

e Neve Valanghe

n° 74 - dicembre 2011

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*



La stagione invernale 2010-2011

CISA IKAR 2011

Neviccate intense sulle Alpi Piemontesi

Sistema per la mitigazione e il controllo
del rischio valanghe a Livigno

Modello di erosione del suolo
da valanga a Lavancher

Misure di protezione glaciale attiva
sul ghiacciaio Presena



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

REGIONE PIEMONTE

ARPA Piemonte
Dipartimento Sistemi Previsionali
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 514
e-mail: sistemi.previsionali@arpa.piemonte.it

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA

Assessorato Opere pubbliche, difesa
del suolo e edilizia residenziale pubblica
Direzione assetto idrogeologico dei bilanci montani
Ufficio neve e valanghe
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
Settore Tutela delle Risorse e Rischi Naturali
U.O. 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://ita.arpalombardia.it/meteo/bollettini/bolniv.pdf>
e-mail: nivometeo@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Servizio prevenzione rischi
Ufficio previsioni e pianificazione
Via Vannetti 41 - 38122 Trento
Tel. 0461 494877 - Fax 0461 238305
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
Fax polling 0436 780009
<http://www.arpa.veneto.it/csvdi>
e-mail: cva@arpa.veneto.it

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

Direzione centrale risorse rurali, agroalimentari e forestali
Servizio del corpo forestale regionale
Settore neve e 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/welcome.asp>
e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

REGIONE MARCHE

Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza
e per la Protezione Civile
Centro Funzionale Regionale
Strada Provinciale Cameranesse, 1
60100 - Loc. Passo Varano - ANCONA
Tel. 071 8067763 - Fax 071 8067709
<http://protezionecivile.regione.marche.it>
e-mail: centrofunzionale@regione.marche.it

Sede AINEVA

Vicolo dell'Adige, 18
38122 TRENTO
Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225
<http://www.aineva.it>
e-mail: aineva@aineva.it

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 2012: Euro 18,00
da versare sul c/c postale n. 14595383
intestato a: AINEVA
Vicolo dell'Adige, 18 - 38122 Trento

Direttore Responsabile

Giovanni PERETTI
Coordinatore di redazione
Alfredo PRAOLINI
ARPA Lombardia

Comitato di redazione:

Luciano LIZZERO, Rudi NADALET,
Maria Cristina PROLA, Mauro VALT,
Giovanna BURELLI, Elena BARBERA,
Tiziano MARTINELLI

Comitato scientifico editoriale:

Valerio SEGOR,
Alberto TRENTI, Secondo BARBERO,
Francesco SOMMAVILLA,
Sebastiano SANNA, Gregorio MANNUCCI,
Michela MUNARI

Segreteria di Redazione:

Vicolo dell'Adige, 18
38122 TRENTO
Tel. 0461/230305
Fax 0461/232225

Videoimpaginazione e grafica:

MOTTARELLA STUDIO GRAFICO
www.mottarella.com
Cosio Valtellino (SO)

Stampa:

LITOTIPOGRAFIA ALCIONE srl
Lavis (TN)

Referenze fotografiche:

Foto di copertina: uff. Neve Valanghe
ARPA Piemonte

Lodovico Mottarella: 11, 2
Stefano Pivot: 17, 18, 19, 20, 21, 24
Aldo Bariffi: 35, 37, 38, 42
Politecnico Milano: 47, 48, 49, 50
Alberto Trenti PAT: 55, 62
M. Donati: 60
Antonella Senese: 57
ARPA Piemonte: 27, 33

Hanno collaborato a questo numero:

Serena Mottarella, Stefania Del Barba,
Nadia Preghenella, Monica Rossi,
Igor Chiambretti.

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).



4



16



26



34



46



56

4 LA STAGIONE INVERNALE 2010-2011

■ M. Valt, P. Cianfarra

16 CISA IKAR 2011

■ S. Pivot

26 NEVICATE INTENSE SULLE ALPI PIEMONTESI

■ C. Ronchi, M. Nicoletta

34 GESTIONE DI UN SISTEMA INTEGRATO PER LA MITIGAZIONE E IL CONTROLLO DEL RISCHIO DI VALANGA: IL CASO LIVIGNO

■ A. Bariffi

46 UN MODELLO DI EROSIONE DEL SUOLO DA VALANGA: IL CASO DI LAVANCHER, MORGEX

■ G. Confortola, D. Bocchiola, M. Maggioni,
M. Freppaz

56 EFFETTI DELLE MISURE DI PROTEZIONE GLACIALE ATTIVA SUL BILANCIO ENERGETICO PUNTUALE DEL GHIACCIAIO PRESENA

■ G. Diolaiuti, A. Senese, B. Mosconi, C. D'Agata,
C. Mihalcea, C. Smiraglia, A. Trenti



Come abbiamo già avuto modo di sottolineare, Neve e Valanghe vuole essere non solo uno strumento di lavoro dell'AINEVA, ma anche e soprattutto un mezzo d'informazione scientifico-tecnica e di divulgazione, in particolare delle materie legate all'inverno, con la neve e le valanghe naturalmente in primo piano, ma anche con la glaciologia, con il tempo meteorologico alpino, con la sicurezza e la prevenzione...

Anche questo numero di Neve e Valanghe vede trattati argomenti eterogenei ma interessanti da vari punti di vista, ma in questa occasione la nostra rivista si dimostra un valido strumento per proporre un consuntivo dell'andamento generale dell'inverno 2010-2011, stagione caratterizzata, come descrive il collega veneto Mauro Valt nel primo contributo, da *"buon innevamento nei mesi autunnali, da un periodo centrale dell'inverno con poche precipitazioni, da abbondanti nevicate del mese di marzo nelle Alpi Occidentali e rapida fusione primaverile"*. A questo aspetto meteoclimatico rappresentativo ha corrisposto, peraltro, un'attività valanghiva spontanea assai rilevante e, nel contempo, sono stati registrati anche la maggior parte degli incidenti in valanga occorsi a frequentatori della montagna innevata.

Segue un articolo del collega valdostano Stefano Pivot che ha presenziato, quale referente di AINEVA, alla Riunione Annuale della Commissione Valanghe della CISA-IKAR. Pivot fa il punto della situazione sui 55 incidenti da valanga rilevati in ambito italiano in cui 16 sono state le vittime (rispetto alle 45 della scorsa tragica stagione). Interessante evidenziare che ben 6 di queste sono però state registrate subito, a inizio inverno, nell'ultima settimana di novembre 2010.

A seguire, la ricerca dei colleghi di ARPA Piemonte, svolta sulla base dei dati raccolti negli ultimi 40 anni, dà una risposta esaustiva, a chi si interessa di meteorologia e climatologia, circa le configurazioni sinottiche che caratterizzano con nevicate intense le Alpi Piemontesi.

Altro contributo interessante, che può risultare molto utile anche a professionisti che si occupano di gestione del rischio valanghe in un comprensorio a vocazione turistica, è presentato da Aldo Bariffi: il caso di Livigno, in Alta Valtellina. Se per un efficace monitoraggio è necessario prevedere gli eventi nivometeo significativi, altrettanto importante è non trascurare l'esamina dell'efficacia delle opere paravalanghe, in funzione del possibile degrado o trascuratezza.

Il sito valanghivo di Lavancher torna d'attualità per l'applicazione di un modello, sviluppato congiuntamente dalle Università di Milano e Torino, che attraverso la quantificazione dei sedimenti intrappolati nella valanga calcola l'erosione del suolo interessato dal distacco e dallo scorrimento in funzione dello sforzo di taglio e della velocità.

A chiusura di questo numero 74, un'equipe di glaciologi, coordinata dall'esperto Prof. Claudio Smiraglia, presenta i risultati registrati in queste ultime quattro estati sul Ghiacciaio del Presena attraverso l'impiego della copertura geotessile. Essa mostra l'efficacia raggiunta nel sensibile abbassamento dell'assorbimento dell'energia solare: riduzione del 52% di ablazione corrispondente ad una fusione di circa 140 centimetri ed una conservazione di oltre 150 centimetri.

Buona lettura.

Dott. Geol. Giovanni Peretti
Il Direttore Responsabile

la STAGIONE INVERNALE 2010-2011

Mauro Valt

ARPAV-Dipartimento Regionale
per la Sicurezza del Territorio
mvalt@arpa.veneto.it
aineva@aineva.it

Paola Cianfarra

Università degli Studi Roma Tre,
Dipartimento di Scienze Geologiche, Roma
cianfarr@uniroma3.it

Con la collaborazione di:

Daniele Cat Berro, Elena Turrone,
Paola Dellavedova, Flavio Berbenni,
Gianluca Tognoni, Fabio Gheser,
Renato Zasso, Daniele Moro
(per le affiliazioni vedere box a pagina 14)

La stagione invernale 2010 - 2011 è stata caratterizzata da un buon innevamento nei mesi autunnali, da un periodo centrale dell'inverno con poche precipitazioni nevose (metà gennaio - metà febbraio), dalle abbondanti nevicate del mese di marzo nelle Alpi occidentali e, infine, da una rapida fusione primaverile. Le temperature della stagione invernale sono state molto importanti in quanto si sono susseguiti periodi molto freddi, come a metà dicembre, a periodi miti, che hanno favorito piogge fino in quota e/o la rapida fusione della neve (prima metà dei mesi di febbraio e aprile). Gli episodi ventosi non sono stati così frequenti come nella stagione invernale 2009 - 2010 ma hanno caratterizzato, specie con l'episodio di fine febbraio, la stabilità del manto nevoso soprattutto nelle Alpi orientali dove il 26 di febbraio sono avvenuti ben 7 incidenti da valanga. I morti in valanga sono stati 17 (Appennini compresi), di poco inferiore alla media. I periodi con la maggior attività valanghiva spontanea sono stati quasi sempre dopo gli episodi di precipitazione più intensi. I giorni più critici sono stati nella prima e terza decade del mese di febbraio ma soprattutto nella seconda decade del mese di marzo quando si sono verificate parecchie valanghe di grandi dimensioni in molte aree delle Alpi italiane. Per quanto riguarda il pericolo di valanghe, il grado prevalente è stato il moderato (grado 2).

La fase iniziale e finale dell'inverno, specie nelle Alpi occidentali, è stata caratterizzata da condizioni di pericolo marcato (grado 3), mentre nella fase centrale dell'inverno sono state molte le giornate con pericolo debole (grado 1).



INTRODUZIONE

Ogni stagione invernale è caratterizzata da episodi di precipitazione nevosa, da vento e da valanghe che la contraddistinguono dalle precedenti stagioni e che, per certi versi, la rendono unica e irripetibile. Nel presente lavoro vengono illustrate le principali caratteristiche della stagione 2010-2011 con particolare riguardo agli eventi di precipitazione, alla durata del manto nevoso al suolo e all'attività valanghiva, con riferimenti storici in modo da identificarne le specifiche peculiarità.

FONTE DEI DATI ED ELABORAZIONI

Come in altri lavori recenti sullo stato dell'innnevamento sull'arco alpino italiano (Valt e Cianfarra, 2009, 2010), sono state utilizzate le banche dati dei Servizi Valanghe AINEVA, delle stazioni di rilevamento presso le dighe delle diverse Compagnie di gestione delle acque superficiali dell'arco alpino e della Società Meteorologica Italiana.

I dati di spessore della neve al suolo e della precipitazione nevosa sono relativi ai valori giornalieri misurati presso le stazioni nivometriche tradizionali (Cagnati, 2003- Cap. II.1) e rilevati di norma alle ore 8.00 di ciascun giorno.

Per quanto riguarda i dati relativi alle temperature medie delle Alpi Italiane, sono state prese in considerazione alcune serie validate e pubblicate in rete. I dati riportati sono i risultati delle prime elaborazioni ottenute. Le elaborazioni riguardanti il grado di pericolo da valanghe nelle diver-

se aree sono state effettuate utilizzando i dati pubblicati sul sito www.aineva.it/bollett). Le analisi sugli incidenti da valanghe sono state effettuate utilizzando la banca dati storici di AINEVA (Valt, 2009) e online (www.aineva.it, www.ikar-cisa.org). In tutti i grafici e le tabelle, del presente lavoro, l'anno di riferimento è l'anno idrologico (ad esempio l'anno 2011 inizia il 1 ottobre 2010 e termina il 30 settembre 2011). Tuttavia, per i raffronti, sono state considerate le sole precipitazioni nevose relative alla stagione invernale compresa fra il mese di dicembre e il mese di aprile. Per alcune stazioni, i valori mensili e stagionali erano riassunti già in tabelle nelle pubblicazioni consultate, per altre sono state effettuate le varie sommatorie partendo dai valori giornalieri.

Per evidenziare l'andamento a livello regionale mediante un'unica serie, è stato utilizzato l'indice adimensionale SAI (Standardized Anomaly Index) (Giuffrida e Conte, 1989) che esprime le anomalie della grandezza studiata, attraverso il contributo dei valori medi annuali o stagionali delle singole stazioni.

Un indice annuale di anomalia pari a 0 indica un anno in linea con la media di riferimento, un valore di anomalia positivo o negativo indica rispettivamente un eccesso o un deficit più o meno elevati rispetto al valore normale (Mercalli et al., 2003, 2006). Disponendo di numerose serie storiche nell'ultimo quarantennio, le elaborazioni sono state effettuate sulla base del periodo di riferimento 1976-2009 e in alcuni casi 1961-1990.

ANDAMENTO NIVOMETEOROLOGICO DELLA STAGIONE INVERNALE 2010-2011

La stagione invernale è stata caratterizzata da ben 12 episodi nevosi significativi che hanno determinato la formazione del manto nevoso stagionale o condizionato il pericolo valanghe:

- 17 - 18 ottobre
- 24 - 25 ottobre
- 31 ottobre - 2 novembre
- 8 - 9 novembre
- 16 - 18 novembre
- 20 - 23 novembre
- 26 novembre - 4 dicembre
- 21 - 26 dicembre
- 6 - 8 gennaio
- 15 - 19 febbraio
- 28 febbraio - 5 marzo
- 13 - 19 marzo.

Altri episodi sono stati importanti in quanto hanno determinato precipitazioni più significative a bassa quota o in pianura:

- 29 novembre
- 17 - 19 dicembre
- o nevicata tardo primavera:
- 15 maggio
- 28 maggio.

I dati di precipitazione nevosa di alcune stazioni significative delle Alpi sono riportati nelle Figg. 1 e 2.

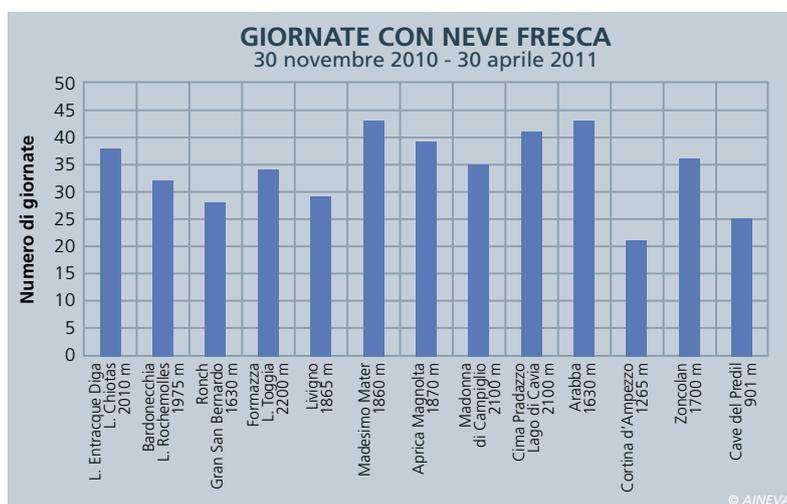
FORMAZIONE ED EVOLUZIONE DELLA COPERTURA NEVOSA DURANTE LA STAGIONE INVERNALE

Ottobre

Il mese di ottobre è stato caratterizzato nella prima decade da temperature miti con piogge che hanno favorito la fusione della neve delle precipitazioni di settembre (14 e 24-25 settembre).

Le decadi seguenti sono state piuttosto fredde e in occasione della perturbazione del 17 e 18 ottobre, la neve è ricomparsa fino a bassa quota.

Fig. 1



Fra il 25 e 26 ottobre, dopo alcuni giorni di bel tempo, una nuova saccatura atlantica scende dal nord Europa, mentre una profonda depressione si forma in prossimità del Golfo di Genova.

Tale configurazione da luogo ad un significativo episodio perturbato, assieme ad un repentino calo termico. In molte aree interne delle Alpi la neve ricompare fino a 900- 1100 m di quota mentre nelle zone prealpine piove fino oltre i 1600 m (Fig. 3a).

Questa nevicata va a formare lo strato basale del manto nevoso stagionale su gran parte del territorio alpino.

Dal 31 ottobre e fino al 2 novembre forti piogge intessano ancora le Alpi.

Il limite della neve è molto variabile, più in basso nelle Alpi occidentali, più elevato nelle Alpi orientali. Ad esempio nelle Alpi Marittime gli apporti sono anche di 60 cm di neve fresca a 2000 m (Lago Chiotas), 90 cm nelle Alpi Graie Meridionali (Lago Valsoera), 30 cm a Gressoney nelle Alpi Pennine occidentali, 15 cm al Passo Tonale (1880 m) mentre, nelle Alpi orientali, dopo alcuni fiocchi ad Arabba (1600 m), la neve si accumula solo oltre i 2500 m di quota.

Novembre

Alle precipitazioni a cavallo del mese di ottobre - novembre segue un temporaneo abbassamento della temperatura che determina la formazione di uno strato compatto e duro del manto nevoso.

Nell'episodio del 8 - 9 novembre la neve ricompare fino a 800 m di quota nelle Alpi orientali con apporti anche di 30- 40 cm di neve fresca.

Le nevicata sono significative anche in altri settori delle Alpi (Fig. 3b) come ad esempio nelle Lepontine con 30 cm di neve a 2000 m o nelle Alpi centrali (30 cm a Livigno a 1800 m).

Tuttavia le miti temperature del periodo 13-15 novembre hanno determinato una ablazione importante fino in quota con una generale diminuzione anche degli spessori del manto nevoso.

Dal 16 al 18 novembre nevicata di nuovo con limite della neve molto variabile

STAZIONE	25-30 NOV (cm)	1-6 DIC (cm)	6-12 GEN (cm)	25-31 GEN (cm)	15-18 FEB (cm)	28 FEB 1 MAR (cm)	13-18 MAR (cm)
L. Entracque - L. del Chiotas, 2010 m	10	51	38	89	68	140	172
Bardonecchia - L. Rochemolles, 1975 m	4	38	24	16	23	39	38
Ronch Gran San Bernardo, 1630 m	27	4	38	2	8	18	n.d.
Formazza - L. Toggia, 2200 m	10	35	45	0	45	21	80
Livigno, 1865 m	19	34	26	0	10	3	20
Madesimo Mater, 1860 m	n.d.	58	66	2	39	4	26
Aprica Magnolta, 1870 m	n.d.	n.d.	65	3	45	14	45
Madonna di Campiglio, 2100 m	28	44	50	0	70	43	66
Cima Pradazzo - Cavia, 2100 m	32	29	18	0	34	34	61
Arabba, 1630 m	30	46	17	0	22	21	29
Cortina d'Ampezzo, 1265 m	18	48	6	0	23	18	13
Zoncolan, 1700 m	n.d.	18	24	0	74	26	68
Cave del Predil, 901 m	n.d.	59	11	2	36	12	n.d.

© AINEVA

(1300-1500 m di quota) in innalzamento fino a 2000-2200 m di quota.

Nevicata anche intensamente nelle Alpi Marittime rispetto alle Alpi della cresta di confine con la Francia, nelle Lepontine e nelle Alpi e Prealpi Orobiche, Retiche e nel Trentino.

Il vento è intenso durante la precipitazione e si attenua solo a fine episodio determinando strati da vento sepolti dalla neve di fine precipitazione.

Il manto nevoso, in questo periodo in molte aree delle Alpi, presenta strati interni e basali, ancora caratterizzati da neve umida e neve fusa (MF) per uno spessore variabile dai 30 ai 60 cm.

Questi strati, alla quota di 2000 m, saranno ben identificabili nei profili del manto nevoso nel prosieguo della stagione invernale.

Fra il 26 novembre e il 4 dicembre si susseguono una serie di importanti nevicata alternate a giornate di tempo buono caratterizzate anche da molto vento (Fig. 3c).

Il 26 e il 29 novembre nevicata fino a bassa quota (25 cm a San Zeno q. 590 m, 5 cm a Belluno q. 383 m).

Sabato 27 il cielo è sereno ma spira un forte vento da NE nelle Alpi orientali con notevole trasporto eolico in quota.

Alla fine del mese di novembre in molte località delle Alpi gli spessori della neve in quota sono pari ai valori medi massimi misurati negli ultimi 30 anni.

Dicembre

Da lunedì 6 dicembre inizia un graduale aumento delle temperature con il limite della pioggia in graduale innalzamento fino a raggiungere i 2400 m di quota il giorno 9 dicembre. Gli apporti nevosi sono di 5- 15 cm su gran parte dell'arco alpino.

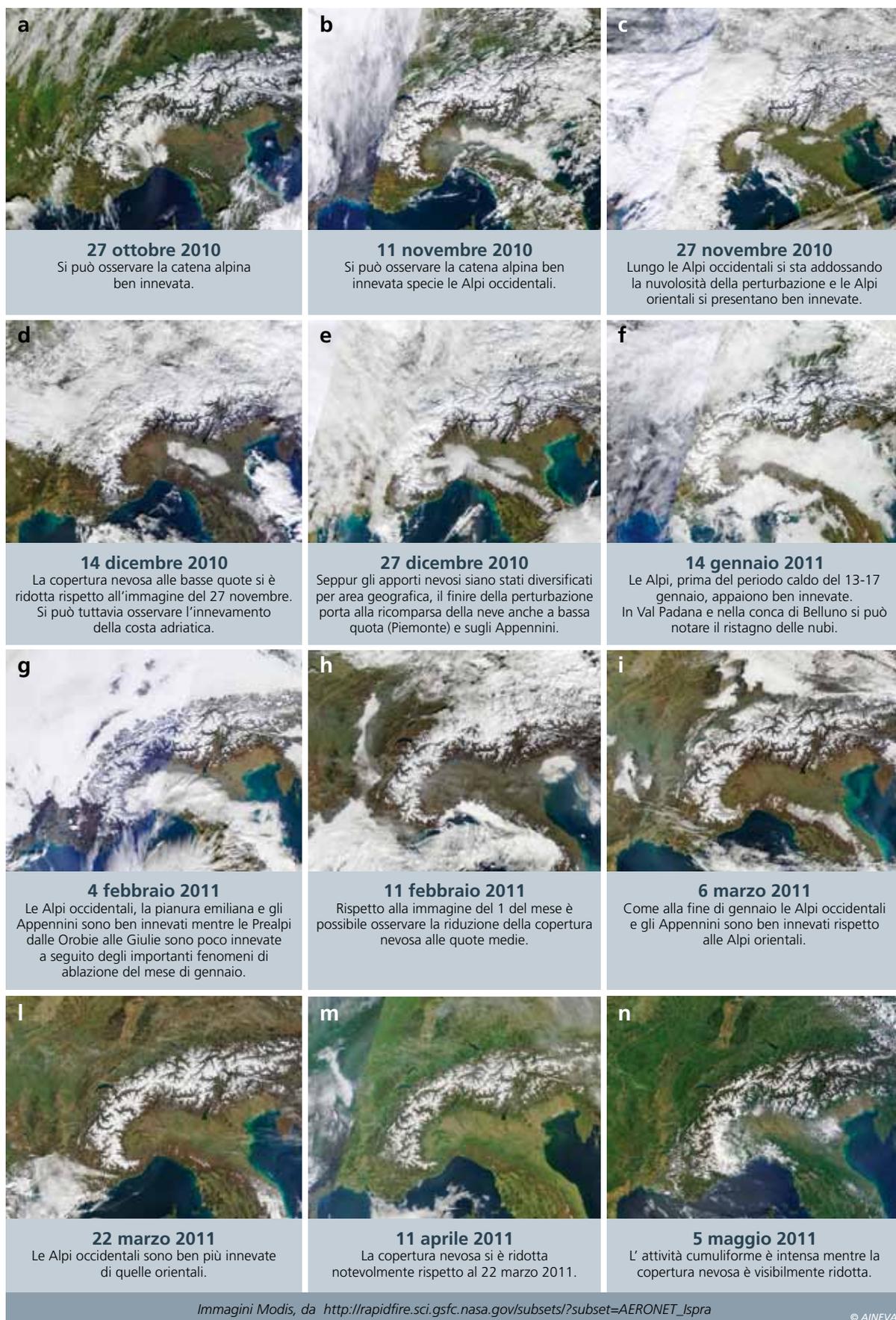
In Valle d'Aosta, nelle zone lungo la cresta di confine, gli apporti di neve fresca sono maggiori e raggiungono in molte località i 50-65 cm (Valgrisenche, Tsignanaz, Placés Moulin). Il clima è temporaneamente umido e il manto nevoso subisce un generale riscaldamento. La struttura del manto nevoso in questo periodo è caratterizzata dagli strati basali consolidati e formanti uno zoccolo duro da rigelo (MFcr), singoli strati dove sono presenti residui grani da ricostruzione cinetica (FC e RGxf) e molte croste da pioggia (IFrc).

Il 15 dicembre le temperature si abbassano di nuovo e nevicata lungo la costa adriatica con notevoli disagi alla viabilità (Fig. 3d).

Fra il 17 e il 19 dicembre si verifica un importante episodio nivologico non tanto per gli apporti nevosi (10-30 cm), ma perché la neve arriva non solo fino in pianura Padana, ma anche a bassa quota lungo l'Appennino. La viabilità in Toscana diventa critica con Firenze e Siena bloccate per neve. Anche la costa adriatica è in difficoltà e nevicata a Roma. Tutta l'Europa è sotto la neve (Parigi, Londra, Berlino) con notevoli disagi agli aeroporti e alla viabilità.

Fig. 2

Fig. 3



In questo periodo il metamorfismo da gradiente di temperatura è molto attivo sia negli strati superficiali che in profondità. Dal 21 al 26 dicembre si verifica un nuovo

importante e intenso episodio perturbato su tutto l'arco alpino. Le nevicate interessano un po' tutte le Alpi con apporti molto variabili (maggio-

ri in alcune valli della Valle d'Aosta) ma anche con pioggia fin oltre i 2000 m di quota nelle giornate del 22 e del 23 dicembre (Fig. 3e).

Poi segue un marcato e deciso abbassamento delle temperature con la formazione di strati di brina di superficie (SH). A fine dicembre, nelle Alpi centrali e orientali, lo spessore del manto nevoso è più del doppio, rispetto ai valori medi di riferimento, sia in quota che a fondovalle. Nelle Alpi occidentali gli spessori sono pressoché nella norma.

Gennaio

Il mese di gennaio inizia con un temporaneo forte abbassamento delle temperature con valori medi prossimi ai minimi storici per il periodo.

L'episodio perturbato del 6 - 11 gennaio, con piogge fino in quota, interessa soprattutto le Alpi centrali e orientali mentre non si hanno segnalazioni di pioggia nelle Alpi occidentali. Gli apporti nevosi sono maggiori il 10 e l'11 gennaio in Piemonte e in Friuli Venezia Giulia (Passo Pramollo, Funivia Gilberti) con 10-25 cm di neve fresca mentre gli altri giorni gli apporti sono sempre contenuti in 5-10 cm di neve fresca (Fig. 3f). Seguono poi alcune giornate con temperature molto miti ma dal 18 gennaio in poi le temperature diminuiscono ancora in modo deciso. Il tempo migliora sulle Alpi mentre alcune nevicate interessano gli Appennini. In generale in questo periodo il metamorfismo costruttivo è attivo e nel manto nevoso si sviluppano molti strati di cristalli sfaccettati (FC). Fra il 29 e il 31 gennaio nevica abbondantemente nelle Alpi occidentali e sugli Appennini con apporti di 20-40 cm di neve in poche ore. La gara di sci di Coppa del Mondo al Sestriere viene annullata, nevica a Bologna dove anche la partita di calcio viene rinviata, nevica anche a Genova mentre nelle Alpi orientali il tempo è buono con cielo sereno (Fig. 3g).

Febbraio

La prima quindicina del mese di febbraio è caratterizzata dal bel tempo senza precipitazioni e da elevate temperature che favoriscono l'ablazione del manto nevoso lungo i versanti meridionali a tutte le quote (Fig. 3h). Nelle Alpi orientali il 7 di febbraio le temperature medie giornaliere

sono di +3°C a 2600 m di quota, di +6/+7°C a 2200 m e di +8/+10°C a 1600 m nella fascia prealpina. Fra il 15 e il 17 di febbraio una nuova perturbazione interessa tutte le Alpi. Nevica prima nelle Alpi occidentali e poi il 16- 17 in quelle orientali con neve fino a bassa quota. Il 20 una debole perturbazione interessa ancora le Alpi con deboli apporti (10 cm in Valle d'Aosta). Lunedì 28 febbraio nevica ancora, specie nelle Alpi orientali dove i cumuli di neve fresca sono molto variabili in relazione alla disposizione orografica delle valli: maggiori nelle valli disposte lungo l'asse W- E, minori in quelle in direzione N-S.

Marzo

Nei primi giorni di marzo nevica abbondantemente nelle Alpi Marittime, Cozie e Grazie e, in generale, in tutto il settore occidentale rispetto al resto delle Alpi.

Nevica anche lungo gli Appennini con alcuni disagi alla viabilità (Fig. 3i).

Fra domenica 13 marzo e venerdì 18 marzo un intenso episodio interessa tutte le Alpi determinando il più importante periodo di attività valanghiva della stagione invernale. Il tempo inizia a cambiare già il 12 con pioggia fino in quota che poi continua in modo insistente sulle Alpi orientali anche il 13 marzo fino a 2200 m di quota.

Nelle Alpi occidentali non viene segnalata pioggia sulle stazioni in quota; nevica abbondantemente e i maggiori apporti nevosi vengono misurati nelle Alpi Marittime e Cozie. Fra il 14 e il 16 di marzo il manto nevoso subisce un rapido riscaldamento con condizioni di isotermità.

Nelle Alpi orientali il limite pioggia / neve varia molto spesso. Nella fascia altimetrica fra i 1800 e i 2200 m di quota, dove gli apporti di neve sono consistenti come anche l'inumidimento della neve a causa del variare del limite della pioggia/neve, diventa molto critica la situazione per un manto nevoso debolmente consolidato. In questa fascia altimetrica si verificano molti distacchi di grandi valanghe che arrivano fino a fondovalle. Nelle Alpi occidentali il limite pioggia/neve rimane più basso di quota e gli apporti di neve fresca sono maggiori. Nelle Alpi Marittime si rag-

giungono condizioni di criticità valanghe elevate con la necessità di evacuazione di alcuni hotel a Limone Piemonte. Le condizioni di criticità del manto nevoso sono dovute alla presenza di vecchi strati di brina sepolti in profondità (SH) e anche in modo maggiore alla presenza di strati di cristalli sfaccettati (FC) che si sono formati nei periodi di freddo di dicembre e fine gennaio. Questi strati caricati dalle precipitazioni degli inizi di marzo prima, dalla neve del 12-13, indeboliti dal riscaldamento del 14-16 e appesantiti poi dalle nuove precipitazioni di neve a bassa coesione e poco consolidata a causa delle miti temperature e/o della pioggia, hanno ceduto generando grandi valanghe prevalentemente di superficie. Domenica 20 il tempo migliora con un temporaneo abbassamento delle temperature e consolidamento del manto nevoso. Dal 21 in poi le temperature aumentano in modo deciso determinando la rapida fusione e scomparsa del manto nevoso lungo i pendii nei quali non era più presente il manto nevoso invernale prima delle nevicate di marzo (Fig. 3l).

Aprile

Il mese di aprile è stato caratterizzato dalla generale scarsità di precipitazioni nevose alle quote medio-basse e da alcuni episodi (specie a fine mese) con deboli apporti di neve in quota. Dall'1 al 10 di Aprile nelle Dolomiti gli spessori diminuiscono di 25 cm a 2600 m, di 33-55 cm a 2200 m di quota e nelle Prealpi di 50-70 cm. L'ablazione è forte con anche 12-15 cm al giorno nelle giornate più miti (Fig.3m).

Maggio

La prima quindicina del mese di maggio è stata caratterizzata ancora da intensi fenomeni di fusione del manto nevoso a tutte le quote ed esposizioni (Fig. 3n). Dopo alcuni brevi e deboli episodi nevosi nei primi giorni di maggio, il giorno 15 una intensa e veloce perturbazione determina la ricomparsa della neve fino alle quote medie. Neve ancora anche il 28 maggio con temporanea ricomparsa della neve localmente fino a 1300- 1400 m.

TEMPERATURA DELL'ARIA

Sull'arco alpino italiano la stagione invernale (da dicembre ad aprile compreso - DJFMA) è stata di +1,2°C più mite rispetto al valore medio di riferimento del trentennio 1961- 90 (Fig. 4).

La stagione è stata la 5^a più mite dal 1990 ad oggi. Questo valore particolarmente mite è dato soprattutto dalle temperature di marzo e aprile (MA) in quanto il periodo tipicamente invernale, da dicembre a febbraio, è risultato solo di pochi decimi di grado (+0.3°C) più caldo.

Nel periodo marzo - aprile le temperature sono state particolarmente miti (+2,5°C sulle Alpi italiane) seconde solo al 2007 negli ultimi 50 anni.

La stagione invernale è stata caratterizzata da frequenti periodi con temperature

inferiori ai valori medi, specie in autunno ma anche a febbraio, alternati a periodi miti con temperature anche positive (prima decade del mese di febbraio). Nei periodi caratterizzati da temperature inferiori alla media il metamorfismo da crescita cinetica nel manto nevoso è sempre stato attivo con formazione di cristalli sfaccettati (FC), mentre nei periodi miti, coincidenti in alcuni episodi con avvezioni calde perturbate con pioggia fino in quota, sono stati dominanti gli episodi di fusione del manto nevoso alle basse quote e lungo i versanti al sole.

Le temperature miti di marzo e aprile (Fig. 5) associate alla scarsità di precipitazione, hanno favorito la rapida fusione del manto nevoso a tutte le quote determinando la scomparsa anticipata della neve di 1-2 settimane.

NEVOSITÀ DELLA STAGIONE INVERNALE

Neve fresca

Il valore del cumulo stagionale di neve fresca della stagione invernale, espresso come Indice di Anomalia (SAI Index) e calcolato per tutto l'Arco Alpino Italiano (Fig. 6) evidenzia una stagione con una nevosità nella media.

Singolarmente la parte occidentale delle Alpi (Fig. 7a) è risultata meno nevosa del settore centrale e occidentale con un valore che si avvicina alle stagioni 2000 e 1957. Le minor precipitazioni di inizio inverno rispetto agli altri settori, mitigate solo dalle abbondanti precipitazioni del mese di marzo, hanno determinato il valore basso.

Per quanto riguarda il settore centrale delle Alpi italiane (dal Lago Maggiore fino al fiume Adige) (Fig. 7b) il valore leggermente positivo è al settimo posto per nevosità dal 2000, preceduto di poco dall'inverno del 1991.

Anche nelle Alpi orientali il valore del SAI Index è leggermente positivo e sull'ordine di grandezza degli inverni del 1991 e del 2001 (Fig. 7c).

Il SAI Index calcolato per la neve fresca, è un buon indice per effettuare confronti su lunghe serie storiche e per avere un'indicazione dell'andamento globale della stagione invernale. Le peculiarità nevose della stagione invernale 2011 sono invece meglio evidenziate analizzando la distribuzione mensile della precipitazione nevosa.

Distribuzione mensile della precipitazione nevosa

Per i tre grandi settori delle alpi, sono stati raggruppati i valori di precipitazione nevosa mensile rispettivamente di 25 stazioni delle Alpi occidentali e orientali e di 20 stazioni per le Alpi centrali a diverse quote. È stato calcolato lo scarto medio mensile rispetto ai valori di riferimento per il periodo 1975- 2009. I risultati sono riportati in Fig. 8.

Su tutto l'arco alpino i mesi di novembre e dicembre sono stati particolarmente

Fig. 4



Fig. 5

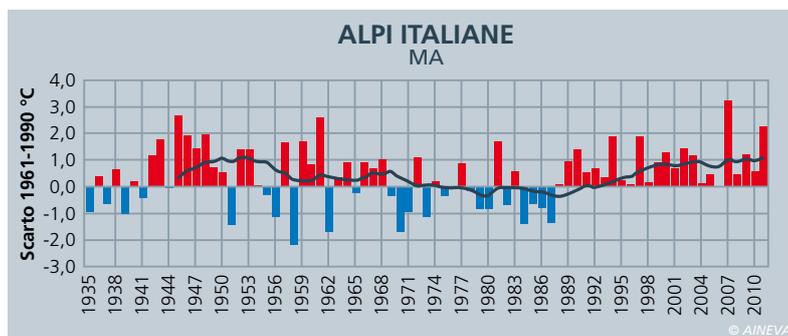
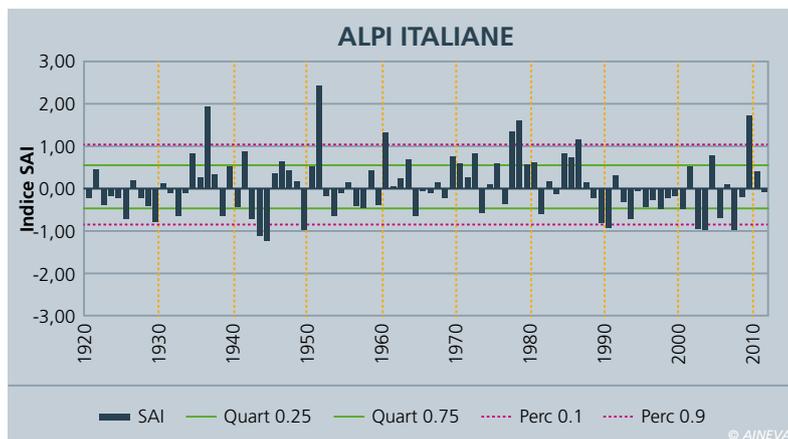


Fig. 6



nevosi (meno nelle Alpi occidentali), gennaio con poca neve fresca su tutte le Alpi, e febbraio meno nevoso nelle Alpi occidentali e relativamente più nevoso in quelle orientali. Nel mese di febbraio le precipitazioni abbondanti sono iniziate dopo la metà, mentre la prima metà del mese ha ricalcato l'andamento di gennaio. Il mese di marzo è stato particolarmente nevoso nelle Alpi occidentali e meno verso quelli orientali, mentre aprile è stato ovunque scarso di precipitazioni nevose.

Spessore della neve al suolo

L'evoluzione degli spessori del manto nevoso al suolo, rispecchia l'andamento delle precipitazioni nevose e dei lunghi periodi secchi. All'inizio dell'inverno la neve al suolo ha spessori nella media o leggermente superiori in relazione all'intensità delle nevicate, poi permane un lungo periodo, dalla prima decade del mese di dicembre alla seconda di febbraio, di stazionarietà degli spessori, salvo temporanei incrementi in occasione delle singole nevicate. Nella seconda metà del mese di febbraio e poi a marzo il manto nevoso incrementa i suoi spessori pur rimanendo in generale con valori medi mensili inferiori alla media. I valori di altezza massima della neve al suolo vengono generalmente raggiunti nella prima decade del mese di dicembre nelle Alpi orientali e nella seconda e terza decade di marzo nelle Alpi occidentali. (Fig. 9 a,b,c,d).

Durata del manto nevoso al suolo

Il manto nevoso, comparso già alla fine di ottobre, è rapidamente scomparso in primavera a causa di un'accelerata ablazione.

La durata del manto nevoso, nel periodo dicembre - aprile (DJFMA), è stata mediamente di 106 giorni nella fascia altimetrica fra gli 800 e i 1600 m di quota, 4 giorni in meno rispetto alla media 1961-90 (110) e ben 7 giorni in più rispetto alla media 2000-2009 (99 giornate).

I giorni di permanenza della neve al suolo sono stati positivamente condizionati

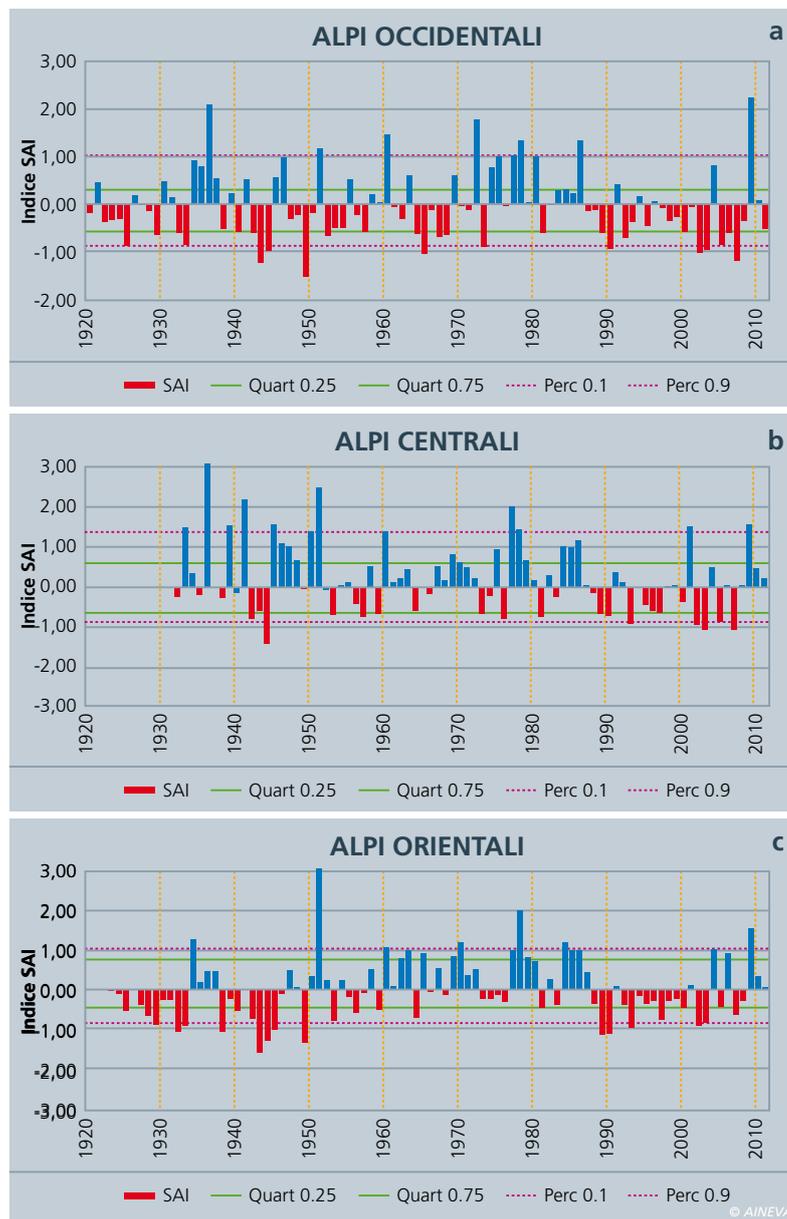


Fig. 7

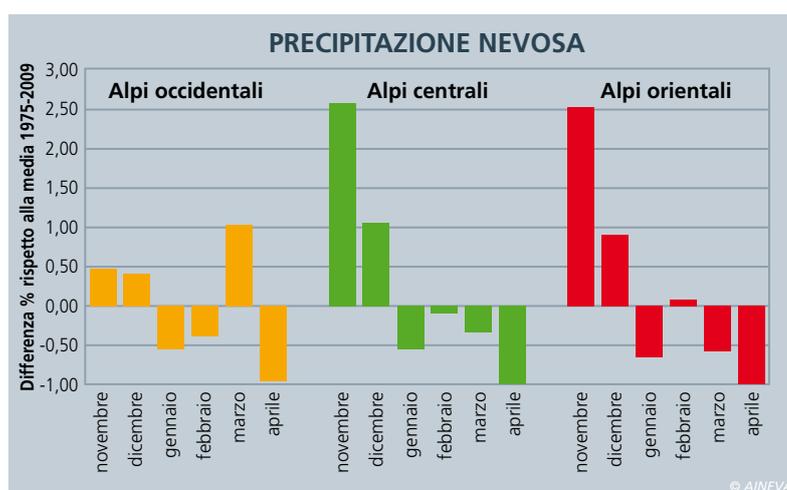


Fig. 8

dalle nevicate di dicembre. Oltre i 1600 m di quota, la durata del manto nevoso è stata mediamente di 142 giorni nel periodo DJFMA, 3 giorni in meno rispetto alla media 1961-90 e 1 giorno in più

rispetto alla media 2000-2009. Tuttavia, nel periodo marzo - aprile, la neve è scomparsa, in seguito agli spessori del manto nevoso inferiori alla media, alle poche precipitazioni nel mese di aprile e

Fig. 9

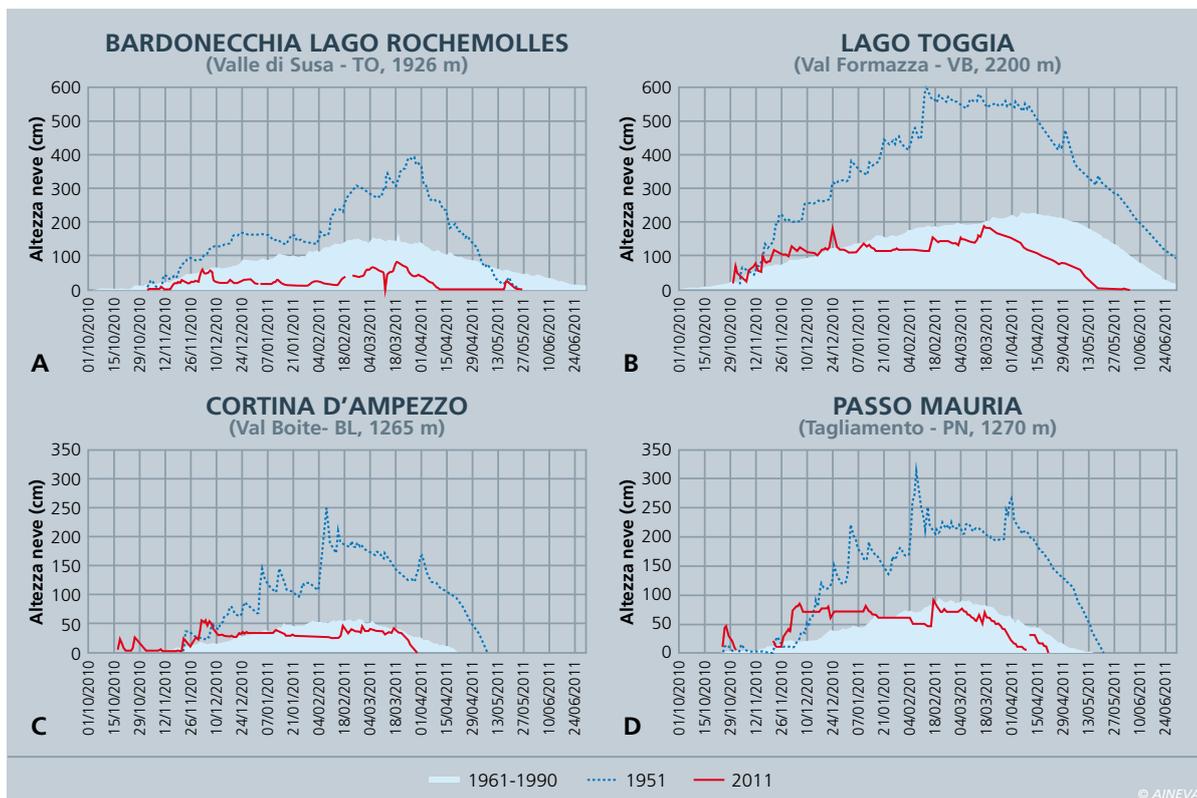


Fig. 10

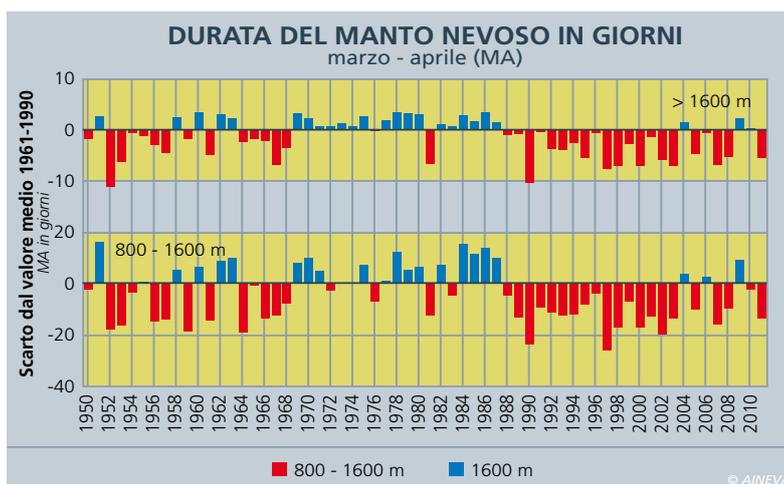
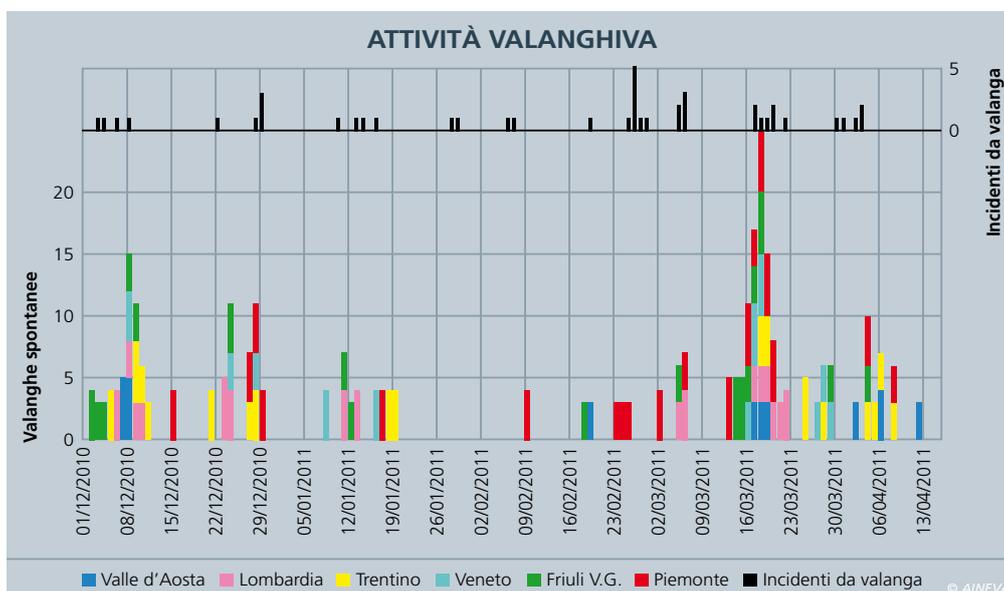


Fig. 11



soprattutto delle temperature che sono state particolarmente miti, +2,5°C sulle Alpi italiane. La scomparsa anticipata del manto nevoso è di 1 settimana oltre i 1600 m e di 2 settimane fra gli 800 e i 1600 m di quota (Fig. 10).

RISORSA NIVALE

Come ripetutamente evidenziato nei capitoli precedenti, le miti temperature dei mesi primaverili e le precipitazioni nevose inferiori alla media, hanno contribuito alla rapida riduzione di estensione e degli spessori del manto nevoso.

Ad esempio nelle Dolomiti, nei primi 15 giorni del mese di aprile, l'ablazione ha determinato la riduzione media di circa il 40% della risorsa idrica nivale con punte, rispetto all'inizio del mese del 80% nella fascia altimetrica fra i 1000 e i 1500 m, del 55% fra i 1500 e i 2000 m del 15-30% alle quote superiori.

ATTIVITÀ VALANGHIVA NATURALE

Attività valanghiva nelle Alpi

Sull'arco alpino meridionale gli episodi con un'intensa attività valanghiva spontanea, caratterizzata da singole o grandi

valanghe e da valanghe di medie dimensioni, sono stati concentrati durante 3 episodi perturbati (Fig. 11):

- 1-10 dicembre 2010
- 23- 29 dicembre 2010
- 13- 22 marzo 2011

e in occasione di 3 importanti rialzi termici:

- 11- 19 gennaio 2011
- 25- 29 marzo 2011
- 4 -8 aprile 2011.

In Fig. 11, sulla base dei dati del MOD 1-ALNEVA di diverse stazioni dell'arco alpino, sono state sommate le giornate con molte valanghe di medie dimensioni (valore nel grafico 3), singole grandi valanghe (4), molte grandi valanghe (5). Per ogni regione è stato espresso il valore massimo osservato. Il grafico evidenzia bene i periodi di maggior attività valanghiva (esempio marzo) e i periodi con un'attività valanghiva ridotta o assente, come ad esempio fra gennaio e febbraio, quando anche il pericolo di valanghe è rimasto per molte giornate sul grado debole (1). Nel grafico sono riportati anche il numero giornaliero di incidenti da valanga avvenuti su tutto l'arco alpino italiano per singola giornata. Come si può notare ad alcuni periodi con numerosi incidenti (26-29 febbraio) non è corrisposta un'altrettanta intensa attività valanghiva spontanea. In particolare nell'episodio di fine febbraio è stato determinante il vento.

GRADO DI PERICOLO VALANGHE

Sull'arco alpino italiano, nella stagione invernale 2010-2011, il grado di pericolo maggiormente utilizzato, nelle 47 micro-aree climatiche dal punto di vista nivologico delle Alpi Italiane, è stato il moderato (2) (Fig. 12). Il grado di pericolo forte (4) è stato utilizzato nella prima e terza decade del mese di dicembre e nelle prime due decadi del mese di marzo. Le prime due decadi del mese di gennaio sono state invece caratterizzate da un grado moderato (2) a cui è seguito un mese dove il grado debole (1) è stato il maggiormente utilizzato. Dalla terza decade di febbraio alle prime due di marzo è stato maggior-

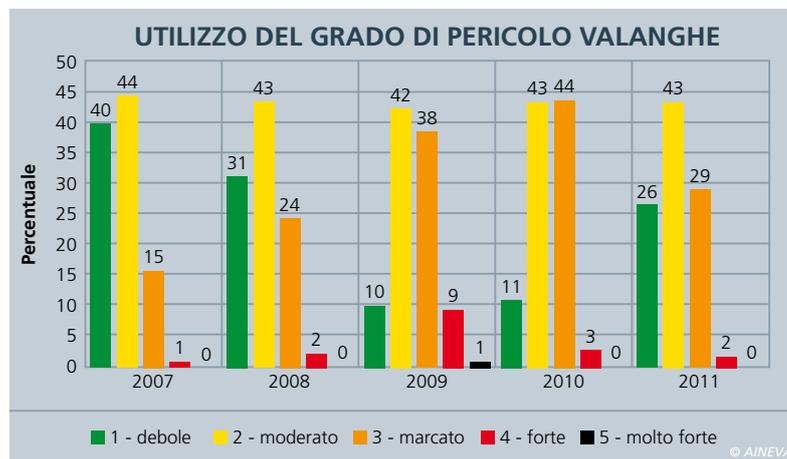


Fig. 12

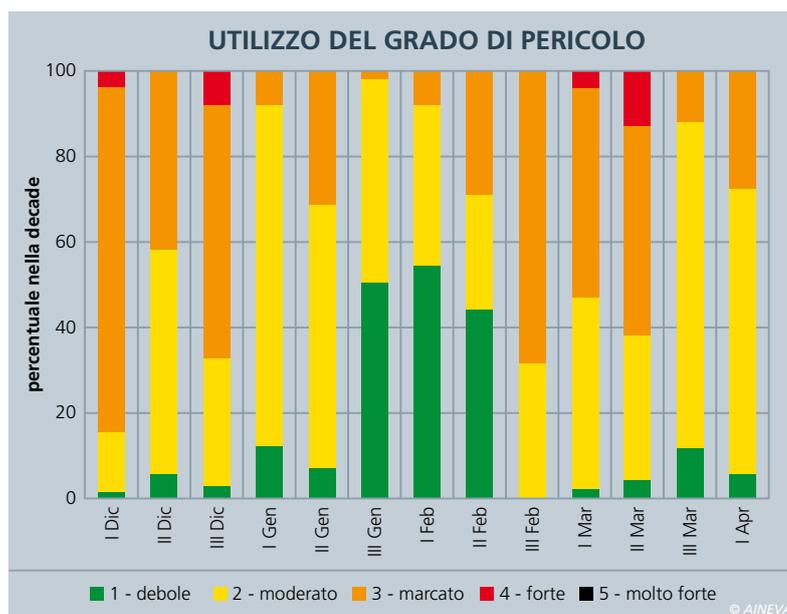


Fig. 13

mente utilizzato ancora il marcato (3) e poi il moderato (2) fino alla prima decade di aprile (Fig. 13).

INCIDENTI DA VALANGA SULLE ALPI

Sulle Alpi la stagione invernale 2010-2011, dopo la drammatica stagione 2009-2010 con 148 vittime, è stata caratterizzata da 75 vittime da valanga, meno della media degli ultimi 25 anni (Fig. 14) (i dati comprendono i Pirenei francesi e gli Appennini). In Francia le vittime sono state 29, in Svizzera 26, in Italia 17, numeri che sono nella media, mentre in Austria le vittime sono state, per fortuna, solamente 3 (1 in Tirolo, Salzburg e Voralberg). Il maggior numero di vittime è stato riscontrato fra gli sci alpinisti (40) e fra sciatori fuori pista (18). In Italia, fra Alpi e Appennini, le vittime da valanga sono state in tutto 17,



Fig. 14

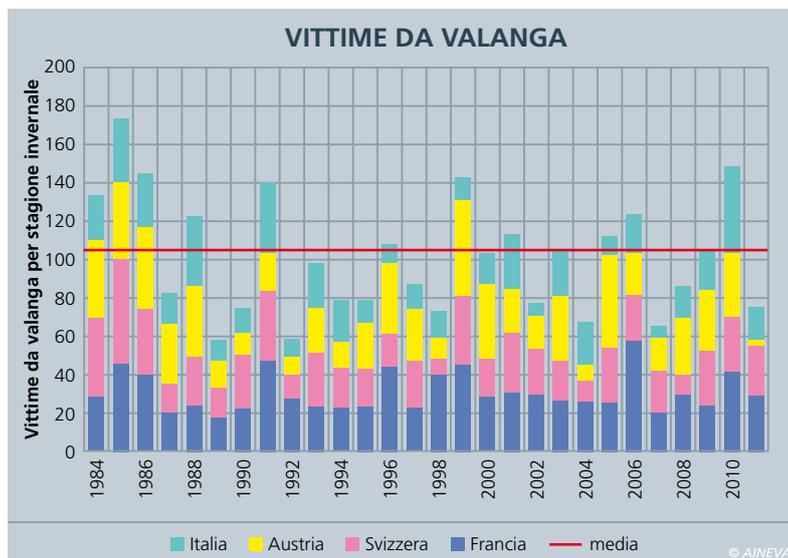
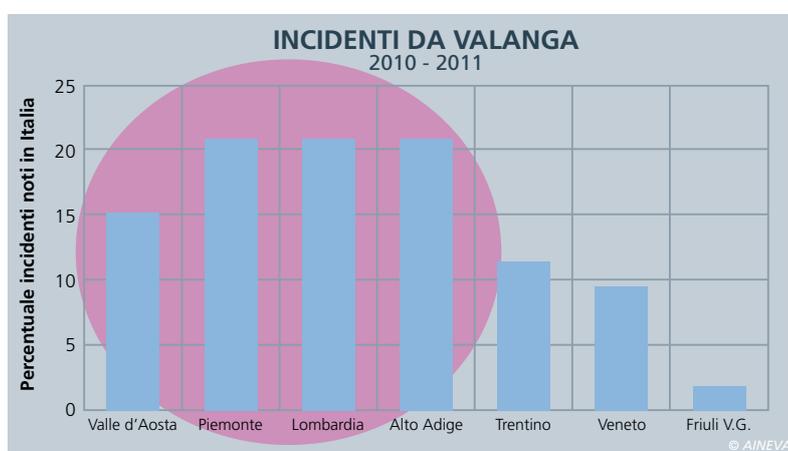


Fig. 15



la maggior parte fra escursionisti con racchette da neve (5) e gli sciatori fuori pista (6). Come gli altri anni il maggior numero di incidenti è avvenuto nel fine settimana. Se nella precedente stagione invernale il maggior numero di incidenti era avvenuto nelle Alpi orientali, in questa stagione invece è avvenuto nelle Alpi occidentali (Fig. 15). L'incidenza del settore occidentale nel numero di incidenti è soprattutto nel mese di marzo, quando le nevicate sono state più intense rispetto alle Alpi orientali (Fig. 16).

I periodi con più incidenti da valanga sono:

- 29 dicembre, 3 incidenti (2 Lombardia, 1 Trentino);
- 26 febbraio con 7 incidenti (1 Trentino, 2 Lombardia, Alto Adige e Veneto);
- 5 - 6 marzo con 5 incidenti (4 Piemonte, 1 Veneto);
- 17 - 20 marzo con 6 incidenti (2 Piemonte e Alto Adige, 1 Lombardia e Friuli V.G.);
- 2 - 3 aprile con 3 incidenti (2 Valle d'Aosta, 1 Alto Adige).

Il maggior numero di incidenti è avvenuto con il grado di pericolo marcato (3) (Fig. 17).

Siti consultati:

www.aineva.it
www.ikar-cisa.it
<http://marcopifferetti.altervista.org/>

Si ringrazia per la collaborazione:

C.V.A. S.p.A. Compagnia Valdostana delle Acque, Direzione Dighe, Bacini, Traverso, Condotte - Linea Sicurezza Opere Idrauliche Via Stazione, 30 - 11024 Châtillon (AO).

Enel S.p.A. - Divisione Generazione e Energy Management - Area Energie Rinnovabili - Ingegneria Civile Idraulica. Unità di Idrologia .Via Torino 14 - 30172 Mestre Venezia Regione Autonoma Valle d'Aosta. Direzione assetto idrogeologico dei bacini montani. Ufficio neve e valanghe. Aosta

Igor Chiambretti, AINEVA, Vicolo dell'Adige, 18 Trento

Marco Cordola, Maira Cristina Prola, Elena Turroni, Berteola. ARPA Piemonte, Area, Previsione e Monitoraggio Ambientale. C.so Unione Sovietica, 216, 10134 Torino

Paola Dellavedova, Stefano Pivot, Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche, Direzione Tutela del Territorio - Ufficio Neve

e Valanghe, Località Amérique, 33/a, 11020 Quart (AO) Alfredo Praolini, Flavio Berbenni, ARPA Lombardia, Centro Nivometeorologico, Via Monte Confinale, 9, 23032 Bormio (SO)

Gianluca Tognoni, Provincia Autonoma di Trento, Dipartimento Protezione Civile, Ufficio Previsioni e Organizzazione, Via Vannetti, 41, 38100 Trento

Fabio Gheser, Elisabeth Berger, Rudy Nadalet, Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione Valanghe e Servizio Meteorologico, Via Mendola, 33, 39100 Bolzano

Daniele Moro, Luciano Lizzero, Gabriele Amadori Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, D.C.R.A.N.F.M Servizio Territorio Rurale e Irrigazione, 33100 Udine

Giuseppe Crepez, Renato Zasso, Anselmo Cagnati, Bruno Renon, Andrea Crepez, Gianni Marigo, Robert Thierry Luciani ARPA Veneto, DRST Centro Valanghe di Arabba, Via Arabba - Pradat, 5, 32020 Livinallongo del Col di Lana (BL) Gianmarco Eggiatti. Veneto, DRST- U.O. Rete Idrografica Regionale Mestre (VE)

Marco Pifferetti, Albinea, Reggio Emilia

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

Bibliografia

- Cagnati A. (2003). Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.
- Giuffrida A. e M.Conte. (1989). Variations climatiques en Italie: tendencies des temperatures et des precipitations. Publ. Ass. Int. Climatologie, 2. 209-216.
- Mercalli L., D.Cat Berro, S.Montuschi, C.Castellano, M.Ratti, G. Di Napoli, G.Mortara e N.Guindani. (2003) Atlante climatico della Valle d'Aosta. Regione Autonoma Valle d'Aosta. Aosta, 405 pp.
- Mercalli L., Cat Berro D. (2006) - Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese. SMS, Bussoleno. 756 + XII pp.
- Valt (2009). Gli incidenti da valanga in Italia. Neve e Valanghe, 68, pag.
- Valt M. e Cianfarra P. (2009). Lo straordinario inverno del 2009. Neve e Valanghe, n. 67: 4- 15
- Valt M. e Cianfarra P. (2010). Recent snow cover variations and avalanche activities in the Southern Alps. Cold Regions Science and Technology Volume 64, Issue 2, November 2010, Pages 146-157.

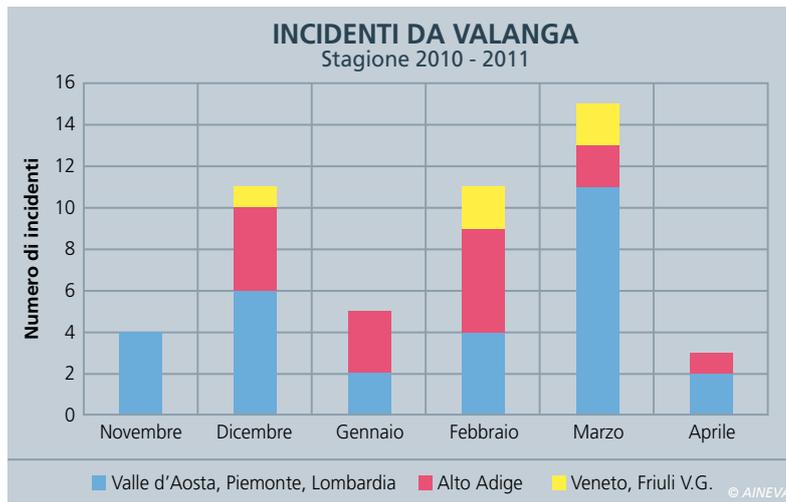


Fig. 16

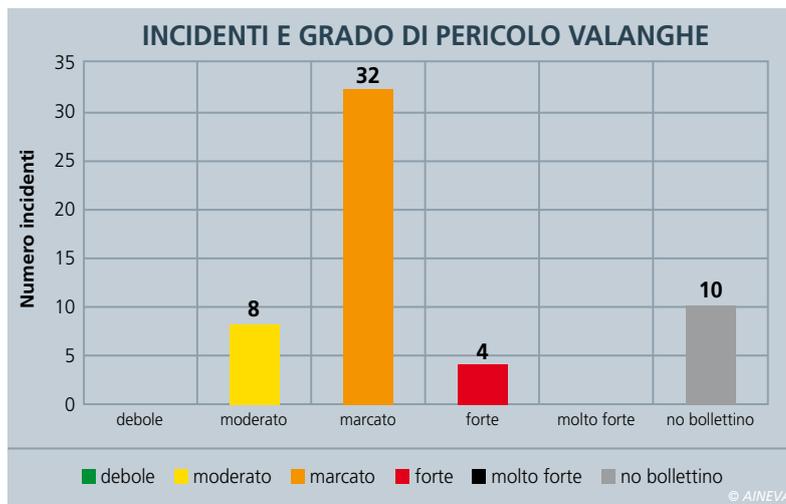


Fig. 17



CISA IKAR 2011

Stefano Pivot
Ufficio Neve e Valanghe
Direzione assetto idrogeologico
dei bacini montani
Regione Autonoma Valle d'Aosta

L'annuale congresso della commissione internazionale del soccorso alpino CISA-
IKAR si è svolto in Svezia ad Åre, stazione sciistica che ha ospitato i campionati
del mondo di sci alpino nel 2007.

Anche quest'anno erano presenti numerosi specialisti del soccorso alpino prove-
nienti da 41 nazioni di tutto il mondo; l'organizzazione italiana F.I.S.P.S. (Federa-
zione Italiana Sicurezza Piste Sci) aveva proposto la sua candidatura che purtroppo
è stata respinta, in quanto non era presente alcun rappresentante.



PREVENZIONE NEGLI INCIDENTI IN VALANGA

È stata uno dei temi principali del convegno, incentivata dal numero record di morti in valanga della stagione 2009/2010. Alcuni paesi hanno descritto la loro organizzazione, evidenziando gli aspetti positivi e negativi.

CANADA: L'Executive Director Ian Tom della Canadian Avalanche Association e del Canadian Avalanche Center ha presentato il loro sistema che tiene conto di un territorio decisamente vasto, con una popolazione sparsa e delle limitate risorse finanziarie. L'ottima organizzazione canadese ha origini da un incidente accaduto nella British Columbia, presso il Roger pass, il 1° febbraio 2003 in cui morirono sotto una valanga 7 studenti di una scuola privata di Alberta. L'incidente ha suscitato una vasta eco mediatica ed un forte sentimento popolare, così gli addetti ai lavori si sono chiesti "perché è successo" e "come è potuto accadere". In risposta, si è notato che il bollettino neve e valanghe era troppo tecnico e teorico; sarebbe quindi stato utile rivederlo, migliorando il linguaggio, semplificando gli avvisi di pericolo, per esempio inserendo alcune icone (esempio: <http://www.avalanche.ca/cac/bulletins/latest/south-rockies>), stratificando le informazioni su più livelli e diffondendo una versione per i mass media. Inoltre sarebbe stato utile indicare l'esposizione al rischio valanghe dei maggiori itinerari sci escursionistici durante la stagione invernale.

L'onda emotiva popolare ha "aperto i cordoni della borsa", permettendo di

ottenere fondi pubblici che sono stati utilizzati, tra l'altro, per rivedere completamente la struttura formativa, per esempio creando corsi differenti in base al pubblico di riferimento, suddiviso in 4 livelli: unaware "ignari", aware "consapevoli", experts "esperti" e professionals "professionisti".

Il Bilancio attuale è estremamente positivo, tanto che attualmente nel campo dell'educazione il Canada è uno dei leader mondiali.

SVIZZERA: La guida alpina Lukas Durr dell'SLF di Davos ha presentato il sistema educativo svizzero in campo valanghivo. Si occupano dell'educazione: l'istituto SLF, in collaborazione con un apposito team formato da tutti i rappresentanti delle principali organizzazioni che si occupano di formazione nel campo delle valanghe ed alcune organizzazioni private (es. guide alpine). L'offerta formativa è molto ampia e comprende alcuni prodotti che seguono le innovazioni tecnologiche, quali white risk mobile http://www.slf.ch/dienstleistungen/medien/medienmitteilungen_09/white_risk_mobile/index_FR#) disponibile per gli smartphone.

L'SLF proporrà nel 2013 un nuovo bollettino neve e valanghe con una struttura piramidale (vedi foto sotto) ed un design migliorato che tiene conto delle nuove tecnologie (Internet, Smartphone).

Infine l'SLF sta studiando l'approccio migliore per poter comunicare efficacemente con le persone che dovrebbero essere interessate alla lettura del bollettino, ma che per ora non lo fanno: i maschi con meno di 25 anni. Sicuramente bisognerà utilizzare le nuove forme di comunicazioni giovanili; ci si sta quindi chiedendo se l'utilizzo dei Social media, quale Facebook, possa essere utile per raggiungere l'obiettivo e quale sia l'impegno richiesto.

FRANCIA: Frédéric Jarry dell'ANENA ha presentato le proposte francesi nell'ambito della prevenzione; in particolare ha illustrato gli stage "Neve e sicurezza", che riscuotono un notevole successo, ed i corsi più recenti "Seguire una trac-

cia" e "Fare la propria traccia" (<http://www.ana.org/>) gestiti dall'ANENA in collaborazione con le guide alpine. Per poter prevenire, bisogna innanzitutto conoscere, ed ecco che l'ANENA fa una panoramica globale. Il numero di vittime è ormai stabile nel tempo, nonostante il costante aumento di utenti della montagna invernale: questo risultato fornisce un riscontro positivo delle misure di prevenzione messe in atto, unitamente ad un soccorso alpino sempre più efficiente. Gli sciatori stranieri sono il 25% del totale degli sciatori in Francia; questa cifra sale al 30% se analizziamo il solo fuoripista. Analizzando gli ultimi 11 anni, si vede che in Francia il profilo dello sci alpinista vittima di valanga è il seguente:

- 83% maschio
- 57% >40 anni; 18% < 30 anni
- 88% nazionalità francese
- 73% valligiani (francesi che abitano in montagna)
- 77% dei sepolti sono dotati di ARTVA (50% nel periodo 1990-2000)

In generale gli sci alpinisti sembrano più ricettivi ai messaggi di prevenzione, sono sempre meglio attrezzati ed allenati.

Il profilo del freerider vittima di valanga è il seguente:

- 92% maschio
- 47% <30 anni; 32% > 40 anni
- 69% nazionalità francese
- 63% valligiani
- 43% dei sepolti sono dotati di ARTVA (33% nel periodo 1990-2000)

In generale gli sciatori fuoripista sono meno ricettivi ai messaggi di prevenzione e molto più eterogenei. I più giovani, grazie alle abilità sciistiche, passano direttamente allo scialpinismo, senza però cercare di imparare le regole base dello scialpinismo. Infine si è notato che spesso i giovani sono attrezzati (ARTVA, casco, ecc.) non tanto perché pensano che sia utile alla sicurezza, ma piuttosto perché l'attrezzatura è "cool", fa immagine. L'ANENA, per portare un efficace messaggio di prevenzione ai giovani, ha stipulato una collaborazione con la facoltà di psicologia di Grenoble, grazie



a Mathilde Gletty che studierà il comportamento degli sciatori dai 15 ai 25 anni che praticano il fuoripista e le varianti estreme del freeride. I primi risultati indicano che:

- i giovani freeriders sono motivati dalla ricerca della "powder" e non dalla voglia di infrangere la legge;
- prendono le loro decisioni in base alla qualità e quantità della neve;
- più sono allenati con l'ARTVA e più pensano di avere sotto controllo il rischio valanghe.

Infine l'ANENA girerà un video sul fuoripista in cui gli attori protagonisti, che dovranno veicolare il messaggio educativo, saranno dei freeriders professionisti ovvero gli idoli del pubblico giovanile destinatario principale. Il video sarà inserito nel sito web www.Skipass.com che conta 1,5 milioni di visitatori al mese.

SVEZIA: i padroni di casa hanno presentato il National Environmental Protection Agency Mountain Safety Council ovvero un organismo nato nel lontano 1976 che riunisce e coordina ben 27 organizzazioni. I programmi educativi principali, in campo valanghivo, sono rivolti ai loro fruitori principali ovvero gli amanti delle motoslitte; attualmente in Svezia vi sono più di 150.000 motoslitte.

COMMISSIONE VALANGHE

I lavori della commissione valanghe, presieduta da Hans-Jürg Etter del SLF Davos, sono iniziati con la presentazione dei nuovi delegati (Air Glacier Svizzera, SLF Davos, Mountain Rescue Service del Liechtenstein, M. R. Slovacchia, M. R. Repubblica Ceca, Snowbird Skipatroller and Backcountry dello Utah) che ben raffigurano il "melting pot" presente nella CISA IKAR.

Alcuni membri della commissione valanghe hanno avuto l'opportunità di partecipare ad un incontro "sul campo", lo scorso marzo 2011 nella località di Revelstoke in Canada, potendo così osservare come viene predisposta l'attività di Heliski nella British Columbia, in particolar modo come sono organizzati



nella gestione della sicurezza e nella valutazione del pericolo valanghe locale: osservazione delle valanghe scese il giorno prima, utilizzo di un software per lo scambio dati tra tutte le agenzie di sport invernali della zona, valutazione della stabilità del manto nevoso e discussione con i responsabili dei vari gruppi ed infine valutazione del grado di pericolo per ogni singolo itinerario della regione considerata (verde: ok, giallo: poco sicuro, rosso: chiuso, nero: chiuso per un periodo prolungato).

In seguito i rappresentanti dei vari paesi hanno presentato le statistiche degli incidenti da valanga della stagione 2010/2011, segnalando le tipicità e le criticità. In linea generale, dopo l'improvviso incremento di decessi dello scorso anno, si è ritornati alla normalità. In ordine cronologico di presentazione:

- L'ANENA ha fatto un'analisi temporale in merito agli incidenti in **Francia**. 105 persone sono state travolte, per un totale di 19 incidenti mortali e 29 decessi. La stagione è iniziata a novembre, grazie ad un buon innevamento; vi sono stati 4 morti. Dicembre ha avuto un clima mite ed ha registrato 6 morti. I mesi di Gennaio e Febbraio sono stati alquanto secchi; vi sono stati 8 decessi, di cui 4 nella Val d'Isère dove è stato



coinvolto un maestro di sci. Nel mese di marzo ci sono state delle piccole nevicate; ben 9 morti. Aprile è stato un mese caldo. Infine nei mesi di maggio e luglio ci sono stati 2 morti in seguito a valanghe spontanee.

- L'**Austria** ha segnalato 68 incidenti per un totale di 3 morti.
- Per l'**Italia**, quale rappresentante AINEVA, ho esposto le caratteristiche principali degli incidenti, presentando alcune peculiarità descritte nell'articolo successivo.
- Il rappresentante del **Canada** segnala la necessità di un coordinamento maggiore tra i diversi enti che si occupano del soccorso. Alcuni sopravvissuti ad incidenti da valanga hanno comunicato un malfunzionamento dei loro apparecchi ARTVA all'inizio della



ricerca: in un caso si trattava di un vecchio modello, mentre negli altri casi il problema riguardava i nuovi modelli digitali; per questi modelli, con caratteristiche molto diverse tra loro, è evidente quindi la necessità di un maggior addestramento.

Caratteristiche particolari di alcuni incidenti da valanga: un incidente ha visto coinvolte più di 20 persone in motoslitta, con un bilancio finale di 3 morti; in 2 altri incidenti mortali le 3 vittime non indossavano alcun ARTVA; infine una persona è stata completamente sepolta, nonostante avesse aperto l'airbag, forse perché la valanga era particolarmente lenta.

- La **Norvegia** segnala 13 morti in valanga. In particolare un incidente ha visto coinvolti tre sciatori in telemark: 2 di loro hanno aperto l'airbag, rimanendo così sopra la valanga, mentre la ragazza, che era sprovvista di airbag, è stata completamente sepolta ed è morta.

- La **Catalogna**, in Spagna, ha segnalato uno scarso innevamento per tutta la stagione, con un incidente significativo nella stazione di sci di Masella nei Pirenei: il 13 marzo alcuni sciatori superano il cartello di divieto e sciano in una zona chiusa a causa dei 53 cm di neve fresca caduti nella notte.

- Grazie ad un innevamento abbondante, gli **Stati Uniti d'America** hanno avuto uno dei migliori inverni negli ultimi quindici anni; purtroppo ci sono stati ben 26 morti in valanga, di cui solo 11 avevano l'ARTVA, trovati per la maggior parte dal soccorso organizzato. In un caso le due persone sepolte dalla valanga, nonostante avessero l'ARTVA, sono state ritrovate solo dopo tre giorni di ricerche; in altri tre casi le persone non erano assolutamente esperte nell'uso dell'ARTVA.

Infine una persona si è resa conto solo dopo sei settimane di utilizzo che l'apparecchio ricevuto in regalo non era un ARTVA ma un PLB (Personal Locator Beacon) ovvero un localizzatore gps. In alcune stazioni sciistiche gli skipatroller sono obbligati a utilizzare l'airbag, tuttavia in due casi gli skipatroller sono stati travolti da valanghe ma hanno comunque deciso di non aprire l'airbag.

Un Chief skipatroller del Colorado è stato travolto da una valanga ma non ha potuto utilizzare l'Avalung perché il bocaglio era chiuso e quindi non immediatamente disponibile.

- Lo stato del **Liechestein** segnala una valanga scesa in un comprensorio sciistico, che ha comportato delle ricerche tramite ARTVA, Recco e unità cinofile, senza che vi fosse alcun travolto.

- In **Svizzera** ci sono stati 26 decessi, 14 dei quali nel Vallese. In 19 casi il pendio aveva un'inclinazione compresa tra 36° e 40°, in 6 casi tra 31° e 35°, in 1 caso era maggiore di 40°.

Una volta i pendii molto ripidi erano frequentati solo con condizioni primaverili; adesso vengono tracciati durante tutta la stagione, da novembre a giugno.

La suddivisione dei morti in base all'esposizione è la seguente: 9 nei quadranti nord, 8 ad ovest, 5 a sud e 4 ad est. Hans-Jürg Etter ha poi presentato un caso didattico: durante una discesa sci alpinistica uno sciatore stacca la valanga che lo seppellisce; prontamente il compagno lo soccorre, ma l'amico non respira e nella zona non c'è alcun segnale telefonico. Fino a quando deve continuare la rianimazione? L'unica risposta in sala arriva dal Canada: le loro procedure prevedono un'ora di tempo.

Sempre in tema degli incidenti da valanga, Walter Wurtl rappresentante del Mountain Rescue Austria ha proposto alcuni numeri per leggere gli incidenti da valanga con una prospettiva differente che si può riassumere con il detto: "rimanere in superficie vuol dire sopravvivere". Muore il 49% delle persone completamente sepolte dalla valanga; la percentuale cala a 31% per i parzialmente sepolti. Il 32% delle vittime muore per i traumi e quindi nel 32% degli incidenti mortali il tempo di seppellimento non è un problema; quindi in merito alla prevenzione valanghe la formazione deve puntare soprattutto ad evitare il seppellimento e non solamente puntare sull'autosoccorso. Nel 25% degli incidenti mortali le vittime vengono ritrovate in superficie; oltre all'equipaggiamento standard di autosoccorso (ARTVA, pala, sonda) e l'air bag, si consiglia l'utilizzo del casco. E' stata presentata la versione definitiva del Rescue Compass ovvero la Bussola per il soccorso: è uno strumento per il supporto decisionale nel soccorso organizzato in valanga, con un occhio particolare nella valutazione e gestione del rischio per i soccorritori. E' quindi un promemoria per il processo decisionale ed un aiuto durante la formazione. La bussola e il relativo manuale possono essere ordinati presso rescue.compass@slf.ch al prezzo di 9,50 CHF più IVA; in ragione della sua utilità, la bussola non è protetta da copyright.

Mike Wiegele della compagnia canadese Helicopter Skiing ha presentato il proto-

collo utilizzato per valutare la stabilità del manto nevoso durante l'attività di heliski. La checklist è divisa in cinque punti: registrazione giornaliera dei dati nivometeo, grafico con i principali dati che contribuiscono alla stabilità della neve, profili del manto nevoso, osservazioni in campo, ski test e assegnazione di un grado di stabilità.

A corollario dell'esposizione, Wiegele ha esposto una sua tesi che mette in relazione le radiazioni cosmiche solari con l'attività valanghiva: in corrispondenza dei picchi di radiazioni solari Mike ha notato un aumento delle valanghe e dei crolli di ghiaccio in tutto il mondo. Infine tutti i membri della commissione valanghe hanno ringraziato Hans-Jürg Etter per tutto il lavoro svolto in questi anni alla CISA IKAR ed hanno salutato il suo successore alla presidenza della commissione valanghe: Dominique Lettang, Direttore dell'ANENA.

CONVEGNO IN GENERALE

Di seguito troverete una sintetica panoramica degli interventi più interessanti; per eventuali approfondimenti, potrete eventualmente contattare direttamente i relatori (tramite il sito <http://www.ikar-cisa.org> oppure tramite i motori di ricerca), tutti sempre ben disponibili a soddisfare le richieste di ulteriori informazioni.

Dale Atkins ha esposto i principali errori compiuti durante l'autosoccorso in valanga: mancanza di un piano di soccorso, problemi di leadership, mancanza di allenamento tecnico e fisico. Analizzando gli ultimi trenta anni d'incidenti negli USA, si è visto che gli errori commessi sono sempre gli stessi; è quindi necessario creare una cultura della comunicazione condivisa.

Claude Jacot ha presentato il progetto S.N.O.S.M. ovvero un software utilizzato in Francia per la raccolta dei dati statistici relativi agli incidenti nelle pratiche sportive in montagna. Tale database è fondamentale per poter avere una corretta conoscenza del fenomeno e quindi

per poter proporre le misure di prevenzione più adeguate.

Bruno Jelk, presidente della commissione terrestre, ha illustrato il sistema di prevenzione e soccorso per la turistica valle di Matternal ovvero la valle di Zermatt. L'organizzazione integra molti enti che intervengono a seconda delle competenze: in inverno il problema valanghe diventa importante già dopo 20-30 cm di neve fresca, con conseguente distacco artificiale ed eventuale evacuazione dei turisti; in estate il problema è legato al progressivo riscaldamento, con conseguente aumento delle cadute di pietre e dei crolli di roccia e ghiaccio.

lan Tom del Canadian Avalanche Center ritorna sull'incidente accaduto nel 2010 nella British Columbia, che ha visto coinvolte oltre 100 persone durante un'uscita con le motoslitte, per evidenziare quali sono state le reazioni e le conseguenze a distanza di un anno: è cresciuta la pressione dei politici e, più in generale, della società verso gli incidenti da valanga, con alcuni risvolti positivi. Lo stanziamento di nuovi fondi pubblici è stato utilizzato per migliorare la prevenzione e l'educazione, rivolgendosi in particolare agli escursionisti in motoslitta, ma anche migliorando la comunicazione; per esempio sono aumentate le aree coperte dal bollettino valanghe (il 44% dei decessi è avvenuto in regioni non coperte dal bollettino). Altro esempio: la creazione di un applicativo per l'iPhone ha incrementato la lettura del bollettino valanghe del 20%.

Infine un progetto speciale propone di classificare gli itinerari più frequentati con le motoslitte nella provincia della British Columbia secondo la difficoltà nel valutare il pericolo valanghe: itinerario semplice, impegnativo, complesso. Hans-Jürg Etter ha illustrato com'è cambiato il sistema di prevenzione delle valanghe nella zona svizzera di Davos: nel passato si puntava molto sulla protezione, con la posa di ombrelli da neve; ultimamente è stata scelta una soluzione più economica ed efficace, dando molta importanza alla comunicazione, sia nei

confronti della popolazione (es. in caso di evacuazione) sia nei confronti dei mass media.

Markus Holz ha presentato la seconda fase del censimento degli sci alpinisti e dei ciaspolatori in Alto Adige. La prima fase, pubblicata nel n°71 del dicembre 2010 di Neve e Valanghe, era prettamente quantitativa, mentre nel 2011 l'inchiesta puntava alla qualità. In una settimana sono stati intervistati ben 175.000 amatori. Vediamo i primi risultati finali che hanno fatto emergere due domande: "i bollettini neve e valanghe sono troppo complicati?" e "il pubblico in racchette da neve è diverso dagli sci alpinisti?". Gli sci alpinisti sono circa il 78%, mentre i ciaspolatori sono il 22%; questi ultimi partono alquanto tardi per fare le gite: la maggioranza parte dopo le ore 10. I ciaspolatori non sono interessati al bollettino neve e valanghe oppure non lo sanno leggere: meno della metà è in grado di leggere e capire il pericolo valanghe.



I ciaspolatori stranieri conoscono il bollettino di casa loro, ma non quello della regione visitata. Il 65% degli utenti ha gli strumenti di base dell'autosoccorso (ARTVA, pala e sonda), così suddivisi: l'80% degli sci alpinisti e il 15% dei ciaspolatori.

ARTVA E AUTOSOCORSO

La ditta Ortovox ha proposto un sistema brevettato, chiamato "Smart Antenna": per poter trasmettere il segnale nelle migliori condizioni di ricerca, l'ARTVA 3+ analizza la posizione delle antenne e seleziona automaticamente la migliore antenna di trasmissione (se l'ARTVA è in posizione verticale, trasmette l'antenna Y). Il sistema non consuma elettricità supplementare e, essendo automatico, non richiede alcuna conoscenza parti-

colare; nonostante la trasmissione con l'antenna più corta faccia perdere un 10% di capacità, avere sempre le antenne ricevente e trasmettente parallele/co-assiali offre un vantaggio più rilevante. La ditta Pieps ha analizzato il passaggio automatico dell'ARTVA da ricezione ad emissione proposto dagli apparecchi presenti sul mercato, nel caso in cui una seconda valanga sopraggiunga durante il soccorso, verificando le possibili criticità:

- Il soccorritore che non partecipa attivamente alla ricerca ARTVA, ha l'apparecchio spento: c'è quindi il problema di una possibile seconda valanga.
- Il soccorritore con l'ARTVA in ricezione, nel caso di una seconda valanga, deve attendere alcuni minuti prima che l'apparecchio passi in automatico in trasmissione.

• Il soccorritore con l'ARTVA in ricezione può perdere l'apparecchio che viene strappato dalla forza dell'eventuale seconda valanga (la norma stabilisce che l'elastico deve resistere solo 5 N). Pieps propone una soluzione chiamata Backup: una mini-trasmettente, da sistemare vicino all'ARTVA.

Se la persona viene travolta (ovvero se l'accelerometro interno segnala l'assenza di movimento) e in contemporanea l'ARTVA principale non trasmette (perché spento o portato via dalla valanga), dopo 20 secondi il Pieps Backup inizia a trasmettere.

Infine la ditta BCA Back Country Access ha analizzato le tecniche di scavo nell'autosoccorso.

Video educativi sono disponibili sul sito <http://www.backcountryaccess.com> nella sezione Educazione.

STATISTICA CISA IKAR DEGLI INCIDENTI DA VALANGA MORTALI - Stagione 2010-2011

PAESI	PERSONE MORTE								
	SCI ALPINISTI (o snowboarder)	FUORIPISTA (Freeride)	SCI IN PISTA	ALPINISTI (Senza sci/snowboarder)	SU VIE DI COMUNICAZIONE	IN EDIFICI	MOTOSLITTA	ALTRI	TOTALE
Andorra									
Bulgaria	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Canada	5	0	0	0	0	0	6	0	11
Germania	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Spagna	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Francia	14	10	0	4	1	0	0	0	29
Gran Bretagna	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Islanda	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irlanda									
Italia	3	5	0	0	0	0	1	7	16
Croazia	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Liechtenstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Norvegia	4	3	0	0	1	2	2	1	13
Austria	2	0	0	0	0	0	0	1	3
Polonia	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Romania									
Svizzera	22	2	0	1	0	0	0	1	26
Slovacchia	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Slovenia	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Svezia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rep.Ceca									
USA	12	4	0	4	0	0	4	2	26
TOTALE	66	26	0	14	2	2	13	12	135
PERCENTUALE	48,9	19,3	0,0	10,4	1,5	1,5	9,6	8,9	100,0

© AINEVA

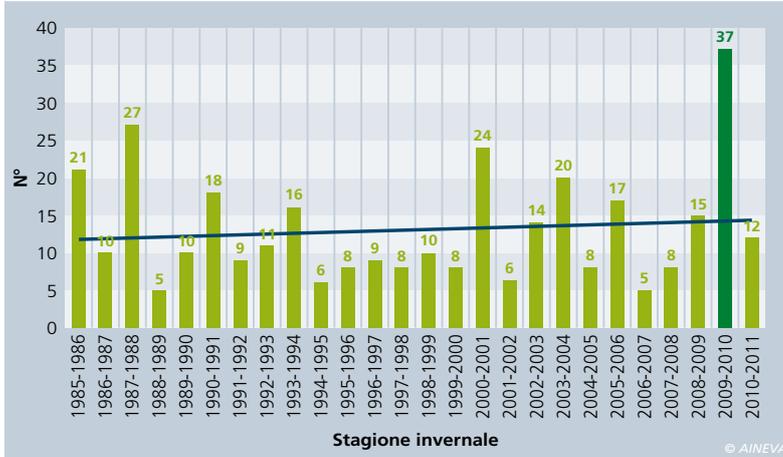
INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA

Prima di trattare gli incidenti da valanga in Italia, vorrei proporre un punto di vista diverso dai soliti "luoghi comuni", riportando alcune frasi di Werner Munter, celebre nivologo e guida alpina svizzera: "Ogni incidente da valanga è preceduto da una valutazione errata che sovente può essere successivamente spiegata sulla base di considerazioni meteorologiche, nivologiche e topografiche. Non bisogna tuttavia confondere questa spiegazione a posteriori con una prevedibilità ex ante. Siamo sempre più intelligenti dopo." "Tutte le persone che giudicano un incidente da valanga dall'interno di un ufficio perfettamente climatizzato dovrebbero sempre tenere a mente la potenza degli elementi della natura ai quali siamo assoggettati in montagna."

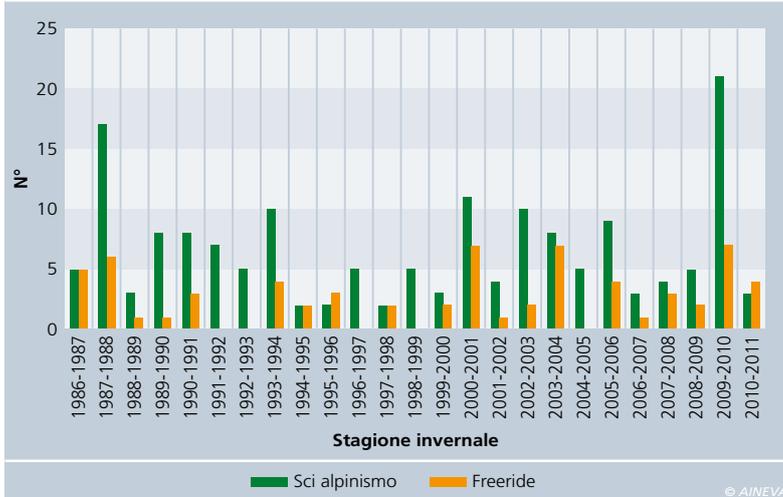
"Sarebbe opportuno essere cauti quando si parla di prevedibilità del pericolo valanghe." "Data la complessità della natura, le capacità del cervello umano a volte si trovano semplicemente superate." La stagione 2010-2011 è stata caratterizzata da un numero di vittime inferiore alla media: tra le 16 vittime ritroviamo 5 sciatori fuoripista, 5 ciaspolatori, 3 sci alpinisti, 2 escursionisti ed 1 in motoslitte. Il 50 % delle vittime non aveva l'ARTVA, tra cui si segnalano 5 ciaspolatori ed 1 maestro di sci durante un fuoripista nelle vicinanze del comprensorio sciistico; mentre tutti gli sci alpinisti e i freerider deceduti erano equipaggiati di ARTVA. Il 25% degli incidenti registrati ha visto coinvolti dei professionisti della montagna, sia direttamente sia con il coinvolgimento dei loro clienti. In particolare 7 incidenti hanno visto coinvolte guide alpine italiane e 3 incidenti guide alpine francesi; in 2 incidenti sono stati coinvolti maestri di sci. Il 18% degli incidenti da valanga stagionali riguarda stranieri: 4 incidenti con francesi, 3 con svedesi, 1 con tedeschi, 1 con slovacchi e 1 con russi.

A proposito dell'utilizzo dell'airbag, un cliente che praticava l'eliski non è stato in grado di attivarlo: completamente sepolto, è stato estratto dai compagni grazie all'ARTVA. In altri 4 casi l'airbag è stato

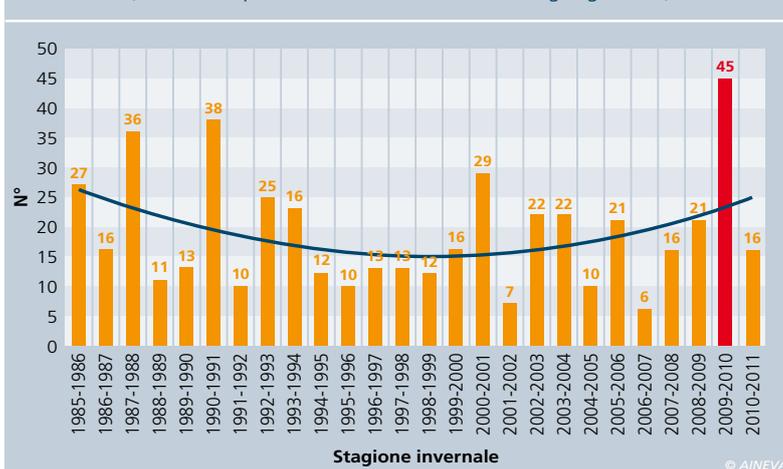
INCIDENTI DA VALANGA MORTALI IN ITALIA
Stagioni 1986 - 2011
(media di 13 incidenti da valanga per ogni stagione invernale)



INCIDENTI MORTALI NELLO SCI ALPINISMO E NEL FREERIDE IN ITALIA
Stagioni 1986 - 2011



VITTIME DA VALANGA IN ITALIA
Stagioni 1986 - 2011
(media di 19 persone morte in incidenti in valanga ogni anno)



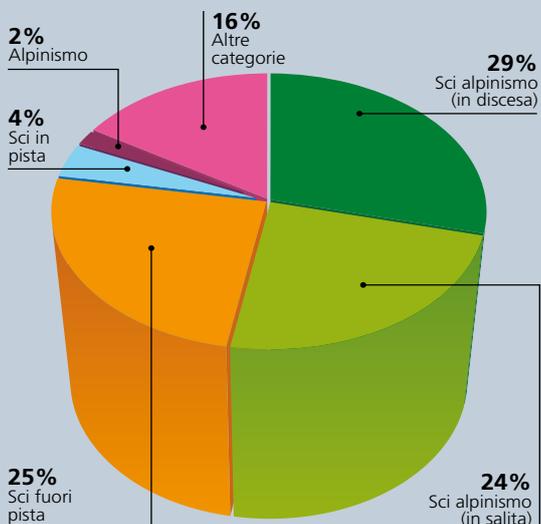
correttamente azionato ed ha così evitato il seppellimento e, in un caso, ha parzialmente protetto lo sciatore dai traumi da caduta lungo un salto di rocce. In tutti questi casi l'airbag è stato utilizzato da guide o da clienti che, facendo heliski, ricevono in dotazione questo strumento che, a causa dei costi di acquisto e del peso, è poco utilizzato dagli sci alpinisti. Infine segnalo un utilizzo positivo dell'Avalung, strumento che permette di respirare più a lungo in caso di seppellimento. Il freerider è stato trascinato dalla valanga per circa 300 m e completamente sepolto: i compagni lo hanno cercato con l'ARTVA, ritrovandolo illeso.

VITTIME DA VALANGA PER REGIONE Stagione invernale 2010/2011



© AINEVA

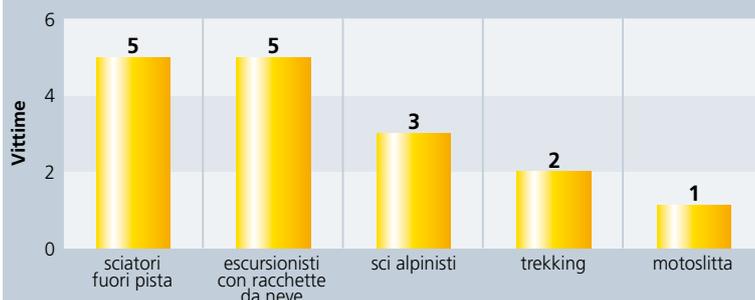
INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA PER CATEGORIA Stagione 2010-2011



© AINEVA

VITTIME DA VALANGA IN ITALIA PER CATEGORIE 2010-2011

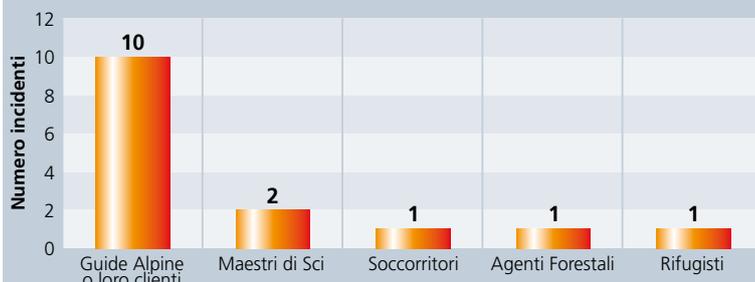
16 VITTIME



© AINEVA

INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA A PROFESSIONISTI 2010-2011

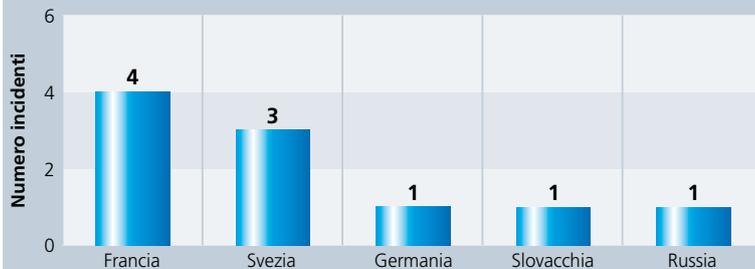
15 INCIDENTI DA VALANGA (25%) IN CUI SONO COINVOLTI DEI PROFESSIONISTI O I CLIENTI DA LORO ACCOMPAGNATI



© AINEVA

INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA A STRANIERI 2010-2011

10 INCIDENTI DA VALANGA (18%) CON STRANIERI COINVOLTI



© AINEVA



INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA Stagione 2010/2011

N	Data	Località	Prov	Regione	Cat	Grado di pericolo	Presenti	Travolti	Illesi	Feriti	Morti
1	2-10-2010	Dolomiti di Brenta - scivolo nord di Cima Brenta	TN	Trentino	1	/	2	2	2	0	0
2	21-11-2010	Pista Paradiso - Passo Tonale	BS	Lombardia	4	/	10	10	7	3	0
3	21-11-2010	Rifugio Curò - Valbondione	BG	Lombardia	8	/	3	2	0	1	1
4	27-11-2010	Motto della Scala - Edolo	BS	Lombardia	8	/	4	4	1	0	3
5	27-11-2010	Appennini Emiliani: Monte Cusna - località Passone	RE	Emilia Romagna	8	/	3	2	0	0	2
6	29-11-2010	La Corvegia - Montemezzo	CO	Lombardia	2	/	1	1	1	0	0
7	3-12-2010	Passo S.Pellegrino - Cima Margherita	TN	Trentino	3	3	1	1	0	1	0
8	4-12-2010	Alta Val Venosta - Cima Undici Hoferloch	BZ	Alto Adige	8	3	2	1	0	0	1
9	4-12-2010	Monte Serva Croda del Sal	BL	Veneto	2	3	1	1	0	1	0
10	5-12-2010	Monte Altissimo - sentiero rif. Damiano Chiesa	TN	Trentino	8	3	4	4	4	0	0
11	8-12-2010	Val Sesia - Loc. Malfatta - Canale Miniere	VC	Piemonte	3	3	3	1	0	0	1
12	12-12-2010	Val Malza - Ponte di Legno	BS	Lombardia	1	3	6	1	0	1	0
13	22-12-2010	Pré-Saint-Didier - Vallone dell'Arpettaz	AO	Valle d'Aosta	2	3	2	1	1	0	0
14	28-12-2010	Valtournenche - Cime Bianche Pista n. 5 Canestrini	AO	Valle d'Aosta	4	3	7	6	5	1	0
15	29-12-2010	Canalone Porta - Grignetta	LC	Lombardia	5	3	3	2	0	2	0
16	29-12-2010	Passo Tonale - Valbiolo	TN	Trentino	3	3	2	1	1	0	0
17	29-12-2010	Carisole - Carona	BG	Lombardia	3	3	2	2	2	0	0
18	10-01-2011	Courmayeur - Val Veny - Bois de Visaille	AO	Valle d'Aosta	3	3	4	1	0	0	1
19	13-01-2011	Trafoi - Forcola	BZ	Alto Adige	8	3	3	2	2	0	0
20	14-01-2011	Col Bechei	BZ	Alto Adige	1	3	1	1	0	1	0
21	15-01-2011	Valle dell'Orco - Costiera dell'Uja	TO	Piemonte	2	3	1	1	0	1	0
22	21-01-2011	Val Formazza - Toggia	VB	Piemonte	8	2	1	1	1	0	0
23	29-01-2011	Val di Fleres - Seeberspitze	BZ	Alto Adige	2	2	4	1	0	1	0
24	30-01-2011	Appennino Ligure pendici del Monte Bue	GE	Liguria	3	/	3	1	0	0	1
25	6-02-2011	Mont Emilius - Colle dei capuccini	AO	Valle d'Aosta	1	2	5	2	1	1	0
26	7-02-2011	Alta Venosta - Piz Lad	BZ	Alto Adige	2	2	5	1	1	0	0
27	11-02-2011	Alta Valle Susa - Gran Roc	TO	Piemonte	3	2	5	1	1	0	0
28	19-02-2011	Val d'Ultimo - Ilmensepitze	BZ	Alto Adige	1	3	1	1	0	0	1
29	25-02-2011	Aremogna - Roccaraso	AQ	Abruzzo	3	/	3	3	1	2	0
30	26-02-2011	Val Martello - Schranspitze	BZ	Alto Adige	1	3	3	2	1	1	0
31	26-02-2011	Valtournenche - sentiero sotto Becca Trecare	AO	Valle d'Aosta	3	2	5	2	0	1	1
32	26-02-2011	Lago Scarolda - Valmalenco	SO	Lombardia	1	3	3	1	1	0	0
33	26-02-2011	Sasso Bianco Rio Val Molino	BL	Veneto	1	3	1	1	0	0	1
34	26-02-2011	Val Campelle - C.ma Lasteati	TN	Trentino	2	3	3	1	1	0	0
35	26-02-2011	Val Senales - Schwemser	BZ	Alto Adige	2	3	2	1	1	0	0
36	26-02-2011	Pizzo Biorco - Piateda	SO	Lombardia	1	3	2	1	1	0	0
37	26-02-2011	Creta Forata - Sappada	BL	Veneto	2	3	2	1	1	0	0
38	1-03-2011	Val di Gressoney - verso Passo Zube	AO	Valle d'Aosta	1	3	6	1	1	0	0
39	3-03-2011	Saint-Rhemy-en-Bosses - Costa di Serena	AO	Valle d'Aosta	1	3	3	1	1	0	0
40	5-03-2011	Valle Susa - Monti della Luna - Sagnalonga	TO	Piemonte	3	3	1	1	0	1	0
41	6-03-2011	Monte Tamer - Van delle Forcelle	BL	Veneto	1	2	17	5	4	1	0
42	6-03-2011	Valle Cervo - Monte Camino	BI	Piemonte	3	3	20	13	5	6	2
43	6-03-2011	Gias Vej - Elva	CN	Piemonte	8	4	13	2	1	1	0
44	6-03-2011	Ayas - tra Col Vascotchaz e Mont Facebelle Nord	AO	Valle d'Aosta	2	3	2	1	0	1	0
45	17-03-2011	Val Senales - Pista Grawand	BZ	Alto Adige	1	4	2	2	2	0	0
46	17-03-2011	Valle Susa (Sauze d'Oulx) M.te Triplex-Rocca Nera	TO	Piemonte	3	4	5	1	1	0	0
47	18-03-2011	Cogne - Vallone Urtier - sotto Lac de Loie Nord	AO	Valle d'Aosta	1	4	2	2	0	2	0
48	19-03-2011	La Pessa - Piateda	SO	Lombardia	8	3	2	1	0	0	1
49	20-03-2011	Val Senales - zona Teufelsegg	BZ	Alto Adige	3	3	1	1	1	0	0
50	20-03-2011	Sella Nevea - Conca Prevala	UD	Friuli V.G.	2	3	3	1	1	0	0
51	22-03-2011	Vallone Vallecetta - Valdisotto	SO	Lombardia	3	2	3	1	1	0	0
52	31-03-2011	Valgrisenche - Feleuma - Vallon de Maison Forte	AO	Valle d'Aosta	3	3	5	2	2	0	0
53	2-04-2011	Valle Aurina - Collalto	BZ	Alto Adige	2	2	4	3	3	0	0
54	3-04-2011	Valtournenche - Mont Roisetta	AO	Valle d'Aosta	1	3	2	1	0	1	0
55	1-05-2011	Monte Antelao - Cima Fanton	BL	Veneto	1	2	1	1	0	1	0
Totale							205	108	60	32	16

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

© AINEVA

Le configurazioni
sinottiche tipiche
delle nevicate
intense osservate
negli ultimi 40 anni

NEVICATE INTENSE ^{sulle} ALPI PIEMONTESI

**Christian Ronchi,
Mariaelena Nicoella**
ARPA Piemonte
Dipartimento Sistemi Previsionali
Via Pio VII, 9 - 10135 Torino
c.ronchi@arpa.piemonte.it
m.nicoella@arpa.piemonte.it

Questo studio ha lo scopo di fornire un quadro climatico dell'innnevamento sulle alpi piemontesi, utilizzando le lunghe serie climatologiche disponibili. Dopo aver determinato e analizzato le nevicate più intense degli ultimi 40 anni, l'obiettivo del lavoro è di caratterizzare le principali configurazioni meteorologiche che determinano gli eventi di nevicata nelle zone in esame. La variabilità climatica di questi eventi è studiata in rapporto alla variabilità della circolazione atmosferica a grande scala nella regione Atlantico-Mediterranea tramite l'utilizzo delle tecniche di analisi in componenti principali e di clustering. I risultati evidenziano sette differenti configurazioni principali del campo di pressione in quota ed al suolo associate agli eventi più significativi, le quali producono effetti diversi in termini di quantità di neve misurata sulle Alpi Piemontesi.



Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di monitoraggio utilizzate per le elaborazioni.

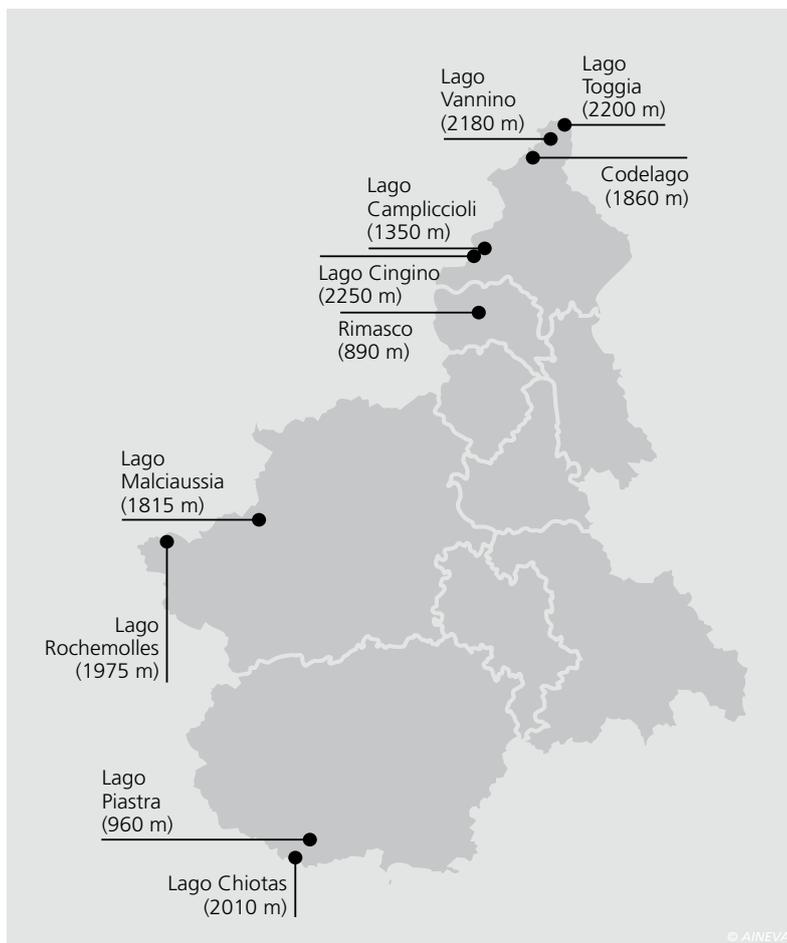
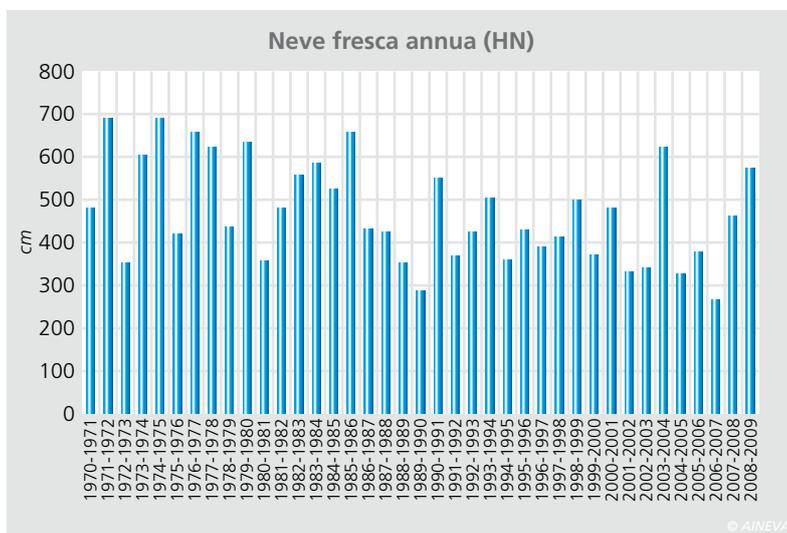


Fig. 2 - Dati di neve fresca delle stagioni invernali (1970-2009) in Piemonte.



INTRODUZIONE

Il rilevamento e la raccolta di dati nivometrici hanno da sempre rappresentato per la Regione Piemonte una tematica di notevole interesse e rilevanza, sia per le funzioni di previsione e prevenzione del pericolo valanghe, sia per altri fini, tra i quali la creazione di banche dati, strumenti necessari per chiunque opera sul territorio montano nel campo della progettazione, pianificazione e gestio-

ne territoriale a scala locale. La Regione Piemonte, inizialmente attraverso la Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione, poi attraverso l'Arpa Piemonte, Dipartimento Sistemi Previsionali, gestisce dal 1983 una rete di rilevamento nivometrico provvedendo al monitoraggio delle precipitazioni nevose, all'elaborazione ed al trattamento dei dati e all'emissione dei bollettini previsionali del pericolo valanghe. Oltre alle 76 stazioni di rilevamento

automatico, Arpa Piemonte raccoglie i dati delle 34 stazioni manuali, gestite da diversi enti e società, tra i quali collaborano l'Enel, IREN Energia, l'Amministrazione Provinciale di Cuneo, la Comunità Montana Valli dell'Ossola ed i Parchi e Riserve Naturali Regionali. Le stazioni sono distribuite omogeneamente su tutto l'arco alpino piemontese, a quote comprese tra i 600 m e i 2800 m. Questo studio ha lo scopo di fornire un quadro climatico dell'innnevamento sulle alpi piemontesi, utilizzando le lunghe serie climatologiche disponibili. Dopo aver determinato e analizzato le nevicate più intense degli ultimi 40 anni, l'obiettivo del lavoro è di caratterizzare le principali configurazioni meteorologiche che determinano gli eventi di nevicate nelle zone in esame. La variabilità climatica di questi eventi è studiata in rapporto alla variabilità della circolazione atmosferica a grande scala nella regione Atlantico-Mediterranea.

ANALISI PRELIMINARE DEI DATI AL SUOLO

Sono state selezionate le stazioni di

- Codelago (1860 m)
- Lago Campliccioli (1350 m)
- Lago Chiotas (2010 m)
- Lago Cingino (2250 m)
- Lago Malciaussia (1815 m)
- Lago Piastra (960 m)
- Lago Rochemolles (1975 m)
- Lago Toggia (2200 m)
- Lago Vannino (2180 m)
- Rimasco (890 m)

i cui dati sono disponibili dal 1970 al 2009 (Fig.1).

Al fine di disporre di un'indicazione a livello "regionale" della distribuzione delle nevicate, sono stati individuati i valori di neve fresca (HN) mensili riferiti alle stagioni invernali a partire dal mese di ottobre e fino al mese di maggio. Si precisa che per la stagione 2008-2009 i dati sono disponibili soltanto fino a febbraio (Fig.2). Dall'analisi dei dati si evince che gli anni settanta sono stati i più nevosi: la stagione invernale (da ottobre a maggio) più nevosa è stata quella del 1971-1972 (692

cm), seguita dal 1974-1975 (691 cm) e dal 1976-1977 (660 cm). Nella tabella di Fig. 3 sono riportati i mesi più nevosi riferiti alla singola stagione invernale.

Sono anche stati individuati i giorni nevosi, ossia quelli con almeno 1 cm di neve depositatasi al suolo (BIANCOTTI et al., 1998). Le stagioni invernali in cui si è registrato il maggior numero di giorni nevosi sono quella del 1974-1975 e del 1976-1977 con 85 giorni, seguite dalle stagioni 1982-1983 e 2003-2004 con 80 giorni (Fig.4). Una volta esaminati i dati misurati dai nivometri per realizzare una fotografia delle casistiche osservate in 40 anni, sono state studiate e catalogate le configurazioni sinottiche a larga scala che influenzano maggiormente gli eventi di nevicate significative e diffuse sull'arco alpino nord occidentale (P. ESTEBAN, 2005). Va considerato che, data la disposizione orografica delle alpi piemontesi, le precipitazioni nevose vengono innescate da flussi umidi e freddi di natura ed origine molto variegata, avendo la catena alpina una disposizione sud-ovest-nord che abbraccia più di due quadranti della rosa dei venti. Riconoscere e caratterizzare le situazioni sinottiche collegate a nevicate significative e diffuse diventa quindi un passaggio fondamentale, sia per fornire supporto in fase previsionale, sia per districarsi nella complessa varietà di situazioni che si possono verificare. Il primo passo è senz'altro quello di definire quantitativamente il concetto di nevicata significativa. Nella presente analisi la

scelta è stata di isolare, all'interno di tutte le serie storiche di neve fresca delle 10 stazioni a disposizione, quelle giornate in cui l'accumulo medio registrato è stato di almeno 20 cm. I nivometri di Lago Piastra e Rimasco si trovano ad una quota vicina ai 1000 m, scegliere quindi la soglia di 20 cm come punto di partenza per l'intera analisi, garantisce di tenere conto di eventi nevosi diffusi da metà montagna fino in quota e, d'altro canto, permette di avere un campione statisticamente ampio per trarre considerazioni generali robuste. Il periodo interannuale preso in considerazione abbraccia i mesi da novembre fino ad aprile per gli anni che vanno dal 1979 al 2009. Il numero di anni considerato è leggermente ridotto rispetto alla disponibilità di misurazioni totali, questo perché per le analisi dell'atmosfera a larga scala si sono utilizzati i dati di altezza del geopotenziale a 500 hPa e a 1000 hPa provenienti dall'archivio di re-analisi ERA Interim di ECMWF, il quale parte proprio dal 1979 per arrivare sino ai nostri giorni. Alla luce di queste premesse, gli eventi selezionati sono stati 101, suddivisi in maniera non uniforme su base mensile, come si evince dalla tabella di Fig.5.

ANALISI IN COMPONENTI PRINCIPALI DELL'ATMOSFERA

Per ciascuna delle giornate in cui la precipitazione nevosa media registrata dai

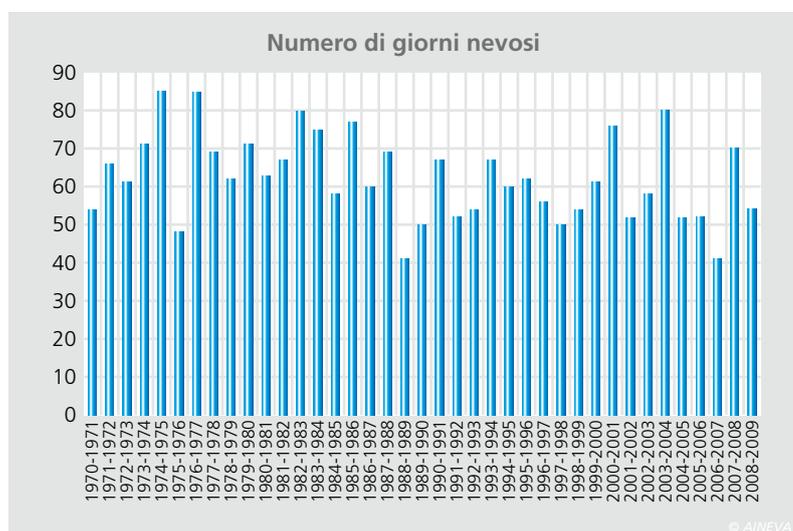
nivometri in esame ha superato i 20 cm, si sono considerati i rispettivi campi di altezza media dell'isobara a 500 hPa, ed è stata compiuta una analisi in componenti principali (PCA) al fine di isolare i pattern principali (ovvero le configurazioni sinottiche prevalenti) che spiegano la maggior parte della varianza totale dell'atmosfera per i casi di nevicate significative, definite nel paragrafo precedente.

Il dominio territoriale scelto per effettuare la PCA va dalle longitudini 60W-60E e dalle latitudini 20N-80N: questo permette di considerare l'area di studio (il Piemonte) sufficientemente centrata all'interno del dominio stesso ed inoltre valutare una porzione sufficientemente estesa da tener conto dell'andamento atmosferico nelle zone di maggior interesse per la provenienza delle masse d'aria che incidono sulle nevicate in Piemonte, ossia lo scenario nord atlantico, mediterraneo, scandinavo, artico e continentale.

L'Analisi in Componenti Principali applicata in meteorologia e climatologia permette, di base, di spiegare la maggior variabilità spaziale e temporale possibile, di un determinato campo atmosferico, utilizzando il minor numero di informazioni possibili (Hannachi et al. 2007).

Applicandola all'altezza del geopotenzia-

Sotto, fig. 3 - I mesi più nevosi relativi alle stagioni invernali (1970-2009) in Piemonte; a sinistra, fig. 4 - Numero di giorni nevosi delle stagioni invernali (1970-2009) in Piemonte.



STAGIONE INVERNALE	MESE	HN max (cm)
1976 - 1977	ottobre	75
2000 - 2001	novembre	160
2008 - 2009	dicembre	230
1977 - 1978	gennaio	237
1973 - 1974	febbraio	231
1974 - 1975	marzo	197
1985 - 1986	aprile	210
1983 - 1984	maggio	98

MESE	N° EVENTI
Novembre	10
Dicembre	21
Gennaio	24
Febbraio	15
Marzo	16
Aprile	15

Fig. 5 - Numero di eventi nevosi significativi in termini di medie complessive in Piemonte (1979-2009).

le a 500 hPa (dopo che lo stesso è stato standardizzato e pesato per un fattore che tenga conto della correzione latitudinale) è possibile suddividere la matrice rappresentante i 101 casi in esame in due membri indipendenti fra loro: una componente spaziale (pattern-EOF) a cui è associata una componente temporale (serie storica-PC). Entrambe le matrici rappresentative delle due differenti componenti sono ortonormali al loro interno e la loro combinazione lineare spazio-temporale permette di ricostruire ogni singola situazione giornaliera. Inoltre le singole componenti vengono ordinate in base alla frazione di varianza totale spiegata: questo consente di ope-

rare un "taglio" al numero di membri da considerare tale da salvare il maggior numero di informazione possibile con il minor numero di modi in cui tale informazione si dispiega. La figura 6 mostra quanto appena descritto, ossia rappresenta la frazione di varianza totale spiegata da ciascuna componente principale (figura 6a) e la regola empirica di North (North et al., 1982) che permette di effettuare una selezione del numero di componenti principali da ritenere per l'analisi sui dati oggetto di studio. Si nota che i primi 8 modi risultano ben separati fra loro (ad esclusione del 7° che tende ad essere degenerare) mentre i modi con ordinale superiore ad 8 tendono velocemente ad essere assimilabili

a puro rumore. Osservando la figura 6b la situazione appare ancora più chiara: le componenti fino all'8a sono sempre superiori a zero, mentre oltre si osserva una rapida convergenza allo zero, limite che viene utilizzato in letteratura per operare il taglio delle componenti principali non significative (o quanto meno non distinguibili dal rumore del segnale). Da notare che la frazione totale di varianza spiegata dalle prime 8 componenti è di circa il 74%, quindi un valore molto alto che permette di proseguire l'analisi del geopotenziale senza perdere di generalità (Fig. 6).

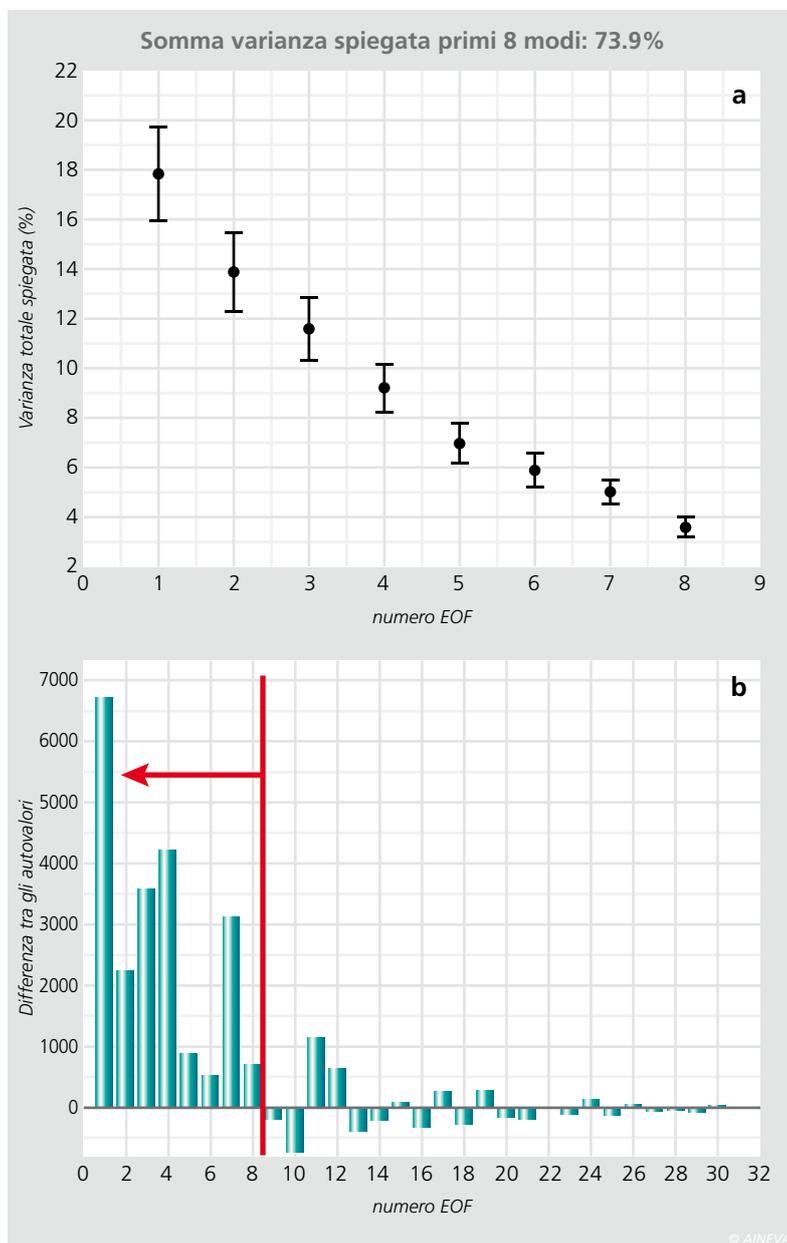
LA CARATTERIZZAZIONE DEI TIPI DI TEMPO

Per arrivare alla definizione di situazioni sinottiche caratteristiche di eventi nevosi significativi, sono tuttavia necessari ancora due ulteriori passaggi. Il primo è senz'altro quello di ruotare le 8 componenti principali secondo un algoritmo di massima semplicità (varimax, in questo caso) così da poter meglio interpretare da un punto di vista fisico, i pattern selezionati. La rotazione varimax mantiene ortonormali fra loro i pattern spaziali del campo di pressione in esame ma "mischia" il loro andamento temporale: quest'ultimo punto è importante, in quanto i modi fisici che spiegano un particolare fenomeno quasi mai sono totalmente indipendenti fra loro e quindi la rotazione in qualche modo rende l'analisi maggiormente aderente alla realtà osservata.

Il secondo passaggio è quello di raggruppare le serie storiche dei pattern spaziali ruotati in insiemi omogenei, utilizzando una tipologia di algoritmo di clustering. Nel presente lavoro si è scelto l'algoritmo non gerarchico detto *K-means* il quale permette di suddividere gruppi di oggetti in K partizioni sulla base dei loro attributi secondo una regola di massima somiglianza (McQueen, 1967).

Nel nostro caso il numero K di ripartizioni è facilmente definibile a priori, ossia 8 come il numero delle EOF ritenute e ruotate che rimangono ortonormali (cioè indipendenti) fra loro.

Fig. 6 - Percentuale di varianza totale spiegata da ciascun pattern del geopotenziale a 500 hPa (sinistra) e rappresentazione grafica della regola empirica di North (destra), utilizzata come criterio di selezione delle componenti principali da conservare nell'analisi.



Nella pagina a fianco, fig. 7 - Le differenti tipologie del campo di pressione in quota (altezza del geopotenziale a 500 hPa, shaded) ed al suolo (altezza del geopotenziale a 1000 hPa, contour) per i sette cluster calcolati tramite l'analisi in componenti principali del geopotenziale a 500 hPa e il successivo processo di clustering k-means delle prime 8 serie storiche delle EOF. In figura è rappresentato l'ensemble mean per ciascun cluster. Tutti i valori sono espressi in m.

Nella pratica, la suddivisione in 8 gruppi ha evidenziato un insieme popolato solo di due elementi (giornate) oltretutto consecutive fra loro, di conseguenza il processo di *clustering* è stato ripetuto con $K=7$.

La figura 7 mostra il campo di geopotenziale a 500 hPa medio per ciascun cluster (*shaded*) associato al rispettivo campo di geopotenziale a 1000 hPa medio (*contour*).

Quest'ultimo passaggio si è reso necessario per poter operare una caratterizzazione della tipologia di pattern atmosferici tenendo conto anche della situazione della pressione al suolo e non solo in libera atmosfera.

Esaminando nel dettaglio l'andamento della pressione nel giorno che rappresenta meglio ognuno dei 7 gruppi (ossia il medoide di ciascun cluster) ed in quelli precedenti, è possibile produrre una tipizzazione meteorologica dei 7 differenti ensemble mean computati tramite la PCA:

Cluster 1: saccatura di origine nord atlantica con forte alimentazione di aria fredda polare e blocco d'alta pressione che si estende dal Mediterraneo orientale fin sulla Svezia; il sistema genera, nel suo ingresso sul Mediterraneo occidentale, un minimo di pressione al suolo posizionato sul Golfo Ligure;

Cluster 2: *cut-off* sulla Francia meridionale, con forte spinta verso nord da parte dell'alta pressione delle Azzorre presente sull'Atlantico; al suolo si genera un minimo di pressione posizionato sul Golfo Ligure;

Cluster 3: simile al *cluster 1*, con saccatura primaria di origine nord atlantica e blocco ad est che si allunga tra Turchia e Russia; in quota l'aria è più fredda rispetto al *cluster 1* (spesso si osserva una goccia fredda in transito sulle Alpi) ed al suolo è presente il minimo sul Golfo Ligure;

Cluster 4: discesa di aria fredda e relativamente umida dalla Scandinavia, uno dei pochi pattern non di origine atlantica; si può formare un minimo barico al suolo nel catino padano o sull'alto Adriatico.

Cluster 5: *cut-off* barotropico originato da una saccatura atlantica con blocco di

alta pressione sull'Europa orientale (esteso sino alla Finlandia) e con un minimo al suolo posizionato sul Golfo del Leone (tipica configurazione alluvionale per il nord ovest italiano nelle stagioni autunno/primavera);

Cluster 6: *cut-off* baroclinico, posizionato in quota sul golfo di Biscaglia ed al suolo sulle isole Baleari; un forte blocco di alta pressione sulle isole Britanniche favorisce la formazione del *cut-off* stesso associato a venti di scirocco;

Cluster 7: la classica saccatura di origine atlantica, senza formazione di particolari minimi al suolo che dispone le correnti umide da sud sud-ovest sull'arco alpino nordoccidentale.

Come era lecito attendersi, la maggior parte delle masse d'aria identificate nelle 7 caratterizzazioni sinottiche ha un'origine atlantica e/o subtropicale; l'aspetto che differenzia maggiormente i cluster sono la formazione o meno di *cut-off* in quota e di minimi barici al suolo e il loro posizionamento, spesso dipendente dal tipo di blocco di alta pressione presente sull'est e sul nord dell'Europa.

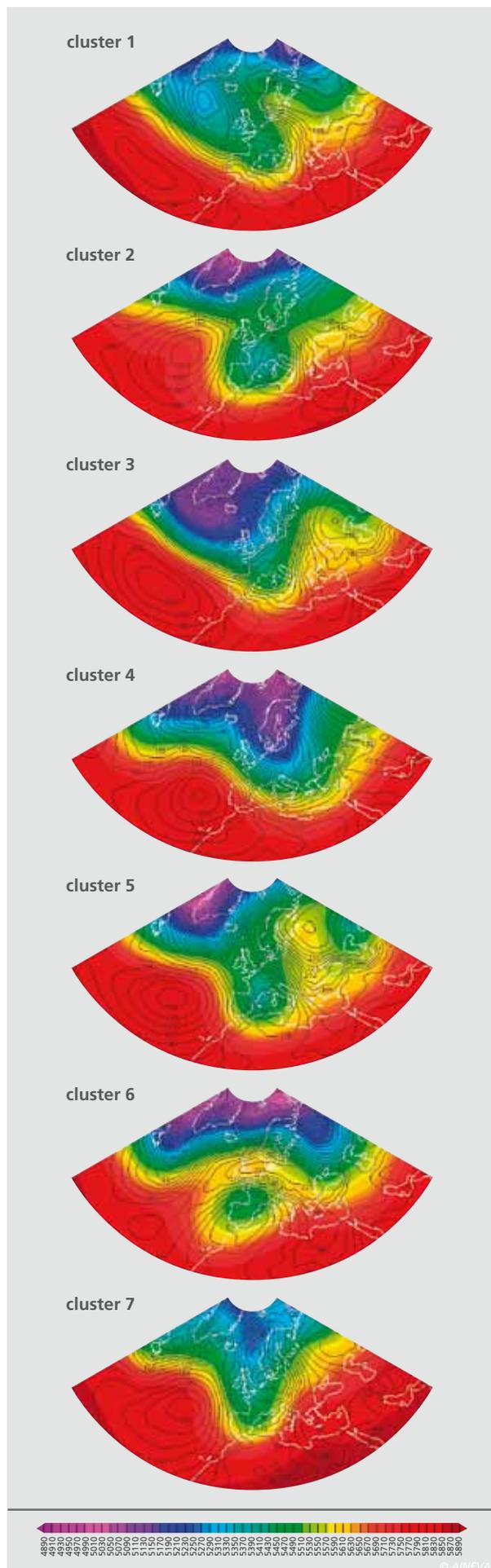
Fa eccezione il *cluster 4*, dove le masse d'aria in gioco hanno origine da nord, dalla Scandinavia o comunque da aree continentali.

La tabella di Fig. 8 riassume la classificazione dei cluster evidenziando le peculiarità di ciascun gruppo in base ad alcune considerazioni meteorologiche significative.

La figura 9 mostra la suddivisione mese per mese nel periodo 1979-2009 dei differenti tipi di tempo, come frequenza assoluta (Fig. 9a) e relativa in percentuale del totale del mese (Fig. 9b).

Nonostante la relativa ampiezza del campione statistico ponga qualche limite alla generalizzazione, si possono tuttavia trarre alcune considerazioni quantitative e qualitative di massima:

- I *cluster* più frequenti sono i primi due (circa il 20% del totale per entrambi) che spiegano la maggior parte della varianza; viceversa il meno frequente è il settimo (circa il 10% del totale).



	ALIMENTAZIONE SACCATURA	POSIZIONE CUT-OFF IN QUOTA	POSIZIONE MINIMO AL SUOLO	POSIZIONE BLOCCO ALTA PRESSIONE
Cluster 1	Artico / Nord America	NO	Golfo Ligure	Turchia / Svezia
Cluster 2	Subtropicale	Francia Sud	Golfo Ligure	Turchia
Cluster 3	Artico / Nord America	NO	Golfo Ligure	Turchia / Russia
Cluster 4	Scandinavia / Russia	NO	Alto Adriatico	Azzorre
Cluster 5	Artico / Subtropicale	Golfo del Leone	Golfo del Leone	Turchia / Finlandia
Cluster 6	Atlantico / Subtropicale	Golfo di Biscaglia	Isole Baleari	Isole Britanniche
Cluster 7	Atlantico / Subtropicale	NO	NO	NO

© AINEVA

Fig. 8 - Caratteristiche sinottiche principali associate a ciascuno dei sette cluster che contraddistinguono le nevicate significative in Piemonte (1979-2009).

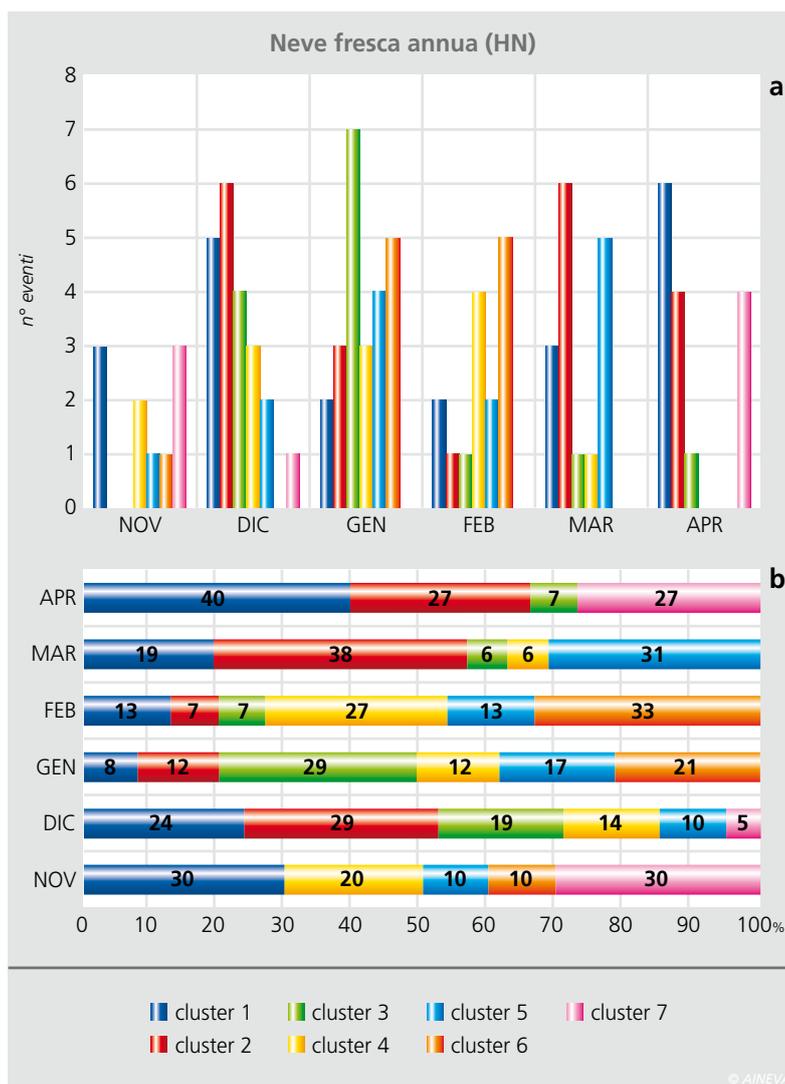


Fig. 9 - Numero di casi per ciascun tipo di tempo meteorologico e per ciascun mese da novembre ad aprile riscontrati nel periodo 1979-2009 (6a, in alto) e frequenze percentuali relative (6b, in basso).

- Il cluster 7, ossia la classica saccatura atlantica si riscontra essenzialmente nei mesi autunnali e primaverili (novembre ed aprile): qui è la posizione dell'altezza dello zero termico a fare la differenza tra eventi di pioggia o neve.
- L'unica tipologia a manifestarsi in tutti i mesi è il cluster 1 che, escluso febbraio, è presente in modo importante per tutto l'inverno.
- In nessun mese si riscontrano tutti e 7 i cluster.
- Il cluster 4 (masse d'aria dalla Scandinavia) è preponderante a Febbraio e lo si riscontra in quasi tutti i mesi ad esclusione di aprile.
- Il cluster 5, ossia il cut-off barotropico freddo in quota e con forte blocco di alta pressione ad est fin sulla Russia, è presente in quasi tutti i mesi e preponderante in marzo.

IL LEGAME STATISTICO TRA TIPI DI TEMPO E NEVICATE INTENSE

Dopo aver compiuto la caratterizzazione delle situazioni sinottiche che influenzano le nevicate significative sull'area di studio, è possibile collegare in modo maggiormente quantitativo come questi differenti pattern di pressione (*cluster* nel nostro caso) si leghino alle nevicate in termini di apporto cumulato di neve fresca giornaliera osservato al suolo dalla rete di nivometri storica.

Per raggiungere questo scopo e tenendo sempre a mente che l'ampiezza del campione statistico è limitata a 101 casi totali, si è realizzato un grafico di tipo *boxplot* per ciascuno dei 7 cluster, al fine di capire come i quantitativi di neve fresca registrati si dispongano statisticamente a seconda del differente tipo di tempo meteorologico cui sono influenzati. La figura 10 riassume quanto premesso.

Si nota che, in generale, la mediana di ciascun tipo di tempo varia in un intervallo ristretto (dai 24.5 cm del cluster 1 ai 32 cm del cluster 5) ma le differenze maggiori si evidenziano quando si tiene conto della varianza dei casi per ogni singola tipologia meteorologica e dei rispettivi estremi. Il cluster 4, caratterizzato dall'aria di origine Scandinava, è in generale quello che presenta la minor varianza come valori osservati di neve fresca ed in generale non sono stati registrati eventi con più di 40 cm medi sulle 10 stazioni di rilevamento. Viceversa, il cluster 5 è quello che presenta di gran lunga il maggior range interquartile e che ha prodotto anche eventi massimi di oltre 60 cm medi sull'area.

Il cluster 2 e 6 entrambi legati a cut-off in quota ma con minimi al suolo rispettivamente su Golfo Ligure e Baleari sono quelli che producono le nevicate mediamente più abbondanti. Interessante la situazione prodotta dai cluster 1, 3 e 7 che pur avendo differenti fenomenologie e frequenze nell'arco dell'inverno mostrano mediane paragonabili (attorno ai 25 cm), varianze anch'esse paragonabili tra loro ed un netto scostamento tra i valori di mediana e

di media. Il fatto che quest'ultimi *pattern* siano molto frequenti nei mesi di transizione tra le stagioni autunno/inverno ed inverno/primavera, suggerisce che lo sbilanciamento asimmetrico della loro distribuzione (molti casi con "poca" neve e pochi con "molta" neve), possa essere legato alla temperatura delle masse d'aria coinvolte ed a quella preesistente sull'area di studio, fattori questi che influenzano direttamente l'altezza dello zero termico e di conseguenza anche il passaggio di stato pioggia/neve.

CONCLUSIONI

Lo studio dei dati di precipitazione nevosa osservati dai dieci nivometri del Piemonte con le più lunghe serie storiche mostra come gli inverni in cui si sono misurate le nevicate più copiose ed il maggior numero di giornate nevose siano occorsi negli anni '70, in particolare nelle stagioni invernali 1971-1972 (692 cm), 1974-1975 (691 cm) e 1976-1977 (660 cm).

L'analisi in componenti principali dell'altezza del campo di geopotenziale a 500 hPa, nelle giornate con nevicate medie superiori ai 20 cm per il periodo invernale 1979-2009, e la successiva operazione di *clustering*, ha evidenziato la presenza di sette differenti configurazioni sinottiche che caratterizzano gli eventi nevosi significativi sull'arco alpino piemontese. Di queste, in sei casi le masse d'aria coinvolte hanno origine atlantica o subtropicale, mentre in un caso si tratta di masse d'aria d'origine Scandinava o continentale.

Le nevicate mediamente meno intense e con valori poco dispersi attorno al valor medio, si misurano quando le masse d'aria coinvolte sono di origine Scandinava o continentale e sono più frequenti nei mesi di dicembre e gennaio. Viceversa, le nevicate mediamente più significative si osservano quando in quota si origina un *cut-off* tra la Francia e la penisola Iberica, associato ad un minimo di pressione centrato rispettivamente su golfo Ligure ed isole Baleari.

Infine le nevicate più copiose in termini di "estremi", si registrano ancora quando

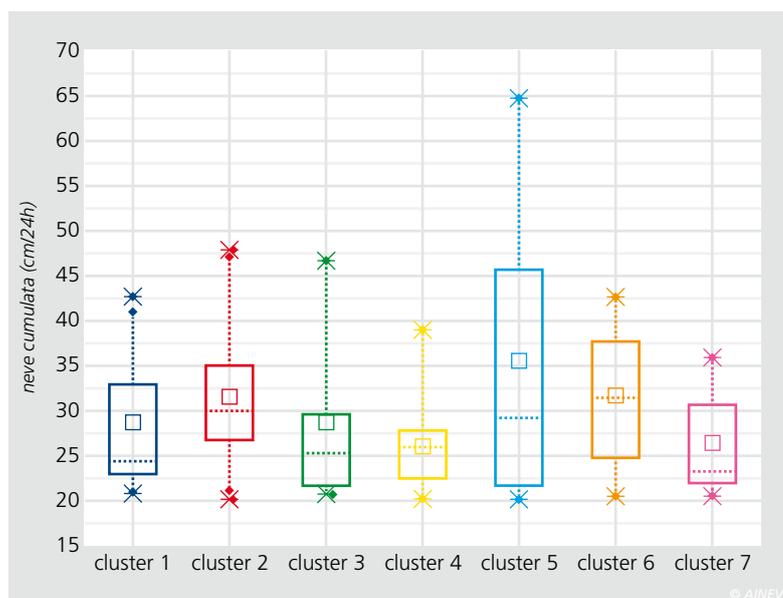


Fig. 10 - Boxplot che riassume per ciascun cluster, la disposizione statistica degli eventi nevosi ad esso connessi. La distanza interquartilica è il 50%, le barre includono il 5° e il 95° percentile, la linea orizzontale è la mediana e il simbolo quadrato la media.

in quota si forma un *cut-off* tra Francia ed Italia ed al suolo un minimo sul Golfo del Leone, ma sono associati a venti di scirocco ed ad un intenso blocco di alta pressione che dal Mediterraneo orientale si estende fino alla penisola Scandinava. Quest'ultima configurazione, che si verifica in prevalenza nei mesi di transizione verso o in uscita dall'inverno, è molto simile a quella che si può riconoscere spesso nei casi di eventi alluvionali sul Piemonte.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la SMI per la fornitura dei dati non compresi negli archivi di Arpa Piemonte e disponibili invece presso gli uffici dell'ex ENEL.

Si ringraziano i colleghi del Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte che hanno contribuito alla realizzazione di questo studio.

Bibliografia

- A. BIANCOTTI, M. CAROTTA, L. MOTTA, E. TURRONI. (1998) Le precipitazioni nevose sulle Alpi Piemontesi Collana Studi climatologici in Piemonte, 2, Regione Piemonte.
- P. ESTEBAN, PD. JONES, J. MARTÍN-VIDE E M. MASES, (2005) Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees. International Journal of Climatology, 25 (3). pp. 319-329
- A. HANNACHI, IT. JOLLIFFE, DB. STEPHENSON (2007) Empirical orthogonal functions and related techniques in atmospheric science: A review, Int. J. Climatology, volume 27, pages 1119-1152.
- GR NORTH, TL BELL, RF CAHALAN, FJ MOENG. (1982) Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions. Monthly Weather Review 110: 699-706.
- J. B. MACQUEEN (1967) Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Berkeley, University of California Press, 1:281-297

GESTIONE di un SISTEMA INTEGRATO per la MITIGAZIONE E IL CONTROLLO DEL

Aldo Bariffi
Servizi Geologici e Nivologici
Via Martiri della Libertà 49
23822 Bellano (Lc)
albarsgn@libero.it

A seguito degli eventi catastrofici dell'inverno 1951, divenuto tristemente noto come "l'anno delle valanghe", il territorio di Livigno, come molti altri nella regione alpina, venne sopraffatto dagli eventi. Ci furono vittime e abitazioni distrutte e il paese restò isolato per diversi giorni. Negli anni compresi tra il 1960 e il 1997, nelle zone considerate più critiche e relative alle valanghe n. 212 (Costaccia) e 220 (Blesaccia) della C.L.P.V. (Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe - Fig. 1a), vennero intrapresi diversi lavori di messa in sicurezza, attraverso la realizzazione di opere attive, rappresentate da ponti da neve, deflettori da vento e, da ultimo, reti da neve. Ciò non sempre è avvenuto in modo efficace, in quanto, l'adozione di tecniche di ancoraggio per la messa in opera di alcune strutture, si è rivelata molto invasiva ed è andata soggetta a degrado nel tempo. Le caratteristiche dei luoghi stessi, contraddistinti da affioramenti rocciosi molto fratturati ed emergenze idriche diffuse, associate alla mancanza di una manutenzione adeguata, hanno prodotto, nel corso del tempo, diversi e rilevanti danni agli elementi e alle fondazioni delle opere. E' così che, con l'entrata in vigore nel 1998 della Legge 267, per la messa in sicurezza delle aree a rischio idrogeologico molto elevato, entrambe le zone valanghive, Costaccia e Blesaccia, vennero inserite nel programma degli interventi di mitigazione del rischio di valanga. Il progetto di mitigazione ha comportato quindi il ripristino delle strutture danneggiate, ma anche un potenziamento di quelle esistenti, sulla base di simulazioni dinamiche del fenomeno valanghivo con tempi di ritorno fino a 300 anni e con riferimento alla zonazione del rischio residuo per le aree di fondovalle. I lavori sono quindi stati portati a termine nel 2004, secondo quanto individuato dal progetto. Tutte le opere realizzate e quelle già esistenti sono quindi state inserite, con una numerazione progressiva, in un apposito catasto delle opere, finalizzato al loro controllo e alla loro manutenzione nel tempo. Attualmente, i metri lineari complessivi di opere attive installate, sono, per entrambe le aree considerate, 3651,5, mentre, per i deflettori, se ne hanno 315. In tutti questi anni, sull'onda del miglioramento delle conoscenze tecniche e scientifiche, la tipologia realizzativa delle opere ha subito diversi cambiamenti così, oggi, le aree in questione rappresentano anche un interessante "panorama" variegato e storico dei diversi aspetti costruttivi, relativi a opere paravalanghe di tipo attivo. Uno degli aspetti fondamentali, che ha consentito l'approvazione, da parte degli Organi Tecnici regionali, del declassamento delle aree critiche di fondovalle (Fig. 1b), è stato la predisposizione e relativa attivazione di un Piano di gestione integrato del rischio, basato su un Piano di monitoraggio, un Piano di emergenza e un Programma di controllo e manutenzione delle opere paravalanghe, che costituisce appunto l'oggetto di questo articolo.



RISCHIO DI VALANGA

il **CASO
LIVIGNO**

IL PIANO DI MONITORAGGIO

Nel campo dei rischi naturali è risaputo che la sicurezza assoluta è un fatto che non esiste. Le opere paravalanghe rappresentano dunque e generalmente un compromesso tra costo e beneficio.

Occorre pertanto monitorare le situazioni estreme, o eventuali riduzioni dell'efficacia delle opere dovute ad un loro deperimento o danneggiamento o a possibili accumuli nevosi anomali. Per questo scopo, all'interno del progetto, sono state previste e installate, in due diversi siti rappresentativi del territorio comunale, 2 stazioni automatiche in grado di misurare i parametri nivometeo di interesse (Figg.2 e 3).

AWS FEDERIA/GESSI

In località Corna dei Gessi (Fig.2), ad una quota di 2630 mslm, è operativa, dal 2005, la stazione AWS (Automatic Weather Station), in grado di misurare i seguenti parametri:

- temperatura e umidità relativa dell'aria
- direzione e velocità del vento
- pressione atmosferica

- pioggia
- altezza neve
- temperatura superficiale della neve
- temperatura interna manto nevoso su diversi livelli
- radiazione solare globale
- tensione batteria

L'area di installazione della stazione non è coperta dal segnale GSM e quindi il data logger è accoppiato ad un sistema radio che trasmette i dati in automatico ad una stazione remota, dotata di server sempre operativo e ubicata in zona coperta dal segnale GSM. Con un apposito software è quindi possibile, da una qualsiasi postazione PC, collegarsi al server della stazione remota ed effettuare l'interrogazione diretta o lo scarico dati da parte dell'utente. La stazione non è in rete ed è gestita dal Comune di Livigno, attraverso il Responsabile del Piano.

FLOWCAPT COSTACCIA

In località Costaccia, ad una quota di 2400 mslm, è operativa, dal 2005, una delle poche stazioni Flowcapt italiane (Fig.3), la cui caratteristica è quella di misurare, oltre alla direzione e velocità

del vento, anche il trasporto eolico della neve. L'ubicazione non è stata scelta a caso in quanto, il posto, è particolarmente esposto ai venti, con trasporti significativi di neve e possibile accumulo sulle opere paravalanghe non distanti.

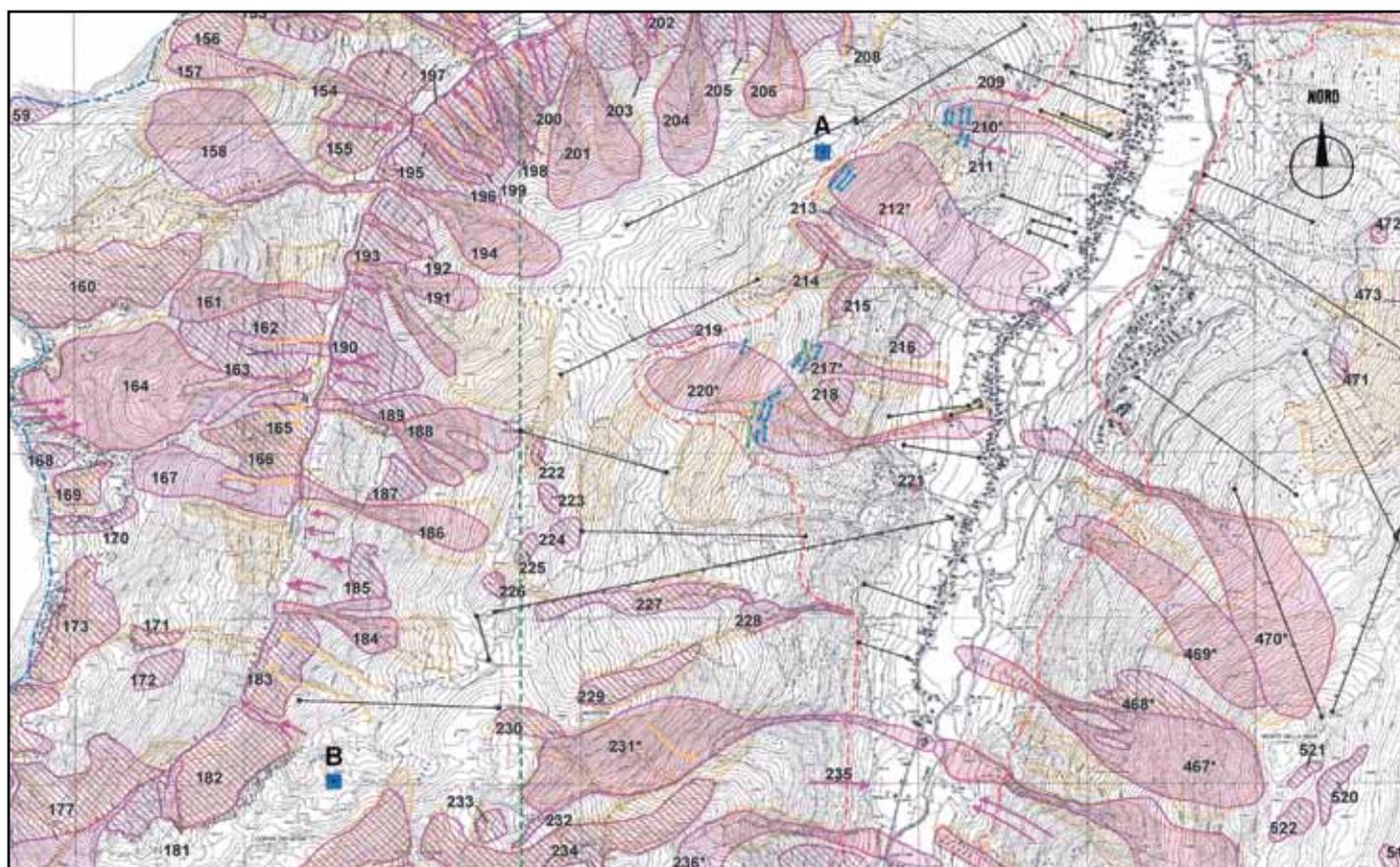
I dati sono inviati, via GSM in automatico, al server presso il Comune di Livigno e successivamente trasmessi, sempre in automatico con protocollo FTP, al server svizzero che provvede a metterli in rete attraverso la propria pagina web.

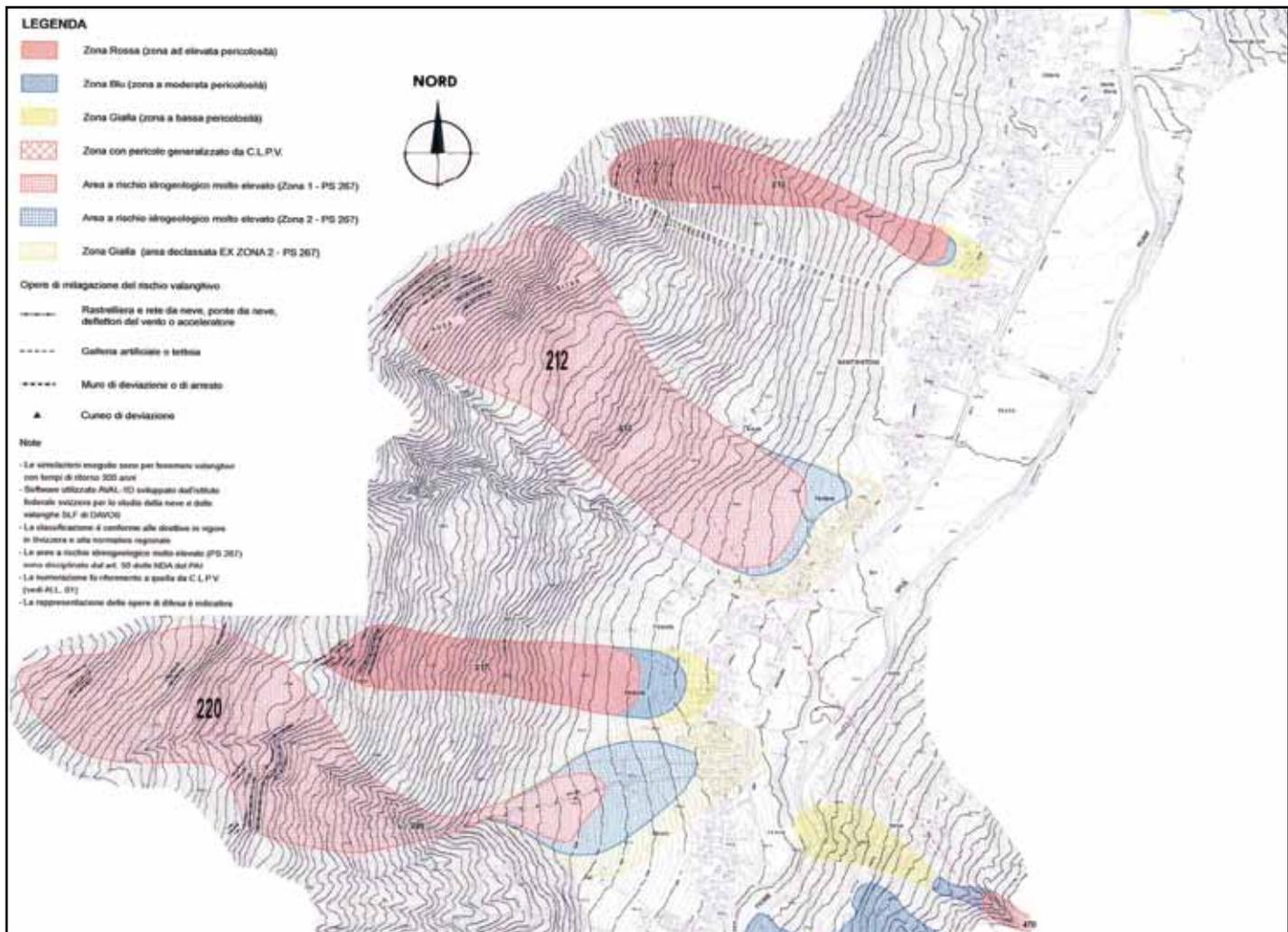
Questi dati sono quindi liberamente visualizzabili all'indirizzo www.nivometeo.com, selezionando la stazione di Livigno. Allo stesso indirizzo è possibile vedere anche le specifiche tecniche della stazione e la sua configurazione.

ALTRE STAZIONI AUTOMATICHE GESTITE DA ARPA LOMBARDIA

Nell'area di Livigno le stazioni automatiche più prossime sono quelle di Vallaccia e Oga, con le quali vengono spesso effettuati confronti nel corso della stagione invernale. A tal proposito esiste un contatto frequente tra il Centro Nivometeo di Bormio e il Responsabile del Piano.

Fig. 1a - Carta di Localizzazione Probabile di Valanga - Estratto C.L.P.V.
A = stazione FC Costaccia
B = AWS Federia/Gessi.





CAMPO NEVE

Da alcuni anni è operativo, sul territorio comunale, il campo neve del Servizio Forestale, ubicato poco a monte della partenza della seggiovia Monte Sponda, a quota 2150 mslm, che svolge, unitamente a quello regionale ARPA posto in località S.Rocco di Livigno e a quello della Società A2A di Cancano, i rilevamenti manuali giornalieri. Tali rilievi forniscono ulteriori parametri di misura utili ai fini delle previsioni locali e sono utilizzati ad integrazione e confronto con quelli provenienti dalle stazioni automatiche. Anche in questo caso è attiva una collaborazione tra il Responsabile del Piano e gli altri gestori.

RACCOLTA ED ELABORAZIONE DATI

Per quanto attiene il monitoraggio s.s., il Responsabile del Piano ha in carico quindi le seguenti incombenze:

- raccogliere ed elaborare i dati nivometeo sopra descritti;



Fig. 1b - Piano di Zona Esposta al rischio di Valanga - Estratto P.Z.E.V.

Fig. 2 - Stazione AWS di Federia/Gessi.

- ricevere i Bollettini nivometeo emessi da ARPA;
- effettuare sopralluoghi in quota e nelle zone di interesse con cadenza almeno mensile durante la stagione invernale e supportati da relativo verbale;
- attivarsi per la risoluzione dei problemi connessi con le stazioni nivometeo automatiche di competenza;
- informare la Commissione Locale Va-

- langhe in caso di criticità, relativamente alle zone controllate e l'Ente comunale;
- attivare e coordinare le procedure di allertamento ed emergenza qualora necessarie;
- effettuare le ispezioni sulle opere paravalanghe a fine stagione onde verificarne lo stato e relazionare in merito attraverso la stesura del rapporto annuale conclusivo.



Dall'alto verso il basso, fig. 3 - Stazione FlowCapt Costaccia; fig. 4 - Zona Costaccia; fig.5 - Zona Blesaccia 1; fig. 6 - Zona Blesaccia 2.

SCENARI DI RISCHIO

Il sistema di mitigazione del rischio di valanga previsto e realizzato con i progetti Blesaccia e Costaccia, rappresenta un sistema integrato che si appoggia, da

un lato, all'efficienza delle opere paravalanghe di tipo attivo (Figg. 4, 5 e 6). e, dall'altro, al monitoraggio in corso d'esercizio, con riferimento anche alle condizioni nivometeorologiche e con particolare riguardo all'accadimento di fenomeni estremi.

Sappiamo infatti che essi tenderanno nel tempo a diventare più frequenti e arealmente localizzati, a causa dei cambiamenti climatici in corso e che, pertanto, aumenteranno anche le difficoltà di previsione degli effetti e la loro estrapolazione spaziale. È importante pertanto che ci sia, anche a livello locale e non solo regionale, un controllo continuo in tal senso. Prescindendo dallo stato di efficienza delle opere, che viene opportunamente verificato nel corso della stagione invernale e alla fine della stessa dal Responsabile del Piano, gli scenari nivometeo critici di riferimento sono, a livello locale, i seguenti:

- Hs (altezza neve al suolo) in quota rilevante e superiore al doppio della media standard calcolata su una serie di inverni significativi;
- ΔHs 2/3 (altezza neve cumulata in 2/3 giorni consecutivi di precipitazione) >120-150 cm;
- Presenza di vento e di accumuli eolici importanti;
- Temperature generalmente basse nel periodo precedente la fase critica;
- Bollettino valanghe regionale (scala europea livello uguale o superiore a 4).

Tali fattori sono stati dedotti dall'esame delle situazioni estreme, considerate nei calcoli dinamici degli spazi di arresto delle valanghe trecentennali. Questi elementi costituiscono anche i riferimenti di base per il relativo Piano di emergenza.

IL PIANO DI EMERGENZA

Il Piano di emergenza, previsto anche dalla Legge 267/98, è stato realizzato per entrambe le zone urbanizzate denominate Blesaccia e Costaccia, soggette al rischio residuo di valanga ed ovviamente in modo diversificato. Esso rappresenta un mezzo preventivo temporaneo per fron-

teggiare situazioni nivometeo estreme o riduzioni non controllabili e/o impreviste dell'efficacia delle opere.

Nella presentazione che segue viene descritto il Piano adottato per la zona Costaccia nelle sue linee generali.

L'area urbanizzata di fondovalle in oggetto, è stata suddivisa in 2 fasce sottoposte a diversa regolamentazione:

- la fascia 1 identificata con la zona blu della ripermetrazione;
- la fascia 2 identificata con la zona gialla della ripermetrazione (ex zona blu ora declassata).

Gli edifici, come altre attività esterne o eventuali impianti di risalita ricadenti in tali fasce, sono stati repertoriati e referenziati in apposite schede, che vengono aggiornate regolarmente dal Responsabile del Piano (Fig.7a,7b, 7c).in modo che, in caso di necessità, si possano contattare rapidamente anche i residenti e/o proprietari.

Sulla base dei parametri nivometeo critici, individuati dal Piano di monitoraggio, sono state stabilite 3 soglie incrementali di criticità, così distinte:

- soglia di attenzione - codice 1
- soglia di preallarme - codice 2
- soglia di allarme ed evacuazione preventiva - codice 3.

Ad ognuna di esse corrisponde un determinato scenario di rischio e di procedure operative connesse, individuate dai relativi codici.

Nel caso in cui le opere paravalanghe in quota, per qualsiasi ragione, dovessero risultare in gran parte danneggiate o inefficaci, i parametri meteorologici di riferimento, individuati per ciascuna soglia, potranno subire delle variazioni, con soglie di intervento quindi inferiori. In questi casi, è il Responsabile della gestione del Piano, a valutare la situazione e operare di conseguenza.

In presenza di un codice 1, il Responsabile della gestione del Piano seguirà la situazione evolutiva nivometeo giornalmente, mantenendo contatti frequenti

con la sede comunale e provvedendo ad eseguire eventuali rilievi in quota mirati. Nessun provvedimento è previsto a carico dei residenti ricadenti nelle aree controllate.

In presenza di un codice 2, Il Responsabile della gestione del Piano, che già si trova a seguire la situazione evolutiva nivometeo, si trasferisce sul posto, qualora già non lo sia. Egli dovrà valutare direttamente la situazione, operando a stretto contatto con la Sede comunale e concordando, con l'Autorità comunale, l'eventuale approntamento della sala operativa.

I provvedimenti da adottare saranno i seguenti:

- convocazione della Commissione Valanghe Locale;
 - redazione, da parte del Sindaco, di comunicato informativo per la popolazione interessata e sua divulgazione;
 - contatti telefonici o diretti (porta a porta), tramite il supporto della Polizia Municipale, con le persone residenti nella fascia 1, in modo che i diretti interessati siano al corrente della situazione e possano prepararsi, con un certo anticipo, all'eventuale evacuazione, che potrebbe avvenire nell'arco delle successive 6-12 ore;
 - allertamento delle altre persone di riferimento contenute nella relativa scheda;
 - verifica e predisposizione delle strutture previste all'accoglimento delle persone che potrebbero essere interessate dal provvedimento di evacuazione.
- Nessun provvedimento di allertamento per i residenti in fascia 2.

In presenza del codice 3, il Responsabile del Piano, che già si trova sul posto, assumerà la funzione del R.O.C. (Referente Operativo Comunale). Egli continuerà a valutare e seguire direttamente la situazione, operando a stretto contatto con la Sede comunale (Sala Operativa), dandone avviso al Sindaco e coordinando le operazioni di emergenza, preparandosi anche a fronteggiare la fase successiva connessa con la cessazione del rischio.

**PIANO DI EMERGENZA ZONA VALANGHIVA
"BLESACCIA" - "COSTACCIA" L.267/98
ENTI E PERSONE DI RIFERIMENTO
ultimo aggiornamento 2011**

riferimenti e mansioni	nominativo	tel. uff	tel. casa
Responsabile gestione Piano di Monitoraggio			
Riferimento Comune di Livigno			
Sindaco			
Vicesindaco			
Comando P.M. Sede			
Responsabile Sede			
Protezione Civile Sede			
Responsabile Sede			
Soccorso Alpino CNSAS stazione Livigno			
Responsabile Sede			
Gruppo A.N.A. Sede Livigno			
Responsabile Sede			
Carabinieri Sede Livigno			
Corpo Forestale Sede Bormio			
Vigili del Fuoco			
Parco Nazionale Stelvio Sede Livigno			

© AINEVA

Dall'alto verso il basso, fig. 7a, 7b e 7c.

**PIANO DI EMERGENZA ZONA VALANGHIVA "COSTACCIA" L.267/98
SOGETTI RICADENTI IN FASCIA 1 - POSSIBILE ALLERTAMENTO ED EVACUAZIONE
ultimo aggiornamento 2011**

cod. ID.	indirizzo edificio	riferimento	tel. casa	cellulare	occupanti		indirizzo persone	note
					min.	max		
15	Via Rin 128/A							
20	Via Rin 214/C							
24	Via Rin 214/D							
24	Via Rin 214/D							
28	Via Rin 252							
28	Via Rin 252							
34	Via Rin 280/A							
33	Via Rin 280/E							
38	Via Rin 340							
41	Via Rin 370							
44	Via Rin 380							

© AINEVA

**PIANO DI EMERGENZA ZONA VALANGHIVA "COSTACCIA" L.267/98
SOGETTI RICADENTI IN FASCIA 2 - POSSIBILE ALLERTAMENTO ED EVACUAZIONE
ultimo aggiornamento 2011**

cod. ID.	indirizzo edificio	riferimento	tel. casa	cellulare	occupanti		indirizzo persone	note
					min.	max		
1								
1								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
12								
13								
13								
14								
15								
16								

© AINEVA

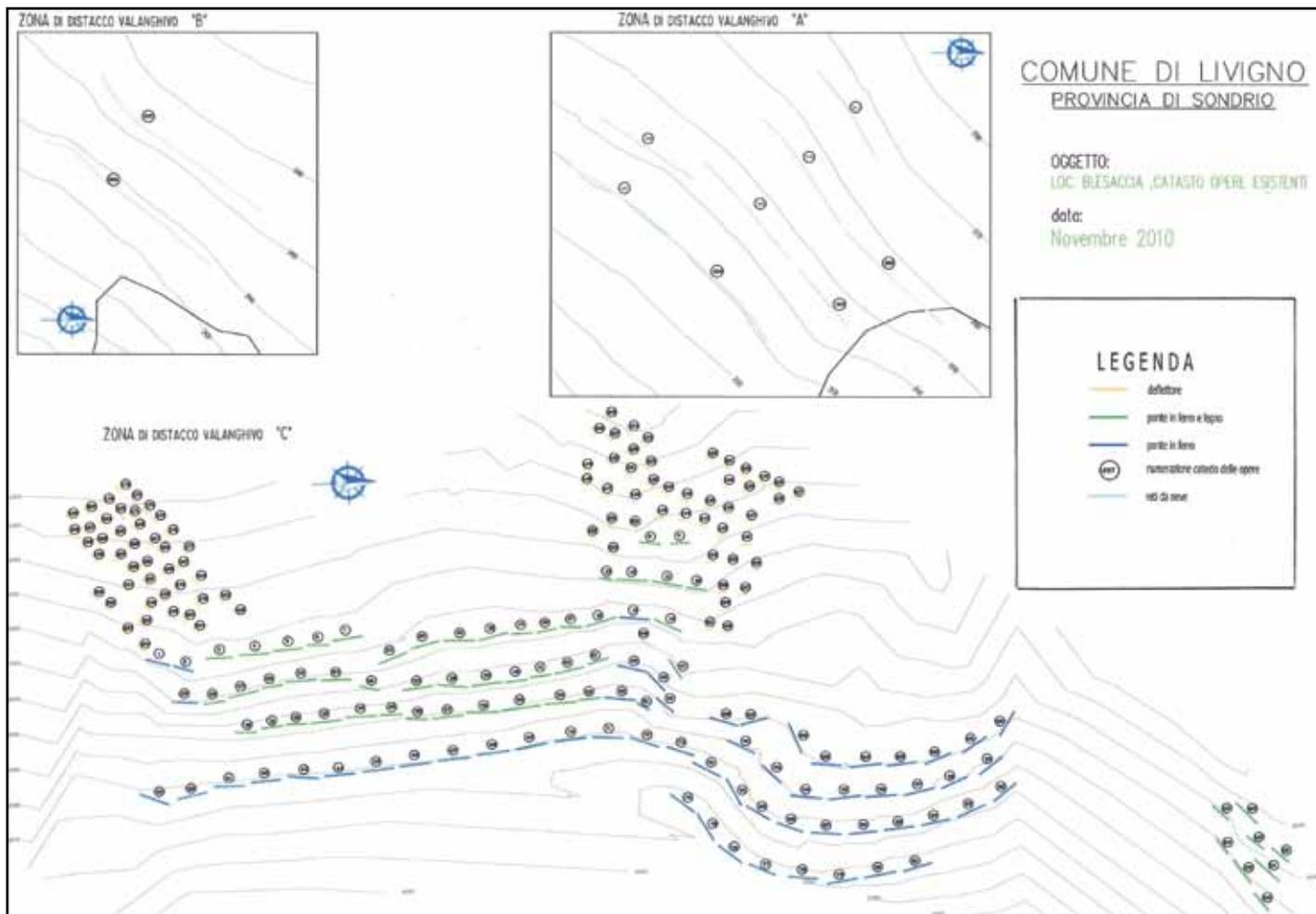


Fig. 8a - Catasto opere zona Blesaccia.

I provvedimenti adottati saranno i seguenti:

- comunicazione, da parte del Sindaco, alle Autorità competenti (Prefetto, Provincia, Regione), circa la situazione di allarme;
- ordinanza di evacuazione per tutti gli occupanti dei fabbricati compresi nella fascia 1, tale zona sarà considerata interdetta, mentre i residenti, compresi nella fascia 2, dovranno evitare permanenze nelle aree esterne; il provvedimento sarà ad esecuzione immediata e la pattuglia della Polizia Municipale avviserà tramite sirena e megafono;
- tutte le persone residenti nella fascia 1 saranno allontanate dal personale di soccorso e si trasferiranno, salvo diverse disposizioni, al Centro di raccolta previsto;
- il tratto di strada principale, compreso nella fascia 2, sarà opportunamente regolamentato, con accesso consentito solo ai residenti e per evidenti ragioni di necessità ed il comando di P.M.

provvederà agli opportuni interventi di regolamentazione temporanea della viabilità locale.

Altri provvedimenti ulteriormente cautelativi potranno essere presi anche in fascia 2 nel caso ipotetico ed eccezionale di annullamento o grave riduzione dell'efficacia delle opere.

Lo stato di emergenza, legato alla particolare situazione nivometeorologica e ambientale che ha comportato l'emergenza, potrebbe protrarsi per alcuni giorni. Durante questo periodo verrà mantenuto attivo l'apparato di controllo sul territorio. Le relative procedure che consentiranno il rientro dell'emergenza e il ritorno graduale alla normalità saranno le seguenti:

- sopralluogo in quota condotto da personale specializzato (guide alpine) e dal Responsabile della gestione del Piano, effettuato con mezzi appropriati, eventualmente messi a disposizione dall'Ente comunale, con esecuzione di rilievi per valutare la stabilità del manto nevoso e la situazione relativa allo stato delle

opere paravalanghe e redazione di relazione tecnica sullo stato di fatto;

- convocazione della Commissione Valanghe Locale;
- revoca ordinanza di evacuazione e limitazione temporanea con rientro dei residenti;
- messaggio di cessato allarme (Prefetto, Provincia, Regione).

Si ritiene utile portare l'attenzione su alcuni aspetti legati all'istituzione e operatività della C.L.V. (Commissione Locale Valanghe). A livello normativo nazionale o regionale non esiste l'obbligo di istituire tale commissione, anche se, è facoltà del Sindaco prevederla, qualora se ne dovessero riscontrare le necessità.

La C.L.V. ha unicamente scopo consultivo, ad essa non spetta svolgere alcun intervento particolare, se non quello di effettuare occasionalmente valutazioni contingenti della situazione valanghiva, e supportare così le decisioni del Sindaco in materia di ordinanze e provvedimenti cautelativi temporanei, mentre, nessuna

responsabilità può essere riconosciuta ai Membri in caso di errore decisionale. Nel contesto della procedura descritta, e con riferimento quindi ai fenomeni valanghivi Blesaccia e Costaccia, la C.L.V., già operativa dal 2008, potrà fungere da supporto e da utile confronto per eventuali estrapolazioni delle situazioni di rischio ad altri ambiti territoriali, non inclusi nelle zone sottoposte alla L. 267/98, per le quali è stata prevista una figura professionale specifica.

IL PROGRAMMA DI CONTROLLO E MANUTENZIONE

Il programma di controllo delle opere si attua attraverso i sopralluoghi effettuati dal Responsabile della gestione del Piano durante la stagione invernale e alla fine della stessa, così come definito anche nel Piano di monitoraggio. In particolare, durante le ispezioni invernali viene verificata l'opera nel suo complesso, in modo da va-

lutarne qualitativamente la sua efficacia sotto carico, gli eventuali stati tensionali indotti, i possibili sovraccarichi, il grado di saturazione, in modo da ottenere dei riferimenti da utilizzare, sia in previsione di criticità nivometeorologiche, sia per importanti confronti nel corso dell'ispezione di fine stagione, da condurre a terreno scoperto e con opere scariche.

Il sopralluogo condotto a fine stagione è infatti particolarmente importante e viene effettuato sulla singola opera con riferimento al catasto, che le individua attraverso una serie di parametri caratteristici di seguito descritti (Fig.8a e8b).

L'opera è distinta in 3 categorie tematiche di dati:

1. DATI IDENTIFICATIVI

Ogni singola opera è identificata secondo un codice numerico sequenziale.

Zona

Indica la zona di ubicazione delle opere e prevede le sigle D (zona di distacco), S

(zona di scorrimento), A (zona di arresto).

Quota

Indica la quota di posizionamento dell'opera in mslm, dedotta dal rilievo specifico eseguito. Nella norma corrisponde al valore medio rispetto ai due estremi dell'opera.

Periodo

Indica l'anno o il periodo di costruzione. E' un parametro essenziale al fine di valutare l'evoluzione del degrado delle opere.

2. DATI TIPOLOGICI

Tipo opera

E' una sigla che rappresenta la tipologia costruttiva dell'opera secondo le classi di opere presenti sul sito.

Opere di difesa attiva:

- DL Deflettore da vento in legno
- DM Deflettore da vento in metallo
- PLL Ponte da neve in legno con traverse in legno
- PFL Ponte da neve in ferro con traverse in legno

Fig. 8b

CATASTO OPERE PARAVALANGHE LIVIGNO (SO) Giugno 2011

DATI IDENTIFICATIVI				DATI TIPOLOGICI					STATO DI CONSERVAZIONE ED EFFICIENZA	
n. opera (n. Progr.)	zona (cod.)	quota (m.s.l.m.)	periodo (anno costruz.)	tipo opera (cod.)	altezza (m)	lunghezza (m)	n. elementi n. traverse (n.)	fondazioni (cod.)	classe (cod.)	note
30	D	2333	1982/84	PAA	2.50	7.50	1x5	FP	1	
31	D	2333	1982/84	PAA	2.50	7.50	1x5	FP	1	
32	D	2333	1982/84	PAA	2.50	7.50	1x5	FP	1	
33	D	2333	anni '60	PFL	2.30	9.60	3x6	FP	1	
34	D	2333	anni '60	PFL	2.30	9.60	3x5	FP	1	
35	D	2333	anni '60	PFL	2.30	9.60	3x5	FP	1	
36	D	2333	1982/84	PAA	3.00	7.50	1x5	FP	1	
37	D	2333	1982/84	PAA	3.00	7.50	1x5	FP	1	
38	D	2333	1982/84	PAA	3.00	7.50	1x5	FP	1	
39	D	2333	anni '60	PFF	3.00	9.50	1x5	FP	1	
40	D	2335	97/98	RN	4.30	30.00	3x6	FM	1	
41	D	2329	97/98	RN	4.30	92.00	8	FM	1	
42	D	2330	anni '60	PFF	3.60	9.60	25	FP	1	1° 2° 5° da sud base montante tana marmotta
43	D	2329	97/98	RN	4.30	20.00	3x6	FM	1	
44	D	2324	1982/84	PAA	3.00	7.50	5	FP	1	1° da sud base montante tana marmotta
45	D	2324	1982/84	PAA	2.30	7.50	1x5	FP	1	
46	D	2324	1982/84	PAA	2.30	7.50	1x5	FP	1	
47	D	2324	1982/84	PAA	2.30	7.50	1x5	FP	1	
48	D	2324	1982/84	PAA	2.30	7.50	1x5	FP	1	
49	D	2324	1982/84	PAA	3.00	7.50	1x5	FP	1	
50	D	2323	anni '60	PFL	2.30	9.60	3x6	FP	1	
51	D	2323	anni '60	PFL	2.30	9.60	3x5	FP	1	
52	D	2323	anni '60	PFL	2.30	9.60	3x5	FP	1	
53	D	2323	1982/84	PAA	3.00	7.50	1x5	FP	1	
54	D	2323	1982/84	PAA	3.00	7.50	1x5	FP	1	
55	D	2323	1982/84	PAA	3.00	7.50	1x5	FP	1	
56	D	2320	97/98	RN	4.30	37.00	10	FM	1	

RC = ritesatura controv.; VL = verniciatura legni; VFL = verniciatura ferro e legno; T = traverse

© AINEVA

in questi punti. Onde ovviare a ciò si è provveduto ad "annegare" la testa dei micropali più degradati in plinti di cemento armato (Figg. 9, 10 e 11) appositamente concepiti. Per quanto attiene i ponti da neve in generale essi presentano la necessità di manutenzioni molto più ridotte rispetto alle reti anche se, diventa fondamentale, la verniciatura e/o sostituzione delle traverse in legno danneggiate o compromesse.

IL RAPPORTO ANNUALE

Esso rappresenta il resoconto di tutte le procedure operative connesse con l'attivazione del Piano di gestione del rischio valanga per le aree in oggetto e ne dimostra dunque la regolare esecuzione. In particolare vi si descrive l'andamento

nivometeorologico stagionale (Fig.11), gli aspetti che hanno condizionato il funzionamento delle stazioni nivometeo automatiche gestite, le eventuali operazioni di risoluzione delle problematiche connesse, le eventuali manutenzioni specialistiche con i relativi certificati, le osservazioni effettuate sulle opere paravalanghe nel corso della stagione, con i relativi verbali di controllo mensile, una accurata descrizione puntuale, opera per opera, delle condizioni riscontrate a fine stagione, con riferimento al catasto delle opere e, infine, le possibili proposte migliorative o di manutenzione da programmare. Inoltre vengono allegati alcuni grafici relativi all'andamento dei principali parametri nivometeo stagionali (Fig.12a, b, c) e alcune tavole fotografiche rappresentative. Una copia di detto rapporto resta al Co-

mune, che ne effettua la presa d'atto attraverso una delibera di Giunta, mentre, una seconda copia, viene inoltrata per conoscenza all'Ufficio competente della Regione Lombardia, in accordo con le disposizioni previste e concordate.

CONCLUSIONI

L'esempio descritto costituisce, a parere dello scrivente, un corretto ed efficiente modo operativo per la gestione delle problematiche connesse con gli interventi di mitigazione dei rischi naturali e dovrebbe trovare ben più frequente applicazione nella pratica. Purtroppo, probabilmente per problemi economici e mancanza di figure specifiche, capita troppo spesso che gli interventi di mitigazione eseguiti siano poi abbandonati al loro destino, soprattutto se realizzati in zone impervie.

Nella pagina a fianco, dall'alto verso il basso, fig. 9, 10 e 11 - Erosione nelle fondazioni dei micropali da parte di marmotte e ripristino con plinti in cemento armato; fig. 12 - Esempio di verbale mensile.

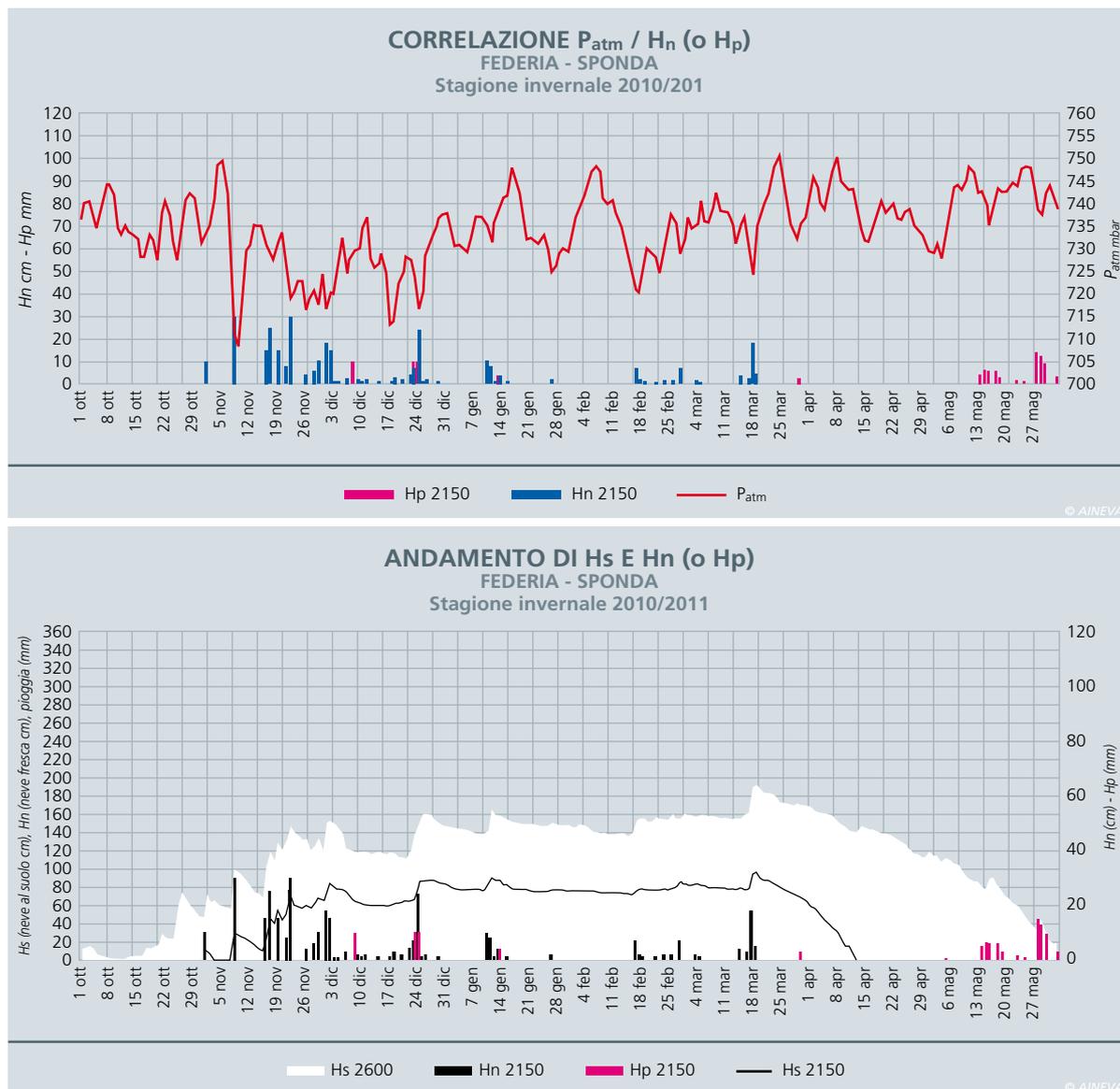
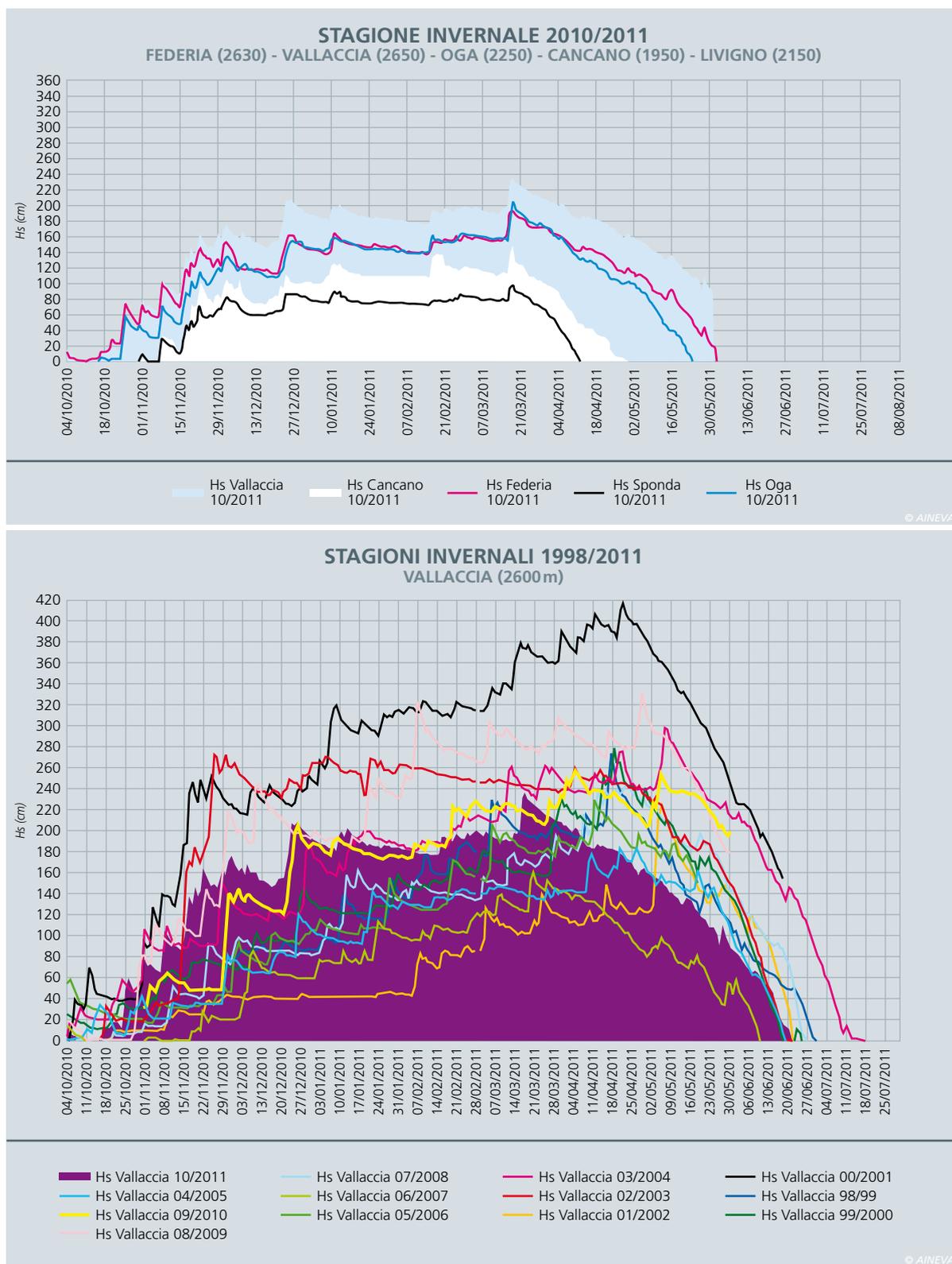


Fig. 12a

Fig. 12b



In realtà il problema economico potrebbe anche essere superato, ad esempio, con il coinvolgimento alle spese delle Società Impianti di risalita, oppure prevedendo un contributo specifico a livello locale, come avviene all'estero. In ogni caso e in genere, è dimostrato che, laddove vi sia la volontà di intervenire, si trovano anche i mezzi per farlo.

Una cattiva o assente manutenzione delle opere di questo tipo può portare, con il tempo, ad una errata percezione del rischio, con pericolose sottostime, derivata dalla convinzione della presunta efficienza di quanto in passato realizzato e ciò va a scapito di tutta la comunità. Qualora dovesse infatti verificarsi un evento critico e con conseguenze cata-

strofiche i costi da sostenere per il ripristino delle aree sarebbero incalcolabili. Per questa ragione ritengo che, in tutti i casi di revisione delle perimetrazioni del rischio di valanga, ma non solo, soprattutto quando il fatto riguarda i centri abitati, vi sia anche la predisposizione di un Piano di gestione del rischio residuo, sull'esempio di quello riportato, con la

concreta attivazione e verifica delle procedure previste, come condizione ultima e necessaria, affinché possano considerarsi raggiunti gli obiettivi finali. Si tratta in sostanza di prevedere un livello integrativo specifico per problematiche particolari, da affiancare al Piano di Emergenza Comunale (PEC). Con riferimento agli insediamenti esistenti, già oggetto in passato di eventi calamitosi, l'obiettivo finale assoluto deve rimanere quello di garantire la sicurezza dei residenti, con tutti i mezzi ragionevolmente disponibili, dall'intervento strutturale, alla prevenzione e alla manutenzione.

Se ciò non dovesse dimostrarsi fattibile, nei termini sopra descritti, e il livello di rischio non sostenibile, l'alternativa ultima deve essere l'abbandono e/o la demolizione.

Bibliografia

- ARPA Centro Nivometeo Bormio - Corpo Forestale dello Stato (Stazione di Livigno) - A2A Grosio Dati meteorologici riferiti alle Stazioni di Vallaccia-Oga-Livigno-Cancano (Alta Valtellina)
- ARPA Regione Lombardia Carta di Localizzazione Probabile di Valanga Comune di Livigno - scala 1:25.000 - 1998/99
- BARBOLINI, M. 2000 Criteri per la perimetrazione delle aree soggette al pericolo di valanghe e per la progettazione preliminare degli interventi finalizzati alla riduzione del rischio (ai sensi della L.267/98). Regione Lombardia
- BARIFFI, A. 1997/98 Piano di Zona Esposta a Valanga per il territorio comunale di Livigno (P.Z.E.V.), progetto pilota con utilizzo della metodologia elvetica, analisi statistica dei dati nivometeo pregressi per l'estrazione delle curve di ritorno dei fenomeni estremi e simulazioni dinamiche dei fenomeni valanghivi con delimitazione delle zone di rischio. Amministrazione Comunale di Livigno
- BARIFFI, A. 1998 -2006 Piano di gestione del rischio valanga per i lavori di scavo del Nuovo Canale Viola a Cancano (Alta Valtellina) e relativo monitoraggio invernale. Impregilo SpA, Milano (Val Viola S.c.a r.l. Bormio) - SELI, Roma - Cossi, Sondrio - Grolli, Tresenda
- BARIFFI, A. 2001/2002 Progetto preliminare-definitivo-esecutivo delle opere paravalanghe per la messa in sicurezza delle località Costaccia e Blesaccia a Livigno L. 267/98. Regione Lombardia
- BARIFFI, A. 2002 Piano di Zona Esposta a Valanga per il territorio comunale di Livigno (P.Z.E.V.), 1ª revisione e aggiornamento. Amministrazione Comunale di Livigno
- BARIFFI, A. 2005 Stesura Piano di monitoraggio per le zone soggette a rischio valanga denominate Blesaccia e Costaccia (aree soggette alla L267/98). Amministrazione Comunale di Livigno
- BARIFFI, A. 2005 Stesura Piani di emergenza per le zone soggette a rischio valanga denominate Blesaccia e Costaccia (aree soggette alla L267/98). Amministrazione Comunale di Livigno
- BARIFFI, A. 2006 e seguenti Rapporti annuali sullo stato di esercizio delle opere paravalanghe.

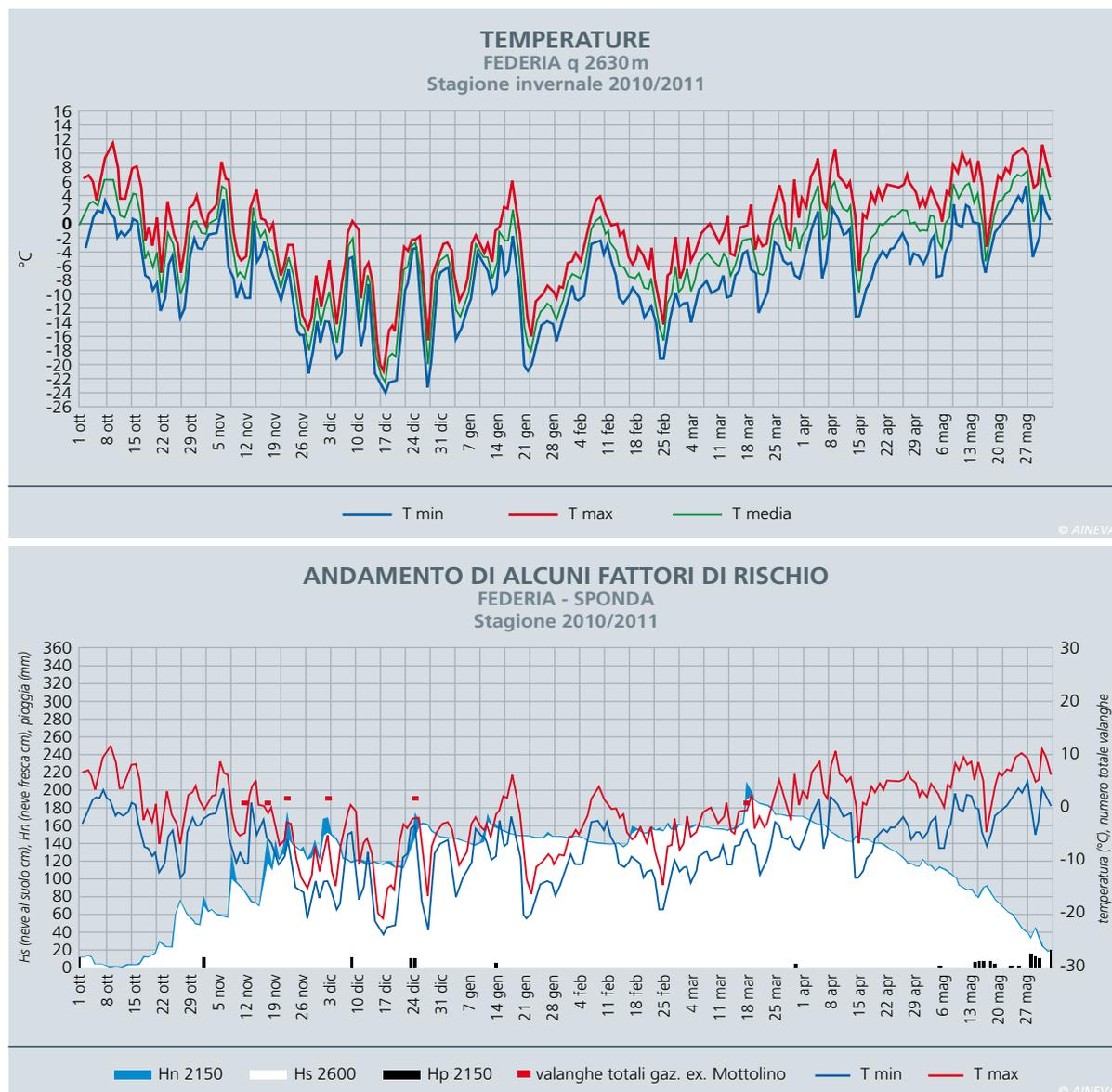


Fig. 12c

un modello di erosione del suolo da valanga

**Gabriele Confortola,
Daniele Bocchiola**

Dipartimento DIIAR, Politecnico di Milano,
Piazza Leonardo Da Vinci 32, 20133 Milano
daniele.bocchiola@polimi.it

**Margherita Maggioni,
Michele Freppaz**

Università degli Studi di Torino, Di.Va.P.R.A.,
Chimica Agraria e Pedologia - Laboratorio
Neve e Suoli Alpini e NatRisk,
via L. Da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO)

Le valanghe di neve influenzano la dinamica dei terreni alpini. Le valanghe esercitano una considerevole azione erosiva che porta alla frattura del suolo e alla rimozione dei sedimenti, in particolare nella zona di scorrimento. I sedimenti si mischiano alla neve all'interno del corpo valanga e vengono trasportati e depositati nella zona di accumulo, dove danno origine a morfologie tipiche degli ambienti pedemontani. La quantità di suolo incorporato nelle valanghe dipende dalle caratteristiche reologiche delle stesse (p.es. valanghe asciutte o umide), dalle caratteristiche topografiche (p.es. valanghe canalizzate o di pendio), nonché dalle proprietà del suolo e della copertura vegetale. Tramite tale azione erosiva l'attività delle valanghe contribuisce anche alla redistribuzione dei nutrienti che vengono estratti dal suolo e resi disponibili per la vegetazione durante la stagione di crescita. Inoltre, le modifiche del suolo risultanti portano a condizioni pedologiche e ambientali particolari. I ricercatori dell'Università di Torino hanno condotto studi di campo atti a quantificare l'ammontare di sedimento intrappolato dalle valanghe nel sito di studio di Lavancher, in Valle d'Aosta. Sulla base dei dati ricavati, si sviluppa qui un modello di erosione del suolo da valanga che viene applicato al sito in esame. Si è utilizzato un modello di dinamica precedentemente sviluppato e validato, modificato per includere l'erosione. L'erosione del suolo viene modellata tramite due differenti meccanismi, i) eccesso di sforzo di taglio al fondo e ii) velocità critica. Si utilizzano equazioni disponibili in letteratura per modellare lo sforzo di taglio esercitato dalle valanghe sul terreno sottostante. Dall'analisi della letteratura disponibile si ricavano soglie critiche di sforzo al fondo e di velocità per la rimozione del suolo, in dipendenza dalla tessitura e delle proprietà geotecniche dello stesso. Il modello fornisce una descrizione accettabile del processo di rimozione del suolo per tre eventi campione per il sito in esame. Sebbene siano necessari ulteriori esperimenti per valutarne la bontà, il modello proposto costituisce un interessante punto di partenza per studi relativi alla valutazione del contributo geomorfologico delle valanghe.



il caso
di Lavancher
Morgex

INTRODUZIONE

L'influenza delle valanghe sulla morfologia e l'ecologia delle aree montane è fondamentale. Le valanghe contribuiscono alla redistribuzione dei nutrienti ed allo sviluppo di particolari condizioni pedologiche e geomorfologiche. Il materiale solido, asportato dalla zona di distacco e di scorrimento, è trasportato e depositato nella zona di accumulo (Gardner, 1983). Lungo il loro percorso, le valanghe possono quindi diventare "sporche", a testimonianza della loro forte azione erosiva, dovuta agli elevati sforzi di taglio che sono in grado di esercitare sulla superficie di scorrimento (fig.1). Il flusso è in grado di erodere il suolo e di trasportare anche clasti di notevoli dimensioni (Blikra e Sæmundson, 1998). I ricercatori del Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali

Fig. 1 - Neve "sporca".



Sotto, dall'alto verso il basso, fig. 2 - Evento valanghivo del 2008; fig. 3 - Rilievo della zona di deposito.



(DIVAPRA) dell'Università di Torino hanno individuato a Morgex, in Valle d'Aosta, un sito adatto alla raccolta di dati di campo per valutare l'erosione di suolo da valanga (fig.2) (Freppaz *et al.*, 2007 e 2010). Basandosi sui dati raccolti attraverso una serie di campagne di misura, si è qui implementata l'erosione in un modello di dinamica 1-D, già sviluppato e testato al Politecnico di Milano (Arena lo Riggio *et al.*, 2008), al fine di simulare la rimozione di suolo in tre eventi valanghivi oggetto di studio (fig.3). Il quantitativo di materiale eroso dipende sia dalle caratteristiche reologiche e morfologiche delle valanghe che da quelle geotecniche del suolo, oltre che dalla topografia locale. Per quanto riguarda la reologia, le valanghe che coinvolgono tutto lo spessore di neve sono in genere in grado di trasportare grandi quantitativi di detrito (Luckman, 1977).

I suoli lungo la zona di transizione possono apparire frammentati e ampiamente degradati (Freppaz *et al.*, 2003, 2006 e 2010) e presentare morfologie complesse (King e Brewster, 1978). Se predominano invece le valanghe superficiali, i suoli nella zona di transizione sono di solito meglio conservati e i canali di scorrimento possono essere ancora completamente ricoperti di erba (Bozhinskiy e Losev, 1998). L'impatto geomorfologico delle valanghe polverose è tipicamente minore rispetto alle valanghe di neve densa (Kohl *et al.*, 2001; Heckman *et al.*, 2005), che contribuiscono alla rimozione di arbusti e alberi (Muntán *et al.*, 2004), al trasporto di sedimenti (Schrott *et al.*, 2003) e alla modifica della morfologia delle aree alpine (Jomelli e Bertrand, 2001). Le valanghe possono inoltre influenzare la capacità erosiva lungo il corso dei fiumi, producendo sedimenti a cascata dai bacini superiori (Ackroyd, 1987). La frequenza e l'intensità degli eventi valanghivi influenza la composizione chimica del suolo (Edwards *et al.*, 2007; Freppaz *et al.*, 2006, 2008 e 2010) e le caratteristiche dei sedimenti (De Scally e Owens, 2005), smistando il detrito lungo la zona di scorrimento e deposizione (Bell *et al.*, 1990; Decaulne e Saemundsson, 2006). Conseguentemente

alla rimozione di suolo lungo il tracciato, le valanghe possono inoltre provocare una maggiore instabilità del terreno (Heckmann *et al.*, 2002; Freppaz *et al.*, 2006). L'occorrenza e la dimensione delle valanghe sono in grado di influenzare anche la biodiversità (Geertsema e Pojar, 2007), agendo sulla struttura delle foreste (Kulakowski *et al.*, 2006), contribuendo alla ricarica di biomassa nei fiumi (Bartelt e Stöckly, 2001), ed interagendo con la dinamica degli incendi boschivi (Veblen *et al.*, 1994). La struttura e la composizione del tracciato valanghivo rappresentano inoltre un habitat unico per le specie animali e vegetali (Erschbamer, 1989; McLellan e Hovey, 2001); nelle aree percorse da valanghe è infatti stata riscontrata sia una maggiore varietà di piante, grazie alla disponibilità di nutrienti e al minore perdurare della copertura nivale (Rixen *et al.*, 2007), che un innalzamento della quota limite della vegetazione (Korner, 2003). La conoscenza dell'impatto geomorfologico delle valanghe è quindi di grande interesse scientifico. La modellazione dinamica delle valanghe è principalmente incentrata sulla simulazione delle distanze di arresto, delle velocità e delle pressioni d'impatto, avendo quindi come principale obiettivo la mappatura del pericolo (Salm *et al.*, 1990) e la valutazione del rischio (Bocchiola e Rosso, 2007; Bianchi Janetti *et al.*, 2009). Ad oggi mentre la modellazione dinamica e i fenomeni di erosione della neve sono oggetto di numerosi studi, l'erosione di suolo ad opera delle valanghe è un argomento ancora poco investigato. L'obiettivo del presente lavoro è quello di definire il meccanismo di erosione del suolo e di sviluppare un modello in grado di simulare sperimentalmente il fenomeno come osservato nei casi di studio. La rimozione di suolo è stata qui modellata secondo due principali metodologie, eccesso di attrito al fondo e velocità critica. L'attrito, o sforzo di taglio esercitato dalla valanga sul terreno, così come la resistenza al taglio del suolo e la velocità critica d'inizio del trasporto sono state calcolate attraverso formulazioni presenti in letteratura.

CASO DI STUDIO

Il sito di studio è il percorso valanghivo denominato "Lavancher", nel Comune di Morgex, in Valle D'Aosta, circa 15 km a SE del Monte Bianco. Il monitoraggio è stato condotto durante gli inverni 2005-2006, 2006-2007 e 2007-2008 (Freppaz *et al.*, 2010). L'area è caratterizzata da una precipitazione massima durante l'autunno, con una media di neve cumulata annua pari a circa 700 cm. Il tracciato valanghivo è parzialmente canalizzato, con un dislivello totale di circa 2000 m e una distanza di arresto pari a circa 4500 m. La pendenza media dei versanti è di circa 30°. La zona di distacco è costituita da un bacino ampio (circa 2.5 km²) e piuttosto omogeneo, per la gran parte coperto da tundra alpina con una superficie a bassa scabrezza (Barbolini *et al.*, 2000b) (fig. 4, vedi foto a pag. 47).

DATI DI EROSIONE DEL SUOLO

I dati di composizione e relativi all'erosione del suolo sono stati raccolti in campagne di rilievo dedicate, descritte approfonditamente da Freppaz *et al.*, 2010. Attraverso una serie di sopralluoghi successivi a tre principali eventi valanghivi (5 marzo 2006 (1), 2 marzo 2007 (2) e 6 maggio 2008 (3)) sono stati determinati i principali parametri chimici e fisici dei depositi (fig.5), tra i quali il volume, la densità della neve e la concentrazione di sedimenti. E' stato così possibile calcolare infine l'ammontare totale di sedimento trasportato in ciascun evento (fig.4).

Nella tabella di Fig. 6 si riportano le principali caratteristiche dei suoli e della neve nei depositi valanghivi.

COPERTURA NIVALE E DATI METEOROLOGICI

Sono stati utilizzati i dati forniti dalla Regione Autonoma Valle D'Aosta (Centro Funzionale), registrati da una stazione meteorologica, equipaggiata con nivometro, anemometro e termometro, installata sulla cima della Tête de Licony (sensori a quote di 2842 e 2876 m asl).

Lo spessore del manto nevoso è stato scalato con l'altitudine (Barbolini e Ferro, 2005, +14 cm/100 m) e corretto con la Procedura Svizzera (Salm *et al.*, 1990) al fine di ottenere l'altezza di neve nella zona di distacco di ciascun evento.

MODELLO DI EROSIONE DEL SUOLO DA VALANGA

Il modello utilizzato per le simulazioni dinamiche delle valanghe studiate è già stato presentato in precedenza (Arena lo Riggio *et al.*, 2008).

Il modello di erosione del suolo implementato è basato su due diverse metodologie, entrambe derivate da un'analogia idraulica con i fenomeni di erosione e trasporto solido nei fiumi (Graf, 1971; Yalin, 1982), ossia:

- 1) eccesso di sforzo di taglio, ES
 - 2) velocità critica, CV
- 1) Il primo metodo calcola la portata solida q_s [kgm⁻²s⁻¹] con un approccio alla Du Boys (1879), come funzione dell'eccesso di sforzo di taglio esercitato dalla valanga sulla superficie di scorrimento (τ [Pa]) rispetto alla resistenza di taglio propria del terreno (τ_c [Pa], Smerdon e Beasley, 1961; Clark e Wynn, 2007):

$$q_s = k (\tau - \tau_c) \quad \text{if } \tau > \tau_c$$

$$q_s = 0 \quad \text{if } \tau \leq \tau_c$$

con k [sm⁻¹] parametro di calibrazione. Un aspetto chiave di questo approccio è insito nella stima dello sforzo di taglio al fondo esercitato dalla valanga.

Qui tale sforzo è stato valutato in due modi:

1.A) applicando i risultati e le formulazioni proposti da Platzer *et al.* (2007a, b) che hanno verificato sperimentalmente l'esistenza di un legame alla Mohr-Coulomb:

$$\tau = \tau_0 + b \sigma$$

con σ [Pa] sforzo normale, b [...] un coefficiente sperimentale (pendenza nel grafico τ vs σ) e la coesione τ_0 (intercetta). Lo sforzo normale è calcolato in funzione dell'altezza del flusso:

$$\sigma = \rho g H \cos \varphi$$

con ρ densità della neve [kgm⁻³]. Platzer *et al.* (2007a) hanno riscontrato un intervallo di valori di b tra 0.26 e 0.48 Pa e di τ_0 tra 60 e 170 Pa, a seconda dall'umidità della neve.

E' da notare come in questo approccio la velocità del flusso non venga considerata esplicitamente, ma indirettamente attraverso l'altezza.



Fig. 5 - Area di deposito.

TABELLA DATI MISURATI				
dato	unità	eventi		
		1	2	3
Volume del deposito della valanga	m ³	70000	62800	2445
Densità della neve iniziale (1° rilievo)	kg/m ³	580	515	670
Densità della neve finale (ultimo rilievo)	kg/m ³	630	480	-
Superficie del deposito iniziale (1° rilievo)	m ²	61400	29426	2381
Superficie del deposito finale (ultimo rilievo)	m ²	315	7250	2381
Volume superficiale della valanga	m ³	31.5	725	238.1
Concentrazione di sedimenti (ultimo rilievo)	kg/m ³	240.8	37.4	9.8
Quantità totale di sedimenti stimata	Kg	7585	27115	2333
Altezza di accumulo dei sedimenti	Mm	20.1	3.1	0.8

© AINEVA

Fig. 6

1.B) utilizzando la formulazione proposta da Salm (1993) in cui il taglio basale è espresso come:

$$\tau = \mu \sigma + \frac{\rho g U^2}{\xi}$$

dipendente direttamente dalla velocità. Questo secondo approccio sembra più consistente con il modello di dinamica in quanto utilizza per calcolare l'energia dissipata al fondo la stessa formulazione dello sforzo di taglio.

La resistenza al taglio critica del suolo τ_c è qui valutata secondo le formulazioni sperimentali di Smerdon e Beasley (1961), utilizzate anche Eglit e Demidov (2005) e da Clark e Wynn (2007), in cui la stima del taglio in suoli coesivi viene condotta tramite l'indice di plasticità I_w :

$$\tau_{c,Iw} = 0.16 I_w^{0.84}$$

o tramite il contenuto di argilla P_c :

$$\tau_{c,Pc} = 0.49 \cdot 10^{0.0182 P_c}$$

2) Il metodo basato sulla velocità critica, nel caso di correnti fangose (Bozhinskiy e Nazarov, 1998; 1999; Eglit e Demidov, 2005) esprime la portata solida q_s attraverso l'eccesso di velocità del flusso rispetto ad una soglia critica come:

$$q_s = m (U - U_c) \quad \text{if } U > U_c$$

$$q_s = 0 \quad \text{if } U \leq U_c$$

con m [kgm^{-3}] parametro di calibrazione. Bozhinskiy e Nazarov (1999) suggeriscono di utilizzare valori di $U_c = 2 \text{ ms}^{-1}$.

La sensibilità del modello di erosione viene testata variando la velocità critica in un intervallo compreso tra 0 e 5 ms^{-1} .

IMPOSTAZIONE DELLE SIMULAZIONI

Per eseguire le simulazioni degli eventi valanghivi occorre in primis definire le condizioni al contorno. Attraverso un'analisi topografica e idrologica semi-automatica, mediante l'ausilio del GIS (DTM 20 m), ac-

coppiata con l'osservazione delle ortofoto e delle fotografie scattate dopo gli eventi, è stato possibile ricostruire il profilo e l'area di distacco (fig.7), che è stata ipotizzata univoca in ciascun evento (Maggioni e Gruber, 2003; Maggioni *et al.*, 2002).

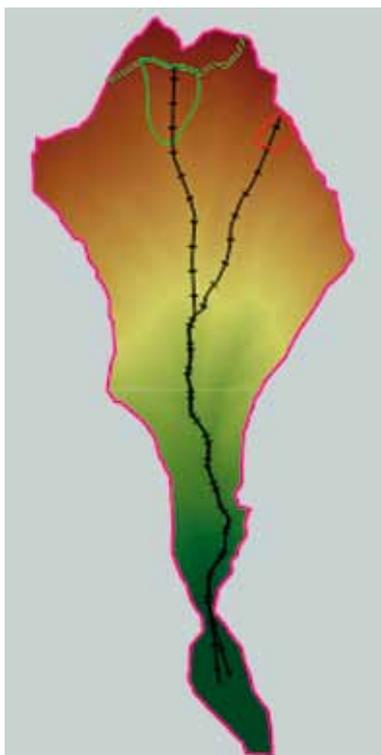
Le aree protette da ponti da neve, installati dopo un evento catastrofico nel Febbraio '99, sono state escluse dalle potenziali aree di distacco. Si assume inoltre che la ridotta copertura vegetale non eserciti un'influenza rilevante (fig.8). In tabella di Fig. 9 si riportano i valori ricavati dalle elaborazioni. È stata poi valutata l'altezza di distacco. Negli eventi 1 e 2 H_0 è stata calcolata secondo la Procedura Svizzera, considerando H_s registrata dal nivometro, e H_{72} , stimata per differenza (Bocchiola *et al.*, 2006; 2009) e corretta con l'altitudine (Barbolini e Ferro, 2005, +4.5 cm/100 m). Nell'evento 3 si è eguagliata H_0 a H_s , corretta con l'altitudine e la pendenza locale. Accoppiando la superficie dell'area di distacco S_0 con lo spessore di neve H_0 è stato quindi possibile calcolare il volume di rilascio V_0 (tabella di Fig. 10).

Nel caso oggetto di studio non sono stati riscontrati fenomeni di incorporamento della neve lungo il percorso e pertanto V_0 rappresenta il volume coinvolto nella simulazione dinamica. Quest'ultimo dif-

Fig. 7 - Area di distacco nell'evento del 2008.



Fig. 8 - Aree di distacco e percorsi degli eventi oggetto di studio.



Più a destra, sopra fig. 9 e sotto, fig. 10

caratteristica	unità	evento	
		1 e 2	3
esposizione	-	S	SSW
quota media distacco	m slm	2652	2622
superficie dell'area di distacco	m ²	103700	22700
pendenza media del percorso nella zona di distacco	°	34.5	37
pendenza media della zona di distacco	°	36	36
larghezza media della zona di distacco	m	243	120
lunghezza inclinata del percorso nella zona di distacco	m	427	189
pendenza media del percorso nella zona di scorrimento	°	27	27
quota inizio deposito	m slm	1120	1120
quota fine deposito (massima distanza di arresto)	m slm	995	1078
pendenza media del percorso nella zona di accumulo	°	15	19
lunghezza del percorso	m	3535	3038
pendenza media percorso	°	26	27
dislivello totale	m	1592	1532

© AINEVA

parametro	unità	evento		
		1	2	3
Volume deposito misurato	m ³	70000	62800	2445
H distacco calcolata	m	154	140	104
Superficie di distacco	m ²	103700	103700	22700
Volume distacco calcolato	m ³	159190	145125	23536
Rapporto tra i volumi	%	44	43	10

© AINEVA

ferisce invece sensibilmente dal volume riscontrato nel deposito. Ciò è dovuto sia al ritardo temporale intercorso tra l'evento e il sopralluogo ma soprattutto alla deposizione di neve che si verifica lungo gran parte del percorso (Sovilla e Bartelt, 2002; Sovilla *et al.*, 2006; Sovilla *et al.*, 2007; Bocchiola *et al.*, 2009), come testimonia anche il materiale fotografico (fig.4 e 7). Il modello di simulazione dinamica è stato impostato calibrando opportunamente i parametri: il fattore di frizione alla Mohr-Coulomb μ è stato tarato sia in funzione della distanza di arresto che delle linee guida di AVAL-1D (Christen *et al.*, 2002); anche il termine di dissipazione energetica ξ è stato calibrato seguendo le indicazioni svizzere in funzione della topografia; il fattore di pressione λ è stato infine impostato secondo i valori disponibili da letteratura ($\lambda_a = 0.2-0.5$, e $\lambda_p = 2-4.6$, Sovilla e Bartelt, 2002; Sovilla *et al.*, 2007). Le simulazione degli eventi sono state eseguite anche con AVAL-1D, al fine di poter verificare ulteriormente l'affidabilità delle elaborazioni del modello utilizzato. Sono quindi state definite le aree di potenziale erosione, come le porzioni di percorso comprese tra la quota limite della neve e la quota di deposizione (tabella di Fig. 11). Considerando le condizioni al contorno abbiamo infatti ritenuto ragionevole ipotizzare la presenza di fenomeni erosivi solo sulle superfici prive di copertura nivale.

RISULTATI

Simulazioni dinamiche

I valori di altezza simulati (tabella di Fig.12) risultano essere leggermente maggiori ma consistenti rispetto a quelli ottenuti con AVAL-1D. Le velocità sono invece visibilmente più elevate, ma compatibili con i valori caratteristici dalle valanghe di neve densa, stimati tra 20 e 40 ms^{-1} (Sovilla e Bartelt, 2002; Sovilla *et al.*, 2007; Bianchi Janetti *et al.*, 2008). Questo significa che il nostro modello, anche se semplice, può essere utilizzato per una valutazione preliminare delle velocità e delle altezze del flusso al fine di stimare l'erosione di suolo da valanga (fig. 13a, 13b, 14a, 14b, 15a e 15b).

dato	unità	eventi		
		1	2	3
Hs stazione	cm	210	243	182
Quota media area di distacco	m slm	2652	2652	2622
Quota limite neve da fotografia	m slm	-	1900	2000
Variazione di neve con la quota (ogni 100 m)	cm	-	32	38
Quota limite della neve calcolata	m slm	1980	-	-
Quota inizio zona di deposito	m slm	1120	1120	1120
Dislivello totale	m	1532	1532	1502
Dislivello potenziale erosione	m	860	780	880
Percentuale dislivello erodibile	%	55	51	59

Fig. 11

parametro	unità	eventi		
		1	2	3
Velocità massima	m/s	34	33	19
Velocità media	m/s	23	22	11
Altezza massima	m	10.0	10.9	2.4
Altezza media	m	3.4	3.1	0.8

Fig. 12

Erosione del suolo

L'analisi della composizione del suolo nella parte erodibile del tracciato ha mostrato un contenuto medio di argilla pari a $P_c = 2\%$. (Faletto, 2009).

L'indice di plasticità stimato è invece $I_w = 30\%$. La resistenza di taglio critica τ_c , calcolata con i dati disponibili, risulta quindi essere abbastanza bassa ($\tau_c < 10$ Pa), in particolare se paragonata alla sforzo di taglio basale esercitato dalla valanga ($\tau_A \approx 1.2$ kPa, per $\rho = 500$ kgm^{-3} , $\phi = 30^\circ$, $h = 1$ m, $b = 0.3$ e $\tau_B \approx 1.5$ kPa, nelle stesse condizioni, con $U = 5$ ms^{-1}).

Questo significa che la rimozione del suolo può sempre verificarsi lungo tutta l'area potenzialmente erodibile. Definito l'input del modello e noti dalle campagne di rilievo i quantitativi totali di suolo eroso si sono infine ricavati i parametri di calibrazione per ciascun evento (tabella di Fig. 16).

La ridotta differenza tra k_A e k_B indica come il metodo 1 sia meno sensibile alla velocità. Stime ragionevoli dell'altezza di flusso risultano quindi sufficienti a descrivere il fenomeno erosivo. Per quanto riguarda il metodo CV i valori di soglia utilizzati sono in media sempre minori rispetto alle velocità del flusso comportando quindi rimozione di suolo lungo gran parte dell'area potenzialmente erodibile.

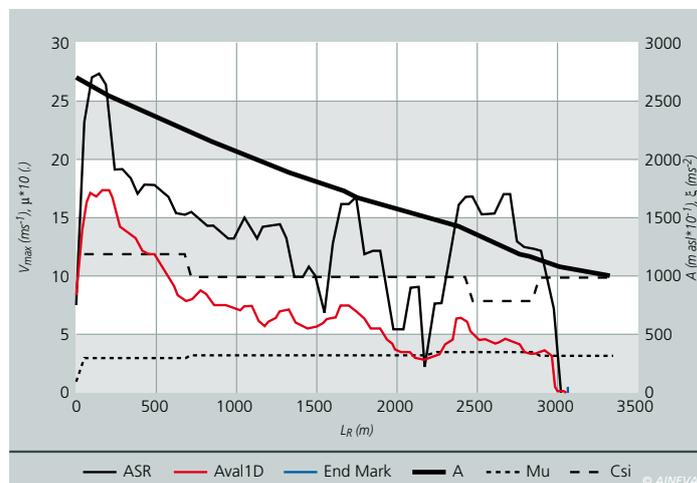
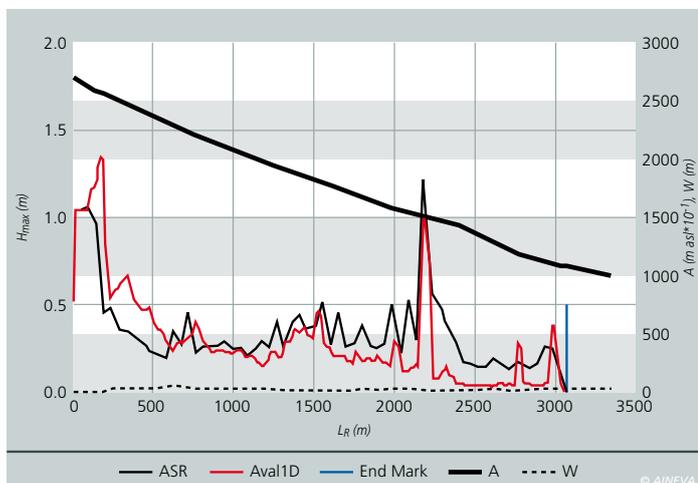
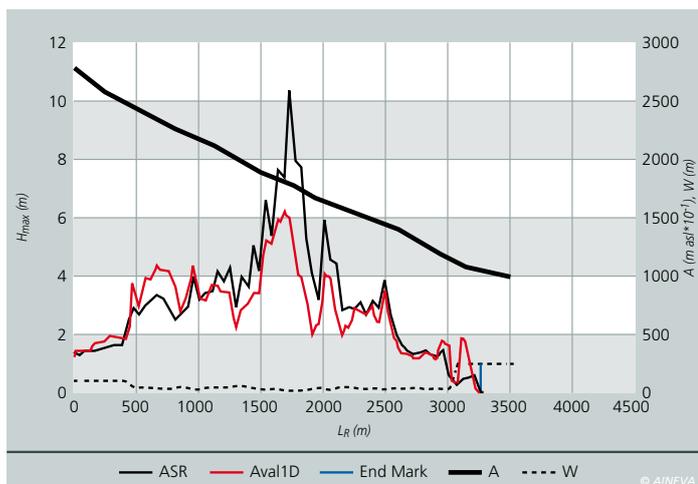
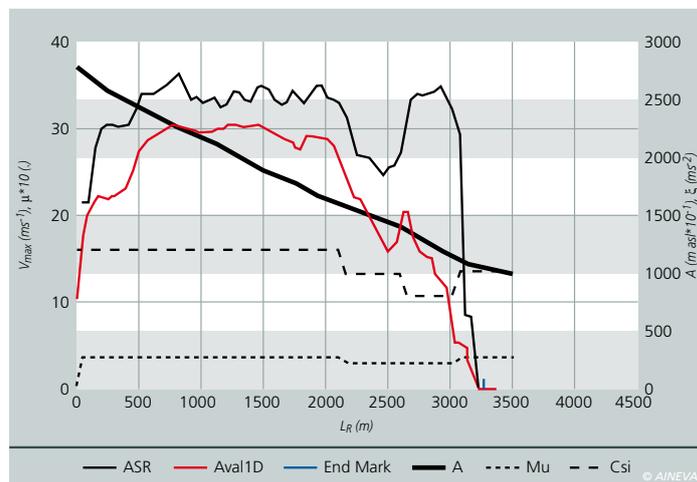
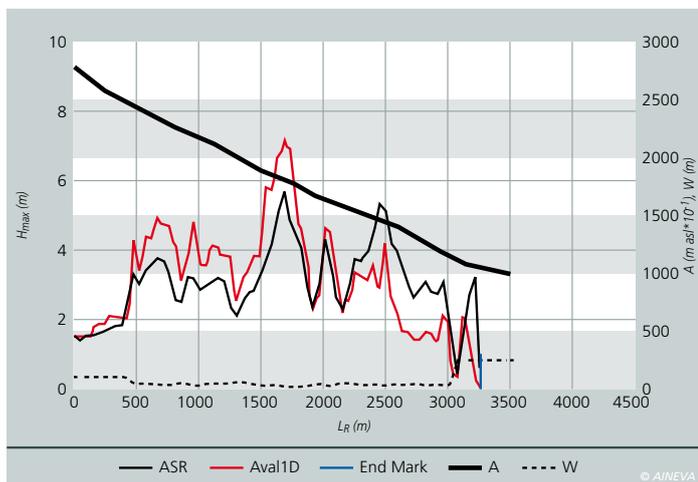
Confrontando i risultati con le pubblicazioni inerenti all'erosione del suolo da parte di correnti superficiali (Smakhtin, 1993; Clark e Wynn, 2007) il parametro di tara-

tura k riflette lo stesso ordine di grandezza di 10^{-6} sm^{-1} ; nel caso in oggetto i valori stimati di $k_{A,B}$ variano infatti da $1.02 \cdot 10^{-6}$ sm^{-1} a $13.5 \cdot 10^{-6}$ sm^{-1} , con un valor medio di $5.1 \cdot 10^{-6}$. Per quanto riguarda invece la seconda metodologia, il tasso di erosione riscontrato da Bozhinskiy e Nazarov (1998; 1999) nel caso di correnti fangose è poco comparabile con i valori riscontrati, probabilmente a causa della diversa reologia caratterizzante il flusso (neve vs fango). Considerevoli incertezze sono dovute all'intrinseca complessità del fenomeno e dei processi coinvolti.

La ricostruzione del profilo e delle aree di distacco ammette una certa soggettività. L'altezza del flusso e specialmente la velocità sono abbastanza incerte così come la misura delle concentrazioni e la stima della quantità di sedimento trasportato. Un successivo proposito potrebbe essere lo studio delle incertezze insite nella parametrizzazione del modello.

Presumibilmente i parametri di calibrazione potrebbero essere legati a qualche proprietà fisica della valanga, come ad esempio il volume, l'altezza, o il suolo coinvolto.

E' da evidenziare come gli approcci basati sul taglio critico siano anche utilizzati per la modellazione dei processi di rimozione della neve nei modelli di dinamica valanghiva (Sovilla e Bartelt, 2002) e τ_c è stato recentemente parametrizzato in relazione alla geometria dell'evento (Bianchi Janetti



Sopra dall'alto, fig. 13a e 13b - Altezza e velocità simulata, evento 1; fig. 14a e 14b - Altezza e velocità simulata, evento 2; fig. 15a e 15b - Altezza e velocità simulata, evento 3.

Nella pagina a fianco, dall'alto verso il basso, fig. 16; fig. 17 - Erosione simulata, evento 1; fig. 18 - Erosione simulata, evento 2; fig. 19 - Erosione simulata, evento 3 ($U_c=0-5 \text{ ms}^{-1}$).

e Gorni, 2007; Bianchi Janetti *et al.*, 2008). I modelli di erosione potrebbero anche essere utilizzati in modo distribuito piuttosto che concentrato.

CONCLUSIONI

Abbiamo dimostrato come l'erosione di suolo da parte delle valanghe possa essere modellata accoppiando campagne di rilievo, simulazioni dinamiche e teoria idraulica del trasporto solido.

L'altezza e la velocità del flusso valanghivo determinano il tasso di erosione in maniera qualitativamente prevedibile. Nel nostro modello l'erosione non si verifica solo nel caso di velocità molto basse o quando è presente della neve; il fattore di copertura nivale esercita quindi una notevole influenza sul fenomeno erosivo. Gli interessanti risultati preliminari, pur avendo utilizzato un approccio relativamente semplice, mostrano come il pro-

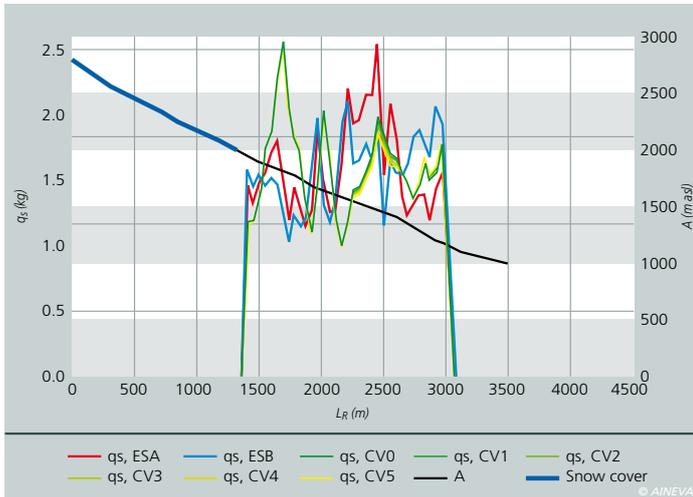
cesso di rimozione del suolo possa essere ulteriormente approfondito.

Un miglioramento nella simulazione delle altezze e delle velocità nei modelli di dinamica valanghiva porterà sicuramente a una migliore parametrizzazione dell'erosione.

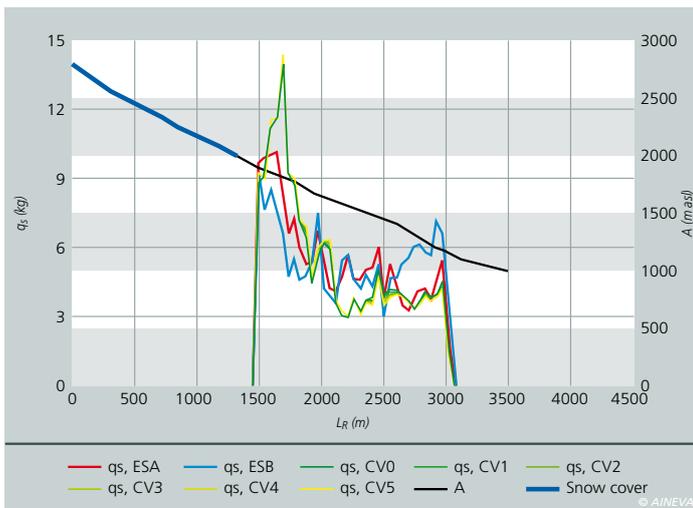
In futuro potrebbero inoltre essere implementati nel modello i fenomeni di rimozione e/o di deposizione nivale lungo il percorso.

metodo		parametro	evento		
			1	2	3
sforzo di taglio	A	$k_A [sm^{-1}] * 10^6$	1.21	13.53	1.90
	B	$k_B [sm^{-1}] * 10^6$	1.02	11.92	1.29
velocità	Vc = 0	$m_0 [kgm^{-3}] * 10^6$	7.04	94.42	23.60
	Vc = 1	$m_1 [kgm^{-3}] * 10^6$	7.36	99.92	27.86
	Vc = 2	$m_2 [kgm^{-3}] * 10^6$	7.72	105.91	33.44
	Vc = 3	$m_3 [kgm^{-3}] * 10^6$	8.10	112.41	40.01
	Vc = 4	$m_4 [kgm^{-3}] * 10^6$	8.51	119.51	48.73
	Vc = 5	$m_5 [kgm^{-3}] * 10^6$	8.97	127.27	60.92

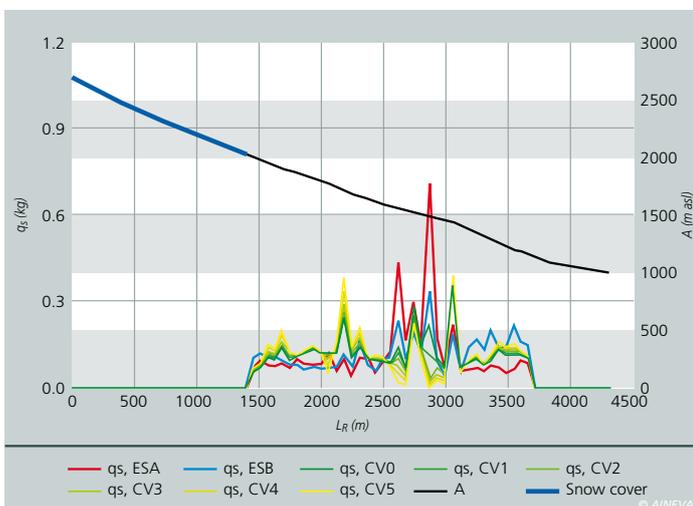
© AINEVA



© AINEVA



© AINEVA



© AINEVA

Bibliografia

- Arena lo Riggio, E., Mura, M., Bocchiola, D., Rulli, M.C., Rosso, R. (2008). Neve e Valanghe, 65, 32-41.
- Barbolini, M., Ferro, F. (2005). Definizione dei valori di progetto di parametri nivometrici standard per la prevenzione del rischio valanghivo sul territorio valdostano. Regione Valle d'Aosta.
- Bell, L., Gardner, J., De Scally, F. (1990). An estimate of snow avalanche debris transport, Kaghan Valley, Himalaya, Pakistan. Arctic Antarctic Alpine Research 22 (3), 317-321.
- Bianchi Janetti, E., Gorni, E. (2007). Dynamic calculations of avalanches: a study on snow cover height in Switzerland with regional approach, Master Thesis, Politecnico di Milano. Tutor: D. Bocchiola, Co-tutor: B. Sovilla.
- Bianchi Janetti, E., Gorni, E., Sovilla, B., Bocchiola, D. (2008). Regional snow depth estimates for avalanche calculations using a 2d model with snow entrainment, Ann. Glaciol., 49, 63-70.
- 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 nel Bormiese. Neve e Valanghe, 62, 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, 2007. Published. SCOPUS
- Bocchiola, D., Bianchi Janetti, E., Gorni, E., Marty, C., Sovilla, B. (2008). Regional evaluation of three day snow depth frequency curves for Switzerland, NHESS, 8, 685-705.
- Bocchiola, D., Medagliani, M., Rosso, R. (2009). Use of a regional approach for long term simulation of snow avalanche regime: a case study in the Italian Alps, Arctic Antarctic and Alpine Research, 41,3, 285-300. Published. IF 2007: 1.045, ISI, SCOPUS
- Bozhinskiy, A.N., Losev K. S. (1998). The fundamentals of Avalanche Science. SLF Davos, Mitteilungen n. 55, pp. 280.
- Christen, M., Bartelt, P., Gruber, U. (2002). AVAL-1D: Numerical calculations of dense flow and powder snow avalanches, User Manual, SLF Davos, Switzerland, 2002.
- Clark, L. A., Wynn, T. M. (2007). Methods for determining streambank critical shear stress and soil erodibility: implications for erosion rate predictions, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50(1), 95-106.
- Edwards, A. C., Scalenghe, R., Freppaz, M. (2007). Changes in the seasonal snow cover of alpine regions and its effect on soil processes: A review, Quaternary International, 162-163, 172-181.
- Faletto, M. (2009). Effetto di Fenomeni valanghivi sulle caratteristiche dei suoli del bacino di Lavancher. Tesi di Laurea, Università di Torino, Fac. Agraria.
- Freppaz, M., Lunardi, S., Maggioni, M., Valfrè, F., Bizzocchi, T., Zanini, E. (2006). Soil erosion caused by snow avalanches: preliminary results of two case studies in the Aosta Valley (NW-Italy). ISSW 2006, Telluride, Colorado, October 1-6 2006. pp. 880-886.
- Freppaz, M., Marchelli, M., Celi, L., Zanini, E., 2008: Snow removal and its influence on temperature and N dynamics in alpine soils (Vallée d'Aoste - NW Italy). Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 171, 672-680.
- Freppaz, M., Godone, D., Filippa, G., Maggioni, M., Lunardi, S., Williams, M.W., Zanini, E. (2010). Soil Erosion Caused by Snow Avalanches: a Case Study in the Aosta Valley (NW Italy), Arctic Antarctic And Alpine Research, 42, 4, 412-421.
- Graf, W.H. (1971). Hydraulics of Sediment Transport, Mc Graw Hill.
- Heckmann, T., Wichmann V., Becht, M., 2002. Quantifying sediment transport by avalanches in the Bavarian Alps – first results. Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 127, 137-152.
- Jomelli V., Bertran P. (2001). Wet snow avalanche deposits in the French Alps: structure and sedimentology. Geografiska Annaler 83 A, 15-28.
- Kohl, B., Brauner, H., Markart, G. (2001). Soil erosion due to avalanches: measurements on an avalanche cone. In: International symposium on snowmelt and related problems, 28-30 March 2001, Oslo, Norway, pp. 38.
- Maggioni, M., Gruber, U. (2003). The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency, Cold Reg. Sci. Technol., 37(3), 407-419.
- Maggioni, M., Gruber, U., Stoffel, A. (2002): Definition and characterisation of potential avalanche release areas, Proceedings: 2002 ESRI International User Conference, San Diego Manuscript prepared for Nat. Hazards Earth Syst. Sci. mapping in central Italian Alps. Cold Regions Science and Technology, 46(3): 204-221.
- Naaim, M., Naaim-Bouvet, F., Faug, T., Bouchet, A. (2004). Dense snow avalanche modelling: flow, erosion, deposition and obstacle effects, Cold Regions Science and Technology, 39, 193-204.
- Platzer, K., Bartelt, P., Jaedicke, C. (2007b). Basal shear and normal stresses of dry and wet snow avalanches after a slope deviation, Cold Regions Science and Technology, 49, 11-25.
- Platzer, K., Bartelt, P., Kern, M (2007a). Measurements of dense snow avalanche basal shear to normal stress ratios (S/N). Geophysical Research Letters, 34, 7, L07501.
- Schrott, L., Hufschmidt, G., Hankammer, M., Hoffmann, T., Dikau, R. (2003). Spatial distribution of sediment storage types and quantification of valley fill deposits in an alpine basin, Reintal, Bavarian Alps, Germany, Geomorphology, 55, 45-63.
- Smakhtin, V.Y. (1993). Physical and mathematical modelling of water-erosion processes, Vodnie Resur. 20 (6), 677-683 (in Russian). Reported in: Eglit and Demidov 2005.
- Smerdon, E. T., Beasley, R. P. (1961). Critical tractive forces in cohesive soils, Agricultural Engineering, 42(1), 26-29.
- Sovilla, B., Bartelt, P. (2002). Observations and modelling of snow avalanche entrainment, Natural Hazards and Earth System Sciences, 2, 169-179.
- Sovilla, B., Burlando, P., Bartelt, P. (2006). Field experiments and numerical modelling of mass entrainment in snow avalanches, Journal of Geophysical Research, 111.
- Sovilla, B., Margreth, S., Bartelt, P. (2007). On snow entrainment in avalanche dynamics calculations, Cold Regions Science and Technology, 47, 69-79.
- Yalin, M.S. (1982). Mechanics of Sediment Transport, Pergamon Press, Oxford.

EFFETTI delle MISURE di PROTEZIONE GLACIALE ATTIVA SUL BILANCIO ENERGETICO PUNTUALE del GHIACCIAIO PRESENA in PROVINCIA DI TRENTO

**Guglielmina Diolaiuti^{1,2},
Antonella Senese¹,
Boris Mosconi¹, Carlo D'Agata^{1,2},
Claudia Mihalcea^{1,2},
Claudio Smiraglia^{1,2}**

¹Università degli Studi di Milano

²Comitato Glaciologico Italiano

Alberto Trenti

Provincia Autonoma di Trento (PAT)

L'intensa fase di regresso glaciale in atto da più di un secolo sta avendo pesanti ed evidenti impatti non solo sulle risorse idrologiche ed energetiche delle regioni alpine, ma anche sull'utilizzo turistico delle aree di alta quota. Un caso particolare è rappresentato dalle stazioni sciistiche d'alta quota ove tradizionalmente la stagione sciistica si allunga sia in anticipo che in posticipo rispetto all'ordinario, e le cui infrastrutture, soprattutto impianti di risalita e piste, vedono pesantemente ridotto o addirittura impedito il loro funzionamento (Diolaiuti et al., 2006; Fisher et al., 2011). Da tempo sono quindi poste in atto metodologie e tecniche di adattamento alle mutate condizioni climatiche e di mitigazione dei loro effetti, in particolare con la produzione di neve artificiale per prolungare la durata del manto nevoso stagionale e con la copertura delle aree glaciali per ridurre la fusione. Mentre nel primo caso gli studi e le applicazioni sono da decenni ormai entrate nelle normali procedure di gestione delle stazioni sciistiche, nel secondo caso solo dai primi anni del XXI secolo si sono compiute ricerche sugli effetti delle coperture artificiali nella riduzione della fusione sulla superficie dei ghiacciai. I primi esperimenti sono stati compiuti sulle Alpi Austriache, Svizzere e anche in Germania (per gli aspetti teorici e pratici sull'utilizzo e sul funzionamento di queste tecniche si rimanda a Olefs e Obleitner, 2007; Olefs e Fisher, 2008; Fischer, 2008; Diolaiuti et al., 2009a; Olefs e Lehning, 2010).

Si tratta di un campo di studio di grande interesse che unisce temi di glaciologia e nivologia classici, come i bilanci energetici e i bilanci di massa, con temi più applicativi (mantenimento delle piste da sci e degli impianti di risalita). Sulle Alpi Italiane le prime sperimentazioni sono state compiute sul Ghiacciaio Dosdè Orientale in alta Valtellina su parcelle di limitate estensioni nell'ambito del progetto "Acqua e Ghiacciai: Conoscenza e Conservazione" condotto da ricercatori dell'Università di Milano e sostenuto da Levissima, Gruppo Sanpellegrino (Diolaiuti et al., 2009a), mentre le prime applicazioni su vasta scala sono state realizzate sul Ghiacciaio Presena nella Provincia di Trento. Su questo ghiacciaio con misure di terreno e con l'applicazione di modelli numerici si è quantificata l'evoluzione del manto nevoso e del ghiaccio sottostante sia a livello puntuale sia a livello distribuito in condizioni naturali e con copertura artificiale.



IL GHIACCIAIO DI PRESENA: APPLICAZIONE DI STRATEGIE PER LA PROTEZIONE GLACIALE ATTIVA

Il Ghiacciaio di Presena Occidentale (46°13'30"N, 10°34'50"E) è situato nelle Alpi Retiche, nel gruppo Adamello-Pre-sanella alla testa della Val Presena ed è compreso nel bacino idrografico Vermigliana-Noce-Adige; viene classificato di tipo *montano* (pendio). Nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (CNR-CGI, 1961), si riportava una superficie pari a 82 ha con lunghezza massima di 1200 m e larghezza di 1100 m. La superficie glaciale si è ridotta a circa 68 ha nel 1987 (dati Provincia Autonoma di Trento, PAT) (75 ha secondo il Catasto SAT all'inizio degli anni '90, in Bombarda, 1996), mentre dai rilievi più recenti 2003 (DEM PAT) risulta un'estensione areale di circa 33 ha. Questo valore si riferisce al solo Presena Occidentale, ormai nettamente staccato dalla più ridotta porzione (8 ha) denominata "del Corno di Lago Scuro". Secondo le ultime stime PAT il Presena Occidentale nel 2011 ha una superficie di 26 ha, mentre il Corno di Lago Scuro si è ulteriormente ridotto a 6 ha. La superficie del ghiacciaio è regolare, l'alimentazione deriva principalmente dalle precipitazioni nevose dirette, data l'assenza di grandi pareti rocciose a monte. Negli ultimi dieci anni il controllo delle fluttuazioni della fronte (a cura della Società Alpinisti Tridentini, SAT) ha messo in evidenza un costante ritiro e intere porzioni del ghiacciaio sono scomparse; in alcuni settori la fronte si è ritirata di più di 50 m dal 1990 al 1999. Questo ghiacciaio è molto noto in quanto su di esso si è praticato per molti anni lo sci estivo, grazie agli impianti di risalita che partono dal Passo del Tonale e raggiungono dapprima Capanna Presena a quota 2730 e poi la sommità del ghiacciaio a quota 3000. L'utilizzo sciistico di quest'area inizia negli anni '60 del secolo scorso, dopo lo sviluppo della zona del Passo Tonale a partire dagli anni '30. Nel 1963 viene inaugurata la funivia Paradiso che dà accesso al Ghiacciaio Presena. Nel

1966-67 nasce lo sci estivo che fino agli anni 1984-85 vede aumentare ogni anno l'affluenza degli sciatori estivi, che rappresentano circa il 35-40% delle presenze totali annue (De Franco, 2001); negli anni '80 la stagione sciistica estiva arrivava fino alla fine di luglio. È appena il caso di notare che questo sviluppo, così come quello delle altre stazioni sciistiche estive, corrisponde a quella breve fase fredda e nevosa 1965-1985, che ha visto l'ultima recente fase di espansione glaciale sulle Alpi (Patzelt, 1985; Wood, 1988; Rossi et al., 2003). Dopo l'imponente sviluppo urbanistico del Tonale, il comune di Vermiglio acquistò nel 1987 gli impianti, creando la Società Carosello, attualmente Carosello-Tonale spa (Donati, 2011). Nel decennio successivo già alla fine di giugno il Presena non è più in condizioni di garantire lo sci estivo e le condizioni meteorologiche dell'inizio del XXI secolo aggravano la situazione, solo in parte mitigata dalla diffusione delle tecniche di innevamento artificiale. L'evoluzione del Presena nell'ultimo decennio si allinea con quella degli altri ghiacciai trentini e alpini in generale, con bilanci di massa costantemente negativi (Paul et al., 2004); il Ghiacciaio del Careser, ad esempio, per il quale si dispone della più lunga serie italiana di dati, ha fatto registrare fra il 2000 e il 2005 un bilancio medio annuo negativo di 1,9 m w.e. (Carturan e Seppi, 2007); tenendo conto dei dati più recenti (fonte PAT), la media 2000-2010 è di -1,8 w.e. Sulla base degli esperimenti pilota sopra citati condotti in Austria, Svizzera e anche Italia, si è proceduto a partire dal 2008 ad interventi di mitigazione per ridurre la fusione estiva di neve e ghiaccio e permettere la pratica dello sci almeno fino alla fine di giugno. Grazie ad uno specifico programma sperimentale approvato dalla Provincia di Trento e ad una apposita convenzione fra questa e la Società Carosello-Tonale spa si è predisposto un progetto che avesse non solo finalità economico-applicative, ma anche scientifico-conoscitive, questo grazie ad apposite convenzioni con le Università di Milano e Trento. Fra le varie tecniche di mitigazione si è scelta quella delle coperture

artificiali, risultata dalle sperimentazioni la più efficace. In realtà sul Presena erano già state sperimentate tecniche di mitigazione alla fine degli anni '90 soprattutto sul lato destro idrografico del ghiacciaio per garantire il funzionamento degli ski-lift che portano al Passo Presena, che prevedevano spostamenti e accumuli di masse di neve invernale, accumuli di neve artificiale mediante cannoni a bassa pressione, protezione dei rilevati nevosi con materiali diversi: all'inizio con operazioni di pacciamatura mediante paglia, successivamente, anche per ovviare agli evidenti problemi di impatto ambientale, mediante stendimento di teli bianchi di tessuto-non tessuto (geotessile), solitamente usati in lavori di tipo ingegneristico. Il progetto iniziato nel 2008 è stato animato, come si è sottolineato, anche da finalità scientifiche, e si è proposto non solo di permettere il funzionamento degli ski-lift, ma anche di ridurre la negatività del bilancio di massa del ghiacciaio. Si è quindi intervenuti non solo sul settore destro idrografico, ma anche nel settore centrale dove l'emersione di parti del fondo roccioso avrebbero potuto compromettere in pochissimi anni l'integrità del corpo stesso del ghiacciaio, fenomeno quest'ultimo in rapida diffusione sulle Alpi Italiane (basti ricordare i casi classici della Brenva, del Fellaria Orientale, del Pisgana Occidentale, ormai frammentati in due tronconi). All'inizio dell'estate 2008 si è quindi provveduto alla stesura di 28000 m² di tessuto sulla linea degli ski-lift e nel settore centrale ("ginocchio"). Nel 2009 la copertura è stata ampliata a 37300 m², che sono diventati 76400 nel 2010 con la copertura di vasti settori a monte e a valle del "ginocchio". Nel 2011 si è provveduto a ricoprire 57800 m² di superficie glaciale (fig. 1). Il geotessile utilizzato è denominato TOPTEX GLS 340 ed è prodotto a Linz in Austria. Per le caratteristiche tecniche, dimensionali e fisiche dei geotessuti impiegati in glaciologia si rimanda ai protocolli delle ditte produttrici; per le modalità di funzionamento si vedano Olefs e Obleitner, 2007; Olefs e Fisher, 2008; Fischer, 2008; Diolaiuti et al., 2009a; Olefs e Lehning, 2010 (Fig. 1).



Fig. 1 - Localizzazione della copertura geotessile sulla superficie del Ghiacciaio Presena nei diversi anni di sperimentazione di questa strategia di protezione glaciale attiva (da sinistra a destra copertura 2008, 2009, 2010, 2011).

METODOLOGIE UTILIZZATE

I risultati che verranno riportati in questo lavoro si riferiscono al 2010, quando il ghiacciaio è stato protetto con una copertura (estesa su 76400 m²) collocata alla fine di giugno e rimossa i primi di settembre. Al momento dello stendimento del geotessile sono state realizzate da PAT nell'area da ricoprire, delle trincee nivologiche per valutare, secondo i protocolli AINEVA, spessore, densità e caratteristiche del manto nevoso e quantificare il valore dell'accumulo al momento iniziale dell'intervento di *protezione attiva*. Parallelamente ai margini delle aree sottoposte a copertura con geotessile ed in altre aree esterne alla zona trattata sono state collocate paline ablatometriche per seguire l'evoluzione dell'ablazione di neve e ghiaccio. Le paline sono state monitorate a cadenza quindicinale. E' stata poi installata da PAT una stazione meteorologica automatica (AWS, *Automatic Weather Station*) sulla superficie del ghiacciaio in un'area lontana da finestre rocciose e *nunatak* che potessero influenzare i flussi energetici e la temperatura dell'aria circostante (fig. 2). La AWS era fornita di un *data logger* e di sensori per misurare la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, la velocità e la direzione del vento, la pressione atmosferica, la radiazione solare in entrata ed in uscita in un *range* dello spettro di 0.3 - 3 μm e la radiazione ad infrarossi in un intervallo di 5 - 50 μm proveniente dall'atmosfera e dalla superficie del ghiacciaio (dati rilevati tramite quattro elementi del radiometro netto Kipp & Zonen, CNR-1). Sono stati anche installati un pluviometro

(dimensioni di 1000 cm²) e un nivometro ad ultrasuoni (*sonic ranger*) per misurare il livello, rispettivamente, della pioggia e della neve. L'alimentazione della stazione era fornita da un pannello solare (40 W di potenza) che tamponava una batteria di 100 Ah e 12 V. L'intero sistema era appoggiato direttamente sulla superficie del ghiacciaio tramite un treppiede in acciaio inox. I sensori erano localizzati sul palo stazionale (altezza complessiva m 5) a diversa altezza in accordo ad un compromesso tecnico-pratico tra i suggerimenti del WMO (*World Meteorological Organization*) e le peculiari condizioni ambientali sopraglaciali. Si sottolinea inoltre che rispetto alle altre stazioni sopraglaciali alpine (Citterio et al., 2007; Diolaiuti et al., 2009b), la AWS Presena ha dovuto operare in un sito ad elevata frequentazione antropica (sciatori e operatori delle piste, gatti delle nevi, etc..) e quindi il suo posizionamento ha rappresentato anche un compromesso tra sito ad elevata rappresentatività glaciale e località che non costituisse intralcio o rischio per gli sciatori frequentanti le piste. La AWS Presena Ghiacciaio è stata localizzata sulla superficie del Ghiacciaio Presena a circa 2900 m di quota ed ha rilevato dati per circa un anno (da Settembre 2009 a Settembre 2010). La sequenza dei dati rilevati presenta alcune interruzioni, concentrate soprattutto nel primo autunno di funzionamento e nel periodo invernale (Fig. 2). I dati di flusso energetico rilevati presso la stazione Presena Ghiacciaio sono stati fondamentali per quantificare la fusione sopraglaciale avvenuta tra la primavera e l'autunno 2010. Per completare la serie di dati meteorologici e disporre



Fig. 2 - Stazione meteorologica automatica (AWS) installata da PAT sul Ghiacciaio Presena (febbraio 2010).

così di sequenze di estensione annuale si è fatto invece riferimento a serie ricostruite attraverso modelli climatici fisici (per i dettagli dei metodi si vedano Brunetti et al., 2009a; 2009b) a partire da dati registrati da stazioni strumentali localizzate in un intorno di 100 km. Per la validazione delle serie ricostruite si è fatto riferimento alle registrazioni strumentali della stazione Presena Ghiacciaio. Nel periodo ablativo, inoltre, i flussi energetici sono stati misurati non solo presso la stazione Presena Ghiacciaio (i.e.: sulla superficie glaciale non sottoposta ad interventi di protezione glaciale attiva e perciò definita "in condizioni non modificate"), ma anche nell'area ricoperta con geotessile.

Sotto, fig. 3 - I processi più importanti che determinano i flussi energetici a livello dell'interfaccia ghiacciaio-atmosfera e la struttura termica nello strato più superficiale del ghiacciaio.

A questo scopo un secondo radiometro netto (CNR1, Kipp & Zonen), alimentato da una singola batteria e dotato di un *data logger*, è stato collocato da PAT sulla superficie (a poco più di 1,5 m di altezza) del geotessile.

Questa seconda stazione satellite ha funzionato per il periodo fine Luglio - inizio Settembre 2010, permettendo di raccogliere dati utili al confronto tra il bilancio energetico calcolato per la zona sottoposta a protezione ed il bilancio energetico calcolato per la superficie glaciale naturale. Al momento della asportazione del geo-

tessile anche la stazione satellite è stata rimossa. Di seguito verranno esposti i risultati ottenuti nell'anno idrologico 2009-2010 relativi alla quantificazione del bilancio energetico superficiale e dell'ablazione glacio-nivale a livello puntuale in condizioni naturali e sotto l'azione di strategie di "protezione glaciale attiva".

BILANCIO ENERGETICO IN CONDIZIONI NATURALI

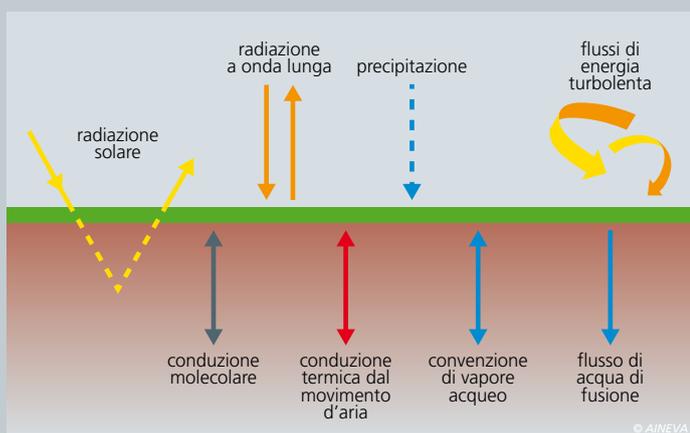
Il bilancio energetico superficiale, ovvero

il bilancio tra i flussi energetici in entrata (ad onda corta, ovvero radiazione solare, ad onda lunga, ovvero radiazione atmosferica) e quelli in uscita (anche questi ad onda corta, o radiazione solare riflessa, ad onda lunga, ovvero radiazione termica emessa dalla superficie) e i flussi di calore sensibile e latente (contributi non radiativi), è fondamentale nel determinare l'energia netta a disposizione per riscaldare l'atmosfera e quindi per determinare il micro e macro clima di un'area e la conseguente fusione (vedere BOX qui sotto). Sul Ghiacciaio Presena i principali pro-

Il bilancio energetico superficiale (R_s) è, in generale, funzione della quantità di energia in arrivo sulla porzione di territorio investigata. Il maggior input energetico è costituito dal flusso solare che è a sua volta funzione della latitudine, della stagione, dell'ora del giorno e dello stato del cielo. Esso è fondamentale su un ghiacciaio nel determinare l'energia netta disponibile per la fusione del ghiaccio e/o della neve. Su un ghiacciaio, infatti, l'energia netta disponibile non viene immagazzinata, nemmeno per brevi periodi, ma utilizzata per l'ablazione, riducendo quindi l'effettivo valore di energia disponibile per redistribuzione attraverso flussi orizzontali. Il bilancio può venire, quindi, scritto sotto forma di flussi energetici per unità di area che attraversano verticalmente l'interfaccia aria-superficie e viene misurato in W/m^2 (Oerlemans, 2001). È dato dalla somma di radiazione ad onda corta netta o *SW netta* ($SW_{in} - SW_{out}$), di radiazione ad onda lunga netta o *LW netta* ($LW_{in} - LW_{out}$), di flusso di calore sensibile (SH) e latente (LE) e di flusso di calore conduttivo (G):

$$R_s = SW_{netta} + LW_{netta} + SH + LE + G$$

Tutti i flussi, valutati alla superficie del ghiacciaio, vengono considerati positivi se diretti verso la superficie. Il flusso di calore conduttivo (G) nel caso del Ghiacciaio Presena è stato trascurato perché non erano disponibili dati di temperatura del profilo della neve e a livello del ghiaccio superficiale. In ogni caso durante la stagione di ablazione (ovvero l'estate e parte dell'autunno), quando sono in atto i processi di fusione e la temperatura del ghiaccio superficiale è circa pari a $0^\circ C$, G è considerato nullo e quindi si può calcolare R_s senza considerare il flusso di calore conduttivo; invece quando la superficie del ghiacciaio non è al punto di fusione (ovvero in primavera, in inverno e parte dell'autunno), il valore di G non è pari a 0 e quindi deve essere valutato. Ne consegue che trascurare



G nel nostro studio comporta solo una leggera sovrastima (meno del 2%) della fusione del ghiaccio. Il bilancio energetico superficiale è dunque fondamentale per i processi di fusione ed i flussi maggiori sono costituiti da quelli radiativi, di solito caratterizzati da potenze per unità di superficie di poche centinaia di W/m^2 (Fig. 3). Una grande quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie viene riflessa, in maniera maggiore nel caso di neve fresca, minore con neve vecchia o ghiaccio, molto piccola quando la superficie è coperta da materiale detritico. La radiazione solare penetra all'interno della neve e del ghiaccio; infatti la riflessione misurata alla superficie è il risultato di complicati processi di *scattering* da parte dei cristalli di ghiaccio o neve che costituiscono lo strato superficiale del ghiacciaio. Riguardo la radiazione ad onda lunga, la superficie è caratterizzata da un valore di emissività (e di assorbimento) pari a circa 1. La quantità di radiazione ad onda lunga riflessa dalla superficie è trascurabile (è assorbita quasi completamente). Le radiazioni infrarosse entranti e uscenti si compensano; in genere la quantità emessa dalla superficie è di poco maggiore (poche decine di W/m^2) rispetto a quella proveniente dall'atmosfera, rendendo così negativo il bilancio netto ad onda lunga. Il bilancio netto ad onda lunga risulta essere positivo solo quando l'aria è calda e umida e il cielo è coperto da nubi che incrementano la radiazione in arrivo. Per quanto concerne gli effetti delle nubi sul bilancio radiativo ad onda corta (solare incidente e riflesso) e ad onda lunga (atmosferica e terrestre), questi sono di segno opposto. Più nubi implicano, infatti, una minore quantità di radiazione ad onda corta entrante ed una maggiore quantità di radiazione ad onda lunga atmosferica. L'effetto netto dipende in gran parte dall'albedo della superficie analizzata e dalla trasmissività della copertura nuvolosa (Ambach, 1974; Bintanja & Van den Broeke, 1996, Oerlemans, 2005). Nei casi di elevata albedo superficiale (e.g. come si verifica ad esempio dopo una nevicata) la variazione netta di radiazione ad onda lunga per un dato incremento di copertura nuvolosa è maggiore del cambiamento netto di radiazione solare incidente. Diversamente nei casi di minore albedo superficiale (e.g. come si verifica quando la superficie glaciale espone ghiaccio vivo) l'effetto di diminuzione della radiazione solare è dominante e quindi il bilancio energetico radiativo diminuisce all'aumentare della copertura nuvolosa. Lo scambio turbolento di calore e vapore risulta in generale molto meno importante ai fini del bilancio energetico rispetto alla componente radiativa; la massima influenza si ha in inverno (quando il sole è basso) o in estate quando la temperatura dell'aria è elevata. La direzione dei flussi risulta dai gradienti dei profili delle temperature medie e dell'umidità. Quando la temperatura dell'aria è al di sopra del punto di fusione, il flusso di calore sensibile è sempre verso la superficie, mentre il flusso di calore latente può essere diretto in entrambe le direzioni, in base all'umidità dell'aria.

cessi di ablazione sono rappresentati dalla fusione superficiale che si osserva dalla fine della primavera sino alle prime nevicate autunnali. Quindi, per valutare l'intensità di questo processo (*Melting*, *M*) sono state prese in considerazione solo le giornate caratterizzate da fusione, ovvero con temperatura dell'aria maggiore di 0°C. Solo per le ore con temperatura positiva è stata calcolata la massa persa in kg di neve-ghiaccio secondo la nota relazione:

$$M = \text{Energia disponibile} / \text{Energia necessaria per fondere 1 kg}$$

con *M* negativo e misurato in kg m⁻² o mm w.e. (ovvero in equivalenti in acqua). Per calcolare la fusione dovuta all'energia netta disponibile alla superficie (*Rs*) sono stati considerati solo i valori positivi di questo parametro, divisi per il calore latente di fusione.

Pertanto applicando il metodo proposto da Oerlemans (2005), sono state calcolate la *SW netta*, la *LW netta* (fig. 4a), il flusso turbolento di calore sensibile (*SH*) e il flusso turbolento di calore latente (*LE*) (fig. 4b) e l'energia netta disponibile (*Rs*) alla superficie del Ghiacciaio Presena (fig. 4c). In tal modo si è ottenuto il bilancio energetico superficiale completo, e quindi, l'energia netta disponibile per la fusione del ghiaccio e/o della neve alla quota di 2900 m (ove era ubicata la AWS Presena e alla quale quindi ci si è riferiti per le modellazioni meteorologiche validate con i dati registrati dalla stazione sopragliatale) (Fig. 4). Analizzando i valori medi giornalieri di bilancio energetico completo, si osserva che la *SW netta* è caratterizzata da un andamento a campana con il picco di massimo in estate (tra i 150 e i 200 W/m²), mentre per la *LW netta* i valori oscillano in un intervallo che va da poco più di 0 a -100 W/m² (valore superato solo tra la fine di giugno e l'inizio di luglio 2010), valori che sono caratteristici della superficie di un corpo freddo come il ghiacciaio. Il flusso di calore sensibile è quasi sempre positivo mentre il flusso di calore latente assume valori positivi solo in estate. Il fatto che *LE* sia minore

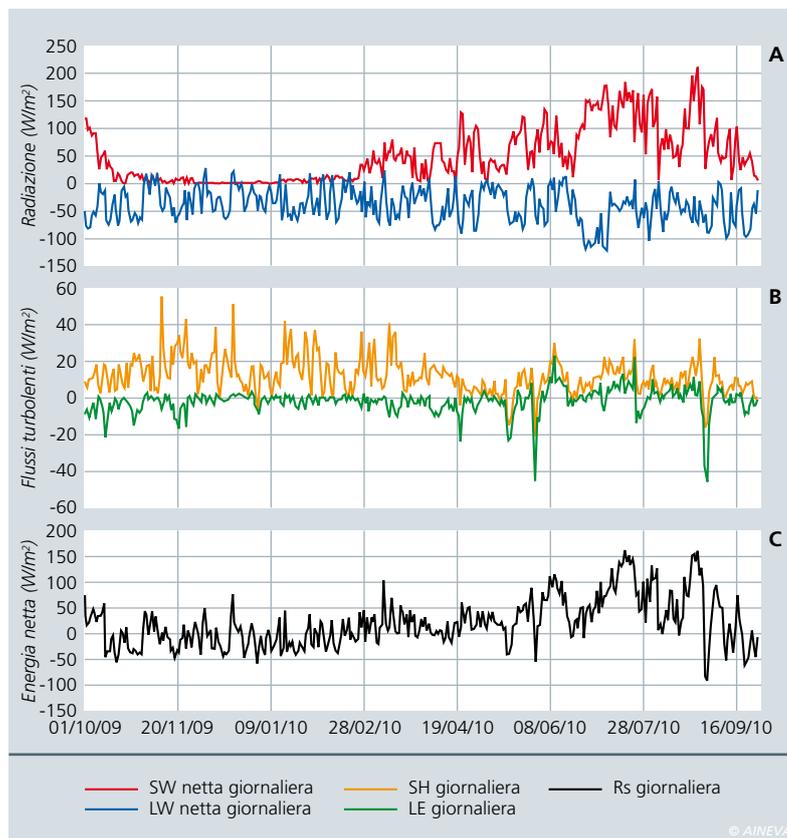


Fig. 4 - Valori medi giornalieri della radiazione netta ad onda corta (*SW netta*) e ad onda lunga (*LW netta*) (a), dei flussi turbolenti di calore sensibile (*SH*) e latente (*LE*) (b) e dell'energia netta superficiale disponibile per la fusione del ghiaccio e/o della neve (c) dall'1 ottobre 2009 al 27 settembre 2010.

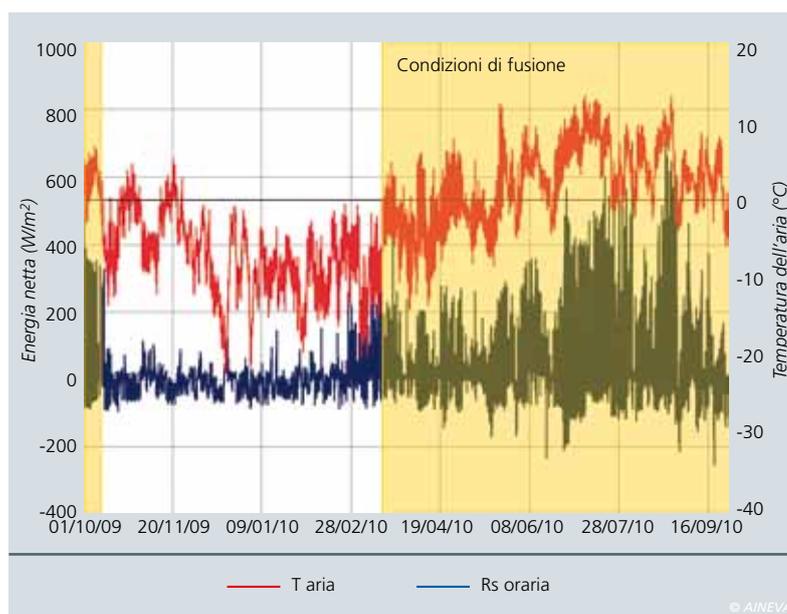


Fig. 5 - Valori orari dell'energia netta superficiale disponibile per la fusione del ghiaccio e/o della neve (W/m²) e della temperatura dell'aria (°C) dall'1 Ottobre 2009 al 27 Settembre 2010. In giallo sono evidenziati i periodi in cui prevalgono le condizioni di fusione, ovvero con valori di temperatura dell'aria e di energia netta entrambe positive. Da notare in questo periodo la presenza di poche ore all'interno di una medesima giornata in cui non si verificano condizioni necessarie per la fusione.

di 0 W/m² in inverno è verosimile, poiché in questa stagione si registra una ridotta umidità relativa dell'aria in combinazione a una minima differenza di temperatura fra il ghiaccio e l'aria sovrastante la superficie. L'energia netta disponibile presenta un andamento sinusoidale con picchi di massimo in estate e di minimo in inverno, rispettivamente di circa 150 e -100 W/m². Per calcolare la perdita di massa alla superficie del Ghiacciaio Presena alla quota di 2900 m si è partiti dai dati radiativi e

da quelli non radiativi, e si è poi proceduto col calcolo della fusione oraria solo per le ore con temperatura maggiore di 0°C (condizioni di fusione). Affinché ci sia fusione è necessario che la temperatura sia uguale al punto di fusione e che l'energia data dalla somma di tutti i processi radiativi e non radiativi, sia positiva. Queste due condizioni sono evidenziate nella Fig. 5, dove sono stati inseriti in un medesimo grafico a dispersione sia i valori orari di temperatura dell'aria (linea

rossa) che quelli di radiazione netta (R_s , linea blu). Da questa analisi emerge che il periodo caratterizzato da assenza di condizioni di fusione corrisponde a quello invernale (quindi di accumulo), più precisamente dal 10 Ottobre 2009 al 18 Marzo

2010 (Fig. 5). A supporto di quanto sopra enunciato sono stati creati altri due grafici rappresentanti i valori orari (fig. 6) e cumulati nel tempo (fig. 7) dell'ablazione puntuale e superficiale. Anche da questo tipo di analisi è possibile osservare che i

processi di fusione sono assenti da inizio Ottobre a metà Marzo: ovvero valori orari nulli di massa persa (Fig. 6) e andamento orizzontale nei valori cumulati (Fig. 7).

Il valore orario massimo di ablazione è stato calcolato per il 23 agosto alle ore 13:00 (pari a $-0,0082$ m w.e.), mentre quello giornaliero massimo il 26 agosto 2010 (pari a $-0,05$ m w.e.).

Il valore totale di ablazione dall'1 Ottobre 2009 al 27 Settembre 2010 è risultato pari a $-2,93$ m w.e. (Fig. 7). Questo valore corrisponde allo spessore di equivalenti in acqua perso dal ghiacciaio per fusione di neve e ghiaccio nel periodo analizzato in assenza di misure di protezione quali la copertura geotessile. In particolare analizzando i valori di albedo (o riflettività) emerge che dal 16 Luglio al 9 Settembre 2010 la superficie del ghiacciaio alla quota a cui è installata la AWS è stata caratterizzata da ghiaccio esposto (*bare ice*).

BILANCIO ENERGETICO IN CONDIZIONI DI COPERTURA CON GEOTESSILE

L'ablazione glaciale sopra descritta, stimata attraverso il calcolo del bilancio energetico completo, è rappresentativa delle condizioni del Ghiacciaio Presena "non modificate" (si preferisce questo termine a "naturali" in quanto l'intero ghiacciaio è sottoposto ad interventi antropici di spostamento e compattazione del manto nevoso ad opera dei "gatti delle nevi" per permettere la pratica dello sci). La situazione è ben diversa se si considerano le porzioni glaciali sottoposte a copertura con geotessile. Per valutare l'efficacia di questa copertura nel modificare gli scambi energetici tra superficie glaciale ed atmosfera e quindi nel ridurre le perdite per fusione di neve e ghiaccio sono state svolte alcune sperimentazioni durante la stagione estiva 2010. Più precisamente a poche centinaia di metri dalla AWS Presena posta sulla superficie libera del ghiacciaio, dopo aver posizionato la copertura geotessile, su alcune aree sottoposte a protezione è stato installato da PAT un

Fig. 6 - Valori orari di fusione superficiale e puntuale calcolati dall'1 Ottobre 2009 al 27 Settembre 2010 per condizioni glaciali non modificate alla quota di 2900 m.

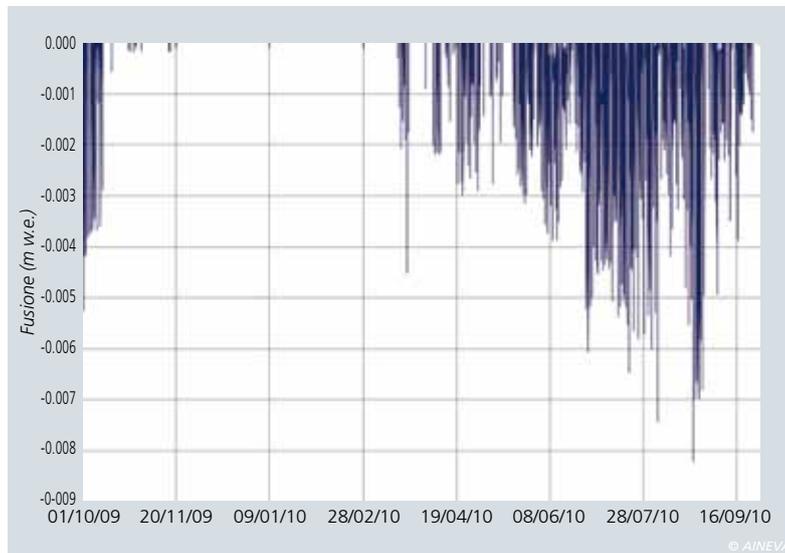


Fig. 7 - Valori orari cumulati nel tempo di fusione superficiale e puntuale calcolati dall'1 Ottobre 2009 al 27 Settembre 2010 per condizioni glaciali non modificate alla quota di 2900 m. In giallo è evidenziato il periodo in cui la superficie è caratterizzata da ghiaccio esposto (*bare ice*).

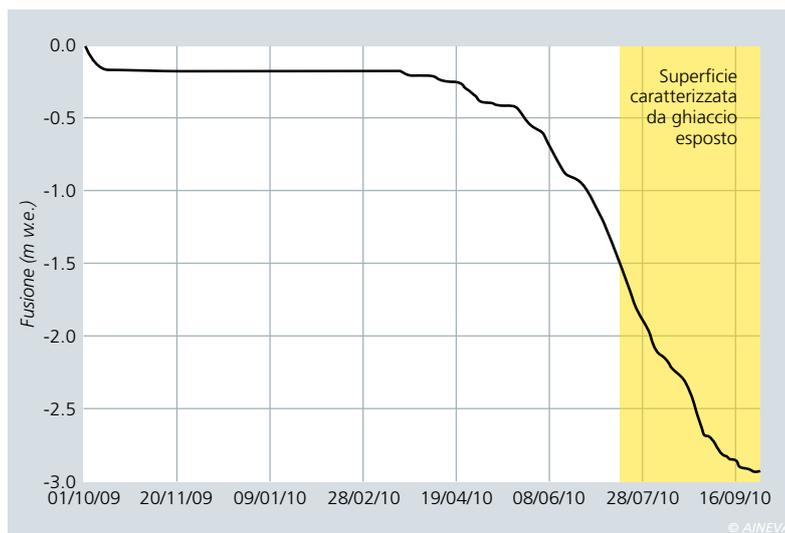


Fig. 8 - Radiometro netto installato sulla superficie della copertura geotessile posizionata sul Ghiacciaio Presena.



radiometro netto per la misura della radiazione ad onda corta e ad onda lunga alla superficie del telo (Fig. 8). In questo modo è stato possibile effettuare un confronto fra i dati radiativi misurati alla superficie non modificata del ghiacciaio e quelli radiativi rilevati alla superficie del telo dal 31 Luglio 2010 al 29 Agosto 2010. Poiché le proprietà delle due superfici in questione (ghiacciaio non modificato e telo) sono completamente diverse, differenti saranno anche i valori della radiazione ad onda corta riflessa (e quindi dell'albedo) e di quella ad onda lunga emessa dalle superfici stesse. Per quanto riguarda, invece, la radiazione in ingresso sia ad onda corta che ad onda lunga, come ovvio, esse assumono lo stesso andamento in entrambi i siti di indagine. L'effetto del telo si manifesta soprattutto nel limitare la quantità di energia solare netta assorbita (SW netta, Fig. 9) e quindi nel limitare l'energia complessivamente assorbita dalla superficie (Rs, Fig. 10). Il valore di albedo media calcolata per lo stesso periodo per i due siti di indagine (superficie glaciale non modificata e quella sottoposta a copertura con geotessile) è ben diverso (Fig. 11), più precisamente la porzione coperta con il telo ha evidenziato valori medi di albedo di 0,64 contro un valor medio di 0,43 per la superficie glaciale non modificata. Ne deriva che in media presso il telo l'assorbimento di energia solare è stato del 36%, mentre la superficie non modificata del ghiacciaio ha assorbito il 57% dell'energia solare. Questa differenza è ovviamente da attribuire all'azione del telo, che presenta una colorazione bianco puro abbastanza stabile che riduce l'assorbimento solare; diversamente la superficie naturale del ghiacciaio vede la progressiva modificazione delle condizioni della neve (che assorbe particolato e polveri divenendo sempre meno candida, aumenta il contenuto in acqua e pertanto riduce via via la sua albedo sino a raggiungere i valori propri del ghiaccio di ghiacciaio). Questo effetto ha portato, nel periodo di analisi e nelle ore in cui la temperatura era positiva (condizioni di fusione), ad

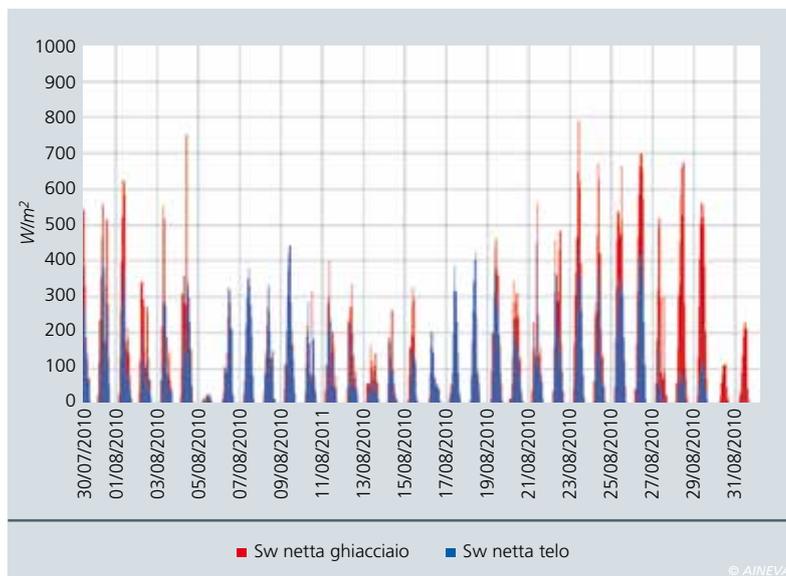


Fig. 9 - Valori medi orari di radiazione ad onda corta solare netta (SW netta) dal 31 luglio al 29 agosto 2010 sul Ghiacciaio Presena in condizioni non modificate (colore rosso) e con la copertura geotessile (colore blu).

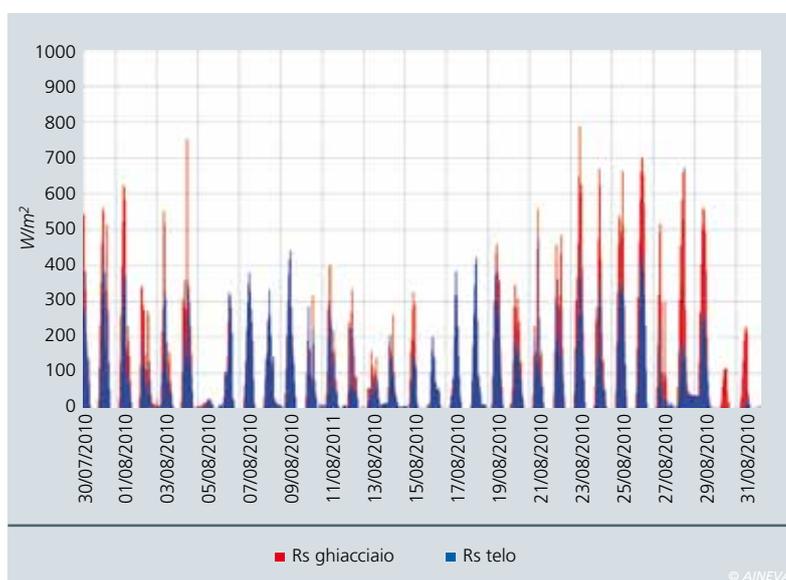


Fig. 10 - Valori orari di energia netta assorbita (Rs) dal 31 luglio al 29 agosto 2010 sul ghiacciaio (colore rosso) e sulla copertura geotessile installata (colore blu). Si noti come la presenza della copertura geotessile ha limitato l'assorbimento di energia (e quindi la fusione nivo-glaciale).

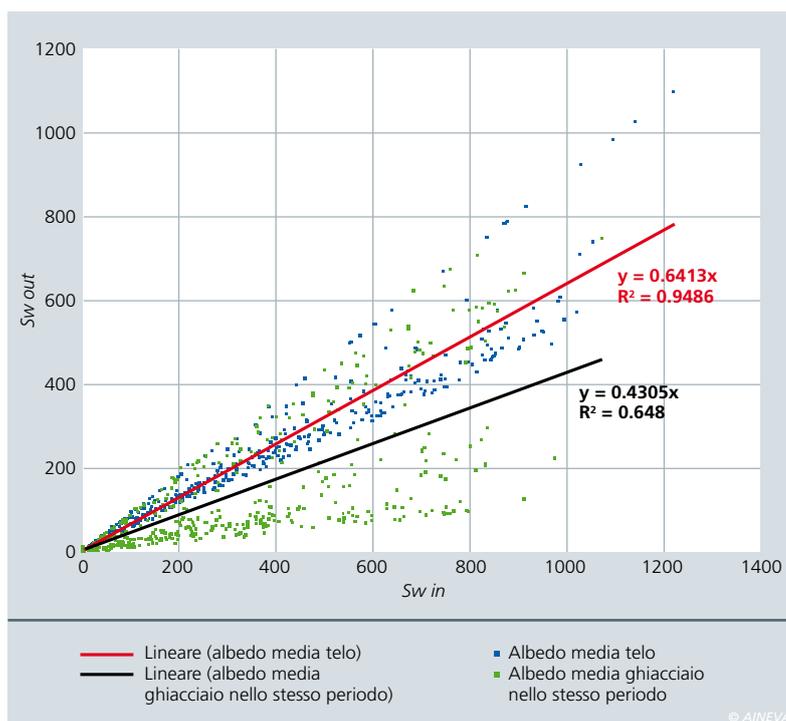


Fig. 11 - Confronto tra l'albedo media calcolata a partire da dati di radiazione orari per il periodo dal 31 luglio al 29 agosto 2010 sulla copertura geotessile installata sulla superficie del Ghiacciaio Presena (linea rossa, dispersione di punti blu) e l'albedo media calcolata per le condizioni glaciali non modificate (linea nera, dispersione di punti verde).

SW NETTA	LW NETTA	R_s
407.96	2.32	410.28
SW NETTA	LW NETTA	R_s
185.11	12	197.11

© AINEVA

Fig. 12 - Valori cumulati (MJ/m^2) medi orari dei flussi radiativi netti alla superficie glaciale in condizioni naturali (priva di copertura geotessile) (sopra) e con il geotessile (sotto). Si sono considerati i valori registrati dal 31 luglio al 29 agosto 2010 nelle sole ore con $T > 0^\circ C$.

un assorbimento di radiazione ad onda corta netta (*SW netta*) pari a 407,96 MJ/m^2 presso la superficie non modificata del ghiacciaio e ad un assorbimento di radiazione ad onda corta netta (*SW netta*) pari a 185,11 MJ/m^2 presso la superficie coperta con il geotessile.

Diverso è invece l'effetto del telo sulla radiazione ad onda lunga emessa e quindi sul valore netto di onda lunga assorbita. La superficie glaciale non emette intensamente radiazione ad onda lunga poiché per tutto l'anno la temperatura superficiale (dalla quale dipende l'intensità dell'emissione) è pari a $0^\circ C$ (in caso di condizioni di fusione) o inferiore a $0^\circ C$. Diversamente il telo presenta alla sua superficie valori termici più elevati che possono

raggiungere anche i $+5$ e $+7^\circ C$, portando a valori di emissione infrarossa maggiori. Ne consegue che presso il ghiacciaio nel periodo considerato e nelle ore in cui la temperatura era positiva, il valore netto di radiazione ad onda lunga (*Lw netta*) è stato pari a 2,32 MJ/m^2 , mentre presso il telo nello stesso periodo la radiazione netta assorbita è stata pari a 12 MJ/m^2 . Per valutare l'effetto complessivo dato dalla riduzione dell'energia ad onda corta assorbita e dall'aumento di quella ad onda lunga emessa si è calcolato per i due siti di indagine il valore della radiazione netta (*SW netta + LW netta*) assorbita.

Alla superficie non modificata del ghiacciaio la radiazione netta (R_s) assorbita è risultata pari a 410,28 MJ/m^2 mentre al geotessile la radiazione netta (R_s) assorbita è risultata pari a 197,10 MJ/m^2 (Tabella di Fig. 12). Questi valori di energia radiativa assorbita corrispondono ad una fusione di circa 59 cm w.e. nel settore glaciale sot-

toposto a copertura e ad una fusione di circa 123 cm w.e. nel settore glaciale non modificato. Questo significa che complessivamente l'azione del telo nel modulare i flussi energetici radiativi assorbiti dal ghiacciaio avrebbe portato nel periodo considerato ad una riduzione dell'ablazione puntuale del 52%. Si consideri inoltre che l'efficacia protettiva del geotessile è stata sicuramente maggiore in quanto alla maggiore riflessione (conseguenza della stabilità nel colore del telo, bianco puro) dell'energia solare rispetto alla superficie glaciale non modificata, si è anche associata la ridotta conduzione dell'energia assorbita alla superficie e dei conseguenti flussi termici. Questo ha sicuramente determinato un'ulteriore riduzione della fusione nivo glaciale al di sotto della copertura.

Per quanto riguarda invece i flussi non radiativi (calore latente e sensibile), responsabili in condizioni naturali sino al 20% della fusione nivoglaciale (Oerlemans & Klok, 2002), questi sono stati sicuramente modificati dalla presenza della copertura geotessile ma l'effetto di questa variazione sulla fusione nivoglaciale è da considerarsi trascurabile a causa dell'effetto isolante prodotto dalla copertura stessa. Se si considera pertanto una efficacia protettiva del 52% (si ricordi però che questo valore è stato quantificato solo per il breve periodo fine Luglio-fine Agosto 2010 e che è calcolato solo dal contributo radiativo del bilancio di massa senza tenere conto della conduzione termica, assai limitata, del telo) e lo si applica al valore calcolato per le condizioni non modificate sull'intero periodo di ablazione 2010 (risultato pari -2,93 m w.e.), si otterrebbe una fusione teorica in condizioni di protezione attiva (ovvero sotto il telo) di circa 1,40 m w.e. e uno spessore conservato di circa 1,50 m w.e., valore che è molto vicino allo spessore del gradino risultante dalla protezione del telo osservata a fine estate (circa 1,50 - 2 m) (Figg. 13-14).

Se la copertura con il geotessile avesse avuto un'efficacia del 100%, il gradino rispetto alla zona non protetta avrebbe do-

Fig. 13 - Il gradino creato dalla protezione del geotessile a fine luglio 2010.



Fig. 14 - Ghiaccio Presena a fine estate 2010.



vuto essere alto almeno 3 m. In letteratura le percentuali di efficacia del geotessile nel ridurre l'ablazione variano dal 68,8% nel 2008 (Diolaiuti et al 2009a) al 60% nel 2003-2008 (Olefs e Fischer 2008), ma sono evidentemente condizionate dalle differenze di altitudine, di radiazione solare e di accumulo (Fischer et al 2011).

CONCLUSIONI

Lo studio condotto in margine al progetto di mitigazione dell'ablazione sul Ghiacciaio Presena ha permesso di quantificare il bilancio energetico puntuale del ghiacciaio e l'entità della fusione nivo-glaciale. Inoltre, grazie alla presenza nell'estate 2010, seppure per un limitato periodo, di un radiometro posto direttamente al di sopra del geotessile, è stato possibile valutare i flussi radiativi sia in condizioni non modificate (dati rilevati dalla AWS Ghiacciaio Presena) che in presenza di copertura geotessile.

Grazie ai dati radiativi raccolti si è anche calcolata l'albedo del geotessile e la si è confrontata con quella del ghiacciaio in condizioni non modificate per il periodo fine luglio-fine agosto.

Il settore coperto con il geotessile ha evidenziato valori medi di albedo di 0,64 contro un valor medio di 0,43 per la superficie glaciale non modificata. In media presso il telo l'assorbimento di energia solare è stato quindi del 36% mentre la superficie non modificata del ghiacciaio ha assorbito in media il 57% dell'energia solare.

Questo ha fatto sì che la superficie non modificata assorbisse 408 MJ di energia ad onda corta che ha promosso la fusione nivo glaciale, mentre la porzione sottoposta a protezione ha visto l'assorbimento di soli 185 MJ.

Questi valori di energia assorbita corrispondono ad una fusione di circa 59 cm w.e. nel settore glaciale sottoposto a copertura e ad una fusione di 123 cm w.e. nel settore glaciale non modificato.

Questo significa che complessivamente l'azione del telo nel modulare i flussi energetici radiativi assorbiti dal ghiacciaio porta per il periodo di sperimentazione,

sempre a livello puntuale, ad una riduzione dell'ablazione del 52%.

Se si estrapola questo valore all'intero periodo di ablazione, durante il quale sul ghiaccio non protetto si è calcolata una fusione di 2,93 m w.e., si otterrebbe una fusione di circa 1,40 m w.e. con la conservazione di uno spessore di circa 1,50 m w.e., valore molto simile a quello risultante nella realtà al di sotto del telo

nella zona considerata. Questi risultati evidenziano che, nonostante le percentuali di efficacia dell'utilizzo del geotessile in sperimentazioni precedenti siano più elevate (sino al 68% di riduzione dell'ablazione con stendimento effettuati a fine aprile, si veda Diolaiuti et al., 2009a), l'opera di mitigazione condotta sul Ghiacciaio Presena, è stata più che soddisfacente.

Bibliografia

- Ambach W. (1974) – The influence of cloudiness on the net radiation balance of a snow surface with high albedo. *Journal of Glaciology*, 13, 73-84.
- Bintanja R. & van den Broeke M.R. (1996) – The influence of clouds on the radiation budget of ice and snow surfaces in Antarctica and Greenland in summer. *International Journal of Climatology*, 16, 1281-1296.
- Bombarda R. (1996) – Il cuore bianco. Guida ai ghiacciai del Trentino. Arca Edizioni, Trento, 174 pp.
- Brunetti M., Lentini G., Maugeri M., Nanni T., Simolo C. e Spinoni J. (2009 a) – Estimating local records for Northern and Central Italy from a sparse secular temperature network and from 1961-1990 climatologies. *Advances in Science and Research*, 3, 63-71.
- Brunetti M., Lentini G., Maugeri M., Nanni T., Simolo C. e Spinoni J. (2009 b) – 1961-1990 high-resolution Northern and Central Italy monthly precipitation climatologies. *Advances in Science and Research*, 3, 73-78.
- Carturan L. & Seppi R. (2007) – Recent mass balance results and morphological evolution of Careser Glacier (Central Alps). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30, 33-42.
- Citterio M., Diolaiuti G., Smiraglia C., Verza Gp. e Meraldi E. (2007) – Initial results from the Automatic Weather Station (AWS) on the ablation tongue of Forni Glacier (Upper Valtellina, Italy). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30, 141-151
- CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) – CGI (Comitato Glaciologico Italiano) (1961) – Catasto dei Ghiacciai Italiani-Ghiacciai della Lombardia e dell'Ortles-Cevedale. Torino, CGI, III, 390 pp.
- De Franco L. (2001) – Il Ghiacciaio del Presena. Rapporto di Eco-Audit. Progetto "Save the glaciers 2000", Lever-Fabergé Italia spa, 40 pp.
- Diolaiuti G., Smiraglia C., Pelfini M., Belò M., Pavan M. e Vassena G. (2006) – The recent evolution of an Alpine glacier used for summer skiing (Vedretta Piana, Stelvio Pass, Italy). *Cold Regions Science and Technology*, 44, 206-216.
- Diolaiuti G., Smiraglia C. e Meraldi E. (2009a) – Strategie di protezione "attiva" dei ghiacciai. Prime applicazioni italiane e risultati. *Neve e Valanghe*, 65, 58-64.
- Diolaiuti G., Smiraglia C., Verza G.P., Chillemi R. e Meraldi E. (2009b) – La rete micro-meteorologica glaciale lombarda: un contributo alla conoscenza dei ghiacciai alpini e delle loro variazioni recenti. In "Clima e Ghiacciai. La crisi delle risorse glaciali in Lombardia" (a cura di C. Smiraglia, G. Morandi e G. Diolaiuti), Regione Lombardia, 69-92.
- Donati M. (2011) – Interventi di mitigazione della fusione glaciale: il caso del Ghiacciaio Presena. Elaborato finale, Corso di Laurea "Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio Montano", Università degli Studi di Milano, Facoltà di Agraria, 75 pp.
- Fischer A. (2008) – Ritiro dei ghiacciai ed effetti degli interventi di copertura. *Neve e Valanghe*, 64, 44-59.
- Fischer A., Olefs M. e Abermann J. (2011) – Glaciers, snow and ski tourism in Austria's changing climate. *Annals of Glaciology*, 52(58), 89-96.
- Oerlemans J. and Klok E.J. (2002) – Energy balance of a glacier surface: analysis of Automatic Weather Station data from the Morteratschgletscher, Switzerland. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 34, 477-485.
- Oerlemans J. (2001) – Glaciers and Climate Change. Balkema, Lisse, 148 pp.
- Oerlemans J. (ed). (2005) – The microclimate of glaciers. II. Lecture at Karthaus summer school 2005, Utrecht Univ.
- Olefs M. e Obleitner F. (2007) – Numerical simulations on artificial reduction of snow and ice ablation. *Water Resources Research*, 43, W06405, doi:10.1029/2006WR005065.
- Olefs M. e 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.
- Olefs M. e Lehning M. (2010) – Textile protection of snow and ice: measured and simulated effects on the energy and mass balance. *Cold Regions Science and Technology*, 62, 126-141.
- Patzelt G. (1985) – Die Gletscher der Oesterreichischen Alpen 1985-1986. *Zeitschrift Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 21, 403-407.
- Paul F., Kääb A., Maisch M., Kellenberger T. e Haeberli W. (2004) – Rapid Disintegration of Alpine glaciers observed with satellite data. *Geophysical Research Letters*, 31, L21402, doi:10.1029/2004GL020816, 11 pp.
- Rossi S., Diolaiuti G., Forasacco E., Pelfini M., Smiraglia C. e Spreafico P. (2003) – Evidenze geomorfologiche della più recente espansione glaciale correlabile all'episodio freddo degli anni '50-'70 del XX secolo sulle Alpi Lombarde. In: Biancotti A. e Motta M. (a cura di), "Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali", Brigati, Genova, 445 pp.
- SAT (Società Alpinisti Tridentini) – http://www.sat.tn.it/ghiacciai/684_0.htm
- Wood F. (1988) – Global alpine glacier trends 1960s to 1980s. *Arctic and Alpine Research*, 20,4, 404-413.

Risultati del 16° Meeting dei Servizi Valanghe europei (EAWS) Grenoble, 15-16 settembre 2011

Il 15 e 16 settembre 2011 a Grenoble (Francia) si è svolto il sedicesimo meeting dei Servizi Valanghe Europei (EAWS) contestualmente all'evento celebrativo per i quarant'anni dalla fondazione di ANENA (Association Nationale pour l'Etude de la Neige et des Avalanches). Gli eventi sono stati organizzati congiuntamente da Météo-France e ANENA. I lavori dell'EAWS Meeting si sono concentrati su diversi argomenti: utilizzo e possibili implementazioni della scala del pericolo valanghe; metodologie di raccolta dati per la previsione valanghe; comunicazioni con il pubblico; utilizzo dello standard CAAML; strumenti e metodologie innovative per i previsori valanghe; collaborazione tra servizi valanghe, istituzioni, agenzie e utenti pubblici. Un'ampia discussione è avvenuta sulla tabella di descrizione delle dimensioni delle valanghe associata alla scala del pericolo valanghe. Le denominazioni (soprattutto classe 1 e classe 2) creano talvolta problemi all'utenza che tende a sottovalutare le reali dimensioni (e quindi le conseguenze) delle valanghe indicate nel bollettino. Si è sottolineato, nuovamente, che non vi è correlazione diretta tra dimensione valanga e livello di pericolo valanga. Al fine di migliorare la comprensione di questa scala verranno incluse altre foto nel glossario. Il modello -β è ritenuto un valido strumento supplementare per descrivere la lunghezza della traccia. Sono state anche illustrate le diverse tipologie di indicazioni per le escursioni adottate in vari paesi (Italia, Tirolo, Austria, Catalogna, Svizzera, Germania e Canada). Queste indicazioni (come parte integrante della scala di pericolo) sono facoltative, non vincolanti per l'utenza e non devono aver nulla a che fare con le indicazioni contenute nel bollettino valanghe. L'EAWS invita ciascun Servizio valanghe a discutere con i principali utenti target (guide, professionisti del tempo libero, ecc.) il contenuto di tali indicazioni. L'eventuale modifica della tabella dovrà essere concordata all'interno del gruppo di lavoro EAWS. Il Servizio Valanghe del Tirolo e l'SLF di Davos hanno inoltre proposto situazioni tipiche (modelli di rischio) per gli incidenti in valanga. Sono stati individuati, rispettivamente, 10 modelli per il Tirolo e 4 modelli per la Svizzera. Gli altri Servizi valanghe hanno espresso interesse per questo nuovo approccio ed il gruppo di lavoro li discuterà in maniera approfondita prima

di definirli come standard nelle previsioni delle valanghe. Diversi paesi (Italia, Spagna, Francia) hanno illustrato statistiche e trend sull'uso dei diversi gradi di pericolo del bollettino durante le stagioni invernali passate. Dalla discussione sono emerse anche problematiche legate alle discrepanze di valutazione del grado di pericolo tra servizi valanghe contigui. L'analisi statistica sull'uso dei gradi di pericolo del bollettino ha comunque validità esclusivamente a scala regionale ma si è concordato di migliorare ulteriormente la comunicazione e lo scambio di dati tra Servizi valanghe contigui per ottenere bollettini sempre più omogenei. Diversi paesi (Regno Unito, Austria, Polonia, Francia, Svizzera, Italia) hanno fornito un quadro approfondito ed aggiornato sulle metodologie in uso per la raccolta ed interpretazione dei dati finalizzati alla redazione delle previsioni delle valanghe. I metodi di osservazione sono comuni a tutti i Servizi valanghe ma si differenziano nella pratica (organizzazione, parametri, trasmissione) e nell'interpretazione dei dati. Italia e Svizzera hanno illustrato i risultati delle ricerche sperimentali condotte sui test di stabilità ECT. Tale test distingue bene tra pendii stabili e non stabili anche se l'interpretazione dei risultati non è sempre univoca. Un singolo test mostra alcune limitazioni quale ausilio alla valutazione della stabilità del pendio ma due test ECT, contigui (circa 10 metri di distanza), classificano l'87% dei pendii con un grado di precisione del 90% circa ed individuano il medesimo strato di rottura critico in oltre il 50% dei casi. Di cruciale importanza è la scelta di siti rappresentativi per i test. L'AINEVA ha inoltre proposto l'uso di stringhe di codifica dei risultati dei test ECT (secondo lo standard CAAML) e l'adozione di una tabella di raffronto tra i diversi tipi di test di stabilità che verrà discussa nel gruppo di lavoro EAWS. Le strategie adottate per comunicare al pubblico il bollettino valanghe ed altre informazioni pertinenti si stanno evolvendo rapidamente, in molti paesi (Svizzera, Italia, Canada, Spagna, Regno Unito, Austria), spesso ricorrendo ai nuovi media ed ai social networks. Tuttavia, non tutte le classi di utenza sono facilmente ed efficacemente raggiunte mediante l'attuale stile comunicativo. I Servizi valanghe europei s'impegheranno, compatibilmente con le limitazioni di bilancio attuali, ad utilizzare i nuovi media come facebook, twitter, blog, podcast, RSS, etc. poiché rappresenta un ottimo mezzo per veicolare le informazio-

ni, specie al pubblico più giovane. CAAML è un linguaggio XML (eXtensible Markup Language) per la codifica delle osservazioni legate alla sicurezza dalle valanghe. Lo scopo di CAAML è facilitare lo scambio elettronico delle informazioni sulla sicurezza. L'EAWS incoraggia l'adozione e l'utilizzo estensivo di CAAML per migliorare e facilitare lo scambio e la visualizzazione di dati tra i vari Servizi. Si è costituito un apposito gruppo di lavoro di cui fanno parte: la Canadian Avalanche Association (CAA), il Canadian Avalanche Centre (CAC), Parks Canada, l'EAWS, SLF Davos, il Servizio Valanghe Tirolese, il Colorado Avalanche Information Centre (CAIC, AAA), l'International Association of Cryospheric Sciences (IACS) e l'AINEVA. Il gruppo stabilirà i criteri di visualizzazione unificata: dei livelli di pericolo valanghe e dei bollettini valanghe, dei profili nivologici e degli altri dati rilevati, degli incidenti da valanga. Austria, Italia, Svizzera, Polonia, Francia e Canada hanno illustrato strumenti, applicazioni software e metodologie innovative a supporto dell'attività dei previsori valanghe. I software in uso sono in continua evoluzione ed integrano approcci diversi quali: applet di raccolta e trasmissione dati via smartphone/web, piattaforme di visualizzazione dati WebGIS, modelli sofisticati di previsione. Il software Yeti, sviluppato da AINEVA, ha suscitato ampio interesse tra gli addetti ai lavori. Nell'ultima sessione di lavoro, dedicata alla collaborazione tra Servizi valanghe, istituzioni, agenzie e utenti pubblici, l'EAWS si è aperta ad un proficuo confronto con Alexis Mallon, rappresentante IFMGA-UIAGM (federazione internazionale delle associazioni di guide alpine). I punti discussi sono stati numerosi e vertevano sulle problematiche riscontrate nell'attività professionale delle guide alpine nell'utilizzo dei bollettini valanghe (scala sinottica vs. scala locale) e nel confronto tra realtà nazionali diverse. Previsioni locali e regionali: i bollettini valanghe sono redatti su scala regionale, e l'adattamento alle condizioni locali è difficile. A causa della differenza di scala, la guida può avere la sensazione che vi siano delle discrepanze tra bollettino e condizioni locali. La guida deve pertanto avvalersi di informazioni locali (fornite sul campo, da altri professionisti, ecc.) per poter adattare il grado di pericolo. L'Istituto svizzero SLF ha creato un sistema di feedback da parte delle guide alpine a vantaggio dei previsori di valanghe. Questo tipo di collaborazione è molto interessante. Ancora una

volta, il problema principale è costituito dal potenziale divario tra informazioni locali e regionali. Seguendo l'esempio svizzero (2 anni d'esperienza), lo scambio d'informazioni tra guide e previsori andrebbe generalizzato. L'EAWS ha stabilito d'intensificare la collaborazione con l'IFMGA e ha invitato la federazione a partecipare al gruppo di lavoro EAWS sui seguenti temi:

- informazioni sul campo raccolte dalle guide e inviate ai Servizi valanghe (contenuti, strumenti)
- feedback dalle guide in merito ai prodotti previsionali
- omogeneizzazione delle previsioni tra regioni limitrofe
- discussione sull'uso ed il contenuto delle indicazioni per le escursioni

A conclusione del 16° Meeting EAWS vi è stata una sessione congiunta con ANENA con una sintesi degli argomenti trattati e delle decisioni raggiunte. Il 17° Meeting EAWS si svolgerà in Catalogna nel 2013.

FINALMENTE DISPONIBILE LA VERSIONE ITALIANA DI WHITE RISK

Da questa stagione invernale, grazie ad una collaborazione fra AINEVA e la CN-SASA del CAI, è disponibile, su CD-ROM, la versione italiana di White Risk, un'applicazione multimediale di apprendimento interattivo in materia di neve e valanghe. Sviluppata a partire dal 2005 presso l'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe, l'applicazione mira a facilitare l'apprendimento delle tematiche nivologiche mediante il supporto di animazioni, filmati, immagini ed esercitazioni pratiche. Le funzioni di navigazione, semplici ed intuitive, consentono all'utente di accedere ai diversi argomenti trattati mediante livelli di approfondimento diversificati e ponendosi quindi come uno strumento utile sia per istruttori che per principianti. I temi trattati spaziano dai gradi di pericolo, alla tipologia di valanghe, ai meccanismi di distacco delle valanghe, agli incidenti da valanghe. L'applicazione, utile per tutte le attività didattiche in materia di neve e valanghe, fornisce inoltre, anche a singoli utenti, un ausilio teorico e pratico per la programmazione e la pianificazione di gite sci alpinistiche e attività fuori pista. Il CD-Rom contiene anche la versione tedesca e inglese. Il costo del CD-ROM è di 16,00 euro, spese di spedizione incluse. Per maggiori informazioni consultare il sito www.aineva.it.

ABSTRACT

WINTER SEASON 2010-2011

M. Valt, P. Cianfarra

Winter season 2010-2011 was characterized by good snow conditions in autumn months, ranging from scarce snowfalls in the central period of winter (mid-January-mid-February) to abundant snowfalls in March in western Alps and then followed by fast spring thaw.

Noteworthy are temperatures of winter season, as very low temperatures, like in mid-December, were followed by mild temperature that caused rainfalls even at high altitudes and/or rapid snow melting (first half of February and April). Wind phenomena were not so frequent like in the winter season 2009-2010 but they affected, especially in late February, snowcover stability mainly in Eastern Alps, where on 26 February 7 avalanche accidents occurred. Avalanche casualties were 17 (also including the Apennines), a little less than average. The periods with the most frequent spontaneous avalanche phenomena nearly always coincided with the periods with heaviest snowfalls. The most critical days were in the first and third ten days of February, and mainly in the second ten days of March, when several large avalanches affected many areas of Italian Alps. As for avalanche risk, the prevalent hazard rating was moderate (rating 2). The early and final periods of winter, mainly in Western Alps, were characterized by considerable hazard rating (rating 3), whereas in the central period of winter there were many days with low avalanche risk (rating 1).

CISA IKAR 2011

S. Pivot

The annual meeting of CISA-IKAR took place in Sweden, in Åre, a ski resort that hosted the Alpine World Ski Championship in 2007. This year, too, the meeting was attended by a number of mountain rescue specialists from 41 countries in the world; the Italian organization F.I.S.P.S. (Italian federation for safety on ski runs) proposed its candidature, which was unfortunately rejected, as there was no representative.

SNOW IN PIEDMONTESE ALPS

Typical synoptic patterns of heavy snowfalls observed in the last 40 years

C. Ronchi, M. Nicollella

The aim of this study is to provide a-

ther chart of snowfalls in Piedmontese alps, using the long climate series available. After having determined and analyzed the heaviest snowfalls of the last 40 years, the aim of this work is to characterize the main weather charts that determine snowfalls in the areas examined. The climate variability of these events was studied in relation with large-scale variability of air circulation in the Atlantic-Mediterranean region using principal component analysis and clustering techniques. Findings show that seven different main configurations of the pressure field above sea level and on the ground are associated with the most significant events, which determine different effects in terms of amount of snow measured in Piedmontese Alps.

AN INTEGRATED SYSTEM FOR MITIGATION AND CONTROL OF AVALANCHE RISK –THE LIVIGNO CASE HISTORY

A. Bariffi

Following the catastrophic events of winter 1951, which became notoriously known as "the year of avalanches", the Livigno territory, like many others in the alpine region, was overcome by events. There were casualties and wrecked dwellings and the village was isolated for several days.

In the years between 1960 and 2004, several safety works were built in the areas considered most critical for avalanche releases, n. 212 (Costaccia) and 220 (Blesaccia) of the C.L.P.V. (Location map of probable snow avalanches), through the installation of active barriers that included snow bridges, wind baffles and snow nets. In all, 3651.5 linear meters of active works are installed in both areas, while wind baffles amount to 315 meters.

According to what planned in the last mitigation avalanche project (2002-2004), based on restoration of damaged structures but also improvement of existing ones, one of the fundamental aspects leading to approval of critical valley floor areas on behalf of by Technical Bodies was the arrangement and starting up of an Integrated risk management plan, based on a Monitoring plan, an Emergency plan and a Programme for control and maintenance of avalanche barriers, which is the subject of this article.

A MODEL FOR SOIL EROSION CAUSED BY SNOW AVALANCHES: The Lavancher, Morgex (AOSTA) CASE

C. Gabriele, M. Maggioni, M. Freppaz, D. Bocchiola

Snow avalanches carry a considerable bearing upon the dynamics of soils in mountain environment. Avalanches exert considerable erosive forces on soils, leading to soil tearing and sediment removal, especially in the transition zone. Sediments mix up with the avalanche body and they may be found within the runout snow deposit, potentially contributing to unique landforms. The quantity of soil material entrained within the avalanche body depends upon the avalanche characteristics (e.g. full depth dry or wet avalanches) and their morphological features (e.g. either gullied or unconfined avalanches, slope angle, etc.), as well as upon soil properties and vegetation cover.

By way of soil erosion avalanche activity contributes to redistribution of nutrients, which are made available by vegetation during the growing season. Moreover, the formation of differential soil patterns (by erosion/deposition) within avalanche tracks contributes to the development of unique pedo-environmental conditions.

Based on a previous campaign carried out by the personnel of Turin University aiming to quantify the amount of sediments trapped within avalanche bodies for the study site of Lavancher, in the Aosta Valley, NW-Italy, we developed here a soil erosion model, which we preliminarily applied to that site. An already developed and tested 1-D avalanche dynamics model was modified to include soil erosion. Soil removal was triggered according to two different mechanisms, namely i) excess of shear and ii) critical velocity. We used equations from the available literature to model the shear stress exerted by the avalanche flow upon the ground underneath.

Critical threshold for soil removal of either shear or velocity were also retrieved from the available literature, possibly depending upon soil texture and geotechnical properties. The model performed well in depicting soil re-

moval from three sample events in the avalanche study site.

Albeit more accurately measured events of soil eroding avalanches seem necessary to test its performance, the model can be used henceforth as a basis for further refinement concerning geo-morphological contribution of avalanches.

EFFECTS OF ARTIFICIAL COVER TECHNIQUES ON THE ENERGY BALANCE ON THE PRESENA GLACIER (TRENTO)

G. Diolaiuti, A. Senese, B. Mosconi, C. D'Agata, C. Mihalcea, C. Smiraglia, A. Trenti

Since summer 2008, investigations to reduce snow and ice ablation have been carried out on the Presena Glacier with very satisfying results. Presena is a mountain glacier in the Adamello Group (Trentino) used for ski activities.

During the last two decades this glacier experienced a strong area and thickness reduction, thus suggesting to apply strategies devoted to reduce the magnitude of glacier ablation and preserve part of the winter and spring snow cover. In this study we show the field investigations carried out during the hydrological year 2009/2010.

In particular, an artificial cover (76,400 m²) was spread over the glacier surface at the end of June 2010 and removed at the beginning of September 2010.

To evaluate the role played by the artificial coverage in reducing snow and ice ablation and particularly in modifying glacier energy budget, an Automatic Weather Station (AWS from here) was located on the glacier surface; moreover a second AWS was installed on the surface of the artificial cover.

The AWS on bare ice measured all the meteorological parameters, instead the second one measured only the incoming and outgoing energy fluxes. On the glacier sector covered with artificial coverage the mean absorbed solar energy amounted to 36%, whereas it amounted to 57% on the not-modified glacier surface.

The impact on snow and ice melting of the reduced energy input is a global reduction of ablation of about 52%.

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