

e Neve Valanghe

n° 65 - dicembre 2008

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*



CISA IKAR 2008

Progetto HYDRO2007

SIRIO-IHR - Conoscere per decidere

**Modello per il calcolo dinamico
delle valanghe di neve densa**

**Analisi su opere passive di valanghe
di neve densa**

Il vento in Val di Susa

Strategie di protezione "attiva" dei ghiacciai



Alpinismo
Speleologia
Escursionismo
Trekking
Scialpinismo
Materiali nivometeo 
Attrezzature per lavori in altezza

ASPORT'S MOUNTAIN EQUIPMENT

il tuo negozio di sport



Quartier Carducci, 141 - Chies d'Alpago (BL) - Tel.0437 470129 - Fax 0437 470172 - info@asport-s.com - www.asport-s.com



www.aineva.it



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

REGIONE PIEMONTE

ARPA Piemonte
Area Previsione e Monitoraggio Ambientale
Via Pio VII 9 - 10135 TORINO
Tel. 011 19681340 - fax 011 19681341
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 011 3185555
<http://www.arpa.piemonte.it>
Televideo RAI 3 pagina 517
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. Amèrique 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 520
e-mail: g.peretti@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Dipartimento Protezione Civile
Ufficio Previsioni e Organizzazione
Via Vannetti 41 - 38100 Trento
Tel. 0461 494870 - 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 Nivometeorologica
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
Servizio Territorio Montano e Manutenzioni
Ufficio valanghe
Via Sabbadini 31 - 33100 UDINE
Tel. 0432 555877 - Fax 0432 485782
Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 800860377 (in voce e self fax)
<http://www.regione.fvg.it/asp/newvalanghe/>
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

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.



Periodico associato all'USPI



Unione Stampa Periodica Italiana

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 2008: 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:

Valerio SEGOR,
Alberto TRENTI, Stefano BOVO,
Francesco SOMMAVILLA,
Luciano DAVANZO, 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: Alfredo Praolini
Lodovico Mottarella: 1, 2, 4, 53, 54, 55, 56,
57, 59, 67
Alfredo Praolini: 37, 39, 40, 41
Rip. Opere Idrauliche Bolzano: 25, 26, 27, 28,
29, 30
Ufficio Idrografico Bolzano: 15, 20, 21, 22, 23
Stefano Pivot: 6, 7, 10, 13, 66
Giovanni Peretti: 32, 33, 34
Paolo Scotton: 44, 45, 46, 47
Eraldo Meraldi: 42, 43
Com. Glaciologico Italiano: 60, 62, 63

Hanno collaborato a questo numero:

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

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

I dati forniti dagli abbonati e dagli inserzionisti ven-
gono utilizzati esclusivamente per l'invio della pre-
sente pubblicazione (D.Lgs.30.06.2003 n.196).



6



14



24



32



42



52



58

6 CISA IKAR 2008

■ S. Pivot

14 PROGETTO HYDRO2007 UNA RETE RADIO DATI

■ M. Pernter

24 SIRIO-IHR CONOSCERE PER DECIDERE

■ P. Macconi

32 MODELLO PER LA DINAMICA DELLE VALANGHE DI NEVE DENSA

■ E. Arena, Lo Riggio, M. Mura, D. Bocchiola,
M.C. Rulli, R. Rosso

42 OPERE PASSIVE PER VALANGHE DI NEVE DENSA

■ P. Scotton, F. Moro

52 IL VENTO IN VAL DI SUSA

■ S. Fratianni, B. Cagnazzi, R. Cremonini

58 STRATEGIE DI PROTEZIONE "ATTIVA" DEI GHIACCIAI

■ G. Diolaiuti, C. Smiraglia, E. Meraldi



Una semplice domanda, non solo agli addetti ai lavori ma anche agli amministratori di montagna ai vari livelli ed ai politici (anche loro ai vari livelli): in Italia siamo preparati per affrontare una possibile fase nivometeorologica eccezionale, di quelle con Grado di Pericolo 5 – Molto Forte – della Scala Europea del Pericolo di Valanghe che magari dura per più giorni ?

Ci sono gli strumenti, tecnico-procedurali ma soprattutto legislativi?

Siamo nel 2009... quest'anno cade il decimo anniversario delle catastrofiche valanghe che, soprattutto al nord delle Alpi in Francia, in Svizzera ma in particolare in Austria, hanno spazzato via paesi e interrotto vie di comunicazione con decine di vittime e feriti.

I 31 morti il 24 Febbraio 1999 a Galtuer, piccolo paese del Tirolo Austriaco, sono ancora vivi nella memoria non solo di chi studia la problematica delle valanghe e proprio a Galtuer si terrà dal 18 al 20 Giugno prossimo venturo un importante Convegno Internazionale dal titolo "Valanghe dell'inverno 1999: esperienze e conseguenze nelle Alpi".

Fortunatamente, il Periodo di Ritorno (cioè l'intervallo di tempo che passa tra il succedersi di un evento ed il suo ripresentarsi) di eventi valanghivi catastrofici su una certa area di montagne dell'arco alpino è abbastanza lungo, dell'ordine di almeno 30-40 anni o più... quindi non dobbiamo preoccuparci sino, almeno, al 2030-2040 ? Le statistiche insegnano: si può stare senza vedere un evento per 100 anni e poi vederne tre di fila in tre anni.

In Lombardia, alla fine di gennaio del 1986, successe un episodio importante che passò totalmente inosservato, in quanto non ci furono, casualmente, vittime. Erano giorni e giorni che nevicava intensamente e da tutta la cresta del Grignone, la montagna che domina Lecco, si staccò un'enorme valanga nubiforme (3 chilometri di fronte) che, scendendo a folli velocità (oltre 250 Km/ora) investì e rase al suolo il Rifugio Mario Tedeschi al Pialler, solida struttura in pietra costruita all'inizio dello stesso secolo. In quel momento nel Rifugio non si trovava nessuno. Dopo poche ore sarebbe stato pieno di decine di persone: stavano salendo infatti i custodi ed il personale per aprirlo e per preparare una cena per i soci della proprietaria Società Escursionisti Milanesi (S.E.M.).

Sarebbe stato un disastro... tutti avrebbero perso la vita in quello che sarebbe stato l'incidente da valanga (conosciuto) più grave di tutte le Alpi. Triste primato per la Lombardia.

La Società proprietaria avrebbe voluto ricostruire in zona il Rifugio. Insistette fino al 1992, ma l'allora Nucleo Previsione e Prevenzione Valanghe della Regione Lombardia (oggi Centro Nivo-Meteorologico di ARPA Lombardia, n.d.r.) fece considerazioni tecniche e relazioni negative che non ne condividevano la ricostruzione né in quel punto, né in aree limitrofe.

Sentirsi dire di no ad una richiesta alla quale ci si tiene (per motivi storici e di affetto, soprattutto) non è mai gradito, ma bisogna avere il coraggio delle proprie azioni.

Nel febbraio 2009 la valanga del Grignone scese di nuovo, sempre nubiforme (fu anche filmata e presentata al mondo su Youtube, proprio dall'ex gestore del Rifugio stesso), ma sulla sua strada non trovò più nulla. E sono passati poco più di vent'anni.

Non vado oltre, altrimenti rischia di diventare la solita "morale".

Però non sarebbe male che, ai livelli giusti, si prendesse coscienza di questo problema che, un giorno o l'altro, potrebbe diventare molto serio anche proprio sulle montagne di ognuno di noi... a meno di affidarsi al destino... la speranza è sempre l'ultima a morire, dopotutto... e, a proposito di "sperare", speriamo che non muoia proprio in valanga.

Dott. Geol. Giovanni Peretti

Il Direttore Responsabile

CISA IKAR 2008

Stefano Pivot
Ufficio Neve e Valanghe
Direzione Tutela del Territorio
Regione Autonoma Valle d'Aosta

L'annuale congresso della commissione internazionale del soccorso alpino CISA-IKAR si è svolto alle pendici del Monte Bianco nella cittadina francese di Chamonix.

La CISA-IKAR, con le sue commissioni medica, terrestre, aerea e valanghe, è una piattaforma di lavoro internazionale che favorisce l'incontro ad alto livello tra tecnici e produttori, al fine di migliorare le conoscenze e divulgare le innovazioni nel campo del soccorso.

L'associazione, fondata nel 1948 da 11 organizzazioni di 5 nazioni alpine, ha compiuto nel 2008 i 60 anni di vita, arrivando a comprendere 57 organizzazioni (che diventeranno 60 entro la fine dell'anno) di 31 nazioni.

Nel corso di questi sessant'anni, numerose nuove organizzazioni di soccorso hanno potuto approfittare delle esperienze acquisite ed utilizzare immediatamente tutte le conoscenze disponibili, soprattutto in relazione alle migliorie ed alle innovazioni delle tecniche e dei materiali.

Per contro, il presidente della CISA-IKAR Toni Grab ha riferito che negli ultimi anni si osserva una progressiva limitazione da parte di norme nazionali ed internazionali che restringono le possibilità di soccorso: in diversi casi i soccorritori non possono effettuare delle operazioni di soccorso, pur essendone capaci e disponibili, a causa di norme stabilite da altre organizzazioni, non specializzate nel soccorso in montagna.





INCIDENTI DA VALANGA

Durante i lavori della commissione valanghe, Clair Israelson (Canada) ha esposto i risultati finali dell'indagine statistica iniziata nel 2007 "Avalanche Prevention 'Best Practices' survey", compilata da vari rappresentanti di 11 nazioni con lo scopo di conoscere la situazione internazionale in relazione all'aspetto delle valanghe.

Copia del resoconto è disponibile (in inglese) sul sito AINEVA.

Successivamente, con l'invito del presidente della commissione valanghe Hans-Jurg Etter (Svizzera), ciascuno dei paesi presenti alla commissione valanghe ha esposto i dati relativi agli incidenti da valanga nella stagione 2007-2008.

Ricordo che la statistica CISA IKAR degli incidenti da valanga (vedi tabella di Fig. 1), diversamente dai dati raccolti dall'AINOVA, è relativa solo agli incidenti che hanno visto coinvolte le squadre del soccorso alpino, dettagliando unicamente gli incidenti mortali.

La stagione 2007-2008 è risultata in linea con il trend degli ultimi anni.

Lungo la dorsale alpina si è notata, in linea generale, una certa omogeneità nel numero degli incidenti e nei periodi in cui si sono verificati tra i paesi confinanti: segno evidente di una situazione nivometeorologica sostanzialmente identica tra le zone alpine dei paesi confinanti.

Si è posto particolare accento ad un fenomeno significativo della stagione passata: gli incidenti da valanga accaduti nel periodo estivo.

La Francia, nazione ospitante, ha dettagliato in particolare l'incidente verificatosi nel mese di agosto 2008 nel gruppo del Monte Bianco dove il crollo di un seracco, lungo la via normale di salita al Mont Blanc du Tacul (versante riprodotto nella foto di pagina 7), ha provocato il distacco di un lastrone nevoso che ha travolto numerosi alpinisti impegnati, nelle prime ore del mattino, alla salita del pendio.

Il soccorso è stato imponente sotto molti aspetti, mettendo a dura prova la mac-

china organizzativa sia per le condizioni fisiche (quota elevata, mancanza di luce per le prime ore del soccorso, zona esposta ad un ulteriore crollo di seracchi) che per le persone coinvolte (circa venti persone coinvolte e, soprattutto, un numero imprecisato e ben difficilmente quantificabile).

Purtroppo il resoconto finale è stato il decesso di 8 alpinisti che, nonostante fossero equipaggiati con l'ARVA, sono morti a causa dei traumi subiti nella caduta lungo il ghiacciaio sottostante.

Dal punto di vista dei materiali per il soccorso, i produttori - solitamente presenti e molto attivi al congresso CISA IKAR - hanno deluso le aspettative di chi si aspettava qualche innovazione consistente; sono state presentate alcune migliorie marginali e piccole modifiche non significative ai vari prodotti presenti sul mercato.

L'appuntamento è fissato per il Congresso CISA IKAR 2009 nella cittadina Svizzera di Zermatt.

Fig. 1

Paesi	Numero d'incidenti da valanga in cui sono intervenute squadre di soccorso	Numero d'interventi delle squadre di soccorso senza effettuare alcuna azione sulla valanga	Numero di soccorsi su valanga	Persone travolte dalla valanga	Persone salvate dalle squadre di soccorso (vive)	Persone ritrovate dalle squadre di soccorso (morte)	Persone decedute								
							Socialpinisti (o snowboarder)	Fuoripista (Freeride)	Sci in pista	Alpinisti (senza sci/snowboard)	Su vie di comunicazione	In edifici	Motoslitta	Altri	Totale
Andorra															
Bulgaria	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canada	17	21	23	32	11	17	5	0	1	3	0	0	7	2	18
Germania	-	-	-	-	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Spagna	5	5	2	11	1	6	3	3	0	0	0	0	0	0	6
Francia	46	9	37	75	46	29	14	3	0	12	0	0	0	0	29
Gran Bretagna															0
Islanda	3	3	3	3_5	3_5		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irlanda															0
Italia	-	-	-	80	-	17	8	4	0	1	0	0	4	0	17
Croazia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liechtenstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Norvegia	32	21	11	15	52	4	2	0	0	0	0	0	1	1	4
Austria			120		49	29	19	7	0	2	0	0	0	1	29
Polonia (TOPR)	5	2	3	5	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Polonia (GOPR)							1	0	0	0	0	0	0	0	1
Romania															0
Svizzera						11	4	2	1	3	1	0	0	0	11
Slovacchia	3			4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Slovenia	5	1	4	17	16	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Svezia															0
Rep.Ceca	2		2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA	-	-	-	-	-	-	9	6	1	1	0	0	12	7	36
Totale	118	62	205	242	181	117	-	-	-	-	-	-	-	-	156
Totale							68	25	3	24	1	0	24	11	156
percentuale							43,6	16,0	1,9	15,4	0,6	0	15,4	7,1	100,0

Incidenti da valanga nell'arco alpino italiano - Stagione 2007/2008

	DATA	LOCALITA'	PROV	CATEGORIA	GRADO PERICOLO	PRESENTI	TRAVOLTI	ILLESI	FERITI	MORTI
1	03/01/2008	Comprensorio Cimone - Valcava	MO	3	1	5	5	5	0	0
2	06/01/2008	Limonetto - Forte Pernante	CN	3	4	1	1	0	1	0
3	06/01/2008	Usseaux - Françoise Peloux	TO	1		6	1	1	0	0
4	06/01/2008	Val Biois - Forcella Pradazzo	BL	3	2	1	1	1	0	0
5	06/01/2008	Val Biois Laresei-C. Pradazzo	BL	3	2	1	1	1	0	0
6	12/01/2008	Val Federia - Livigno	SO	3	3	4	4	2	0	2
7	13/01/2008	Val Senales - Lazaun	BZ	3	3	3	1	0	1	0
8	13/01/2008	Dosso dei Galli - Collio Val Trompia	BS	8	4	11	11	7	0	4
9	13/01/2008	Doss de la Pésa	TN	3	3	2	1	0	0	1
10	13/01/2008	Colmenetta - Madesimo	SO	3	4	3	3	3	0	0
11	14/01/2008	Valsesia - Val Otro	VC	2	4	7	3	3	0	0
12	18/01/2008	Val Cantone - Livigno	SO	3		2	1	0	0	1
13	19/01/2008	Champorcher - Gran Comba	AO	3	3	1	1	1	0	0
14	20/01/2008	Arabba - Soura Sass	BL	3	4	2	1	1	0	0
15	17/02/2008	Monte Sirente - P.la Macerola	AQ	5	2	3	2	1	0	1
16	24/02/2008	Brusson - Palasinaz	AO	2	2	1	1	1	0	0
17	24/02/2008	Val Passiria	BZ	2	2	3	1	1	0	0
18	11/03/2008	Val Boite - Tofane F.la Rossa	BL	8	2	4	1	1	0	0
19	13/03/2008	Gran San Bernardo - Col Barasson	AO	1	3	7	1	0	1	0
20	15/03/2008	San Martino in Badia - Wasserscharte	BZ	2	2	4	1	1	0	0
21	25/03/2008	Courmayeur Dolonne	AO	3	3	2	1	0	1	0
22	26/03/2008	Ayas - Gran Cima	AO	2	3	6	1	0	1	0
23	26/03/2008	Val Cantone - Livigno	SO	3	3	3	1	1	0	0
24	29/03/2008	Val Senales - Val delle Frane	BZ	3	2	7	2	1	1	0
25	08/04/2008	M.Vallecetta - Bormio 3000	SO	3	3	1	1	1	0	0
26	12/04/2008	Bionaz-Rif. Nacamuli	AO	1	3	2	2	0	1	1
27	13/04/2008	Alpe Devero - Colle Marani	VB	1	3	3	3	1	2	0
28	16/04/2008	Adamello-Presena Cima Payer	TN	1	3	3	1	1	0	0
29	19/04/2008	Valle Stura - Testa di Costabella del Piz	CN	2	3	20	1	1	0	0
30	20/04/2008	Kasere - Valle Aurina	BZ	2	3	3	1	0	0	1
31	24/04/2008	Valgrisenche - Torrent du Geis	AO	1	3	30	1	0	1	0
32	30/04/2008	Valle Orco - Punta Basei	TO	1	2	6	6	0	1	5
33	06/05/2008	Valpelline - Rifugio	AO	1	2	5	1	0	0	1
34	10/05/2008	Monte Vettore - Grande Imbuto	AP	2		8	8	6	2	0
35	19/06/2008	Val d'Ayas - Castore	AO	5		5	5	0	5	0
36	15/07/2008	Val Ferret - M. Dolent	AO	5		3	3	0	3	0
TOTALE						178	80	42	21	17

- 1 - Sci alpinista in salita
- 2 - Sci alpinista in discesa
- 3 - Sciatore fuori pista
- 4 - Sciatore in pista
- 5 - Alpinista
- 6 - Persona su via di comunicazione
- 7 - Persona in abitazione
- 8 - Altre situazioni

BILANCIO DEGLI INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA STAGIONE 2007/2008

Tra il 1° ottobre 2007 e il 30 settembre 2008, l'AINEVA ha censito 36 incidenti da valanga che hanno coinvolto almeno una persona (tabelle di Figg. 2 e 3).

Tra questi 36 incidenti, 9 sono stati mortali, causando il decesso di 17 persone; cifre in rialzo rispetto alla stagione pre-

cedente 2006-2007 in cui si registrarono 5 incidenti mortali che causarono 6 decessi. Tra gli incidenti registrati spiccano due particolarità: l'incidente mortale a seguito dell'uso di motoslitte - tipologia d'incidente solitamente relegata alle regioni canadesi e statunitensi - e due incidenti estivi, per fortuna senza conseguenze mortali, evidenziando che il fenomeno valanghe non è relegato alla sola stagione invernale.

Seguono una serie di grafici, con un'analisi delle principali caratteristiche degli incidenti registrati (Fig. 4).

Analizzando le date degli incidenti, si può notare che buona parte di essi sono concentrati in sole 9 giornate (Fig. 5) durante le quali si sono verificati il 44% degli incidenti. In particolare il mese di gennaio ha registrato un totale di 14 incidenti (Fig. 6), arrivando al 39% degli incidenti dell'intera stagione.

Fig. 2

Alcuni numeri per gli incidenti da valanga nel periodo 2007-2008:

36 incidenti da valanga censiti

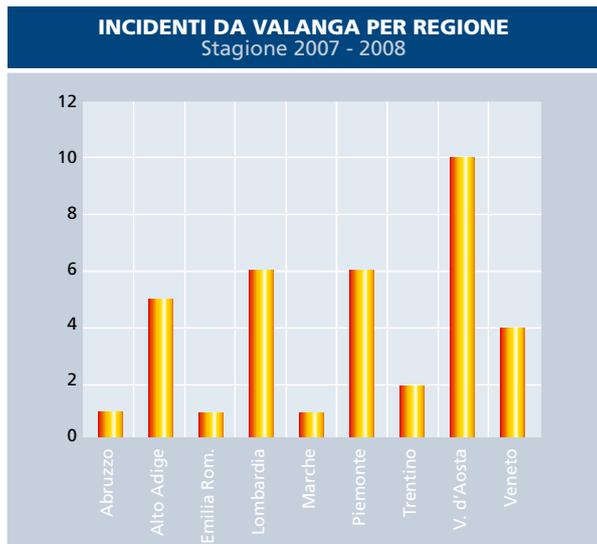
9 incidenti mortali

17 morti di cui:

- 8 morti nello scialpinismo
- 4 morti nello sci fuoripista
- 1 morto in alpinismo
- 4 morti per altre cause (motoslitte)

Fig. 3

Fig. 4



Giorni significativi della stagione 2007-2008	N° incidenti	% sul totale
6 gennaio	4	11%
dal 12 al 14 gennaio	6	17%
dal 18 al 20 gennaio	3	8%
dal 25 al 26 marzo	3	8%
Totale giorni	9	44%
100%	36	

Fig. 5

Fig. 6

	Abruzzo	Alto Adige	Emilia Rom.	Lombardia	Marche	Piemonte	Trentino	Valle d'Aosta	Veneto	Totale
Gennaio		1	1	4		3	1	1	3	14
Febbraio	1	1						1		3
Marzo		2		1				3	1	7
Aprile		1		1		3	1	2		8
Maggio					1			1		2
Giugno								1		1
Luglio								1		1
Totale	1	5	1	6	1	6	2	10	4	36

A seguire, in ordine decrescente, si registrano gli 8 incidenti nel mese di aprile, 7 nel mese di marzo e 3 nel mese di febbraio.

La maggior parte degli incidenti si sono verificati coi gradi di pericolo pari a 2-moderato e 3-marcato; 3 incidenti si sono verificati in un periodo in cui il bollettino non era stato emesso (nel periodo tardo primaverile - estivo).

Ecco i valori assoluti e le relative percentuali (Fig 7 e 8).

Gli scialpinisti sono stati coinvolti nel 44% degli incidenti della stagione (di cui il 50% in salita ed il 50% in discesa), per un totale di 33 travolti (di cui 16 in salita e 17 in discesa), mentre gli sciatori/snowboarder fuoripista sono stati coinvolti nel 42% degli incidenti per un totale di 25 travolti. Gli alpinisti sono stati coinvolti nell'8% degli incidenti, con 10 travolti (di cui 8 nel periodo prettamente estivo); da segnalare l'unico incidente che ha coinvolto alcune motoslitte, con 11 persone travolte (Figg. 9 e 10).

In relazione alle persone travolte, su un totale di 80, notiamo che il 53% non ha riportato alcuna conseguenza, mentre poco più di un quarto dei travolti è rimasto ferito e poco più di un quinto dei travolti è deceduto (Fig. 11).

In relazione al numero di travolti per ciascun incidente, vediamo che, nella grande maggioranza degli incidenti censiti, solo una persona è stata travolta (Fig. 12).

Analizzando i sepolti, senza distinzione tra illesi, feriti o morti, notiamo che solo l'11% degli incidenti ha avuto un seppellimento multiplo (ovvero ≥ 2 sepolti), mentre nel 31% degli incidenti solo una persona era sepolta e nel 58% dei casi non vi era alcun sepolto (nota: vedi definizione di sepolto).

Su un totale di 63 persone travolte, rimaste illese o ferite, poco più della metà (54%) è stata ritrovata in superficie e solo circa il 20% delle persone illese e ferite erano sepolte (Fig. 13).

Si può notare inoltre che il 63% degli illesi e feriti si è liberato da solo e solo il 14%

Fig. 7
Fig. 10

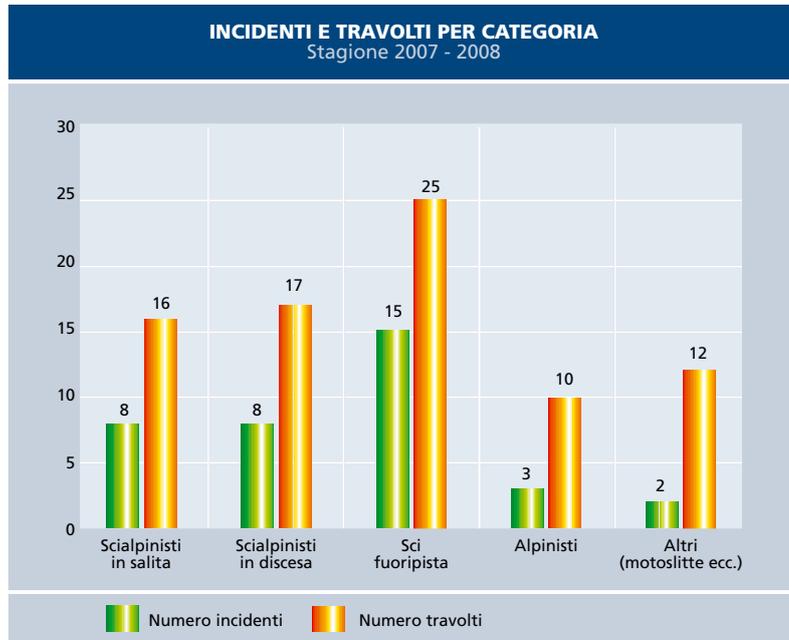
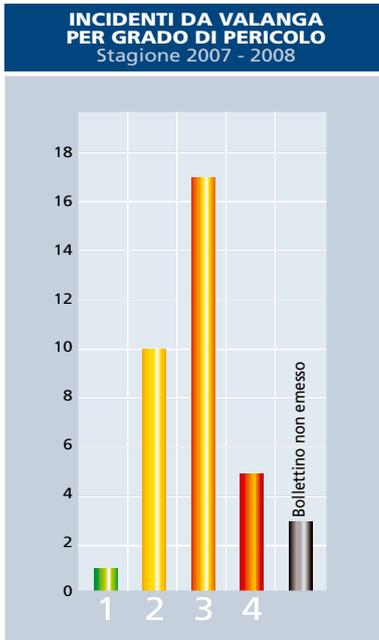


Fig. 8
Fig. 11

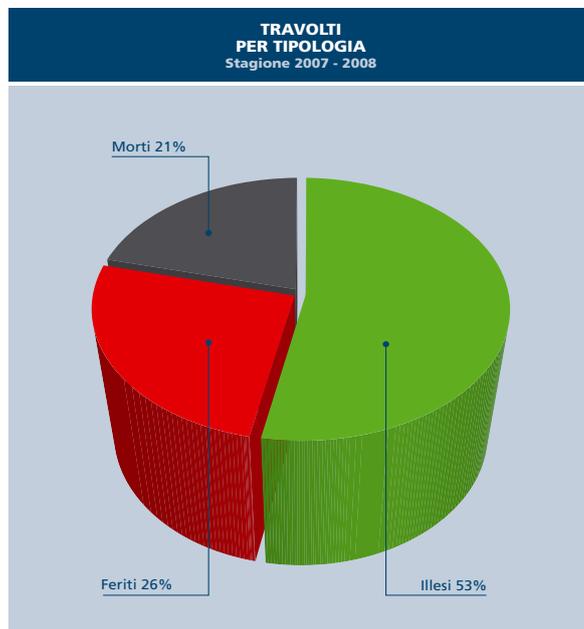
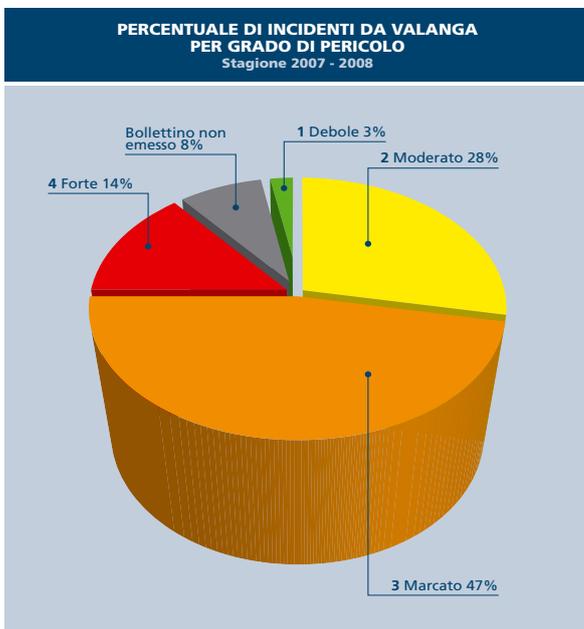


Fig. 9
Fig. 12

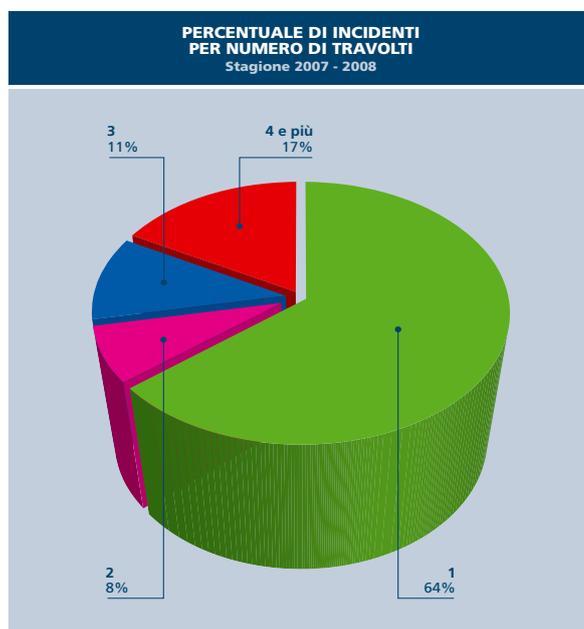
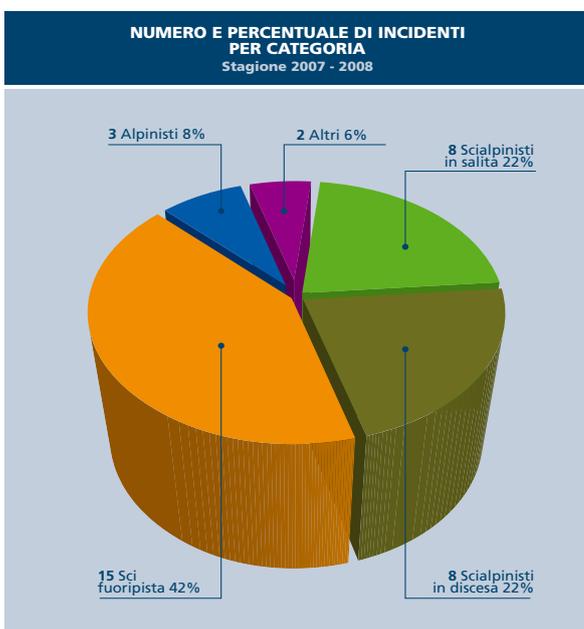
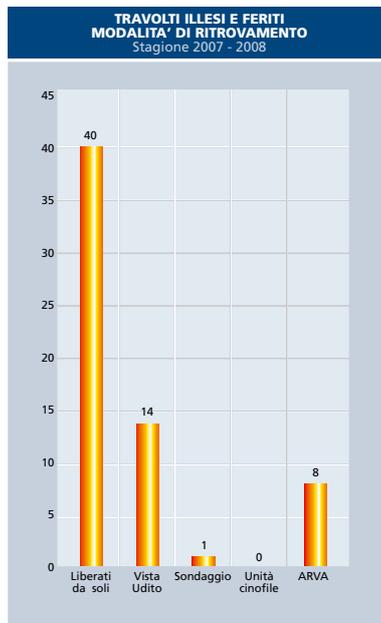


Fig. 14



è stato ritrovato con l'ausilio dell'arva e della sonda (Fig. 14).

Vediamo infine alcune caratteristiche fisiche delle valanghe provocate nella scorsa stagione per: inclinazioni medie dei pendii, esposizioni in cui si sono verificati gli incidenti, quote di distacco raggruppate in alcune fasce altitudinali (Figg. 15, 16 e 17).

FONTE DEI DATI

Questa raccolta dati si basa essenzialmente sulla collaborazione, consolidata nel corso di decenni, tra gli uffici provinciali e regionali AINEVA e le varie strutture del soccorso alpino e, per la parte appenninica, con Meteomont; con l'occasione AINE-

VA ringrazia tutte le persone che hanno contribuito a vario titolo.

I dati qui raccolti non sono immediatamente confrontabili con quelli raccolti da CISA IKAR, in quanto questi ultimi costituiscono un sottoinsieme della banca dati AINEVA.

Al fine di poter confrontare i dati degli incidenti da valanga a livello mondiale, CISA IKAR si prefigge di raccogliere i dati certi, e quindi tutti quegli incidenti in cui è intervenuto il soccorso alpino, dettagliando unicamente gli incidenti mortali a seconda della categoria di utenti.

AINEVA punta invece ad una conoscenza più ampia, che abbraccia non soltanto gli aspetti del soccorso, ma anche gli aspet-

Fig. 13
Fig. 15

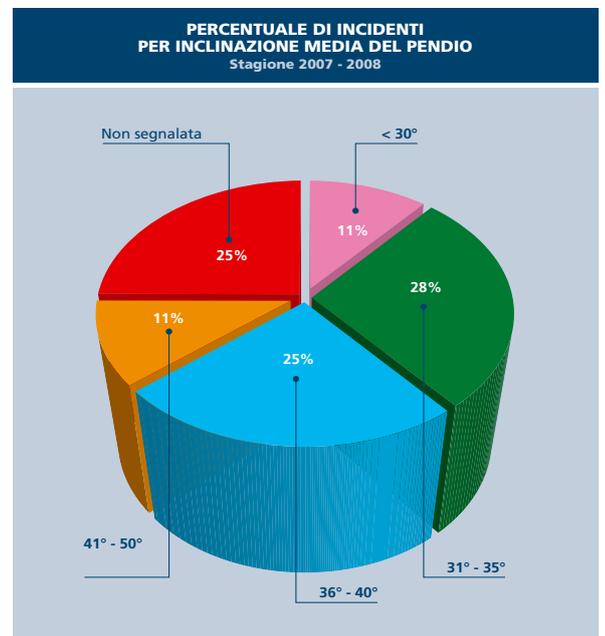
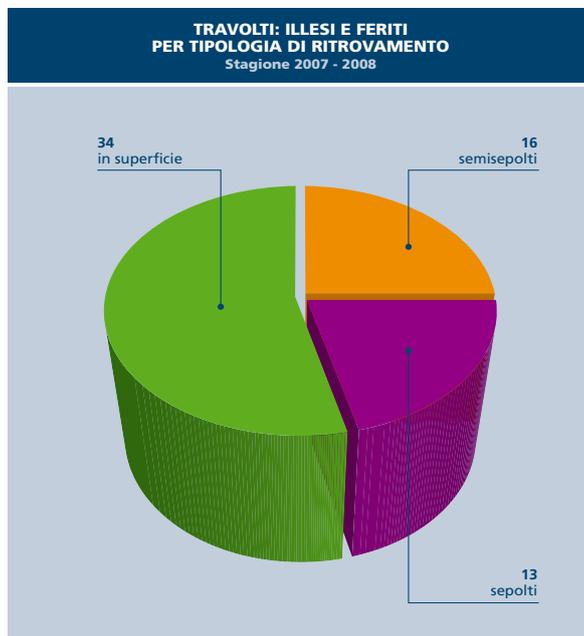
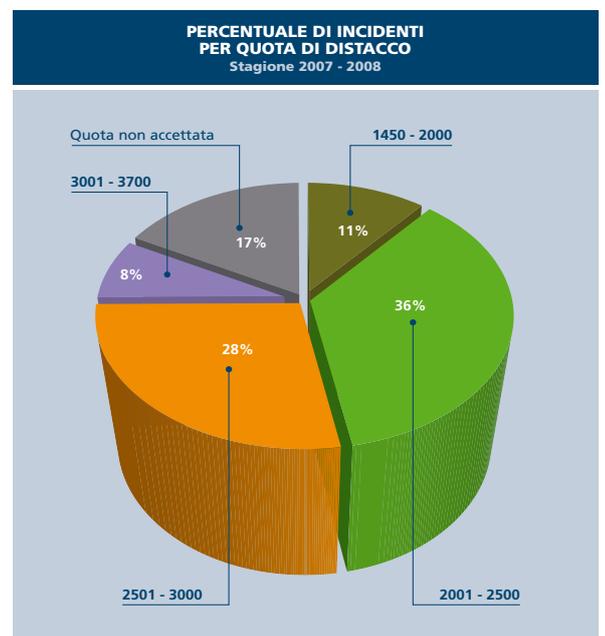
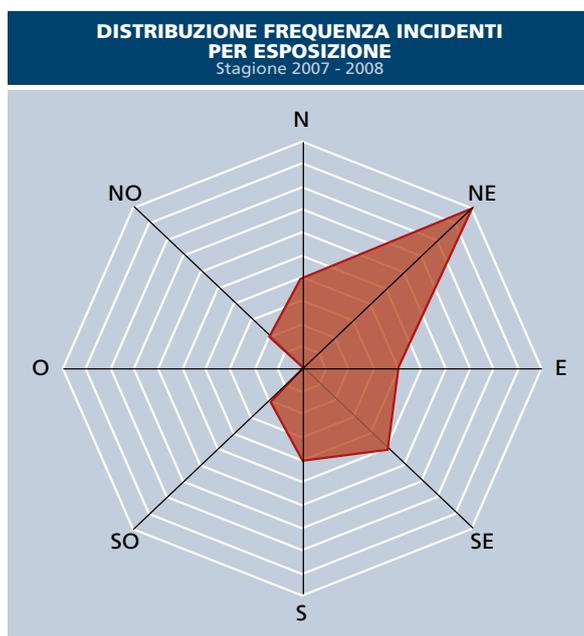


Fig. 16
Fig. 17



ti nivologici; pertanto sono raccolti tutti gli incidenti di cui si riesca ad avere una documentazione adeguata.

DEFINIZIONI

Al fine di poter analizzare meglio la banca dati AINEVA con i suoi pregi e difetti, è necessario capire le definizioni che stanno alla base della raccolta dati:

- Incidente da valanga: si intende qualsiasi situazione generata da un evento valanghivo che abbia prodotto il coinvolgimento di persone, anche qualora l'evento non abbia causato danni di rilievo.
- Persone presenti: è il numero accertato delle persone presenti sul luogo dell'incidente. E' un dato di difficile reperimento e pertanto è indicativo e, sovente, sottostimato.
- Persona travolta: quando il soggetto subisce un'azione non voluta.
- Persona sepolta: persona travolta, con la testa sotto la neve.



Commissione internazionale soccorso alpino (CISA-IKAR)

Dichiarazione CISA -ICAR-IKAR

(Commissioni Soccorso in valanga e Soccorso terrestre)

Compatibilità elettromagnetica degli apparati per la ricerca di travolti da valanga (ARTVA)¹

7 febbraio 2009

Considerato il pubblico dibattito in corso circa la compatibilità elettromagnetica² (EMC) di alcuni apparecchi per la ricerca di travolti da valanga, si stabilisce che:

1. Tutti gli apparati elettronici sono soggetti a compatibilità elettromagnetica. Sono possibili diverse interazioni quali, ad esempio, quelle derivanti da radiazione di onde elettromagnetiche, di campi magnetici statici o anche per la presenza di materiali con alta permeabilità magnetica nei pressi di un apparato.
2. Tali interazioni non sono limitate a certi prodotti di specifici costruttori; possono essere riscontrate fra tutti i prodotti con caratteristiche similari.
3. Tutti gli ARTVA usano antenne composte da una verga in ferrite circondata da una bobina. Tutte le antenne sono sintonizzate alla frequenza operativa nominale di 457 kHz. Ogni oggetto dotato di una permeabilità magnetica significativa che sia posto presso l'antenna di un ARTVA può alterare il segnale, riducendo le prestazioni dell'apparecchio sia in termini di potenza del segnale trasmesso sia di sensibilità ricettiva.
4. Alcuni prodotti utilizzano in combinazione un contatto a lamina e un dispositivo magnetico al fine di consentire una commutazione impermeabile tra le posizioni SPENTO - TRASMISSIONE - RICEZIONE. Questi apparati possono essere sensibili ai campi magnetici emessi da altri apparecchi, quali i piccoli altoparlanti delle radioline portatili, i microfoni esterni dei cellulari, ma anche i bottoni magnetici degli abiti o le targhette magnetiche applicate agli stessi. In ogni caso, queste interazioni sono limitate a distanze molto piccole, in genere al di sotto dei 10 cm. In caso di incidente da valanga la distanza tra un ARTVA e gli apparati interferenti può cambiare senza che ce se ne possa rendere conto. È molto semplice determinare attraverso prove la distanza minima al di sopra della quale non c'è interferenza.
5. Chi usa un ARTVA deve leggere attentamente le istruzioni fornite dal produttore e in particolare le informazioni relative alla compatibilità elettromagnetica.
6. Il miglior modo per evitare ogni problema di compatibilità elettromagnetica è quello di mantenere gli apparecchi separati gli uni dagli altri quanto più possibile.

¹ L'acronimo ARVA sino ad ora utilizzato come nome generico per indicare gli apparecchi per la ricerca delle vittime di valanga è marchio depositato della Option Industries, sussidiaria della NIC-IMPEX, che commercializza apparati caratterizzati dal nome proprio ARVA registrato (ARVA A.D.vanced; Arva Evolution+; Arva 3 axes). In Francia si usa la sigla DVA (Detecteur de Victime d'Avalanche). Propongo ARTVA (Apparecchio Ricerca Travolti Valanga).

² Il termine **compatibilità elettromagnetica (EMC)**, dall'inglese **Electromagnetic Compatibility**) si riferisce alla disciplina, nell'ambito dell'ingegneria elettrica ed elettronica, che studia la generazione, la trasmissione e la ricezione non intenzionali di energia elettromagnetica in relazione agli effetti indesiderati che queste possono comportare, con l'obiettivo di garantire il corretto funzionamento nel medesimo ambiente dei diversi apparati che coinvolgono fenomeni elettromagnetici nel loro funzionamento [...]. Fonte: http://it.wikipedia.org/wiki/Compatibilit%C3%A0_elettromagnetica; download 10/2/2009

PROGETTO HYDRO 2007 UNA RETE RADIO DATI

Martin Pernter
Ufficio Idrografico
della Provincia Autonoma di Bolzano

Le moderne tecniche di telecomunicazioni permettono di realizzare delle reti per dati via radio come alternativa alle grandi reti pubbliche per telefonia radiomobile. Il seguente articolo descrive la progettazione e realizzazione della nuova rete radio dati per la rete di misura di stazione nivometriche, meteorologiche ed idrometriche in uso dall'Ufficio Idrografico della Ripartizione protezione antincendi e civile della Provincia Autonoma di Bolzano. L'obiettivo di questo progetto è la realizzazione di una rete radio dati idonea per il maggior numero possibile di tipi di stazioni di rilevamento automatiche in uso dal nostro ufficio. Inoltre deve essere garantita una certa scalabilità della rete per implementazioni future.



SISTEMI PER L'INTERROGAZIONE DATI

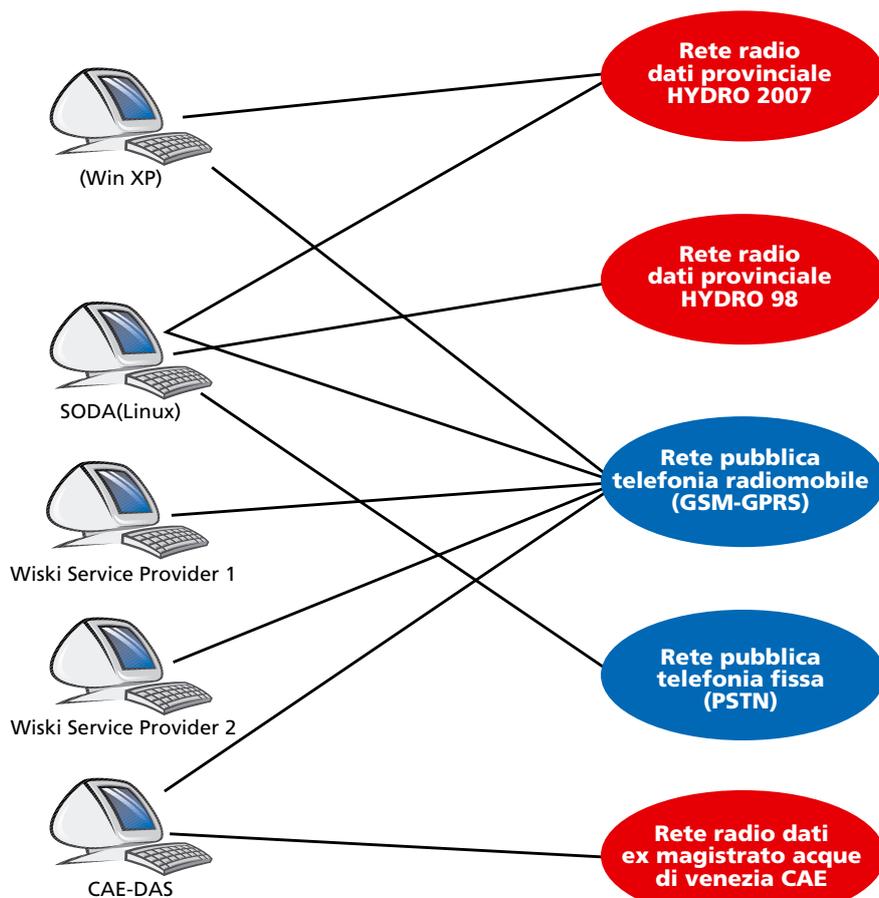


Fig. 1
Sistemi per
l'interrogazione dati.

CRITERI DI PROGETTAZIONE

La necessità di realizzare una nuova rete radio dati è nata principalmente dal fatto che l'Ufficio idrografico raggruppa i seguenti tre servizi: servizio prevenzione valanghe, servizio meteorologico e servizio idrografico.

Questi tre servizi a loro volta utilizzano un consistente numero di stazioni di misura, distribuite su tutto il territorio della provincia di Bolzano. Tutte queste stazioni hanno una loro storia, sono moderne e meno moderne, hanno diverse tipologie costruttive, fornitori diversi, e utilizzano differenti mezzi di comunicazione per il trasferimento dei dati.

Questa ampia diversità di stazioni in uso ha portato complessivamente all'esistenza di 5 reti di comunicazione dati con altrettanti sistemi per l'interrogazione dei dati stessi (Fig. 1).

L'utilizzo delle reti di comunicazione da parte delle stazioni è distribuito in seguente modo:

- 25 stazioni con rete radio HYDRO98 (intervallo di polling 30 minuti): rete radio dati non trasparente, difficilmente e solo parzialmente espandibile. Basso Bit-Rate ma buona copertura territoriale;
- 5 stazioni con rete telefonica fissa (intervallo di polling 30 minuti): elevati costi fissi e limitata possibilità di scelta dei siti da raggiungere;
- 37 stazioni con rete GSM (20 stazioni con intervallo di polling 30 minuti): elevati costi d'utilizzo e limitata affidabilità in caso di calamità;
- 9 stazioni con rete GPRS (GSM) (intervallo di trasferimento dati 10 minuti): bassi costi d'utilizzo e limitata affidabilità in caso di calamità;
- 18 stazioni con rete radio CAE (inter-

vallo di polling 30 minuti): rete radio dati proprietaria dedicata, non amministrabile e configurabile dall'utente, elevati costi di manutenzione.

A causa della mancata possibilità di espansione della rete radio dati HYDRO98, negli ultimi tre anni è stato fatto sempre più ricorso alla rete pubblica di telefonia mobile (GSM).

Nonostante il semplice "allacciamento" di una stazione alla rete GSM, emergono da questo due principali svantaggi:

elevati costi d'utilizzo e limitata affidabilità in caso di calamità.

Il primo è di natura economica e dunque di una certa rilevanza, trattandosi di una spesa di denaro pubblico.

Il secondo, invece, è legato alla funzione dall'Ufficio idrografico all'interno della Ripartizione protezione antincendi e civile.

In base alle considerazioni sopra elencate, alla nuova rete radio dati si richiedono i seguenti requisiti:

- Possibilità di essere interfacciata con tutte le stazioni esistenti e future in uso dall'Ufficio idrografico.

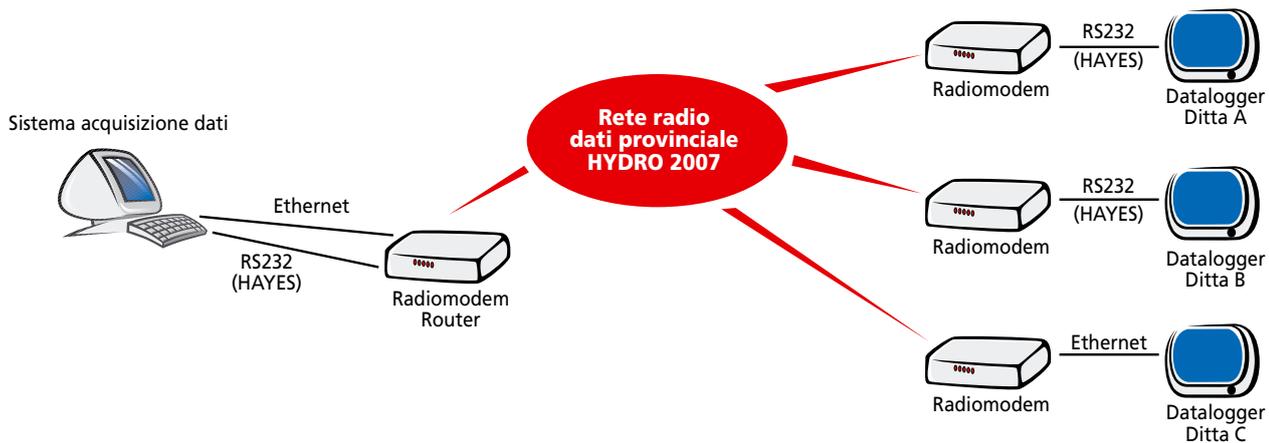
Ciò implica che la rete deve essere trasparente verso i datalogger e verso i sistemi d'acquisizione. Attualmente sono in uso 6 tipi di datalogger differenti di vari costruttori. (Fig. 2)

- La nuova rete radio deve essere utilizzabile con gli attuali sistemi d'interrogazione dati in uso dall'Ufficio idrografico. Questo richiede una flessibile ed efficiente implementazione dell'emulazione HAYES nei radiomodem impiegati.

Tale emulazione deve permettere di sostituire i tradizionali modem telefonici o GSM con un radiomodem, senza dover intervenire sul software o hardware degli esistenti sistemi di interrogazione dati. (Fig. 2)

- Sufficiente larghezza di banda e rendimento di canale (Bit/Hz)
- Buona copertura territoriale
- Alta affidabilità e ridondanza
- Alto rapporto utilizzo/costi

INTERFACCIAMENTO FISICO ALLA RETE



SCelta DELLE APPARECCHIATURE (RADIOMODEM):

Dopo queste considerazioni si è passati alla scelta della banda di frequenza e del tipo di modulazione da utilizzare. Per tale scelta sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- Non tutte le stazioni hanno portata ottica con un ripetitore della rete;
- Bassa sensibilità alla distorsione da segnali a percorso multiplo (Multipath distortion);
- Limitata necessità di ampia larghezza di banda sul canale radio;
- Disponibilità di infrastrutture e di rete radio a larga banda SDH in microonde (protezione civile);
- Utilizzo d'antenne dalle dimensioni contenute sulle stazioni meteo;
- Costo contenuto per singola stazione;
- Normative vigenti nel settore delle telecomunicazioni.

In base a questi fattori si è cercato sul mercato un prodotto che lavora in modulazione 4FSK su un canale da 12,5kHz nella banda dei 470MHz (UHF) e con le seguenti caratteristiche:

- Gamma di frequenza: 380-470 MHz;
- Canalizzazione: 12,5 KHz (come da normativa);

- Bitrate sul canale radio: 10,8 Kbit/s;
- Sensibilità ricevitore: -107dBm (con BER= 10⁻³);
- Campo di temperatura operativa: -25 fino 55°C;
- Interfacce: fino a 3 porte RS232, 2 RS485 e 1 Ethernet;
- Software: Configurazione locale e remota dell'interfaccia radio, seriale ed Ethernet;
- Diagnostica, update e statistiche di canale da remoto. Possibilità di utilizzare le medesime apparecchiature sia come ripetitore, sia come terminale di rete.

I radiomodem sono sintonizzabili solamente entro una gamma di 3,6MHz, il che implica di fissare la gamma di frequenza operativa prima dell'ordine degli apparecchi presso il costruttore. Il fatto di avere una gamma di sintonia relativamente stretta a causa della selettività del frontend RF, li rende più sensibili e selettivi in confronto ad altri radiomodem a larga banda presenti sul mercato. Questo particolare è di una certa importanza quando si utilizzano gamme di frequenza con un alto numero di canali adiacenti occupati.

Una caratteristica particolarmente interessante di questi apparecchi è la possibilità di funzionare in una rete interconnessa via Ethernet ed anche via canale radio. Questo rende particolarmente

flexibile l'integrazione in una rete WAN parzialmente preesistente come quella della protezione civile della provincia autonoma di Bolzano.

Dopo una breve valutazione delle possibilità offerte da questo prodotto è stato realizzato un progetto preliminare della topologia di rete da adottare. Tale topologia prevede dunque l'utilizzo delle reti a 154MBit/sec (SDH), a 2 MBit/sec e a 64 KBit/sec. Per disporre l'interconnessione di queste reti e la connettività Ethernet sono stati previsti una serie di router e switch Cisco.

Nella figura 3 viene riportato lo schema di principio della topologia di rete impiegata. Da notare è la totale assenza dell'utilizzo di reti telefoniche pubbliche.

CONSIDERAZIONI SULLE SCELTE TECNICHE PER LA TOPOLOGIA DI RETE

In base alle necessità dell'Ufficio idrografico di una rete radio dati molto affidabile e della disponibilità di due frequenze (Canale A e canale B) in gamma UHF si è optato per la topologia illustrata in fig. 3. Ogni stazione ripetitrice (base) è equipaggiata con due radiomodem configurati come ripetitore-router. Ognuno di questi radiomodem opera rispettivamente sul canale A e sul canale B in simplex.

Fig. 2
Interfacciamento fisico alla rete.

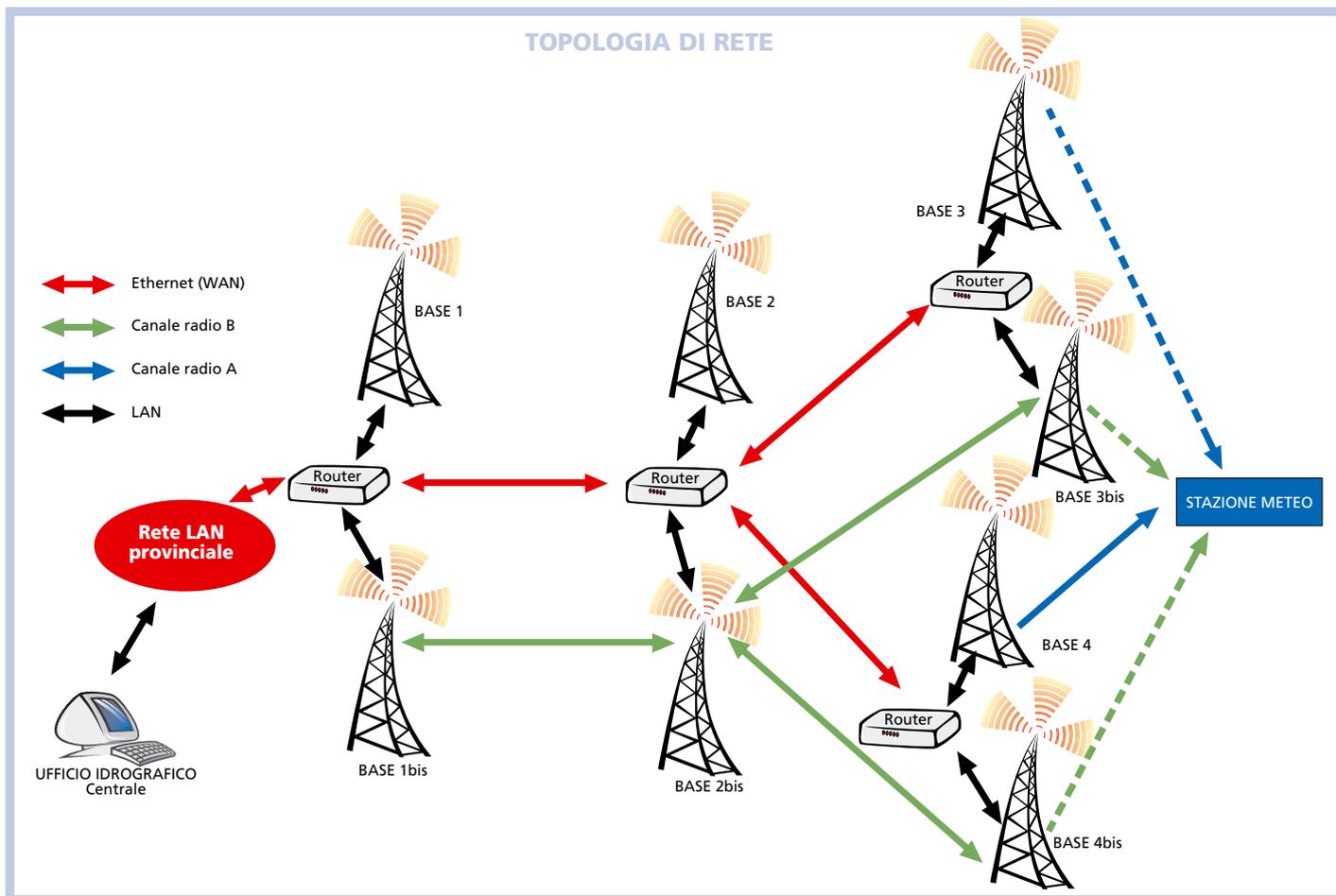


Fig. 3
Topologia di rete.

L'impiego di due radiomodem su frequenze diverse sul medesimo sito porta evidenti vantaggi in termini d'affidabilità del ripetitore stesso. Infatti, entrambi i radiomodem sono non solo connessi al router locale, ma anche interconnessi tra loro tramite una porta seriale. Tale configurazione è stata prevista per garantire la connessione tra i due radiomodem anche nell'eventualità di un guasto sul router locale. Il secondo radiomodem (p.e. Base 1bis) è proprio programmato per questo scopo: La rete radio sul canale B (rete "verde" in fig.3) ha il compito di mantenere in funzione la rete in caso di guasto della rete "backbone" (rete "rossa" in fig.3). Questa cosiddetta rete di backup (rete "verde" in fig.3) è totalmente indipendente dalla rete LAN-WAN. Ma siccome l'intera rete di backup condivide lo stesso canale radio sia per la comunicazione con i terminali (stazioni meteo) che per quella tra i ripetitori, questa è ovviamente più lenta rispetto a quella servita sul canale A. Infatti, la comunicazione tra ripetitori del canale A e la centrale avviene tramite

la veloce rete WAN e non via radio come avviene sulla rete di backup.

È in fase di studio un'ulteriore estensione delle singole stazioni come ripetitrici: in alcuni siti che sono particolarmente al di fuori dalla copertura radio di un qualsiasi ripetitore, sarà possibile utilizzare un'eventuale stazione vicina come ripetitrice verso il resto della rete. In questo caso una stazione di rilevamento munita di radiomodem potrà funzionare anche come ripetitore per un'altra stazione.

COME AVVIENE LA CONNESSIONE TRA LA CENTRALE E LE STAZIONI ?

La gestione dei cosiddetti terminali (stazioni meteo) nella rete HYDRO2007 è simile a quello della rete di telefonia radiomobile. In fase di scelta per un sito per una stazione non è necessario scegliere un determinato ripetitore, perché il radiomodem sulla stazione è programmato per scegliere autonomamente il ripetitore più idoneo. Come "idoneo" non

si intende solamente il livello di segnale ricevuto, ma anche altri parametri come p.es. la densità di traffico dati. Dunque è importante avere almeno un ripetitore della rete in portata radio. Qualora la stazione "sentisse" più di un ripetitore, questa sceglie quello migliore in modo dinamico. Quando una stazione si registra in rete oppure quando cambia ripetitore, viene automaticamente inserita in una tabella di routing dinamico contenuta nel router centrale presso la sede dell'Ufficio idrografico. Il router centrale funge da router, firewall e gateway per la rete radio dati ed è un PC-Server in combinazione con un radiomodem.

A questo punto facciamo un esempio di una chiamata dati verso una stazione che lavora con una porta seriale per modem Hayes:

1. Il Pc con il software d'interrogazione dati, utilizza una porta seriale per il collegamento al radiomodem presente nella centrale per la chiamata dati. Questo radiomodem ha 4 porte seriali configurate

in modalità emulazione Hayes. Tale modalità permette al sistema di interrogazione dati di interfacciarsi alla rete radio dati tramite un'emulazione di modem telefonico Hayes.

2. Il software d'interrogazione dati chiama la stazione semplicemente utilizzando come "numero telefonico" l'indirizzo dell'interfaccia seriale sul radiomodem presente sulla stazione. Esempio: AT-D0x390D3895

3. La richiesta di connessione viene incapsulata nel protocollo della rete radio dati, il quale provvede alla correzione degli errori ed all'instradamento verso il ripetitore dove è registrata la stazione destinataria della nostra chiamata.

4. Se l'interfaccia seriale di destinazione è configurata in modalità emulazione Hayes, questa risponde alla chiamata originata dalla centrale con un classico "CONNECT 19200".

5. A questo punto può partire il vero e proprio scarico di dati tramite il software d'interrogazione dati.

Da questo esempio si può riconoscere la trasparenza di questo sistema, il quale permette di interrogare anche più di

una stazione alla volta. Si può inoltre evidenziare che la connettività all'interno della rete è simmetrica, cioè si può "chiamare" una qualsiasi porta seriale da qualsiasi porta seriale presente su di un radiomodem.

LA RETE IP

La comunicazione IP con le stazioni è leggermente più complessa rispetto a quella seriale. Per semplificare la configurazione della rete e mantenerla scalabile si è scelta una rete IP privata di classe B. Tale rete prevede molti indirizzi oltre a quelli previsti per la rete dell'Ufficio idrografico, ma consente di semplificare notevolmente la configurazione. Infatti, la configurazione attuale prevede un massimo di 511 radiomodem (stazioni-terminali) ed un massimo di 4 indirizzi IP per stazione (complessivamente 2044 indirizzi IP). Il router centrale della rete radio ed i radiomodem sulle stazioni lavorano in modalità Proxy-Arp, cioè rispondono alle richieste del protocollo ARP senza farle transitare via radio generando ulteriore traffico dati. Il pacchetto IP viene incapsulato nel protocollo della rete radio dati ed instradato verso i ripetitori in UDP, il che rende la

rete IP sulla quale colloquiano tra di loro i ripetitori e la centrale, in un certo senso isolata dalla rete IP radio (Fig. 4).

Qui un altro esempio di una chiamata dati verso una stazione che lavora in TCP/IP con un'interfaccia Ethernet:

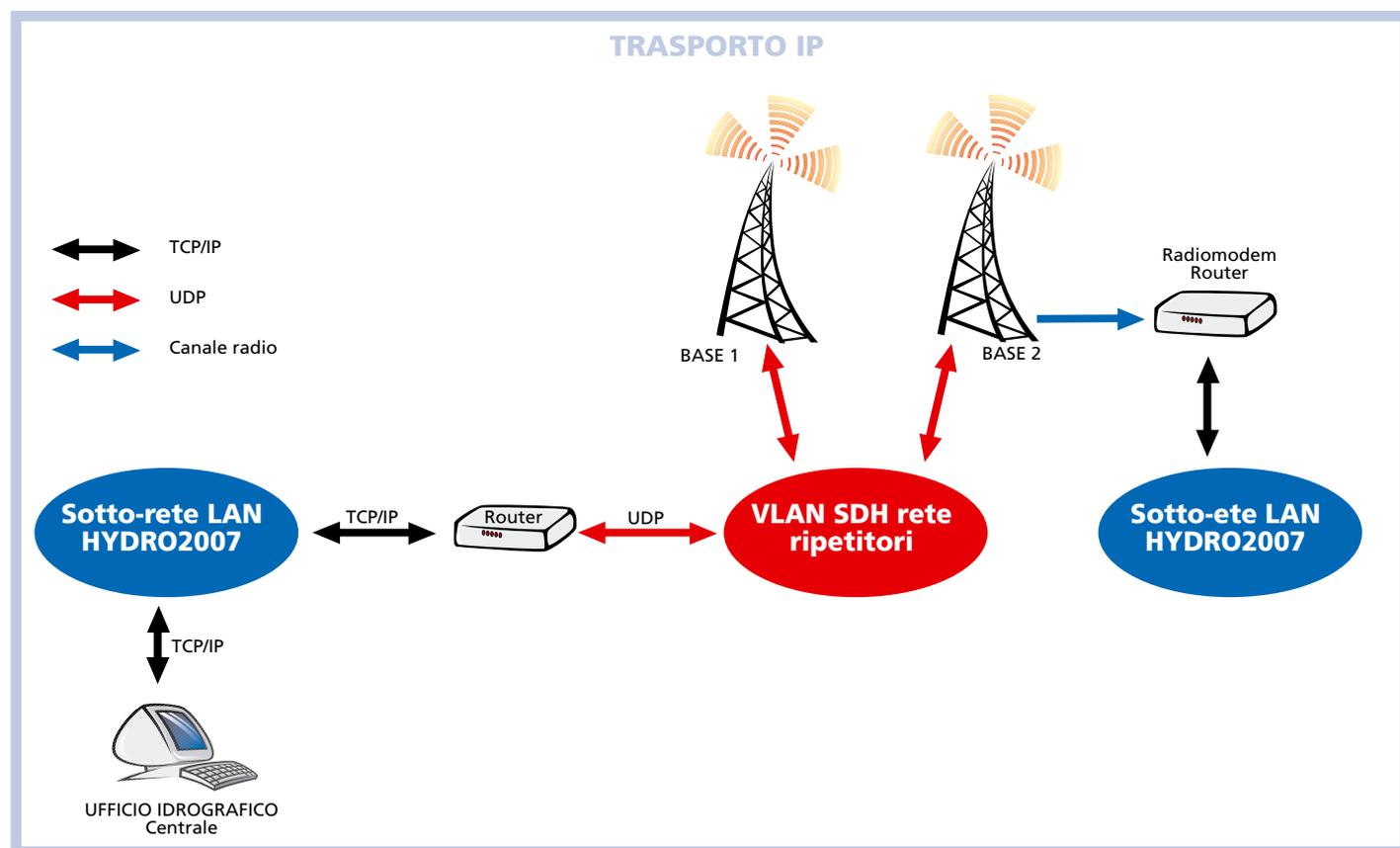
1. Il Pc con il software d'interrogazione è collegato alla rete LAN con un routing adeguato verso la classe d'indirizzi IP assegnata alle stazioni nella rete radio dati. Come gateway è utilizzato il router centrale della rete radio dati, che in quest'esempio ha la funzione di firewall e di gateway verso la rete IP della rete radio.

2. Il pacchetto IP è incapsulato nel protocollo della rete radio dati, il quale provvede alla correzione degli errori ed all'instradamento verso il ripetitore dove è registrata la stazione destinataria con il suo gruppo di 4 indirizzi IP riservati.

3. Il ripetitore invia il pacchetto alla stazione di destinazione, dove è estratto il frame IP nella sua LAN.

4. La risposta in IP del datalogger è incapsulata a sua volta nel protocollo di rete radio ed instradata verso il router centrale, dove viene estratto il frame IP e trasmesso alla Pc di destinazione nella LAN.

Fig. 4
Trasporto IP.



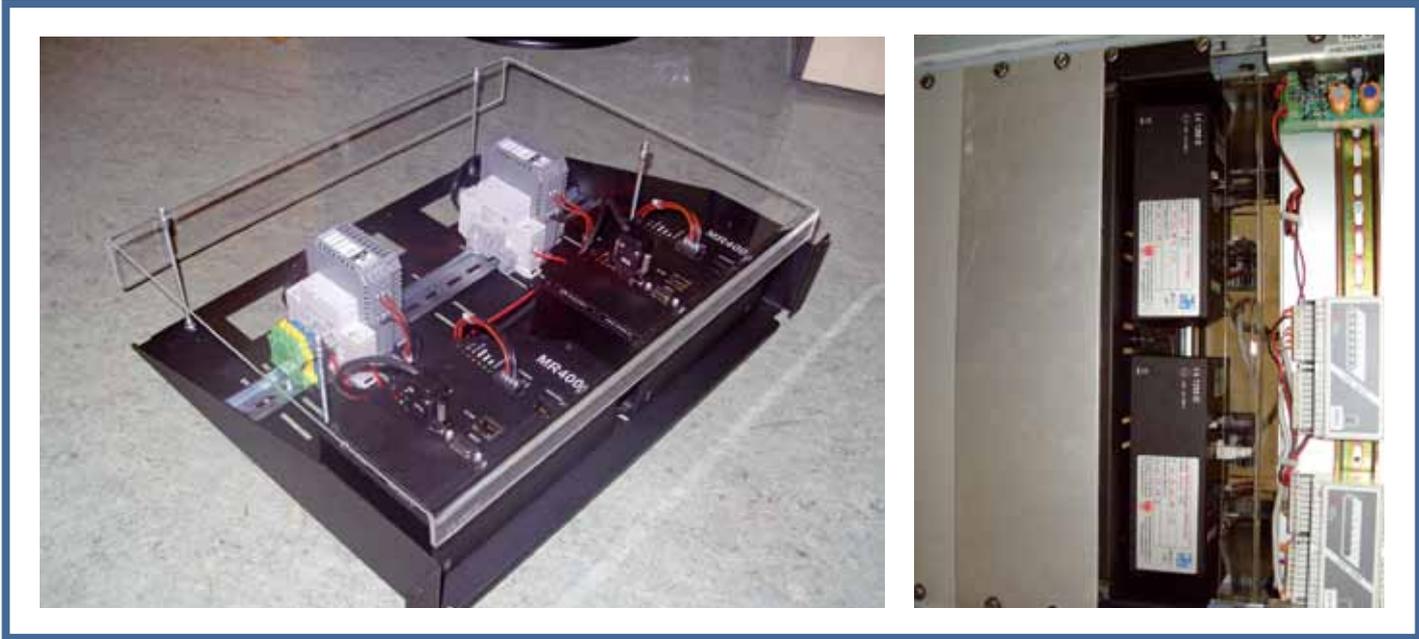


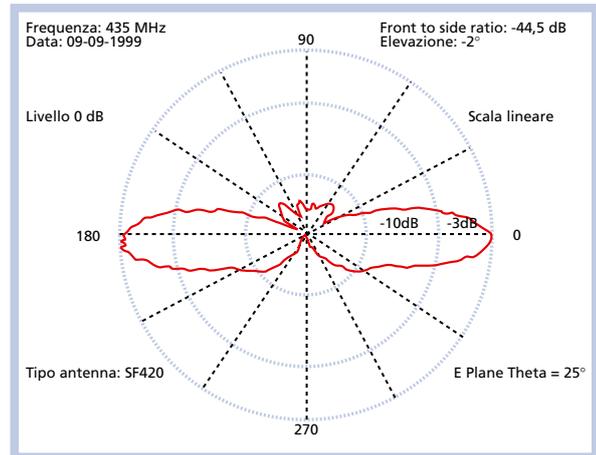
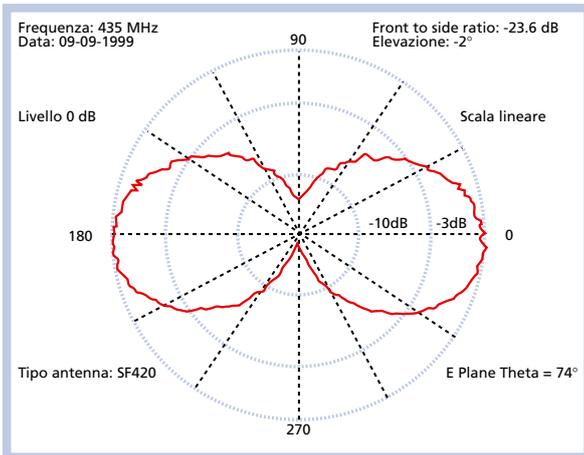
Fig. 5
Stazione ripetitrice:
Telaio con due radio
modem.



Fig. 6
Stazione ripetitrice:
antenne.

LOBI DI IRRADIAZIONE DELLE ANTENNE

Fig. 7
Lobi d'irradiazione delle
antenne.



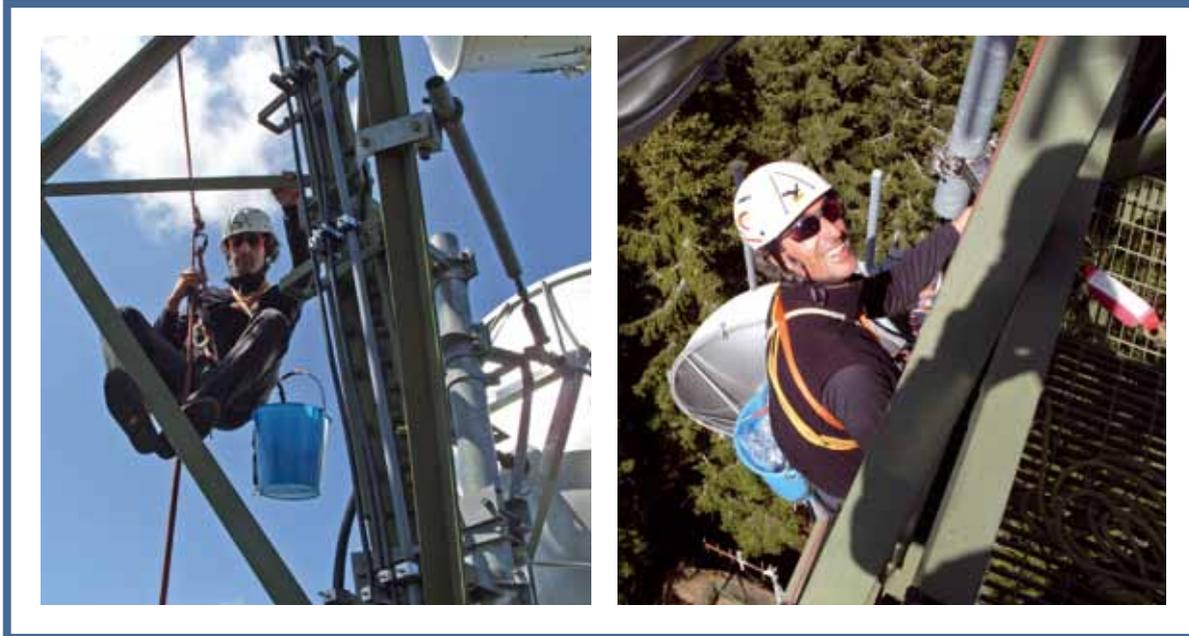


Fig. 8
Lavori d'installazione per
cavi ed antenne.

INFRASTRUTTURE DI RETE RADIO

Per la rete HYDR02007 sono in questo momento in uso 4 ripetitori, ed è prevista la messa in funzione di complessivamente 15 ripetitori entro la fine del 2010.

Questo elevato numero di ripetitori è legato alla caratteristiche geo-orografiche della provincia di Bolzano.

Tutti i lavori di progettazione, realizzazione e d'installazione della rete radio HYDR02007 sono eseguiti esclusivamente da tecnici della ripartizione di protezione civile della provincia autonoma di Bolzano, senza l'ausilio d'alcuna ditta esterna. Ogni stazione ripetitrice è munita di due radiomodem alimentati da due alimentatori separati. Il tutto è montato su di un telaio di supporto Rack 19" completo di copertura di protezione (Fig. 5).

In funzione al sito d'ogni ripetitore sono impiegati tre modelli di antenne collinari con guadagno e lobi d'irradiazione sul piano verticale differenti (Figg. 6 e 7), per ottimizzare la copertura di ripetitore.

Le discese coassiali sono realizzate con una coppia di cavi corrugati da 1/2" con due messe a terra e due scaricatori coassiali a gas a valle della discesa.

La posizione delle antenne sul traliccio (Figg. 8 e 9), è tale da ottenere un buon compromesso tra altezza assoluta sul traliccio e miglior disaccoppiamento tra le due antenne.

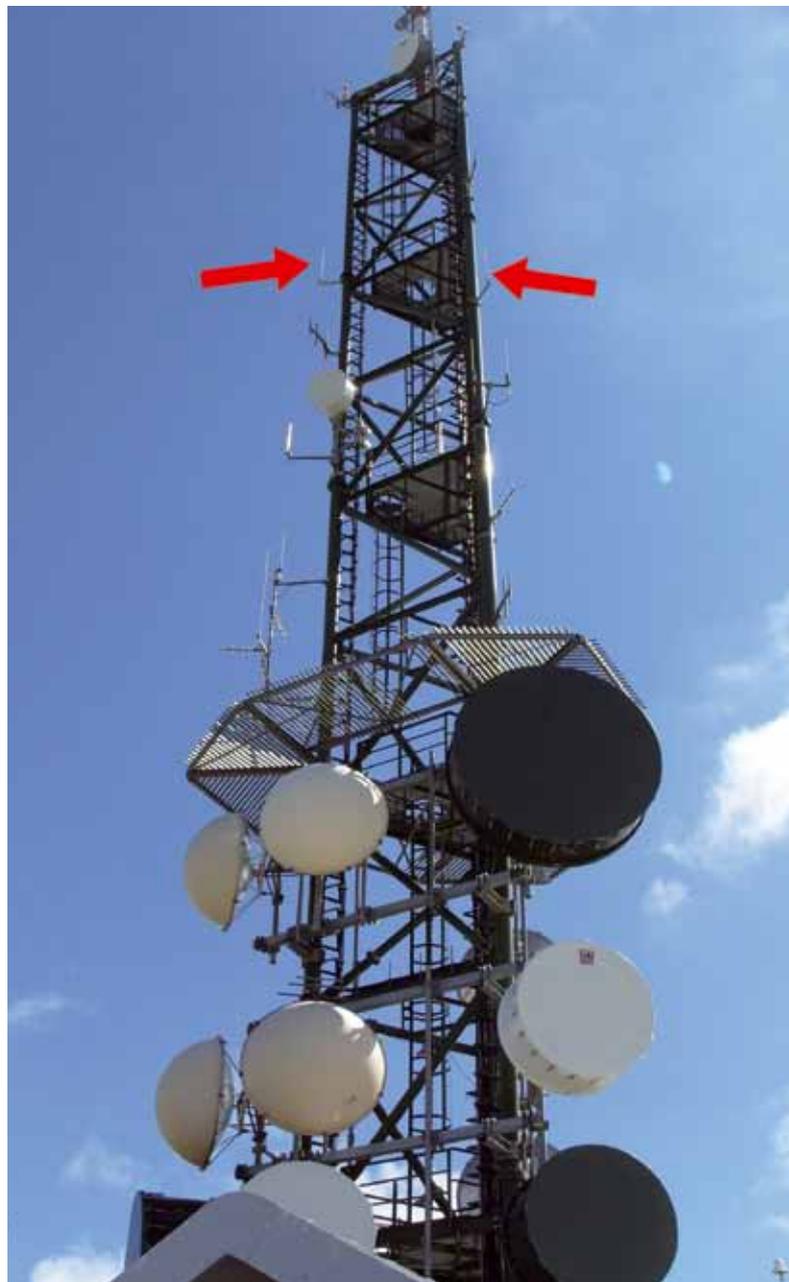


Fig. 9
Ripetitore "Plose".

Fig. 10
Stazione idrometrica
con doppia
strumentazione e
doppio sistema di
comunicazione: radio
+ GPRS/GSM.

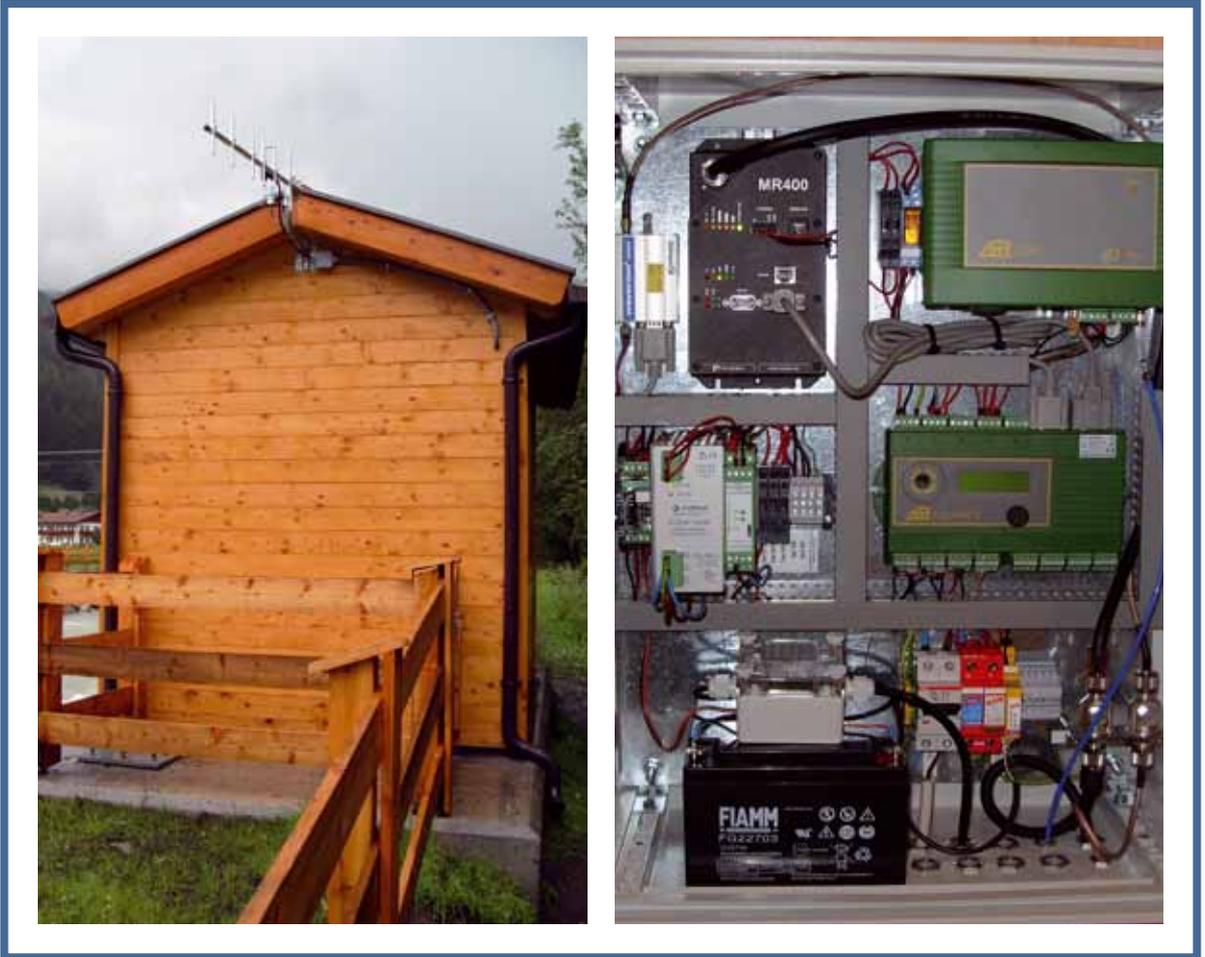


Fig. 11
Stazione
meteorologica con
doppio sistema di
comunicazione:
radio + GPRS/GSM.





Fig. 12
Stazione in alta
quota (3399m s.l.m.)
con alimentazione
fotovoltaica.
Stazione di Cima
Libera (foto pag. 15).



Fig. 13
Stazione nivometrica
(campo neve) con
doppio sistema di
comunicazione:
radio + GPRS/GSM.

LE STAZIONI NIVOMETRICHE, METEOROLOGICHE ED IDROMETRICHE

La maggior parte delle stazioni è munita di un allacciamento alla rete elettrica, conseguentemente da questo punto di vista non ci sono criticità. Le cose cambiano invece per le stazioni nivometriche (campi neve automatici) e le stazioni vento in alta quota. Queste stazioni sono quasi tutte alimentate con pannelli fotovoltaici e quindi c'è da rispettare un bilancio energetico. Purtroppo l'assorbimento

dei radiomodem utilizzati per questa rete è relativamente elevato (ca. 300mA per la versione senza interfaccia ethernet, la quale assorbe ulteriori 90 mA).

Per minimizzare i consumi dei radiomodem su queste stazioni è sfruttata la modalità "sleep", vale a dire una modalità di "riposo" che riduce il consumo del radiomodem a ca. 2mA.

Questa modalità viene pilotata dal router centrale, il quale imposta lo sleep sui singoli radiomodem ad un orario predefinito tramite uno scheduler (crontab). Questo sistema calcola esattamente per

quanti secondi deve rimanere "a riposo" il radiomodem prima di riaccendersi. In questo modo è sufficiente p.es. accendere il radiomodem solamente per 2 minuti ogni ora per scaricare i dati. Tutti i radiomodem presenti nella rete sincronizzano il proprio orologio con quello del router centrale, il quale a sua volta è sincronizzato con un timeserver presente nella LAN provinciale.

Con tale sincronizzazione è possibile gestire con precisione i Log ed altri eventi su tutti i modem all'interno della rete radio (Figg. 10, 11, 12 e 13).

SIRIO-IHR



CONOSCERE

Pierpaolo Macconi
Ripartizione Opere idrauliche
della Provincia di Bolzano

I moderni approcci nella gestione del rischio idrogeologico si fondano sulla disponibilità di informazioni organizzate, aggiornate e diffuse. La Provincia di Bolzano si è dotata di un sistema informativo specifico, denominato SIRIO-IHR (Sistema Informativo per il Rischio Idrogeologico – Informationssystem zu hydrogeologischen Risiken), che include tra l'altro il sistema di documentazione degli eventi, il catasto delle opere, le carte di suscettibilità ai pericoli, l'archivio documentale, l'archivio multimediale e un browser di consultazione.

SIRIO-IHR, rappresenta così una piattaforma di interscambio di informazioni e luogo fisico e virtuale di collaborazione per i soggetti dell'amministrazione provinciale che sono in diversa misura coinvolti nell'ambito della gestione del rischio idrogeologico; il nucleo principale è composto dalla Ripartizione Opere Idrauliche, dalla Ripartizione Protezione Civile e dall'Ufficio Geologia. Collaborano attivamente inoltre la Ripartizione Foreste e la Ripartizione Urbanistica.



PER DECIDERE



UN SISTEMA INFORMATIVO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

La provincia di Bolzano, per la sua conformazione geomorfologia, rappresenta un territorio intrinsecamente suscettibile ai pericoli di natura idrogeologica.

La progressiva urbanizzazione del territorio è stata accompagnata da un rapido sviluppo sociale ed economico inizialmente legato ad attività tradizionali, come l'agricoltura, successivamente allo sviluppo del turismo e dei settori industriali e del terziario.

Questa evoluzione è stata accompagnata da un rapido e inesorabile aumento della vulnerabilità del territorio; il tessuto urbano e infrastrutturale, nella sua progressiva espansione, ha occupato, per necessità e talvolta per negligenza, anche zone interessate da pericoli naturali, sia accertati che potenziali.

Siamo oggi di fronte ad un quadro territoriale che necessita quindi di una moderna gestione del rischio idrogeologico, spesso schematizzata nel cosiddetto "ciclo del rischio" (Fig. 1); tale approccio si basa sull'integrazione di provvedimenti, di diversa natura e specificità, disposti da enti ed organizzazioni con competenze istituzionali diverse ma con ambiti di intervento spesso coincidenti.

I diversi provvedimenti, per risultare coerenti ed efficaci, devono quindi nascere da processi decisionali che da un lato condividano principi e obiettivi, dall'altro si basino su un patrimonio informativo comune che garantisca quantità, qualità, affidabilità e disponibilità delle informazioni stesse.

Affinché un approccio così articolato dia buoni risultati nella sua applicazione al territorio, è importante che tutti i diversi soggetti coinvolti, dalla popolazione agli enti pubblici ai gruppi di interesse, condividano la medesima "cultura del rischio"; con questo concetto non si intende solo un patrimonio di conoscenze e di buone norme di comportamento, ma anche un "senso comune" educato al rispetto dei fenomeni naturali che nasce da una mi-

Fig. 1



glior comprensione degli stessi.

Lo sviluppo di una moderna cultura del rischio è possibile anche grazie alla condivisione di concetti, conoscenze scientifiche e informazioni. I moderni sistemi informativi offrono gli strumenti per raccogliere, elaborare, archiviare ed interrogare, disponibilità di una base informativa ampia ed accessibile.

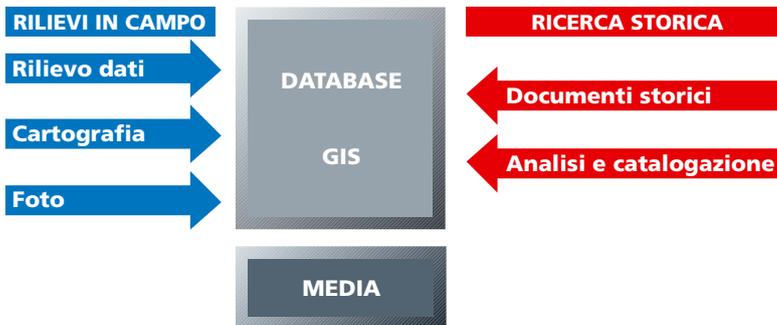


Fig. 2

COSA È SUCCESSO NEL PASSATO

La documentazione eventi

Lo strumento piú importante per la valutazione della pericolosità di un territorio è costituito da informazioni sugli eventi idrogeologici verificatisi.

La raccolta di questi dati richiede lo sviluppo di un sistema strutturato per la documentazione degli eventi (Fig. 2), dove le persone, le procedure e gli strumenti siano organizzati in maniera armonica ed efficiente.

Tale sistema deve quindi provvedere al rilievo in campo, alla digitalizzazione e all'archiviazione dei dati descrittivi, delle informazioni geografiche e soprattutto della documentazione fotografica.

Accanto all'attività di documentazione "real time" degli eventi che avvengono ogni anno è stata avviata un'attività standardizzata di recupero degli eventi storici, che sta progressivamente coprendo il territorio provinciale.

Ad oggi nelle sono state documentati 3470 eventi franosi (all'interno del sistema nazionale IFFI), 3100 eventi idraulici (alluvioni e colate detritiche); sono stati inoltre definiti quasi 2000 siti valanghivi (Fig. 3). Le finalità possibili per questo tipo di informazioni sono molteplici: conoscere il tipo, l'entità e la frequenza dei fenomeni permette ad esempio di modulare correttamente gli interventi di sistemazione del territorio, orientando i progettisti nella scelta del tipo di intervento e nel dimensionamento dei manufatti, nonché a stimare il rischio residuo. Statistiche sulla distribuzione spaziale e temporale degli eventi aiutano inoltre a organizzare correttamente schemi di intervento e di protezione civile.

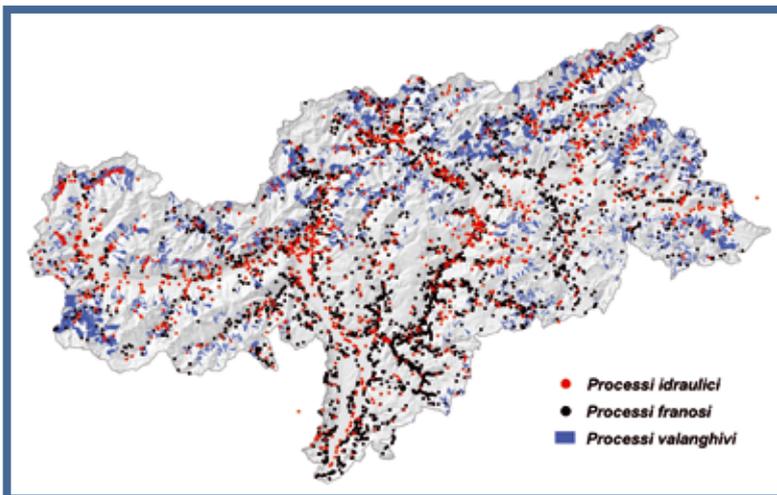
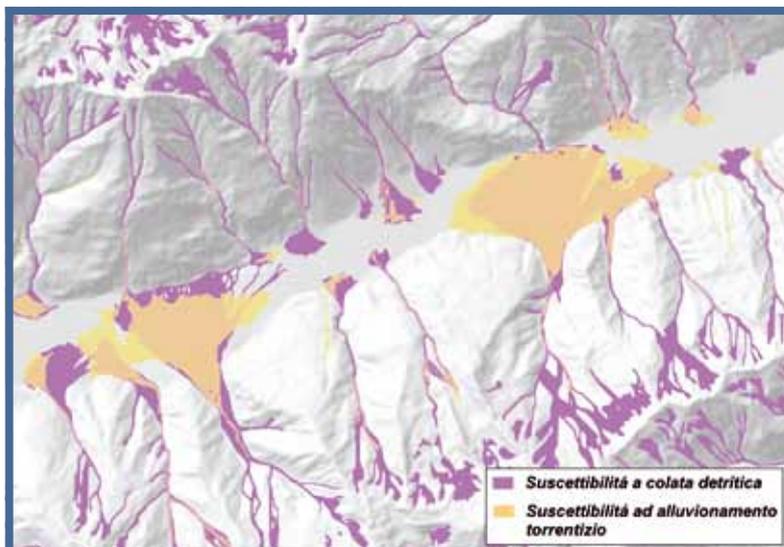


Fig. 3



Fig. 4



Anche per la pianificazione territoriale, in particolare nella definizione delle zone di pericolo previste per legge, risultano particolarmente utili descrizioni dettagliate dell'estensione e dell'intensità degli eventi idrogeologici. Utenti estremamente interessati alla documentazione degli eventi sono poi le università e gli enti di ricerca, le cui attività di ricerca possono innestarsi su una base informativa ampia e qualitativamente valida. Le università dal canto loro costituiscono il referente ideale per la valutazione della qualità e scientificità complessiva del sistema e forniscono utili inputs per il miglioramento delle procedure e delle tecnologie.

COSA POTREBBE SUCCEDERE

Le Carte di suscettibilità ai pericoli

La valutazione dei pericoli, oltre agli eventi già avvenuti (approccio a posteriori), deve muoversi, per lo meno a livello qualitativo e su scala regionale, verso la definizione della pericolosità potenziale (approccio a priori).

Tale valutazione deve prevedere una corretta interpretazione delle combinazioni di quei fattori che influenzano l'inclinazione all'innescarsi di un processo.

Riconoscere i segni di una situazione di pericolo richiede generalmente una visione sinottica complessiva del territorio.

In questo senso la suscettibilità di un areale ad essere interessato da eventi idrogeologici deve essere analizzata e accertata sulla base di caratteristiche geomorfologiche, climatiche, ideologiche, fitosociologiche ecc. (Fig. 4).

La conoscenza delle condizioni di innesco e la probabilità che esse si verifichino, rappresenta un elemento determinante dell'indicazione a priori. La valutazione della suscettibilità deve basarsi su una chiara scelta metodologica, che consideri criteri decisionali oggettivi ed escluda interpretazioni soggettive dei fenomeni, in modo da essere ad ogni momento riproducibile e perfezionabile, adeguandosi ai cambiamenti territoriali ed alle nuove conoscenze scientifiche sui pericoli.

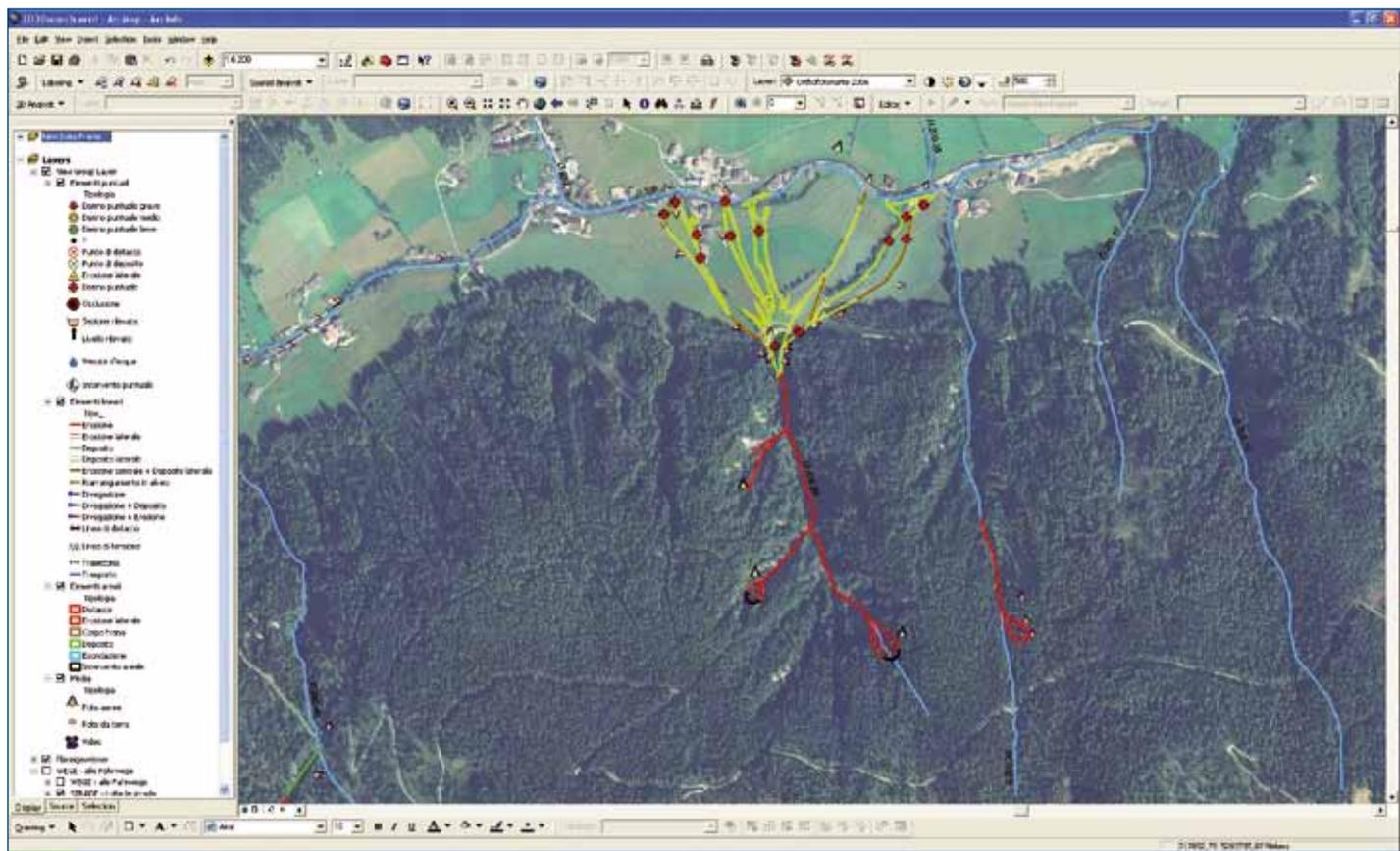


Fig. 5

Per rispettare le esigenze sopraelencate, in ogni step operativo si deve garantire uno standard qualitativo omogeneo, a cui deve corrispondere un'omogenea e coerente qualità dei dati utilizzati. Grazie alla collaborazione di università, enti di ricerca e studi specializzati, sono state prodotte le Carte di suscettibilità per i seguenti pericoli:

- Colata detritica
- Alluvionamento torrentizio
- Alluvionamento fluviale
- Crollo

Sono inoltre in elaborazione le Carte di suscettibilità per

- Valanga
- Frana superficiale

Le carte di suscettibilità sono il risultato di modelli basati su algoritmi semplificati; nel calcolo vengono utilizzate informazioni distribuite, come il modello digitale del terreno e i prodotti che ne derivano, la carta di uso del suolo, la carta dei corsi d'acqua, ecc.. La semplicità di tali modelli permette da un lato stime solo qualitative del pericolo potenziale, dall'altro rende possibile calcoli su grandi superfici mediante singoli runs.



Precisione cartografica e qualità grafica sono di conseguenza commisurate alla scala di analisi.

Su scala regionale, nel livello amministrativo delle province o regioni, la valutazione del pericolo è inserita quale supporto decisionale per le scelte strategiche nella gestione dei pericoli naturali, come ad esempio la definizione di priorità nella suddivisione delle risorse economiche dedicate alla prevenzione dei pericoli oppure l'individuazione preliminare delle aree oggetto di studio per i Piani delle zone di pericolo.

COME CI DIFENDIAMO Il catasto delle opere di sistemazione

L'approccio più classico nella riduzione del rischio idrogeologico è la realizzazione di opere di sistemazione e difesa. Tali opere possono agire sull'origine del pericolo, stabilizzando ad esempio le aree sorgenti di detrito, regolarne la dinamica, o ridurne gli effetti. Dopo l'alluvione del 1966 anche in provincia di Bolzano è stata avviata una possente campagna di sistemazione del territorio (Fig. 5).



Per poter stimare correttamente gli effetti che gli eventi possono avere sul territorio è necessario conoscere il livello e lo stato del sistema di difesa. Inoltre la crescente necessità di manutenzione e controllo delle opere ha reso indispensabile una campagna di censimento delle opere che rilevasse dati costruttivi, posizione, condizioni e immagini fotografiche.

Ovviamente in tale banca dati confluiscono anche le opere di sistemazione realizzate ogni anno. Tale banca dati costituisce oggi uno strumento indispensabile nel controllo del territorio, nella definizione delle priorità di intervento, nonché nell'analisi della pericolosità.

Le opere sono state suddivise nelle seguenti macrocategorie, all'interno delle quali vengono operate ulteriori classificazioni di dettaglio:

- opere trasversali (briglie)
- opere longitudinali
- opere di ingegneria naturalistica
- opere paramassi

Nel 2009 il sistema verrà completato con l'avvio del censimento delle opere paravalanghe.

A fine 2008 sono state censite ben 26500 opere trasversali (briglie, soglie, ecc.), circa 7000 ponti o attraversamenti e circa 1150 chilometri di opere longitudinali (cunettoni, difese spondali, ecc..).

QUALI INFORMAZIONI SONO GIÀ A DISPOSIZIONE

L'archivio bibliografico BIBLIO30

Per prendere decisioni corrette e competenti è fondamentale considerare ogni informazione disponibile nell'attuale stato delle conoscenze.

Oggi vengono prodotte continuamente nuove informazioni, perizie o lavori di ricerca sui pericoli naturali, ampliando costantemente il quadro delle conoscenze. Qualsiasi testimonianza di eventi naturali, o studio sulla pericolosità di una certa

zona costituisce un contributo prezioso per la valutazione dei pericoli naturali. Al fine di documentare il livello delle conoscenze sui pericoli idraulici per l'ambito di competenza della Ripartizione Opere idrauliche, e per accedere alla bibliografia specifica esistente, è stato realizzato il database bibliografico BIBLIO30. Nel corso dei progetti europei sono stati analizzati ad esempio numerosi libri, pubblicazioni e documentazioni storiche riguardanti eventi naturali. Nella valutazione e nell'interpretazione delle fonti storiche, oltre a conoscenze in merito ai processi naturali, devono essere analizzati aspetti legati alla qualità delle fonti stesse. La banca dati BIBLIO30 è stata pensata per garantire il ricorso ai documenti originali e un certo livello di obiettività nella fase di inserimento delle informazioni nella banca dati degli eventi idrogeologici. In caso di incertezza nell'interpretazione di eventi storici, il collegamento tra le due banche dati permette il reperimento delle fonti originali e la minimizzazione degli errori di interpretazione nell'utilizzo dei dati a scala di dettaglio. Un altro vantaggio offerto dall'archivio BIBLIO30 è la possibilità di mantenere un monitoraggio costante sulla produzione di nuovi studi di bacino, perizie o altri documenti riguardanti i pericoli naturali.

Per ogni riferimento bibliografico, oltre ai

dati principali del documento, come titolo, autore, parole chiave, ecc., viene inserita l'ubicazione (per es. biblioteche, URL). Attualmente in BIBLIO30 sono presenti 2100 riferimenti bibliografici.

HAZARD BROWSER

Per gli enti che operano sul territorio non è sufficiente raccogliere ed archiviare informazioni, è necessario anche renderle facilmente accessibili, comprensibili ed utilizzabili per un pubblico il più ampio possibile. Negli ultimi anni l'amministrazione provinciale si è dotata di un sistema di pubblicazione dei dati geografici basato su una piattaforma WEBGIS, che unisce la potenzialità di un sistema informativo geografico con le pressoché infinite possibilità di diffusione offerte dalla rete.

Hazard Browser è uno strumento informatico che permette di visualizzare e interrogare, mediante un'unica interfaccia web, strati informativi gestiti da soggetti diversi; vengono così superati problemi legati alla posizione fisica dei dati, alla compatibilità dei loro formati e alle diverse competenze, offrendo alla comunità ed ai diversi enti e professionisti che operano sul territorio un quadro organico ed aggiornato dei dati riguardanti i pericoli naturali (Fig. 6). Tematismi principali sono gli eventi rilevati e registrati nelle seguenti banche dati provinciali:

- eventi idrogeologici registrati (frane, colate detritiche, alluvioni, valanghe)
- catasto opere
- carte di suscettibilità ai pericoli
- piani delle zone di pericolo

Grazie ad un'interfaccia semplice ed immediata l'utente, senza dover disporre di alcun software GIS, è in grado di visualizzare la localizzazione, l'estensione e altri dati relativi ai fenomeni naturali; attivando e disattivando i tematismi proposti è possibile sovrapporre le informazioni specifiche ad altri dati geografici, come l'ortofotocarta, la geologia e l'uso del suolo, evidenziando possibili correlazioni ed interazioni; il browser rappresenta così uno strumento per la lettura e la comprensione delle informazioni legate ai fenomeni naturali e offrire così il supporto ad una prima valutazione qualitativa dei pericoli che insistono sul territorio. HazardBrowser è raggiungibile all'indirizzo internet <http://www.provincia.bz.it/hazardbrowser>. Il prossimo obiettivo sarà quello di creare uno spazio web dove vengano organizzati tutti i contenuti informativi e normativi relativi ai pericoli in provincia di Bolzano, superando le singole competenze relative ad Uffici e Ripartizioni e dando espressione a quell'integrazione multidisciplinare alla base della moderna gestione del rischio idrogeologico.

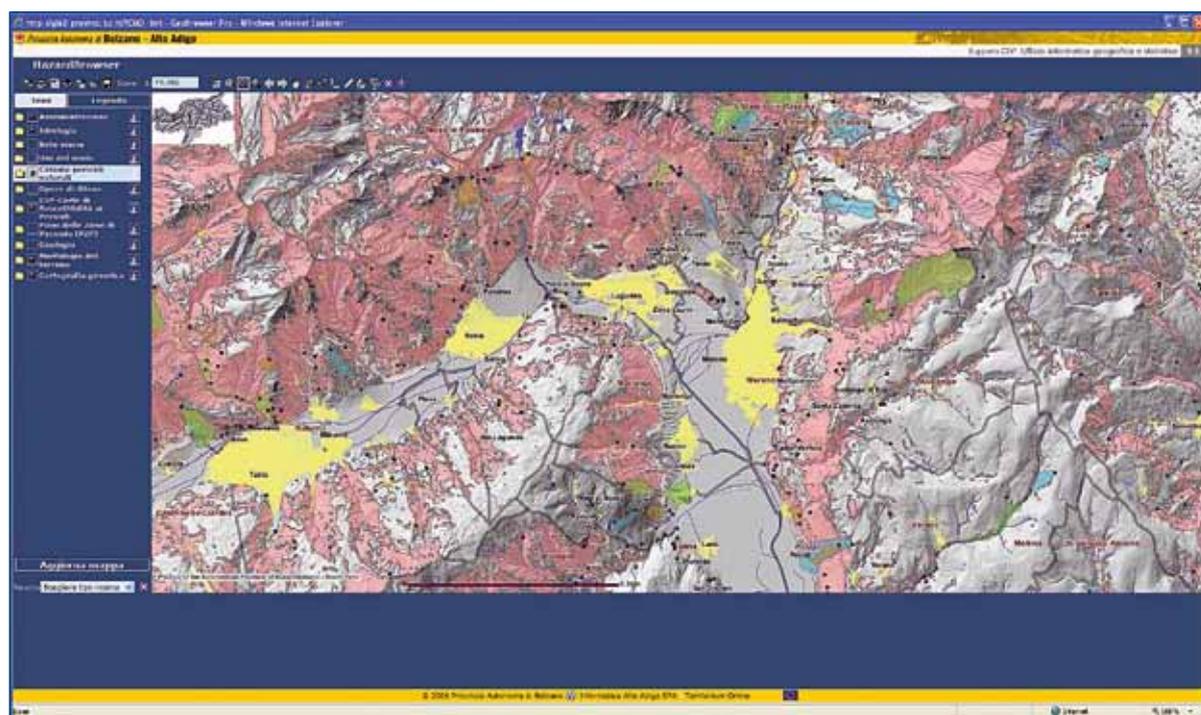


Fig. 6

MODELLO

PER LA DINAMICA DELLE VALANGHE DI NEVE DENSA

**Edmondo Arena,
Lo Riggio,
Mirko Mura,
Daniele Bocchiola*,
Maria Cristina Rulli
e Renzo Rosso**

*Politecnico di Milano,
Dip. DIIAR, Sez. CIMI
Autore corrispondente tel. 02.23996223
e-mail: daniele.bocchiola@polimi.it

Si propone un modello per lo studio della dinamica delle valanghe di neve densa, del tipo a centro di massa. Le equazioni del moto si basano su una formulazione energetica, adattata per il calcolo delle valanghe tramite la parametrizzazione tipica del metodo Voellmy-Salm.

Tale formulazione permette di esprimere la dinamica del moto in termini di altezze e velocità del flusso su di una maglia di calcolo a passo variabile. Il modello viene applicato al caso di studio del monte Vallecetta, a Bormio, per gli eventi del Maggio 1983. I risultati vengono confrontati con quelli del modello di letteratura AVAL1D®, sviluppato dal personale dell'istituto SLF di Davos, fornendo risultati del tutto comparabili.

Il modello può quindi essere considerato uno strumento atto alla valutazione delle aree a rischio di valanga. Sviluppi futuri del modello prevedono la validazione del modello per altri siti valanghivi e la modellazione del trasporto di massa lungo il percorso della valanga.





INTRODUZIONE

Le moderne tecnologie di calcolo costituiscono un supporto fondamentale nelle procedure di mappatura del pericolo valanghe. L'utilizzo di modelli numerici opportunamente sviluppati e calibrati consente di determinare, a partire da date condizioni iniziali ed al contorno, le grandezze di interesse per la definizione dei livelli di rischio, ossia la lunghezza del percorso valanghivo e le pressioni esercitate dalla massa nevosa (p.es. Barbolini et al., 2004).

I modelli presenti in letteratura per il calcolo delle valanghe si possono nella sostanza dividere in modelli di tipo empirico e modelli di tipo dinamico.

Ai primi appartengono ad esempio i modelli di tipo regressivo, che tentano stimare la massima distanza di arresto raggiungibile da un evento valanghivo in un determinato sito sulla base esclusiva di parametri topografici del sito stesso (p.es. Bovis e Mears, 1976; Lied e Bakkehoi, 1980), ed i modelli *statistici* (p.es. McClung e and Mears, 1991; McClung, 2001), che assegnano opportune distribuzioni di probabilità a valori osservati delle distanze di arresto in un determinato sito, oppure a scala regionale, tramite opportune trasformazioni.

Al secondo tipo appartengono differenti modelli, tipicamente distinti in relazione alla tipologia di valanghe che si intende studiare (i.e. densa o polverosa).

Per lo studio delle valanghe di neve densa, che sono maggiormente rilevanti ai fini della mappatura del pericolo sull'arco alpino Italiano, i modelli di dinamica si suddividono essenzialmente in due classi, i modelli a *centro di massa* ed i modelli di tipo *continuo*.

Tra i modelli a *centro di massa* vi sono ad esempio il modello PCM (Perla et al., 1980) ed il ben noto modello di Voellmy (Voellmy, 1955), utilizzato per esempio come base tecnica per la perimetrazione delle aree a rischio di valanga in Svizzera (Salm et al., 1990), ed ampiamente adottato per i calcoli tecnici delle valanghe nell'arco alpino Italiano (p.es. Martinelli, 1991; Bocchiola e Medagliani, 2007). I modelli di tipo continuo descrivono il moto della massa valanghiva mediante le equazioni di bilancio della massa e quantità di moto, nell'ipotesi di un'analogia con la dinamica dei continui deformabili (p.es. l'acqua).

A tale classe di modelli appartengono, ad esempio, il modello AVAL1D (p.es. Christen et al., 2002a,b e, per una applicazione di AVAL1D alla mappatura del

rischio valanga al sito del Monte Vallecetta, Riboni et al., 2005; Bocchiola e Rosso, 2007) ed i modelli VARA ed MN2D (p.es. Barbolini et al., 2000) e RAMMS (p.es. Christen et al., 2007).

Tali modelli possono essere sviluppati in maniera tale da includere anche il fenomeno di erosione e deposito di massa lungo il percorso (p.es. Sovilla et al., 2006; Sovilla et al., 2007). Il modello qui presente si inquadra nella tipologia di modelli del tipo a *centro di massa*, in assenza di variazioni di massa. Rispetto ai modelli presenti, tuttavia, il modello qui proposto contempla alcuni aspetti originali.

Tale modello si basa infatti su un approccio di tipo energetico, che permette una modellazione spazio-temporale della valanga di tipo distribuito, similmente ai modelli basati sull'ipotesi di mezzo continuo, permettendo però una più rapida implementazione numerica rispetto ai tali modelli.

La formulazione energetica adottata consente infatti di esprimere la dinamica del moto in termini di altezze e velocità del flusso su di una maglia di calcolo a passo variabile, mediante l'uso di sole equazioni algebriche.

I parametri di attrito utilizzati dal modello sono in sostanza equivalenti a quelli solitamente considerati nei modelli di tipo Voellmy (e.g. Bartelt et al., 1999), circostanza che permette un confronto diretto dei risultati con quelli ottenuti tramite i modelli di letteratura più noti.

IL MODELLO

Schema fisico e ipotesi

Il modello presentato basa il proprio algoritmo di calcolo su considerazioni di tipo energetico. Il flusso è trattato come un fluido omogeneo e incompressibile, o più in generale come una massa a densità costante che si muove lungo un percorso sotto l'azione della forza di gravità, ma presenta una modellazione energetica differente da quella di tipo idraulico a causa delle interazioni solido-fluido (p.es. Iverson et al., 1997).

Il modello realizzato permette di condurre l'analisi del moto per diversi materiali con



comportamento assimilabile alla tipologia descritta, quali ad esempio i debris flow e le valanghe di neve densa (come p.es. il modello RAMMS, Christen et al., 2007). Le equazioni del moto si basano sulla conservazione dell'energia totale posseduta tra due sezioni successive appartenenti al percorso più probabile, a meno di un termine dissipativo.

L'energia totale quindi è determinata da due contributi, uno di posizione rispetto ad una quota di riferimento, l'altro cinetico, legato alla velocità del flusso.

Dal punto di vista dinamico, all'innesco di una valanga, vi è un transitorio nel quale la massa nevosa passa da uno stato di stabilità ad uno di instabilità, nel quale poi si mobilizza.

Pur considerando la molteplicità dei possibili meccanismi di innesco, si può nella sostanza dire che l'innesco del movimento avviene per il superamento di una resistenza meccanica per uno o più strati critici, solitamente dovuta all'incremento del carico dovuto ad una crescita dello spessore del manto nivale (tipicamente l'altezza di precipitazione nivale cumulata su tre giorni, si veda p.es. Barbolini et al., 2004; Bocchiola et al., 2006), ad un fattore naturale (sciatore, animale, etc.), oppure ad un effetto termico (si veda p.es. Bocchiola e Medagliani, 2007 per una descrizione delle cause di distacco per una settantina di eventi valanga nell'area del Bormiese).

Questo transitorio è piuttosto rapido rispetto al tempo di run-out, ovvero il tempo intercorrente tra l'inizio della "corsa" fino all'arresto del corpo di valanga. Sulla base di tale differenza di ordini di grandezza temporali, il modello trascura nella sostanza il transitorio, ossia ipotizza che successivamente alla rottura si abbia direttamente la formazione della valanga. Si considera quindi direttamente lo stato finale, andando a studiare lo scorrimento della valanga lungo il pendio.

L'approccio energetico

L'approccio qui presentato, in Figura 1, fa riferimento ad un approccio utilizzato in letteratura per lo studio di flussi granulari

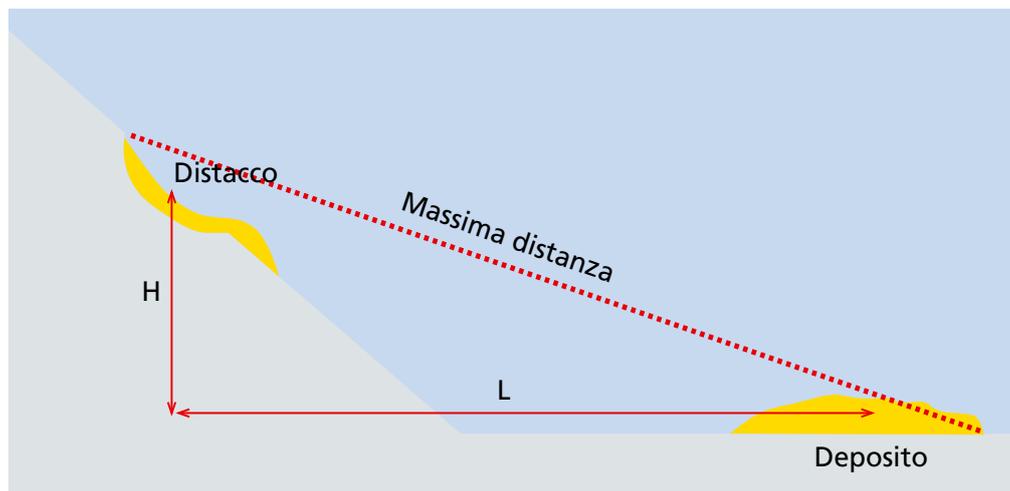


Fig. 1
Schematizzazione del fenomeno di valanga secondo l'approccio energetico (adattato da Iverson et al., 1997)

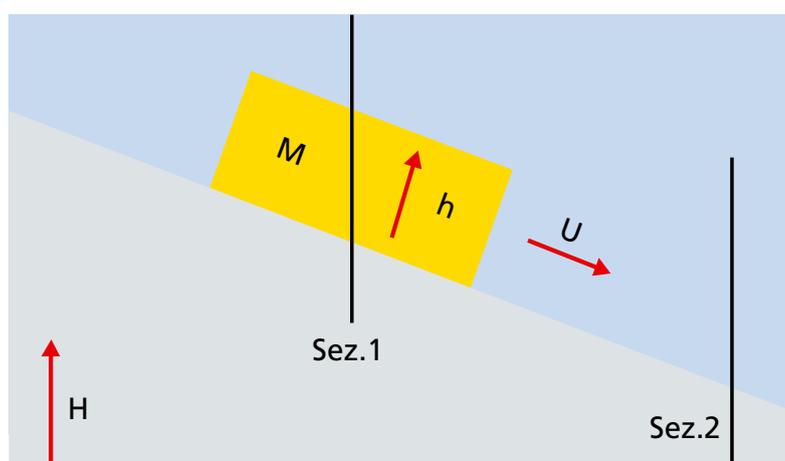


Fig. 2
Rappresentazione schematica dell'approccio energetico proposto

(p.es. Iverson et al., 1997; Iverson et al., 2001). Nel momento in cui la massa distaccata incomincia la sua discesa lungo un pendio, si verifica la trasformazione di energia potenziale in cinetica, seguito da un aumento di calore in seguito alle trasformazioni chimico - fisiche e agli attriti interni che si accompagnano in seguito al movimento della massa.

L'efficienza netta del moto descrive la conversione dell'energia potenziale in lavoro effettuato dalla massa durante la traslazione. L'equazione del moto si può ottenere eguagliando l'energia potenziale persa durante il movimento, MgH , con l'energia totale trasformata in maniera irreversibile in forze resistenti, MgR , che lavorano attraverso la distanza L di runout Eq. (1). Dove M è la massa della valanga, g è l'accelerazione di gravità ed R è il coefficiente di resistenza netta, che incorpora gli effetti delle forze interne ed esterne presenti. Le grandezza H ed L rappresentano il dislivello e la distanza di runout, rispettivamente.

Il modello qui proposto si basa sulla schematizzazione per passi discreti del fenomeno di trasformazione dell'energia potenziale in cinetica, a meno di una variazione del contenuto energetico dovuta all'energia dissipata a causa degli attriti interni e con il suolo.

La dissipazione è dipendente, oltre che dalla natura del suolo, anche dalla velocità del fluido, dalla superficie e dalla forma che la valanga assume in un certo istante su una certa area.

Basandosi sulla schematizzazione in Figura (2), in cui il corpo valanga si muove tra due successive sezioni di controllo, il principio di conservazione dell'energia in Eq. (1) viene espresso come (vedi Eq. (2), dove E_{tot} fa riferimento all'energia totale (p.es. in *Joules*) posseduta da un certo volume collocato nello spazio in un determinato istante, mentre il termine E_{dis} (p.es. sempre in *Joules*) rappresenta la quantità di energia dissipata per gli attriti al moto.

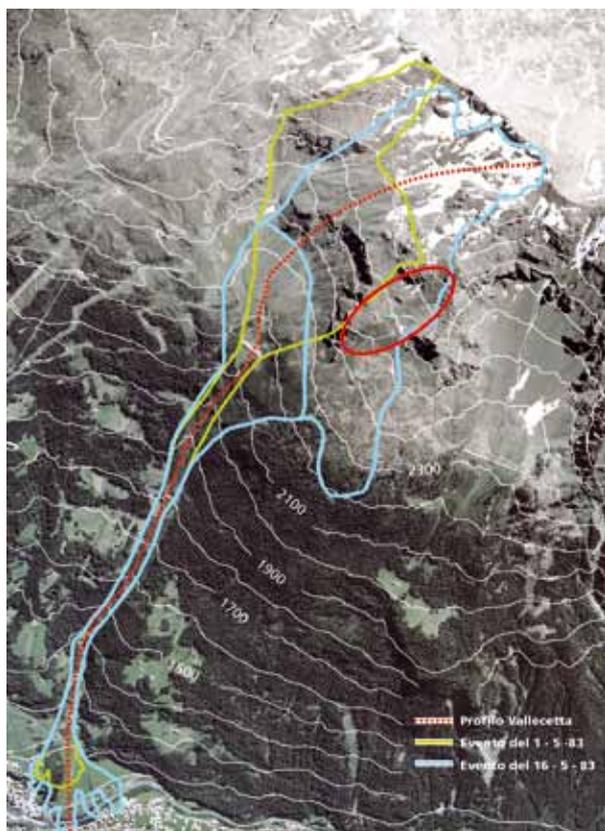


Fig. 3
Monte Vallecetta.
 Ortofotografia del canalone e area occupata dagli eventi valanga del 1/5/1983 ed 16/5/1983. Si osservino i ponti da neve installati a seguito degli eventi (in Sx della zona di distacco, contornati in rosso). Si riporta il profilo di calcolo scelto.

L'uguaglianza sopra citata esprime la conservazione dell'energia tra due sezioni adiacenti durante il passaggio della massa, in istanti temporali successivi. Si può scrivere che l'energia totale è data dalla Eq. (3), con U velocità del flusso. L'unione delle Eq. 2 ed Eq. 3 fornisce il risultato descritto nella Eq. 4.

L'energia dissipata viene qui valutata modellando la valanga tramite in approccio di tipo Voellmy (p.es. Sovilla e Bartelt, 2002) (vedi Eq. 5), con ϕ pendenza locale ed h altezza del corpo valanga.

Il primo termine a destra nell'Equazione (5) tiene conto dell'attrito che si ha all'interfaccia tra materiale in moto e fondo, o componente di attrito di tipo Mohr-Coulomb, parametrizzata tramite il coefficiente di attrito μ .

Il secondo termine rappresenta le dissipazioni per la turbolenza interna al materiale in movimento, rappresentate dal coefficiente ξ .

Il terzo termine non rappresenta a stretto rigore un termine di dissipazione energetica, ma serve a descrivere la variazione di energia dovuta alle azioni interne alla valanga, schematizzata come un fluido bifase solido-liquido (p.es., un terreno)

in condizioni di spinta attiva (λ_a , in fase di accelerazione in direzione del moto) o passiva (λ_p , in fase di decelerazione nella stessa direzione, si veda p.es.

Sovilla e Bartelt, 2002). Tali situazioni vengono discriminate dai differenti valori del coefficiente λ (variabile tra $\lambda_a = 0.2-0.5$ nel primo caso e tra $\lambda_p = 2-4.6$ nel secondo, p.es. Sovilla e Bartelt, 2002; Sovilla et al., 2007).

Un'analisi preliminare ha mostrato come in assenza di tale termine le simulazioni condotte tramite modello portassero a risultati incongruenti con l'osservato, oltre che con i modelli di confronto.

Si è quindi deciso di inserire tale termine a favore di una migliore descrizione del fenomeno valanghivo.

Le equazioni sopra descritte vengono applicate localmente in funzione della discretizzazione utilizzata.

Il canale di scorrimento è definito a priori, ed è costituito da un profilo di valanga definito tramite un'analisi sito specifica, diviso in elementi rettangolari dei quali si conosce la larghezza e si ipotizza un'altezza di bordo infinita.

Tale approccio è in sostanza consistente con i modelli attualmente presenti in letteratura per il moto monodimensionale. Il modello viene implementato tramite uno schema numerico di soluzione di tipo esplicito, con condizione di Courant, dove l'intervallo temporale di integrazione viene definito iterativamente tramite calcolo della massima velocità di propagazione. Il criterio di convergenza si basa sulla valutazione globale dell'energia dissipata. La simulazione termina nel momento in cui l'energia totale dissipata risulta essere uguale all'energia potenziale iniziale, e conseguentemente la velocità stimata a valle raggiunge un valore nullo.

La simulazione degli eventi qui proposti, condotta su di una griglia spaziale di dimensioni medie di circa 60 metri, più fitta nella zona di runout, con una risoluzione temporale di 0.05 s, che fornisce risultati più che soddisfacenti, richiede pochi secondi, utilizzando un normale computer portatile. Le elaborazioni qui mostrate sono state condotte con l'ausi-

lio di MATLAB® 6.5, che rappresenta uno strumento di modellazione matematica assai diffuso e di facile utilizzo.

CASO DI STUDIO. IL MONTE VALLECETTA

In questo studio si considera il sito valanghivo del Monte Vallecetta, a Bormio (SO), riportato in Figura 3. Il monte Vallecetta e il canalone omonimo che costituisce la zona di scorrimento fanno parte del Comune di Valdisotto, a sud di Bormio.

La località è situata in una zona montuosa che ha subito notevoli modellamenti ad opera delle recenti glaciazioni quaternarie, che hanno conferito alla valle il caratteristico profilo ad U.

L'azione modificatrice ha agito sia nel fondo valle che alle quote più elevate, con la presenza di numerosi circhi sospesi a quote superiori ai 2000 m, divenuti visibili una volta ritirati i ghiacciai alle dimensioni odierne.

Questi sono attualmente dei potenziali bacini di accumulo nevoso che, in condizioni particolari, possono dare origine ad eventi valanghivi.

Il percorso valanghivo del Monte Vallecetta può essere così descritto: la zona di distacco principale è un ampio anfiteatro compreso tra la cima del Monte Vallecetta, la Cima Bianca e le dorsali che da esse si dipartono.

L'anfiteatro si restringe scendendo di quota fino a 2400 m s.l.m., dove è presente un brusco cambio di pendenza, per poi arrivare all'imbocco dello stretto canale che costituisce la zona di scorrimento vera e propria della valanga.

Raramente si assiste ad eventi che coinvolgano tutta la zona sopraccitata, ma spesso si verificano distacchi localizzati, che non arrivano oltre la parte ad "anfiteatro" (come si può vedere anche dalla CLPV). La zona di scorrimento è il canale del Rio Vallecetta, la cui sommità è facilmente individuabile in prossimità del cambio di pendenza e di morfologia situato alla quota di circa 2100 m s.l.m., che spesso coincide con la fine della zona di distacco.

La zona di arresto è il vasto conoide formato dal Rio Vallecetta, situato dove il versante della montagna raccorda con il fondovalle, con un percorso aperto di circa 600 m.

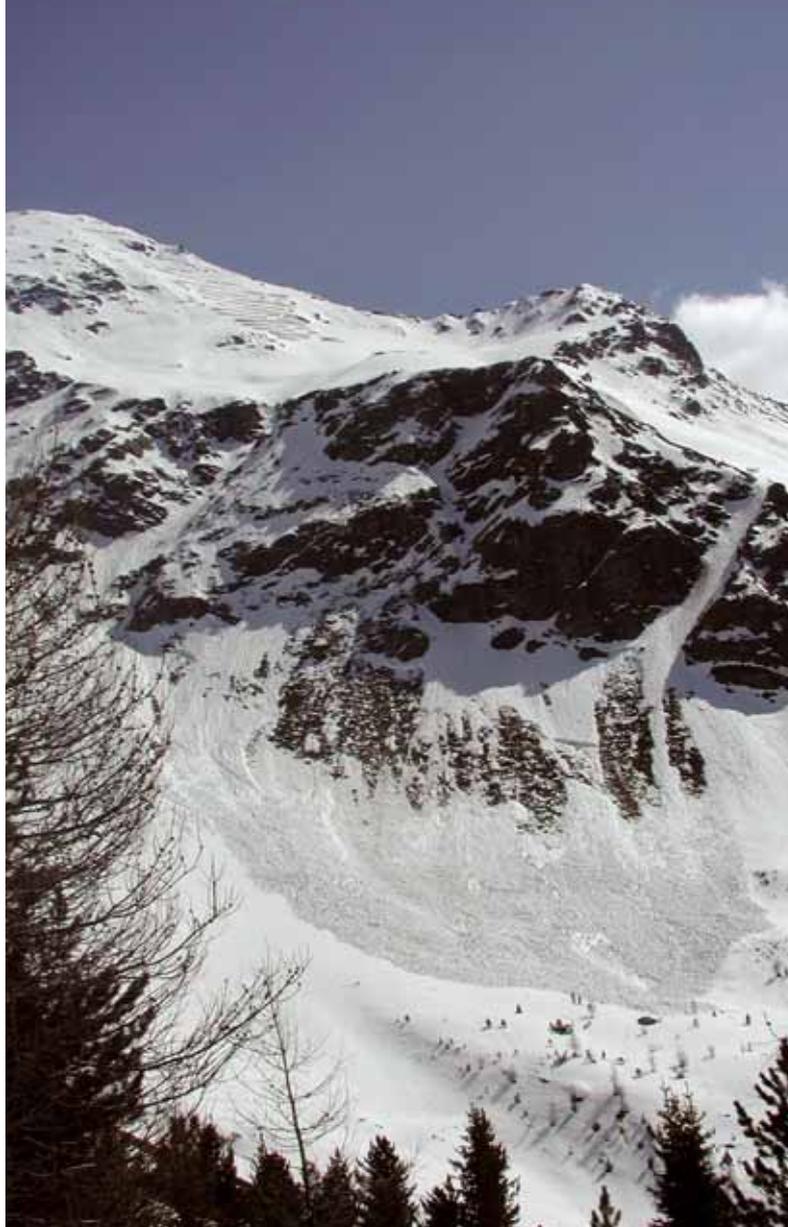
In questo contesto si verificano fenomeni valanghivi con frequenza annuale; la gran parte di essi sono eventi di piccole dimensioni che si staccano generalmente durante l'inverno e si arrestano a quote elevate. In Figura 3 si riporta la mappatura degli eventi significativi relativi al canale del Vallecetta qui studiati, ricostruiti tramite i dati del catasto del Corpo Forestale dello Stato e le schede valanga AINEVA (p.es. Bocchiola e Medagliani, 2007). Tali fenomeni valanghivi si riferiscono al 1 ed al 16 maggio 1983 e rappresentano nella sostanza gli eventi con il massimo runout osservato (a parte un evento occorso nell'anno 1886, per il quale si ha però scarsa documentazione). Entrambe le valanghe si sono staccate dal vallone Nord - Ovest del Monte Vallecetta.

La massa si è incanalata nell'alveo del torrente raggiungendo il fondovalle e depositandosi sul conoide di deiezione che comprende le località di Piazza e Piazzistolo. Nel primo caso la valanga ha interessato la zona attigua ai centri abitati, danneggiando solo in parte le strutture di un camping e non arrecando rilevanti danni a persone e strutture.

La valanga del 16 maggio invece ha completamente invaso tutto il conoide ed i detriti hanno raggiunto in più punti il fiume Adda, ostruendo la sottostante S.S. 38, provocando ingenti danni alle abitazioni ed anche la morte di una persona. Le due valanghe si sono staccate da una quota compresa tra i 3000 ed i 2200 m s.l.m.

La quantità di neve al distacco per l'evento del 1 Maggio è stimata in circa ottocentomila metri cubi, mentre per l'evento del 16 Maggio si stimano due milioni di metri cubi circa.

In seguito a tali eventi, sono stati costruiti dei ponti da neve, situati in Sx della zona di distacco (Figura 3), tra i 2440 ed 2900 m s.l.m. circa.



IL MODELLO ENERGETICO IN AZIONE

Dati di input e procedura

Le simulazioni della valanga del Monte Vallecetta si basano su di un profilo di scorrimento della valanga definito sulla base di studi precedenti (p.es. Riboni *et al.*, 2005, Profilo 1, riportato qui in Fig. 3). Dalla zona di distacco a circa 3100 m s.l.m. la massa di neve scende a valle seguendo un'ampia curva verso sinistra; arrivata ad una quota di 2500 m circa incontra un salto di quota di 100 m per poi proseguire fino all'imbocco del canale.

Seguendo il percorso del canale giunge fino a valle, dove si trova la zona di arresto, definita in corrispondenza dell'allargamento del canale in prossimità di Piazza. Le altezze al distacco utilizzate per i due eventi considerati sono state dedotte dalle schede valanga AINEVA.

In Tabella 1 sono riportati i dati utilizzati. A_0 è la quota al distacco, A_L la quota all'arresto, L la distanza di runout, H_s l'altezza di neve al distacco e W_0 , L_0 e V_0 , la larghezza, profondità e volume della valanga al distacco, rispettivamente. La parametrizzazione del modello viene condotta in maniera semplificata, allo scopo di fornire un confronto con i risultati forniti da un modello di riferimento comunemente utilizzato in letteratura, AVAL1D. I valori di ξ utilizzati nel modello sono riportati in Figura 5 e sono stati valutati tramite le ben note tabelle fornite dal manuale di utilizzo di AVAL1D (p.es. Sovilla, 2002; Riboni *et al.*, 2005). Il valore di λ è stato posto pari a $\lambda_a = 0.3$ ed a $\lambda_p = 2.5$, per spinta attiva e passiva, rispettivamente. Si è comunque osservata in pratica una maggiore influenza del parametro λ_p rispetto a λ_a . Il valore di μ viene ottenuto tramite calibrazione, ossia imponendo

l'esatta distanza di runout, sia per il modello proposto sia per il modello AVAL1D. Tale confronto serve a mostrare la differente implementazione dei modelli atta a riprodurre in maniera esatta l'evento (in termini di distanza di runout). Si conduce poi un'analisi di sensitività del modello al variare del parametro μ .

Come noto (p.es. Ancey et al., 2004; Bocchiola e Medagliani, 2007), tale parametro è nella sostanza il più influente sulla valutazione del runout. Si mostra il comportamento dei modelli al variare del parametro μ e se ne confrontano gli output in termini di runout, velocità ed altezze. L'analisi qui condotta serve a mostrare il grado di

consistenza dei risultati del modello qui proposto, al variare del parametro μ , anche in confronto ad AVAL1D.

Confronto con AVAL1D

Il modello AVAL1D, sviluppato dal personale dell'istituto SLF di Davos, rappresenta come noto un modello completo di dinamica delle valanghe dense, poiché risolve le equazioni complete di conservazione della quantità di moto, considerando tutti i termini dinamici. Il confronto con il modello energetico serve quindi a valutare se con quest'ultimo sia possibile, tramite il più semplice l'approccio energetico qui proposto, riprodurre in maniera corretta almeno le proprietà fondamentali della valanga (i.e. altezza, velocità) lungo il percorso. In Figura 4 e 5 si riporta l'andamento delle altezze e velocità massime simulate tramite il modello energetico per i due eventi considerati, ottenuti tramite calibrazione. I valori di μ sono riportati in Tabella 1. Si osservi il basso valore del coefficiente di attrito statico ($\mu = 0.05$) per la valanga del 16 Maggio. Tale valore è sicuramente dovuto alla dinamica della valanga, verificatasi in una situazione del tutto particolare. Infatti, la valanga occorsa pochi giorni prima, il primo di maggio, ha lasciato una considerevole copertura nivale sulla zona di conoide all'uscita del canalone del Vallecetta, la quale ha fornito nella sostanza una superficie di scorrimento priva di attrito, su cui la seconda valanga ha potuto scivolare, percorrendo in pratica un tratto assai più lungo di quello prevedibile in assenza di tale substrato nivale. La stessa procedura di calibrazione viene condotta per AVAL1D, sempre in Tabella 1, dove si mostra in effetti un basso valori del coefficiente di attrito statico ($\mu = 0.03$) per Aval1D per la valanga del 16 maggio, a conferma di quanto detto. Si osserva in effetti una sostanziale omogeneità nel comportamento del modello energetico con AVAL1D. L'andamento delle velocità ed altezza calcolate tramite AVAL1D viene riportato in Figura 4 e 5 per confronto. Si osserva come il modello energetico tenda a simulare altezze di flusso (mas-

Fig. 4
Monte Vallecetta.
Massime altezze
calcolate a seguito
della calibrazione del
modello energetico e di
AVAL1D per i due eventi
considerati.

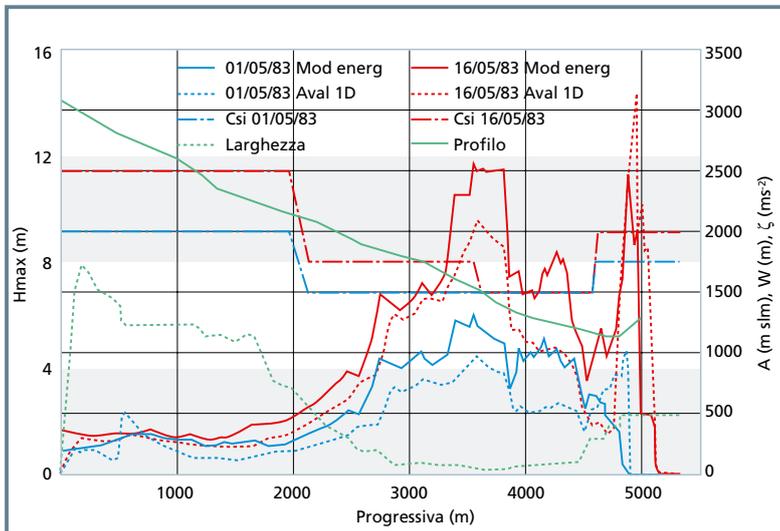
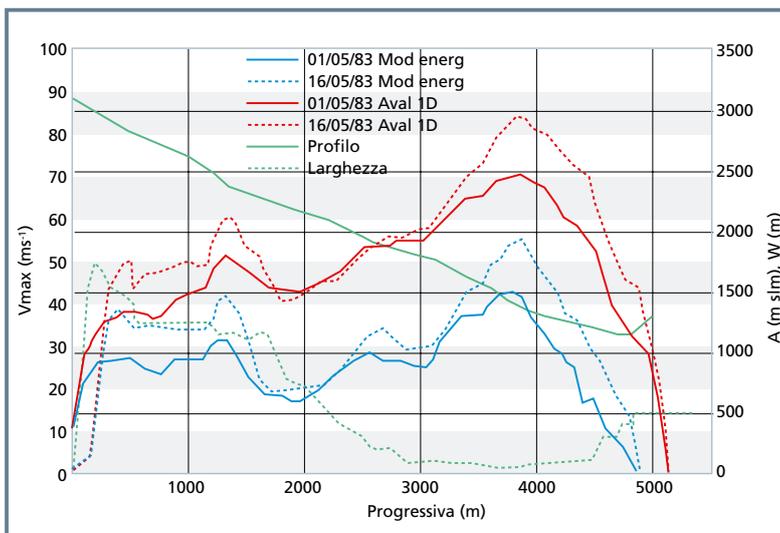


Fig. 5
Monte Vallecetta.
Massime velocità
calcolate a seguito
della calibrazione del
modello energetico e di
AVAL1D per i due eventi
considerati.



Tab. 1
Principali caratteristiche
degli eventi di valanga
considerati. Condizioni
al contorno ed analisi di
sensività delle distanze
di runout L rispetto
al parametro μ . E_L è
l'errore di valutazione
sul runout. I valori in
grassetto rappresentano
i valori di calibrazione. Si
considera una tolleranza
sulle valutazioni della
coincidenza del runout
di ± 30 metri, pari ad
un errore del $\pm 0,5\%$
circa, anche in ragione
dell'incertezza legata alla
mappatura dell'evento,
condotta tramite mappa
al 250.000.

EVENTI	Ao [m asl]	Al [masl]	L [m]	Hs [m]	Wo [m]	Lo [m]	VO [m3]	μ [-]	E _L [%]
Osservato 1 Maggio 1983	2950	1174	4877	0.9	800	1110	7.99E ⁵	-	-
Osservato 16 Maggio 1983	3140	1144	5172	1.3	1300	1254	2.118E ⁶	-	-
Modello 1 Maggio 1983	2950	1174	4877	0.9	800	1110	7.99E ⁵	0.18	-
Modello 16 Maggio 1983	3140	1144	5172	1.3	1300	1254	2.118E ⁶	0.05	-
AVAL1D@ 1 Maggio 1983	2950	1174	4877	0.9	800	1110	7.99E ⁵	0.15	-
AVAL1D@ 16 Maggio 1983	3140	1144	5172	1.3	1300	1254	2.118E ⁶	0.03	-
Modello 1 Maggio 1983	2950	1174	4984	0.9	800	1110	7.99E ⁵	0.12	2.2
Modello 16 Maggio 1983	3140	1144	5177	1.3	1300	1254	2.118E ⁶	0.03	0.0
AVAL1D@ 1 Maggio 1983	2950	1174	4994	0.9	800	1110	7.99E ⁵	0.12	2.4
AVAL1D@ 16 Maggio 1983	3140	1144	5172	1.3	1300	1254	2.118E ⁶	0.03	0.0
Modello 1 Maggio 1983	2950	1174	4731	0.9	800	1110	7.99E ⁵	0.24	-3.0
Modello 16 Maggio 1983	3140	1144	5172	1.3	1300	1254	2.118E ⁶	0.07	0.0
AVAL1D@ 1 Maggio 1983	2950	1174	4569	0.9	800	1110	7.99E ⁵	0.24	-6.31
AVAL1D@ 16 Maggio 1983	3140	1144	5116	1.3	1300	1254	2.118E ⁶	0.07	-1.1

sime) più basse (con differenze fino al 20% circa in alcuni tratti) di quelle simulate tramite AVAL1D, con velocità (massime) superiori (anche qui con differenze fino al 20% circa). Si osservi che dati di altezza e velocità misurati, come noto estremamente rari, non sono disponibili per gli eventi in questione, ed il confronto tra modelli qui proposto ha lo scopo di valutare la verosimiglianza dei risultati ottenuti dal modello energetico, più che la loro esattezza assoluta. In tale ottica, i risultati sembrano soddisfacenti. Si mostrano poi in Tabella 1 i risultati dell'analisi di sensitività condotta sul valore di μ . Si sono utilizzati i valori di μ relativi al modello energetico (che nella sostanza non differiscono molto dai valori di AVAL1D) per entrambe le valanghe e si sono assunte variazioni del coefficiente di attrito statico pari a circa un terzo, in più o in meno, $\pm 33\%$. Tale oscillazione sembra ragionevole, data la ben nota complessità nell'assegnazione del coefficiente μ .

In Tabella 1 si riportano le variazioni percentuali della distanza di arresto calcolata dal modello energetico e da AVAL1D, che come si osserva sembrano in sostanza consistenti. Nelle Figure da 6 a 9 si riportano invece i confronti condotti per le altezze (Fig. 6 ed 8) e velocità (Fig. 7 e 9) massime lungo il percorso tra il modello energetico ed AVAL1D, per i due eventi studiati. Il modello energetico riproduce nella sostanza con buona approssimazione le caratteristiche fondamentali della valanga (altezza e velocità massima), almeno per come descritte dal modello AVAL1D, anche in relazione a variazioni non trascurabili del coefficiente di attrito statico. Si osserva la stessa tendenza del modello a fornire altezze inferiori e velocità superiori rispetto ad AVAL1D. Una maggiore discrepanza sembra apparire nel caso della valanga del 1 Maggio 1983. Tale discrepanza è sicuramente dovuta all'influenza del valore di μ , che cambia notevolmente ($0.12 \leq \mu \leq 0.24$), mentre nel caso della valanga del 16 Maggio 1983, il valore di μ rimane in sostanza piccolo ($0.03 \leq \mu \leq 0.07$), fornendo un risultato più stabile. Inoltre, il modello energetico

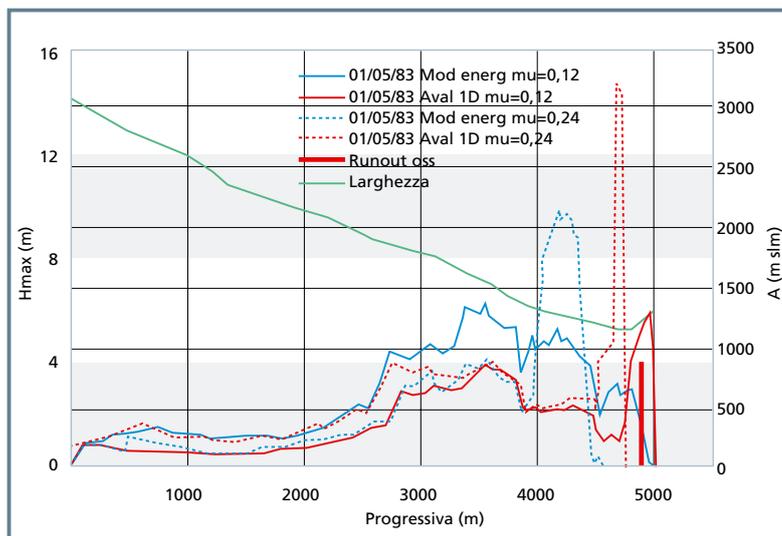


Fig. 6 Monte Vallecetta. Analisi di sensitività tramite il modello energetico e AVAL1D. Evento del 1 Maggio 1983. Altezze massime. Parametri indicati in Tabella 1.

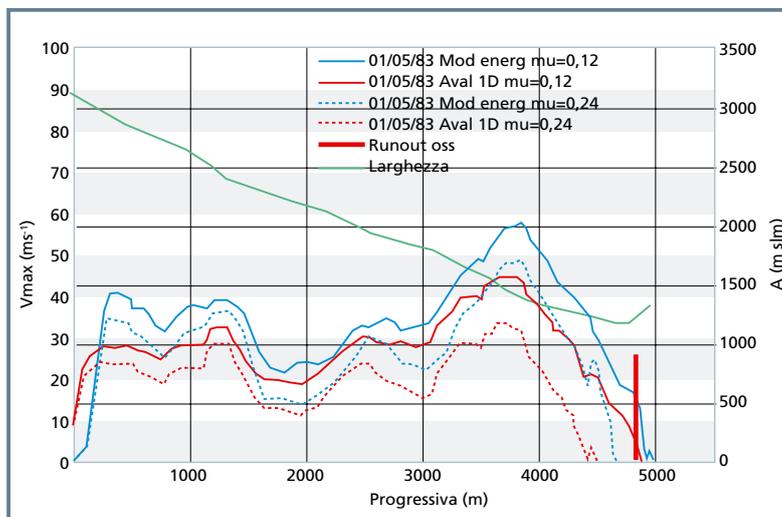


Fig. 7 Monte Vallecetta. Analisi di sensitività tramite il modello energetico e AVAL1D. Evento del 1 Maggio 1983. Velocità massime. Parametri indicati in Tabella 1.



Fig. 8
Monte Vallecetta. Analisi di sensitività tramite il modello energetico e AVAL1D. Evento del 16 Maggio 1983. Altezze massime. Parametri indicati in Tabella 1.

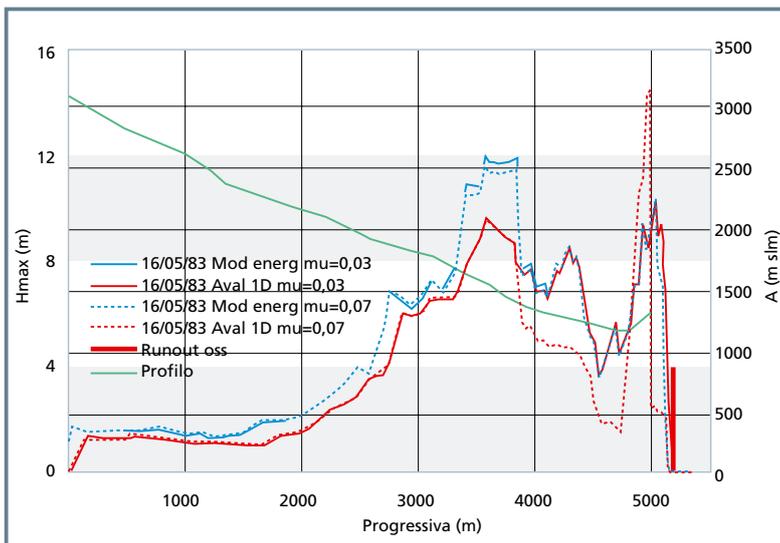
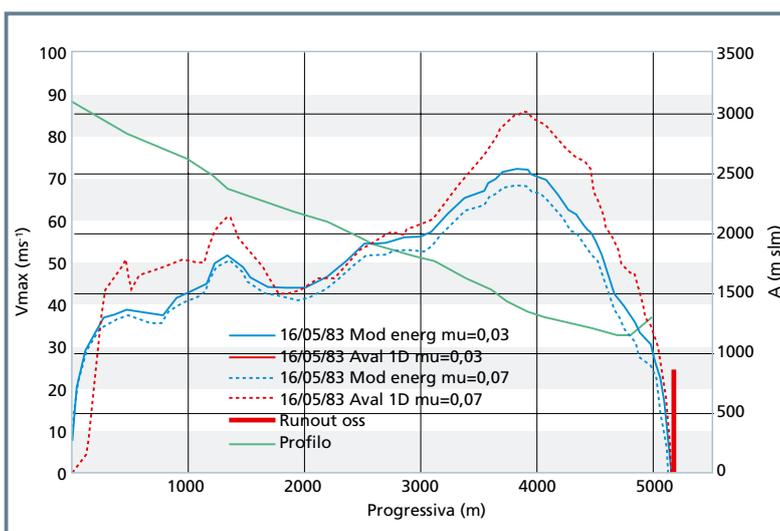


Fig. 9
Monte Vallecetta. Analisi di sensitività tramite il modello energetico e AVAL1D. Evento del 16 Maggio 1983. Velocità massime. Parametri indicati in Tabella 1.



sembra lievemente meno sensibile del modello AVAL1D a variazioni percentuali dell'ordine qui illustrato ($\pm 33\%$) del coefficiente μ , come si vede dall'analisi comparata del runout (Tabella 1, visibile anche nelle Figure 4-9) e delle altezze e velocità (Figure 4-9).

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il modello proposto sembra fornire risultati nella sostanza accettabili. Il confronto con il modello AVAL1D, che rappresenta di fatto un riferimento nel campo investigato, mostra una sostanziale aderenza, anche per quanto riguarda la parametrizzazione. Tale risultato è confortante, soprattutto in ragione della relativa semplicità del modello proposto, in termini sia concettuali, sia di implementazione numerica. Ulteriori sviluppi saranno dedicati alla validazione del modello per altri siti ed eventi valanghivi ed al suo utilizzo a scopo di valutazione delle aree a rischio di valanga. Il modello, data la sua semplicità, ben si presta ad essere innestato all'interno di un modello idrologico distribuito su partizione del bacino idrografico del tipo a *tubi di flusso*. Inoltre, si vuole investigare il problema della variazione della massa valanghiva, tramite un approccio da calibrare su un data base di eventi disponibili con valutazione della massa al distacco ed al deposito.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano qui ringraziare l'Ingegnere Michele Medagliani, per l'aiuto fornito nella raccolta ed elaborazione dei dati valanghivi qui utilizzati. Si ringrazia inoltre il personale ARPA (Centro Nivometeorologico di Bormio, AINEVA) e del Corpo Forestale dello Stato, Comando Regionale Lombardia, per aver messo a disposizione il materiale relativo agli eventi valanghivi. Le simulazioni con AVAL1D® sono state condotte su software dell'istituto SLF di Davos, in licenza al Dip. DIAR del Politecnico. Un supporto parziale alle attività di ricerca qui riportate deriva dal progetto UE IRASMOS (Contratto EC 018412).





Equazioni

1. $MgH = MgRL$

2. $E_{tot} (1) = E_{tot} (2) + E_{dis} (1,2)$

3. $E_{tot} = E_{pot} + E_{cin} = MgH + MU^2/2g$

4. $MgH_1 + MU_1^2/2g = MgH_2 + MU_2^2/2g + E_{dis}$

5. $E_{dis} = MgL \cos \phi \mu + MgL U^2/\xi h + MgL \cos \phi \lambda \frac{\delta h}{\delta x}$

Bibliografia

- Barbolini, M., Gruber, U., Keylock, C. J., Naaim, M., Savi, F. (2000). Application of statistical and hydraulic-continuum dense-snow avalanche models to five real European sites, *Cold Regions Science and Technology*, 31,133-149.
- Barbolini M., Natale L., Cordola M., Tecilla, G. (2004). Linee Guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe, *Neve e Valanghe*, 53, 6-13.
- Bartelt, P., B. Salm, Gruber, U. (1999). Calculating dense-snow avalanche runout using a Voellmy-fluid model with active/passive longitudinal straining, *Journal of Glaciology*, 45, 242-254.
- Bocchiola, D., Medagliani, M., Rosso, R. (2006). Regional snow depth frequency curves for avalanche hazard mapping in central Italian Alps, *Cold Regions Science and Technology*, 46, 3, 204-221.
- Bocchiola, D., Medagliani M. (2007). Caratteri morfologici delle valanghe: uno studio nell'area del Bormiese, *Neve e Valanghe*, 3, 70-79.
- Bocchiola, D., Rosso, R. (2007). The use of regional approach for hazard mapping at an avalanche site in northern Italy, *Advances in Geosciences*, 14, 1-9.
- Bovis, M.J., Mears, A.I. (1976). Statistical prediction of snow avalanche runout from terrain variables, *Arctic and Alpine Research*, 8, 115-120.
- Christen, M. Bartelt, P., Gruber, U., Filaferro, E. (2002a). AVAL1D: Un programma di dinamica delle valanghe per l'uso comune, *Neve e Valanghe*, 47.
- Christen, M. Bartelt, P., Gruber, U. (2002b). AVAL-1D: Numerical calculations of dense flow and powder snow avalanches, *User Manual*, SLF Davos, Switzerland, 2002.
- Christen, M., Bartelt, P., Gruber, U. (2007). Modelling Avalanches, *GE-Oconnexion International* 6, 4, 38-39.
- Iverson Richard M., Reid M. E., LaHusen R. G. (1997). Debris flow mobilization from landslides, *Annu. Rev. Earth Planet*, 25, 85-138.
- Iverson Richard M., Denlinger Roger P. (2001). Flow of variably fluidized granular masses across three – dimensional terrain, *Journal of Geophysical Research*, 106, 537-552.
- Lied, K., Bakkehøi, S. (1980). Empirical calculations of snow avalanche run-out distance based on topographic parameters, *J. of Glaciol.*, 26 (94), 165-177.
- Martinelli, M. (1991). L'applicazione della modellistica di Salm, *Neve e Valanghe*, 13.
- McClung, D. M., Mears, A. I. (1991). Extreme value prediction of snow avalanche runout, *Cold Regions Science and Technology*, 19, 163-175.
- McClung, D.M. (2001). Extreme avalanche runout: a comparison of empirical models, *Can. Geotech. J.*, 38, 1254-1265.
- Perla, R. I., Cheng, T. T., McClung, D. M. (1980). A two-parameter model of snow-avalanche motion, *J. of Glaciol.*, 26(94), 197-207.
- Riboni, A., Sovilla, B., Bocchiola, D., Rosso, R. (2005). Un approccio regionale per la stima delle altezze al distacco nel calcolo dinamico delle valanghe applicato per due casi di studio in Lombardia, *Neve e Valanghe*, 55, 22-39.
- Salm, B., Burkard, A., Gubler, H. (1990). Berechnung von Fließlawinen: eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen [Calcolo delle valanghe: un metodo pratico con esempi], *Eidg. Inst. Schnee- und Lawinenforsch. Mitt.* 47.
- Sovilla, B., Bartelt, P. (2002). Observations and modelling of snow avalanche entrainment, *Nat. Hazards*, 2, 169-179.
- Sovilla, B. (2002). Parametri di input per simulazioni di valanghe dense, In: *Corso di dinamica delle valanghe*, Eidg. Inst. Schnee- und Lawinenforsch. SLF Davos, Bormio, 4-5 Dicembre 2002.
- Sovilla, B., Burlando, P., Bartelt, P. (2006). Field experiments and numerical modeling of mass entrainment in snow avalanches, *Journal of Geophysical Research*, 111, F03007, doi:10.1029/2005JF000391.
- Sovilla, B., Margreth, S., Bartelt, P. (2007). On snow entrainment in avalanche dynamics calculations, *Cold Regions Science and Technology*, 47, 69-79.
- Voellmy, A. (1955). Über die Zerstörungskraft von lawinen [Sulla forza distruttiva delle valanghe], *Schweizerische Bauzeitung*, Jahrgang, 73.

OPERE PASSIVE PER VALANGHE DI NEVE

**Paolo Scotton
e Francesca Moro**
Dipartimento di Geoscienze
Università di Padova



L'articolo presenta alcuni aspetti di una indagine sperimentale condotta presso il Laboratorio di Idraulica dell'Università di Trento allo scopo di analizzare il comportamento di alcuni tipi di opere di difesa passiva, usate nella pratica dell'ingegneria ambientale al fine di rallentare valanghe granulari di neve densa. La ricerca considera strutture quali i coni e i denti, considerati come elementi singoli e come sistemi di tre opere distribuite su due linee.

L'apparato sperimentale è costituito da due piani posizionati su due pendenze diverse, allo scopo di simulare la pendenza della zona di scorrimento e della zona di arresto tipiche delle valanghe di neve densa. La zona di scorrimento è confinata all'interno di una sezione rettangolare. Il moto sul piano di valle non è vincolato lateralmente. Le opere sono collocate alla fine del piano superiore, all'inizio della fase di rallentamento dell'ammasso granulare utilizzato nelle simulazioni.

L'articolo descrive l'apparato sperimentale, realizzato per simulare fenomeni reali secondo la similitudine di Froude, con una scala geometrica di circa 1:100 del modello rispetto al prototipo, e da alcuni criteri per la stima delle forze di impatto sugli elementi della prima e della seconda linea. Fornisce inoltre la distribuzione più efficiente delle opere (quella che massimizza la dispersione della massa) e mostra come la massima efficienza si verifica quando la forza adimensionalizzata sulle opere è massima.

DENSA





Sopra, denti frenanti
I tipo a Foppolo (BG), in
Valle Brembana.

Fig. 1
A sinistra deposito
granulare di una valanga
verificatesi nel sito
valanghivo della Lavina
Granda, (Vigolana, TN),
nel dicembre 2003;
sulla destra, il deposito
granulare di una valanga
verificatesi in Val dei
Spini, nel Trentino nord-
occidentale (Val di Pejo,
TN) nel marzo 1998.



INTRODUZIONE

Nelle regioni alpine le valanghe di neve rappresentano una seria minaccia per gli insediamenti, le attività e le infrastrutture realizzate dall'uomo.

Queste si presentano in forme molto diverse, con diverse proprietà dinamiche, e devono essere trattate in modo appropriato al fine di mitigare il rischio associato. Le valanghe di neve polverosa sono molto difficili da controllare, una volta che si sono formate, a causa del basso valore della loro densità di volume, dell'elevato valore della altezza e della larghezza di scorrimento e dell'alta velocità che riescono a raggiungere.

Per questo tipo di valanghe la mitigazione del rischio viene ottenuta evitando la formazione della valanga, stabilizzando il manto nevoso nella zona di distacco, o provocando frequenti distacchi di masse nevose di volume contenuto, generando

eventi poco rischiosi. I sistemi di protezione sono, in genere, molto costosi e sono giustificati dalla necessità di proteggere territori giudicati di alto valore.

Le valanghe di neve densa hanno proprietà dinamiche significativamente diverse dalle valanghe di neve polverosa. Generalmente la loro velocità e la loro profondità di scorrimento è molto più bassa, mentre la densità di volume assume valori molto alti.

Inoltre, presentano la tendenza a seguire maggiormente le caratteristiche topografiche della superficie di scorrimento. Da un punto di vista ingegneristico, è possibile interagire con questo tipo di fenomeni nella zona di scorrimento e, forse in modo ancora più efficace, nella zona di arresto.

Opere di ingegneria volte alla riduzione della potenza distruttiva delle valanghe di neve densa, ampiamente diffuse nelle

regioni alpine, sono i cumuli, i denti di rallentamento ed i valli deviatori, posizionati, in genere, nelle zone iniziali dell'area di arresto. I costi di questi sistemi di protezione sono certamente minori rispetto al caso precedente. Minore è anche la percezione di sicurezza che producono, dipendendo dal duro compito di definire, in modo affidabile, i parametri dinamici dell'evento di progetto.

Il progetto di queste opere non è ancora fondato su accettate linee guida e si basa, in gran parte, sulla capacità di giudizio di esperti del settore in grado di valutare e interpretare il territorio ed i fenomeni che possono essere prodotti. Allo stesso modo non sono disponibili metodi riconosciuti per la valutazione quantitativa degli effetti di redistribuzione della massa nevosa provocata dalle opere (Norem, 1995; Larsen and Norem, 1996; Hammersland et al., 2000).

Il presente articolo si inserisce in questo ambito e descrive una ricerca sperimentale effettuata su questo tipo di opere. Lo scopo è di caratterizzare alcuni aspetti della interazione tra le opere di rallentamento ed il moto di un ammasso granulare generato in scala di laboratorio. Da una parte viene quantificato l'impatto dinamico contro gli elementi di un semplice sistema di opere, dall'altra viene quantificato l'effetto di redistribuzione della massa indotto dalla loro presenza.

Negli esperimenti, per simulare le valanghe di neve densa, viene utilizzata una massa granulare costituita da zeolite sintetica. La scelta è conseguenza dell'esperienza di campo ottenuta dagli autori, negli anni, nei siti valanghivi della provincia di Trento.

In tali siti un gran numero di eventi valanghivi sono definibili come valanghe di neve densa, presentano depositi in forma granulare e comportamenti dinamici tipici degli ammassi granulari.

L'immagine di Figura 1 è stata ripresa nel sito valanghivo della Lavina Granda (Vigolana, Trento) e mostra il materiale granulare di un deposito valanghivo coperto da uno strato di neve fresca.

Sulla destra della stessa figura è mo-

strato parte del deposito di una valanga verificatasi in un sito del Trentino nord-occidentale (Val dei Spini, Pejo).

Notevole è, attualmente, la attività di ricerca che fa ricorso alla indagine sperimentale con l'utilizzo di misture granulari al fine di indagare le proprietà delle valanghe di neve (Chu et al., 1995; Hutter et al., 1995; Keller et al., 1998) e le caratteristiche della interazione con opere di rallentamento con il fine principale di definire la dissipazione energetica da queste provocate (Hákonardóttir et al., 2003; Sheikh et al., 2008). In questo articolo l'attenzione è posta sulle sollecitazioni subite dalle opere e sulla redistribuzione della massa da queste indotta nel deposito finale.

L'APPARATO SPERIMENTALE

La canaletta e il suo supporto

Gli esperimenti sono stati condotti utilizzando il supporto mostrato in Figura 2. Il supporto è formato da due piani in Forex ad inclinazione variabile, di forma quadrata con lato pari a 150 cm. La pendenza del piano superiore può essere variata dallo 0% al 70%, mentre la pendenza del piano inferiore può variare dallo 0% al 18%. La continuità tra il piano inferiore ed il piano superiore è ottenuta mediante un sottile nastro adesivo a superficie liscia. Sul piano superiore è stata realizzata una canaletta le cui pareti laterali sono trasparenti e realizzate in Perspex.

La larghezza della canaletta è di 20 cm e la altezza delle pareti laterali è di 15 cm. La canaletta termina 20 cm a monte del cambio di pendenza. All'estremo superiore della canaletta è stata realizzata una scatola di carico dove viene posto il materiale granulare prima della esecuzione degli esperimenti. Le opere di rallentamento sono state collocate sul piano di monte a valle della canaletta (subito a monte del cambio di pendenza). Successivamente all'impatto contro le opere di rallentamento, il materiale granulare può distribuirsi liberamente sul piano di valle.

La scatola di carico

La scatola di carico (Figura 3) è stata ottenuta mediante una paratoia verticale rimovibile realizzata in Forex. La paratoia scorre dentro a due gargami ottenuti nelle

pareti laterali della canaletta. La sezione trasversale della scatola di carico è la stessa della canaletta. La sua lunghezza è di 30 cm. Il suo volume è di circa 9 litri.

Il materiale granulare

Il materiale granulare (Figura 3) utilizzato negli esperimenti è stato ottenuto da zeolite sintetica. La forma dei grani è sostanzialmente sferica (il fattore di forma è praticamente uguale ad 1). Il diametro dei grani varia da 0.1 mm a 2 mm, con un diametro medio pari a circa 1.0 mm. Il peso specifico della resina è di 1080 kg/m³. L'angolo di attrito interno è pari a 28°. L'angolo di attrito statico con il fondo, ottenuto mediante prove con scatola di taglio, è pari a 18° (deviazione standard pari a 0.8°). L'angolo di attrito cinematico con il fondo è stato stimato tra 15° e 16°.

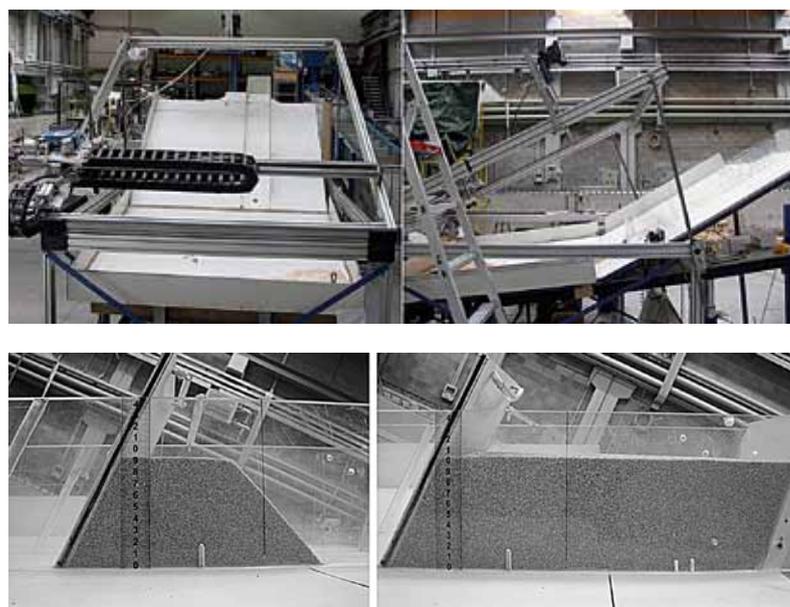


Fig. 2 Sulla sinistra, una vista della canaletta e della struttura di supporto; sulla destra una vista laterale dell'apparato sperimentale.

Fig. 3 La scatola di carico all'estremo superiore della canaletta; 29 N (3 kg) di ammasso granulare, sulla sinistra, e 69 N (7 kg), sulla destra.

Sotto, coni di rallentamento presso il Lago Cavia (BL), in Val di S. Pellegrino.



Coni e denti frenanti a Tacconaz, in Vallée de Chamonix Mont Blanc.



Fig. 4
I modelli di opere di rallentamento utilizzati negli esperimenti: sopra a sinistra, il dente ed il cono a base circolare realizzati in legno; sopra sulla destra uno schema progettuale di un cono; sotto tre cono a base ellittica utilizzati, rispettivamente, agli angoli di inclinazione di 30°, 27° e 24°.



Fig. 5
Sulla sinistra e al centro, una vista da sotto e da sopra della piastra di supporto dei supporti a T; sulla destra, il supporto a T utilizzato per trasferire la forza agente sull'elemento di rallentamento alla cella di carico.

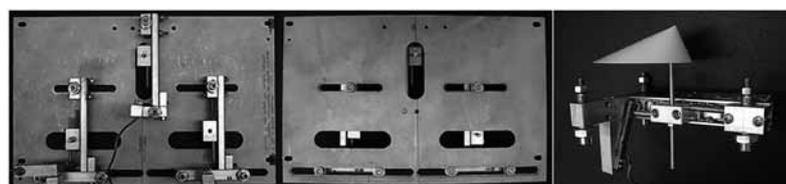


Fig. 6
Una sequenza di fotogrammi ottenuti dalla video-camera digitale frontale. Il trattamento delle immagini permette la stima della velocità della mistura nei pressi degli elementi di rallentamento.

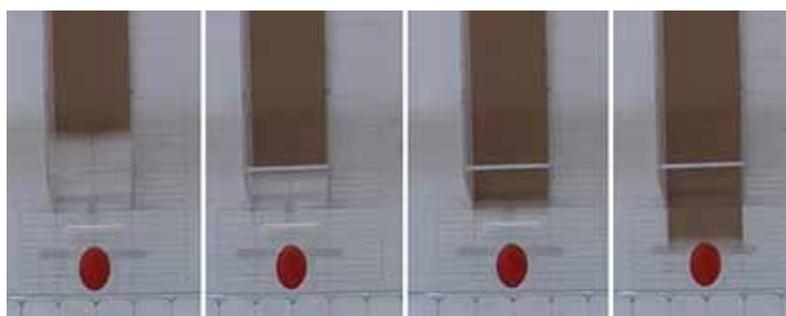
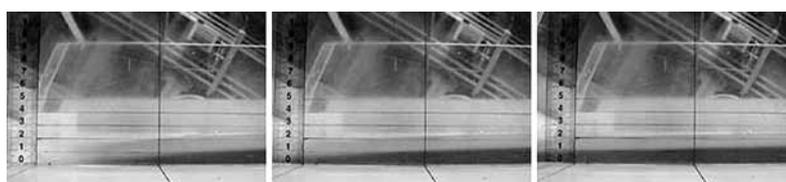


Fig. 7
Una sequenza di fotogrammi ottenuti dalla video-camera laterale. Il trattamento delle immagini permette di stimare la altezza di scorrimento della mistura nei pressi degli elementi di rallentamento.



Coni e denti

Sono stati utilizzati diversi modelli di opere di rallentamento (Figura 4) per simulare le opere effettivamente realizzate in scala di prototipo. Una prima serie di test è stata condotta usando coni e denti realizzati in

legno. I coni sono alti 30 mm ed il diametro della base circolare è di 73 mm.

I denti hanno una altezza di 30 mm e una larghezza di 38 mm. In una successiva serie di test è stato analizzato il comportamento di tre elementi ottenuti da forme

coniche. Questi sono stati realizzati tenendo conto che le opere reali presentano un angolo sull'orizzontale della faccia a monte di circa 45°.

La loro altezza è ancora di 30 mm; la forma dipende dalla pendenza del piano di monte.

Il peso degli elementi è stato contenuto il più possibile allo scopo di ridurre gli effetti inerziali nella fase di impatto (il peso varia da 20 g a 30 g), scavando all'interno i tre elementi realizzati in nylon.

Il supporto delle opere di rallentamento

Ogni elemento di rallentamento (cono o dente) è collegato con un supporto a T (Figura 5) costituito da una guida a scorrimento lineare a basso attrito.

La forza esercitata sull'elemento viene trasmessa alla cella di carico montata sul supporto a T.

La cella di carico misura la forza totale in assenza di momento flettente. Il sistema di elementi di rallentamento (al massimo tre) sono stati montati su una piastra di supporto fissata sotto il piano di monte.

Le celle di carico

Negli esperimenti eseguiti in laboratorio sono stati usati due tipi di celle di carico: il modello L1510 (protetto) ed il modello L1501 (non protetto) della Futek.

A seguito di una serie preliminare di test sono state scelte le capacità di 4.5 N (1 libbra) e 8.9 N (2 libbre). La sensibilità del modello da 1 libbra è di 0.002 libbre (0.906 grammi), mentre la sensibilità del modello da 2 libbre è di 0.0004 libbre (0.181 grammi). Il tempo di risposta di entrambe le celle di carico è stato stimato sperimentalmente minore di 0.005 s.

Misura della velocità e profondità del flusso

La misura della velocità (Figura 6) e della profondità del flusso (Figura 7) sono state ottenute mediante due video-camere. Una video-camera digitale è stata posizionata sopra alla canaletta in modo da coprire l'area tra la fine della canaletta e gli elementi di rallentamento.

La velocità utilizzata nelle elaborazioni è la velocità media del fronte della massa in movimento negli ultimi 40 centimetri prima dell'impatto contro le opere di rallentamento.

La seconda video-camera digitale è stata posizionata lateralmente alla parte finale della canaletta al fine di riprendere la profondità della mistura in una sezione molto vicina alle opere (circa 10 centimetri a monte).

La altezza di scorrimento è qui definita come la massima altezza del fronte.

Misura della dispersione dell'ammasso granulare

La misura della dispersione finale, longitudinale e trasversale, della mistura è stata ottenuta dalla analisi di immagini del tipo di Figura 8. La dispersione della mistura dipende dal tipo di opere (coni a base circolare, coni a base ellittica e denti) e dalla loro disposizione. L'opera frontale è sempre collocata nei pressi della sezione finale della canaletta, sul suo asse.

La linea posteriore di opere è posizionata ad una distanza longitudinale dall'elemento di monte di circa due volte la altezza delle opere (70 mm). Gli elementi posteriori possono essere sistemati in diverse posizioni lungo la guida trasversale.

L'angolo θ tra la direzione del flusso originale (la direzione definita dall'asse della canaletta) e la linea passante attraverso l'elemento frontale e posteriore (Figura 9) può essere modificata tra 25° e 50°.

Sono stati definiti due parametri fisici per caratterizzare la dispersione della mistura: l'efficienza longitudinale e l'efficienza trasversale. Il primo parametro è una misura della tendenza alla riduzione della posizione longitudinale più lontana raggiunta dalla mistura granulare a causa della presenza delle opere di rallentamento.

L'efficienza longitudinale è definita come segue:

$$\epsilon_L = \frac{d_{NW} - d}{d_{NW}}$$

dove "d" è definito come in Figura 9 e

" d_{NW} " è la massima distanza percorsa dalla mistura in assenza di elementi di rallentamento.

Il secondo parametro è una misura della tendenza ad aumentare la massima distanza trasversale raggiunta dalla mistura, a causa della presenza delle opere. L'efficienza trasversale è definita come segue:

$$\epsilon_T = \frac{L - L_{NW}}{L_{NW}}$$

dove "L" è definita come in Figura 9 e " L_{NW} " è la massima larghezza raggiunta dalla mistura in assenza delle opere di rallentamento.

RISULTATI SPERIMENTALI

Le prove realizzate

Nel presente articolo sono mostrati i risultati ottenuti dalla esecuzione ed elaborazione di circa 130 prove sperimentali. La pendenza del piano inferiore è stata mantenuta costante e corrispondente a 7° (dello stesso ordine di grandezza delle aree di arresto naturali). Il piano superiore è stato posizionato a 24°, 27° e 30° (tre valori nel campo di variabilità della inclinazione della zona di scorrimento naturale). I flussi granulari sono stati ottenuti da due volumi della mistura corrispondenti al peso di 3 kg (29.43 N) e 7 kg (68.67 N).

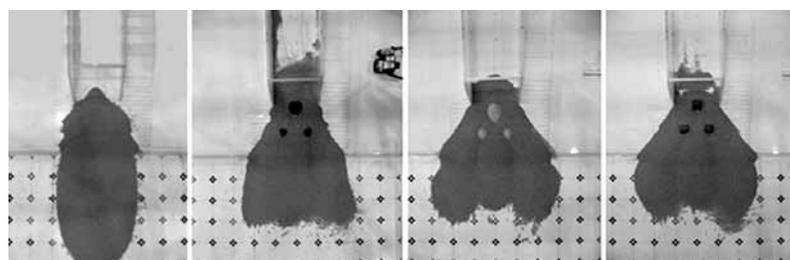


Fig. 8 Sulla sinistra la distribuzione della massa in assenza di opere di rallentamento; sulla destra tre esempi di dispersione causati da un particolare lay-out di tre coni a base circolare, di tre coni a base ellittica e di tre denti.



A sinistra, coni di rallentamento a Trafoi (BZ), in Val di Trafoi.

Fig. 9 Sotto uno schema di distribuzione delle opere di rallentamento. Le opere posteriori formano un angolo θ con la direzione del flusso longitudinale; sulla destra, uno schema che mostra i parametri usati per definire l'efficienza trasversale e longitudinale del sistema di opere usato.

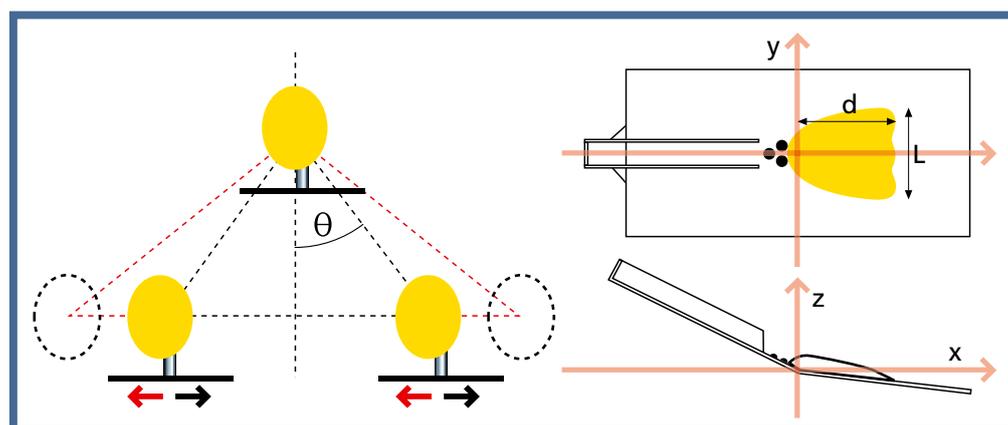


Fig. 10
L'apparato sperimentale per la calibrazione del sistema di misura della forza d'impatto.



Fig. 11
Il numero di Froude in prossimità delle opere degli eventi generati in laboratorio alle diverse condizioni sperimentali. N è la numerosità del campione; σ è la deviazione standard.

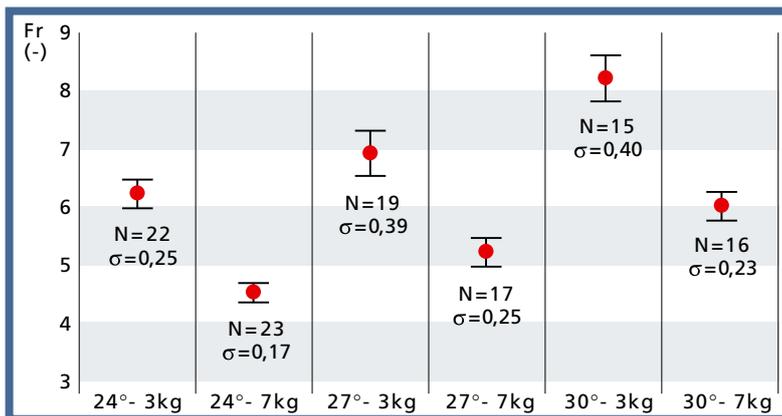
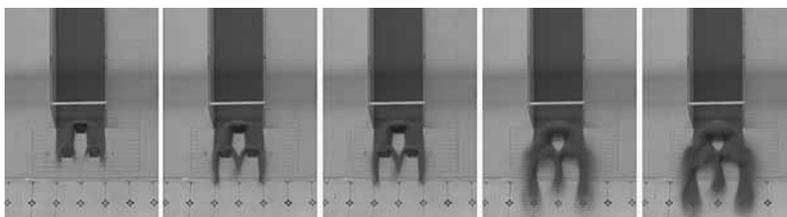


Fig. 12
Schema dei due tipi di impatto per una mistura trifasica secondo Armanini, Scotton (1993).



Fig. 13
Una sequenza di fotogrammi ottenuti con la video-camera frontale (intervallo di ripresa pari a 0.04 s) durante l'impatto di una mistura contro un sistema di tre denti. L'angolo di apertura è pari a 26°.



Le opere posteriori sono state posizionate secondo 5 angoli di apertura: 26°, 30°, 35°, 40° e 45°. Alcuni esperimenti sono stati realizzati in assenza di elementi di rallentamento allo scopo di valutare l'efficienza longitudinale e trasversale del sistema di opere.

Molte configurazioni sperimentali sono state realizzate due o tre volte al fine di verificare la ripetibilità dei test. Particolare attenzione è stata posta per evitare che i grani dell'ammasso potessero penetrare tra la base dell'elemento di rallentamento ed il piano di supporto e nel sistema di scorrimento meccanico sotto al piano, causando seri problemi nella misurazione della forza di impatto.

Questo si è rivelato di particolare importanza a causa delle piccole dimensioni delle particelle più piccole della mistura granulare utilizzata. Anche per questa ragione la calibrazione del sistema di misura della forza è stata effettuata prima della esecuzione di ogni test (Figura 10).

Risultati sperimentali

I parametri fisici che sono stati ritenuti più significativi per il fenomeno sono: la forza di impatto (F), l'altezza di scorrimento (h, definita sopra), la velocità di scorrimento della mistura (v, definita sopra), la forma e la dimensione delle opere di rallentamento (cono a base circolare, cono a base ellittica, dente; la superficie delle opere è

liscia), la distribuzione geometrica degli elementi di rallentamento, la larghezza massima del deposito (L, Figura 8), la massima distanza longitudinale raggiunta dal deposito (d), la densità del materiale granulare, la sezione trasversale del moto confinato. Il volume della mistura e la sua forma all'inizio del moto, la reologia della mistura, la pendenza della canaletta e la scabrezza del fondo e delle pareti contribuiscono a determinare tutte le proprietà della distribuzione dell'ammasso prima dell'impatto.

Non tutti i parametri citati sono stati investigati. In particolare, non è stato possibile definire la densità di volume della mistura. Per questa ragione nella rappresentazione dei risultati sperimentali è stata utilizzata la densità del materiale. Inoltre, sono state analizzate alcune forme particolari di rallentatori, allo scopo di simulare la geometria delle opere usate nei casi reali. La distribuzione triangolare di tre elementi di rallentamento è stata adottata allo scopo di simulare la distribuzione geometrica più semplice utilizzata nella progettazione. Il rapporto tra la larghezza del moto vincolato e la larghezza del sistema di opere ha avuto sempre valori prossimi all'unità. Negli esperimenti i valori misurati della altezza di scorrimento variano tra 8 mm e 21 mm; i valori della velocità tra 1.5 m/s e 2.6 m/s; il numero di Froude varia da 4. a 8. In Figura 11 è mostrato il numero di Froude calcolato secondo la seguente definizione:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \cos\theta \cdot h}}$$

La Figura mostra la buona capacità dell'apparato sperimentale di produrre eventi ripetibili, alle stesse condizioni al contorno ed iniziali (uguale pendenza del piano di monte, uguale volume di materiale granulare con uguale distribuzione all'interno della scatola di carico) prima dell'impatto contro le opere di rallentamento. Mostra, inoltre, che, all'aumentare della pendenza del canale, a parità di volume dell'ammasso granulare, il numero di Froude aumenta, mentre, aumentando il volume dell'ammasso granulare, alla

stessa pendenza, tende a diminuire. Il numero di Froude è, generalmente, piuttosto alto. L'impatto dinamico osservato è stato sempre del tipo "a getto verticale" (Figura 12).

In Figura 13 sono mostrati alcuni istanti di un impatto tipico contro un sistema di tre denti. La presenza degli ostacoli tende a deviare la mistura normalmente al fondo. Questo vale sia per gli elementi frontali che per gli elementi in seconda linea. Non si nota alcuna influenza a monte del sistema di opere causata dall'impatto. I valori della forza contro l'elemento frontale variano da 0.64 N a 2.84 N, mentre contro l'elemento posteriore da 0.16 N a 2.26 N. Circa venti test sono stati realizzati per verificare la ripetibilità. La variabilità media della forza adimensionalizzata è stata di circa il 12%, mentre la deviazione standard è stata di circa il 10%.

La forza adimensionalizzata sugli elementi frontali

La forza di impatto adimensionalizzata è stata ottenuta per mezzo della densità del materiale (la densità della zeolite è pari a $\rho = 1080 \text{ kg/m}^3$), la velocità della miscela nei pressi delle opere (v) e l'area di impatto (A), essendo F la forza misurata agente sull'elemento:

$$F_{d_less} = \frac{F}{\rho v^2 A}$$

L'area di impatto è definita come in Figura 14.

Risultati per i coni a base circolare

I dati sperimentali sono stati trattati mediante una analisi di regressione lineare multipla, seguendo l'analisi dimensionale del fenomeno. Un modello sufficientemente buono è stato ottenuto rappresentando la forza adimensionalizzata per mezzo del numero di Froude della miscela e con il parametro che rappresenta il rapporto tra la altezza di scorrimento della miscela e la altezza dell'opera (h/H). Il modello ottenuto, insieme al campo sperimentale di definizione, è riportato in eq. 1 di Figura 15. Il modello è in grado di

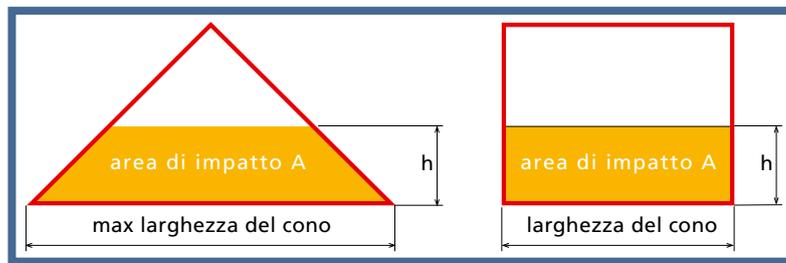


Fig. 14
Definizione dell'area di impatto per i coni e per i denti utilizzata nella valutazione della forza di impatto adimensionalizzata.

Equazioni

1. $F_{d_less} \text{ calcolato} = 0.939 - 0.0582 \cdot Fr - 0.390 \cdot \frac{h}{H}$
2. $F_{d_less} \text{ calcolato} = 1.188 - 0.0873 \cdot Fr - 0.543 \cdot \frac{h}{H}$
3. $F_{d_less} \text{ calcolato} = 1.365 - 0.00465 \cdot Fr^2 - 0.993 \cdot \frac{h}{H}$
4. $F_{d_less} \text{ calcolato} = 1.743 - 0.0447 \cdot Fr - 0.723 \cdot \frac{h}{H} - 1.131 \cdot \theta$
5. $F_{d_less} \text{ calcolato} = 1.053 - 0.0546 \cdot Fr - 0.459 \cdot \frac{h}{H} - 0.417 \cdot \theta$
6. $F_{d_less} \text{ calcolato} = 1.61 - 0.00365 \cdot Fr^2 - 0.718 \cdot \frac{h}{H} - 1.129 \cdot \theta$

Fig. 15
La forza adimensionalizzata ottenuta mediante un modello di regressione lineare multipla ed il campo di indagine sperimentale.
eq. 1: cono a base circolare frontale;
eq. 2: cono a base ellittica frontale;
eq. 3: dente frontale;
eq. 4: cono a base circolare posteriore;
eq. 5: cono a base ellittica posteriore;
eq. 6: dente posteriore.

descrivere l'80% (R^2) dell'informazione contenuta nel campione. L'errore standard della stima è pari allo 0.032, mentre l'errore medio assoluto è pari a 0.024. Un confronto tra i valori misurati ed i valori calcolati della forza adimensionalizzata contro il cono a base circolare frontale è mostrato in Figura 16.

Risultati per i coni a base ellittica

Per il cono frontale a base ellittica il modello ottenuto è riportato in eq. 2 di Figura 15. Il modello descrive il 78% dell'informazione contenuta nel campione. L'errore standard della stima è pari a 0.038, mentre l'errore assoluto medio è pari a 0.031. Il confronto tra i valori misurati ed i valori calcolati della forza adimensionalizzata contro il cono frontale a base ellittica è mostrato in Figura 17.

Risultati per i denti

Per il dente in posizione frontale un'accettabile interpretazione dei dati sperimentali è stata ottenuta con il modello rappresentato dalla eq. 3 di Figura 15: Il modello contiene il 79% dell'informazione contenuta nel campione.

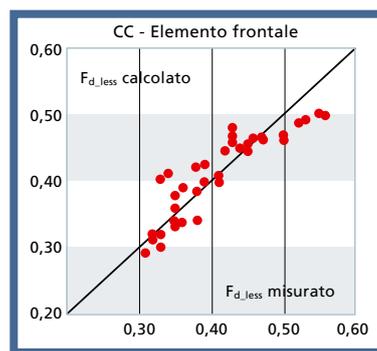


Fig. 16
La forza adimensionale misurata e calcolata secondo il modello di regressione lineare multipla per il cono a base circolare frontale.

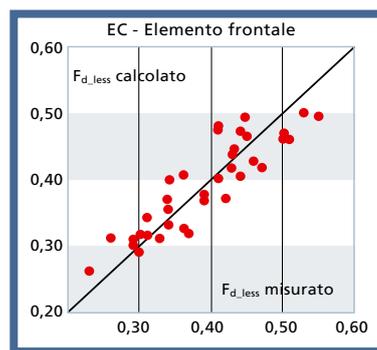


Fig. 17
La forza adimensionale misurata e calcolata secondo il modello di regressione lineare multipla per il cono a base ellittica frontale.

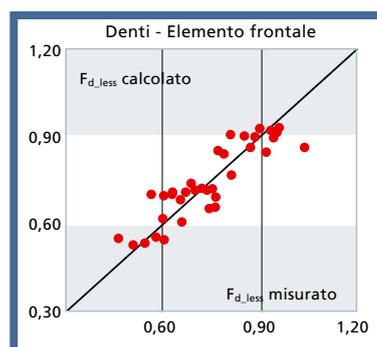


Fig. 18
La forza adimensionale misurata e calcolata secondo il modello di regressione lineare multipla per il dente frontale.

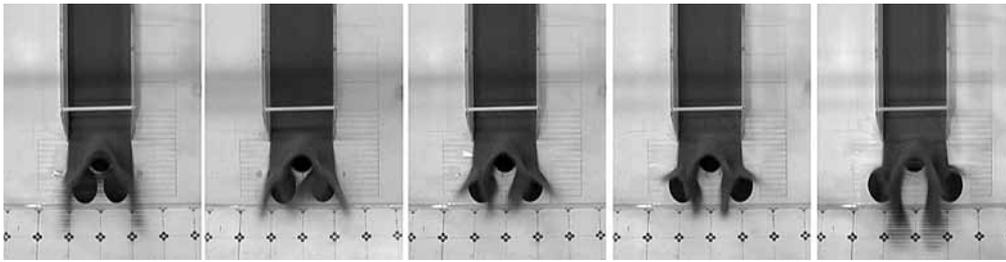


Fig. 19
Una sequenza di fotogrammi ottenuti dalla video-camera frontale durante cinque diversi eventi al momento dell'impatto contro un sistema di tre coni a base ellittica. Gli angoli di apertura sono, da sinistra verso destra, 26°, 30°, 35°, 40° e 45°.

Fig. 20
Valore medio della forza d'impatto adimensionalizzata contro gli elementi di rallentamento posteriori, quando l'angolo di apertura varia da 25° a 45°.

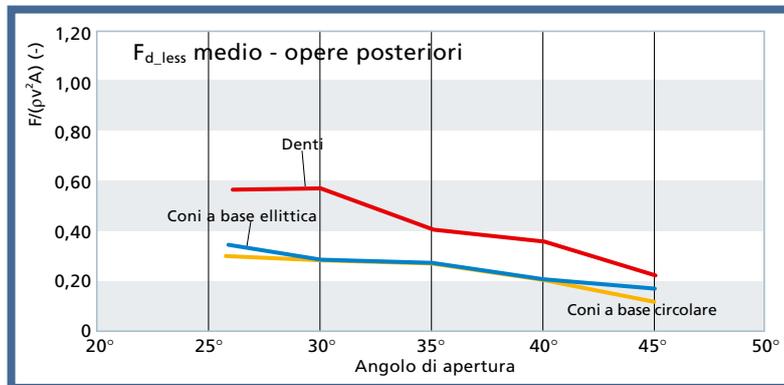


Fig. 21
Valore medio dell'efficienza trasversale dei sistemi di rallentamento, quando l'angolo di apertura delle opere posteriori varia da 25° a 45°.

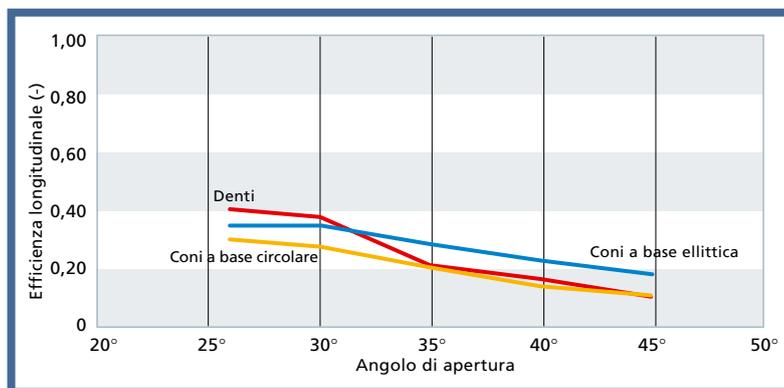
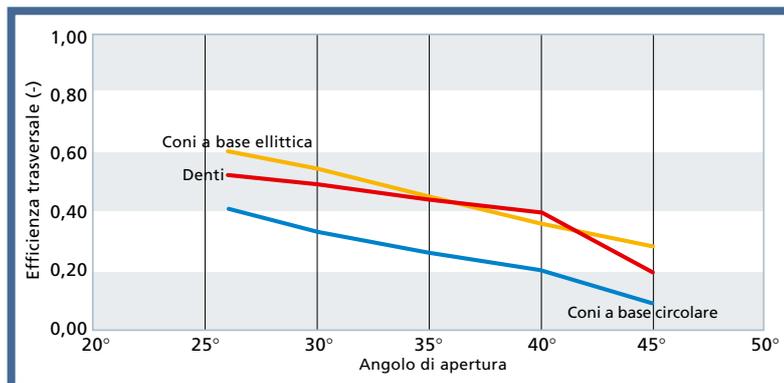


Fig. 22
Valore medio dell'efficienza longitudinale dei sistemi di rallentamento, quando l'angolo di apertura delle opere posteriori varia da 25° a 45°.



L'errore standard della stima vale 0.068, mentre l'errore assoluto medio vale 0.053. Il confronto tra il valore della forza adimensionalizzata misurata e calcolata per il dente in posizione frontale è mostrato in Figura 18. Non è osservabile una differenza significativa tra i modelli per i due tipi di cono. Al contrario, il modello per i denti è piuttosto diverso, sia in considerazione dei valori assunti dalla forza adimensionalizzata, che per il tipo di di-

pendenza dai parametri. In questo caso la dipendenza dal numero di Froude che meglio descrive i dati sperimentali è di tipo quadratico.

La forza adimensionalizzata sugli elementi della seconda linea

Nella Figura 19 è mostrata una sequenza di immagini che illustra l'effetto dell'angolo di apertura al momento dell'impatto di una mistura granulare contro un sistema

di tre coni a base ellittica. In tutti i casi illustrati l'impatto è del tipo "a getto verticale" modificato dalla forma dell'elemento ritardante. La cella di carico accoppiata all'elemento in seconda linea misura la componente longitudinale della forza totale subito dallo stesso.

Anche per le opere posteriori i dati sperimentali sono stati trattati mediante una analisi di regressione multipla. In questo caso i migliori risultati sono stati ottenuti considerando, accanto alle variabili precedenti, anche l'angolo di apertura θ (Figura 9) espresso in radianti. Il numero di Froude ed il rapporto h/H utilizzati sono quelli misurati in prossimità dell'elemento frontale.

Risultati per i coni posteriori a base circolare

Per il cono a base circolare posteriore si propone il modello di eq. 4 di Figura 15. Il modello è in grado di descrivere il 70% (R^2) dell'informazione contenuta nel campione. L'errore standard della stima è pari a 0.12, mentre l'errore medio assoluto vale 0.088.

Risultati per i coni posteriori a base ellittica

Per i coni a base ellittica posteriori il modello proposto è quello di eq. 5 di Figura 15. In questo caso il modello raccoglie il 68% dell'informazione del campione. L'errore standard della stima vale 0.055 e l'errore assoluto medio vale 0.038.

Risultati per i denti

Per i denti posteriori una buona interpretazione dei dati sperimentali può essere ottenuta con il modello di eq. 6 di Figura 15. Il modello descrive il 70% dell'informazione del campione con un errore standard della stima pari a 0.12 e un errore assoluto medio pari a 0.088.

La capacità dei modelli di descrivere l'impatto sugli elementi posteriori è minore che per gli elementi frontali.

Altri parametri che possono influenzare il fenomeno, come il rapporto tra la larghezza del moto e la larghezza totale del sistema di opere, non sono stati presi

esplicitamente in considerazione.

La forza adimensionalizzata massima si verifica quando l'angolo di apertura è ai suoi minimi valori, nel campo sperimentale. In Figura 20 è mostrato il valore medio della forza di impatto adimensionale al variare dell'angolo di apertura e del tipo di opera. Nel caso dei coni, la massima forza di impatto si verifica in corrispondenza del minimo angolo di apertura analizzato, mentre, per i denti, il massimo si osserva ad un angolo di apertura compreso tra 25° e 30°.

Efficienza longitudinale e trasversale

Nelle Figure 21 e 22 è rappresentata l'efficienza del sistema di opere quando l'angolo di apertura delle opere posteriori varia da 25° a 45°. Tutti i sistemi di rallentamento tendono a ridurre la loro efficienza longitudinale e trasversale quando l'angolo di apertura è maggiore di 25°. L'efficienza dei sistemi di denti e di coni a base ellittica sembra essere maggiore dell'efficienza dei sistemi di coni a base circolare, in particolare a bassi angoli di apertura. L'efficienza longitudinale e trasversale variano insieme con una correlazione positiva (Figura 23). L'efficienza massima si verifica quando si realizza la massima forza di impatto contro gli elementi posteriori (Figura 19).

CONCLUSIONI

L'articolo fornisce varie informazioni di natura tecnica che possono essere utilizzate nella fase di progetto di sistemi di rallentamento di valanghe di neve densa. Fornisce, inoltre, alcuni criteri per stimare la massima forza totale che agisce su diversi tipi di strutture, una volta che siano stati definiti, per esempio per mezzo di una appropriata simulazione numerica, i principali parametri fisici che caratterizzano il moto.

La forza adimensionalizzata è molto più grande per sistemi che usano elementi a parete verticale rispetto a sistemi che utilizzano strutture a cono; l'angolo di apertura delle opere posteriori, in

corrispondenza del quale la efficienza longitudinale e trasversale assume il suo massimo valore, è dell'ordine di 25°; la massima efficienza si verifica quando la forza adimensionalizzata è massima.

Gli eventi prodotti in laboratorio possono rappresentare i fenomeni reali in similitudine di Froude ad una scala di circa 1:100 (modello su prototipo).

Una valutazione sulla correttezza dei risultati sperimentali dovrebbe essere data ad una scala maggiore. A titolo di esempio si esegue una stima della forza totale che investe un cumulo o un dente in posizione frontale.

Si considera una valanga di neve densa la cui velocità del fronte in prossimità dell'opera è pari a 20 m/s e la cui altezza di scorrimento è dell'ordine di 3 m.

La densità del materiale costituente l'ammasso in movimento viene stimata in 600 kg/m³.

Si considerano i due tipi di opere analizzate. I cumuli abbiano una base di diametro pari a 16 m e un'altezza di 8 m; i denti abbiano una larghezza di 8 m e altezza pari alla larghezza. Nell'ipotesi che l'angolo sull'orizzontale nella zona delle opere sia dell'ordine dei 27° si ottiene una forza adimensionalizzata per i coni

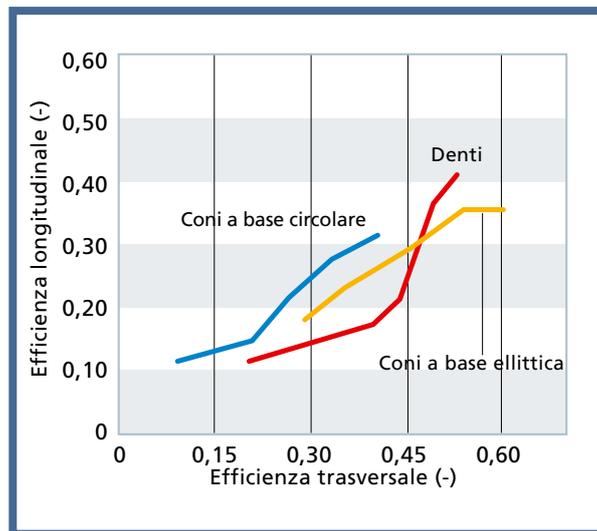


Fig. 23
Relazione tra i valori medi dell'efficienza trasversale e longitudinale per i vari sistemi di rallentamento.

pari a 0,57 (Figura 15: eq. 1) e per i denti pari a 0,92 (Figura 15: eq. 2). La forza totale vale rispettivamente $5,29 \cdot 10^6$ N e $5,31 \cdot 10^6$ N. La pressione media sulle opere vale rispettivamente $0,14 \cdot 10^6$ Pa e $0,22 \cdot 10^6$ Pa.

RICONOSCIMENTI

Gli autori ritengono necessario ringraziare Ilaria Bezzi e Patrizia Pederzoli, coinvolte nella ricerca durante lo svolgimento della loro tesi di laurea.

Un doveroso ringraziamento va anche ai tecnici del Laboratorio di Idraulica dell'Università di Trento.

Bibliografia

- Armanini, A., Scotton, P., 1993, On the dynamic impact of a debris flow on structures, Proc. XXV IAHR Congress, Tokyo, Vol. B, paper n. 1221.
- Chu, T., Hill, G., McClung, D.M., Ngun, R., Sherkat, R., 1995 Experiments on granular flows to predict avalanche run up. Canadian Geotechnical Journal 32, 285-295.
- Faug, T., Naaim, M., Naaim-Bouvet, F., 2004, An equation for spreading length, center of mass and maximum run-outs shortenings of avalanche flows by obstacle, Cold Regions Science and Technology 39, 141-151.
- Hakonardottir, K.M., Hogg, A.J., Johannesson, T., Tomasson, G.G., 2003, A laboratory study of the retarding effects of braking mounds on snow avalanches. Journal of Glaciology, Vol. 49, No. 165, pp. 191-200.
- Hutter, K., Koch, T., Pluss, C., Savage, S.B., 1995 The dynamics of avalanches of granular materials from initiation to runout: Part II. Experiments. Acta Mechanica 109, 127- 165.
- Johannesson, T., alii, 2006, The design of avalanche protection dams. Recent practical and theoretical developments (www.leeds.ac.uk/satsie/).
- Keller, S., Ito, Y., Nishimura, K., 1998 Measurements of the velocity distribution in ping-pong-ball avalanches. Ann. Glaciol. 26, 259-264.
- Scotton, P., 1996, Dynamic impact of debris flow: experimental study, Quaderni del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trento.
- Sheikh, A. H., Verma, S. C., Kumar, A., 2008. Interaction of retarding structures with simulated avalanches in snow chute. Current Science, Vol. 94, No. 7, pp. 916-921.

IL VENTO

IN VAL

DI SUSÀ

Quindici anni di dati anemologici

Simona Fratianni

Università di Torino
Dipartimento di Scienze della Terra
Via Valperga Caluso, 35 - Torino
simona.fratianni@unito.it

**Barbara Cagnazzi
e Roberto Cremonini**

ARPA Piemonte
Area Previsione e Monitoraggio Ambientale
Via Pio VII, 9 – 10135 Torino
b.cagnazzi@arpa.piemonte.it
r.cremonini@arpa.piemonte.it

In questo studio sono state analizzate le caratteristiche climatiche del vento in Valle di Susa (Regione Piemonte). L'analisi si basa su di un campione di dati di dodici stazioni meteorologiche dotate di anemometro e/o di banderuola per la misurazione dell'intensità e della direzione del vento, di proprietà dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (Arpa-Piemonte). Il periodo analizzato va dal 1990 al 2005.

Sono state eseguite le seguenti analisi statistiche:

- frequenza annuale, stagionale e mensile della direzione di provenienza del vento considerando 16 settori di direzione. Osservando i risultati ottenuti per ogni stazione è stata effettuata una classificazione secondo il regime direzionale del vento definendolo unimodale se vi è una direzione dominante, bimodale se vi sono due direzioni prevalenti e trimodale se vi sono tre direzioni prevalenti.
- andamento medio mensile e annuale della direzione prevalente del vento utilizzando tutti i dati disponibili misurati ogni dieci minuti;
- medie mensili, stagionali e annuali della intensità del vento;
- analisi dei giorni e delle ore con calma di vento; frequenza del fenomeno di calma di vento in funzione del mese, dell'anno e dell'ora del giorno;
- analisi dei valori di massima raffica giornaliera con registrazione dei giorni in cui si sono verificati gli eventi più intensi;
- individuazione dei regimi di brezza e confronto tra le stazioni;
- analisi della frequenza annuale, stagionale e giornaliera degli eventi di foehn.

Tali analisi, realizzate nell'ambito di un lavoro più ampio dedicato al vento in Piemonte, si sono rese necessarie al fine di una migliore conoscenza delle risorse e dei rischi ambientali del territorio e presentano risvolti applicativi di notevole interesse.





STAZIONI	COMUNE	QUOTA	LN	LE	AI	DV	RA	Vv	RV	CV	
Camini Frejus	Bardonecchia	1800	45.07	6.41	1990	N	T	1,8	32,7	28/01/94	21
Salbertrand	Salbertrand	1010	45.04	6.53	1990	NE	B	2,4	27,5	26/01/94	3
Pietrastretta	Susa	520	45.08	7.03	1990	NW	B	3,3	33,5	25/01/93	2
Prerichard	Bardonecchia	1353	45.04	6.43	1990	N	B	1,9	22,2	28/03/95	4
Gad	Oulx	1065	45.02	6.50	1990	NE	B	3,7	29,2	28/03/95	1
Finiere	Chiomonte	813	45.07	6.58	1991	SW	B	2,8	27,5	22/12/91	1
Avigliana	Avigliana	340	45.05	7.23	1991	W	B	1,7	31,8	22/12/91	10
Borgone	Borgone Susa	400	45.07	7.14	1991	NW	B	1,9	31,6	22/12/91	13
Le Selle	Salbertrand	1980	45.03	6.55	1991	N	T	1,9	34,8	22/12/91	3
Lago Pilone	Sauze d'Oulx	2280	45.00	6.52	1988	-	-	1,7	23,4	27/02/90	7
Rif. Vaccarone	Giaglione	2745	45.09	6.55	1996	W	U	3,1	40,9	18/02/99	2
Prarotto	Condove	1440	45.08	7.14	1997	E	B	1,5	23,8	05/02/99	11

Fig. 1
Principali stazioni analizzate, comune di appartenenza, quota (metri s.l.m.), localizzazione geografica (Latitudine N, Longitudine E), anno di inizio attività di rilevamento (AI), direzione prevalente (DV), regime anemologico (RA) suddiviso in unimodale (U), bimodale (B), trimodale (T), intensità media annua del vento (Vv, in m/s), massima raffica registrata (RV, in m/s) e giorno in cui si è verificata, numero medio annuo di giorni di calma di vento (CV).

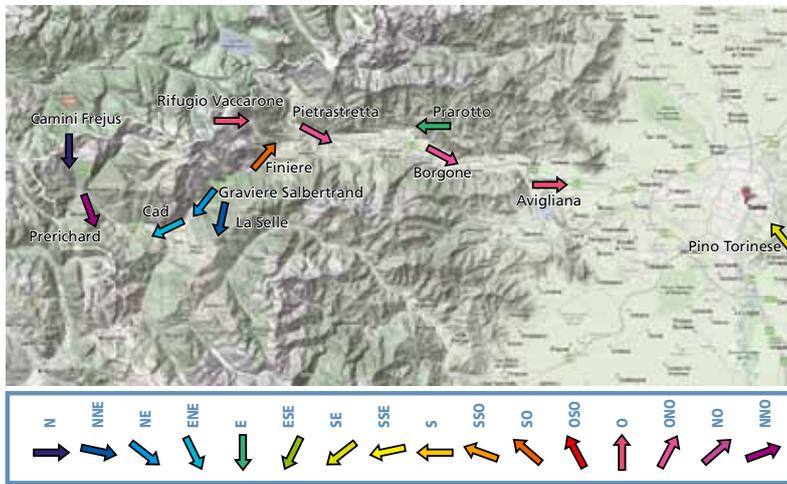
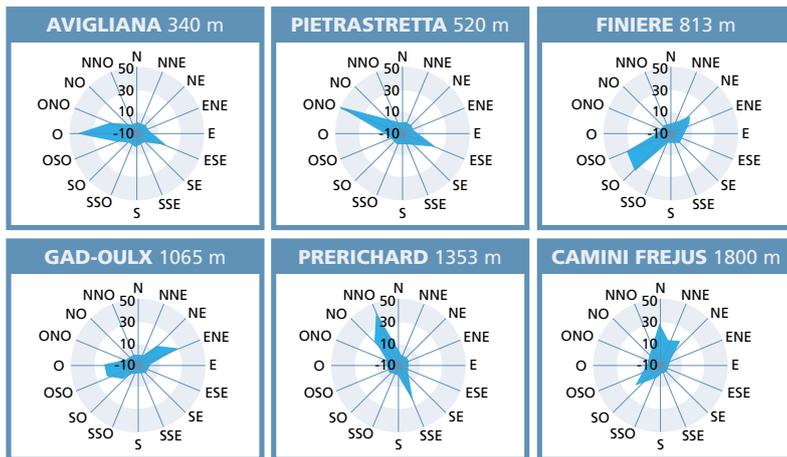


Fig. 2
Stralcio della carta regionale in cui è rappresentata la direzione prevalente delle stazioni meteorologiche site in val di Susa.

Fig. 3
Frequenza della direzione prevalente del vento per alcune stazioni valsusine, con individuazione del regime anemologico bimodale (ad eccezione del trimodale di Camini Frejus).



Nella Valle sono presenti dodici stazioni meteorologiche dotate di anemometro e/o di banderuola per la misurazione dell'intensità e della direzione del vento, di proprietà dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (Arpa-Piemonte) (tabella di Fig. 1). Il periodo analizzato va dal 1990 al 2005, mentre per l'analisi dei giorni di foehn sono stati presi in considerazione gli anni dal 2000 al 2007. Sin da ora occorre sottolineare che in Val di Susa, data la morfologia e l'orientamento Est-Ovest della valle, si crea un vero e proprio "corridoio" con venti che soffiano prevalentemente da Ovest e in misura minore da Est.

Quindi la posizione geografica della stazione determina in larga misura la direzione del vento, confermandone il carattere legato all'orografia del territorio. Infatti tutte le stazioni ubicate a bassa quota seguono la direzione dell'asse vallivo principale, mentre Le Selle, Rifugio Vaccarone e Camini Frejus, poste a quota più elevata, seguono principalmente l'orientamento delle valli secondarie laterali (Fig. 2). Anche il regime anemologico risulta strettamente influenzato dalla localizzazione geografica in quanto le stazioni esaminate presentano uno spiccato andamento bimodale, ad eccezione di quelle posizionate al di sopra dei 1800 metri in cui il regime risulta unimodale, per forte incanalamento in valle, o trimodale (Fig. 3).

La velocità media annua del vento oscilla tra 1,5 m/s di Prarotto e 3,7 m/s di Gad. La primavera è la stagione in cui l'intensità del vento risulta generalmente più elevata, con eccezione dei siti montani di Rifugio Vaccarone e Lago Pilone, in cui il massimo è invernale. Finiere e Gad presentano un massimo primaverile che si estende all'estate a causa dell'instaurarsi del fenomeno delle brezze di monte e di valle. L'andamento mensile delle stazioni analizzate evidenzia un massimo in marzo-aprile e un minimo in ottobre-novembre (tabella di Fig. 4). L'insieme di tutte le stazioni valsusine presenta in generale una bassa correlazione tra quota e velocità del vento.

Durante il giorno il maggior riscaldamento dell'atmosfera sulle Alpi rispetto alla pianura causa una differenza temporanea di pressione fra pianura e montagna, con bassa pressione su quest'ultima.

I venti che ne risultano spirano dalla pianura verso la montagna percorrendo preferenzialmente, ma non solo, la via delle grandi valli, vento sinottico permettendo.

Si creano quindi venti a scala locale, le cosiddette brezze che determinano il vento in Valle durante quasi tutti i giorni soleggiati da marzo ad ottobre. Le brezze di monte e di valle sono note come brezze di bel tempo: di giorno spirano dalla parte bassa della valle verso quella alta (brezza di valle), di notte dalla parte alta a quella bassa (brezza di monte).

L'intensità della brezza di valle è tipicamente di 5 m/s (1-2 m/s la brezza di monte), ma raggiunge anche più di 10 m/s, specie nei punti stretti. Raggiunge il suo massimo durante le ore centrali della giornata e termina verso le ore 20 con l'inizio della brezza di monte, come si può notare dalle Figg. 5 e 6.

A Pietrastretta e a Gad l'andamento risulta molto simile con l'individuazione di un regime di brezza. Infatti, in tutti i mesi, ad eccezione di novembre e dicembre per la stazione di Pietrastretta, si registra un aumento dell'intensità del vento nelle ore centrali della giornata, situazione riferibile al fenomeno delle brezze di monte e di valle.

Gad presenta un'elevata intensità del vento (6-7 m/s), concentrata dalle ore 10 alle 15 per tutto l'arco dell'anno anche se nei mesi di ottobre, novembre e dicembre il vento conserva una velocità più bassa (4 m/s).

La posizione geografica della stazione determina in larga misura la direzione delle brezze, confermandone il carattere legato all'orografia del territorio.

E' da sottolineare inoltre la particolare condizione meteorologica della stazione di Pietrastretta: posta alla confluenza della Valle Cenischia con l'Alta Val di Susa, in inverno ed in primavera si trova

STAZIONI	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	I	P	E	A
Avigliana	1,5	1,9	1,9	1,9	1,6	1,7	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6	1,6	1,7	1,8	1,7	1,5
Borgone	1,5	2,0	2,5	2,5	2,2	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,5	1,5	1,7	2,4	2,0	1,6
Camini Frejus	1,6	2,0	2,6	2,4	1,8	1,8	1,7	1,5	1,3	1,3	2,0	1,9	1,8	2,3	1,6	1,5
Finiere	2,6	2,7	3,0	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	2,8	2,5	2,7	2,6	2,6	3,0	3,0	2,7
Gad	3,0	3,6	4,2	4,3	4,2	4,1	4,3	4,1	3,9	3,3	3,0	2,9	3,2	4,2	4,2	3,4
Salbertrand	2,4	2,6	2,7	2,8	2,7	2,6	2,6	2,4	2,3	2,0	2,0	2,1	2,4	2,7	2,5	2,1
Rif. Vaccarone	3,4	4,2	3,6	3,1	2,6	2,7	2,9	2,2	2,3	3,3	3,1	3,8	3,8	3,1	2,6	2,9
Prarotto	1,2	1,2	1,5	1,8	2,0	1,8	1,8	1,6	1,7	1,4	1,1	1,2	1,2	1,8	1,7	1,4
Pino Torinese	1,7	1,9	2,1	2,2	1,9	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,8	1,7	1,8	2,1	1,7	1,6
Lago Pione	1,8	2,0	1,8	2,0	1,8	1,7	1,5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	1,6	1,6
Le Selle	2,1	2,4	2,2	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,7	2,0	2,4	2,3	1,9	1,8	1,8
Piastretta	2,7	3,4	3,9	3,7	3,5	3,5	3,8	3,5	3,2	2,7	2,6	2,7	2,9	3,7	3,6	2,8
Prerichard	1,7	2,0	2,3	2,2	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	2,2	2,0	1,7

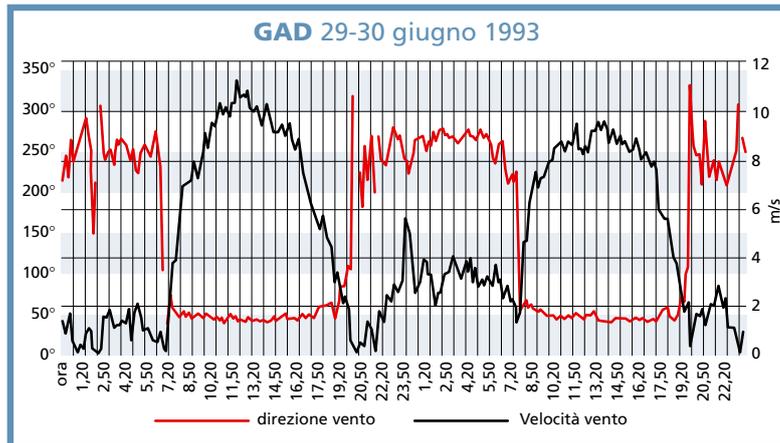


Fig. 4 Distribuzione media mensile (G = gennaio, F = febbraio, ... D = dicembre) e stagionale (I = inverno, P = primavera, E = estate, A = autunno) dell'intensità del vento espressa in m/s, per tutte le stazioni esaminate. In rosso sono evidenziati i massimi mensili e stagionali.

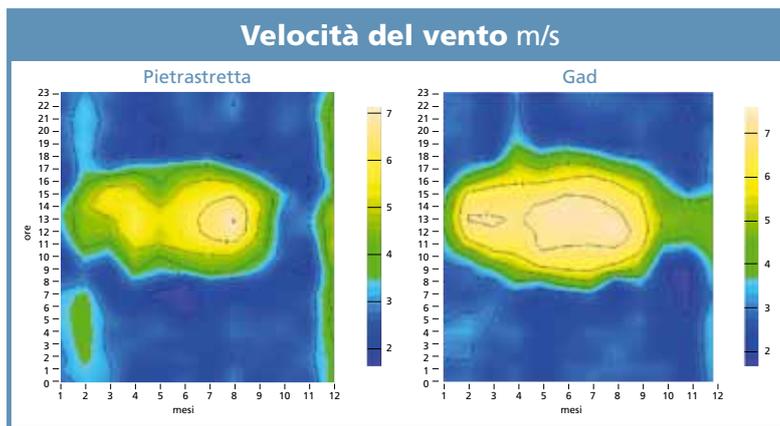


Fig. 5 Andamento semiorario della velocità del vento (in m/s) e della sua direzione (in gradi) durante un periodo di bel tempo (29-30 luglio 1993) rilevato dalla stazione automatica di Gad posta a 1010 m di quota, ubicata nei pressi di Oulx.

Fig. 6 Rappresentazione, attraverso isolinee, della velocità media oraria del vento durante l'anno (in m/s), in funzione dell'ora (asse Y) e dei mesi (asse X), relativa alle stazioni di Pietrastretta e Gad.





spesso in condizioni di vento di caduta (foehn) con vento teso, improvvisi rialzi termici accompagnati da bassi valori di umidità relativa.

Tali condizioni determinano, ad eccezione dei mesi di maggio, settembre e di quelli estivi, valori medi mensili superiori a quelli della stazione di Avigliana, pur essendo Pietrastretta a monte ed ad una quota leggermente superiore. In particolare, il 22 dicembre 1991 (tab. 1) si sono verificate le raffiche più elevate per diverse stazioni: Finiere (27,5 m/s), Avigliana (31,8 m/s), Borgone (31,6 m/s) e Le Selle (34,8 m/s).

Tale giorno è da ricordare come episodio particolarmente intenso di foehn, durante il quale le stazioni nell'intorno di Susa hanno registrato una temperatura massima giornaliera di circa 24 °C.

Il foehn era conosciuto come Favonius per i romani, il vento di ponente, e fu nella cultura tedesca che si tramutò in Foehn. Il termine si riferisce alla corrente d'aria discendente che si manifesta sul versante sottovento quando l'aria valica una catena montuosa, provocando in poco tempo un miglioramento della visibilità e, in generale, un aumento della temperatura.

In realtà, l'aumento di temperatura non è sempre presente in quanto talora, con flussi da nord, si può anche osservare un abbassamento di temperatura, determinato dal giungere di masse d'aria estremamente fredde di origine polare. Durante l'inverno, inoltre, le abbondanti nevicate dovute a prolungate situazioni di sbarramento, risultano ad alto rischio di valanghe.

Solitamente l'evento di foehn è caratterizzato da un solo giorno di azione del vento di caduta e raramente supera i tre giorni continuativi, senza interrompere le proprie caratteristiche, in funzione della persistenza della situazione barica che lo determina. Non sempre il foehn riesce a raggiungere la pianura e spesso si tratta di fenomeni in esaurimento.

In Val di Susa si registrano mediamente 25 giorni di foehn nell'anno (periodo 2000 - 2007).



Fig. 7
Giorni di foehn in val di Susa, suddivisi a seconda della stagione e del mese considerato.

	I	P	E	A	G	F	M	A	M'	G	L	A'	S	O	N	D	Anno
2000	n.d.	10	10	5	2	10	6	1	3	1	7	2	3	1	1	5	42
2001	10	3	1	4	1	4	2	1	0	0	1	0	3	0	1	3	16
2002	14	5	6	9	5	6	4	1	0	2	1	3	0	7	2	1	32
2003	5	1	5	9	4	0	0	1	0	1	1	3	2	7	0	7	26
2004	15	4	2	4	7	1	1	1	2	0	0	2	2	2	0	0	18
2005	9	3	3	2	6	3	1	1	1	0	2	1	1	0	1	3	20
2006	8	9	3	2	0	5	5	4	0	1	0	2	0	1	1	0	19
2007	7	7	6	3	4	3	3	0	4	3	3	0	1	1	1	3	26
Media	10	5	4	5	4	4	3	1	1	1	2	2	2	2	1	3	25

La stagione che presenta più giorni di foehn è quella invernale, con 10 giorni, con una minima prevalenza nei mesi di gennaio e febbraio (tabella di Fig. 7).

Tra gli anni considerati quello con un maggior numero di giorni è stato il 2000, con 10 giorni solo nel mese di febbraio.

La Val di Susa, a causa del manifestarsi degli episodi di foehn e dell'instaurarsi del fenomeno delle brezze di monte e di valle, può considerarsi una zona ventosa, anche in considerazione del fatto che i giorni di calma risultano poco numerosi nell'arco dell'anno (Fig. 1). Essi infatti oscillano tra uno di Gad e Finiere e ventuno di Camini Frejus: questo ultimo dato tuttavia rappresenta un'eccezione, in quanto quasi tutte le stazioni esaminate presentano un numero di giorni di calma inferiore o pari a dieci. Tali risultati dovrebbero escludere l'accumulo di sostanze inquinanti e potrebbero garantire una buona qualità dell'aria in Val di Susa.

Bibliografia

- BALSAMO G., CAGNAZZI B. E G. PAESANO, 2000 - Studio statistico-climatologico del vento per l'individuazione dei bacini anemologici della regione Piemonte. Ingegneria del vento in Italia 2000, 93-100.
- BARRY G.R., 1992 - Mountain weather and climate. Routledge, London, 315 pp.
- BONELLI P., 1988 - I venti catabatici nella Pianura Padana. Le scienze, n.236, vol. XL, 14-21.
- CASSARDO C., MUSSO A., 2002 - Climatology of foehn in Piedmont (in Italian). Nimbus, n. 31-32, 40-45.
- FRATIANNI S., MOTTA L., 2002 - Andamento climatico dell'Alta Valle Susa negli anni 1990 - 1999. Collana studi climatologici in Piemonte, Regione Piemonte e Università degli studi di Torino, 4° vol, 91 pp.
- FRATIANNI S., CAGNAZZI B., CREMONINI R. (2007) - Il vento in Piemonte. Collana Studi Climatologici in Piemonte, vol. 5, ISBN 978-88-7479-052-4, 112 pp.
- HANN, J. VON, 1891 - Nordföhn in Innsbruck (in German). Meteorologische Zeitschrift, 26, 239 pp.
- NATALE P., ANFOSSI D. AND CASSARDO C., 1999 - Analysis of an anomalous case of high air pollution concentration in Turin shortly after a foehn event. International Journal of Environment and Pollution (UK), 11(2), 147-164.
- SCHROTT D., VERANT W., 2002 - Foehn in the Alps (in Italian). Nimbus, n. 31-32, 13-39.
- SEIBERT, P. 1990 - South Foehn Studies Since the ALPEX Experiment. Meteorol. Atmos. Phys., 43, 91-103.
- SIMPSON J. E., 1995 - Diurnal changes in the sea-breeze direction. J. Appl. Meteorol., 35, 1166-1169.
- SOLARI G., 1996 - Wind speed statistic. In Lalas, D.P., and Ratto, C.F., editors, World Scientific, Singapore. Modelling of atmospheric flow fields, 637-657.
- SOLARI G., PAGNINI L.C., PICCARDO G. (A CURA DI), 2001 - Ingegneria del vento in Italia 2000. SGE, Padova, 603 pp.
- WHITEMAN, C. D., 2000 - Mountain Meteorology Fundamentals and Application. Oxford University Press, 355 pp.

STRATEGIE DI PROTEZIONE "ATTIVA" DEI GHIACCIAI

Prime applicazioni italiane e risultati

**Guglielmina Diolaiuti
e Claudio Smiraglia**
Università degli Studi di Milano
Comitato Glaciologico Italiano

Eraldo Meraldi
Guida Alpina,
Collegio Regione Lombardia

Sul Ghiacciaio del Dosdè Orientale in Alta Valtellina (Italia) nel Maggio 2008 è stato sperimentato un sistema di protezione attiva basato sulla copertura con geotessile di una parcella di 150 m² di superficie glaciale a circa 2800 m di quota. L'area sottoposta a protezione con geotessile era caratterizzata da un manto nevoso spesso 2,50 m (pari a 1,29 m water equivalent o w.e.). La sperimentazione è avvenuta nel periodo compreso tra il 15-05-2008 (giorno di stendimento del geotessile) ed il 04-10-2008 (giorno di rimozione dello stesso). La sperimentazione, che aveva esclusivamente lo scopo di testare l'efficacia di questo metodo, ha avuto risultati nettamente positivi, confermando quanto già verificato in Austria su ghiacciai utilizzati per lo sci estivo. Alla stessa quota del geotessile, nella zona non coperta, si è infatti avuto la fusione di 2,34 m w.e., (1,29 m w.e. di neve e di 1,05 m w.e. di ghiaccio); nella zona protetta, invece, l'ablazione è stata di 0,73 m w.e. derivanti esclusivamente dalla fusione della neve. Il guadagno complessivo è stato quindi di 1,61 m w.e. Il geotessile ha quindi evitato completamente l'ablazione del ghiaccio localizzato al di sotto della neve invernale e primaverile ed ha anche ridotto l'ablazione di quest'ultima preservandone oltre il 43%.



INTRODUZIONE: IL PRIMO TEST SCIENTIFICO ITALIANO

La riduzione dei ghiacciai alpini è un fenomeno che si sta accentuando negli ultimi anni a seguito del riscaldamento climatico in atto; per mitigarne l'entità sono possibili pochi interventi diretti, tra questi il più efficace è sicuramente l'utilizzo di una copertura protettiva superficiale. Si tratta di applicare strategie di mitigazione dell'ablazione note come "protezione glaciale attiva".

A livello internazionale sono stati svolti, soprattutto in Europa ed in America, numerosi studi in questo campo per definire le diverse strategie di mitigazione

dell'ablazione. Tra le soluzioni maggiormente applicate vi sono le coperture artificiali con materiali naturali (paglia o *wood pellets*, frammenti lignei) (Grove et alii, 1963; Herrmann & Stehle 1966; Skogsberg & Lundberg, 2005) o con sintetici (*geotessili*, termine con il quale si indicano tessuti di sintesi per applicazioni edili, ingegneristiche o ambientali) per ridurre intensità e velocità della fusione nivo-glaciale su ghiacciai adibiti ad utilizzo turistico quale lo sci estivo. Su questi ghiacciai la persistenza della coltre nevosa è un fattore critico per permettere la pratica dello sci e per garantire la stabilità delle infrastrutture sopraglaciali. Consistenti esigenze economiche hanno quindi portato le ricerche a concentrarsi

su apparati glaciali adibiti ad usi turistico-ricreativi per limitarne le perdite stagionali e ridurre l'intensità e quindi gli effetti dell'ablazione nivo-glaciale.

Nondimeno la stragrande maggioranza dei ghiacciai alpini (oltre l'80%) sta manifestando chiari impatti del cambiamento climatico in atto (Haeberli, 1990; Zemp et alii, 2006) e quindi anche per questi ghiacciai interventi volti a limitare intensità ed effetti della deglaciazione sarebbero di indubbia utilità.

Studi pilota condotti in Austria (Olefs & Obleitner, 2007; Olefs & Fisher, 2008; Fischer, 2008) sempre su ghiacciai utilizzati per lo sci estivo suggeriscono l'applicazione dei metodi di mitigazione dell'ablazione (in particolare le strategie di copertura artificiale) su quei ghiacciai affetti da intensa riduzione. Le azioni di mitigazione dell'ablazione andrebbero qui concentrate nelle aree dove questi effetti stanno evidenziando drammatiche conseguenze (e.g.: apertura di finestre rocciose che successivamente portano alla separazione o frammentazione del ghiacciaio, allargamento di crepacci e formazione di depressioni, etc.). Fino al 2008, in ambito alpino italiano la *protezione attiva* dei ghiacciai non era mai stata testata sebbene gli oltre 800 ghiacciai italiani nell'ultimo secolo abbiamo manifestato ingenti perdite sia areali che volumetriche (Biancotti & Motta, 2000; Citterio et alii, 2007). Per quanto riguarda ad esempio i ghiacciai lombardi, si è passati dai 117,4 km² del 1991 ai 92,4 km² del 2003 con una riduzione del 21%. Su qualche apparato utilizzato per la pratica dello sci (estivo e/o invernale) (ad esempio quello del Presena, in Trentino) sono in realtà state realizzate alcune strategie protettive, ma l'attenzione si è focalizzata sulle aree glaciali dove erano collocati piloni ed infrastrutture di risalita e non è mai stato condotto alcuno studio scientifico quantitativo per valutare gli effetti delle strategie applicate. Per verificare l'applicabilità e l'efficacia delle strategie di mitigazione dell'ablazione si è scelto di condurre una sperimentazione di protezione attiva su un apparato campione

Fig. 1
La Val Viola Bormina
in un'immagine tratta
da Google Earth:
nel riquadro rosso
il Ghiacciaio Dosdè
Orientale, dove
nell'estate 2008 si sono
svolti gli esperimenti
di protezione glaciale
attiva.

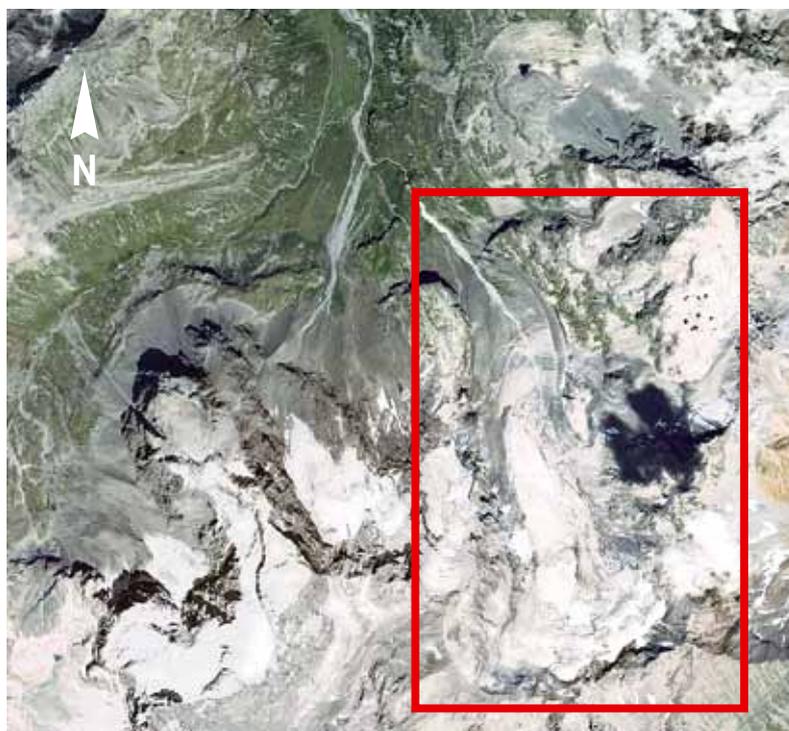


Fig. 2
Il Ghiacciaio Dosdè
Orientale,
in Val Bormina.



rappresentativo del glacialismo italiano, del quale fossero note le variazioni storiche ed annuali di massa e per il quale si disponesse di dati di spessore e di mappe annuali di ablazione utili a suggerire le aree dove intervenire (ovvero le aree dove l'esiguità dello spessore glaciale o l'intensità delle perdite stagionali suggerissero una prossima rapida evoluzione e la possibilità di emersione di aree rocciose, apertura di depressioni, etc). In accordo a questi criteri si è scelto, nell'ambito di un progetto di ricerca dell'Università degli Studi di Milano sostenuto da Sanpellegrino Spa - Levissima, il Ghiacciaio di Dosedè Orientale, un apparato montano dotato di una modesta lingua che fluisce nella Valle di Dosedè (Figg. 1-2), localizzata alla testata della Val Viola Bormina (Valdidentro, Alta Valtellina, Lombardia). In quest'area si concentrano gli apparati glaciali del gruppo Piazzi (ad esclusione del ghiacciaio Cima de Piazzi) che rappresentano un'importante risorsa idrica dell'area. I ghiacciai della Val Viola Bormina, tutti di tipo montano (sebbene il Dosedè Orientale, il più grande, sia dotato di una discreta lingua) sono attualmente in fase di intenso regresso a seguito del riscaldamento climatico in atto. Nel Gruppo Piazzi-Dosedè sono presenti poco meno di trenta apparati glaciali che si estendono complessivamente per poco meno di 4 km² (dato aggiornato al 2003). Per analizzarne le variazioni negli ultimi 20 anni sono state analizzate le fotografie aeree del 1983 e del 2003 (dalle quali si sono desunte le aree degli apparati glaciali del gruppo) e il Catasto regionale del Servizio Glaciologico Lombardo (SGL, 1992). I ghiacciai analizzati sia tramite i fotogrammi aerei che con i dati catastali sono 21. Confrontando i dati di questi 21 apparati emerge che nel 1983 i ghiacciai del Gruppo Piazzi-Dosedè ricoprivano un'area di 6,33 km², nel 1992 quest'area si era ridotta a 5,49 km² e nel 2003 l'estensione superficiale risultava pari a 3,81 km². In sintesi i ghiacciai del Gruppo si sono ridotti complessivamente di 1,67 km² in poco più di un ventennio pari ad una riduzione media di -76.000 m² /anno.

IL GHIACCIAIO DOSDÈ ORIENTALE: UN LABORATORIO SCIENTIFICO A CIELO APERTO

Il Ghiacciaio Dosedè Orientale si estende per circa un chilometro quadrato di superficie, è lungo poco più di un chilometro e largo in media 300 m. Le variazioni geometriche di questo apparato sono note da lungo tempo. Le variazioni di lunghezza vengono misurate con continuità dagli anni '50 del XX secolo ad opera del Comitato Glaciologico Italiano e più recentemente anche dal Servizio Glaciologico Lombardo ed hanno permesso di quantificare l'arretramento dell'apparato in poco più di 50 anni pari a c. 400 m. Le variazioni areali e volumetriche sono state calcolate tramite l'elaborazione e l'analisi di foto aeree e di catasti glaciali regionali risalenti al 1954, 1983, 1992 e 2003, permettendo così di quantificare le variazioni cinquantennali dell'apparato e di produrre cartografia tematica relativa alla distribuzione areale di queste variazioni. Dal 1995, inoltre, questo ghiacciaio è monitorato a cura del Comitato Glaciologico Italiano per la quantificazione del bilancio di massa glaciale.

I dati raccolti hanno evidenziato che in 12 anni (1995-2007) il ghiacciaio ha perso uno spessore medio di acqua di c. 14 m, pari ad un rilascio idrico medio annuo di oltre un milione di m³ di acqua. Nel 2007 è stata inoltre condotta una campagna di prospezioni geofisiche (*Ground Penetrating Radar* o GPR e sismiche) che ha permesso di conoscere con dettaglio gli spessori del ghiaccio (risultati variabili da pochi metri alla fronte ad oltre 50 m nel settore centrale) e di ricostruire la mappa del fondo glaciale.

Questi dati hanno rappresentato elementi di estrema utilità per identificare un'area sensibile del ghiacciaio (ovvero un'area caratterizzata da ridotti spessori e/o intensa ablazione stagionale) dove intervenire applicando strategie di mitigazione dell'ablazione. L'area scelta per attuare la sperimentazione di una protezione attiva è una porzione di superficie glaciale

ubicata sul settore centrale del ghiacciaio, un'area lievemente pianeggiante a circa 2800 m. Qui le mappe di ablazione allestite con i dati di bilancio di massa degli ultimi 12 anni avevano rilevato perdite particolarmente intense e l'apertura e l'allargamento di estesi crepacci. In quest'area, che costituisce circa un quarto della superficie totale del ghiacciaio, è stata anche installata nell'estate 2007, nell'ambito del progetto sostenuto da Sanpellegrino-Levissima, una stazione meteorologica automatica (*Automatic Weather Station* o AWS) per rilevare e registrare ogni 10' la temperatura dell'aria ed i flussi energetici in entrata ed in uscita alla superficie del ghiacciaio.

LA PROTEZIONE GLACIALE ATTIVA SU UN GHIACCIAIO NON UTILIZZATO A SCOPO SCIISTICO: LE OPERAZIONI

Le operazioni di protezione glaciale attiva sul Ghiacciaio Dosedè orientale sono iniziate a Maggio 2008 e si sono concretizzate nello stendimento di circa 150 m² di geotessile (termine con il quale si indicano tessuti di sintesi per applicazioni edili, ingegneristiche o ambientali) in poliestere, polipropilene, bianco puro. Il materiale (prodotto dalla ditta Landolt e denominato ICE PROTECTOR 500 ©) è caratterizzato da un peso (asciutto) di 500gr al metro quadro, da uno spessore di 3,8 mm e da una forza massima alla trazione sia longitudinale che trasversale superiore ai 25 kN/m; è un *geotessuto* composito a 2 strati, agugliato meccanicamente. E' caratterizzato dal fatto di agire come stabilizzante termico ed ai raggi UV, nonché di assorbire i raggi UV non permettendo a questi ultimi di raggiungere la neve sottostante. La sua azione si esplica riducendo il processo di fusione della neve tramite la formazione di barriere termiche tra l'atmosfera e gli strati sottostanti. Il materiale in oggetto è stato scelto anche per la sua caratteristica di essere esente da sostanze nocive e smaltibile termicamente.

Fig. 3
Valori di spessore equivalenti in acqua (asse x) rilevati presso ciascuno strato del profilo nivologico (asse y, con 0 è indicata la base della trincea ove è stato rinvenuto il ghiaccio glaciale).

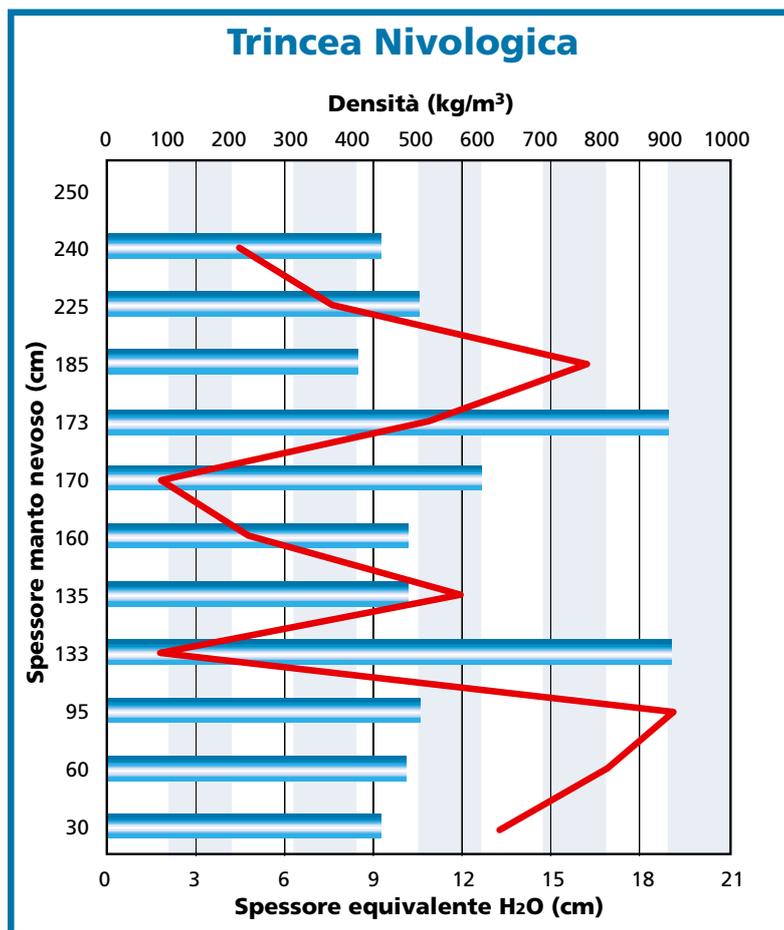


Fig. 4
Lo stendimento del geotessile sul Ghiacciaio di Dosdè Orientale.



La scelta di applicare sul Dosdè Orientale questa tipologia di intervento di protezione attiva è sostenuta dai brillanti risultati conseguiti in Austria con questa tipologia di approccio (c. 60% della neve preservata dalla fusione) e dalla semplicità di applicazione di questa strategia, che richiede solo lo stendimento a fine stagione di accumulo e non richiede utilizzo di mezzi meccanici (come gatti delle nevi per compattare la neve per ritardarne la fusione) o iniettori d'acqua (sempre per

aumentare la densità della neve e quindi rallentarne la fusione), il cui trasporto su un ghiacciaio non utilizzato a scopi sciistici è impensabile a livello di costi, di logistica e di impatto ambientale. Visto l'ingombro del materiale (fornito dal produttore in rotoli alti 4,85 m che raccolgono 55 m di lunghezza di geotessile) ed il peso complessivo dei 150 m² si è optato per il trasporto dello stesso sul ghiacciaio tramite elicottero. Il 14 Maggio 2008 dopo aver raggiunto con l'elicottero

la superficie glaciale sono iniziati i lavori di monitoraggio, verificando gli spessori nivoli sull'intera superficie del ghiacciaio tramite sondaggio diretto con sonde nivologiche manuali. Lo spessore nivale è risultato in media pari a 2,20 m; nell'area identificata per le operazioni di stendimento esso è risultato 2,50 m.

Nell'area adiacente alla porzione glaciale scelta per lo stendimento della copertura geotessile, nel settore centrale del ghiacciaio (dove l'apporto derivante da contributi valanghivi è trascurabile) ad una quota di circa 2800 m, si è poi eseguita una trincea nivologica per determinare tramite l'analisi di un profilo lo spessore in equivalenti in acqua. La densità del manto nevoso è risultata variabile tra 600 e 400 kg/m³. Lo spessore totale equivalente in acqua ottenuto sommando i valori di ciascuno strato è pari a 1,29 m (Fig. 3).

Concluse le operazioni di analisi nivologica si è poi proceduto allo stendimento del geotessile (Fig. 4). Il geotessile, una volta steso, aderisce naturalmente alla superficie innevata data la sua permeabilità che fa sì che esso assorba l'acqua presente a livello pellicolare sui cristalli di neve. Per mantenerne stabile la posizione sulla superficie del ghiacciaio (che è spazzata da venti *catabatici*, che spirano dal bacino superiore verso la fronte del ghiacciaio raggiungendo e superando spesso i 140 km/h di velocità) si sono dislocati regolarmente lungo il perimetro del telo stesso 36 massi rocciosi. I massi (di dimensioni pluridecimetriche) sono stati ricoperti con porzioni di telo geotessile per evitare che la loro presenza sulla superficie del telo potesse modificare l'albedo complessiva dell'intera superficie ricoperta; ciascuno masso una volta ricoperto con geotessile è stato quindi ancorato al telo tramite una fettuccia statica. Il telo è stato quindi perforato ed occhiellato ad intervalli regolari per permettere l'ancoraggio dei massi tramite le porzioni di fettuccia statica.

Al termine delle operazioni di ancoraggio l'intera superficie sottoposta alla sperimentazione della protezione glaciale attiva appariva perfettamente bianca ed omogenea minimizzando così difformità

di albedo e di assorbimento-riflessione energetica e evitando impatti visivi e paesaggistici alla superficie del ghiacciaio. Va infatti ricordato che l'area esaminata è inserita in un delicato contesto ambientale (si tratta di un SIC o Sito di Importanza Comunitaria) e pertanto si è deciso di agire su una superficie ridotta limitando al massimo ogni possibile impatto ambientale e paesaggistico (Fig. 5).

In sintesi la superficie sottoposta a protezione glaciale attiva si estendeva per 150 m² di area, lo spessore equivalente in acqua della neve ricoperta dal telo era pari a 1,29 m, questo porta a stimare il volume equivalente in acqua della neve sottoposta a protezione pari a 193,8 m³.

LA PROTEZIONE GLACIALE ATTIVA SU UN GHIACCIAIO NON UTILIZZATO A SCOPO SCIISTICO: I RISULTATI

L'area glaciale ove è stata stesa la copertura in geotessile è stata visitata a cadenza regolare durante l'intera stagione estiva 2008 per rilevare sia gli spessori e le densità del manto nevoso sottoposto a protezione attiva sia le variazioni di spessore del manto nevoso prima e del ghiaccio poi, delle circostanti aree glaciali lasciate in condizioni naturali.

Il 14 Giugno 2008, ad un mese esatto dallo stendimento, si è osservato un apparente innalzamento del telo di 30 cm rispetto alla superficie glaciale circostante (ovviamente questo innalzamento è conseguente all'ablazione differenziale, ovvero alla più intensa fusione del manto nevoso non sottoposto a protezione glaciale attiva). A fine Giugno 2008 l'efficacia della protezione si notava più chiaramente e lo spessore di neve protetto dalla copertura geotessile raggiungeva (il 28-06-2008) i 60 cm a monte ed i 40 cm a valle (Fig. 6). Il 23 Luglio si è svolto un nuovo sopralluogo non solo per le operazioni di controllo e manutenzione del geotessile ma anche per procedere alle prime misure della rete di segnali glaciologici (*paline ablatometriche*). La

manutenzione del geotessile si è resa indispensabile da fine Luglio per tutta la durata del periodo estivo ed è consistita nell'allungamento delle fettucce statiche utilizzate per fissare i massi di ancoraggio. L'allungamento si rendeva necessario man mano che aumentava il dislivello tra

la superficie del telo e la superficie glaciale circostante a seguito dei processi di fusione che procedevano molto lentamente sotto la copertura di geotessile e assai più rapidamente nelle circostanti aree scoperte. Il vento catabatico, inoltre, che spira intensamente durante il periodo



Fig. 5
La superficie della porzione di ghiacciaio ricoperta con geotessile al termine delle operazioni di ancoraggio del telo.



Fig. 6
Vista frontale (foto M. Pola) del geotessile che ne evidenzia l'apparente innalzamento (valore medio 50 cm il 28-06-2008) conseguente a tassi di fusione nivale minori sotto il telo rispetto alle aree circostanti esposte.



Fig. 7
Immagini della copertura nevosa sottoposta a protezione con il geotessile durante le operazioni di manutenzione eseguite il 23 Luglio 2008 (valore medio spessore neve protetta 120 cm). I ricercatori sollevano il telo per verificare le condizioni della neve e provvedono a riposizionarlo allungando le fettucce statiche (foto D. Maragno).

Fig. 8
 La superficie ricoperta con geotessile in un'immagine del 19 Agosto 2008. In primo piano la stazione meteorologica automatica AWS Dosdè-Levissima (foto G. Diolaiuti).



Fig. 9
 I ricercatori vicino al geotessile il 19 Agosto 2008. Si può osservare la superficie del ghiacciaio non sottoposta a protezione ormai priva di coltre nevosa; questa si è in parte conservata solo al di sotto del geotessile che ha impedito la penetrazione dei raggi U, altamente energetici ed ha agito come efficace barriera termica (foto G. Diolaiuti).



estivo sulla superficie del ghiacciaio, tendeva a modificare lievemente la posizione del telo e rendeva necessarie le periodiche visite per il ripristino delle condizioni ottimali di protezione. Il 23 Luglio 2008 l'altezza del manto nevoso protetto dal geotessuto è risultata pari a c. 140 cm a monte e c. 80 cm a valle (Fig. 7). Nel sopralluogo del 19 agosto 2008 si è osservato che la superficie glaciale si trovava quasi totalmente libera dalla copertura nevosa sino ad una quota di 2950 m. In questo caso il geotessile manifestava ancor più chiaramente la sua efficacia nel proteggere neve e ghiaccio sottostanti: la porzione sottoposta a copertura emergeva ormai circa 190 cm a monte e circa 120 cm a valle (Figg. 8-9). Il materiale localizzato al di sotto del geotessile era rappresentato sia da neve compatta e densa

che da ghiaccio di ghiacciaio. L'efficace azione del geotessile nel ridurre le perdite per fusione di neve e ghiaccio sottostanti è da attribuire non solo alle sue caratteristiche di composizione e tessitura che lo rendono un'ottima barriera fisica alla penetrazione della radiazione UV (altamente energetica) e dei flussi termici atmosferici ma anche alla sua colorazione (bianco puro) che ne garantisce una elevata e stabile *albedo* o riflettività. L'*albedo* del geotessile è rimasta costante e pari a quella della neve a inizio giugno (circa 0,62); diversamente sul resto della superficie glaciale l'*albedo* è diminuita, raggiungendo valori a fine stagione di circa 0,31 (corrispondenti ad un assorbimento di energia solare del 69%) e questo ha comportato una maggior fusione nivo-glaciale. I rilievi ablatometrici svolti

dal 23 Luglio a fine estate 2008 hanno evidenziato un tasso di ablazione variabile tra 1,7 cm al giorno (a 2850 m di quota, poco a monte del geotessile) ed 4 cm al giorno (a 2650 m di quota, in prossimità della fronte del ghiacciaio).

Il 4 ottobre 2008 si è svolto l'ultimo rilievo che ha permesso di quantificare spessore e densità di neve e ghiaccio al di sotto del geotessile. Lo spessore complessivo è risultato pari ad un valor medio di 190 cm; di questi i 115 cm di base erano costituiti da ghiaccio di ghiacciaio (densità c. 917 kg/m³). Gli altri 75 cm di materiale preservato alla fusione erano costituiti da neve densa e compatta (densità di circa 750 kg/m³). In sintesi, a fine stagione invernale sulla superficie glaciale sottoposta a protezione con geotessile lo spessore iniziale di equivalente in acqua (w.e.) della neve era 1,29 m, mentre a fine stagione estiva era 0,56 m, pari al 43,4% dello spessore iniziale. Inoltre, mentre nella zona non protetta si è avuta l'ablazione di uno spessore di ghiaccio di 1,15 m (pari a 1,05 m w.e.), nella zona protetta l'ablazione del ghiaccio stata nulla. Nel complesso a fronte di un'ablazione totale nella zona non protetta di 2,34 m w.e., (1,29 m w.e. di neve e di 1,05 m w.e. di ghiaccio), nella zona protetta l'ablazione è stata di 0,73 m w.e. derivanti totalmente dalla neve. Il guadagno complessivo è stato quindi di 1,61 m w.e., pari al 68,8% dello spessore perso nell'area non sottoposta a protezione glaciale attiva. Il geotessile ha quindi evitato completamente l'ablazione del ghiaccio localizzato al di sotto della neve invernale e primaverile ed ha anche ridotto l'ablazione di quest'ultima preservandone oltre il 43%. Per quanto concerne il volume di acqua complessivamente salvato dall'ablazione, questo è inferiore al valore atteso considerando uno spessore di 1,61 m di acqua preservata per unità di superficie (che porterebbe ad un valore di c. 241 m³); ciò a causa della progressiva riduzione della superficie protetta dal geotessile nel corso della stagione estiva. Il geotessile, infatti, al progredire del suo apparente sollevamento rispetto alle aree circostanti, ha visto una riduzione

della superficie glaciale effettivamente protetta conseguente alla parziale discesa dello stesso a copertura dei lati del parallelepipedo che si è andato via via formando. Il volume totale di materiale preservato non è pertanto pari al volume di un parallelepipedo con faccia superiore estesa per 150 m², ma si è ridotto al volume ottenuto da due parallelepipedi: uno inferiore, rappresentato dallo zoccolo basale di ghiaccio di ghiacciaio, con faccia maggiore di circa 90 m² di area e con volume pari a 94,5 m³ di acqua, e uno superiore, costituito dalla neve preservata alla fusione, con faccia maggiore di 37 m² di area e con volume pari a 20,7 m³ di acqua (Fig. 10). La somma dei due volumi di acqua equivalente salvati fornisce il volume di acqua preservata in totale dal geotessile come ghiaccio non fuso e neve accumulata, pari a 115,2 m³ equivalenti a 115.200 litri d'acqua e corrispondenti al 47,8% del volume iniziale.

CONCLUSIONI

In conclusione si può affermare che sulla superficie glaciale sottoposta a protezione, il guadagno netto rispetto allo spessore nivale iniziale (1,29 m w.e.) è stato pari a 0,56 m w.e. e il guadagno complessivo considerando lo spessore di ghiaccio salvato (1,05 m w.e.) è pari a 1,61 m di acqua (68,8% dello spessore altrimenti perso dal ghiacciaio nelle zone non sottoposte a protezione a parità di quota).

I minori volumi ottenuti estendendo il bilancio per m² all'intera superficie protetta sono da attribuire alla riduzione dell'area sottoposta a protezione per progressiva riduzione laterale a seguito dei processi di ablazione differenziale.

I risultati sono dunque più che soddisfacenti. L'acqua preservata all'ablazione è certamente una quantità molto ridotta, se confrontata con il volume rilasciato in media annualmente dal Ghiacciaio Dosdè Orientale (poco meno di 1 milione di m³ di acqua); lo scopo dell'esperimento non era però di modificare il bilancio di massa del ghiacciaio in esame, ma di valutare quantitativamente su una parcella sperimentale la reale efficacia di questa

strategia di mitigazione dell'ablazione. A questo proposito l'efficacia del telo si è dimostrata altissima, visto che tutto il ghiaccio posto sotto la neve protetta dal telo è stato conservato e che una buona parte (44% in spessore per unità di superficie) della neve invernale ha superato indenne la stagione estiva. È chiaro che questo tipo di strategia di protezione attiva non è estendibile alla superficie totale dei ghiacciai italiani e che, se applicata su aree così ridotte, non influisce, come scrive anche Fischer (2008), sul bilancio di massa o sul sistema idrologico dell'apparato glaciale. Questo approccio potrebbe tuttavia venire applicato laddove lo spessore di ghiaccio si stia riducendo rapidamente oppure quando emergano dalla superficie glaciale finestre rocciose o *nunatak*, fenomeni che portano rapidamente alla disgregazione di interi apparati. In questi casi arealmente limitati una copertura come il geotessile potrebbe non solo ridurre efficacemente l'ablazione, ma anche favorire, nel caso di abbondanti precipitazioni nevose, l'accumulo di nevato portando ad un guadagno netto positivo alla superficie del ghiacciaio (rappresentato dalla neve invernale che "sopravvive" alla stagione estiva) e in ultima analisi rallentare l'estinzione del ghiacciaio.

Ringraziamenti

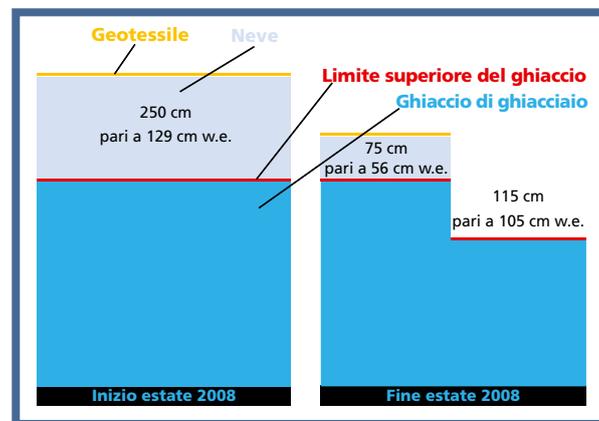
Il Progetto denominato "Acqua e Ghiacciai: Conoscenza e Conservazione" è condotto da ricercatori dell'Università degli Studi di Milano, coordinati dal prof. Claudio Smiraglia e dalla dr. Guglielmina Diolaiuti ed è sostenuto da Levissima, Gruppo Sanpellegrino, anche con borse di studio, nel quadro delle sue strategie di sostenibilità e salvaguardia della risorsa "acqua".

Gli autori ringraziano la Provincia di Sondrio per la fattiva collaborazione.

I Partner scientifici del progetto sono: Comitato EV-K2-CNR Bergamo, CAI-Club Alpino Italiano (sez. Bormio), Comune di Valdidentro (SO). La stazione del Dosdè, come le altre del network di UNIMI, è stata prodotta dalla ditta Lsi-LASTEM di Settala (MI).

I collaboratori tecnici e scientifici del progetto sono: Gian Pietro Verza, Roberto Chillemi, Adriano Greco, Angelo Lunghi, Emanuela Bianchi, Davide Bavera, Gabriele Ruggiero, Matteo Fiorelli, Carlo Guarneri, Davide Maragno.

Fig. 10
Schema semplificato delle variazioni di neve e ghiaccio in condizioni naturali (senza copertura) e sotto l'azione del geotessile sul Ghiacciaio Dosdè Orientale durante la stagione estiva 2008.



Bibliografia

- Biancotti A. & Motta M. (2000) - L'evoluzione recente ed attuale dei ghiacciai italiani. Bollettino Geofisico, 3-4, 27-36.
- Citterio M., Diolaiuti G., Smiraglia C., D'Agata C., Carnielli T., Stella G. & Siletto G. B. (2007) - The fluctuations of Italian glaciers during the last century: a contribution to knowledge about Alpine glacier changes. Geografiska Annaler, 89, A3, 164-182.
- Fischer A. (2008) - Ritiro dei ghiacciai ed effetti degli interventi di copertura. Neve e Valanghe, 64, 44-49.
- Grove C.S., Grove S.T. & Aidun A.R. (1963) - The theory and use of aqueous foams for protection of ice surfaces. In: W.D. Kingery (editor), Ice and snow, properties, processes, and applications. M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 666-684.
- Haeberli W. (1990) - Glacier and permafrost signals of 20th century warming. Annals of Glaciology, 14, 99-101.
- Herrmann M.R. & Stehle N.S. (1966) - Protective Coverings for ice and snow. In: H. Oura (editor), Physics of snow and ice, Proceedings of the international conference on low temperature science, vol.1, part 2, Institute of low temperature science, Hokkaido University, Japan, 797-806.
- IUGG-UNEP-UNESCO (2005) - Fluctuations of Glaciers 1995-2000, Paris, IUGG-UNEP-UNESCO, 288 pp.
- Olefs M. & Obleitner F. (2007) - Numerical simulations on artificial reduction of snow and ice ablation. Water Resources Research, 43, W06405, doi:10.1029/2006WR005065.
- Olefs M. & Fischer A. (2008) - Comparative study of technical measures to reduce snow and ice ablation in Alpine glacier ski resorts. Cold Regions Science and Technology, 52, 371-384.
- Skogsberg K. & Lundberg A. (2005) - Wood chips as thermal insulation of snow. Cold Regions Science and Technology, 43, 207-218.
- Zemp M., Haeberli W., Hoelzle M. & Paul F. (2006) - Alpine glaciers to disappear within decades? Geophysical Research Letters, 33, L13504, doi:10.1029/2006GL026319.



CISA IKAR 2008

S. Pivot

The annual CISA-IKAR meeting took place in Chamonix, the French town near Mont Blanc. CISA-IKAR, with its medical, terrestrial, air and avalanche commissions, is an International work platform that promotes high level meetings between experts and product suppliers, in order to improve knowledge and circulate innovations in the rescue area.

The association, which was set up in 1948 by 11 organizations from 5 alpine countries, celebrated its 60th birthday in 2008, and now it includes 57 organizations (which will grow to 60 by the end of the year) from 31 countries.

Over the last sixty years, many new rescue organizations were able to make the most of the experiences gained over the years and of the available knowledge, mainly concerning the improvements and innovations of techniques and materials.

On the other hand, the president of CISA-IKAR, Toni Grab, reported that in the last few years several national and International regulations have been set up that restrict rescue possibilities: in several

cases rescuers are not allowed to carry out any rescue operations, though they are perfectly capable and efficient, owing to regulations established by other organizations that are not even specialized in mountain rescue.

HYDRO PROJECT 2007

The new radio network for the collection of hydrological data of Provincia Autonoma di Bolzano

M. Pernter

Modern telecommunication techniques allow for the setting up of radio networks for data transmission as an alternative to the large public mobile telephone networks.

The following article describes the engineering and development of the new radio network for the nivometric, weather and hydrometric stations managed by the Hydrographic service of the fire prevention and civil defence sector of Provincia Autonoma di Bolzano.

The aim of this project was to set up a radio network that fits the highest possible number of automated survey stations operated by our office.

Network scalability for future implementations should also be granted.

SIRIO-IHR

To know in order to decide

P. Macconi

The modern management approaches for the hydrogeological risk are based on the availability of organizational, updated and widespread information.

Provincia di Bolzano makes use of a specific information system, named SIRIO-IHR (Sistema Informativo per il Rischio Idrogeologico – Information system for hydrogeological risk) that, among other things, includes an event documentation system, the register of works, danger susceptibility papers, the documentary archive and a browser.

SIRIO-IHR therefore represents a platform for data exchange, as well as a physical and virtual place of collaboration for all the people from the provincial administration who are involved in hydrogeological risk management at various levels; the main team includes the Hydraulic Works section, the Civil Defence service and the Geology department.

Active collaboration is also provided by the forest division and the municipal engineering service.

MODEL FOR THE DYNAMICS OF DENSE SNOW AVALANCHES

E. Arena, Lo Riggio, M. Mura,

D. Bocchiola, M.C. Rulli and R. Rosso

A model is proposed for the study of the dynamics of dense snow avalanches with center of mass.

Equations of motion are based on an energy formulation, which is made fit for avalanche calculation through the typical parameterization of the Voellmy-Salm method. This formulation allows experts to express motion dynamics in terms of flow heights and rates on a variable-step calculation mesh. The model was applied to the case study of Vallecetta mountain, in Bormio, for May 1983 events.

The results were then compared with those from the literature model AVAL1D®, developed by the personnel of the SLF institute of Davos, offering comparable results. The model can be therefore considered a suitable instrument for the analysis of areas subject to avalanche risk. Future developments will be the model validation for other avalanche sites and modeling of mass transport along the avalanche path.

PASSIVE DEFENCE WORKS FOR DENSE SNOW AVALANCHEES

Experimental laboratory analysis for the evaluation of the behavior of avalanche barriers

P. Scotton and F. Moro

The article presents an experimental investigation performed at the Hydraulic Laboratory of the University of Trent in order to analyse the behaviour of some passive defence structures used in the practice of environmental engineering in order to slow down granular dense snow avalanches.

The research considers retarding mounds and teeth, taken as single elements and in a system of three elements arranged in two lines.

The experimental apparatus is made up of two planes arranged at two slopes in order to simulate the slope of the flowing zone and of the stopping zone of a dense snow avalanche.

The flowing part of the experiments is confined inside a rectangular section. The motion on the lower plane is cross-sectionally free.

The works are located at the end of the upper plane, at the beginning of the slowing down phase of the granular mass.

The article describes the experimental set-up, that can simulate the real phenomena following the Froude similarity with a geometrical scale of about 1:100, and gives some criteria for the estimation of the impact force against front and rear works. It is described the most efficient works layout and it is shown that maximum efficiency occurs when maximum dimensionless force occurs.

THE WIND IN SUSA VALLEY Fifteen years of anemological data

S. Fratianni, B. Cagnazzi and R. Cremonini

The aim of the study is to analyze climatological features of the wind in the Susa Valley (Piedmont region, NW Italy).

The analysis avails itself of a twelve dataset of wind data (from 1990 to 2007) collected by the ARPA Piemonte's monitoring network.

The wind statistical analyses have followed different phases:

- Analysis of wind frequency and wind directions and spotting of the anemological basins: estimate of annual, monthly (and hourly) frequency of wind provenance by considering eighteen quadrants of direction. These analyses are based on a classification related to the wind direction regime (unimodal, bimodal, three-modal);
- Annual and monthly average of wind directions: starting from all those available data measured every ten minutes;
- Annual and monthly average of the wind force;
- Analyses of daily and hourly wind calm: frequency in number of windy days with an average speed inferior to given thresholds;
- Analyses of the strongest windblasts with records of critical cases;
- Spotting of breeze regimes (high and

low) and comparison between stations;

- Analysis of the yearly, seasonal and monthly frequency of North and North-West foehn.

The climatological analysis of wind measures is carried out in relation to the annual occurrence and to the meteorological current events, in order to get into a better comprehension of the weather events occurring in this territory.

“ACTIVE” PROTECTION STRATEGIES FOR GLACIERS First Italian applications and results

G. Diolaiuti, C. Smiraglia and E. Meraldi
On Dosdè Est Glacier (Upper Valtellina, Italy) a pilot experiment to reduce snow and ice ablation was performed between May and October 2008. On this Alpine glacier (1 km² of area, North aspect) a cover of Ice protector® was spread on a glacier surface 150 m² wide at an elevation of about 2800 m a.s.l. The glacier covering was carried out on the 15th of May 2008 when the glacier surface was characteri-

zed by a snow depth of 2,50 m equal to 1,29 m water equivalent.

The experiment ended on the 4th of October 2008. The study was aimed at verifying the ability of such method in reducing snow and ice ablation on a natural glacier surface to compare the results with the ones obtained in Austria on glaciers used for skiing activities. The results we obtained are in agreements with the ones from Austria. At the end of the ablation season on the glacier area without artificial cover it resulted a snow ablation of 1,29 m water equivalent (w.e.) and an ice ablation of 1,05 m w.e.; the glacier surface protected with the cover, instead, resulted to be affected only by snow ablation and its magnitude resulted lower than in unprotected areas: there was a snow loss equal to 0,73 m w.e. and no ice ablation occurred.

The positive result due to the artificial cover is thus equal to 1,61 m water equivalent (1,05 m w.e. from ice and 0,56 m w.e. from snow) and the snow survived was 43% of its initial value.





LA NEVE

Che cos'è la neve?

Un libretto a fumetti che descrive la neve dal suo formarsi nell'atmosfera al suo complesso evolversi al suolo. Adatto anche ai bambini, è la rielaborazione di un'analoga opera francese, apprezzata per la semplicità di presentazione unita alla ricchezza di contenuti scientifici.

- *A ciascuno la propria neve*
- *Nevica*
- *La neve al suolo*
- *Alcune proprietà sorprendenti della neve*
- *Il controllo del manto nevoso e la previsione delle valanghe*
- *La neve all'Equatore*
- *I paesi della neve*
- *I capricci della neve*
- *La neve artificiale*

LE VALANGHE

Che cos'è una valanga?

Sfogliando i diversi dizionari ed enciclopedie che abbiamo in casa possiamo trovare le più svariate definizioni di valanga e slavina con descrizioni più o meno complete ed ampie. Nel dizionario dei più piccoli, unico tra i tanti, si ipotizza che una valanga possa essere provocata anche da una persona o, in questo caso, da un personaggio dei fumetti ... chi non ricorda le valanghe a forma di palla di neve su Topolino? Gli Uffici valanghe italiani hanno concordato di utilizzare un termine unico: quando si parla di una massa di neve in movimento lungo un pendio, piccola o grande che sia, si parla di valanga.

- *Che cos'è una valanga*
- *La neve*
- *La stabilità del manto nevoso*
- *La classificazione delle valanghe*
- *La tipologia delle valanghe*
- *Le valanghe nel tempo*
- *Gli incidenti da valanga*
- *Quando "cadono" le valanghe?*
- *La prevenzione*
- *La cartografia*
- *Le opere di protezione*
- *Il distacco artificiale*
- *Le commissioni locali valanghe*
- *Le zone non controllate*
- *La curva della sopravvivenza*
- *L'autosoccorso ed il soccorso organizzato*
- *Il bollettino nivometeorologico*
- *Le prove empiriche di stabilità*

le PUBBLICAZIONI AINEVA



I BOLLETTINI VALANGHE AINEVA

Guida all'interpretazione

Utile agli scialpinisti e a quanti vivono e operano nell'ambito della montagna innevata, contiene una spiegazione della scala di pericolo e informazioni sulla base informativa e sulle metodologie adottate per la formulazione della previsione. Offre un approfondimento sull'utilità e sui limiti territoriali e temporali dei bollettini ed è corredata da un glossario dei termini nivometeorologici.

- Cos'è il bollettino nivometeorologico o bollettino valanghe
- La scala europea del pericolo valanghe
- L'utenza
- Differenze fra i bollettini
- Base informativa
- Metodo per la valutazione del pericolo di valanghe
- Utilità e limiti dei bollettini
- Validità nel tempo
- Validità sul territorio
- Il bollettino AINEVA per le Alpi

Ogni opuscolo è distribuito gratuitamente dall'AINEVA e può essere richiesto inviando 2,00 euro in francobolli per le spese postali al seguente indirizzo:



AINEVA

Vicolo dell'Adige, 18
38100 TRENTO

Per richieste cumulative di più pubblicazioni valgono le seguenti tariffe postali:

- La Neve + Le Valanghe € 2,20
- La Neve + La Guida € 2,00
- Le Valanghe + La Guida € 2,00
- La Neve + Le Valanghe + La Guida € 2,20

UOMINI & TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE



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