelle Prealpi delle Alpi centrali e orientali e nelle Alpi Marittime.



Fig. 1c - Situazione dell'innevamento delle Alpi il 9 febbraio 2007.



Fig. 1d - La copertura nevosa sulle Alpi è ancora minore nell'immagine del 13 marzo 2007.



Fig. 1e - L'immagine del 5 aprile 2007 è caratterizzata dalla presenza della neve conseguenti le abbondanti nevicate di fine marzo. E' possibile osservare come solo in questo periodo le Prealpi risultino coperte da neve.



Fig. 1f - Maggio 2007, la neve presente al suolo è davvero poca e confinata alle quote elevate.



ELABORAZIONE DEI DATI

Per evidenziare l'andamento a livello regionale mediante un'unica serie, è stato utilizzato l'indice adimensionale SAI (Standardized Anomaly Index) (Giuffrida e Conte, 1989) che esprime le anomalie della grandezza studiata, attraverso il contributo dei valori medi annuali o stagionali delle singole stazioni. Un indice annuale di anomalia pari a 0 indica un anno in linea con la media di riferimento, un valore di anomalia positivo o negativo indica rispettivamente un eccesso o un deficit più o meno elevati rispetto al valore normale (Mercalli et al., 2003, 2006).

Di norma viene utilizzato come trentennio di riferimento il periodo 1961-1990 (WMO, Climate Normals, CLINO, nota tecnica 847) ma, non disponendo di un numero di serie storiche sufficientemente lunghe e omogeneamente distribuite sulle Alpi Italiane, è stato considerato, per

tutte le elaborazioni, il trentennio 1976-2005 per il quale si dispongono di molte più osservazioni. Per definire gli eventi eccezionali (estremi o rari), è stato determinato il 0.10 e il 0.90 percentile rispetto al trentennio di riferimento. Gli scarti medi che si collocano oltre tali soglie sono stati considerati eventi rari (IPCC, 2001). Sono stati considerati come valori rientranti nella variabilità media quelli situati fra il 1° e il 3° quartile (25% e 75%). Gli scarti medi che si collocano all'interno del 1° quartile e del 3° quartile, fino al 0.10 e 0.90 percentile, sono stati definiti eventi al di fuori della norma. Diversi autori utilizzano soglie differenti e metodi statistici per analizzare i dati relativi alle precipitazioni e alle temperature, ma è stata utilizzato questo metodo di caratterizzazione per la sua semplicità e per omogeneità con i lavori precedenti (Valt et al., 2005, 2006).

Per quanto riguarda le differenze

nei quantitativi di precipitazione in cm di neve per fascia altimetrica, è stato considerato lo scarto dai valori medi del periodo di riferimento nonché, per le rappresentazioni cartografiche, il deficit percentuale rispetto al periodo di riferimento.

LA STAGIONE INVERNALE 2006-2007

Breve resoconto meteorologico

I primi giorni del mese di novembre sono stati caratterizzati da correnti di origine artica che hanno provocato deboli precipitazioni lungo la cresta di confine, forti venti con locali episodi di föhn, le prime gelate e un marcato abbassamento delle temperature (Monte Marmolada, q. 3300, -19°C di media giornaliera). Nella seconda e terza decade del mese di novembre, il bel tempo è stato influenzato dalla estensione dell'anticlone delle Azzorre sul Mediterraneo, interrotto solo da una depressione di origine atlantica che, fra il 18 e il 22 novembre, ha determinato una debole nevicata su gran parte delle Alpi meridionali (Fig. 1).

Le configurazioni anticicloniche di matrice subtropicale, con afflusso di aria calda alle alte quote sono state la caratteristica invece del mese di dicembre. Tuttavia un fronte freddo attivo ha determinato diffuse precipitazioni fra il 6 e il 9 dicembre con nevicata, verso la fine dell'episodio, anche a quote inferiori ai 1000 m su tutte le Alpi. Deboli nevicatae sono state osservate in occasione della perturbazione che ha interessato l'arco alpino fra il 17 e il 19 dicembre 2006. In seguito un vasto anticlone centrato sulle Isole Britanniche ha determinato ancora bel tempo con zero termico fino oltre i 2500 m di quota. Negli ultimi giorni dell'anno l'anticlone si esaurisce lasciando

Valori medi stagionali di temperatura dell'aria misurati in alcune stazioni della montagna veneta

Stazione	Quota (m)	media	2006-07	scarto
Ra Vales	2615	-5,5	-1,9	3,6
Monti Alti di Ornella	2250	-3,1	-0,6	2,5
Cima Pradazzo	2200	-2,6	-0,7	1,8
Col dei Baldi	1900	-1,4	0,7	2,0
Malga Losch	1735	-0,3	2,1	2,4
Monte Lisser	1428	0,9	3,6	2,8
Media		-2,0	0,5	2,5

spazio a nuvolosità variabile e a locali deboli precipitazioni lungo la cresta di confine delle Alpi orientali.

Il mese di gennaio è stato contraddistinto da una alternanza di promontori di anticicloni e dal passaggio di perturbazioni associate a forti correnti nord occidentali che hanno determinato deboli precipitazioni, a volte piovose fino quasi a 3000 m di quota, sempre seguite da forti venti con föhn nei fondovalle. In particolare fra il primo e il 3 di gennaio 2007 forti correnti settentrionali hanno interessato le Alpi occidentali, con nevicata fino a 900 m di quota (35 cm di neve a 2000 m). Il giorno 12 (Fig. 1b) una perturbazione da nordovest, accompagnata da venti con raffiche maggiori di 120 km/h (stazione di Beltovo, q. 3325 m), ha portato lungo la cresta di confine delle Alpi Orientali 10 cm di neve.

Dopo il 21 di gennaio, l'approfondimento sul Mediterraneo occidentale di una saccatura proveniente dal nord Europa, ha determinato forti correnti di scirocco con diffuse precipitazioni nevose fino a 1000 m di quota nelle Dolomiti e a quote inferiori in Alto Adige (600 m), nelle Prealpi Lombarde e in Valle d'Aosta (800 m). Successivamente le temperature sono diminuite e i venti sono diventati ancora forti settentrionali.

Anche il mese di febbraio (Fig. 1c) è stato caratterizzato da temperature miti ma il tempo è stato spesso variabile a causa di prevalenti correnti atlantiche che hanno fatto affluire sull'Europa masse d'aria miti e umide senza determinare importanti precipitazioni sull'arco alpino meridionale.

Solo il fra l'11 e il 13 di febbraio una perturbazione nord atlantica ha determinato una moderata

nevicata nella Dolomiti e nella zona dell'Ortles e al suo seguito, forti venti con locali fenomeni di föhn, hanno interessato tutto l'arco alpino orientale. Nelle Alpi occidentali (zona Monte Bianco e Gran San Bernardo) dal giorno 24 e fino ai primi giorni di marzo, una vasta area depressionaria centrata sulle isole Britanniche favorisce il passaggio di alcune perturbazioni con apporti nevosi fino a 100 cm a 2000 m di quota.

La prima parte del mese di marzo è stata caratterizzata da tempo buono e da temperature miti. Solo fra il 6 e il 7 di marzo un flusso da Sud Ovest ha determinato precipitazioni nevose localmente oltre i 1500 con apporti di 20-30 cm di neve (Fig. 1d). Dal 19 una irruzione di aria fredda polare ha portato un deciso cambiamento del tempo con abbassamento delle temperature e alcune intense nevicata, specie nelle Prealpi venete, Alpi Retiche e nelle Alpi occidentali al confine tra Valle d'Aosta e Piemonte, con apporti complessivi di 50-80 cm di neve fresca anche a 1600 m di quota nelle Alpi orientali.

Nel mese di aprile (Fig. 1e), dopo un episodio perturbato che ha interessato tutte le Alpi con 50-80 cm di neve a 2000 m, le situazioni anticicloniche hanno dominato la scena Europea con scarsità di precipitazioni e temperature miti che hanno favorito la fusione anticipata del manto nevoso so-

prattutto delle alle quote medie. Nel mese di maggio alcuni episodi hanno terminato importanti apporti di neve sulle vette delle alpi: fra il 14 e il 15 di maggio la neve ricompare oltre i 1500 m di quota nelle Alpi orientali e oltre i 2000 m nelle Alpi occidentali (Fig. 1f). Nuove nevicata anche negli ultimi giorni del mese di maggio con limite della neve nelle Dolomiti e Alpi Centrali a 1400 - 1700 m e a quote inferiori nelle Alpi occidentali (Monte Rosa e Gran Paradiso), con apporti anche di 80-100 di neve fresca oltre i 3000 m di quota.

Le temperature

I primi 6 mesi del 2007 sono stati contraddistinti da condizioni meteorologiche particolarmente estreme quali inondazioni, freddo eccezionale e ondate di calore. Secondo i primi calcoli preliminari del WMO, le temperature della superficie terrestre nei mesi di gennaio e aprile 2007 hanno toccato valori mai registrati dal 1880 ad oggi, con un aumento di 1,89°C sulla media del mese di gennaio e di 1,37°C ad aprile [2].

In particolare tutto l'arco alpino è stato caratterizzato da temperature miti soprattutto nel trimestre dicembre - febbraio, che è stato il più mite dall'inizio delle misure meteorologiche con valori, nelle Alpi occidentali di +2,5/4°C rispetto alla norma [3].

In molte regioni della Svizzera l'inverno meteorologico 2006-

2007 (dicembre - febbraio) è stato il più mite da quando esistono i rilevamenti sistematici (1864). Fanno eccezione alcune valli intralpine ma comunque, riferendosi anche alle serie lunghe di Basilea e di Ginevra e limitatamente a quella del Gran San Bernardo, in Svizzera l'inver-

no 2006-2007 è stato il più mite dal 1753 [4]. Anche nelle Alpi orientali la stagione invernale è stata caratterizzata da temperature superiori ai valori medi sia a fondovalle che in quota. Questa situazione climatica ha avuto ripercussioni, sulla produzione autunnale della

neve artificiale, nella tipologia delle precipitazioni che più volte, anche nei mesi tradizionalmente freddi, sono state a carattere piovoso fino in quota e sulla fusione anticipata del manto nevoso. Nella Tab.I sono stati riportati i valori medi di temperatura dell'aria, del periodo novembre - aprile, misurati in 6 stazioni significative delle Dolomiti e Prealpi venete ubicate a diverse quote.

I dati relativi allo scarto fra il valore medio della serie storica disponibile (fine anni '80 - 2006) e la stagione 2006 - 2007, evidenziano una differenza maggiore alle basse quote (+2,8°C a Monte Lisser- Prealpi) e in quota (+3,6°C a Ra Vales) rispetto alle fasce altitudinali medie.

Inoltre, considerando l'andamento delle temperature medie decadali registrate in 2 stazioni significative delle Dolomiti e Prealpi Venete, Monti Alti di Ornella (Fig.2) e Monte Lisser (Fig.3), è possibile osservare come le temperature siano sempre state superiori alla norma.

Solo in occasione di alcuni episodi perturbati delle Alpi orientali (III decade di gennaio) o di irruzione di aria fredda da nord (I decade di novembre e la III di marzo) le temperature sono state prossime ai valori di riferimento o inferiori.

Sono da rilevare i forti contrasti termici della II e III decade del mese di gennaio:

- la seconda decade è stata particolarmente mite, con medie giornaliere di +6,0°C il 13 a Monti Alti di Ornella e di +5,0°C il giorno 20 (dopo il passaggio della violenta depressione "Kyrill" sull'Europa centrale) e rispettivamente di +8,7°C e +11,0°C a Monte Lisser;
- nella terza decade invece si misurano le temperature medie giornaliere più basse dell'inver-

Fig. 2. - Stazione di Monti Alti di Ornella (q. 2200 m, provincia di Belluno) Andamento stagionale della temperatura dell'aria in una stazione significativa in quota delle Alpi orientali. I valori rappresentati sono i medi decadali.

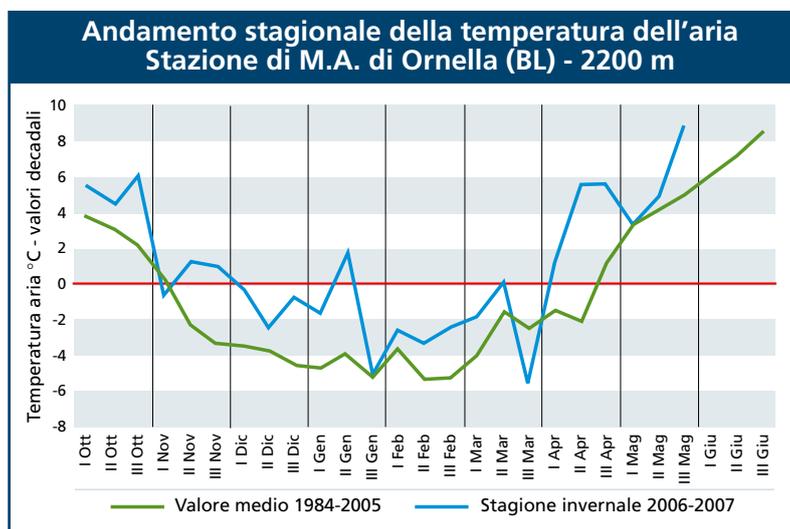


Fig. 3 - Stazione di Monte Lisser (q. 1428 m, provincia di Vicenza) Andamento stagionale della temperatura dell'aria in una stazione significativa delle Prealpi orientali. I valori rappresentati sono i medi decadali.

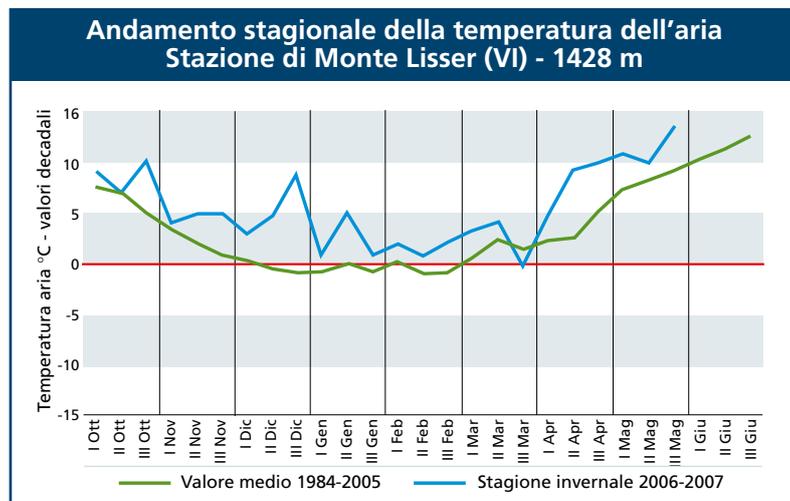
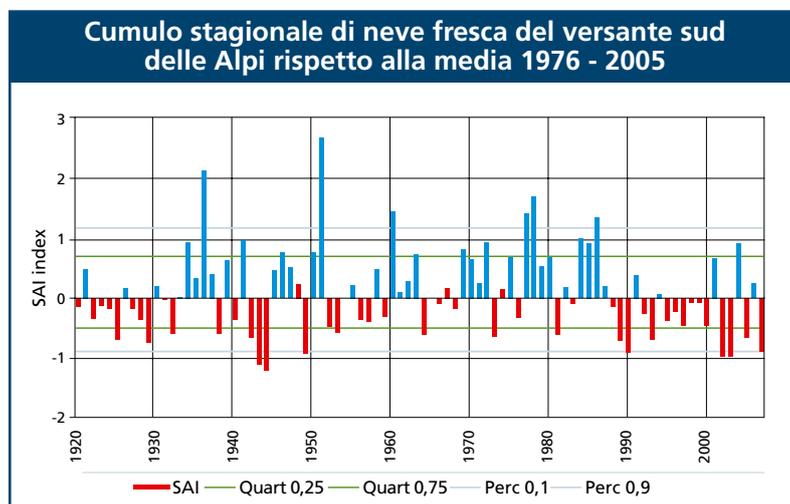


Fig. 4 - Andamento del cumulo stagionale di neve fresca del versante sud delle Alpi, espresso come indice di anomalia (SAI Index) rispetto al trentennio di riferimento considerato (1976- 2005).



no con $-12,5^{\circ}\text{C}$ a Monti Alti di Ornella il 25 e con $-6,3^{\circ}\text{C}$ il 26 a Monte Lisser.

La precipitazione nevosa secondo l'indice SAI

Dopo la stagione invernale 2005 - 2006, caratterizzata da quantitativi di precipitazione nevosa che rientravano nella normalità anche se diversamente distribuiti nelle 3 grandi aree, la stagione invernale 2006- 2007 è stata avara di neve e con un indice SAI di $-0,90$, 6° valore negativo dal 1920 ad oggi (Fig. 4).

Se si escludono i valori oltre il 0.90 percentile degli anni '40 (1943-1944-1949), periodo nel quale si dispongono anche di poche serie storiche (18), gli altri 4 inverni secchi sono stati il 1990 (SAI di 0.90) e gli inverni recenti del 2002, 2003 e 2007. E' da rilevare che dal 2000 ad oggi, si susseguono una alternanza di inverni con poche precipitazione nevose e altri particolarmente nevosi (2001, 2004).

Tuttavia, come già avvenuto nella stagione invernale 2005-2006, la stagione invernale, pur essendo secca al di fuori della norma per quanto riguarda la neve (valore compreso fra il 1° quartile e lo 0.10 percentile) (Fig. 5c), è stata più nevosa nelle Alpi orientali rispetto al resto delle Alpi italiane.

Infatti nelle Alpi centrali e occidentali l'indice SAI è stato maggiormente negativo con valori al di sotto dello 0.10 percentile, a rappresentare l'eccezionalità (eventi rari) di inverni così poco nevosi (Fig. 5b,a).

Tuttavia, per questa stagione invernale, l'indice SAI per il cumulo della neve fresca, non è molto rappresentativo. Infatti, una delle caratteristiche dell'inverno 2006- 2007 è stata anche la diversa distribuzione delle nevicate nei vari mesi e in nelle micro-aree geografiche. Ad esempio

le poche precipitazioni di inizio inverno (ottobre- dicembre) non hanno permesso la formazione di uno strato basale del manto nevoso, caratterizzando poi tutto l'andamento della stagione invernale, assieme alle temperature miti che hanno innescato frequenti fenomeni di anticipata

fusione della neve.

Solo le abbondanti nevicate di fine inverno (mese di marzo), hanno contribuito a rendere i valori dell'indice SAI meno negativi.

La distribuzione spaziale della precipitazione nevosa

Sulla base dei dati disponibili

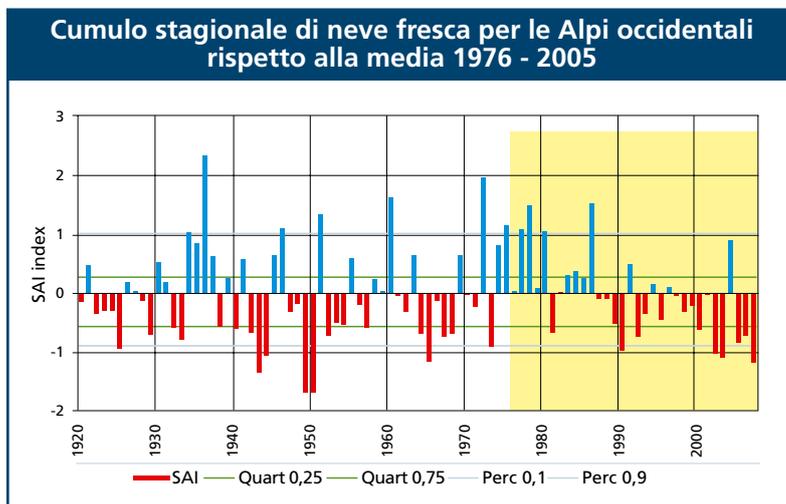


Fig. 5a - Andamento del cumulo stagionale di neve fresca determinato per le Alpi occidentali, espresso come indice di anomalia (SAI Index) rispetto al trentennio di riferimento considerato (1976- 2005).

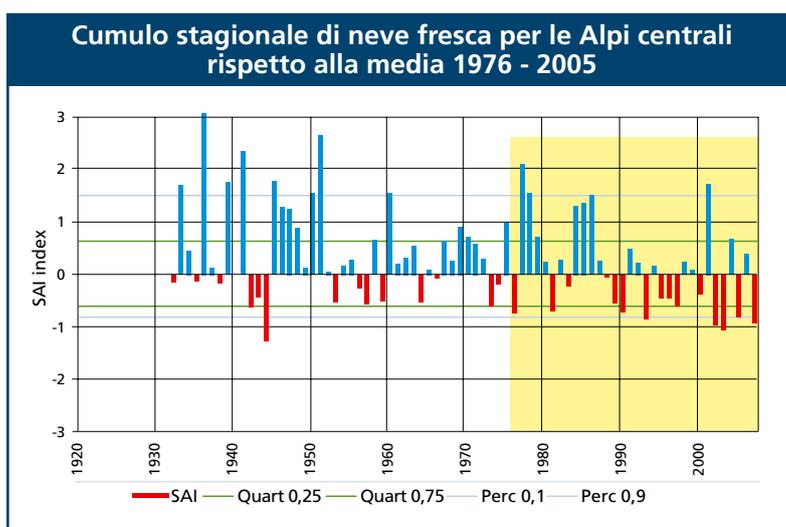


Fig. 5b - Andamento del cumulo stagionale di neve fresca determinato per le Alpi centrali, espresso come indice di anomalia (SAI Index) rispetto al trentennio di riferimento considerato (1976- 2005).

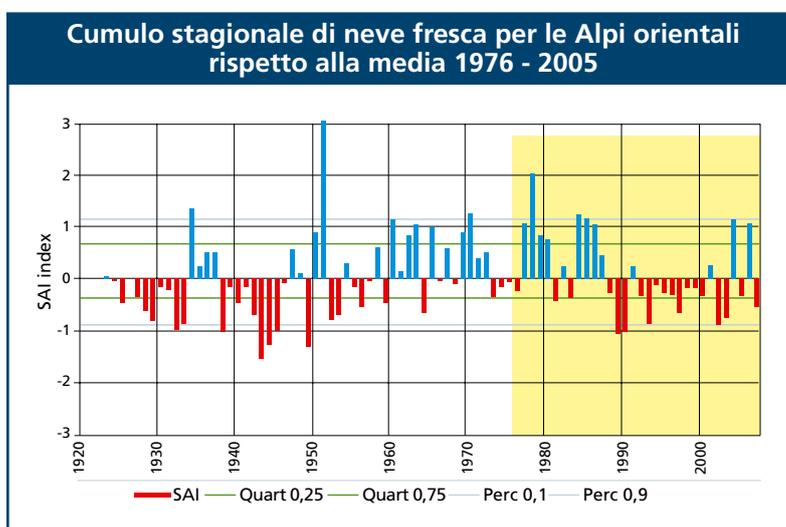


Fig. 5c - Andamento del cumulo stagionale di neve fresca determinato per le Alpi orientali, espresso come indice di anomalia (SAI Index) rispetto al trentennio di riferimento considerato (1976- 2005).

Variazioni del cumulo stagionale di neve fresca nelle diverse microaree Scarto fra il 2007 e la media 1976-2005

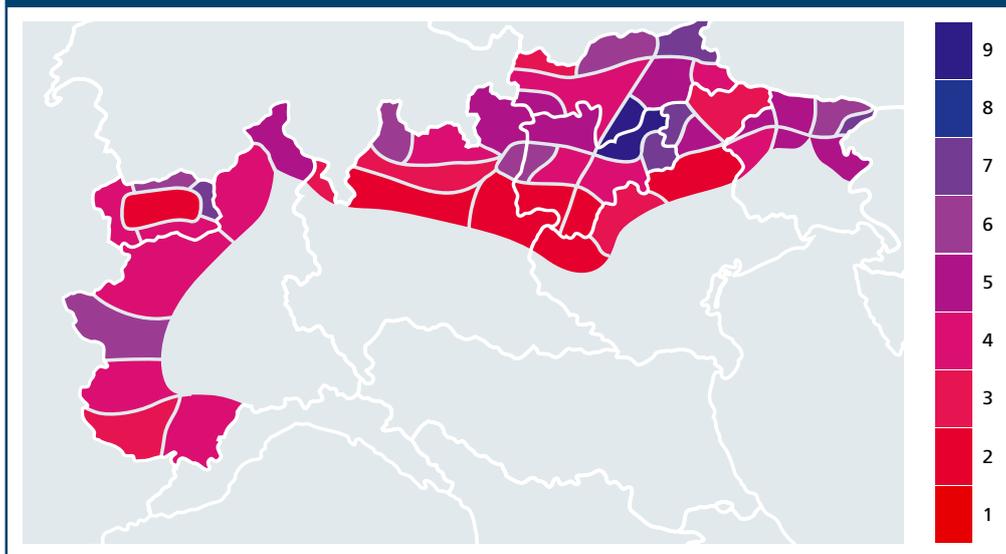
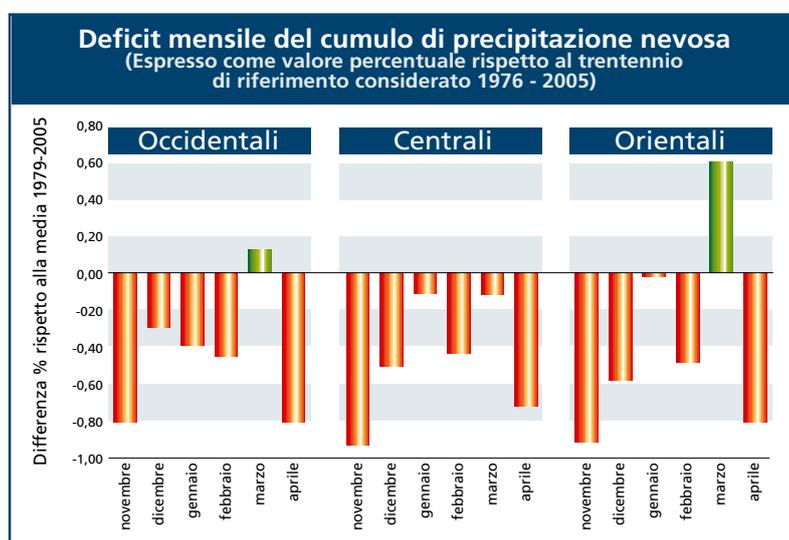


Fig. 6 - Variazioni del cumulo stagionale di neve fresca nelle diverse microaree del versante sud delle Alpi. I diversi colori esprimono il deficit percentuale rispetto al valore medio atteso calcolato per il trentennio di riferimento considerato (1976 - 2005).

Fig. 7 - Deficit mensile del cumulo di precipitazione nevosa nelle 3 aree delle Alpi considerate, espresso come valore percentuale rispetto al trentennio di riferimento considerato (1976 - 2005).



delle 80 stazioni considerate, distribuite nelle 42 aree climatiche individuate dai Servizi valanghe regionali e provinciali, è stato determinato il deficit percentuale di precipitazione nevosa rispetto al valore medio del periodo 1976- 2005 per tutta la stagione invernale (Fig. 6).

Pur essendo l'elaborazione imperfetta per quanto riguarda la distribuzione altimetrica delle stazioni all'interno di ogni singola microarea, la analisi dei singoli valori evidenzia già quanto espresso con l'indice SAI, e cioè una diversa situazione fra le Alpi occidentali e le Alpi orientali. Mediamente è mancato il 40%

della precipitazione nevosa, con punte del 60% nella fascia prealpina orientale, nelle Alpi Marittime e nelle Prealpi biellesi (Fig. 6)[5].

La zona dolomitica, a cavallo fra le province di Trento, Bolzano e Belluno e le Alpi Giulie sono state le uniche aree dell'inverno 2006-2007 (Fig. 6), caratterizzate da nevicate nella norma anche se, l'assenza di neve a novembre e le temperature miti, non hanno determinato un manto nevoso spesso.

In Fig.7 è possibile osservare il deficit percentuale per mese, per ogni una delle 3 grandi aree geografiche considerate.

Appare subito evidente il marcato deficit di novembre e aprile per tutto l'arco alpino e andamenti diversi nei mesi di dicembre e gennaio, quest'ultimo particolarmente nevoso nelle Alpi centro-orientali. Il mese di febbraio è stato ovunque scarso di precipitazioni nevose, mentre spiccano le abbondanti nevicate di marzo nelle Alpi orientali. Questa situazione è dovuta anche fatto che durante la stagione invernale, le precipitazioni nevose importanti sono state confinate a singole episodi (prima decade di dicembre, seconda di gennaio, etc.) e solo nella terza decade del mese di marzo, le precipitazioni sono state intense e su larga scala, determinando, in molte stazioni, i valori massimi di altezza di neve al suolo.

La precipitazione nevosa per fasce altimetriche

I valori cumulati di precipitazione nevosa stagionale, distinti per fascia altimetrica e per settore, evidenziano il generale deficit già rimarcato dalle precedenti elaborazioni.

Nella Tab.II è possibile osservare le differenze percentuali alle diverse quote. Appare subito evidente il marcato deficit alle basse quote in tutti i settori (soprattutto quello orientale) e un deficit sempre minor man mano che la quota è maggiore. Da rilevare che le precipitazioni di fine marzo e di maggio hanno contribuito in modo notevole a contenere il deficit alle quote elevate. Pur in mancanza di misurazioni, l'intensa attività valanghiva spontanea susseguente le nevicate ha contribuito a formare depositi di neve alla base dei canali e dei versanti abitualmente percorsi dalle valanghe, che sono rimasti fino a luglio inoltrato (ad esempio nelle Dolomiti), dando l'idea di un inverno particolarmente nevoso.

La durata della neve al suolo

Non disponendo dei dati riguardanti la permanenza della neve al suolo per tutte le stazioni delle Alpi e omogeneamente distribuite sul versante meridionale delle Alpi, sono state prese in considerazione 4 stazioni delle Dolomiti (Alpi orientali) e 4 stazioni della Valle Orco (Alpi occidentali), a quote diverse e per le quali si dispone di una serie storica significativa e precisamente:

- Cima Pradazzo – Lago di Cavia, q. 2100 m,
- Andrai, q. 1520 m,
- Cortina d'Ampezzo, q. 1200 m,
- Cencenighe Agordino, q. 750 m,
- Lago Serrù, q. 2275 m,
- Lago Telessio, q. 1917 m,
- Ceresole Reale, q. 1575 m,
- Noasca, q. 1062 m.

In Fig. 8 è riportato lo scarto, in giorni, dal valore medio (calcolato sempre sul periodo 1976-2005) della durata della neve al suolo per ogni singola stagione invernale. I dati delle 2 aree sono stati mediati ed è stata determinata la curva della media mobile (di ordine 11) per osservare l'andamento generale.

Appare subito evidente una generale riduzione della permanenza della neve dagli anni '90 ad oggi e con una flessione maggiore di quella che si può osservare negli anni 40.

Rispetto al valore medio, nella stagione invernale 2006- 2007, la copertura nevosa è durata 45 giorni in meno nel Canavese e 33 giorni nelle Dolomiti.

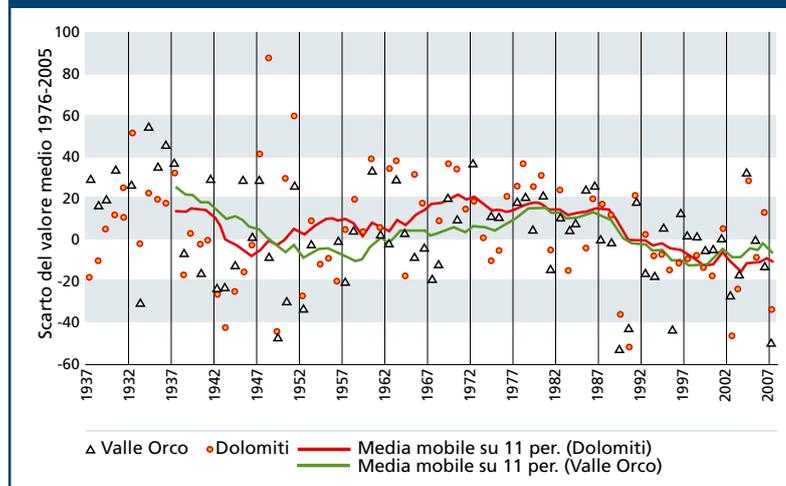
La precipitazione totale (pioggia + neve fusa)

L'andamento generale delle precipitazioni (pioggia + neve fusa) nel periodo ottobre 2006 – maggio 2007 è stato contraddistinto dalla siccità autunnale (iniziata già a settembre) e di aprile, dalle precipitazioni intense in occa-

Cumulo stagione di neve fresca del versante Sud delle Alpi suddiviso per area geografica e fascia altimetrica

Fascia altimetrica	Italia Deficit %	Alpi occidentali (Piemonte, Valle d'Aosta orientale)	Alpi centrali (Lombardia, Ticino, Trentino Alto Adige occidentale)	Alpi orientali (Trentino Alto Adige orientale, Veneto, Friuli Venezia Giulia)
2101 - 2500 m	- 25%	-162 cm (-27%) 601 cm (6)		-149 cm (-26%) 563 cm (1)
1801 - 2100 m	- 34%	-147 cm (-35%) 421 cm (6)	-134 cm (-38%) 358 cm (11)	-79 cm (-19%) 421 cm (3)
1301 - 1800 m	- 33%	-142 cm (-41%) 349 cm (5)	-185 cm (-49%) 380 cm (3)	-53 cm (-18%) 304 cm (7)
900 - 1300 m	- 50%	-230 cm (-70%) 328 cm (3)	-94 cm (-52%) 182 cm (3)	-83 cm (-39%) 219 cm (11)
Fondovalle	- 93%	-60 cm (-98%) 61 cm (2)	-54 cm (-98%) 55 cm (1)	-34 cm (-80%) 42 cm (2)

Permanenza della neve al suolo



Tab. 2 - Il primo valore è la differenza fra il valore stagionale e il valore medio di riferimento che si trova nella seconda riga. Fra le parentesi è riportato il deficit percentuale e il numero di stazioni utilizzate.

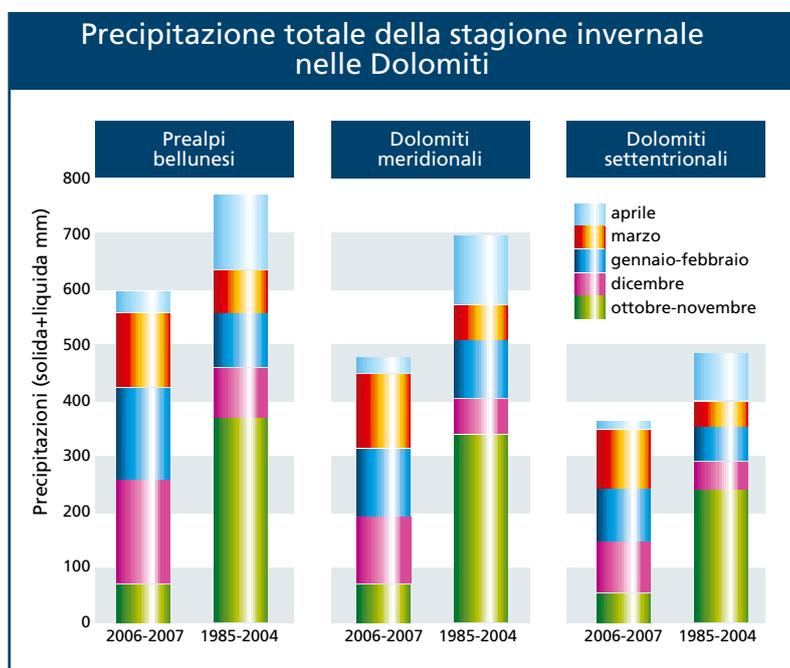
Fig. 8 - Andamento della permanenza della neve al suolo determinato per 2 aree campione delle Alpi: Dolomiti e Valle Orco. I singoli valori esprimono la differenza in gg rispetto al valore medio atteso calcolato rispetto al trentennio di riferimento considerato (1976 - 2005), mentre la curva esprime la tendenza calcolata con la media mobile.





Fig. 9 - Precipitazione totale della stagione invernale nelle Dolomiti. In questa area, il bilancio pluviometrico dell'inverno è stato positivo, specie nei primi 3 mesi dell'anno.

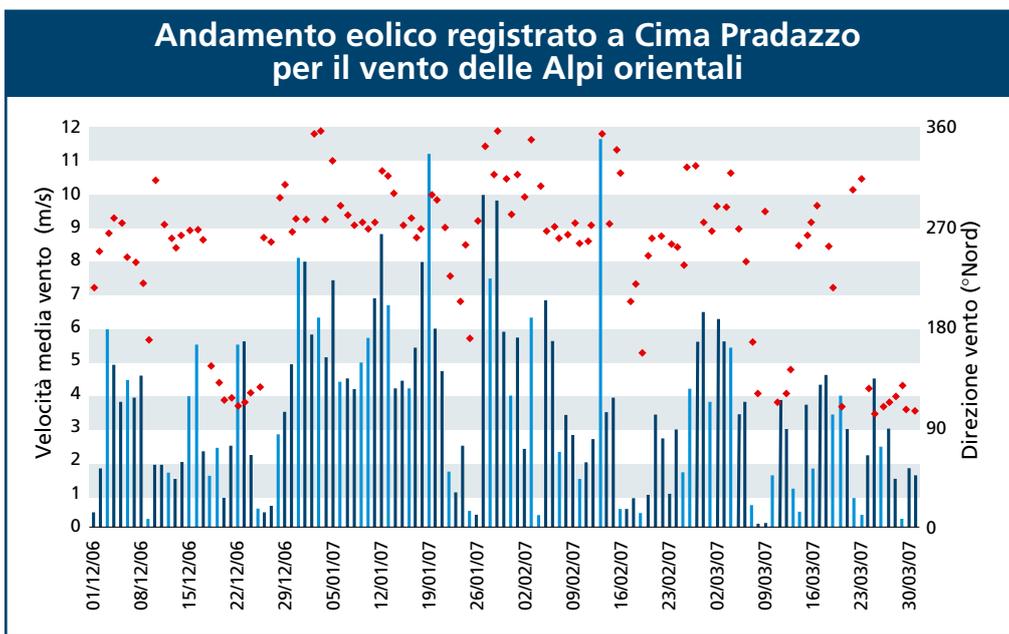
Fig. 10 - Andamento eolico registrato in una stazione significativa per il vento delle Alpi orientali.



sione di alcuni episodi e dalla piovosità dei mesi di gennaio e marzo. Tuttavia l'andamento della precipitazione varia molto dal settore delle Alpi occidentali a quello delle Alpi orientali.

Nella Alpi occidentali, su tutto il bacino del fiume PO chiuso a Pavia, nei mesi 4 mesi dell'anno sono stati registrati degli importanti deficit di precipitazioni, pari al 38 % a gennaio, 90% a febbraio, del 30% a marzo e del 70% ad aprile, rispetto ai valori di riferimento. [5]

Situazione completamente diversa ad esempio nelle Dolomiti (Fig. 9) dove, dopo i mesi di ottobre e novembre caratterizzati da poche precipitazioni e dalla quasi assenza, complici anche le temperature miti, di nevicate, i primi del primo trimestre dell'anno è stato il terzo per precipitazioni dell'ultimo ventennio. In particolare nelle Dolomiti la prima neve è comparsa sulle cime delle montagne il 21 di novembre 2006. Le precipitazioni di dicembre sono state concentrate quasi tutte nelle prime 12 ore del 9 dicembre, quando intense precipitazioni hanno interessato soprattutto le Prealpi. Come a dicembre, anche a gennaio la maggior parte della precipitazione è avvenuta in un unico episodio,



dal 22 al 23 di gennaio.

Nel mese di febbraio le precipitazioni sono state nella norma, ma con un numero di giorni di precipitazione superiore alla media e con frequenti piogge anche in quota.

Nel mese di marzo gli episodi perturbati sono stati più frequenti e, nella seconda parte del mese, la neve è ricomparsa anche nelle Prealpi e con spessori in linea con i valori medi del periodo.

Infine il mese di aprile, di norma ricco di nevicata anche alle quote medie, è stato invece, come del resto su tutto l'arco alpino italiano secco e con sole precipitazioni legate a singoli episodi di instabilità di inizio e fine mese

Il vento

La stagione invernale è stata anche caratterizzata da diversi episodi di forti venti, che hanno condizionato la distribuzione della neve, e da concomitanti episodi di vento föhn nelle valli e in pianura che hanno determinato temperature miti.

Dopo l'episodio di inizio di novembre, conseguente l'irruzione di un intenso flusso di aria polare sulle Alpi, i primi episodi (Fig. 10) ventosi, importanti per il manto nevoso e la sua distribuzione in quota, sono stati osservati dopo la nevicata di inizio dicembre. Dal 29 dicembre al 5 gennaio il vento è stato ancora insistente, specie nelle Alpi orientali e ha determinato una nuova importante redistribuzione della neve in quota, come anche il 12, il 18 e il 19 gennaio 2007.

Intensi venti di föhn sono stati registrati il 12 gennaio nelle Dolomiti, con raffiche di vento in quota di oltre i 120 km/h e temperature di +18° C a Belluno (q. 370 m), e di +20°C ad Agordo (q. 612 m).

Anche il 19 di gennaio, quando le propaggini dell'uragano Kyrill raggiungono le Alpi, il vento è

intenso e vengono misurate raffiche di oltre 190 km/h sulle cime (stazione di Beltovo, q. 3325, Alto Adige, Cima del Gran Vaudalà fra Piemonte e Valle d'Aosta) e di 60-80 km/h nelle valli. In questo episodio gli effetti del vento di föhn, associati alla presenza dell'alta pressione di origine africana, determinano temperature levate anche in pianura Padana (+25,1°C a Torino). [6]

Poi il 27 e il 29 di gennaio, dopo il passaggio di una depressione, il vento è stato ancora intenso, con raffiche superiori ai 100 km/h ma con temperature basse. Il 13

febbraio 2007 è stata la giornata più ventosa nelle Dolomiti della stagione invernale con notevole trasporto di neve e formazione di nuovi depositi di neve ventata.

Dopo questo episodio i venti, in generale, sono diminuiti di intensità e gli ultimi episodi importanti di trasporto eolico sono stati di fine febbraio – inizi di marzo (in particolare il giorno 8 marzo) e, nelle Prealpi delle Alpi centrali e orientali, dopo le precipitazioni della III decade del mese di marzo con la formazione di importanti accumuli di neve ventata.

Bibliografia

[1] <http://www.nimbus.it/clima/Canavese/CartaStaz.asp>

[2] http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/index_en.html

[3] <http://www.nimbus.it/clima/2007/0703011nvernoTorino.htm>

[4] http://www.meteosvizzer.admin.ch/web/it/meteo/attualita_sul_tempo/inverno_molto_mite.html

[5] http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Pubblicazioni/siccita_giugno_2007.pdf

[6] http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Comunicati_stampa/Archivio_2007/caldo.pdf

• Cagnati A. 2003. Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.

• Giuffrida A. e M.Conte. 1989. Variations climatiques en Italie: tendencies des temperatures et des precipitations. Publ. Ass. Int. Climatologie, 2, pagg. 209-216.

Mercalli L., D.Cat Berro, S.Montuschi, C.Castellano, M.Ratti, G. Di Napoli, G.Mortara e N.Guindani. 2003 Atlante climatico della Valle d'Aosta. Regione Autonoma Valle d'Aosta. Aosta, 405 pp.

• Mercalli L., Cat Berro D., 2006 – Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese. SMS, Bussoleno. 756 + XII pp. IPCC. 2001. Climate Change 2001: the Scientific Basis. [Houghton J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M.Nouer, P.J. van der Linden, X.Dai, K. Maskell and C.A. Johnson]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, Usa, 882 pp

• Valt M. e A.Cagnati. 2004. Oggi nevicata meno di una volta?. Neve e Valanghe, 50, pagg. 52 – 61

• Valt M., A.Cagnati, A.Crepaz e G.Marigo. 2005. Neve sulle Alpi Neve e Valanghe, 56, pagg. 24-31

• Valt M. 2006. Neve sulle Alpi Italiane – Inverno 2005-2006 Neve e Valanghe, 58, pagg. 6-13

• WMO. 1996. Climatological Normals (CLINO) for the period 1971-1990. WMO 847, 768 pp



NESSUN SEGNALE

L'incidente da valanga nella Frankbachtal

Dr. Werner Beikircher

Guida alpina sciatore, anestesista,
dirigente sanitario del reparto
di medicina d'urgenza dell'ospedale
di Brunico (BZ)

L'incidente in valanga del 19 febbraio 2005 nelle Alpi Aurine, poteva essere un incidente come tanti altri, che numericamente entrano nelle statistiche nazionali e internazionali e che poi inevitabilmente perdono di dettaglio nelle elaborazioni che seguono.

Grazie invece al minuzioso lavoro di ricostruzione e analisi seguito dal dott. Werner Beikircher e di favorevoli circostanze, si sono potute affrontare e approfondire importanti considerazioni medico – farmacologiche, metodologie di soccorso, protocolli per le squadre terrestri e per gli equipaggi aerei. L'incidente assume così un importante valore su molti tavoli didattici e nella disgrazia porta un utilissimo contributo al complesso mondo del Soccorso Alpino teso sempre al miglioramento tecnico dei tanti specialisti che in stretta sinergia si adoperano per aiutare e possibilmente salvare le persone in difficoltà in montagna.

La pubblicazione di quest'articolo è un'occasione che spontaneamente colgo per ringraziare del loro impegno, probabilmente anche in nome di molti lettori della Rivista, queste splendide persone del Soccorso Alpino, che ho avuto la fortuna di conoscere e di stimare, in cinque anni di lavori all'interno della Commissione valanghe della CISA-IKAR.

Fabio Gheser

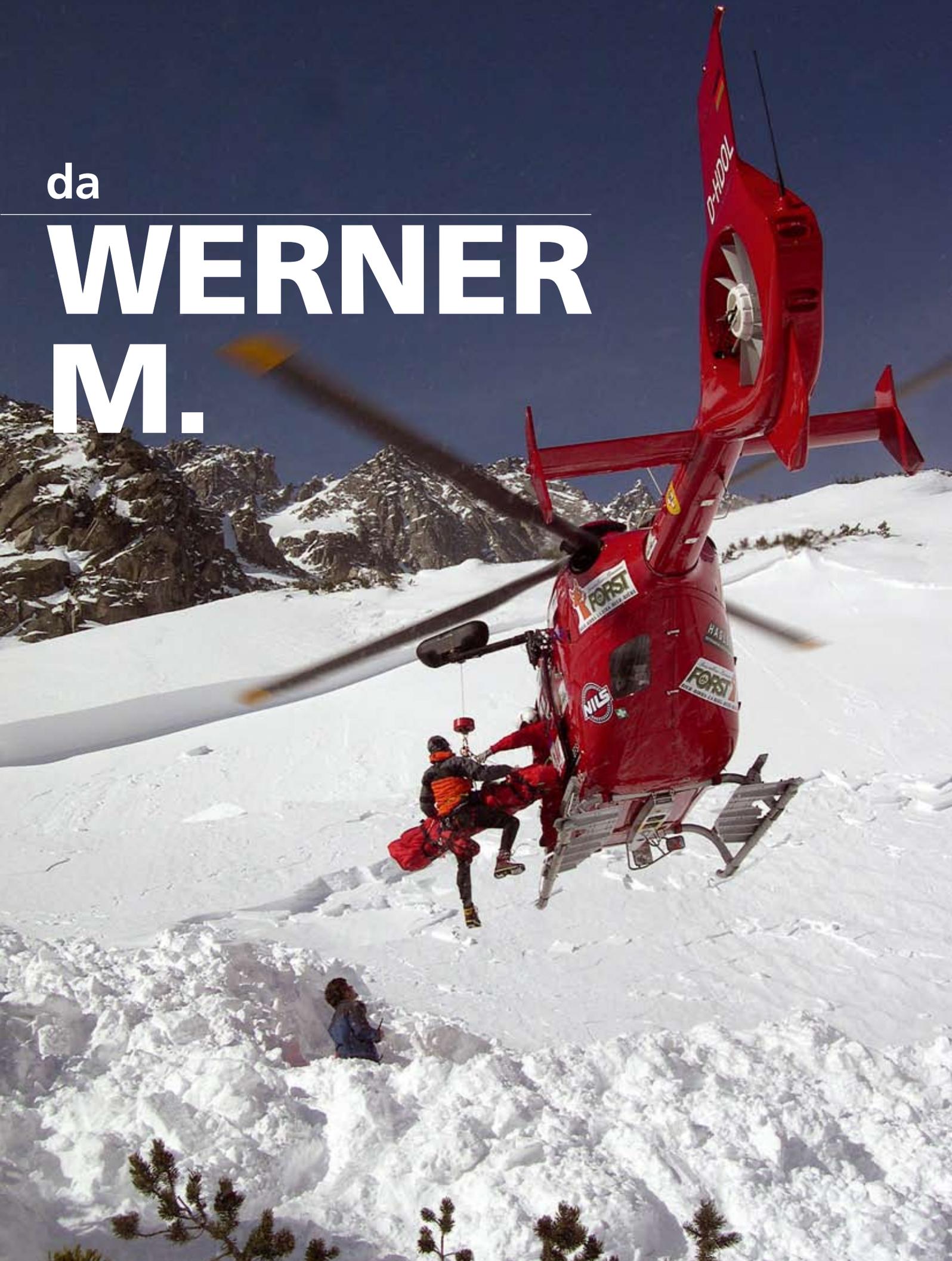
(Ufficio Idrografico

servizio prevenzione valanghe

Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige)

da

WERNER M.





o alla Keilbachspitze - Punta del Conio. Gli uomini, tra i 30 e i 63 anni, sono un gruppo affiatato, abituato già da anni a organizzare escursioni insieme. Al mattino presto il gruppo raggiunge un piccolo avvallamento nella fascia di mughi, a 2.100 m di altitudine. La stretta valletta che sale verso ovest, è delimitata, a monte da un ripido fianco di circa 50 m, e sul lato verso la Valle Aurina da una dorsale poco marcata coperta di mughi. Il più anziano del gruppo, che è anche il più esperto, traccia il percorso. A brevissima distanza segue Werner, un po' più distaccati procedono gli altri due. Si mantengono nel fondo della valletta, vogliono evitare di tagliare il ripido versante sul lato a monte alla loro destra. In questo punto sottovento fa caldo, Werner ha la camicia aperta.



Il 19 febbraio 2005 è una bella giornata nella zona nordorientale dell'Alto Adige, non fa eccessivamente freddo, non c'è troppo vento. Il vento ha già soffiato per settimane quest'anno, un vento violento, stau da nord senza interruzione, con ripetute precipitazioni nevose sul versante nord delle Alpi Aurine. Il 19 febbraio è una delle prime belle giornate dopo un lungo periodo di forte vento che ha spazzato giorno e notte il circo glaciale del versante sud delle Alpi Aurine, trasportando, con altissimi pennacchi di neve sopra la cresta del Gr. Löffler - Monte Lovello, grosse quantità di neve, e formando accumuli alti metri. E' una giornata che in molti stanno aspettando già da tempo, e un fine settimana che avrebbe visto molti escursionisti dopo una lunga pausa forzata.

Sul versante sud, nella Frankbachtal, una laterale della Valle Aurina circondata da cime alte 3.000 metri, questa mattina sta salendo un gruppo di sci alpini, quattro uomini diretti al Frankbachjoch - Giogo di Rinfranco

Ore 9:35

Hanno quasi raggiunto l'estremità superiore dell'avvallamento e hanno intenzione di proseguire verso sinistra sulla dorsale coperta di mughi, quando il pendio sulla destra crolla senza preavviso. Con un boato il fianco di neve accumulata e compattata dal vento inizia a muoversi, frantumandosi in migliaia di blocchi grandi e piccoli come un mare di ghiaccio che si apra. La guida del gruppo riesce appena a urlare: "La valanga!" che già la massa di neve lo travolge. Cadendo, Werner cerca di attivare il trasmettitore ARVA spento che porta sul petto, alcuni attimi dopo è immerso nel buio. Schiacciato in una morsa gigantesca, sente chiaramente il rumore delle masse di neve che slittano accumulandosi sopra di lui strato dopo strato: la valanga li ha sorpresi proprio sul fondo dello stretto avvallamento. Come poi racconterà, è lucidamente consapevole che ormai



per lui è finita. Poco dopo, probabilmente circa un minuto, perde i sensi.

Nello stesso momento, nella Valle di Rio Bianco, quattro valli secondarie più a ovest, sta procedendo un gruppo di sci-alpinisti del soccorso alpino di Anterselva. Con loro vi è un cane da valanga. Sono le 10:01 quando i loro "cercapersone", che portano in genere con sé anche quando non sono in servizio, danno l'allarme, ed essi si mettono in contatto via radio con la Centrale operativa 118 di Bolzano. Si dicono pronti a intervenire, e viene comunicato un incidente da valanga nella vicina Frankbachtal.

Là, la valanga ha quasi colmato la piccola depressione utilizzata dal gruppo dei quattro escursionisti per salire. In questa zona di deposito le masse di neve si sono fermate dopo soli 40 metri. Vi erano tensioni fino al piede del versante? Si è trattato di un distacco a distanza? Per il 19 di febbraio il bollettino valanghe indicava un grado di pericolo 2 moderato, per il versante sud della cresta principale delle Alpi, valutazione che alcuni esperti non condividono. Comunque, la cosa risulta ininfluyente per gli sci alpinisti in questione, dal momento che non avevano consultato il bollettino. La guida del gruppo e Werner spariscono sotto la massa di neve, un terzo è sepolto fino alle ginocchia, l'ultimo viene solamente trascinato un paio di metri più in basso dai blocchi di neve che si staccano. I due superstiti iniziano immediatamente la ricerca con l'ARVA (apparecchio per la ricerca travolti da valanga) ma non ricevono alcun segnale: su tutta la zona di accumulo della valanga, grande quasi come un campo da calcio, non ottengono alcuna risposta. Forse immaginano già che i loro compagni

non abbiano acceso l'ARVA, visto che al mattino alla partenza non avevano effettuato il consueto "Check" di verifica.

Ora cercano disperatamente di chiamare aiuto con il telefono cellulare, ma in questo punto non vi è copertura di rete. Infine, uno dei due prende gli sci, scende circa 200 m più in basso e da lì può finalmente allarmare la Centrale operativa del Soccorso di Bolzano. Sono le 9:47.

Ore 10:05

A quest'ora sono già partiti due elicotteri di soccorso. Uno dopo l'altro, l'EC 135 dell'Aiut Alpin Dolomites e il BK 117 dell'elicottero provinciale (Pelikan 1) arrivano sul luogo della sciagura; hanno a bordo cani da valanga, uno della base dell'Aiut Alpin Dolomites della Val Gardena e quello del Bergrettungsdienst (BRD) di Anterselva, presi a bordo con gli uomini del BRD nella vicina Valla di Lappago. Velocemente, il primo cane viene condotto sulla valanga, ma non si mostra sicuro, non dà indicazioni chiare. Ovunque

regna un baccano infernale, nel frattempo è giunto sul posto da Bolzano anche un elicottero della Guardia di Finanza, un grosso e pesante Agusta Bell 412. I velivoli si alternano, volo dopo volo trasportano soccorritori e vigili del fuoco dalla Centrale d'intervento di San Giovanni, giù in Valle Aurina. Si formano le prime file dei sondatori che sondano procedendo per corridoi di ricerca. I cani hanno cambiato posizione, quello proveniente dalla Valle di Rio Bianco indica verso la parte sinistra della zona di deposito; una delle file dei sondatori passa a sinistra, setacciando la zona indicata dal cane.

Il lavoro sul luogo della sciagura procede in maniera estremamente difficoltosa: si avanza a fatica in un deserto di blocchi incuneati, non si riesce a comunicare con la Centrale operativa provinciale, nella zona di accumulo della valanga non c'è campo.

Ore 11:00

Un primo barlume di speranza dal centro della fila dei sondatori: pino mugo o uomo? Con le

Pagina a fianco dall'alto

Foto 1 - La Frankbachtal sul versante sud del Gr. Löffler - Monte Lovello, 3378 m.

Foto 2 - La valletta risalita dal gruppo di escursionisti. Si vede come l'accumulo abbia riempito il fondo della conca, proprio dove si trovava il gruppo.

Foto 3 - Lo spessore massimo di neve distaccatasi evidenziato da uno sci

Foto 4 - Panoramica della zona dell'incidente.



grandi pale in metallo del BRD di San Giovanni le operazioni di scavo procedono speditamente e ci vogliono solo 15 minuti per raggiungere la profondità di circa 3 metri indicata dalla sonda. Qui si individua il primo travolto; giace supino e la guida del cane procede con cautela attorno al capo della vittima. E' Werner, e in un primo momento pare avere avuto un'indicibile fortuna. Un grosso blocco di neve compatta è scivolato sopra la sua testa creando una camera di respirazione alta circa 10 cm, delle dimensioni di un piccolo cassetto. Un'ora e 40

minuti dopo essere stato travolto dalla valanga, Werner è privo di coscienza, ma le vie respiratorie sono libere, e quando nel tentativo di ingrandire la cavità d'aria alcuni pezzetti di neve gli cadono in bocca, reagisce tossendo debolmente. Il medico rileva la presenza di respirazione e attività cardiocircolatoria; sono le 11:20. Scavando per liberare il primo travolto, alla stessa profondità ci si imbatte in un secondo zaino: è quello del capogruppo, travolto poco distante da Werner e anche lui supino. Si provvede velocemente a scavare per

liberare anche il suo capo, ma appare immediatamente chiaro che la situazione è disperata. Assente qualsiasi cavità aerea, bocca e naso pieni di neve. La rianimazione avviata in un primo tempo dagli uomini della squadra di soccorso viene interrotta dai medici. Il capogruppo è deceduto.

Una volta estratto, Werner viene immediatamente preparato per l'intubazione. I movimenti di reazione allo stimolo doloroso richiedono una narcosi, che viene somministrata attraverso una vena sul dorso della mano destra. Dopo l'inserimento del tubo si procede a perfusione costante di NaCl 0,9%. Dopo l'intubazione il polso carotideo continua ad essere ben percepibile, con una frequenza di circa 60/min.

Ore 11:30

Dieci minuti dopo si effettua il rilevamento della temperatura centrale del paziente a livello del condotto uditivo esterno tramite la sonda timpanica del defibrillatore dell'elicottero: indica 22° C. Il paziente viene ora posizionato con attenzione sul materasso a depressione e isolato con coperta termica in alluminio; si attivano alcuni piccoli sacchetti di "caldo pronto" (analoghi a quelli che si trovano nei negozi di articoli sportivi) che gli vengono posti sul petto (in questo momento sul luogo della sciagura non sono ancora disponibili i grandi cuscini di gel termico in dotazione al Soccorso alpino).

Ore 11:35

Il paziente è nel sacco verricelabile, pronto per il trasporto, ma a questo punto si verifica una perdita di tempo drammatica quanto inspiegabile, le cui cause non è stato possibile ricostruire chiaramente neppure a posteriori. Problemi di ricezione nella



Foto 5 - Soccorso alpino e vigili del fuoco sondano tutta la zona di accumulo alla ricerca dei travolti.

Foto 6 - Il sondaggio risulta molto difficoltoso, dal momento che i blocchi di neve si sono accumulati per un'altezza di metri.





Foto 7 - Si riesce ad estrarre Werner dalla neve un'ora e 40 minuti dopo la localizzazione, e subito gli vengono prestati i primi soccorsi. Uno dei principali problemi è rappresentato dalla sua temperatura corporea di soli 22° C.

Foto 8 - Il trasporto in elicottero avviene solamente dopo un'inspiegabile perdita di tempo di 25 minuti.

zona di accumulo della valanga, gli elicotteri lontani dal luogo della sciagura per ragioni dovute alla conformazione del terreno, disaccordo circa il fatto che il paziente debba venire trasportato fino all'elicottero o viceversa, fanno sì che questi venga issato direttamente sul mezzo dal punto in cui aveva ricevuto i primi soccorsi solamente dopo ulteriori 25 minuti.

Ore 12:11

L'elicottero si sta dirigendo verso l'ospedale di Brunico, il medico a bordo conferma via radio la presenza di condizioni cardiocircolatorie stabili. Successivamente si provvederà a trasportare via elicottero il corpo dell'escursionista deceduto, la cui temperatura corporea era anche di 22° C. Nel frattempo, senza che le squadre di soccorso né i medici se ne accorgano, si verifica un secondo grave inconveniente. Dal momento che sulla zona dell'incidente priva di copertura di rete non è possibile avere alcun contatto con la Centrale

operativa di Bolzano, l'unica trasmissione delle informazioni avviene tramite i piloti dei velivoli, che durante i loro continui voli fuori dalla valle dal cielo possono stabilire il contatto con il 118. Da uno di questi elicotteri viene inviata alla Centrale la notizia, potenzialmente fatale, che non è chiaro se Werner avesse una cavità aerea in cui respirare, un'evidente imprecisione o non corretta informazione che fornisce al medico di turno della Centrale operativa l'unica variante di triage possibile. E invece di essere portato immediatamente ad un centro provvisto di macchina cuore-polmone, come prevederebbe il protocollo CISA/IKAR (CISA = Commissione Internazionale di Soccorso Alpino) a fronte della reale situazione del paziente, secondo le indicazioni valide in caso di non accertata cavità aerea viene trasportato all'ospedale più vicino per la determinazione dei valori di potassio. Il livello di potassio nel sangue funge infatti da indicatore della morte delle



cellule cerebrali (vi è possibilità di rianimazione solamente fino a 12 mmol/l).

Ore 12:15

Il reparto di terapia intensiva dell'Ospedale di Brunico viene informato dell'arrivo dell'EC 135 dell'Aiut Alpin Dolomites, due medici si recano alla piazzola di atterraggio sul tetto. Alle 12:18 il velivolo atterra, vi è calma di vento e splende il sole, non è particolarmente freddo. Una volta aperti i portelloni laterali il medico a bordo informa che durante il trasporto il paziente ha subito un arresto circolatorio,



e da alcuni minuti il polso non è più apprezzabile. Velocemente, il sacco verricellabile con il paziente viene estratto dall'elicottero e aperto direttamente sulla piazzola, accanto ai pattini del velivolo. Durante l'operazione si strappa l'accesso venoso sul dorso della mano. Il monitor del defibrillatore indica fibrillazione atriale, si inizia subito il massaggio cardiaco. Un primo tentativo di defibrillazione che fin dall'inizio prometteva scarsi risultati fallisce, essendo gli accumulatori del defibrillatore scarichi, presumibilmente messi definitivamente fuori uso dalla permanenza al freddo sul luogo

della valanga.

Mentre si continua la rianimazione, dopo frustranti tentativi alla vena inguinale si riesce a prelevare abbastanza sangue dalla vena giugulare interna a livello del collo. Uno dei medici corre al reparto di terapia intensiva per l'analisi dei gas ematici. Nel frattempo viene posizionato un nuovo accesso venoso sul dorso della mano destra e vengono effettuati due controlli della temperatura corporea interna, sempre a livello del timpano con l'ausilio della sonda timpanica del defibrillatore dell'elicottero: indicano 21,7° e 21,9° C.

Tre minuti dopo si hanno a disposizione i risultati dei gas ematici: pH 6,877, PCO₂ 111 mmHg, PO₂ 23,3 mmHg, HCO₃ 9,4 mmol/l, potassio 4,3 mmol/l, sodio 140 mmol/l, calcio 1,30 mmol/l, cloruro 103 mmol/l, glucosio 277 mg/dl, lattato 105 mg/dl, base excess -12,3 mmol/l.

Incoraggiati dagli eccellenti valori relativi di potassio (chiaramente inferiori a 12 mmol/l), si contatta la Clinica universitaria di Innsbruck. Il paziente viene nuovamente caricato sul

velivolo, interrompendo solo per un breve momento la rianimazione, a bordo viene fatto salire anche un infermiere rianimatore della Croce Bianca a supporto dell'equipaggio del velivolo. Non si interromperanno le compressioni toraciche per tentare di rianimare il travolto fino all'arrivo in sala operatoria.

Ore 12:28

Dalla piazzola di atterraggio sul tetto dell'ospedale, l'elicottero del Soccorso si alza in volo con Werner. Dopo un rifornimento di carburante di tre minuti nei pressi dell'ospedale, e mentre si continua la rianimazione, si dirige finalmente alla volta di Innsbruck, seguendo una linea retta al di sopra delle Alpi Aurine. Nel frattempo, nella struttura di destinazione si predispone già tutto per collegare il paziente alla macchina cuore-polmone (HLM). Si tratta di un'apparecchiatura, comunemente utilizzata nelle operazioni al cuore e ai grandi vasi, che provvede alla circolazione extracorporea durante gli interventi a cuore aperto e fermo. La HLM si presta tuttavia molto bene anche per normalizzare la temperatura corporea delle vittime in condizioni di ipotermia, consentendo di riscaldare il sangue tramite circolazione artificiale extracorporea.

La "messa in funzione" di una macchina cuore-polmone richiede tuttavia una mezza giornata di lavoro da parte di un'equipe altamente specializzata di cardiocirurghi, cardiologi anestesisti, tecnici di cardiologia e personale infermieristico. Soprattutto durante i fine settimana, come il sabato in questione, quando è a disposizione un'unica equipe di sala operatoria cardiologica, non è quindi possibile eseguire alcuna altra operazione con l'ausilio del macchinario in questione.

Ore 13:15

L'EC 135 atterra sulla piazzola per l'elisoccorso della Clinica universitaria chirurgica di Innsbruck. Il paziente sotto costante rianimazione viene scaricato dal velivolo, e con il grande ascensore per letti scende 10 piani più sotto fino al secondo livello, dove si trovano le sale operatorie. Alle 13:30 viene preso in carico dall'equipe della sala operatoria cardiologica. Fino ad ora Werner ha già avuto una fortuna incredibile. Grazie a una serie di eventi fortuiti favorevoli, vi sono infatti tutti i presupposti perchè possa cavarsela senza danni eccessivi. L'evento fondamentale per la sua sopravvivenza si è tuttavia verificato a un livello diverso.

Il febbraio del 2005 è un periodo infausto per gli sci alpinisti, soprattutto in Tirolo. L'inverno passerà infatti alle statistiche come uno dei più infausti degli ultimi 20 anni per numero di vittime. E per i medici della Clinica universitaria di Innsbruck è stato un mese anche peggiore. Nella sola settimana precedente il 19.02., cinque sci alpinisti travolti da valanga erano stati infatti ricoverati in rianimazione e, nonostante il massimo della terapia applicata, tutti erano deceduti due giorni dopo in seguito alla condizione di anossia sofferta. L'equipe responsabile del trattamento era decisamente frustrata, e giustamente tendeva ad esprimere le proprie perplessità in merito al fatto che la selezione dei travolti da valanga venisse operata correttamente dalle squadre di soccorso sul posto secondo i criteri del triage, ovvero tenendo conto dei parametri fondamentali per stabilire la speranza di sopravvivenza.

Anche nel caso di Werner si rende quindi necessario innanzitutto risolvere i dubbi in tal senso. Una struttura come la Clinica

universitaria di Innsbruck, peraltro sempre molto disponibile ai ricoveri, ha il diritto di porre delle domande di verifica. Il medico di turno della Centrale operativa di Bolzano riesce a convincerli, e Werner può essere accolto.

Nella sala operatoria di cardiocirurgia si proseguono il massaggio cardiaco e la respirazione artificiale, mentre si eseguono chirurgicamente gli accessi venosi periferici all'inguine, in corrispondenza della vena femorale destra e sinistra, e s'inseriscono i cateteri. Di questi, uno viene collegato alla cannula in uscita e uno a quella in entrata, al centro viene inserita la macchina cuore-polmone che riscalda il sangue durante la circolazione extra-corporea, lo arricchisce di ossigeno e lo pompa nuovamente all'interno del corpo.

Ore 13:45

Si avvia la macchina cuore-polmone, una misurazione di controllo indica ora una temperatura corporea di 24° C; un'ora dopo, alle 14:45, il corpo ha raggiunto una temperatura interna di 34,5° C, e si cerca quindi di risolvere la fibrillazione atriale tuttora in atto tramite defibrillazione.

Il quinto tentativo di defibrillazione riesce, e il cuore di Werner riparte con un ritmo sinusale stabile, batte con regolarità ed è in grado di attivare la circolazione da solo. Da solo? Non del tutto... quando si tenta di staccare la macchina cuore-polmone si forma infatti un edema polmonare. Evidentemente il cuore di Werner è ancora troppo debole per poter provvedere da solo a tutto il lavoro circolatorio. Viene quindi collegato nuovamente a un piccolo ossigenatore extracorporeo a membrana (ECMO) portatile, e il paziente in coma artificiale viene trasferito con il macchinario al reparto di terapia intensiva. Sono

le 17:30 del 19.02.2005.

Fino a questo momento, per la vita di Werner hanno lottato organizzazioni di soccorso ed equipe infermieristiche ad alta specializzazione, unità cinofile, operatori del soccorso alpino, vigili del fuoco, piloti e medici, e la corsa per salvare il suo cuore ha avuto successo. Nessuno può tuttavia ancora dire se il cervello abbia subito un danno da anossia. Come per la maggior parte dei travolti da valanga, è infatti questo l'organo determinante.

21.02.05

Due giorni più tardi, nel pomeriggio, è possibile staccare l'ossigenatore ECMO, il cuore è ora in grado di pompare con forza sufficiente per sostenere autonomamente la circolazione corporea. Successivamente si effettua la tomografia computerizzata del cervello, attesa da tutti con grande apprensione.

L'esame non rivela alcun segno di danni da anossia. Il resto è presto detto: il 23.02.2005 il paziente viene staccato dal respiratore (ventilato tramite CPAP) e il giorno successivo viene estubato.

Il 25.02.2005 viene dimesso dal reparto di terapia intensiva e preso in carico dal reparto di traumatologia. Il 04.03.2005 Werner viene trasferito da Innsbruck all'ospedale di Brunico e qui dimesso definitivamente il 07.03.2005, 17 giorni dopo l'incidente da valanga.

Non ha riportato danni fisici permanenti.

Dr. Werner Beikircher

Guida alpina sciatore, anestesista, dirigente sanitario del reparto di medicina d'urgenza dell'ospedale di Brunico (BZ), per molti anni partner di Hans Kammerlander in molte scalate estreme, ora esploratore in kayak di laghi, regioni e paesaggi costieri in tutto il mondo. L'articolo già pubblicato sulla rivista austriaca "bergundsteigen", è stato ripreso e tradotto rispettandone fedelmente la forma (traduzione Daniela Spanu).

Foto 9 - La macchina cuore-polmone può venire utilizzata per riscaldare le vittime in condizioni di ipotermia, innalzando lentamente la temperatura del sangue tramite la circolazione extra-corporea. A tal fine è tuttavia necessario disporre di una apparecchiatura medica estremamente complessa e di un'equipe altamente specializzata composta da cardiocirurghi, anestesisti cardiologi, cardiotecnici e personale infermieristico.

Foto 10 - Collegato alla macchina cuore-polmone, la temperatura corporea sale da 24°C a 34,5°C nell'arco di un'ora. Per tutto il tempo aveva avuto addosso l'apparecchio ARVA, che non era tuttavia mai stato acceso.

il RADAR "LISA" per le VALANGHE

**Giuseppe Antonello,
Alberto Martinez-Vazquez,
Joaquim Fortuny-Guasch,**
DG Joint Research Centre (JRC)
della Commissione Europea – Ispra (VA)

Michele Freppaz, Margherita Maggioni
Università degli Studi di Torino, Di.Va.P.R.A. – LNSA

Primi risultati della campagna di
misure nata dalla collaborazione tra
CCR, Monterosa 2000 S.p.A. e LNSA
dell'Università di Torino

Il sistema LISA (Linear SAR) è stato progettato e sviluppato presso i laboratori del CCR-JRC di Ispra verso la metà degli anni '90. Si tratta di un Radar ad Apertura Sintetica basato a terra, ovvero un Radar con 2 o 3 antenne che scorrono lungo un binario, in modo da ottenere un'immagine della scena osservata uguale a quella ottenibile mediante l'utilizzo di un'antenna di dimensioni pari alla lunghezza del binario. Questo Radar venne utilizzato inizialmente per misurare le deformazioni di edifici e strutture, ma ben presto la sua principale applicazione divenne il monitoraggio delle frane. Dopo le fasi di test ed il suo utilizzo operativo, attivo a partire dal 2003 con l'eruzione del vulcano Stromboli, la ricerca legata al LISA doveva essere rivolta ad una nuova applicazione, che venne individuata nel monitoraggio delle valanghe. È stata, per questo, effettuata una campagna di misure di 3 anni in collaborazione con la SLF nel loro sito di ricerca presso la Vallée de la Sionne (Canton Vallese, CH), dando la possibilità di acquisire informazioni e dati riguardo le variazioni del manto nevoso. Successivamente, dal Marzo 2006, un sistema simile ma più piccolo (con un binario di circa 2 m) è stato realizzato per monitorare le valanghe lungo il Vallone dell'Olen nel comprensorio MonterosaSki di Alagna Valsesia (VC, Italia). Dopo i primi mesi di test, le

misure sono state effettuate per tutta la stagione invernale 2006-2007, acquisendo più di 50000 immagini. L'obiettivo principale di questa campagna di misure è quello di capire se lo strumento è in grado di supportare la gestione della sicurezza di un comprensorio sciistico, fornendo dati in tempo reale analizzabili dal personale addetto. Un'altra importante potenzialità del sistema LISA, emersa grazie alla collaborazione tra il CCR e il Di.Va.P.R.A. dell'Università di Torino, è quella di poter essere utilizzato in affiancamento ai rilievi nivometeorologici in loco, per poter validare reciprocamente i risultati e migliorare la conoscenza dei fenomeni legati alle valanghe, nonché migliorare la catalogazione delle aree esposte al rischio valanghe. I primi risultati sono incoraggianti e dimostrano la validità della metodologia utilizzata e della collaborazione stabilita tra gli enti coinvolti. Durante la stagione estiva 2006 sono state effettuate, con il sistema LISA, misure Radar del ghiacciaio di Bors, che hanno evidenziato alcune prevedibili variazioni stagionali della sua parte superficiale che hanno dato luogo ad un arretramento del fronte del ghiacciaio. Una seconda campagna di misure estive del ghiacciaio sarà da effettuarsi in una prossima stagione estiva, in modo da poter avere un confronto di lungo periodo dei dati acquisiti.



9E:90 6015

3 06:35

INTRODUZIONE

L'Unità "Sensors Radar Technologies and Cybersecurity" (SERAC) della DG JRC (Joint Research Center) della Commissione Europea è attiva presso il Centro Comune di Ricerca (CCR) di Ispra (VA), dove svolge ricerche da molti anni nel campo del Telerilevamento ambientale. Il lavoro di un piccolo gruppo di ricercatori provenienti da diversi paesi Europei ha portato, verso la metà degli anni '90, alla progettazione ed alla realizzazione di un Radar SAR basato a terra, come evoluzione del concetto di apertura sintetica (*Synthetic Aperture Radar*) già inventato ed implementato alcuni anni prima su piattaforma satellitare. La teoria che stava alla base del funzionamento di satelliti come ERS-1 ed ERS-2, RADARSAT, JERS-1 e dei più recenti ENVISAT e TerraSAR-X, è, infatti, quella di sfruttare il movimento dei sensori e delle antenne Radar lungo un determinato percorso (l'orbita, nel caso satellitare) per poter acquisire misure da diverse posizioni ed ottenere, grazie ad una speciale elaborazione dei dati, un'unica misura equivalente a quella ottenibile con un'antenna di dimensioni pari alla lunghezza del tratto percorso. Ciò implica l'evidente vantaggio di poter maneggiare strumentazione elettronica e meccanica con problematiche di gran lunga più semplici e gestibili rispetto ad una soluzione più "ingombrante", pur ottenendo i medesimi risultati. Il sistema realizzato presso i laboratori di Ispra è stato chiamato LISA, acronimo di *Linear SAR*. Nel termine Linear sta la caratteristica principale dello strumento, che lo differenzia dai suoi fratelli maggiori in orbita attorno alla Terra. Infatti LISA è un *Ground Based SAR*, ovvero nel suo caso il percorso effettuato da sensori

ed antenne è rappresentato da un binario rettilineo ancorato al terreno. La lunghezza di tale binario viene scelta in funzione della particolare situazione ambientale in cui si trova ad operare il Radar e, fino ad oggi, ne sono state realizzate diverse versioni, con dimensioni da 1 m fino a 5 m. La teoria SAR si è sviluppata per poter rispondere alla crescente necessità di monitorare continuamente e con la risoluzione più elevata possibile, le deformazioni che affliggono edifici, strutture di vario tipo e zone soggette a movimenti del terreno. In questo senso l'applicazione principale della tecnologia SAR è stata quella di misurare i movimenti causati da subsidenze e da movimenti franosi. Nel caso del sistema LISA, la sperimentazione dei primi anni è stata orientata a verificare le capacità dello strumento nel monitoraggio di queste situazioni e, una volta apportate le migliorie necessarie e sviluppati i software su misura sia per il controllo della strumentazione che per l'elaborazione dei dati, si è passati alla fase operativa, che ha potuto prendere il via a seguito dell'eruzione del vulcano Stromboli nel Dicembre 2002, quando una grande frana si è staccata sul versante chiamato "Sciara del Fuoco" ed ha originato uno tsunami di medie dimensioni, che ha provocato diversi danni (fortunatamente solo materiali) alla parte abitata dell'isola e che, in misura minore, ha successivamente raggiunto le coste delle altre isole Eolie. Da quel momento il sistema ha continuato ad essere utilizzato per campagne di misura realizzate principalmente in occasione di eventi franosi (Schwaz - Austria, Valsassina LC, PonteDolo RE), fino a quando, nel 2003, si è capito che questa tecnologia poteva essere utilizzata anche per lo

studio delle valanghe, in quanto esse posseggono una dinamica simile a quella delle frane. Si è cercato, perciò, di stabilire una collaborazione di ricerca con un ente internazionale che avesse sufficiente esperienza nello studio delle valanghe, poiché all'interno del CCR non sono presenti competenze specifiche in questo campo.

APPLICAZIONE PRESSO IL SITO SPERIMENTALE DELLA VALLÉE DE LA SIONNE

Alla fine dell'estate 2003 si presentò l'occasione di incontrare l'Istituto SLF di Davos, certamente uno dei più rinomati centri di ricerca in ambito nivologico. Dopo una serie di colloqui tra le parti, si manifestò la disponibilità da parte dell'Istituto svizzero a supportare l'installazione di un sistema LISA presso il campo di ricerche della SLF già attivo vicino a Sion, nel Canton Vallese. La campagna di misure in questa postazione ha avuto inizio nel Novembre 2003 e si è protratta fino al Settembre 2006. Il sistema LISA utilizzato era quello nella versione con binario di 5 m, posto all'interno di un rimorchio che è stato trasportato su strada e, successivamente, portato in quota grazie all'ausilio di un elicottero Super Puma. La postazione si è rivelata ottimale per l'osservazione del versante dove, dal 1997, vengono effettuate misure sulla dinamica delle valanghe. Inoltre, quando le condizioni nivometeorologiche sono favorevoli, vengono effettuati dei distacchi artificiali con l'esplosivo, che provocano generalmente anche valanghe nubiformi di grosse dimensioni. Il versante, infatti, si sviluppa per una lunghezza totale di circa 2500 m, dalla quota di 2650 m fino a

1450 m s.l.m.. Il sistema LISA era installato ad un'altezza di 1800 m, in posizione frontale sul pendio opposto. L'obiettivo di questa campagna di misure era quello di acquisire esperienza e dati sull'accumulo di neve al suolo, identificando eventuali cambiamenti nella sua struttura che potessero essere interpretati come precursori di distacchi naturali. Dopo tre stagioni invernali di osservazione, sono state raccolte circa 30000 immagini Radar, con le quali si sono acquisite molte conoscenze sulla dinamica delle valanghe. In particolare è stato possibile completare una mappa delle aree in cui si verificavano maggiormente le valanghe, grazie alla possibilità dei Radar di osservare 24h/giorno continuamente l'area. Nell'inverno 2005, mentre volgeva al termine la collaborazione con la SLF, vista la positiva esperienza che ne era nata, si decideva di dare seguito al progetto di monitoraggio e studio delle valanghe anche negli anni seguenti, pensando ad un futuro sito di installazione del sistema LISA. Nel 2006, infatti, la strumentazione presente in Svizzera doveva rientrare al CCR di Ispra e bisognava, a quel punto, individuare un nuovo sito di installazione dove poter continuare la ricerca ed effettuare nuove e più approfondite misure.

APPLICAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL VALLONE DELL'OLEN (ALAGNA VALSESIA) - INVERNO 2005-2006

L'occasione per scegliere il nuovo sito si presentò allorché uno degli autori, Giuseppe Antonello, parlando con Nicola Viotti (Guida Alpina di Alagna Valsesia) e Michele Cucchi (anch'egli Guida Alpina, nonché responsabile della sicurezza

sulle piste del comprensorio sciistico Monterosa Ski in Valsesia) venne a conoscenza del fatto che il comprensorio sciistico del paesino piemontese era catalogato tra quelli con il maggior numero di valanghe spontanee in un'area frequentata da sciatori, in pista e in fuoripista, in particolare lungo il Vallone dell'Olen. Dopo i sopralluoghi iniziali, parve chiaro come la postazione fosse molto favorevole per la presenza, sul versante opposto a quello da monitorare, degli impianti di risalita del Monterosa Ski. In particolare, venne subito presa in considerazione la stazione intermedia della nuovissima funivia "Funifor" che da Pianalunga raggiunge il Passo dei Salati, permettendo il collegamento tra la Valsesia e la Val d'Aosta, grazie alla telecabina che sale da Gressoney. La stessa società Monterosa 2000 S.p.A., che gestisce gli impianti di risalita nell'area di Alagna Valsesia, si dimostrò subito pienamente favorevole, in particolare nelle persone dell'Ing. Claudio Francione e del Dott. Andrea Colla, a mettere a disposizione le sue strutture ed il suo personale per supportare l'installazione e la successiva gestione del sistema, del quale si sarebbe potuta verificare non solo la capacità di rilevare la quasi totalità delle valanghe occorse nel Vallone, ma anche l'operatività nel supporto alla gestione della sicurezza delle piste, considerando il recente consistente aumento di passaggi di sciatori in relazione all'apertura del collegamento con tutto il Monterosa Ski. I mesi successivi furono dedicati alla progettazione di un sistema "ad hoc", in virtù della particolari condizioni climatiche che caratterizzano l'area della stazione intermedia della funivia, che venne finalmente scelta per l'installazione del Radar. La quota di 2600 m,

unitamente all'esposizione alle frequenti raffiche di vento e all'abbondante copertura nevosa che caratterizza l'area durante tutto l'inverno, richiedevano una protezione della strumentazione superiore alla normale configurazione utilizzata, ad esempio, nel caso di Sion. Per questo, presso i laboratori di Ispra venne costruita una casetta di circa 7 m³ e del peso complessivo di circa 500 Kg, con un telaio metallico ma ben coibentata con dei pannelli isolanti, che potesse ospitare un binario di 2 m di lunghezza, oltre alla strumentazione di supporto. Nel Marzo 2006 si effettuò il trasporto presso Alagna della casetta, che venne successivamente elitrasportata a ridosso della stazione intermedia della funivia presso Cimalegna. Qui, con l'ausilio di un Tirfor e del lavoro del personale di Monterosa 2000, venne sollevata a circa 50 cm da terra e fissata su alcune travi di legno. La stagione invernale era ormai prossima alla conclusione e l'altezza del manto nevoso era di conseguenza non molto elevata; ciò consentì di effettuare le operazioni in condizioni abbastanza favorevoli e, dopo qualche giorno di test, iniziare con le prime misure. L'obiettivo di questa prima fase era quello di poter sfruttare le ultime settimane della stagione invernale per poter preparare al meglio il sistema in vista della successiva, concentrandosi principalmente su due aspetti: identificare la scelta ottimale dei parametri, che avrebbe permesso di ottenere la migliore risposta del segnale Radar e, in secondo luogo, valutare le condizioni ambientali di alta quota a cui sarebbe stato soggetto il sistema per lungo tempo, al fine di rendere la struttura sufficientemente resistente.

Come detto, il principio di fun-



Fig. 1 - il sistema LISA al Passo dei Salati per il monitoraggio del ghiacciaio di Bors.

zionamento del sistema LISA si basa sul movimento lineare dei sensori lungo un binario. Sul carrello che effettua questo movimento trovano posto i seguenti componenti:

- un Network Analyzer, lo strumento principale che genera la forma d'onda del segnale elettromagnetico, ovvero un'onda continua emessa a scansione di frequenza;
- un amplificatore di potenza del segnale elettromagnetico con la sua fonte di alimentazione;
- le 3 antenne, di cui una per la trasmissione del segnale e 2

per la ricezione della sua riflessione;

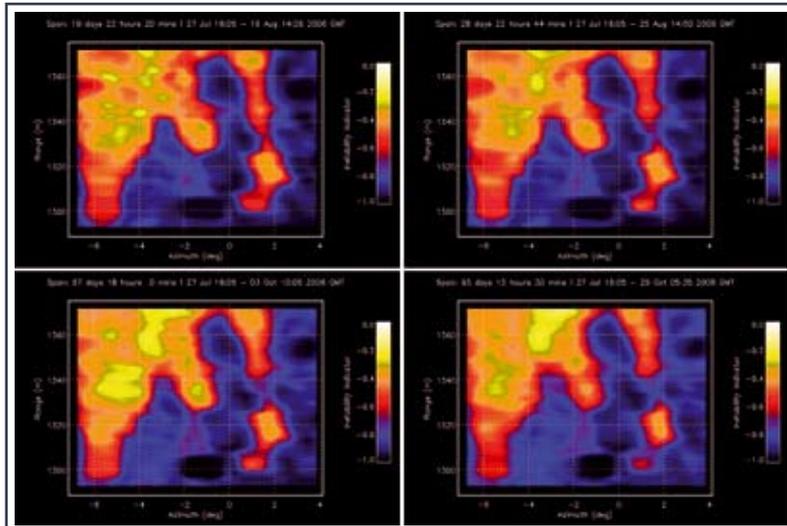
- vari componenti elettronici a Radiofrequenza necessari alla gestione del segnale nei vari stadi del sistema.

Nel restante spazio della casetta sono poi sistemati un piccolo gruppo di continuità (UPS), il box per il controllo meccanico del binario, il PC per l'elaborazione dei dati, una webcam puntata sulla Valle dell'Olen, un'altra webcam per il controllo della strumentazione all'interno, una piccola stazione meteo interna per tenere sotto controllo le condizioni di lavoro della delicata strumentazione e l'hardware che consente di avere la connessione alla rete locale di Monterosa 2000 e, tramite questa, ad Internet, per poter effettuare i collegamenti in



Fig. 2 - zoom sul fronte del ghiacciaio di Bors.

Fig. 3 - sequenza di immagini SAR acquisite tra Luglio e Ottobre 2006.



remoto dagli uffici di Ispra.

I primi dati si dimostrarono subito di buona qualità, confermando che la zona monitorata era soggetta a frequenti scaricamenti di neve provenienti dai numerosi canali presenti nell'Olen, dove alcune valanghe di medie dimensioni si staccavano ancora, nonostante la ormai bassa copertura nevosa dell'area.

APPLICAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL GHIACCIAIO DI BORS (ALAGNA VALSESIA)

Terminata la stagione invernale, alla fine del Maggio 2006 si pensò a come sfruttare la presenza dello strumento anche per la stagione estiva e si presentò la possibilità di elitrasportare tutto il sistema fino alla quota di 3000 m del Passo dei Salati, individuando una postazione a fianco dell'arrivo del Funifor come punto ideale da cui osservare il ghiacciaio di Bors, adiacente a quello di Indren. In effetti questa nuova postazione era favorita dalla presenza di tutte le connessioni elettriche e di rete già presenti presso la stazione di arrivo ed inoltre la visuale verso la parete Sud del Monte Rosa, dove da diversi anni è evidente l'arretramento dei ghiacciai, risultava ottimale. La possibilità di osservare per una stagione estiva intera l'evoluzione dell'ambiente ghiacciaio così da vicino era un'opportunità da non perdere. E così, all'inizio di Luglio, venne effettuata la risistemazione del Radar al Passo dei Salati (Figura 1). Anche in questo caso le prime misure servirono da test per ottimizzare i parametri di misura, essendo tali misure effettuate per la prima volta dal nostro gruppo ed in condizioni molto diverse da quelle della precedente postazione. L'estrema variabilità

delle condizioni ambientali e dello stato della superficie del ghiacciaio, infatti, rendono difficile l'interpretazione dei dati, richiedendo molto lavoro in fase di post-processing, fase che non si può dire ancora conclusa al momento della pubblicazione del presente articolo, ovvero ad un anno di distanza dalla campagna di misure. Per poter estrarre dei dati più facilmente interpretabili sarà necessario effettuare una seconda campagna di misure estive sul ghiacciaio, che possa servire come confronto per un'analisi a più lungo periodo. Dai risultati preliminari, tuttavia, emerge una evidente quanto attesa dinamica di arretramento, che interessa buona parte della zona frontale del ghiacciaio. L'esposizione del versante a Sud accentua certamente la dinamicità dell'area, che genera una rapida evoluzione della risposta del segnale elettromagnetico utilizzato dal Radar, anche solamente nell'avvicinarsi del giorno e della notte. Un esempio dei dati raccolti durante la stagione estiva 2006 è mostrato nelle Figure 2 e 3, dove viene mostrato il confronto tra l'immagine ottica e la corrispondente zona monitorata dal Radar, con la sequenza delle immagini acquisite in 3 mesi.

La campagna "estiva" al Passo dei Salati si è protratta ben oltre l'equinozio autunnale, poiché la situazione climatica non ha portato ad avere precipitazioni rilevanti alle medie quote prima del mese di Novembre, consentendoci, così, di prolungare la permanenza del sistema a 3000 m fino alla fine del mese di Ottobre. Successivamente si è proceduto a riportare la "casetta" del sistema LISA alla stazione intermedia di Cimalegna, per poter avere la completa copertura dell'imminente stagione invernale 2006-2007.

APPLICAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL VALLONE DELL'OLEN (ALAGNA VALSESIA) - INVERNO 2006-2007

Apportate le migliorie necessarie, basate sull'esperienza delle misure del primo periodo di test, si è deciso di sollevare maggiormente il sistema da terra, fissandolo ad un'altezza di circa 3 m, in modo da impedirne la parziale copertura da parte della neve attesa per la stagione ed evitare una fastidiosa riflessione del segnale elettromagnetico sul terreno antistante, il cui effetto degradante sulla qualità delle immagini era stato individuato nelle prime fasi di misura. Avvalendosi di tutta l'esperienza e la disponibilità del personale Monterosa 2000 e delle Guide di Alagna, la procedura è stata portata a termine sfruttando come appoggio una delle cabine della funivia, a cui è stata temporaneamente appesa la casetta, poi fissata con delle travi di acciaio alla base del pilone della funivia per ottenere anche una migliore visione della parte bassa del Vallone d'Olen, proprio dove vi è il tracciato dell'omonima pista di sci (Figura 4).

La configurazione finale di acquisizione, mantenuta fino al Maggio 2007, che verrà utilizzata anche nell'inverno 2007-2008, prevede l'utilizzo delle antenne

con polarizzazione verticale e banda di frequenze del segnale spazzolata con 1601 punti tra 8.80 GHz e 8.92 GHz. La scansione lungo il binario ha la durata di circa 10 minuti e viene completata tramite una successione di 231 passi che il carrello con la strumentazione esegue tra una singola acquisizione e la successiva. Ad ogni acquisizione, infatti, il segnale elettromagnetico viene emesso e se ne riceve la riflessione dallo stesso punto; il carrello quindi si sposta di un passo ed esegue nuovamente la procedura, fino a coprire la lunghezza del binario. Terminata la scansione, tutte le 231 acquisizioni effettuate vengono raggruppate e se ne ottiene una singola immagine, che risulta essere, perciò, la media di quanto successo nei 10 minuti della scansione (Figura 5). Tale valore di 10 minuti non rappresenta un limite fisico della strumentazione (che consentirebbe di fare una scansione anche in 2-3 minuti), ma è stato scelto per una serie di ragioni pratiche, tra cui la necessità di non accumulare una quantità di dati troppo elevata da poter essere gestita in modo adeguato durante questa fase ancora di ricerca. In una situazione futura di piena operatività del sistema e di richiesta di dati in tempo reale, esiste già la predisposizione per ridurre il tempo di misura, considerando l'elevata



Fig. 4 - installazione del LISA a Cimalegna per il monitoraggio durante la stagione invernale.

Fig. 5 - interno della casetta che ospita il sistema LISA.



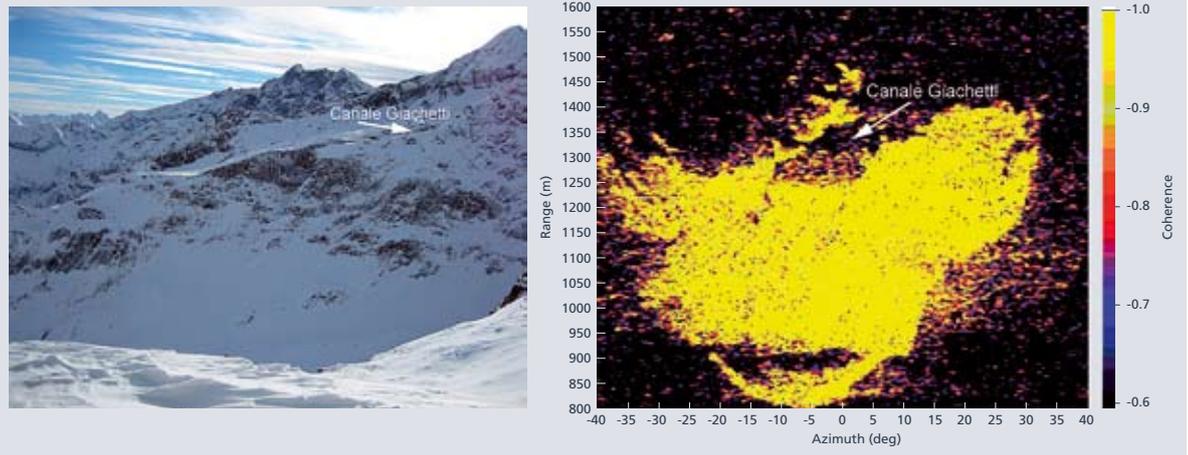
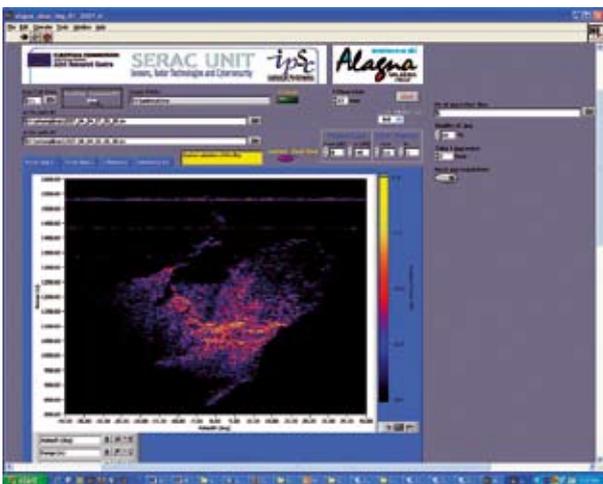


Fig. 6

Fig. 7 - screenshot del software per l'individuazione automatica delle valanghe.



velocità con cui si manifesta il fenomeno delle valanghe. Se necessario, è altresì possibile, in fase di post-processing, risalire a quanto successo all'interno della singola scansione, ovvero dei 10 minuti, dovendo tuttavia fare i conti con un'inevitabile perdita di risoluzione delle immagini.

Seguendo, invece, la normale procedura sopra esposta, le immagini ottenute coprono un'area di circa 800x800 m e consentono di avere una risoluzione di 1.25 m nella direzione detta "range", ovvero quella perpendicolare al binario, mentre lungo la direzione parallela la risoluzione va dai 7 m del punto più vicino a 800 m di distanza, ai 14 m del punto più lontano, posto a 1600 m dal Radar. Questa è la cosiddetta "risoluzione del pixel" di una singola immagine. Ma la risoluzione che maggiormente interessa un SAR

che, come il nostro, venga usato in modalità Differenziale e per questo chiamato con la sigla più appropriata di "DInSAR" (Differential Interferometric SAR), è quella ottenibile confrontando due immagini prese ad intervalli di tempo successivi (multipli dei nostri 10 minuti), che può arrivare fino al decimo di millimetro. Il dato grezzo del Radar, infatti, è matematicamente espresso sottoforma di numero complesso e si compone di una fase e di un modulo: dalla fase si ottiene il valore di spostamento rilevato tra due immagini successive, mentre dal modulo si estrae la coerenza tra le due immagini, ovvero un indice che assume in ogni singolo pixel dell'immagine valori da 0 (nel caso i pixel corrispondenti nelle due immagini abbiano subito una totale variazione) a 1 (nel caso non ci sia stata alcuna variazione). Nel monitoraggio di frane, strutture o dei ghiacciai a lungo termine, la precisione data dalla fase è ciò che rende il sistema LISA ineguagliabile in una misurazione continua di un'area molto estesa; mentre, nel caso delle valanghe, è la coerenza ad essere maggiormente utilizzata, poiché le variazioni di fase che intercorrono durante una valanga sono talmente veloci da non essere distinguibili. Analizzando

la coerenza si possono definire con precisione le aree di distacco, scorrimento e deposito delle valanghe e tenere traccia di tutte le minime variazioni del manto nevoso.

In Figura 6 è mostrato un esempio di "mappa di coerenza" relativa ad una misura effettuata nel Vallone dell'Olen nel Gennaio 2007 in assenza di eventi valanghivi, confrontata con la corrispondente immagine ottica della stessa area.

Bisogna aggiungere, a scanso di equivoci, che la potenza con cui viene emesso il segnale elettromagnetico non raggiunge valori che possano compromettere la salute di chi vi opera né degli sciatori di passaggio nelle zone coperte dal Radar. Infatti essa va relazionata all'area su cui viene irradiato il segnale e alla sua distanza che, nel nostro caso, non è inferiore agli 800 m. Solo la zona immediatamente antistante lo strumento è stata chiusa precauzionalmente al passaggio delle persone, ma si tratta di una zona fuoripista già adeguatamente segnalata come inaccessibile ed invalicabile, trovandosi a monte di un salto di roccia di diverse decine di metri. Per fare un confronto, la potenza utilizzata da un telefonino cellulare risulta essere superiore a quella utilizzata dal Radar, se confrontata sulla stessa

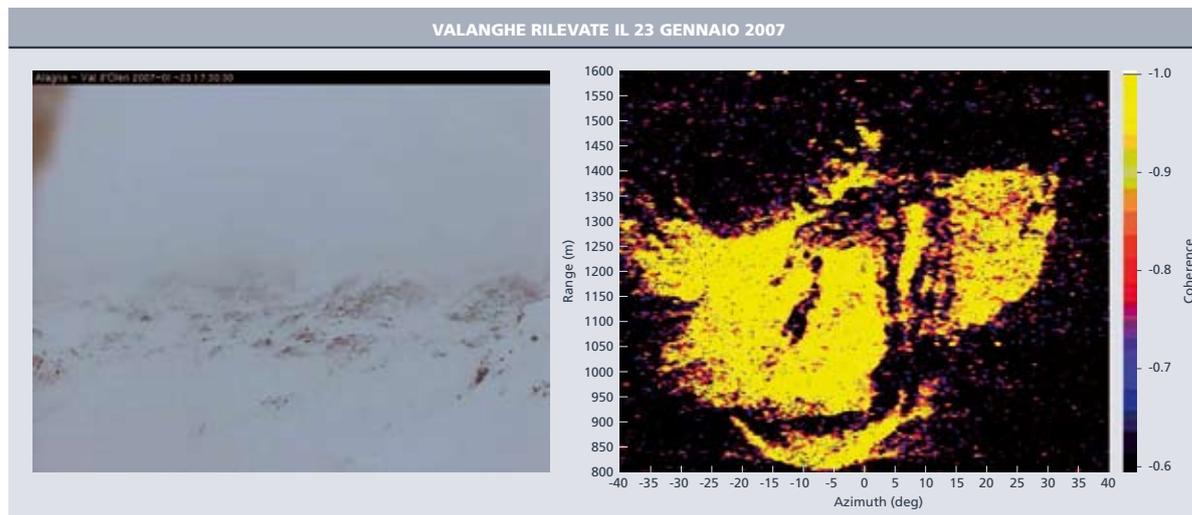


Fig. 8

unità di superficie.

La prima neve della passata stagione invernale, è apparsa ad Alagna alla fine del Novembre 2006, consentendoci di avere delle buone misure già dalle prime settimane. Per noi era molto importante avere un set di dati relativi alla prima parte dell'Inverno, sia perché le condizioni nivometeorologiche di questo periodo sono ovviamente diverse dal resto della stagione, sia perché si voleva verificare la procedura preliminare di individuazione automatica delle valanghe, decisa di comune accordo con Monterosa 2000 e con Michele Cucchi, responsabile della sicurezza delle piste. Tale procedura rappresenta il punto fondamentale del progetto di collaborazione tra il CCR e la società di gestione degli impianti di risalita, che deve innanzitutto permettere di capire se questo tipo di strumento può essere utilizzato come supporto operativo alla gestione della sicurezza di un comprensorio sciistico. La procedura citata prevede la presenza di un PC di supporto presso la casetta del Radar a Cimalegna, dove vengono processati i dati subito dopo il completamento della scansione. Pochi secondi dopo, si ha così a disposizione il dato processato, un'immagine chiamata "master", che viene

immediatamente confrontata con una delle immagini, detta "slave", già acquisite e processate. La scelta dell'immagine slave varia in funzione delle condizioni nivometeorologiche e del tipo di dato che si vuole ottenere. Se, ad esempio, non vi sono state precipitazioni da diverse settimane ed il manto nevoso si è stabilizzato, si può decidere di visualizzare il confronto tra due immagini prese a distanza di 1 o più ore, perché verosimilmente non ci saranno variazioni rapide nel manto nevoso. Mentre nel caso di una forte nevicata in corso, si può decidere di visualizzare il confronto tra un'immagine e quella immediatamente precedente (acquisita 10 minuti prima) e di aggiornare il risultato appena una nuova immagine master si rende disponibile. Va detto che nel corso dell'inverno si è lavorato perché questa procedura potesse essere svolta direttamente dagli uffici della Monterosa 2000, senza richiedere l'intervento del personale del CCR, nemmeno tramite connessione in remoto. In particolari situazioni di precipitazioni iniziate durante la notte, è anche possibile, in supporto alla decisione di aprire o meno alcune zone del comprensorio, verificare l'andamento delle misure effettuate nel corso delle ore notturne per verificare se siano

già cadute delle valanghe che, altrimenti, potrebbero essere pericolose per gli operatori alla sistemazione delle piste.

Nella Figura 7 è mostrato uno screenshot del software di visualizzazione delle valanghe appositamente sviluppato dal CCR. Come già accennato, per poter mettere in atto tale procedura è stato necessario avvalersi della connessione di rete pre-esistente lungo la tratta della funivia. Dagli uffici posti alla partenza degli impianti nel paese di Alagna, è così possibile collegarsi al PC di supporto presente a Cimalegna ed effettuare le operazioni della procedura appena descritta, con l'evidente vantaggio di non dover accedere direttamente al sito di misura né, tantomeno, alla zona monitorata. In Figura 8 viene proposto un esempio di valanghe rilevate durante la nevicata del 23 Gennaio, confrontato con una contemporanea immagine della webcam esterna puntata sulla Valle dell'Olen.

Come nella precedente esperienza presso il sito di Sion, un secondo aspetto del progetto di ricerca del CCR sulle valanghe è quello che riguarda la possibile misurazione del volume di neve interessato durante una valanga oppure durante una nevicata. Tale fase della ricerca è, tuttavia, ancora allo stato embrionale,

poiché queste misure richiedono una configurazione meccanica meno facilmente gestibile, soprattutto in relazione alla quota di installazione, ed un'elaborazione del dato più complessa. Si tratta di trovare un compromesso tra i due diversi tipi di misura che si vorrebbero effettuare contemporaneamente, ma, per queste prime fasi della ricerca, si è voluta privilegiare la risoluzione nella identificazione delle valanghe piuttosto che quella nella misurazione volumetrica che, di conseguenza, risulta avere una risoluzione vicina al limite strumentale. Tuttavia le misure sono state effettuate aggiungendo, alle due antenne già presenti per la trasmissione e la ricezione del segnale, un'altra antenna in rice-

zione, in asse con l'altra preposta a questo scopo, circa 70 cm sotto di essa. Ciò consente, durante la scansione, di ottenere contemporaneamente una seconda misura della riflessione del segnale, che percorre un tratto leggermente diverso e, per questo, dà luogo ad una differenza di fase del segnale ben visibile nel confronto tra queste due immagini "master". Si sfrutta, cioè, la "baseline spaziale" e non, come nel caso precedentemente illustrato, la "baseline temporale". Si ottiene così una sorta di immagine tridimensionale, che, opportunamente elaborata, può dare le informazioni volumetriche cercate. Un esempio di queste immagini è mostrato nella Figura 9.

Durante la stagione invernale, le misure effettuate dal Radar LISA hanno suscitato l'interesse del gruppo di ricerche del Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali dell'Università di Torino coordinato dal Prof. Ermanno Zanini, operante con il Laboratorio Neve e Suoli Alpini (LNSA) presso l'Osservatorio Meteorologico del Col d'Olen, localizzato in prossimità del Passo dei Salati. È bastato un breve colloquio tra i ricercatori dell'LNSA ed il personale del CCR per capire che vi erano evidenti possibilità di collaborazione tra le parti: da un lato il CCR necessita di competenze specifiche in ambito nivologico e, per poter calibrare al meglio la strumentazione ed interpretare correttamente i dati del Radar, di misure indipendenti effettuate possibilmente nell'area coperta dal Radar stesso; dall'altra parte i ricercatori dell'Università di Torino hanno intravisto nell'utilizzo del Radar un possibile completamento delle proprie misurazioni. Ad esempio, l'individuazione delle zone valanghive tramite il Radar fornisce dati preziosi

per la verifica dei risultati della procedura automatica GIS per la definizione delle potenziali aree di distacco valanghe, applicata in passato al territorio del Vallone dell'Olen (Freppaz et al., 2003). Durante la stagione invernale 2006-2007, si è sviluppato un buon coordinamento tra il CCR, la Monterosa 2000 ed il LNSA, che si sono tenuti sempre in stretto contatto per un continuo aggiornamento sull'evoluzione delle condizioni nivometeorologiche dell'area di studio. Quando il Radar evidenziava dei cambiamenti nella superficie del manto, il CCR avvisava tempestivamente il personale del LNSA e della Monterosa 2000, che usciva in campo per raccogliere informazioni relative agli eventi verificatisi.

Un sopralluogo tipico a seguito di una segnalazione del Radar consisteva in:

1. recupero delle immagini del Radar e della webcam e localizzazione grossolana degli eventi sulla carta topografica;
2. verifica delle condizioni nivometeorologiche per l'esecuzione del rilievo in sicurezza;
3. rilievo fotografico;
4. rilievo GPS;
5. compilazione del Modello7 AINEVA;
6. analisi stratigrafica del manto nevoso.

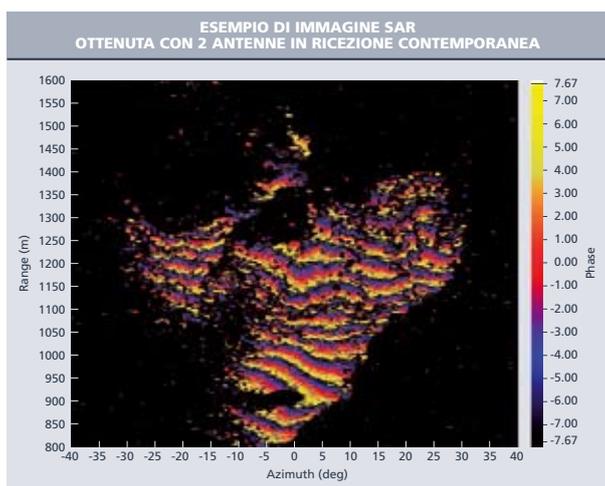
Lo scopo dei sopralluoghi è stato, appunto, confermare il verificarsi dell'evento e localizzarlo correttamente sulla carta topografica, in modo da confrontarne l'estensione con quella rilevata dal Radar.

Le valanghe di maggiori dimensioni verificatisi durante la stagione 2006-2007 sono state quelle del mese di Marzo.

Nel caso della valanga staccatisi dal pendio a fianco del canale Giachetti (Figura 10) si è rilevata un'altezza al distacco regolare

Fig. 9

Fig. 10 - outline su foto 9 Marzo 2007.



di circa 80 cm. L'esecuzione dell'analisi stratigrafica (Figura 11) ha individuato il distacco del lastrone di neve fresca (densità media di 150 kg/m³) su uno strato di brina di superficie sepolta, formatasi al di sopra di uno strato molto più duro e denso (350 kg/m³) nel corso delle notti fredde e umide che hanno preceduto la nevicata del 7 Marzo 2007. Il rilievo GPS (Figura 12) ha portato alla localizzazione della zona di scorrimento e di accumulo della valanga sulla carta topografica e tale estensione è stata confrontata con quella data dalle immagini Radar, rilevando un buon accordo.

Si è notato come, a volte, il Radar identificasse come "valanghe" anche piccoli scaricamenti di neve a debole coesione, ritenuti non rilevanti ai fini della sicurezza della pista da sci. Ciò è legato al fatto che lo strumento è stato impostato per la identificazione delle valanghe di tutte le dimensioni, senza effettuare una precisa misurazione volumetrica, che richiederebbe una differente impostazione dei parametri.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

L'utilizzo del Radar come supporto alla gestione del rischio valanghivo nel Vallone dell'Olen nel Comprensorio MonterosaSki è stato testato nella stagione invernale 2006-2007, rivelando grandi potenzialità nella identificazione di fenomeni valanghivi. La potenzialità dello strumento risiede nel fatto che può operare 24 ore al giorno e in ogni condizione di tempo, con una precisione molto elevata. Nel caso di intense nevicata e di valanghe che si verificano nel corso della precipitazione stessa, lo strumento riesce ad identificarle, consentendo agli addetti alla sicurezza piste una ottimizzazio-

ne delle operazioni di messa in sicurezza delle piste.

Fino ad ora sono state acquisite più di 50000 immagini SAR, che hanno consentito di identificare la quasi totalità degli eventi valanghivi occorsi, ma studi più approfonditi devono essere condotti per la quantificazione dei volumi delle nevicata e della massa di neve in movimento; bisognerà, cioè, tarare lo strumento con ulteriori misure in campo per poter definire la dimensione delle valanghe, intesa come estensione spaziale per lo spessore di neve coinvolto nell'evento.

La possibilità di avere simultaneamente misure nivometeorologiche in campo e di migliorare l'interpretazione dei dati ottenuti, grazie alla collaborazione con gli enti preposti a tali attività e con gli istituti che effettuano ricerche specifiche in questo campo, non potrà che favorire l'ulteriore sviluppo del sistema LISA verso il raggiungimento dell'obiettivo di poter disporre di uno strumento a tutti gli effetti operativo nella gestione della sicurezza negli ambienti montani frequentati dall'uomo.

Ringraziamenti

Tesisti e stagisti del Di.Va.P.R.A. - LNSA (Andrea Re, Alberto Trombetta, Antoine Brulport) e Paolo Piccini Ing. Claudio Francione, Dott Andrea Colla e personale della Monterosa 2000 S.p.A. in servizio ad Alagna Valsesia Michele Cucchi e Nicola Viotti - Guide Alpine di Alagna Valsesia e addetti alla sicurezza piste Marco Basso, Dario Tarchi, Gianluigi Ruzzante, Jorge Figueiredo Morgado - CCR Ispra

Bibliografia

Freppaz M., Stanchi S., Maggioni M., Cucchi M., Welf A., Fournier F. e Zanini E. (2003). Sistemi informativi geografici per la gestione del rischio valanghivo in aree freeride segnalate (Monte Rosa). Atti 7a Conferenza Nazionale ASITA, Verona, 28-31 Ottobre 2003, pp. 1111-1115.

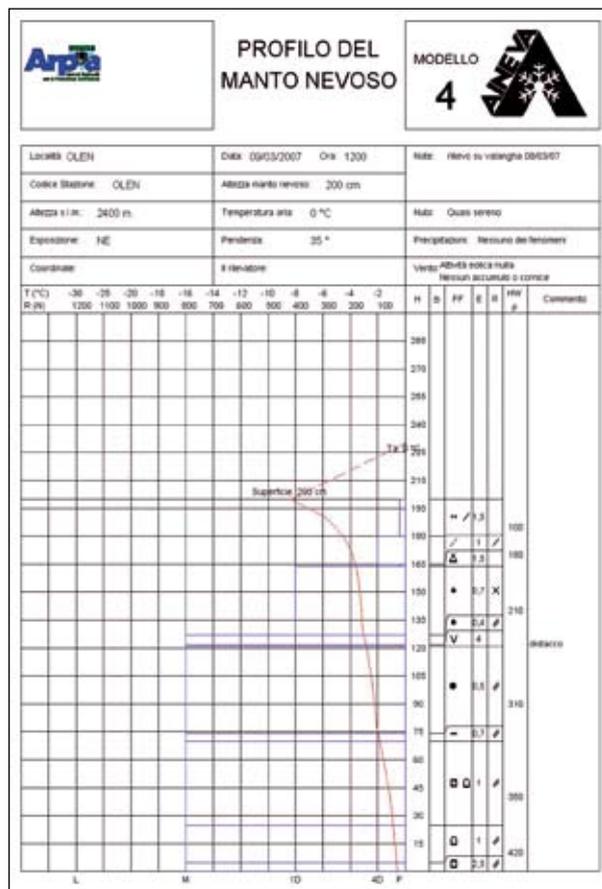


Fig. 11

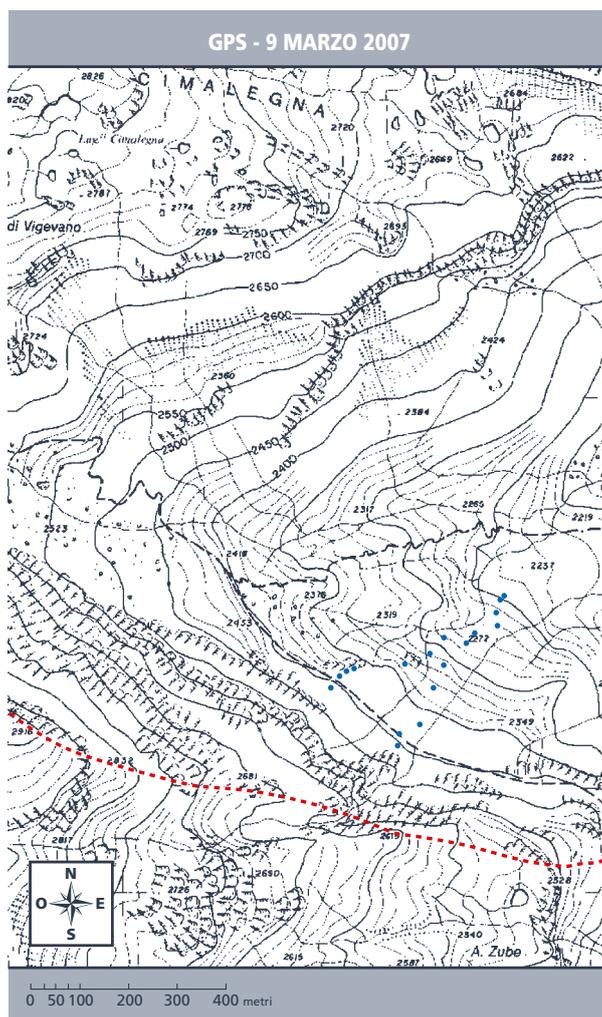


Fig. 12

LA GESTIONE INVERNALE

della **VIABILITA'** **IN AMBIENTE** **ALPINO**

L'esperienza della Provincia Autonoma di Trento

Ing. Filiberto Bolego
Direttore dell'Ufficio Zona Ovest
del Servizio Gestione Strade
Provincia Autonoma di Trento

In considerazione delle caratteristiche climatiche ed orografiche del territorio, dell'interesse della collettività, della presenza di numerose ed importanti stazioni turistiche di sport invernali a quote superiori ai 1.000 - 1.200 metri s.l.m., origine e destinazione di rilevanti flussi veicolari, per la Provincia Autonoma di Trento (P.A.T.) assume particolare importanza la manutenzione invernale della rete stradale di competenza. Partendo dall'analisi del comportamento chimico fisico del sale disgelante utilizzato nei trattamenti antighiaccio e sulla base dell'esperienza maturata dal Servizio Gestione Strade della P.A.T. sono descritti i criteri informativi, l'organizzazione e l'evoluzione dell'attività di manutenzione invernale delle strade: la disponibilità di previsioni meteorologiche sempre più affidabili e la progressiva diffusione di attrezzature automatizzate ed a controllo elettronico hanno consentito, a partire dagli anni '60, di ridurre in modo significativo la quantità specifica di fondenti chimici impiegati, migliorando altresì l'efficacia dei trattamenti. Infine viene presentato il "Piano di coordinamento per la gestione delle situazioni critiche della viabilità in caso di intense precipitazioni nevose", elaborato dalla P.A.T. in coerenza con i criteri informativi e le indicazioni del Sistema di Allerta Provinciale (SAP), al fine di assicurare un'efficace sinergia tra diverse Strutture della medesima Provincia Autonoma di Trento, le Forze dell'Ordine e l'Organizzazione dei Vigili del Fuoco Volontari.

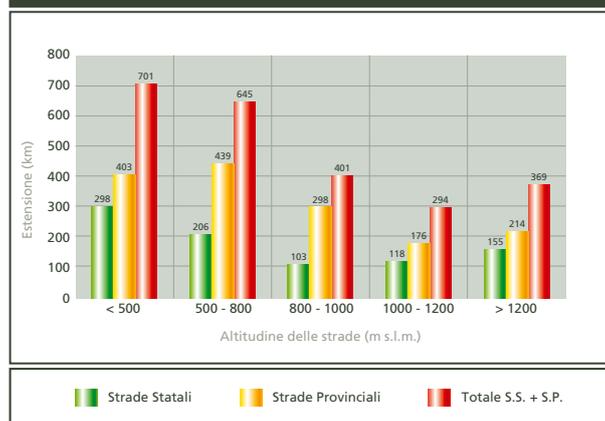


CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE PER ALTITUDINE

Classi di strade per altitudine	Strade statali		Strade provinciali		Totale S.S. + S.P.	
	km	% su tot SS	km	% su tot SP	km	% su tot SS + SP
Tratti stradali ad altitudine <= 500 m s.l.m.	298	33,86%	403	26,34%	701	29,09%
Tratti stradali ad altitudine compresa tra 500 ed 800 m s.l.m.	206	23,41%	439	28,69%	645	26,76%
Tratti stradali ad altitudine compresa tra 800 e 1.000 m s.l.m.	103	11,70%	298	19,48%	401	16,64%
Tratti stradali ad altitudine compresa tra 1.000 e 1.200 m s.l.m.	118	13,41%	176	11,50%	294	12,20%
Tratti stradali ad altitudine superiore a 1.200 m s.l.m.	155	17,61%	214	13,99%	369	15,31%
Totale	880	100%	1.530	100%	2.410	100%

Fig. 1
Fig. 2

CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE PER ALTITUDINE



IL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TRENTO: RILIEVO E CLIMA

Con i suoi 6.207 km² di superficie la provincia di Trento è tra le più estese province italiane e, ad eccezione del fondovalle della valle dell'Adige e della conca a nord del Lago di Garda, è un territorio essenzialmente montuoso, ricoperto da boschi per oltre il 49% della sua estensione superficiale.

Il rilievo del Trentino è caratterizzato dalla grande unità strutturale che prende il nome di Alpi Meridionali, in massima parte ricca di rocce sedimentarie, ma anche vulcaniche e metamorfiche.

Dal punto di vista climatico la

provincia di Trento rientra nel distretto prealpino con influenze submediterranee. L'entità delle piogge appare, in linea di massima, decrescente da sud verso nord, dai 1500 mm dei versanti meridionali aperti ai venti umidi della pianura padana, sino ai 600-800 mm delle valli a ridosso del confine con l'Alto Adige (Val di Non, Rabbi e Fiemme).

Per quanto riguarda le precipitazioni nevose, l'altezza e la durata al suolo della neve aumentano con l'altitudine: nelle zone montuose a quota di 1.300 metri s.l.m. cadono in media dai 100 ai 180 cm di neve all'anno; spessori cumulati nell'ordine di 200 cm si registrano mediamente intorno ai 1.500 metri, mentre a quote superiori ai 2.000 metri si rilevano spessori cumulati fino ad oltre 4 metri, (cfr. in particolare zona nell'intorno di Passo Tonale). Così la durata al suolo della neve sale da circa 120 giorni intorno ai 1.300 metri di altitudine ai 150-170 giorni per le zone a quote più elevate (superiori ai 1.800 metri).

Nelle valli e sui rilievi della parte settentrionale del territorio provinciale, dove alle influenze submediterranee si contrappongono quelle continentali centro-

europee si rilevano mediamente temperature fino a -15, -20 °C.

In relazione alle diverse zone geografiche e climatiche che caratterizzano il territorio, risultano estremamente differenziate le esigenze di manutenzione invernale della rete stradale provinciale. Gli interventi per trattamenti antighiaccio del piano viabile e per la pulizia della carreggiata dalla neve variano da circa 60 giorni, per la zona prossima al Lago di Garda, ad oltre 140 giorni in alta Val di Sole e per le strade che conducono ai passi dolomitici delle valli di Fiemme e Fassa.

LA RETE STRADALE DI COMPETENZA DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Le competenze in materia di viabilità sono tra le prime assunte dall'Amministrazione provinciale di Trento sin dalla sua istituzione ma, fino al 1998, la Provincia provvedeva alla manutenzione ed all'ammodernamento delle sole strade provinciali.

A partire dal 1° luglio 1998, nell'ambito di una più vasta operazione di trasferimento di competenze alle Regioni, lo Stato ha trasferito alla **Provincia Autonoma di Trento** (P.A.T.) anche la competenza della manutenzione delle strade statali, precedentemente affidata all'ANAS.

Attualmente (dicembre 2006) la rete stradale di competenza provinciale si estende per complessivi **2.410 km** circa ed è costituita da circa **880 km di strade statali** e da circa **1.530 km di strade provinciali**.

Alla gestione ed alla manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intera rete stradale di competenza l'Amministrazione provinciale provvede attraverso una propria struttura dedicata: il

Servizio Gestione Strade.

Sulla base dei flussi di traffico registrati in circa 100 stazioni di rilevamento con il censimento della circolazione eseguito nel corso degli anni 2000 e 2001 si possono distinguere:

- **230 km**, corrispondenti al **9,5%** dell'intera rete stradale di competenza della P.A.T. per i quali è stato rilevato un Traffico Giornaliero Medio (TGM), elaborato con la "Formula di Ginevra", superiore a 10.000 veicoli corrispondenti alle seguenti tratte:

- S.S. n. 12 dell'Abetone e del Brennero tra Ala e S. Michele all'Adige,

- S.S. n. 43 della Val di Non tra l'abitato di Cles e l'innesto con la S.S. n. 12 a S. Michele all'Adige,
- S.S. n. 45 bis della Gardesana Occidentale tra Riva del Garda e Trento,
- S.S. n. 47 della Valsugana tra il confine con la provincia di Vicenza e Trento,

- S.S. n. 240 di Loppio e Val di Ledro tra Rovereto e Riva del Garda,

- S.S. n. 240 dir da Nago ad Arco,

- S.S. n. 48 delle Dolomiti da Predazzo a Vigo di Fassa

- S.P. n. 235 dell'Interporto da Trento alla stazione autostradale di Trento Nord;

- **375 km**, corrispondenti al **15,6%** della rete stradale per i quali si è registrato un TGM compreso tra 4.000 e 10.000 veicoli.

In rapporto all'orografia del territorio e con riferimento in particolare all'altitudine delle aree attraversate, la rete stradale della Provincia Autonoma di Trento risulta articolata secondo le classi presentate nelle Fig. 1 e 2.

Ancora, significativo è il numero di passi o valichi che caratterizzano la rete stradale di competenza della P.A.T.: ben **29** superano la quota di **1.000** metri s.l.m.

Più in dettaglio, classificati per altitudine, i passi a quota superiore ai 1.000 metri s.l.m. presentano la distribuzione presentata nel grafico di Fig. 3.

In particolare, tra i passi che superano i 1.500 metri s.l.m. si segnalano per l'importanza del collegamento stradale servito, quelli presentati nella tabella di Fig. 4.

LA MANUTENZIONE INVERNALE DELLE STRADE

Premesse

Influenza della manutenzione invernale nei livelli di servizio della rete stradale

Le condizioni climatiche e/o atmosferiche possono disturbare anche in modo rilevante l'andamento della circolazione.

Nel diagramma di Fig. 5 è riconoscibile il condizionamento determinato dal fondo stradale ghiacciato sulla velocità di marcia dei veicoli.

La marcata riduzione delle velocità medie e quindi della capacità di deflusso delle strade con il conseguente aumento dei tempi di percorrenza, quando il piano viabile è ghiacciato, evidenzia la necessità di intervenire prontamente affinché anche in inverno sia garantita una viabilità

efficiente, con un adeguato livello di servizio.

Il sistema produttivo, ad alta specializzazione, richiede di essere alimentato "just in time" con beni e servizi; con riferimento all'economia del Trentino va inoltre tenuto presente che analoghe esigenze di qualità e tempestività nella manutenzione delle strade si impongono per la presenza e la vivacità di numerose ed importanti stazioni turistiche di sport invernali, poste per lo più a quote superiori ai 1.000 - 1.200 metri s.l.m., per le quali la stagione fredda rappresenta uno dei periodi a più intensa attività.

Al principale obiettivo del servizio invernale, quello di contenere il più possibile la limitazione della mobilità stradale, va pertanto assegnata, sotto l'aspetto

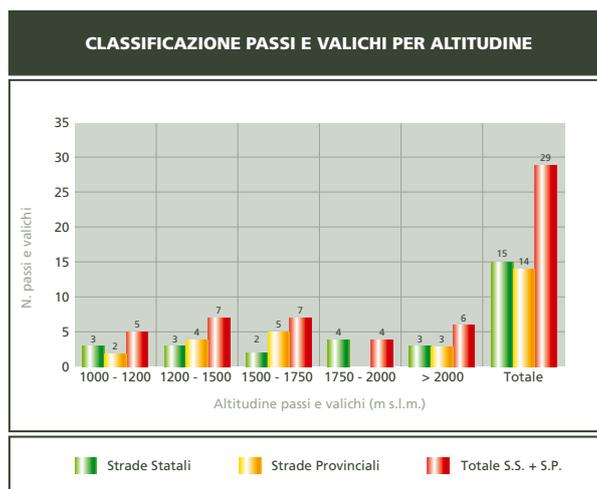


Fig. 3

Fig. 4

Strada	Passo	Altitudine s.l.m.
S.S. n. 242 del Passo Sella	Passo Sella	2.245
S.S. n. 48 delle Dolomiti	Passo Pordoi	2.235
S.S. n. 641 del Passo Fedaia	Passo Fedaia	2.050
S.P. n. 81 del Passo Valles	Passo Valles	2.030
S.S. n. 50 del Grappa e Passo Rolle	Passo Rolle	1.979
S.S. n. 346 del Passo S. Pellegrino	Passo S. Pellegrino	1.920
S.S. n. 42 del Tonale e della Mendola	Passo Tonale	1.883
S.S. n. 620 del Passo di Lavazè	Passo di Lavazè	1.810
S.S. n. 241 della Val d'Ega e Passo di Costalunga	Passo di Costalunga	1.750
S.S. n. 239 di Campiglio	Passo Campo Carlo Magno	1.682

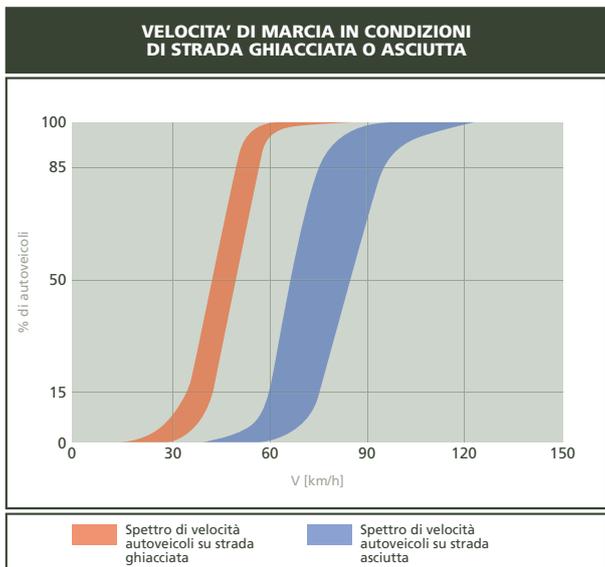
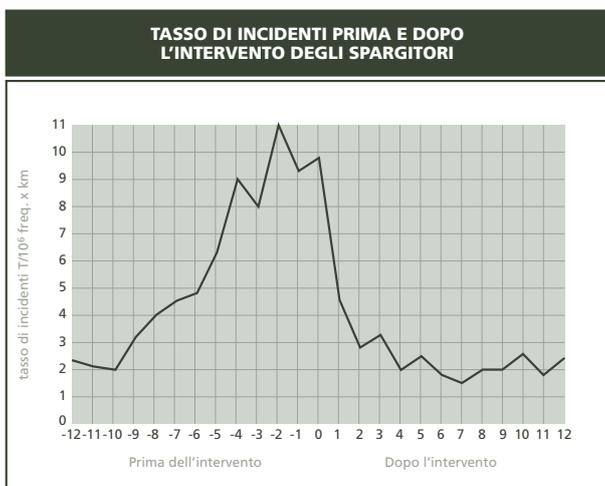


Fig. 5
Fig. 6



Condizione del piano viabile	Coefficiente d'attrito
Strada asciutta, manto stradale ruvido	0,45 - 0,60
Strada bagnata, anche se con sale	0,35 - 0,50
Strada innevata, ruvida, trattata con graniglia	0,25 - 0,40
Strada innevata, gelata, non trattata	< 0,15
Ghiaccio, neve su ghiaccio	< 0,10

Fig. 7 dell'interesse della collettività, un'elevata priorità e, per altro verso, il livello di servizio nella manutenzione invernale delle strade atteso dalla collettività risulta particolarmente impegnativo.

Requisiti della sicurezza del traffico

Le disposizioni del codice della strada impongono all'utente di adeguare il proprio comportamento di guida alle specifiche condizioni della strada. Tuttavia il gestore della rete viaria è tenuto a mettere in atto con tem-

pestività tutti gli accorgimenti offerti dalle moderne tecniche di servizio invernale per le strade, anche se deve essere accettata la permanenza di un rischio potenziale residuale, che l'utente della strada può controllare adeguando la propria condotta di guida.

L'influenza, ad esempio, degli interventi degli spargitori di sale sulla sicurezza del traffico può essere valutata con l'aiuto di strumenti statistici, che evidenziano come il tasso di incidenti in presenza di ghiaccio prima dell'intervento degli spargitori risulti 4-5 volte superiore a quello rilevabile dopo il loro passaggio (Fig. 6).

Il coefficiente d'attrito tra pneumatici dei veicoli e superficie stradale

Lo scopo essenziale degli interventi del servizio invernale consiste nel mantenere il coefficiente d'attrito tra pneumatici dei veicoli ed il fondo stradale sufficientemente elevato da permettere il trasferimento delle forze orizzontali.

Come si riconosce dalla tabella di Fig. 7, il coefficiente d'attrito varia notevolmente in funzione delle condizioni del piano viabile.

I coefficienti d'attrito influiscono sia sulla trazione, che sulla tenuta di strada, che sugli spazi di arresto. Con l'aiuto della statistica si può osservare come gli spazi di arresto si modificano al variare delle condizioni stradali (Fig. 8). Può apparire singolare che gli spazi di arresto, costituiti dagli spazi di reazione e di frenata, risultino più contenuti nel caso di strada ripulita e trattata (caso 4) rispetto al caso di normale strada asciutta (caso 1). Ciò non dipende direttamente dal coefficiente di attrito, bensì dal fatto che i tempi di reazione sono più brevi, poiché l'utente, impegnato su una

strada ripulita e trattata, guida con maggior concentrazione che non su una strada asciutta e con buone condizioni ambientali (Fig. 8).

Il drastico decremento del tasso di incidenti dopo l'intervento degli spargitori dipende quindi anche dalla maggiore attenzione degli utenti della strada.

I trattamenti antighiaccio con l'impiego di sale: la ricerca di criteri di intervento obiettivi nel servizio invernale

Le valutazioni espresse sulla qualità della mobilità e sulla sicurezza stradale evidenziano l'importanza dei trattamenti antighiaccio e, con riferimento in particolare alle principali arterie di scorrimento, richiedono inevitabilmente l'impiego del sale.

Trattare le strade con sale significa, come verrà meglio chiarito nel seguito, intervenire prima che si formi una superficie ghiacciata o, più precisamente, prima che il ghiaccio e gli strati di neve compressi possano unirsi al manto stradale: nel linguaggio degli addetti ai lavori si parla di "trattamento preventivo".

Peraltro questo compito non può essere eseguito "just in time" in maniera economica e tecnicamente appropriata su tutte le strade, per cui bisogna mettere in conto la formazione duratura di ghiaccio e lastre di neve compressa e ripristinare l'opportuno coefficiente d'attrito spargendo ghiaino.

Le proprietà chimico fisiche del sale

Il sale di gran lunga più utilizzato per i trattamenti antighiaccio delle strade è il cloruro di sodio (NaCl).

Il cloruro di sodio si presenta con una forma cristallina di tipo cubico; esso è disponibile per l'impiego nel servizio invernale in diverse granulometrie o linee granulometriche.

I sali minerali presentano cristalli con dimensioni di 0,2 – 5 mm. I sali di salina presentano cristalli con dimensioni di 0,2 – 1 mm. Per i sali destinati allo spargimento nel servizio invernale è richiesta una parte polverosa inferiore al 5 – 10%. Questi sali presentano all'atto della fornitura un contenuto di umidità massimo dello 0,5 – 1% e sono mescolati con sostanze non impaccanti, al fine di mantenere le caratteristiche di scorrevolezza. Il peso specifico dipende dalla linea granulometrica e dal contenuto di umidità e varia tra circa 1,12 e 1,18 t/mc. Per gli impianti di stoccaggio che prevedano un'estrazione per gravità e per il regolare funzionamento delle macchine spargitrici, il requisito della scorrevolezza del sale è vincolante. Se è previsto lo stoccaggio del sale in sili, la fornitura avviene a mezzo di autocisterne munite di proprio apparato di svuotamento pneumatico. Il cloruro di sodio è igroscopico e reagisce con l'umidità contenuta nell'atmosfera, anche in dipendenza della temperatura, a partire da umidità relative di 82 – 85%. Su questa proprietà si fonda la capacità di scongelamento del sale. Altri tipi di sale utilizzati per i trattamenti antighiaccio delle strade sono il cloruro di calcio ed il cloruro di magnesio. Il cloruro di calcio reagisce con umidità relative del 45 – 50%. Il cloruro di magnesio reagisce con umidità relative del 35 – 40% e richiede pertanto una conservazione ermetica. Inoltre è da segnalare che il cloruro di magnesio, a differenza degli altri cloruri sopra citati determina la lenta, ma progressiva disintegrazione del conglomerato cementizio dei manufatti stradali.

Il comportamento chimico fisico dopo lo spargimento sulla strada

La curva di soluzione (Fig. 9) fornisce il punto di congelamento di una soluzione acquosa di cloruro in dipendenza della sua concentrazione. La concentrazione può essere determinata misurando il peso specifico della soluzione (Fig. 10).

L'igroscopicità del cloruro di sodio, ovvero la reazione del cristallo di sale con il contenuto d'acqua presente in atmosfera, comporta che la superficie del cristallo passa in soluzione.

Tale fenomeno si nota facilmente, poiché il sale, in atmosfera umida, diviene appiccicoso.

Il vapore acqueo condensa sulla superficie del cristallo ed il calore latente di evaporazione viene restituito all'ambiente circostante.

La cessione di calore all'ambiente determina un raffreddamento dei cristalli di sale, o meglio, della soluzione acquosa che si va formando sulla loro superficie, teoricamente finché la temperatura di questa soluzione non raggiunge il valore corrispondente alla soluzione satura, cioè -21,2 °C.

A questa bassa temperatura ci troviamo ben al di sotto del punto di rugiada dell'atmosfera, per cui si verifica un'ulteriore condensazione di vapore acqueo sul cristallo, quindi una nuova cessione di calore con riduzione di temperatura della soluzione, finché tutto il cristallo si è sciolto in una soluzione satura.

La cessione del calore all'ambiente, corrispondente al calore latente di condensazione liberato, genera il processo di scongelamento.

Il cristallo di sale infatti assorbe l'umidità anche dai cristalli di ghiaccio adiacenti, che semplicemente si sciolgono, prendendo

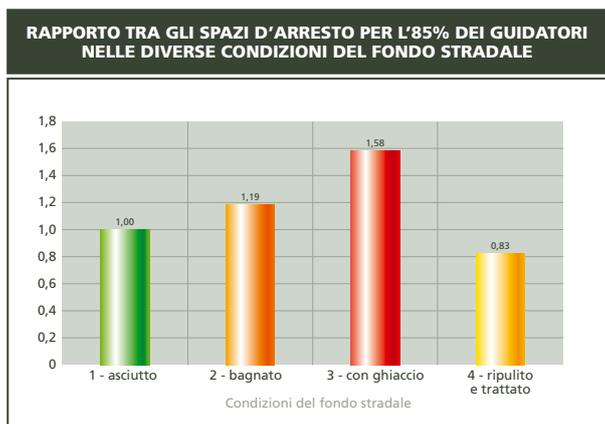
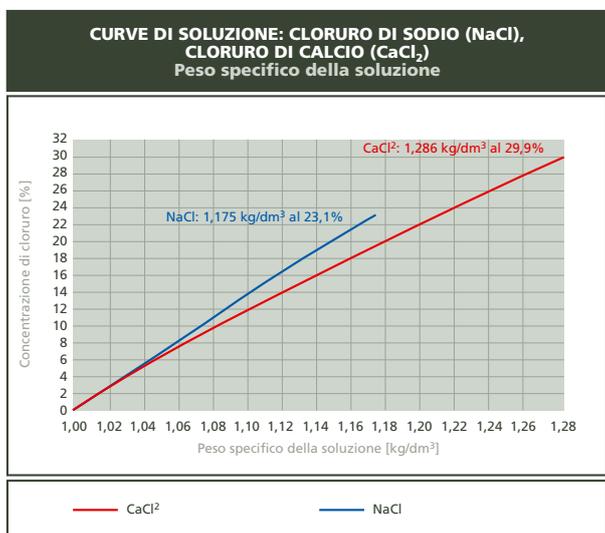
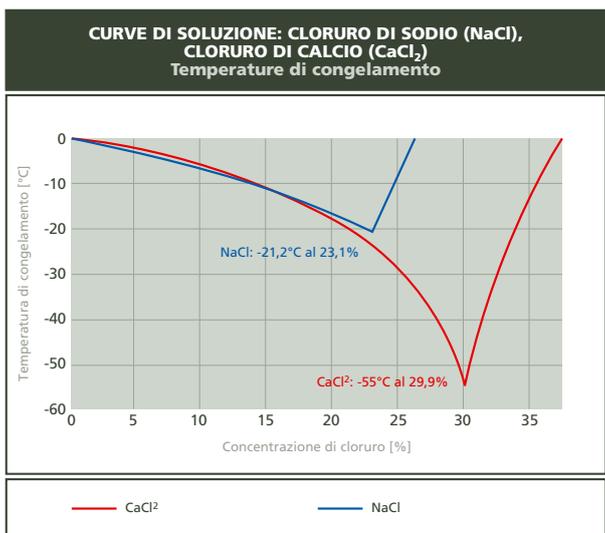


Fig. 8
Fig. 9



per il processo di fusione il calore disponibile (Fig. 11) Fig. 10

Al termine di questa reazione abbiamo una soluzione satura, con concentrazione pari al 23,1% ad una temperatura di -21,2°C. Supponiamo ora che in questa situazione teorica tutti i cristalli di sale siano andati in soluzione e che tutti i cristalli di ghiaccio si siano fusi.

Fig. 11



Se l'atmosfera in prossimità della superficie stradale è più calda della soluzione di sale, allora la soluzione, più fredda, continua a condensare umidità fino al raggiungimento della temperatura del punto di rugiada; questo processo di condensazione avviene con cessione di calore all'ambiente ed alla soluzione stessa e continua finché la concentrazione raggiunta non corrisponde al valore alla temperatura sulla curva di soluzione.

Se ora la temperatura aumenta, senza che aumenti la temperatura del punto di rugiada, se cioè l'aria diventa più secca, la concentrazione della soluzione aumenta, finché il cloruro di sodio cristallizza nuovamente e la soluzione si secca completamente.

Al contrario, se sale la temperatura del punto di rugiada, ovvero se la differenza tra la temperatura del punto di rugiada e l'effettiva temperatura diventa minore di $21,2^{\circ}\text{C}$, riparte il processo di formazione della soluzione e la strada diventa umido-salata.

Se poi la temperatura assoluta diminuisce, per una data concentrazione, al di sotto del punto di congelamento della soluzione, allora viene sottratta dell'acqua alla soluzione e trasformata in ghiaccio. In questo modo la concentrazione della restante

soluzione diviene conformemente più alta.

Queste reazioni, di segno opposto, si susseguono con continuità, in funzione delle condizioni termo-igrometriche contingenti che si verificano localmente, per tutto il tempo in cui è presente il sale sul manto stradale.

Ottimizzazione dell'intervento con il sale: quando, dove, quanto?

- Lo scioglimento di neve e ghiaccio

L'opinione molto diffusa, secondo la quale il sale sparso sulla strada serve per sciogliere il ghiaccio e gli strati di neve, non rispecchia la realtà.

Ciò è dimostrabile con un esempio, utilizzando il diagramma del cloruro in soluzione (Fig. 9): supponiamo di avere sulla superficie stradale 10 mm di ghiaccio o neve compressa, vale a dire circa 10 litri per mq, e di voler portare l'acqua congelata in soluzione, con una concentrazione di sale tale da non causare il congelamento ad una data temperatura; ebbene, anche scegliendo una temperatura di soli -3° , la soluzione dovrebbe raggiungere una concentrazione pari al 5%, richiedendo quindi per 10 litri di acqua ben 500 grammi di sale, e questo per ogni metro quadrato di manto stradale!

Un simile intervento risulterebbe

evidentemente improponibile.

- Impedire la formazione del ghiaccio

La funzione del sale nel servizio invernale consiste sostanzialmente nel prevenire la formazione di lastre di ghiaccio in presenza di acqua sulla strada, per mezzo delle proprietà chimico fisiche sopra descritte.

Il ghiaccio si forma quando la temperatura della superficie stradale risulta più bassa del punto di rugiada dell'atmosfera nelle immediate vicinanze della strada, e comunque inferiore a 0°C .

Il sale distribuito sulla strada anticipa questo fenomeno, poiché già prima del raggiungimento del punto di rugiada, forma una soluzione che presenta un punto di congelamento più basso.

La strada diviene così umido-salata e non riesce a gelare.

Questo fenomeno, di principio, non può essere considerato un processo di scioglimento del ghiaccio.

- Impedire il consolidamento di neve e ghiaccio durante una precipitazione

L'esempio numerico riportato in precedenza è utile anche alla comprensione della funzione del sale nel caso di precipitazioni nevose.

Poiché evidentemente non possiamo sciogliere la precipitazione con il sale, siamo costretti a rimuovere dalla strada ghiaccio e neve meccanicamente con le lame.

Le operazioni di rimozione della neve possono conseguire il pieno successo se utilizziamo il sale in modo da impedire che i depositi di neve possano aggrapparsi alla superficie stradale.

Per ottenere questo risultato è sufficiente che tra la superficie stradale e gli strati di ghiaccio o neve ci sia un sottile strato di separazione, costituito da soluzione

salina, dello spessore di alcuni centesimi di millimetro! Questo strato di separazione contiene qualche decimo di litro d'acqua per mq. Seguendo il diagramma di soluzione possiamo allora concludere che 5 – 10 g/mq di sale distribuiti opportunamente, anche durante la precipitazione, sono sufficienti ad impedire il congelamento della neve su strada, fintanto che questa non sia stata rimossa.

Rimangono naturalmente aperti alcuni quesiti:

- quanto del sale distribuito al momento opportuno rimane ancora a disposizione sulla strada,

- come si distribuisce il sale sulla superficie stradale dopo lo spargimento,

- quanto sale viene rimosso dopo l'intervento dello spazzaneve.

Per tale motivo è opportuno che, dopo un'operazione di rimozione meccanica della neve, il sale venga sparso nuovamente.

L'operatore invernale esperto sa comunque che distribuzioni eccessive di sale a copertura della strada non comportano maggiori vantaggi, ma creano solo poltiglia nevosa.

• Il congelamento dell'acqua piovana

A causa di repentini cambiamenti atmosferici può accadere che ad un periodo particolarmente freddo, durante il quale il corpo stradale si è fortemente raffreddato, faccia seguito una pioggia lenta oppure un aumento sensibile dell'umidità relativa nell'atmosfera, ad esempio nel caso di formazione di nebbia.

Questa situazione, in linea di principio prevedibile dai meteorologi, è sicuramente la più pericolosa in assoluto.

Da un lato la pioggia insistente riesce a lavare via il sale preventivamente sparso sulla superficie stradale, dall'altro la cessione di

calore da parte della pioggia o dell'aumentata umidità atmosferica in fase di condensazione non è sufficiente a scaldare il corpo stradale così da impedire il congelamento della precipitazione.

In questa situazione è necessario salare più volte, finché le condizioni ambientali non si sono stabilizzate.

Quando al mattino si fa più chiaro e più caldo, si può anche osservare come sulla strada si formi del ghiaccio che però non riesce ad aderire alla superficie stradale, perché c'è ancora sale in sufficiente quantità.

Il processo fisico all'origine di tale fenomeno è presto spiegato: il punto di congelamento della soluzione sulla strada è più alto della temperatura dominante; in tal modo una parte dell'acqua della soluzione sulla superficie diventa ghiaccio ed il relativo sale precipitato va ad innalzare la concentrazione della soluzione rimanente, il cui punto di congelamento viene così nuovamente abbassato.

In linea generale una tale situazione non è quindi pericolosa, poiché gli pneumatici degli autoveicoli premono direttamente sulla superficie stradale, che garantisce un sufficiente coefficiente d'attrito.

Chi può però sapere se lungo il tratto stradale in questione, a livello locale, le condizioni non si modificano radicalmente? Ciò deve essere verificato.

• Ghiaccio e neve compattati dal traffico

Quando si formano lastre di ghiaccio o neve congelata sulla strada e questa non risulta più percorribile in sicurezza dal traffico si rende immediatamente necessario l'impiego delle catene da neve e/o lo spargimento di ghiaino.

L'impiego del sale non comporta nel breve periodo alcun miglio-

ramento delle condizioni stradali. Ciò nonostante deve essere comunque sparso sale con un dosaggio di 30 – 40 g/mq.

Questo sale deve essere di grana grossa e possibilmente inumidito, per aumentarne la reattività a bassa temperatura.

Il sale nel corso di varie ore potrà perforare la lastra di ghiaccio e penetrare al di sotto, in modo da creare sulla superficie stradale il già citato strato di separazione, così da rendere possibile una successiva pulizia meccanica con l'impiego di lame, frese e spazzaneve.

L'esame critico della situazione, quesiti organizzativi

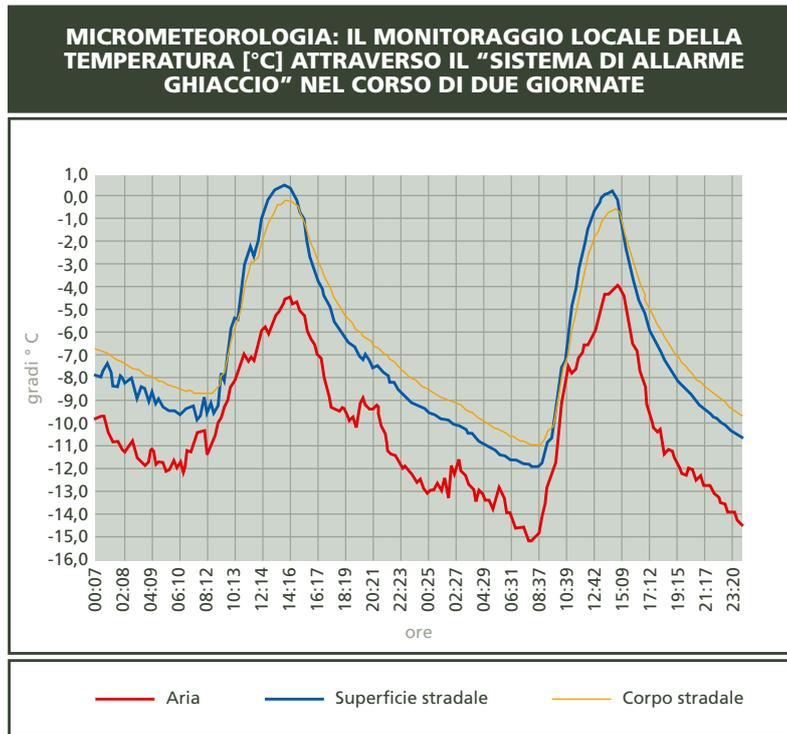
La decisione che in inverno un Centro operativo del servizio stradale quotidianamente affronta, circa gli interventi da eseguire o non eseguire, vengono sempre prese in condizioni di notevole incertezza e con il rischio di incorrere in errore.

Se viene sparso più sale di quanto necessario a posteriori si verifica essere sufficiente, bisogna rispondere dei considerevoli maggiori costi per materiali, carburanti, ore straordinarie ed altro, inclusi gli improvvisati esperti.

Se invece si verifica uno dei fenomeni descritti in precedenza, con la necessità di intervenire subito, insorgono maggiori danni, questa volta anche per la popolazione o l'economia con buona pace dei soliti esperti.

Si tratta così di limitare l'incertezza sulle operazioni da condurre giornalmente, attraverso regole operative pianificate e sostenute da una struttura organizzativa, regole chiaramente eseguibili ed operazioni documentabili; l'obiettivo consiste nel supportare con maggiore efficacia la capacità di valutazione del Responsabile del servizio e/o dei suoi collaboratori, comunque

Fig. 12



insostituibile perché basata sull'esperienza pratica.

- **Macrometeorologia**

I servizi meteorologici sono ormai in grado di fornire previsioni in genere di buona affidabilità.

Le previsioni a breve e medio periodo divengono sempre più attendibili e costituiscono per il Responsabile del servizio stradale invernale un supporto decisionale molto importante.

La macrometeorologia si occupa peraltro di aree geografiche estese e pertanto sta all'esperienza ed all'abilità del Gestore del servizio di manutenzione, attraverso la conoscenza in dettaglio delle particolari caratteristiche della zona di propria competenza, se, quando e dove far eseguire interventi preventivi.

- **Micrometeorologia**

La micrometeorologia, detta anche "sistema di allarme ghiaccio", supporta le conoscenze stradali specifiche del Responsabile del servizio ed ha il compito di riconoscere, informare e documentare circa la necessità di un intervento degli spargitori, sulla scorta dei dati rilevati localmente in tempo reale.

Il mercato offre vari sistemi e metodi, che nelle diverse situazioni presentano diversi vantaggi e svantaggi:

a) Sistemi per il riconoscimento del punto di congelamento della soluzione presente sulla superficie stradale.

Questi sistemi presuppongono che una strada in inverno debba essere mantenuta di regola umido-salata, accertano il contenuto di sale o la quantità di sale residuo e richiedono, se necessario, ulteriori interventi di salatura.

Il nucleo di questi sistemi è un elemento Peltier, che raffredda un sensore ad una temperatura di un paio di gradi inferiore a quella circostante, cosicché si produce la condensazione di acqua nell'intorno del punto di rugiada. Risulta quindi possibile valutare il punto di congelamento della soluzione presente o già preparata.

Un sottogruppo di questi sistemi tenta di determinare la quantità residua di sale, in modo da definire poi, sulla base di questo dato, la quantità di sale da distribuire sulla strada.

Non si può tuttavia escludere

che durante il giorno la strada divenga completamente asciutta, condizione questa che mette in crisi questi sistemi, che tendono così a fornire indicazioni tardive sullo spargimento di sale da effettuare.

b) Sistemi per il riconoscimento delle condizioni micrometeorologiche sulla superficie stradale che portano alla condensazione od alla possibile formazione di ghiaccio.

Questi sistemi si basano sulla proiezione statistica delle curve temporali di diversi parametri, raccolti attraverso una rete di sensori locali. Essi mettono in relazione la situazione della superficie stradale con la probabile evoluzione delle condizioni ambientali ed avvertono l'utente, con preavviso di alcune ore, della possibile formazione di ghiaccio.

Come parametri rilevanti ai fini della previsione vengono considerati:

- la temperatura dell'aria a circa 2 m di altezza sulla strada,
- la temperatura della superficie stradale,
- la temperatura al di sotto della superficie stradale,
- l'umidità relativa, per la determinazione del punto di rugiada,
- la conducibilità elettrica della superficie stradale.

Questi sistemi di previsione risultano particolarmente indicati in presenza di rapide mutazioni delle condizioni atmosferiche, in particolar modo per le strade che in inverno non vengono tenute costantemente umido-salate.

Essi consentono inoltre di valutare i margini di sicurezza verso la formazione potenziale di ghiaccio, poiché includono nel loro controllo l'igroscopicità del sale eventualmente rimasto ed anche l'andamento della temperatura nel corpo stradale (Fig. 12).

c) Sistemi di banche dati con

informazioni esatte rilevate sul comportamento dell'intera rete stradale in determinate condizioni meteorologiche.

Questo sistema, detto anche "thermal mapping" poiché rappresenta la situazione meteo principale e valori misurati in tempo reale di un numero relativamente piccolo di punti prescelti, corrisponde alla riproduzione matematica delle esperienze e delle conoscenze dettagliate dei tratti stradali del Gestore del servizio neve.

Si assume innanzi tutto che in certi punti si ripetano determinate condizioni stradali. Se ora le rilevazioni vengono raccolte in scala statisticamente rappresentativa e sono in grado di riprodurre il reale andamento nelle diverse condizioni micro e macro-meteorologiche, allora il procedimento predittivo può essere considerato, secondo le leggi della statistica, come sufficientemente affidabile.

I sensori posizionati localmente forniscono i dati di partenza, mentre la proiezione avviene da questi considerando l'esperienza dei trend storici.

In linea di principio questo è anche il metodo della macro-meteorologia, che oggi è già in grado di fornire una previsione affidabile su 24 ore, per le temperature ed altri parametri significativi.

Quesiti pratici per i Posti neve

Quando il Responsabile del servizio neve viene messo nella condizione di completare la propria esperienza con alcuni dati obiettivi rilevati e di comprendere a fondo i fenomeni fisici, chimici e micrometeorologici, allora gli interventi avvengono sempre meno secondo il motto "nel dubbio più spesso ..." e sempre più in maniera controllata ed efficiente.

Anche un normale igrometro ed

un termometro, collocati fuori dalla porta di casa, permettono del resto di decidere con maggior sicurezza, dopo il bollettino meteo serale, se la strada debba essere nuovamente salata. Con questi semplici strumenti infatti, in condizioni ad esempio di umidità relativa del 90 - 95% e di temperatura in diminuzione, se si constata che la strada si inumidisce si può già concludere che il sale è presente in quantità sufficiente.

Quando poi si valuta che è opportuno provvedere allo spargimento di sale per evitare la formazione di ghiaccio, si deve affrontare la decisione della quantità da impiegare.

Si tratta di principio di una decisione difficile, poiché la quantità di acqua presente alla condensazione può essere limitata, affinché la reazione abbia effettivamente luogo.

D'altra parte spargendo esclusivamente sale asciutto c'è la tendenza a ricorrere ad elevati dosaggi, poiché una parte significativa può essere spinta dal traffico ai margini della corsia o può essere soffiato via dal vento, prima ancora che inizi a reagire sulla superficie stradale.

Con l'adozione del sale umidificato è possibile mitigare questo inconveniente: vi sono maggiori garanzie di buone condizioni del manto stradale e di una rapida ed efficace reazione del sale sulla strada.

Impiego del sale umidificato

L'impiego di sale umidificato permette di conseguire principalmente due obiettivi:

- maggiori garanzie di permanenza sulla superficie stradale, rispetto agli effetti del traffico,
- accelerazione della reazione del sale con l'umidità atmosferica.

Una maggiore efficacia sulla superficie stradale si potrebbe

ottenere anche bagnando il sale con normalissima acqua, ma questa potrebbe congelare sullo spargitore. Potrebbero inoltre formarsi delle lastre di ghiaccio pericolose qualora la macchina non dovesse funzionare perfettamente.

Per tali motivi si impiegano per l'umidificazione del sale granulare soluzioni di cloruro di sodio, di cloruro di calcio o di cloruro di magnesio.

Queste soluzioni, in particolare quelle di cloruro di calcio e magnesio, sono in grado di accelerare considerevolmente il processo di scioglimento dei cristalli di sale.

- Quando il sale umido, quando il sale asciutto

Il sale asciutto viene impiegato ogniqualevolta non si rivela necessario lo spargimento di sostanze liquide, in condizioni di precipitazioni o di presenza di strati di neve e poltiglia.

L'impiego di sale asciutto risulta invece poco efficace a scopo preventivo, per contrastare lastre esistenti di ghiaccio o precipitazioni nevose con contenuto acquoso inferiore al 15% (nevicata a basse temperature), poiché in queste condizioni il processo di scioglimento dei cristalli avviene molto lentamente, oppure non avviene per nulla.

Verifica dei risultati

Il successo consiste nella tempestività e nel giusto dosaggio di spargimento dei fondenti, "non più dello stretto necessario".

Questo obiettivo non può essere conseguito con l'improvvisazione, bensì è il risultato di stagioni di lavoro ed ottimizzazione degli operatori e dei decisori coinvolti

A partire dagli anni '60, grazie alla progressiva diffusione di apparecchiature di dosaggio automatizzate e, più recentemente, grazie all'introduzione ed alla

diffusione di dosatori a controllo elettronico ed all'impiego del sale umidificato si è registrata una significativa riduzione della quantità specifica di fondenti chimici impiegati come si riconosce dall'istogramma di Figura 13.

LA MANUTENZIONE INVERNALE DELLE STRADE DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

I mezzi, le attrezzature e le infrastrutture impegnate

Al fine di assicurare un efficiente servizio nelle operazioni di sgombero neve e nei trattamenti antighiaccio (salatura e/o insabbiatura) per gli oltre 2.400 km di strade di competenza dell'Amministrazione provinciale è richiesta la pronta disponibilità di una rilevante flotta di mezzi

ed attrezzature con i relativi operatori.

Per questo la manutenzione delle strade nella stagione invernale rappresenta sicuramente l'attività più impegnativa sotto il profilo logistico ed organizzativo per il Servizio Gestione Strade.

Allo scopo di garantire la tempestiva mobilitazione ed attivazione delle risorse necessarie, l'intera rete stradale è suddivisa in tratte dello sviluppo di circa 8 – 15 km. Per ciascuna di esse sono individuati, già all'inizio della stagione fredda, gli automezzi, (autocarri, trattori, frese autocarrate), le attrezzature (lame per lo sgombero neve, spargitori di sale e/o sabbia, pale per il caricamento del materiale, etc.) ed i corrispondenti operatori necessari per lo svolgimento delle operazioni di sgombero neve ed i trattamenti antighiaccio

(Fig. 14).

Complessivamente è assicurata la disponibilità di:

- oltre 270 autocarri pesanti o trattori,
- circa 70 autocarri leggeri,
- circa 260 lame per lo sgombero neve,
- circa 260 spargitori di sale e/o sabbia e ghiaio,
- oltre 40 frese da neve.

Dal punto di vista esecutivo il 65–70% dell'attività di trattamento antighiaccio delle strade con sale e/o sabbia e ghiaia è svolta direttamente dagli operatori del Servizio Gestione Strade che per le attività di manutenzione e gestione della rete di competenza impegna oltre 350 operai, organizzati in circa 70 squadre distribuite su tutto il territorio del Trentino. La parte rimanente dei trattamenti antighiaccio è invece affidata a ditte private esterne all'Amministrazione provinciale, principalmente attraverso contratti di noleggio a caldo.

Per quanto riguarda invece l'attività di sgombero neve la struttura provinciale copre direttamente circa il 45–50% del servizio; anche in questo caso la parte complementare è svolta da imprese esterne all'Amministrazione con modalità di affidamento delle prestazioni analoghe a quelle previste per i trattamenti antighiaccio.

Rilevante è pure la dotazione di impianti fissi, distribuiti in modo diffuso sull'intero territorio provinciale, per il ricovero e la manutenzione dei mezzi e delle attrezzature impiegate, nonché per lo stoccaggio e la conservazione dei materiali (sale disgelante, sabbia e ghiaio per i trattamenti antighiaccio).

Allo scopo il Servizio Gestione Strade utilizza:

- 75 autorimesse per il ricovero degli automezzi e delle attrezzature di proprietà dell'Ammi-

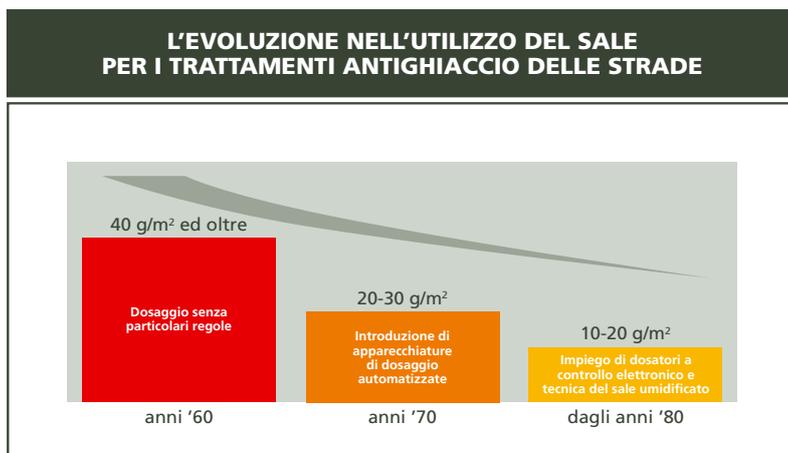


Fig. 13

Fig. 14 - Nuovi autocarri attrezzati per lo sgombero neve in attesa di essere consegnati alle squadre di manutenzione del Servizio Gestione Strade.





nistrazione provinciale utilizzate nel servizio invernale (pari a circa il 50% dell'intera flotta impegnata),

- 31 impianti silos per lo stoccaggio e la conservazione del sale disgelante (NaCl) (Fig. 15),
- 60 depositi protetti ed attrezzati per lo stoccaggio ed il confezionamento di miscele di sale (NaCl, CaCl₂) e sabbia e/o ghiaio per i trattamenti antighiaccio.

Il trattamento disgelante con l'impiego di ghiaio viene effettuato per lo più sulle strade di montagna dove si registrano in modo diffuso temperature relativamente rigide (nell'ordine di -10 °C ed inferiori), in considerazione delle caratteristiche geometriche e di tracciato della strada la velocità dei veicoli non supera i 60-70 km/h e/o i flussi di traffico sono relativamente contenuti. D'altra parte il cloruro di sodio, di gran lunga il sale più utilizzato, non è in genere efficace per temperature inferiori a -7 °C circa.

Viceversa, nelle vallate a più bassa quota, lungo le direttrici fondamentali della rete stradale provinciale, caratterizzate da velocità medie relativamente più elevate e da rilevanti flussi di traffico per i trattamenti disgelanti viene utilizzato in genere soltanto sale: l'uso di ghiaio su tali arterie può risultare pregiudizievole per la sicurezza nella marcia dei veicoli.

Il servizio di sorveglianza stradale

Al fine di assicurare tempestivamente gli interventi richiesti per il trattamento antighiaccio delle strade e/o l'avvio delle operazioni di sgombero neve, durante la stagione fredda è attivo un servizio di sorveglianza stradale che impegna, a rotazione, in turni settimanali, il personale operaio della Struttura a verificare i mutamenti delle condizioni climatico-atmosferiche (cfr. formazione di ghiaccio e/o nevicate anche locali) che possano richiedere prioritariamente l'immediato rientro in attività del medesimo sorvegliante e/o l'attivazione di altro personale operaio.

Per questo servizio che, di norma, è attivo da ottobre ad aprile, in relazione alle situazioni climatiche di ciascuna zona, operano su ogni turno settimanale circa 50 operai costantemente reperibili.

In particolare in caso di nevicate, appena ha inizio la precipitazione l'operatore in turno di sorveglianza provvede ad avvisare telefonicamente il proprio capo squadra perché si dia corso al trattamento antighiaccio preventivo e, quando lo spessore della neve raggiunge i 5 cm, entrano in azione le lame per la pulizia della carreggiata. Parallelamente il medesimo addetto alla sorveglianza stradale provvede a

scoprire ed a rendere efficace la segnaletica, definita dal Codice della Strada e dal relativo Regolamento di attuazione ed esecuzione, che prescrive l'obbligo di transito con catene o pneumatici da neve, già approntata all'inizio della stagione invernale in sezioni caratteristiche della rete stradale provinciale.

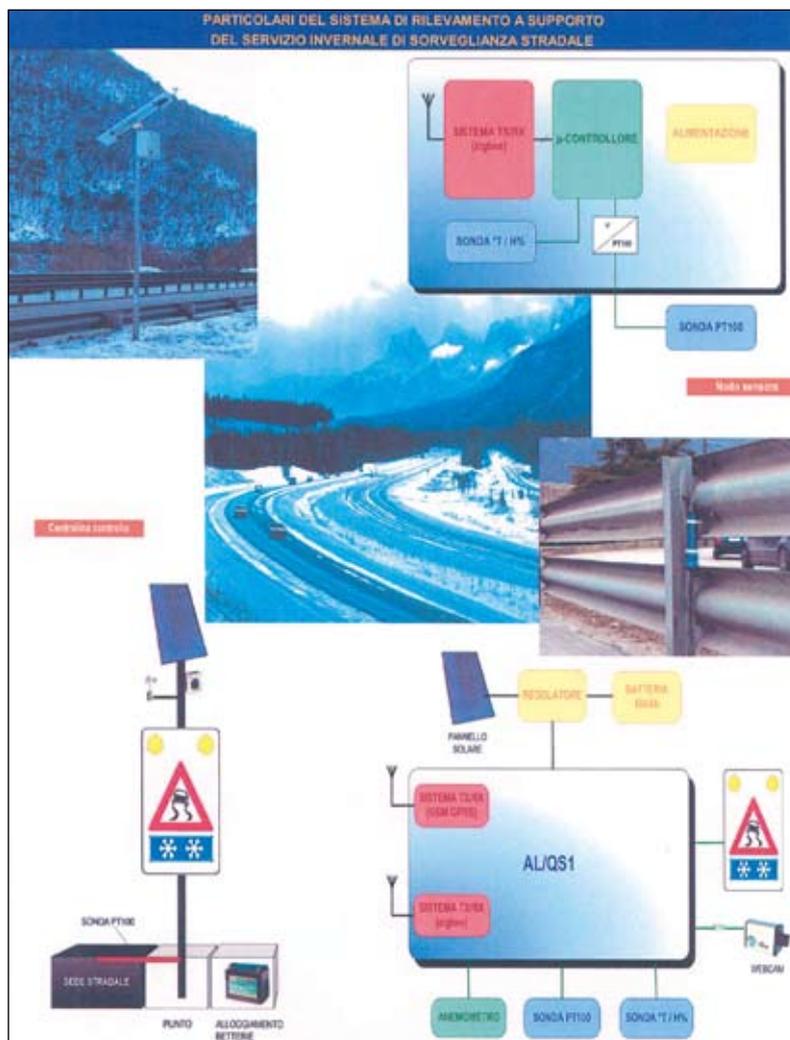
Negli ultimi anni, grazie all'affidabilità raggiunta nelle previsioni meteo a 24 ore del Servizio di Meteotrentino curato dall'Ufficio Previsioni ed Organizzazione del Dipartimento Protezione Civile e Tutela del Territorio della P.A.T., agevolmente disponibili anche per gli addetti al servizio di sorveglianza stradale dislocati sul territorio, è possibile allertare con adeguato anticipo gli automezzi delle imprese esterne all'Amministrazione provinciale affidatarie delle operazioni di pulizia delle strade, in modo che siano equipaggiati ed immediatamente pronti ad intervenire nel luogo richiesto appena ha inizio la precipitazione nevosa.

Le nuove prospettive offerte dai sistemi automatici di rilevamento delle condizioni meteo e di stato del piano viabile diffusi lungo la rete stradale

A supporto dell'attività di vigilanza svolta dal personale operaio, nel mese di marzo dello scorso anno il Servizio Gestione Strade

Fig. 15 - Un'immagine della nuova autorimessa a Passo Campo Carlo Magno, in Alta Val di Sole.

Fig. 16



ha attivato la sperimentazione di un sistema automatico di monitoraggio e rilevamento delle condizioni meteo e della superficie stradale in otto distinti tronchi della rete stradale provinciale. Ciascun tronco stradale monitorato (dell'estensione di circa 2 km) è attrezzato con:

- una stazione centrale di rilevamento,
- 20 nodi sensore collegati via radio in maniera permanente alla stazione centrale,
- un numero variabile di nodi sensore collegati alla stazione centrale sporadicamente grazie al passaggio di veicoli opportunamente attrezzati.

La stazione centrale, alimentata da un pannello solare, dispone di web-cam e misura i seguenti parametri:

- temperatura del manto bitu-

minoso, mediante una sonda annegata nello strato superficiale della pavimentazione,

- temperatura dell'aria, mediante un sonda termica posta nella centralina;
 - percentuale di umidità relativa, mediante una sonda igrometrica;
 - velocità del vento, mediante un anemometro,
- mentre i nodi sensori rilevano:
- temperatura dell'asfalto, mediante una sonda annegata nello strato superficiale della pavimentazione;
 - temperatura dell'aria, mediante un sonda termica posta nella centralina;
 - percentuale di umidità relativa, mediante una sonda igrometrica.

La stazione centrale, elaborando i dati raccolti da tutti i nodi sen-

sori collocati sui 2 km di strada, determina il superamento delle condizioni limite per la formazione di ghiaccio sulla sede stradale e provvede all'invio di un messaggio SMS di allerta e/o pericolo al n. telefonico del personale incaricato del servizio di sorveglianza stradale.

Fondamentale per il funzionamento descritto è il contributo dell'utente della strada che, dotato di opportuna strumentazione, può collaborare alla raccolta dei dati misurati e, con il suo solo passaggio, trasmettere anche a notevole distanza il segnale raccolto da un nodo sensore.

Questo tipo di collaborazione porta ad estendere il tratto di strada soggetto a rilevamento con la posa in opera di nodi sensori a basso costo e a contenere di conseguenza i costi di installazione globali.

Nell'attuale fase, sperimentale, il sistema costituisce un supporto integrativo per il personale addetto alla sorveglianza stradale, che in ogni caso si avvale anche di altri rilievi ed informazioni per riconoscere quando è necessario dare corso ai trattamenti antighiaccio (cfr. bollettini e previsioni meteo, valori della temperatura e/o dell'umidità relativa dell'aria rilevati direttamente in punti singolari e/o caratteristici, etc.).

Attualmente sono installate complessivamente 8 postazioni sulle seguenti tratte stradali:

- SS 47 della Valsugana (n. 4 postazioni)
- SS 237 del Caffaro (n. 2 postazioni)
- SS 43 della Val di Non (n. 1 postazione)
- SS 421 dei Laghi di Molveno e Tenno (n. 1 postazione)

Caratteristiche peculiari del sistema sono:

- l'utilizzo di sensori semplici a basso costo, che rilevano tem-

peratura dell'asfalto e dell'aria e umidità relativa dell'aria,

- la raccolta delle informazioni dai sensori tramite gli automezzi degli utenti della strada,
- la condivisione delle informazioni con gli utenti della strada,
- l'affidabilità del servizio è garantita da un cluster di sensori permanentemente connessi via radio con la centralina, in combinazione con un insieme teoricamente illimitato di sensori isolati, per ampliare la copertura geografica del sistema a piacere. In prospettiva l'obiettivo è quello di ottenere:

- il monitoraggio capillare delle condizioni del manto stradale a costi contenuti,
- un tempestivo rilevamento della formazione di ghiaccio sulle strade in ambiente montano,
- l'ottimizzazione nell'utilizzo di mezzi spalaneve e spargisale ai cui operatori potranno essere direttamente inviate le informazioni raccolte dal sistema di monitoraggio (Figg.16 e 17).

IL PIANO DI COORDINAMENTO PER LA GESTIONE DELLE SITUAZIONI CRITICHE DELLA VIABILITÀ IN CASO DI INTENSE PRECIPITAZIONI NEVOSE

Premessa

Negli ultimi anni, in più occasioni, si è riscontrato che nonostante l'impiego di numerosi mezzi addetti alla manutenzione stradale, in caso di precipitazioni nevose relativamente intense o abbondanti la circolazione è resa difficoltosa e/o ostacolata dalla presenza di veicoli sprovvisti di adeguata attrezzatura (pneumatici da neve o catene) che rimangono bloccati nei passaggi critici (salite, rampe di svincolo, etc.), con pesanti ripercussioni per il

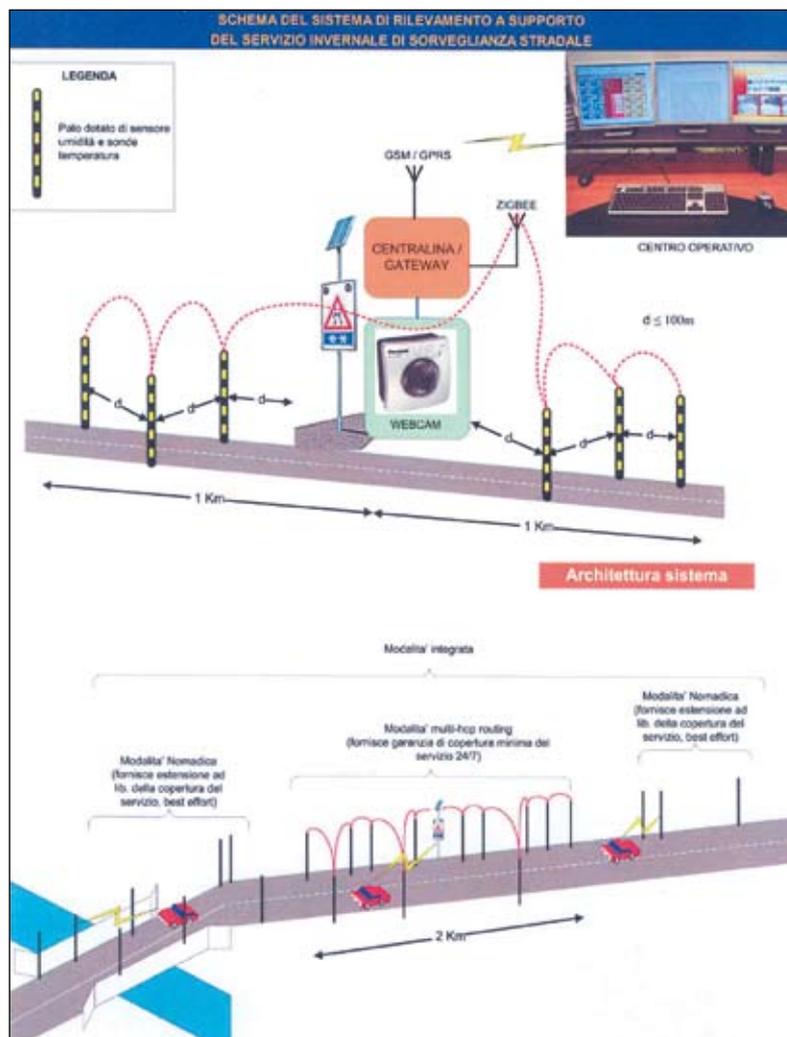


Fig. 17

traffico su tratti e snodi nevralgici della rete stradale provinciale e per l'attività degli stessi mezzi impegnati nelle operazioni di sgombero neve.

A fronte di ciò, al fine di assicurare la tempestiva attivazione e l'impiego ottimale delle diverse strutture che già in passato hanno dato prova di poter esprimere un'efficace sinergia nella gestione di situazioni critiche per la viabilità di interesse provinciale, si è riconosciuta l'importanza di predisporre un piano di coordinamento che individui i processi comunicativi e le procedure di allertamento, coordinamento e gestione di tutte le forze necessarie per mantenere agibile la rete viabile principale del territorio provinciale in caso di nevicate a media - forte intensità.

In considerazione della natura delle attività disciplinate e degli

obiettivi perseguiti, il piano è stato elaborato in coerenza con i criteri informatori e le indicazioni del Sistema di Allerta Provinciale (SAP) approvato con deliberazione della Giunta provinciale di Trento n. 972 dd. 13.05.2005 di cui costituisce un'articolazione di dettaglio.

Va inoltre tenuto presente che il piano predisposto è principalmente rivolto al presidio delle arterie stradali lungo le quali in caso di abbondanti nevicate si possono registrare i disagi maggiori e che per altro verso servono le relazioni più frequentate ed essenziali per garantire i collegamenti tra i principali centri della provincia.

Strutture e personale interessati dal piano di coordinamento

Le strutture ed il personale che nell'ambito delle rispettive com-

petenze funzionali e territoriali sono chiamate ad assicurare il proprio contributo per la gestione delle situazioni critiche della viabilità sono:

- il Dipartimento Protezione civile e Tutela del Territorio – P.A.T.;
- l'Ufficio Previsioni ed Organizzazione – P.A.T.;
- il Responsabile, i tecnici e gli operai addetti alla manutenzione stradale del Servizio Gestione Strade della P.A.T. e/o da questo diretti:

Fig. 18
Esempio scheda di un
posto di presidio

POSTO DI PRESIDIO n. 12		
		
Ubicazione	S.S. 47 Km. 85,000 loc. Ospedaletto (Isolotto), in direzione Trento	
Direttore d'Ufficio	Ing. Nome Cognome	Tel. cell.
Responsabile di settore	Geom. Nome Cognome	Tel. cell.
	Ufficio di: Località	Tel. uff.
Capo squadra	Signor Nome Cognome	Tel. cell.
Sorvegliante stradale		Tel. cell.
Durata del presidio	dalle ore A.00 alle ore BB.00;	
Incaricati al presidio	dalle ore A.00 alle ore BB.00	
	Personale del Corpo Forestale della P.A.T.	
	Referente locale:	
	Dot. Nome Cognome	Tel. cell.
Segnalazioni di supporto	installazione di pannello a messaggio variabile	
	installazione di segnale preavviso posto di presidio	
ALLERTA DI 1° GRADO	PRESIDIO ATTIVO	
ALLERTA DI 2° GRADO	PRESIDIO NON ATTIVO	
SETTORE G Bassa Valsugana – Primiero		



- il Corpo Forestale provinciale – P.A.T.;
- i Corpi di Polizia Municipale o Locale interessati;
- le Forze dell'Ordine: Polizia Stradale e Carabinieri;
- i Corpi dei Vigili del Fuoco Volontari.

Attività previste ed articolazione sul territorio del piano di coordinamento

Alle strutture sopra individuate sono affidate le seguenti attività:

- la raccolta di informazioni in ordine alle condizioni di transitabilità e del traffico sulla rete stradale di competenza della P.A.T.;
- il controllo che i veicoli in transito siano equipaggiati di idonea attrezzatura invernale (catene da neve o pneumatici da neve montati), affinché possano proseguire il viaggio senza pregiudicare la sicurezza e la fluidità della circolazione;
- l'informazione agli utenti in ordine alle condizioni delle strade, ai comportamenti da tenere, ad eventuali blocchi in atto e/o a tratti stradali non percorribili, agli itinerari consigliati, etc.;
- la gestione di situazioni critiche della viabilità (incidenti e/o blocchi stradali);
- l'assistenza essenziale agli automobilisti in difficoltà.

Per garantire un'adeguata distribuzione del personale e delle risorse dedicate all'attuazione delle misure organizzative previste dal piano di coordinamento, in considerazione delle caratteristiche orografiche del territorio provinciale, dell'articolazione funzionale della rete stradale ed in relazione alla distribuzione ed all'intensità delle precipitazioni nevose contingenti, sono stati individuati complessivamente n. 20 posti di controllo e presidio (cfr. Fig. 20) da istituire lungo la rete stradale del territorio provinciale per il controllo ed il monitoraggio

del traffico in corrispondenza dei tratti critici e/o degli snodi nevralgici della rete viabile.

Nel documento di pianificazione sono precisati per ciascuna postazione (cfr. Fig. 18):

- gli intervalli orari massimi di attivazione previsti nell'arco delle 24 h;
- le strutture impegnate ad assicurare il personale di presidio;
- l'impianto di segnaletica di interesse installata.

Condizioni di allertamento

Corrispondentemente agli scenari di riferimento delle precipitazioni attese considerati dal Sistema di Allerta Provinciale Provinciale, sono stati individuati due diversi livelli di "allerta":

- allerta di 1° grado, per i casi in cui siano previste nevicate nel fondovalle, a quota inferiore a 500 m s.m. (nella Valle dell'Adige e/o nella zona dell'Alto Garda) con probabilità superiore al 50% e di intensità superiore a 10 cm;
- allerta di 2° grado, per i casi in cui siano attese nevicate abbondanti in quota (oltre i 500 metri s.m.) con intensità superiore a 50 cm in 24 ore e con probabilità superiore al 50%.

La fase di valutazione dei possibili effetti producibili dalle precipitazioni nevose previste e delle loro ripercussioni sulle condizioni di transitabilità della rete stradale è condotta dal Responsabile del Servizio Gestione Strade, tenendo conto: della probabilità, dell'intensità e della durata dei fenomeni attesi, sulla base delle previsioni meteo; dell'estensione, dell'altitudine e dell'ubicazione dell'ambito territoriale coinvolto; delle caratteristiche, dell'importanza della rete stradale potenzialmente interessata e del carico di traffico per essa previsto nell'arco temporale di riferimento.

Al riguardo va infatti considerato che:

- in occasione delle festività di inizio dicembre (S. Ambrogio ed Immacolata Concezione),
- nel periodo dal 26 dicembre al 6 gennaio,
- nei fine settimana da dicembre a marzo, etc.,

sono in genere probabili elevati flussi veicolari su gran parte della rete stradale principale del territorio provinciale per il movimento dei turisti che tendenzialmente sono anche meno attrezzati e/o preparati a muoversi su strade innevate.

Parimenti situazioni critiche si possono verificare negli intervalli orari e lungo le vie di comunicazione in cui più intenso è il passaggio di mezzi pesanti, i quali con fondi stradali a scarsa aderenza sono in difficoltà a superare le salite e le discese più impegnative che caratterizzano anche le principali arterie di accesso alle valli laterali all'asta dell'Adige.

Al fine di garantire la tempestiva attivazione delle misure operative stabilite dal piano, con riferimento in particolare ai periodi in cui si possono registrare flussi veicolari relativamente elevati e qualora, sulla scorta delle indicazioni del bollettino meteorologico e/o del bollettino probabilistico del Servizio Meteorologico della P.A.T., si riconoscano combinazioni di intensità e probabilità di precipitazioni nevose tali da determinare potenziali ripercussioni critiche per la viabilità limitate ad alcuni settori del territorio, può essere disposto l'allertamento delle strutture necessarie anche con procedure semplificate

Centro di coordinamento

Non appena ravvisata la necessità di attivare le misure organizzative previste dal piano di coordinamento viene istituita una Sala Operativa per le situazioni critiche della viabilità, alla quale

partecipano oltre al Responsabile del Servizio Gestione Strade:

- il Referente del Corpo Forestale provinciale con funzioni di coordinamento di tutto il personale della medesima struttura impegnato nelle operazioni,
- un Referente del Corpo Permanente dei Vigili del Fuoco,
- il Coordinatore del Gruppo di reperibilità speciale per le situazioni critiche della viabilità della P.A.T., se del caso dislocato sul territorio,
- un tecnico del Servizio Gestione Strade addetto alla gestione dei pannelli a messaggio variabile,
- i Tecnici del Servizio Gestione Strade responsabili degli 8 Settori in cui è divisa l'intera provincia ai fini della gestione e manutenzione della rete di competenza della P.A.T. dislocati sul territorio (cfr. Fig. 19) dove è operativo un numero di telefono con più linee riservato alle comunicazioni con gli addetti sul territorio.

Allertamento delle Strutture interessate

Sulla base delle valutazioni delle previsioni meteo, se del caso anche con procedure agevolate, il Referente del Servizio Gestione Strade della P.A.T. provvede ad avvisare a mezzo fax o telefono con almeno 18 ore di anticipo il Comandante del Corpo Forestale provinciale ed i Referenti dei Corpi di Polizia Municipale locale interessati, circa la sussistenza di condizioni meteorologiche avverse in relazione alle quali, con successiva chiamata, sarà chiesta l'attivazione delle misure organizzative previste dal presente piano.

Contestualmente vengono informati dello stato di allerta anche tutti i sorveglianti stradali del Servizio Gestione Strade in attività nell'ambito territoriale di interesse.

Attivazione del personale addetto e delle misure organizzative

Appena ha inizio la precipitazione nevosa il cantoniere in turno di sorveglianza stradale provvede ad avvisare telefonicamente il proprio capo squadra perché si dia avvio alle operazioni di sgombero neve e salatura preventiva nella tratta stradale di competenza.

Il medesimo cantoniere in servizio di sorveglianza stradale, sentito il proprio Responsabile di Settore, scopre e/o rende efficace la segnaletica di obbligo di transito con catene o pneumatici da neve in ottemperanza a quanto previsto dalle norme e dai provvedimenti amministrativi contingenti, preventivamente installata in punti prestabiliti della rete stradale ed in prossimità dei posti di controllo.

Sulla base delle informazioni di dettaglio raccolte dai Responsabili di Settore del Servizio Gestione Strade distribuiti sul territorio, dalla Sala Operativa vengono individuati i presidi da attivare lungo la rete stradale del territorio provinciale.

Attivazione dei posti di controllo e presidio

I posti di controllo e presidio della rete stradale sono attivati solamente nelle zone interessate da intense precipitazioni.

L'ubicazione dei posti di presidio è definita dal piano lungo tratti nevralgici e/o in corrispondenza dei principali snodi della rete stradale provinciale, in prossimità di piazzole e/o infrastrutture idonee alla sosta dei veicoli in transito per consentire il montaggio delle catene e/o l'inversione di marcia senza intralciare la circolazione ed il passaggio dei mezzi atti allo sgombero neve.

Ogni presidio è presegnalato da idoneo pannello segnaletico di preavviso con l'informazio-

ne dell'obbligo di transito con catene integrato con lanterne luminose. Il pannello segnaletico di preavviso ed un analogo pannello segnaletico, o un pannello a messaggio variabile, in corrispondenza della postazione di presidio vengono installati dal personale del Servizio Gestione Strade già durante la fase di allerta preventiva.

Ogni postazione è presidiata da:

- n. 2 operatori (del Corpo Forestale provinciale o della Polizia Municipale o Locale) che si avvicenderanno secondo turni prestabiliti in modo da garantire la continuità del servizio fino alla disattivazione del presidio. Agli operatori presso le postazioni sono affidati in via prioritaria i seguenti compiti:

- controllare che i veicoli in transito siano equipaggiati di idonea attrezzatura invernale (catene da neve o pneumatici da neve montati); identificare chi non osserva le disposizioni contingenti, al fine di prevenire situazioni pregiudizievoli per la sicurezza e/o la fluidità della circolazione;
- informare gli utenti in ordine alle condizioni delle strade, ai comportamenti da tenere, ad eventuali blocchi in atto e/o a tratti stradali non percorribili, agli itinerari consigliati, etc.,
- raccogliere informazioni e/o elementi di valutazione in ordine alle condizioni di transitabilità delle strade e del traffico,
- l'assistenza essenziale agli automobilisti in difficoltà;
- a supporto degli agenti del Corpo Forestale provinciale o del Corpo di Polizia Municipale o Locale incaricati, in caso di necessità, con riferimento in particolare ad attività di assistenza agli automobilisti in difficoltà e/o per risolvere incidenti, blocchi del traffico, etc., possono essere chiamati ad operare i Vigili del Fuoco volontari. L'attivazione di

questi ultimi è riservata al Corpo Permanente dei Vigili del Fuoco. Dalla Sala Operativa è definita la durata effettiva di ciascun presidio in relazione all'andamento ed all'intensità delle precipitazioni nevose e del traffico.

Informazioni all'utenza

Al fine di assicurare la tempestiva informazione all'utenza i capi delle squadre addette alla manutenzione stradale e gli altri operatori addetti al servizio invernale riferiscono periodicamente alla Sala Operativa le informazioni in ordine alla transitabilità delle strade di competenza. In modo analogo alla Sala Operativa affluiscono le informazioni raccolte presso le postazioni di controllo.

Quest'ultima provvede ad aggiornare il call center di Viaggiare in Trentino, (il servizio di informazione sulle condizioni del traffico lungo la rete stradale provinciale attivato già da alcuni anni dalla Provincia Autonoma di Trento in collaborazione l'A.C.I. di Trento ed alcune emittenti radiofoniche locali), il corrispondente presso la sede della Società Autostrada del Brennero, eventuali altri mezzi di informazione e gli stessi operatori dei presidi di ogni notizia di interesse relativa alle condizioni di transitabilità delle strade e del traffico. Dalla Sala Operativa sono inoltre programmati ed aggiornati i messaggi variabili diffusi con i pannelli su carrello dislocati nei posti già stabiliti dal piano.

Collaborazione da parte di Polizia Stradale e Carabinieri

Anche dalle Forze dell'Ordine (Polizia Stradale e Carabinieri), in via ordinaria preposte al pattugliamento della rete stradale, possono essere acquisite ulteriori informazioni utili in ordine alle condizioni di transitabilità delle strade ed alla situazione

viaria che analogamente a quelle raccolte attraverso gli altri canali sopra esposti saranno messe a disposizione della Sala Operativa.

Cessazione dello stato di allerta

Dalla medesima Sala Operativa sarà data la disposizione, ad esaurimento della situazione di criticità, di ripiegare in via definitiva tutte le postazioni di controllo istituite e la cessazione dello stato di allerta per tutte le Strutture coinvolte, informandone i relativi referenti.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

La manutenzione delle strade in ambiente montano nella stagione invernale costituisce una delle attività più impegnative sotto il profilo logistico ed organizzativo per gli enti deputati alla gestione della viabilità.

Con riferimento alla situazione della provincia di Trento, grazie alla progressiva meccanizzazione delle operazioni, alla diffusione sul territorio di impianti ed apparecchiature automatizzate ed alla disponibilità di previsioni meteorologiche a breve e medio periodo sempre più affidabili, è oggi possibile pianificare l'attività di manutenzione invernale secondo procedure codificate, regole chiaramente eseguibili ed interventi documentabili, limitando l'incertezza sulle operazioni da condurre giornalmente, in relazione agli eventi contingenti.

Come si è avuto modo di riferire il servizio invernale richiede la pronta disponibilità di un rilevante parco di mezzi ed attrezzature con i relativi operatori distribuiti sull'intero territorio provinciale. Negli ultimi anni si sono registrate più volte precipitazioni nevose di rilevante intensità e/o durata, estese a gran parte del territo-

rio provinciale anche a quote relativamente basse. Questi sono gli eventi più impegnativi: per mantenere regolarmente transitabile l'intera rete stradale anche durante le fasi più intense della nevicata sarebbe richiesto un impegno di operatori e mezzi ancora superiore a quelli messi in campo nello standard attuale, per altro difficilmente reperibili se non a costi molto elevati e che in ogni caso opererebbero con bassi livelli di efficienza.

Anche per fronteggiare eventi di questo genere, ottimizzare la distribuzione e l'utilizzo sul territorio delle risorse complessivamente disponibili nelle varie fasi temporali in cui si articolano le precipitazioni più intense, estese e prolungate, assicurare i necessari turni di riposo per gli operatori impegnati nella guida dei mezzi e più in generale nell'attività, un contributo importante può essere fornito da previsioni meteo sempre più mirate: allo scopo per il gestore della rete stradale è fondamentale conoscere in anticipo e con riferimento ai diversi ambiti geografici del territorio in particolare:

- quando avrà inizio la nevicata,
- il momento e la durata della fase a più alta intensità,
- quando e per quali fasce altimetriche, con il rialzo termico che frequentemente si registra nelle fasi avanzate delle precipitazioni prolungate, la nevicata si trasforma in pioggia.

Parimenti può risultare efficace favorire la tempestiva diffusione delle previsioni meteo e più in generale promuovere la consultazione dei bollettini meteo e dei bollettini probabilistici allo scopo di sensibilizzare l'utente ad intraprendere il viaggio nella consapevolezza delle difficoltà che le condizioni meteo contingenti possono determinare.

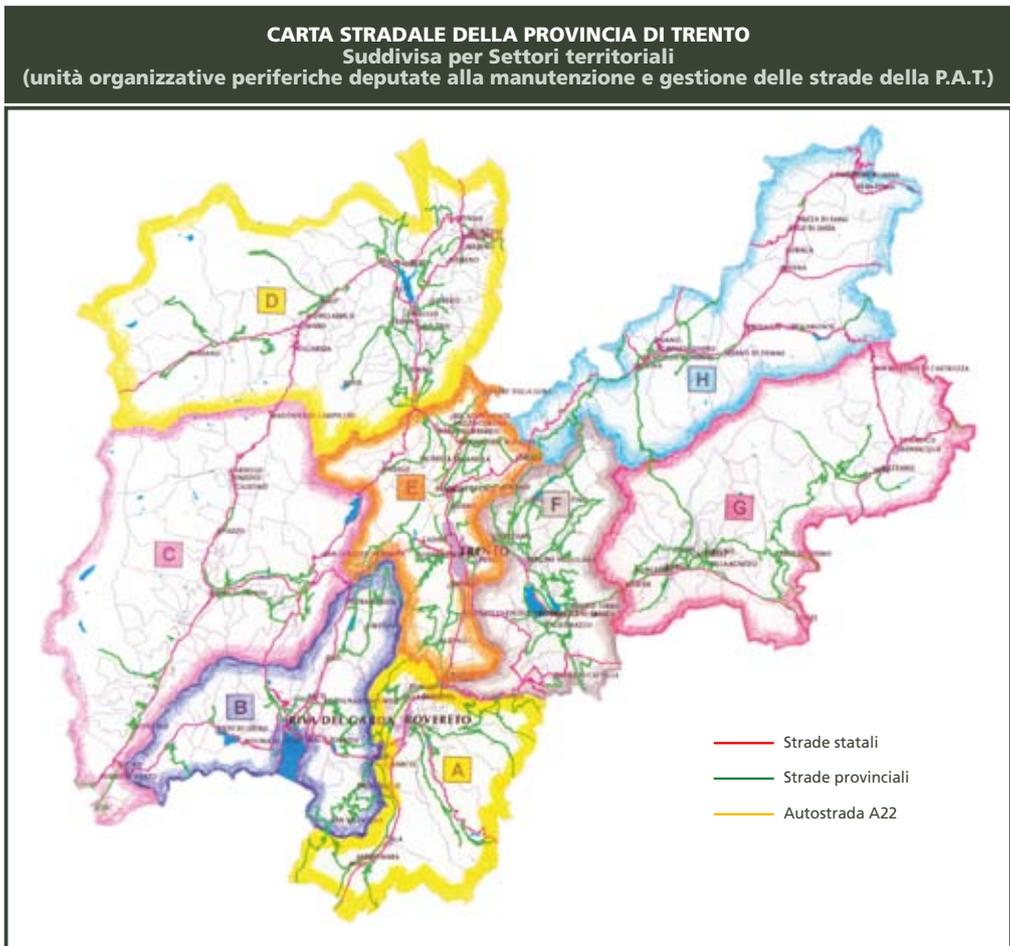


Fig. 19

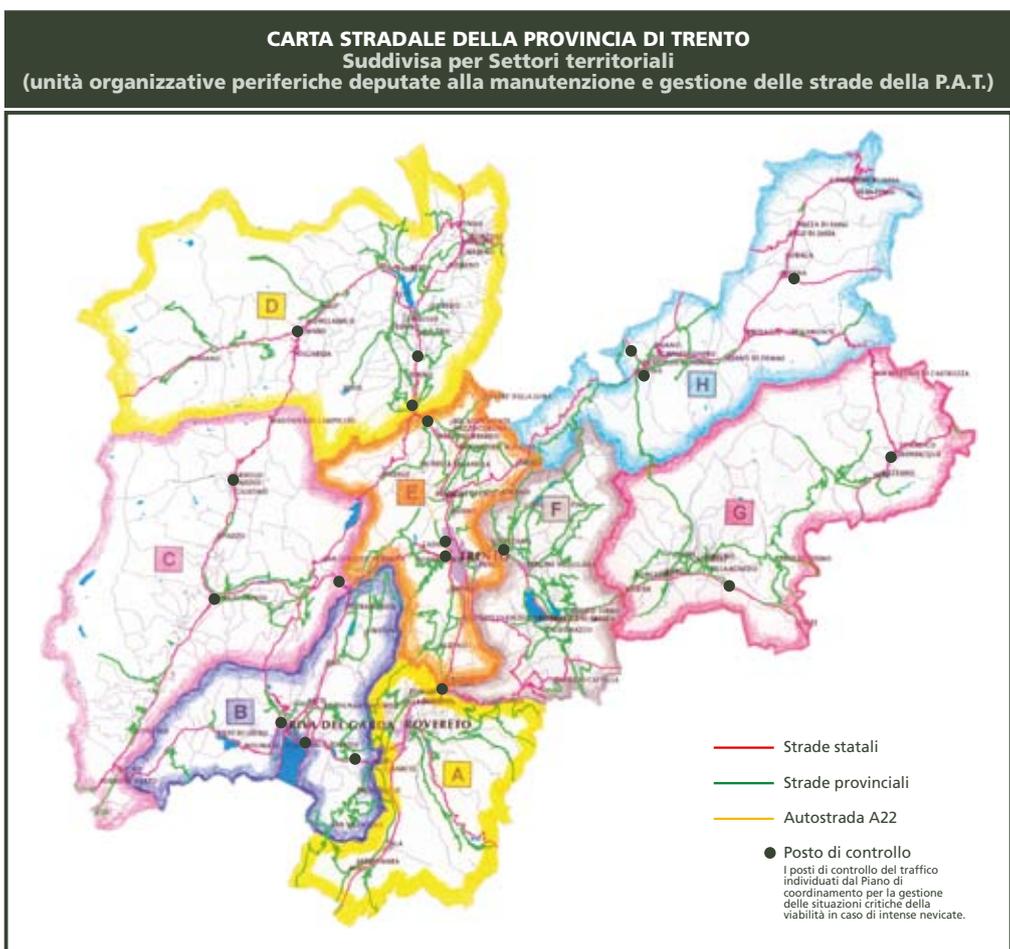


Fig. 20

IDENTIFICAZIONE DI POTENZIALI

AREE **DI DISTACCO** **VALANGHE**

Risultati preliminari dell'applicazione di una procedura automatica GIS in Valle d'Aosta

Margherita Maggioni

Michele Freppaz

Università degli Studi di Torino,
Di.Va.P.R.A.- Laboratorio
Neve e Suoli Alpini
Ufficio Neve e Valanghe,
Regione Autonoma Valle d'Aosta

Marco Bergero

Lorenzo Bertranda

Nelle regioni alpine esistono diversi strumenti per la rappresentazione delle zone esposte al pericolo di valanghe. Alla base di tali cartografie vi sono principalmente le informazioni relative agli eventi valanghivi verificatisi in passato. Ogni regione presenta sul proprio territorio alcune zone già note storicamente come valanghive ed altre ritenute sicure. Tuttavia, possono esistere zone dove in passato non sono stati registrati eventi valanghivi, che però presentano caratteristiche predisponenti il distacco di masse nevose.

In questo lavoro si intende identificare le potenziali aree di distacco valanghe nel comprensorio sciistico di Pila, in Valle d'Aosta, mediante l'integrazione delle informazioni sulle valanghe storiche con quelle recuperate durante i sopralluoghi e con i risultati di una procedura automatica GIS per la identificazione di potenziali aree di distacco (PRA). Tale procedura è stata sviluppata presso il SLF di Davos (CH) e si basa sull'analisi delle caratteristiche topografiche del terreno (elaborate a partire dal DEM), quali per es. pendenza ed esposizione, al fine di individuare le zone con le caratteristiche maggiormente predisponenti il distacco di valanghe.

Nell'area di studio, il confronto dei risultati della procedura automatica, ancora in fase di sperimentazione, con i dati storici e con quelli rilevati su campo nella stagione 2005-2006 ha mostrato come essa sia in grado di identificare con buon accordo le zone già note e come abbia identificato anche aree non presenti nel Catasto Regionale Valanghe, dove sono state però rilevate valanghe di piccole-medie dimensioni durante la stagione 2005-2006.

In conclusione, l'utilizzo della procedura automatica GIS identifica le zone potenzialmente propense al distacco di valanghe sulla base delle caratteristiche topografiche del terreno e quindi si rivela uno strumento prezioso di supporto ai professionisti per la definizione di aree di distacco valanghe in regioni prive di dati storici.



INTRODUZIONE

Nell'ambito della Convenzione della Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Territorio,

Ambiente e Opere Pubbliche con il Laboratorio Neve e Suoli Alpini dell'Università di Torino per la "Consulenza e supervi-

sione scientifica in materia di prevenzione dei rischi pedo-ambientali e valanghivi nel territorio della Valle d'Aosta", in Valle d'Aosta è stato condotto uno studio sulle metodologie utili per l'identificazione di potenziali aree di distacco di valanghe.

Nelle regioni alpine esistono diversi strumenti per la rappresentazione delle zone esposte a pericolo di valanghe, quali le Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV) ed i Piani delle Zone Esposte alle Valanghe (PZEV).

Per le CLPV, ad esempio, la metodologia standard di realizzazione prevede l'individuazione dei siti valanghivi mediante fotointerpretazione di aerofotogrammi estivi, l'esecuzione di sopralluoghi con raccolta di testimonianze orali ed infine la verifica dei dati di terreno con informazioni storiche (Cordola et al, 2006). La redazione delle PZEV implica diverse attività, quali la raccolta dati (valanghe storiche, sopralluoghi, rilievi topografici, etc.), l'elaborazione dati (fotointerpretazione, analisi nivometeorologiche, etc.), la modellazione del fenomeno ed infine il tracciamento della carta (Barbolini, 2005).

La differenza fondamentale tra le due carte sta nella classificazione, nelle PZEV, del pericolo valanghe in base alle pressioni d'impatto attese, calcolate con modelli di dinamica, mentre nelle CLPV vengono fornite solo indicazioni legate alla estensione dei fenomeni.

Tra gli input fondamentali dei modelli di dinamica vi è il volume iniziale della valanga, determinato sulla base dello spessore di neve al distacco e dell'area di distacco.

Come definire la zona di distacco di una valanga, se non sono disponibili buone informazioni



Fig. 1 - Comprensorio sciistico di Pila (Com. di Gressan, AO).

Fig. 2 - Valanga distaccata artificialmente tramite Gaz-Ex.



relative ad eventi avvenuti in passato?

In letteratura esistono numerosi lavori che riconoscono l'inclinazione del terreno come il fattore determinante per la possibilità di distacco di una massa nevosa su un pendio (McClung e Schaerer, 1993; Schweizer, 2003). Maggioni (2005) combina differenti fattori topografici allo scopo di creare in un GIS una procedura automatica per la definizione di potenziali aree di distacco valanghe (da qui in poi chiamate "PRA", da Potential Release Area).

L'idea sviluppata da Maggioni (2005) viene qui ripresa ed applicata al territorio del comprensorio sciistico di Pila (Comune di Gressan, AO) allo scopo di valutarne l'applicabilità e confrontare i risultati con le valanghe storiche disponibili nel Catasto Regionale Valanghe e le valanghe rilevate durante la stagione invernale 2005-2006.

AREA DI STUDIO

Il comprensorio sciistico di Pila è ubicato sulla destra orografica della valle principale della Dora, nella zona sovrastante la città di Aosta nel territorio del Comune di Gressan (Fig. 1).

La morfologia del comprensorio è costituita da un'ampia conca che si estende da Ovest verso Est ed ha come estremi la P.te de la Pierre ad Ovest (2653 m s.l.m.) ed, indicativamente, il Col di Chamolè ad Est (2641 m s.l.m.). L'anfiteatro è compreso tra i 1841 m s.l.m. dell'abitato di Pila fino ai 3090 m s.l.m. della P.ta de la Valletta. L'esposizione principale è quella Nord.

La società Pila SpA, gestore del comprensorio sciistico, si è dotata di un piano di sicurezza piste che prevede l'utilizzo del distacco artificiale di valanghe tramite impianti Gaz-Ex. Dodici

Gaz-Ex sono stati posizionati accuratamente nelle zone ritenute propense al distacco di valanghe che possono interessare le piste da sci (Fig. 2).

MATERIALI E METODI

Le potenziali aree di distacco di valanghe (PRA) nel comprensorio sciistico di Pila sono state individuate tramite analisi di terreno, studio delle Carte Tecniche Regionali al 10.000, analisi dei dati reperibili nel Catasto Regionale Valanghe e applicazione di una procedura automatica di definizione delle PRA che spiegheremo in dettaglio di seguito.

Durante la stagione invernale 2005-2006, si sono inoltre effettuati diversi sopralluoghi per la perimetrazione ed il rilievo fotografico delle valanghe segnalate all'Ufficio Neve e Valanghe dai responsabili della sicurezza piste della Pila SpA. In caso di fenomeni valanghivi in zone accessibili con gli sci, si è provveduto alla loro perimetrazione mediante GPS (Fig. 3), altrimenti, in caso di valanghe avvenute in zone ripide e di difficile accesso, ci si è limitati ad una buona documentazione fotografica.

La procedura automatica di definizione delle PRA è stata applicata al modello digitale del terreno (DEM) della zona di studio, input fondamentale dell'algoritmo sviluppato in un GIS presso l'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos.

Tale algoritmo nasce con lo scopo di poter essere uno strumento di supporto ai professionisti per la definizione di aree di distacco valanghe in regioni prive di dati storici.

La Fig. 4 riassume le diverse fasi della procedura (a, b e c), composta da selezioni successive



Fig. 3 - Rilievo GPS.

Fig. 4 - Diagramma di flusso con i passaggi della procedura automatica di definizione delle PRA (da Maggioni, 2005).

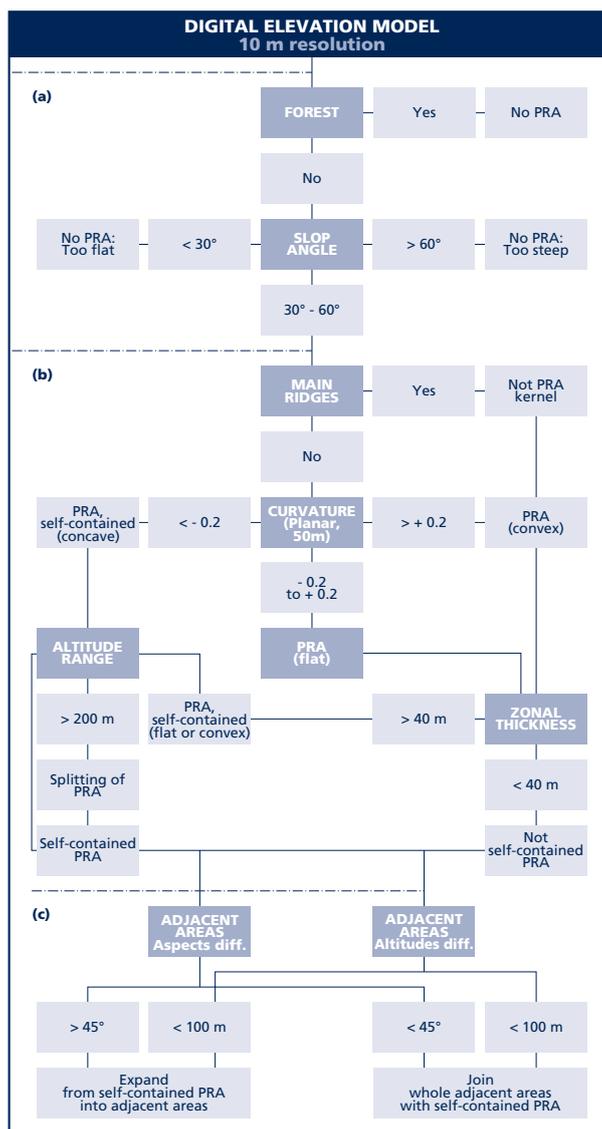


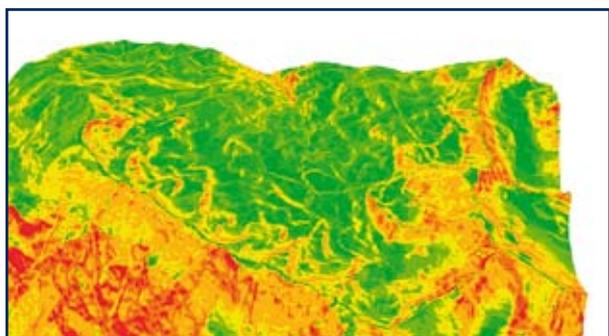
Fig. 5 - Carta delle pendenze per l'area di studio (vista verso Nord - orientazione come le CTR). I colori caldi indicano inclinazioni superiori a 30°, mentre le gradazioni di verde le pendenze inferiori.

operate sul DEM in relazione alle caratteristiche topografiche e di forma del terreno.

(a) identificazione di potenziali zone di distacco

Numerosi studi mostrano come una copertura forestale con specifiche caratteristiche sia uno strumento di prevenzione contro il distacco di valanghe (Schneebeli e Bebi, 2004), perciò le zone che presentano copertura forestale vengono escluse da quelle considerate potenzialmente valanghive.

Fig. 6 - Rappresentazione di diversi elementi geomorfologici mediante un DEM (da Fischer et al., 2003).



L'angolo d'inclinazione di un pendio è il principale fattore topografico che influenza il distacco di valanghe; qui, in seguito a ricerca bibliografica (Salm et al., 1990; McClung e Schaerer, 1996; Schweizer et al., 2003), si è deciso di considerare come inclinazioni critiche quelle comprese tra 30 e 60° (Fig. 5).

(b) suddivisione della macro regione in sottozone di distacco

In questa fase vengono utilizzati criteri legati alla presenza di creste, alla curvatura del terreno, alla dimensione e quota delle PRA per dividere la macro regione identificata nel punto (a) in sottoaree, che possono essere relate ad eventi distinti.

Le linee di cresta, principali e secondarie, delineano cambiamenti di esposizione e separano differenti bacini collettori, individuando quindi differenti bacini valanghivi. Le creste vengono determinate in modo automatico dall'algorithm, analizzando ogni singola cella del DEM in relazione a quelle vicine (Fig. 6).

Anche la curvatura (plan curvature in GIS), rappresentante la forma del terreno in direzione perpendicolare alla massima pendenza, viene determinata

in modo automatico secondo Zevenbergen e Thorne (1987) ed utilizzata per definire zone concave, convesse o piatte. Sono stati adottati i seguenti criteri:

per le zone concave: plan curvature $\leq - 0.2$ 1/100 m

per le zone piatte: $- 0.2$ 1/100 m $<$ plan curvature $< + 0.2$ 1/100 m

per le zone convesse: plan curvature $> + 0.2$ 1/100 m

Essendo le celle del DEM ridimensionate a 50 m, solo i cambiamenti a larga scala vengono considerati. La scelta del valore 0.2 1/100 m corrisponde ad un'elevazione di 2.5 m su 50 m (Schmid e Sardemann, 2003), quindi una cella con plan curvature = - 0.2 è considerata una PRA concava.

Per non incorrere nella determinazione di numerose piccole aree di distacco, è stato adottato il valore di 5000 m² come dimensione minima per una PRA.

Le PRA così definite vengono separate se il dislivello al loro interno supera i 200 m. Tale valore è stato deciso arbitrariamente e proviene dall'analisi di eventi osservati.

(c) unione ed espansione delle PRA

Per questo ultimo passo i criteri utilizzati sono l'esposizione e la quota.

Aree adiacenti vengono accorpate se la differenza di quota è minore di 100 m e l'esposizione principale differisce di meno di 45°.

L'output finale dell'algorithm è un file raster dove ad ogni cella del DEM della zona in esame viene attribuito un codice di identificazione che la definisce come appartenente ad una potenziale area di distacco o no (Fig. 7).

RISULTATI

L'applicazione della procedura automatica ha portato alle identificazione di potenziali aree di



distacco che sono state successivamente confrontate coi dati storici e con i rilievi eseguiti sulle valanghe avvenute nella stagione invernale 2005-2006 (Fig. 8). Si vuole precisare che, per il confronto con il Catasto Regionale Valanghe, ci si è avvalsi delle informazioni presenti nella cartografia digitale realizzata nel 2004 dalla Società Informatica Valle d'Aosta (INVA). In tale cartografia viene riportata la perimetrazione del massimo evento storico registrato lungo ogni percorso valanghivo del territorio valdostano.

All'interno del comprensorio sciistico di Pila vengono segnalati storicamente una ventina di percorsi valanghivi, di diversa dimensione. La sovrapposizione tra la cartografia dell'INVA e le PRA mostra un buon accordo generale: il 87 % delle PRA viene identificato all'interno delle aree valanghive note.

Si sono analizzati singoli casi per capire dove la procedura automatica è riuscita a definire le aree correttamente e dove invece i risultati sono poco realistici. E' bene precisare che la bontà dei risultati è stata valutata soggettivamente dagli autori, tramite analisi di carte topografiche e sopralluoghi, e non mediante strumenti statistici oggettivi.

La Fig. 9 mostra il versante a Nord del Point Du Drinc: il Catasto Regionale presenta due valanghe; la procedura automatica ha identificato quattro PRA; nei sopralluoghi dell'inverno 2005-2006 sono state rilevate tre valanghe.

La sovrapposizione dei tre elementi risulta in un ottimo accordo. Si noti come all'interno della valanga più occidentale siano state individuate due distinte PRA che si sovrappongono completamente alle valanghe rilevate in campo. La suddivisione di tale

OUTPUT DELLA PROCEDURA AUTOMATICA DI DEFINIZIONE DELLE PRA IN UN'AREA ALL'INTERNO DEL COMPRESORIO SCIISTICO DI PILA

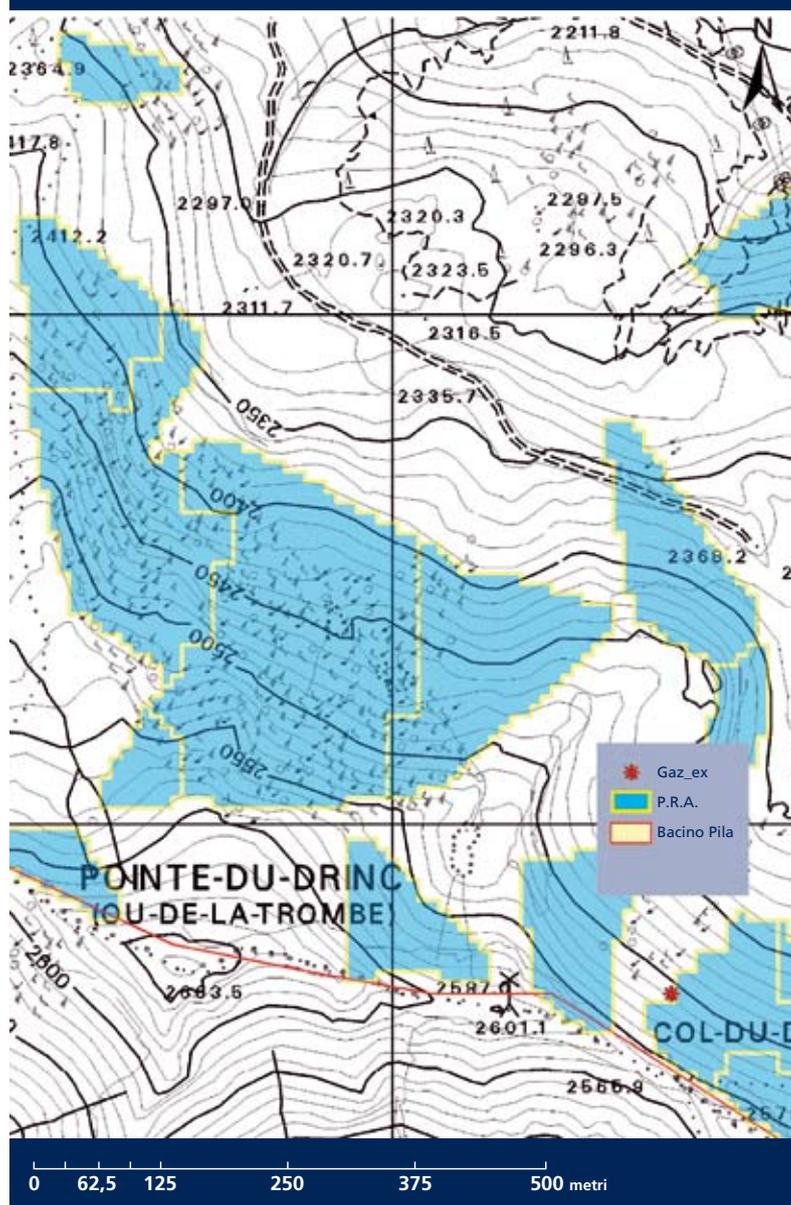


Fig. 7
(Elemento della CTRN ceduto in data 05.12.2006 n. 1072)



zona in sottoaree permette di individuare le potenziali aree di distacco di valanghe di minore dimensione. Probabilmente, se

le due sottoaree si distaccassero contemporaneamente, si genererebbe una valanga che potrebbe scorrere più a valle (quota 2250

m s.l.m.) come disegnato nel Catasto

In altre situazioni, invece, le PRA definite dalla procedura automatica si sovrappongono ai dati già presenti nel Catasto, ma i loro confini non individuano zone che, dall'analisi delle carte topografiche o dai sopralluoghi, possono essere effettivamente considerate come sottoaree legate a possibili eventi di minore dimensione.

Un altro caso è quello in cui la procedura automatica ha individuato delle PRA in zone al di fuori delle aree valanghivo note e dove sono stati rilevati eventi valanghivi nella stagione 2005-2006. In tal caso, le nuove valanghe (sempre di piccola dimensione) sono state perimetrare, ben documentate ed inserite nel Catasto Regionale Valanghe.

In conclusione, confrontando

CONFRONTO TRA LE PRA, IL CATASTO REGIONALE VALANGHE E LE VALANGHE DEL 2005 - 2006

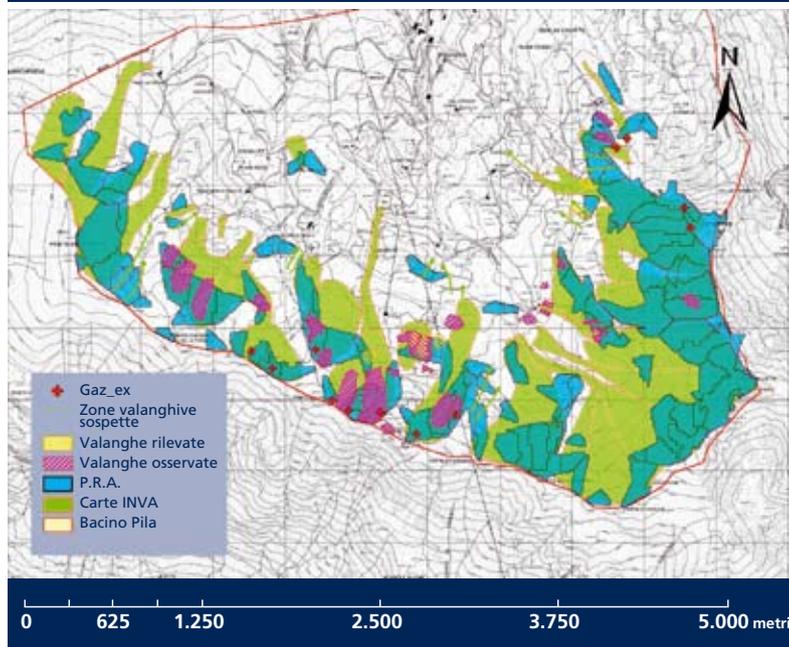
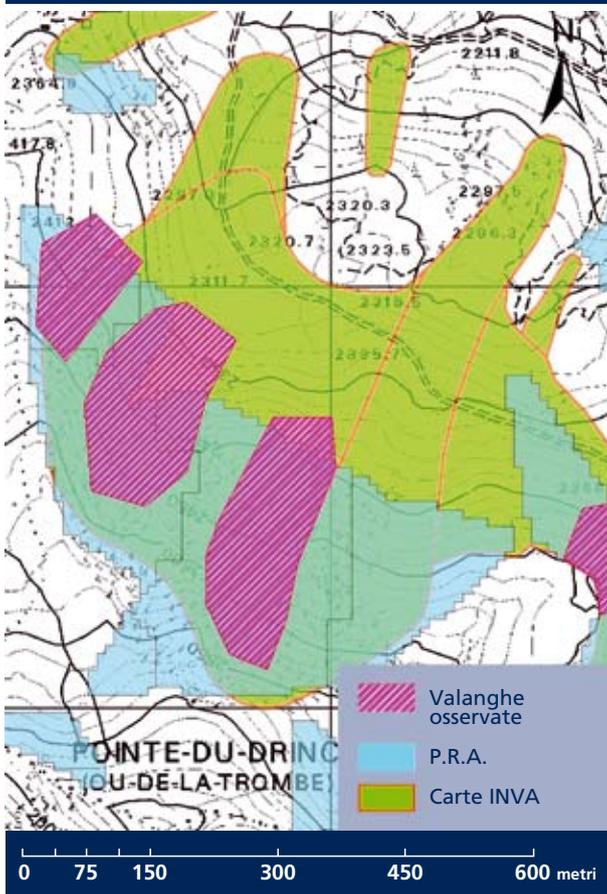


Fig 8
(Elemento della CTRN ceduto in data 05.12.2006 n. 1072)

Fig. 9
(Elemento della CTRN ceduto in data 05.12.2006 n. 1072)

BUON ACCORDO TRA LE PRA, IL CATASTO REGIONALE VALANGHE E LE VALANGHE DEL 2005 - 2006



le PRA con le valanghe registrate nel Catasto Regionale e con le valanghe osservate nel 2005-2006 si possono fare le seguenti considerazioni.

Delle 34 valanghe, di piccole e medie dimensioni, censite nella stagione invernale 2005-2006, 24 eventi (70%) sono già riportati nel Catasto Regionale Valanghe. Delle stesse 24, in 16 casi (67%) la valanga si è staccata in una zona in cui è stata individuata una PRA. Sul totale delle 34 valanghe censite, 23 eventi (70%) si sono verificati all'interno di una PRA. Sui 34 eventi rilevati, il 30% risulta al di fuori delle zone note al Catasto Regionale Valanghe. È interessante notare come un terzo di tali valanghe si stacchino da una zona definita come PRA dalla procedura automatica.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Nell'area di studio considerata, i risultati ottenuti dall'applicazione della procedura automatica di definizione di potenziali aree di distacco di valanghe ha mostrato come essa possa essere di supporto nell'identificazione dei terreni propensi al distacco di valanghe.

E' una procedura sperimentale, che cerca di tradurre in operazioni oggettive e ripetibili tutto il bagaglio di informazioni presenti in letteratura in materia di fattori predisponenti il distacco di valanghe.

L'introduzione di ulteriori caratteristiche del terreno, quali per esempio la copertura vegetazionale e la rugosità, potrebbe migliorare la procedura. Inoltre, la sua applicazione in un numero maggiore di casi studio risulta necessaria per confermare o meno la bontà dei risultati ottenuti nei casi finora studiati. Un buon accordo tra le PRA ed i dati storici in numerose aree di studio



significherebbe che tale procedura può essere di aiuto nella definizione di potenziali aree di distacco in aree prive di informazioni su eventi avvenuti in passato. Resta indubbio il fatto che la gestione del rischio valanghivo, per esempio in un comprensorio sciistico, deve comprendere diverse procedure, che vanno dal riconoscimento dei terreni potenzialmente valanghivi, al monitoraggio delle condizioni nivometeorologiche fino alla gestione attiva del rischio mediante per esempio distacco artificiale e/o chiusura delle piste in caso di pericolo elevato.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito della Convenzione tra la Regione Autonoma Valle d'Aosta - Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche e l'Università degli Studi di Torino, DIVAPRA - LNSA, per la "Consulenza e supervisione scientifica in materia di prevenzione dei rischi pedo-ambientali e valanghivi nel territorio della Valle d'Aosta".

Si ringrazia la Società Pila SpA per il supporto logistico ed in particolare Alex Crudo per la disponibilità e l'entusiasmo mostrato verso questo lavoro.

Si ringraziano Urs Gruber e Ross Purves per il prezioso aiuto nella realizzazione della procedura automatica GIS.

Bibliografia

- AINEVA e Dipartimento di ingegneria idraulica e ambientale dell'Università di Pavia, 2005. Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe. pp. 177.
- Cordola Marco, Prola Maria Cristina, Bonansea Enrico, Pispico Rocco, Papa Gabriele e Ristagno Claudia, 2005. SIVA: Sistema Informativo Valanghe. Un servizio WEBGIS di ARPA Piemonte a supporto della pianificazione territoriale. Neve e Valanghe 55.
- Fisher, P., Wood, J., & Cheng, T. (2003). Where is Helvellyn? Fuzziness of multi-scale landscape morphometric. Transactions of the Institute of British Geographers 29 (1), 106-128.
- Maggioni Margherita, 2005. Avalanche Release Areas and Their Influence on Uncertainty in Avalanche Hazard Mapping. Tesi di Dottorato presso il dipartimento di Geografia dell'Università di Zurigo e l'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos, Svizzera.
- McClung, D. e Schaerer, P., 1993. The Avalanche Handbook. The Mountaineers, Seattle, WA. ISBN 0-89886-364-3. pp. 273.
- Salm, B., Burkard, A. e Gubler, H., 1990. Berechnung von Fließlawinen: eine Anleitung fuer Praktiker mit Beispielen. Mitteilung 47, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- Schmid, U. G. & Sardemann, S., 2003. High-frequency avalanches: release area characteristics and run-out distances. Cold Regions Science and Technology 37, 439-451.
- Schneebeli, M. e Bebi, P., 2004. Hydology: Forest and Snow and Avalanche Control: pp 397 - 402 In: Burley, J., J. Evans and J. A. Youngquist (Eds.) Encyclopedia of Forest Science. Elsevier, London.
- Schweizer, J., Jamieson, B. e Schneebeli, M., 2003. Snow avalanche formation. Reviews of Geophysics 41(4), 1016.
- Zevenbergen, L. W. & Thorne, C. R. (1987). Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surface Process and Landforms 12, 47-56.



14^a incontro internazionale dei Servizi valanghe europei (EAWS)

Il 14^a incontro biennale dei previsori dei Servizi valanghe europei (EAWS) si è svolto dal 22 al 24 giugno 2007 a Starý Smokovec, stazione turistica invernale ed estiva ai piedi dei Monti Tatra (Slovacchia) e vicina a Poprad, sede delle Universiadi Invernali del 1999.

A Starý Smokovec sono convenuti i rappresentanti di diversi Land dell'Austria e dei Servizi valanghe di Francia, Germania, Scozia, Spagna, Slovenia, Polonia, Svizzera, Islanda, Canada, Repubblica Ceca, Romania, Bulgaria, Italia e Slovacchia.

Per l'Italia hanno partecipato i rappresentanti di AINEVA, della Valle d'Aosta, dell'Alto Adige, del Friuli Venezia Giulia e del Veneto.

Molti gli argomenti all'ordine del giorno:

1. Presentazione dei piccoli Servizi valanghe e dei nuovi membri
2. Armonizzazione dei bollettini valanghe:
 - a) l'attività dei gruppi di lavoro internazionali,
 - b) l'esperienza dei previsori in 15 anni di utilizzo della scala di pericolo unificata
3. Armonizzazione dei bollettini valanghe:
 - a) standardizzazione dei bollettini nei differenti media,
 - b) comprensibilità delle rappresentazioni grafiche
4. Armonizzazione dei criteri di utilizzo dei gradi di pericolo valanghivo: presentazione di casi tipici rappresentativi dei diversi gradi di pericolo
5. Rapporti con l'utenza dei bollettini valanghe

6. Sistemi informativi e nuove tecnologie, discussi tutti in seduta plenaria nella sala congressi dell'Hotel Atrium.

La discussione fra tutti i Servizi valanghe non ha generato precise "decisioni" o prese di posizione, bensì una serie di indicazioni ed il rinvio ad ulteriori approfondimenti affidati ad un gruppo ristretto di lavoro.

Molto interessante la sessione "Presentazione dei piccoli Servizi valanghe" di cui si riportano brevemente di seguito i contenuti:

Slovacchia: i bollettini valanghe giornalieri per Monti Tatra Bassi, Alti, Occidentali, Malá e Ve ká Fatra in slovacco, esistono da 35 anni (dal 1972); i problemi in questi anni sono determinati dalle valanghe che si staccano dalle aree boschive (bosco poco fitto, schiarimenti boschivi, bosco frondoso).

Polonia: Gli avvertimenti sul pericolo di valanghe riguardano prevalentemente la zona dei Monti Tatra e sono iniziati nell'anno 1997. Viene usato il programma Geliniv, nonché Safran-Crocus-Mepra. Oltre ai bollettini sull'avvertimento del pericolo di valanghe vengono pubblicati anche i bollettini nivologici settimanali comprensivi dei profili del manto nevoso.

Repubblica Ceca: I bollettini valanghe sono redatti per 7 zone e riguardano prevalentemente il pericolo in aree turistiche. Le valanghe più frequenti, anche di grandi dimensioni e che determinano le maggiori situazioni di rischio, sono dovute all'instabilità basale conseguente al terreno erboso sui pendii ripidi.

Romania: A partire dal 2004 vengono emessi bollettini quotidiani sul pericolo di valanghe per le montagne Bucegi, Fagaras, Piatra Craiului, Leaota Mt. e si sta pianificando la previsione per altre tre montagne. Fino alla scorsa stagione i bollettini sono stati pubblicati in romeno ma, molto probabilmente già dall'inverno 2007-2008, usciranno anche in inglese.

Il servizio valanghe lavora con Galiniv nonché Safran-Crocus-Mepra. La scala europea del pericolo di valanghe è stata tradotta e applicata.

Slovenia: I bollettini valanghe sono emessi a partire dagli anni '80 a cura dell'Istituto di Meteorologia. Il bollettino valanghe viene pubblicato tre volte alla settimana (nel corso delle situazioni critiche anche più spesso). In Slovenia il pericolo di valanghe interessa maggiormente le zone turistiche e di rado le vie di comunicazione.

Islanda: La problematica valanghiva per insediamenti e vie di comunicazione ha una tradizione più lunga, soprattutto per le vie di comunicazione. Sono anche in crescita i problemi nelle zone turistiche, soprattutto in relazione agli scooteristi sulla neve. Al momento i bollettini non sono operativi.

Scozia: I bollettini quotidiani sono redatti per 5 zone in cui viene praticata l'arrampicata e sono pubblicati in inglese. In Scozia gli incidenti da valanga riguardano per il 90% alpinisti e solo per l'8% sciatori.

Per quanto riguarda la prima sessione sull'"Armonizzazione dei bollettini e della scala del pericolo valanghivo", Jacques Rhyner dell'SLF di Davos ha sottolineato la buona posizione a cui sono giunti i Servizi Valanghe Europei, che già dal 1994 lavorano con una scala unificata a livello europeo.

I principali risultati fino ad oggi raggiunti dall'EAWS sono stati:

- la scala del pericolo;
 - la matrice bavarese;
 - la classificazione delle dimensioni di valanga;
 - il glossario neve e valanghe;
- mentre è in fase di discussione, e sarà un importante tema anche nei prossimi anni, la ristrutturazione dei bollettini e la semplificazione e unificazione delle informazioni.

Nella seconda sessione sull'armonizzazione dei bollettini valanghe, si è discusso molto sulle modalità di rappresentazione grafica del grado di pericolo, specie in primavera quando vi è una variabilità giornaliera (in genere un aumento nelle ore pomeridiane).

Si è convenuto che nelle rappresentazioni grafiche del pericolo devono essere riportati la quota, l'esposizione e l'andamento quotidiano con l'aiuto di freccia o due mappe.

Nella terza sessione sull'armonizzazione dei bollettini valanghe sono state presentate delle nuove icone esplicative del grado di pericolo, destinate all'informazione di massa e utilizzate già in Canada. A

livello sperimentale verranno utilizzate nel prossimo inverno in alcuni prodotti pubblicati dell'SLF.

Sono stati presentati poi alcuni esempi guida (in formato ppt) illustranti le varie situazioni dei gradi di pericolo. Sono state scelte:

per il grado 1, una situazione tipo proposta dall'Italia;

per il grado 2 una situazione proposta dalla Baviera;

per il grado 4 una situazione proposta dalla Svizzera;

e, per il grado 5, la tragica situazione dell'inverno 1999 in Austria.

Queste presentazioni saranno presto scaricabili sia dal sito www.avalanche.org sia da www.aineva.it

Sono ancora in fase di discussione il grado 3, le situazioni di pericolo di grado 4 con valanghe che interessano il fondovalle oppure senza valanghe ma con una instabilità latente generalizzata e le situazioni primaverili.

E' stato infine annunciato che:

- il Glossario internazionale verrà ampliato con nuovi 30 vocaboli
- in Svizzera le consultazioni al numero 187 sono in forte diminuzione e si sta pensando alla diffusione delle informazioni con altre tecnologie telefoniche (SMS, MMS, etc.)
- il CD White Risk è ora disponibile, oltre che in lingua tedesca e francese, anche in inglese e che è in via di realizzazione anche la versione in lingua italiana.

Nella sessione "Sistemi informativi e nuove tecnologie", sono stati presentati il modello meteorologico MetGis, il progetto Europeo per la Rete di stazioni meteorologiche automatiche in Slovacchia e in Polonia, la struttura XML-File dei bollettini dell'Austria, un programma su internet per l'invio dei profili di neve all'SLF per l'archiviazione, denominato Snowprofiler e Snow PAD, il software italiano per la trasmissione dei profili del manto nevoso via SMS.

L'organizzazione del meeting curata dall'ing. Ján Peo, capo del servizio del soccorso alpino HZS-SLP, è stata accogliente e impeccabile.

Una lettera di ringraziamento è stata inviata anche dall'Italia per lo sforzo prodotto nell'organizzazione e per mettere a disposizione di tutti i relatori e auditori la traduzione simultanea in tedesco, francese, inglese, slovacco e italiano.

Il prossimo meeting si terrà ad Innsbruck nel 2009.

Mauro Valt

Coordinatore Gruppo Previsori AINEVA





Le previsioni meteo al Biathlon 2007

Quale sarà la temperatura durante la gara? Ci saranno delle neviccate? E quali saranno le condizioni di visibilità al poligono di tiro? Tre volte al giorno, per tutta la durata dei Campionati Mondiali di biathlon, il Servizio meteorologico dell'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano ha fornito ad atleti e tecnici delle varie nazioni partecipanti, previsioni meteo aggiornate e dettagliate.

Dal 2 al 11 febbraio 2007, nella Valle di Anterselva, nella zona nordorientale dell'Alto Adige, si è svolta un'importante manifestazione sportiva, i campionati del Mondo di Biathlon 2007. Da anni l'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano collabora con l'Ente organizzatore della gara ad Anterselva fornendo un supporto previsionale meteo, per il quale è stata installata una specifica postazione di lavoro nell'Ufficio Gare (Race Office). Nella centrale operativa dell'Ufficio Idrografico sono state installate delle procedure automatiche per la ricezione di diversi dati meteorologici indispensabili all'elaborazione della previsione.

Tramite un Server FTP il meteorologo ha avuto a disposizione, sul sito della manifestazione sportiva, i dati dei Modelli ECMWF (Modello del Centro Europeo per la previsione), GME (modello del Servizio Meteo Germanico DWD), aLMo (modello locale di Meteo Svizzera). Per la previsione a medio termine è stato creato un meteoграмма con i dati EPS (Ensemble Prediction System) dell'ECMWF.

Per la valutazione della situazione attuale ad Anterselva, sono stati spediti ogni 15 minuti anche i dati del satellite MSG (Meteosat Second Generation) del RADAR meteorologico del Monte Maccaion e delle stazioni meteo provinciali. Il meteorologo di servizio all'Ufficio Gare disponeva di una pagina Intranet, dalla quale poteva accedere a tutte le altre informazioni meteorologiche.

Per il monitoraggio costante della situazione meteorologica nella zona della manifestazione, è stata installata una stazione per misurare alcuni parametri vicino al tracciato delle gare. Si misurava la temperatura attuale dell'aria, la temperatura della neve, l'altezza della neve fresca e un piccolo datalogger salvava ogni 10 minuti la temperatura dell'aria e l'umidità relativa. I dati venivano poi pubblicati su

una bacheca vicino all'Ufficio Gara. Quotidianamente sono stati elaborati tre bollettini con caratteristiche di specificità per le gare di biathlon, forniti agli organizzatori e a tutte le squadre presenti. Questi bollettini erano di basilare importanza per la programmazione delle gare e per i diversi utenti sul posto (OK Team, atleti, organizzazione, protezione civile). Il primo bollettino veniva emesso alle ore 08:00, il secondo alle 12:00 e il terzo alle 16:00. I bollettini contenevano informazioni per i prossimi cinque giorni riguardo le temperature minime e massime, la probabilità di precipitazione, il limite delle neviccate, la quantità di neve fresca prevista in 24 ore, il vento ed il tipo di tempo previsto.

I bollettini sono stati pubblicati anche con un testo informativo trilingue (tedesco, italiano ed inglese).

Tutte queste informazioni sono state rese disponibili anche su "video wall", uno schermo gigante, per il pubblico che assisteva agli eventi.

dott. Günther Geier

meteorologo dell'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano



Rendiconto Nivometeorologico della Regione Autonoma Valle d'Aosta

E' prevista entro fine anno la pubblicazione del Rendiconto Nivometeorologico per le stagioni invernali 2005/2006 e 2006/2007.

L'iniziativa è promossa dall'Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche - Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche - direzione Tutela del Territorio - Ufficio Neve e Valanghe della Regione Autonoma Valle d'Aosta, con la collaborazione dell'Università degli Studi di Torino, D.Va.P.R.A. - Laboratorio Neve e Suoli Alpini.

Si ripristina così una tradizione dell'Ufficio Neve e Valanghe della Valle d'Aosta nata negli anni Ottanta e persasi nel decennio scorso, con l'intento di mettere a disposizione del pubblico uno strumento prezioso per tutti coloro che frequentano la montagna invernale ed intendono approfondirne la conoscenza.

Nei volumi verranno presentati i dati nivometeorologici e le relative elaborazioni utili a fornire i tratti essenziali di un'intera stagione invernale. Il lettore potrà appropriarsi, per motivi professionali, di studio e per semplice curiosità, di una notevole

mole di informazioni che altrimenti rimarrebbero confinate entro un ristretto ambito specialistico.

dott. geol. Massimo Pasqualotto

Direttore dell'Ufficio Valanghe di Aosta



Corso AINEVA Modulo 2a per il S.A.G.F. della Lombardia Bormio - aprile 2007

Si è svolto con soddisfazione da parte dei partecipanti il corso Modulo 2a AINEVA per Osservatore Nivologico organizzato presso il Centro Nivometeorologico di Arpa Lombardia di Bormio per il Soccorso Alpino della Guardia di Finanza. Al Corso in oggetto hanno partecipato 23 allievi finanzieri appartenenti alle quattro stazioni lombarde del Soccorso Alpino della G.d.F.: Edolo (Bs), Madesimo (So), Sondrio (So) e Bormio (So).

Durante le 5 giornate di lavoro i tecnici del Centro Nivometeo hanno trattato i temi inerenti la nivologia, la dinamica delle

valanghe, la meteorologia alpina, la cartografia delle valanghe e l'incidentistica. Sono state applicate le tecniche per i rilievi stratigrafici e penetrometrici ed utilizzati i modelli per la verifica del pericolo valanghe in aree omogenee.

La specifica preparazione professionale degli allievi ha consentito lo svolgimento di un corso di ottimo livello, che costituisce la base per la collaborazione futura nell'attività di monitoraggio della montagna invernale, come auspicato nella recente convenzione AINEVA - SAGF.

Flavio Berbenni

Direttore del Corso



	Autonome Provinz Bozen Hydrographisches Amt Wetterdienst		Provincia Autonoma di Bolzano Ufficio Idrografico Servizio meteorologico	
IBU BIATHLON WORLD CHAMPIONSHIPS 2. - 11.02.2007				
07.02.07 12:00				
Prognose: Feuchte Luftmassen strömen aus südwestlicher Richtung nach Südtirol herein. Tagsüber ist es heute bewölkt mit kurzen Auflockerungen, am Nachmittag ziehen vermehrt Wolken auf und gegen Abend ist erneut leichter Schneefall möglich. Am Donnerstag tagsüber oft bewölkt aber trocken, erst am Abend ist mit neuerlichem Schneefall zu rechnen. Etwas mehr Sonne gibt es am Freitag.	Previsione: Masse d'aria umida affluiscono da sudovest verso l'Alto Adige. Durante il giorno il tempo sarà nuvoloso con brevi schiarite, nel pomeriggio le nuvole diventeranno più fitte e verso sera saranno ancora possibili delle deboli neviccate. Giovedì il tempo sarà nuvoloso, solo alla sera inizierà di nuovo a neviccare. Per venerdì è previsto tempo più soleggiato.	Forecast: Humid air masses are flowing from south-western direction towards South Tyrol. During the day the low stratus fields will persist with sunny spots, in the afternoon the clouds will become denser. In the evening light snowfall will be possible again. On Thursday often cloudy but dry, in the evening snowfall will start again. More sun is expected on Friday.		
	Mitwoch 07.02. mercoledì	Donnerstag 08.02. giovedì	Freitag 09.02. venerdì	Tendenza - tendenza Sabato 10.02. sabato
	Sonntag 11.02. domenica			
Wettertyp Tipo di tempo				
Niederschlags- wahrscheinlichkeit Probabilità di precipitazioni	3	2	1	0
Schneefallgrenze [m] Limite delle neviccate [m]	900	1000	1000	Limit of snowfall [m]
Neuschneezuwachs [cm] Neve fresca [cm]	1-3	3-10	0-3	Fresh snow [cm]
Wind [km/h] Vento [km/h]	0-10	5-15	0-10	Wind [km/h]
Maximum Temperaturen [°C] Temperature massime [°C]	1	1	2	Maximum temperature [°C]
Minimum Temperaturen [°C] Temperature minime [°C]	-4	-5	-3	Minimum temperature [°C]
* Niederschlags- wahrscheinlichkeit	* Probabilità di precipitazioni	* Probability of precipitation		
sehr geringe Wahrscheinlichkeit	0	probabilità molto bassa	very low probability	
geringe Wahrscheinlichkeit	1	probabilità bassa	low probability	
mittlere Wahrscheinlichkeit	2	probabilità media	rather probable	
hohe Wahrscheinlichkeit	3	probabilità alta	very probable	
www.provinz.bz.it/wetter		www.provincia.bz.it/meteo		
meteo@provinz.bz.it		meteo@provincia.bz.it		
Info: +39-0471-271177		Info: +39-0471-271177		
Tel: +39-0471-414740		Tel: +39-0471-414740		

ABSTRACT

LITGHNING PHENOMENA

M. Bernardi

Lightning has always been one of the most dangerous meteorological phenomena for human activities in general, and for activities outdoor and in the mountains in particular [1]. In the light of that, this article illustrates the dangers from lightning for people operating in the mountains.

Lightning is very often considered a corollary of a storm, a more important phenomenon, and as a result studies mainly focus on the latter, which is examined by several scientific branches. Actually, lightning is a complex phenomenon and can be analysed and understood only on a scientific base. Lightning, its genesis and characteristics were first dealt with by specialists since the 18th century with the first experiments on the lightning electrical properties. Today, thanks to the modern technologies and the several achievements reached in analysing this phenomenon, it is possible to know a lot more about the fundamental characteristics of lightning and even follow in real time the presence of discharges

The article will attempt to offer a concise description of the lightning characteristics,

which readers could consider a first introduction and, maybe, an incentive to examining this phenomenon more closely.

SNOW ON THE ITALIAN ALPS WINTER 2006-2007

M. Valt

The 2006-2007 winter season was characterised by scarce snow precipitations, mild temperatures and important wind phenomena.

The particularly mild temperatures at all altitudes conditioned the type of precipitations, with winter rains occurring even up to 3,000 m of altitude. In most of the Alps, the last meteorological winter (December-January-February) was the mildest one since 1920. And the relatively high temperatures also determined frequent phenomena of anticipated melting of snowcover, and thus in some sample areas the presence of permanent snow on ground was 30-45 days lower than the average, underlining an ongoing negative trend since the late 1980s. Lack of snow was particularly remarkable in autumn and early winter (November - 90% snowfall than average, December -25/-60%) and in April (-80%). January recorded scarce

snowfalls mainly in Western Alps, while March recorded more intense snowfalls on the whole of Southern Alps and particularly in Eastern Alps. This variation of precipitations also determined a particularly pluviometric balance (rain + melted snow) on the Western Alps and a normal or positive balance for some areas (Dolomites) of Eastern Alps.

Shortage of snowfalls, other than showing monthly characterization, also showed altimetrical characterization, with shortage rates of more than 40% up to 1,800 m of height in Western and Central Alps and of 25% beyond 2,100 m of altitude in all the sectors. The only area with a limited deficit was observed to correspond to the Dolomites, where January, March and May precipitation contributed to containing the end of season final deficit. Yet, in this area, too, like in the rest of the Alps, shortage of snow in autumn and early winter did not allow for the formation of a permanent snowcover, with negative repercussions on skiing activities in winter and on water availability in spring. Last but not least, the particular pressure configurations that have succeeded in the Alps range throughout winter resulted in strong winds, especially after snowfalls, with a general redistribution of snow and the formation of large wind eroded zones and foehn winds in the valley bottom, with resulting melting of residual snow.

NO SIGNAL FROM WERNER M. The Frankbachtal avalanche accident

W. Beikircher

The avalanche accident occurred last 19 February 2005 in the Aurines Alps could have been an accident just like many others, which are numerically included in national and international statistics and which then inevitably lose their details in their following processing.

Thanks instead to the meticulous work of reconstruction and analysis carried out by Werner Beikircher and several favourable circumstances, it was possible to deal with and closely examine several important medical-pharmacological considerations, rescue methods, and protocols for terrestrial rescue teams and air crew. Therefore the accident takes on an important value in didactic terms and in the tragedy offers a very useful contribution to the complex world of alpine rescue, which constantly

aims at improving technical training for the many specialists who work in close synergism to help and if possible rescue people in trouble in the mountain.

The publication of this article offers to me the opportunity to say thank, probably also in the name of many readers of this magazine, to those wonderful people from the alpine rescue service I had the chance to know and appreciate during five years of activity within the CISA-IKAR avalanche commission for their steady commitment.

THE LISA RADAR SYSTEM FOR AVALANCHES System from CCR of Ispra monitors the Olen valley at Alagna Valsesia

G. Antonello, A. Martinez-Vazquez, J. Fortuny-Guasch, M. Freppaz e M. Maggioni

The LISA (LInear SAR) system has been projected and developed at the JRC Ispra in the middle '90s. It is a Ground-Based Synthetic Aperture Radar, a kind of Radar with 2 or 3 antennas sliding along a rail, getting the same image of the target as one generated by a big Radar with an antenna long as the rail. First it was used to study building and structures deformation, but soon the main application of this technology began to be landslide monitoring. After the testing phase and the following application to monitor the Stromboli volcano after its eruption in 2003, the research had to be re-aimed to a new application, that was identified in the avalanches monitoring. A 3 years campaign at the SLF avalanche test site in the Valleé de la Sionne (Canton Valais, CH) was performed, acquiring information and data about snow surface variations. Then, since March 2006, a new smaller system (with a 2 m rail), was built for the avalanche monitoring in the Vallone dell'Olen, in the MonterosaSki resort at Alagna Valsesia (VC, Italy). After some months of test, the system was fully operative in 2006-2007 winter season, producing more than 50000 images. The main goal of the campaign is to understand if the instrument could be used in supporting the security management of a ski resort, providing real time data about avalanche events. Another important feature of the LISA system emerged with the collaboration between the JRC and the Di.Va.P.R.A. of the University of Turin: its joint use with the local



snow and meteo survey might reciprocally validate the data and improve the knowledge of avalanche process. Moreover, it could be used to update the database of the avalanche prone areas. First results are encouraging and demonstrating the validity of the methodology and of the collaboration established by the groups involved.

During the summer season 2006 a measure campaign has took place at the Bors glacier using the same LISA system. Some expected seasonal variations have been detected, showing a general retreat of the glacier. Another summer campaign is planned for the summer 2007, in order to have a longer time serie.

WINTER MANAGEMENT OF ROADS IN THE ALPINE ENVIRONMENT **The experience of the Trento autonomous province**

F. Bolego

In the light of the climate and orographic

characteristics of the territory, the common good, the presence of numerous and important winter tourist resorts at altitudes of more than 1,000-1,200 m asl, which are the source and destination of major vehicle flows, winter maintenance of the road network within its scope is of particular importance for the autonomous province of Trento (PAT). Starting from the analysis of the chemical and physical behaviour of the thawing salt used for roads and on the basis of the experience matured by the road management service of the Trento province, the article illustrates the information criteria, the organisation and evolution of the winter road maintenance service: since the 1960s, the availability of more and more reliable weather forecast reports and the progressive diffusion of automated and electronically controlled systems have allowed for a significant reduction in the amount of chemical ice-thawing agents used, while improving the effectiveness of treatments. Last but not least, the article presents the "Coordination plan for the

management of critical situations of roads in case of intense snowfalls", as carried out by PAT in line with the information criteria and indications from the provincial warning organisation (SAP) with the aim of ensuring efficient synergism between different organisations of the Trento autonomous province, the police force and the organisation of voluntary firemen.

IDENTIFICATION OF POTENTIAL AVALANCHE RELEASE AREAS **Preliminary results from the implementation of an automated GIS procedure in the Aosta Valley**

M. Maggioni, M. Freppaz e M. Bergero

In Alpine regions, there exist different tools to represent areas endangered by avalanches. The basic information behind these maps are data about historical avalanche events.

There are well-known avalanche paths and well-know safe zones. However, there

exist some avalanche prone areas with no record of past avalanches.

In this work, we aim to identify potential avalanche release areas (PRA) by the information about historical events, by data collected during the surveys of winter 2005-2006 and by an automatic procedure for the definition of the PRA. The automatic procedure was developed in a GIS at the SLF (Davos, CH) and is composed of simple steps that select the cells of the DEM on the basis of their topographical features, such as slope and aspect, in order to define zones characterized by avalanche prone characteristics.

In the study area, the comparison of the results of the automatic procedure, of the historical events and of the avalanches recorded during winter 2005-2006 has shown a good agreement.

In conclusions, the application of the automatic procedure results a valuable help for an expert who has to assess the avalanche danger in areas with no historical data.

Alpinismo
Speleologia
Escursionismo
Trekking
Scialpinismo

Materiali nivometeo 

Attrezzature per lavori in altezza

ASPORT'S MOUNTAIN EQUIPMENT

il tuo negozio di sport



UOMINI & TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE



Trasce.com

Raccogliere dati dal territorio in modo costante e preciso. Trasmetterli in tempo reale. Elaborarli con potenti software. Archivarli con efficacia e sicurezza. È questo che fa un sistema di monitoraggio efficiente, necessario per la sicurezza di tutti. **È questo che fanno i sistemi CAE, anche nelle condizioni più critiche.**

 **CAE**
monitoring your world.

SISTEMI E SOLUZIONI PER IL MONITORAGGIO IDROMETEOROLOGICO

Via Colunga, 20 - 40068 - San Lazzaro di Savena (BO) - Italy - www.cae.it sales@cae.it - tel. +39 051 4992 711 fax +39 051 4992 709

UOMINI & TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE



Trasce.com

Raccogliere dati dal territorio in modo costante e preciso. Trasmetterli in tempo reale. Elaborarli con potenti software. Archivarli con efficacia e sicurezza. È questo che fa un sistema di monitoraggio efficiente, necessario per la sicurezza di tutti. **È questo che fanno i sistemi CAE, anche nelle condizioni più critiche.**

 **CAE**
monitoring your world.

SISTEMI E SOLUZIONI PER IL MONITORAGGIO IDROMETEOROLOGICO

Via Colunga, 20 - 40068 - San Lazzaro di Savena (BO) - Italy - www.cae.it sales@cae.it - tel. +39 051 4992 711 fax +39 051 4992 709