

n° 81 - aprile 2014

e Neve Valanghe

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*



SPECIALE STAGIONE INVERNALE 2013-2014

Il clima nell'inverno

La stagione invernale

Eventi nevosi e valanghe

Gli incidenti da valanga

Evoluzione del Ghiacciaio dei Forni



**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
<http://www.arpa.piemonte.it>
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. Amérique 33/A - 11020 Quart (AO)
Tel. 0165 776600/1 - fax 0165 776804
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0165 776300
<http://www.regione.vda.it>
e-mail: u-valanghe@regione.vda.it

REGIONE LOMBARDIA

ARPA Lombardia
Settore Tutela delle Risorse e Rischii Naturali
U.O. Centro Nivometeorologico
Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio (SO)
Tel. 0342 914400 - Fax 0342 905133
Bollettino Nivometeorologico
Risponditore telefonico e
fax on demand 02 69666554
<http://www.arpalombardia.it/meteo>
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 416140 - Fax 0471 416159
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 Protezione Civile
Centro Funzionale Multirischi
per la Meteorologia e l'Idrologia
Via del Colle Ameno, 5 - 60126 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.



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 2014: Euro 18,00
da versare sul c/c postale n. 14595383
intestato a: AINEVA
Vicolo dell'Adige, 18 - 38122 Trento

Direttore Responsabile

Anselmo CAGNATI
ARPA Veneto
Coordinamento redazionale:
ARPA Lombardia e ARPA Veneto

Comitato di redazione:

Luciano LIZZERO, Maria Cristina PROLA,
Mauro VALT, Giovanna BURELLI,
Elena BARBERA, Walter BEOZZO,
Stefano SOFIA, Alfredo PRAOLINI,
Guenther GEIER

Comitato scientifico editoriale:

Valerio SEGOR,
Alberto TRENTI, Secondo BARBERO,
Francesco SOMMAVILLA,
Daniele MORO, Maurizio FERRETTI,
Michela MUNARI, Giovanni PERETTI

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: Thierry Robert-Luciani

Lodovico Mottarella: Il
ARPA Veneto: 2, 5, 7, 8, 9, 27 (Figg. 17 e 19),
28 (tutte), 29 (tutte), 30
Renato Zasso: 11, 55
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia: 23
(tutte), 24 (tutte), 25 (tutte)
Ivan Pellegrini: 27 (Fig. 18)
Provincia Autonoma di Trento: 34 (tutte), 35
(tutte), 58 (Figg. 3 e 4), 59 (Fig.7)
Provincia Autonoma di Bolzano: 36, 37, 38
(tutte), 39 (tutte)
Federico Rota: 41, 43 (centrale e basso)
Giovanni Songini: 42, 43 (alto)
Regione Autonoma Valle d'Aosta: 45, 46
(tutte), 47 (tutte), 58 (fig. 5), 59 (Fig.6)
Regione Piemonte: 49, 50 (tutte), 51 (tutte), 57
Centro Funzionale Regione Marche: 52 (tutte)
Università Studi di Milano: 61, 69

Hanno collaborato a questo numero:

Serena Mottarella, Stefania Del Barba,
Nadia Pregonella, Monica Rossi,
Igor Chiambretti, Enrico Filafarro.

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

I dati forniti dagli abbonati e dagli inserzionisti
vengono utilizzati esclusivamente per l'invio della
presente pubblicazione (D.Lgs.30.06.2003 n.196).



4



20



54



60



10

4 IL CLIMA NELL'INVERNO 2013-2014

■ A cura del Gruppo di Lavoro ArCIS

10 LA STAGIONE INVERNALE 2013-2014

■ M. Valt, P. Cianfarra

20 EVENTI NEVOSI E VALANGHE

22 - Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
26 - Regione del Veneto
32 - Provincia Autonoma di Trento
36 - Provincia Autonoma di Bolzano
40 - Regione Lombardia
44 - Regione Autonoma Valle d'Aosta
48 - Regione Piemonte
52 - Regione Marche

■ A cura dei Servizi Valanghe AINEVA

64 GLI INCIDENTI DA VALANGA

■ S. Pivrot

60 EVOLUZIONE DEL GHIACCIAIO DEI FORNI

■ R. Garavaglia, A. Marzorati, G. Confortola,
G. Cola, D. Bocchiola, E. Manzata, A. Senese,
C. Smiraglia, G. A. Diolaiuti



La stagione invernale 2013-2014, sulle Alpi centrali ed orientali, è stata una delle più nevose dal 1930 ad oggi. Anche sul settore occidentale le precipitazioni nevose sono state superiori alla media, anche se non eccezionali. Un'altra caratteristica saliente dell'inverno, sono state le temperature elevate con frequenti episodi di pioggia fino alle quote medio-alte. Nevicate abbondanti e temperature elevate hanno determinato un'intensa attività valanghiva spontanea. In alcuni settori delle Alpi orientali, per la prima volta dall'entrata in vigore della scala europea del pericolo di valanghe (1993), è stato utilizzato il grado massimo, 5 (molto forte), che esprime una situazione valanghiva estrema. In alcuni casi le valanghe hanno superato i limiti storici documentati con effetti distruttivi su beni e infrastrutture.

I fenomeni di slittamento hanno provocato danni in alcuni casi più gravi di quelli prodotti dalle stesse valanghe. Nella sola provincia di Belluno i danni materiali diretti possono essere stimati in alcuni milioni di euro, mentre i danni indiretti dovuti alla limitazione delle attività turistiche a causa dei prolungati periodi di chiusura delle strade e degli impianti di risalita sono, probabilmente, molto più elevati. I periodi critici si sono prolungati a lungo, oltre la durata dei singoli episodi nevosi, a causa delle valanghe da slittamento ritardate, fenomeno sempre più diffuso e che sembra ormai essere una delle evidenze dei cambiamenti climatici in atto nel settore nivologico. La stagione invernale 2013-14 ha posto sul tappeto alcune problematiche rilevanti con le quali, in futuro, i Servizi valanghe saranno chiamati a confrontarsi: la difficoltà di comunicare al pubblico e agli organismi di protezione civile le situazioni di pericolo prolungate determinate dalle valanghe da slittamento, l'inadeguatezza, in alcuni casi, degli strumenti di pianificazione (es. CLPV) e la necessità di un loro aggiornamento anche alla luce delle recenti tendenze nivo-climatiche, la necessità di rivedere i criteri progettuali per le opere di difesa dalle valanghe e per i tetti degli edifici, la scarsa efficacia degli interventi di distacco programmato in condizioni nivologiche di questo tipo.

Per queste ragioni, il n. 81 della rivista è stato quasi interamente dedicato all'andamento della stagione invernale. Da parte di tutti gli uffici valanghe è stato fatto uno sforzo straordinario per fornire ai lettori un quadro dell'inverno in tempo quasi reale, quando il ricordo delle nevicate è ancora vivo e i danni sul territorio ancora visibili. Visti i tempi a disposizione, il quadro non sarà certamente esaustivo ma credo che possa fornire interessanti spunti di riflessione.

Anselmo Cagnati
Direttore Responsabile

Le eccezionali anomalie climatiche nel Centro-Nord Italia

IL CLIMA NELL'INVERNO

A cura del
Gruppo di Lavoro ArCIS



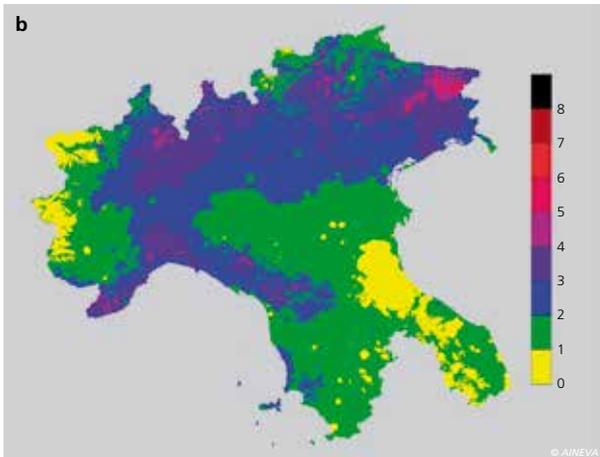
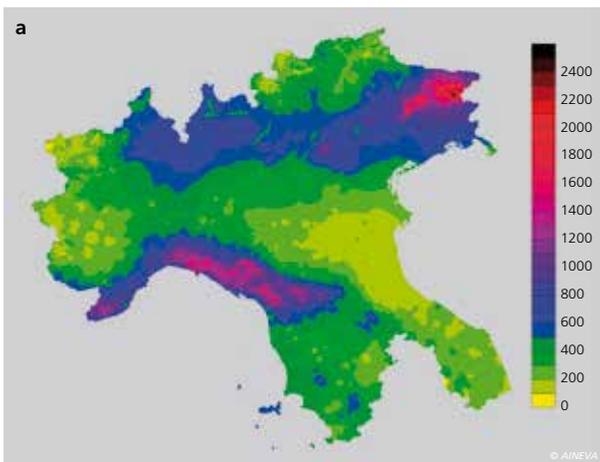
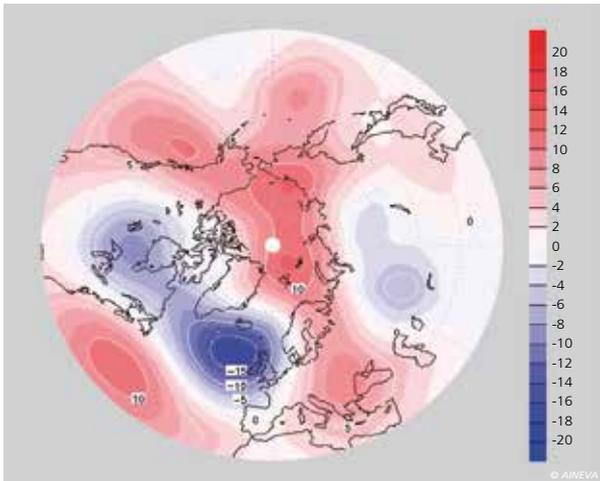
Archivio Climatico
dell'Italia centro-settentrionale

Precipitazioni abbondanti e temperature miti: queste le caratteristiche salienti dell'inverno 2013-'14 che lo pongono tra i più anomali degli ultimi 60 anni sul Centro-Nord Italia. Le nevicate copiose sulle Alpi, che in molti casi hanno superato anche quelle eccezionali della stagione invernale 1950/51, hanno causato numerosi disagi e danni agli edifici e alle infrastrutture. Il Gruppo di Lavoro ArCIS presenta una descrizione dettagliata delle anomalie climatiche osservate utilizzando le reti locali di monitoraggio meteo-climatico dei Servizi Meteorologici Regionali dell'Italia centro-settentrionale.



2013-2014





Sopra dall'alto verso il basso: fig. 1 - Anomalia dell'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa nell'inverno 2013-14 rispetto alla norma 1961-90 (dati ERA INTERIM / ERA 40). Valori espressi in dam.

Fig. 2 - Precipitazione cumulata (in mm) nell'inverno 2013-'14 sull'Italia centro-settentrionale (a) e relativo rapporto con i valori climatici calcolati sul periodo 1961-'90 (b).

INTRODUZIONE

Nel corso dell'inverno appena trascorso, le regioni del Centro-Nord Italia hanno assistito al verificarsi di una persistente ed intensa anomalia climatica: le precipitazioni sono state estremamente copiose, raggiungendo in alcune regioni valori di cumulate sui tre mesi (dicembre, gennaio e febbraio) mai osservati negli ultimi 90 anni e le temperature si sono mantenute miti, con anomalie positive più intense e diffuse nei valori minimi piuttosto che nei massimi. Tali anomalie climatiche hanno

influenzato il manto nevoso che ha mantenuto spessori contenuti sull'Appennino, ma molto elevati e localmente eccezionali sulle Alpi.

Queste particolari condizioni climatiche sono state associate a persistenti anomalie nella circolazione atmosferica di larga scala che hanno coinvolto gran parte dell'emisfero nord, come si può vedere in Fig. 1 che presenta l'anomalia di geopotenziale a 500 hPa rispetto al clima 1961-'90.

In particolare, per gran parte dell'inverno l'asse del vortice polare del nostro emisfero si è posizionato sul Nord America, dove l'inverno è stato caratterizzato da ripetute ondate di freddo intenso, localmente estremo, come ben evidenziato nel report climatico della NOAA (<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/2>).

La posizione anomala dell'asse del vortice polare ha portato con sé uno spostamento a sud delle correnti umide atlantiche, responsabili delle copiose precipitazioni registrate in Europa. Per molte regioni europee infatti l'inverno 2013-'14 è risultato il più piovoso dall'inizio delle osservazioni meteo-climatiche, ovvero a partire dal XVIII secolo. Le anomalie termiche in Europa sono state ovunque positive, meno pronunciate sul Mediterraneo rispetto al Nord Europa, dove hanno raggiunto valori record.

In questo contesto, nel corso dell'inverno 2013-'14, anche le nostre regioni sono state spesso interessate da sistemi perturbati di origine atlantica, associati a masse d'aria umida e relativamente calda, che hanno portato frequenti condizioni di copertura nuvolosa estesa e ingenti quantitativi di precipitazione.

Nel presente articolo viene data una descrizione dettagliata delle anomalie climatiche osservate, confrontandole con il clima 1961-'90. La descrizione è il risultato di un lavoro di collaborazione fra i Servizi Meteorologici Regionali del Centro-Nord Italia. Tale collaborazione si inquadra nell'accordo di condivisione dei dati climatologici giornalieri per il periodo 1961-2010 che ha portato alla nascita del progetto ArCIS (Archivio climatologico per l'Italia centro-settentrionale).

PRECIPITAZIONI

La descrizione delle anomalie climatiche dell'inverno 2013-'14 inizia dalle mappe di precipitazione cumulata sui tre mesi e dalle mappe del rapporto tra la pioggia dello scorso inverno e i valori medi invernali per il periodo 1961-'90 (Fig. 2). I massimi di piovosità sono stati raggiunti sulle Alpi orientali e sull'Appennino settentrionale. In particolare, i picchi sono stati registrati in Friuli Venezia Giulia, dove la precipitazione cumulata nei tre mesi invernali ha superato i 2500 mm, e risultano quattro-cinque volte maggiori rispetto al valore della norma climatica del periodo di riferimento, stabilendo un nuovo record per le cumulate mensili di gennaio e febbraio sugli ultimi 50 anni.

Altrove la situazione è analoga: in varie aree delle Alpi e Prealpi del Veneto, del Trentino e della Lombardia, nonché sul crinale appenninico ligure e toscano-emiliano, i totali stagionali sono stati pari a tre-quattro volte il valore della norma climatica 1961-'90, con massimi locali che hanno superato i record storici invernali del periodo, dal 1921 ad oggi, come documentato per alcune stazioni meteo del Trentino (Trento Laste, Tione e Malè). Invece, nelle aree delle Alpi centrali e in gran parte della pianura padano-veneta, i valori osservati si sono mantenuti tra una e due volte superiori alla norma.

Infine, nella parte sud-orientale della pianura Padana, sull'Appennino Romagnolo, sulle Alpi Cozie e in Val d'Aosta i totali di precipitazione sono rimasti più contenuti, anche grazie al fatto che queste zone risultano più riparate dall'orografia rispetto ai flussi umidi da ovest/sud-ovest e quindi meno soggette a precipitazioni intense e frequenti nelle particolari condizioni sinottiche che hanno dominato la stagione invernale appena trascorsa.

Occorre tuttavia tenere presente che la misurazione dei valori di precipitazione nelle alte quote alpine, può essere stata sottostimata da problemi di funzionamento dei pluviometri causati dall'eccezionale copertura nevosa con notevoli spessori di neve particolarmente densa al suolo (vedi in seguito).

Quasi ovunque il numero di giorni piovosi ha superato i valori climatici. In Liguria, su gran parte dell'Appennino settentrionale, e sulle Alpi e Prealpi centro-orientali è stato doppio del valore della norma climatica.

TEMPERATURE

L'anomalia climatica della stagione invernale ha riguardato anche le temperature osservate.

Le medie trimestrali delle temperature minime (Fig. 3) si sono mantenute quasi ovunque al di sopra della norma climatica. Lo scorso inverno i valori si sono mantenuti tra i 2 °C e 4 °C su gran parte della pianura padano-veneta, e tra i 5 °C e i 10 °C sul versante tirrenico-ligure, con i valori di picco raggiunti in Liguria. Nel grafico del pannello b è invece presentato un confronto fra i valori medi delle minime osservati nello scorso inverno e quelli climatologici relativi al periodo 1961-'90, dove ciascun gruppo di dati è stato rappresentato in funzione della quota insieme alla linea di tendenza che meglio ne descrive la dipendenza. Da questo grafico, si può notare che

a tutte le quote i valori osservati nello scorso inverno sono stati superiori di circa 3 °C rispetto alla norma di riferimento. Occorre, però, rimarcare che la densità di stazioni utilizzate per l'analisi storica è nettamente inferiore a quella delle stazioni utilizzate per il periodo 2013-2014, sia perché la rete ha registrato un incremento di punti di misura negli ultimi anni, sia perché il processo di digitalizzazione dei dati storici, in alcune regioni, non è stato ancora completato. Ciò rende per ora impossibile un confronto diretto e una caratterizzazione geografica delle anomalie termiche. Un ulteriore dato interessante si può ottenere dalla mappa del numero di giorni con gelo verificatesi nel corso dell'inverno, cioè del numero di giorni in cui la temperatura minima è stata inferiore a 0 °C. Da questa mappa (Fig. 4) si può osservare come le aree più miti della Pianura padano-veneta siano state le zone pedecollinari, dove mai nel corso dell'inverno la temperatura è scesa sotto zero. Le poche inversioni termiche hanno invece permesso alla temperatura di raggiungere valori negativi nelle zone

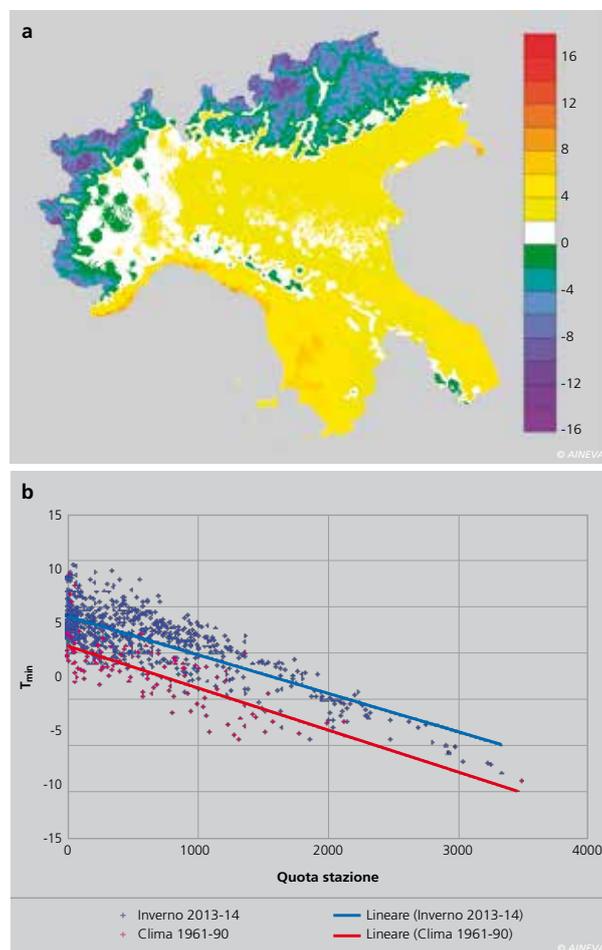
centrali della pianura Padana, nelle aree alle quote più basse. Lo stesso fenomeno si è verificato in alcune zone leggermente sopraelevate dei fondo-valle alpini o prealpini.

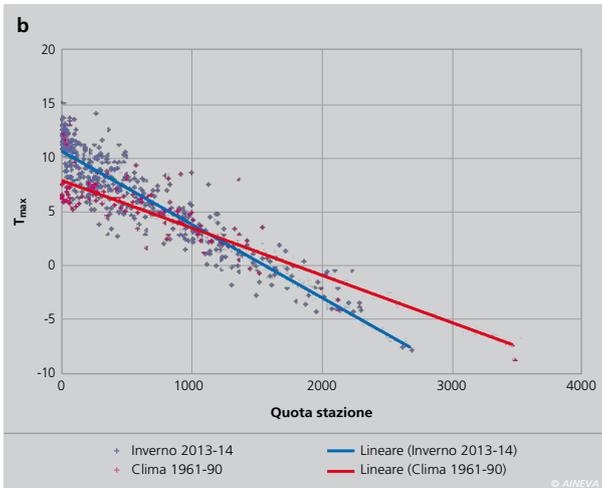
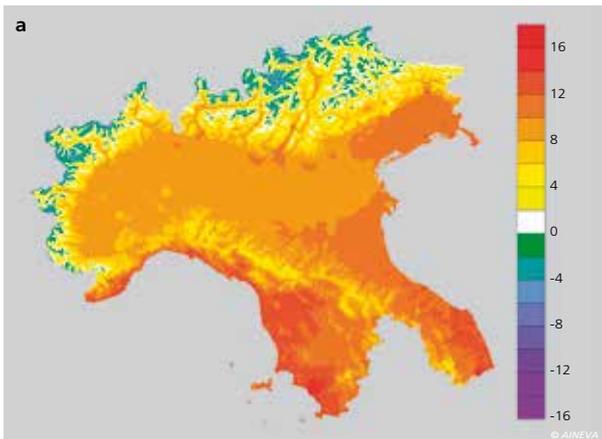
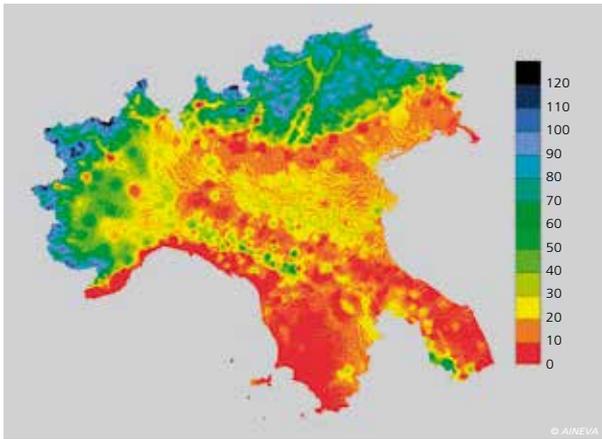
Per quanto riguarda le temperature massime, i valori medi invernali si sono mantenuti intorno ai 9-10 °C su gran parte della Pianura padano-veneta, ma tra 12 °C e 14 °C sul versante tirrenico-ligure e nelle Marche (Fig. 5, pannello a). Dal grafico che confronta i valori osservati lo scorso inverno con quelli climatici relativi al periodo 1961-'90 in funzione della quota (Figura 5, pannello b), si nota che mentre alle basse altitudini le anomalie climatiche si sono aggirate intorno ai 3 °C, in quota sono state meno intense, probabilmente grazie alla riduzione dell'insolazione dovuta alla frequente copertura nuvolosa.

LA NEVE

L'anomalia termica ha avuto rilevanti ripercussioni sull'accumulo della neve dell'Appennino ligure, tosco-emiliano e marchigiano, decisamente più modesto rispetto

Fig. 3 - Mappa della Temperatura minima invernale 2013/2014 nell'Italia centro-settentrionale (a) e grafico in funzione delle quote rispetto alla norma 1961-90 (b). Valori espressi in °C.





Sopra, dall'alto verso il basso: fig. 4 - Numero di giorni di gelo nell'inverno 2013-'14 sull'Italia centro-settentrionale.

Fig. 5 - Mappa della temperatura massima invernale 2013-'14 nell'Italia centro-settentrionale (a) e grafico in funzione delle quote rispetto alla norma 1961-'90 (b). Valori espressi in °C.

all'inverno 2012-'13, nonostante le eccezionali precipitazioni. In Liguria, ad esempio, già a inizio febbraio il manto nevoso risultava quasi inesistente (vedi Fig. 6) e, per gran parte del mese, lo zero termico si è attestato attorno a 1000 m s.l.m. sui versanti marittimi e 700-800 m s.l.m. su quelli padani. Alle quote più alte del versante padano, invece, l'accumulo nevoso è stato eccezionale, raggiungendo ad esempio, quasi 2 m di spessore del manto in alcune località del cuneese.

Situazione decisamente opposta sull'arco alpino, dove le temperature al di sopra dalla



norma climatica hanno contribuito a rendere la neve particolarmente densa e quindi il manto al suolo molto pesante, causando gravi danni in varie zone.

In alta e media montagna infatti, a parte la perdita di funzionalità dei nivometri in quota, la pesantezza della neve ha causato ingenti danni a edifici, strutture e rifugi alpini, producendo cedimenti strutturali in tetti di capannoni e di abitazioni.

Queste conseguenze sono state determinate anche dall'eccezionale apporto di neve registrato in molte zone alpine durante l'inverno 2013-'14: in alcuni settori del territorio si è superato anche il record dell'inverno 1950-'51. In Friuli Venezia Giulia, lo spessore di neve al suolo nel mese di febbraio ha raggiunto mediamente i 400 cm alla quota di 2000 m s.l.m., con punte di 700 cm nella zona del Monte Canin.

In Veneto, la cumulata sui soli mesi invernali della neve fresca ad Arabba (a 1645 m s.l.m.) è stata di 635 cm, e il massimo valore di spessore del manto ottenuto nel corso della stagione è stato di 228 cm, superando il record 1979 (vedi Fig. 7).

In Trentino invece, in varie località tra i 1800 ed i 2000 metri s.l.m. sono stati osserva-

ti fino a 600-800 cm abbondanti di neve fresca accumulati da dicembre a febbraio, con massimi misurati perlopiù nelle località ubicate nel settore occidentale del Trentino ma anche nell'alta valle del Primiero, presso le Pale di San Martino, con Passo Rolle che ha registrato oltre 300 cm di neve al suolo in febbraio. In Alto Adige, presso le località di montagna l'altezza del manto nevoso ha superato in varie località i 200 cm, valori che rappresentano il massimo spessore di neve al suolo misurato negli ultimi 35 anni. In Lombardia, gli accumuli hanno superato i 400 cm in località a quote superiori ai 1800 m e localmente rappresentano i valori più alti di accumulo nevoso misurati negli ultimi 30 anni. In Piemonte, a fine stagione l'altezza media a 2000 m del manto nevoso era di quasi 300 cm sulle Alpi Pennine e Lepontine e di 200 cm abbondanti sulle Alpi Marittime e Liguri.

Va infine notato che, come conseguenza delle continue e intense piogge, le falde acquifere hanno raggiunto potenze significative, che, in Friuli Venezia Giulia, ad esempio, non si toccavano da almeno 50 anni, e superiori anche a quelle già eccezionali del 2010. Qui sono stati segnalati allagamenti

di cantine e di bassure fin nella media pianura pordenonese; le cave di ghiaia nella media-bassa pianura udinese, anche quelle dismesse, si sono riempite d'acqua, segno evidente che in molte zone il livello della falda è arrivato a 1 m dal piano di campagna. In varie località la persistenza delle precipitazioni ha portato alla riattivazione o all'ac-

celerazione di fenomeni franosi, con danni ad abitazioni e ad infrastrutture. Le piene dei fiumi non sono state mai eccezionali, ma i livelli idrometrici si sono mantenuti alti per periodi prolungati, mettendo a dura prova argini e strutture di contenimento, che cedendo, in alcuni casi hanno causato allagamenti a vaste zone di pianura.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Meteo France e lo Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) per aver gentilmente messo a disposizione i dati giornalieri di precipitazione per un gruppo di stazioni prossime al confine italiano per il periodo 1961-2010.

Il Gruppo di Lavoro **ArcIS** (Archivio Climatologico per l'Italia centro-settentrionale) è il frutto dell'accordo firmato nel 2008 dalle regioni del Centro-Nord Italia al fine di creare un archivio climatologico di dati giornalieri di precipitazione e temperatura massima e minima dal 1961 ad oggi. A partire dalla sua fondazione, il gruppo di lavoro ha permesso e favorito la creazione di un archivio centrale dei dati e il coordinamento dei lavori di digitalizzazione, validazione e analisi degli stessi presso i Servizi Meteorologici Regionali.

E' stato inoltre creato un sito che rappresenta la vetrina delle attività del gruppo di lavoro (www.arcis.it). I Servizi Meteorologici Regionali che partecipano all'accordo e che hanno contribuito alla stesura del presente articolo sono: ARPA Emilia-Romagna, ARPA Liguria, ARPA Piemonte, Regione Autonoma Valle d'Aosta, ARPA Lombardia, Provincia Autonoma di Trento, Provincia Autonoma di Bolzano, ARPA Veneto, ARPA Friuli Venezia Giulia, Consorzio LaMMA Toscana, Centro Funzionale della Regione Marche.

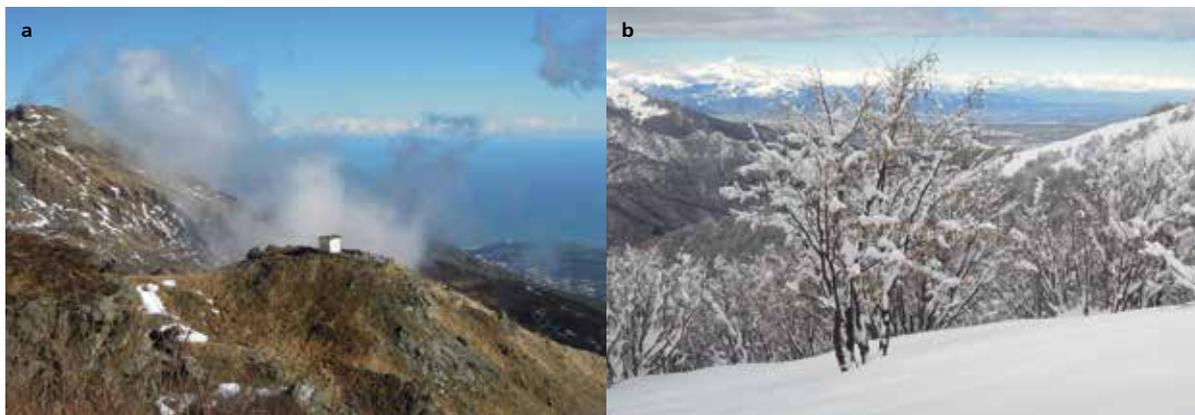


Fig. 6 - a) Parco del Beigua (sopra Varazze) a circa 1000 m di quota l'8 febbraio 2014. b) Il parco di Pesio sulle Alpi Cuneesi, con vista verso le Alpi occidentali e il Monviso. (Cortesia di Luca Onorato, ARPA Liguria)



Fig. 7 - a) Accumulo eccezionale di neve ad Arabba in Veneto a inizio febbraio (cortesia di Gianni Marigo, ARPA-Veneto). b) Abbondante nevicata sulle Dolomiti Bellunesi in Veneto a gennaio 2014 (cortesia di Christian Ronchi, ARPA-Piemonte). c) Manto nevoso a fine marzo a Casera Tuglia a 1530 m s.l.m. sul Monte Creta Forata sulle Dolomiti Pesarine in Friuli Venezia Giulia (cortesia di Andrea Cicogna, OSMER ARPA Friuli Venezia Giulia). d) La stazione meteorologica di Pian di Passiria in Provincia di Bolzano.

la STAGIONE INVERNALE 2013-2014 INNEVAMENTO E ATTIVITÀ VALANGHIVA SULLE ALPI

Mauro Valt

ARPAV-DRST-SNV
Centro Valanghe di Arabba,
mvalt@arpa.veneto.it

Paola Cianfarra

Università degli Studi Roma Tre,
Dipartimento di Scienze-
Sezione Geologia, Roma
paola.cianfarra@uniroma3.it

La stagione invernale 2013 - 2014 è stata la più nevosa dal 1930 in poi, preceduta solo dall'inverno del 1951. Dalla fine di dicembre a metà febbraio, il susseguirsi di precipitazioni ha determinato un lungo periodo perturbato che ha avuto il suo culmine nella prima decade del mese di febbraio quando, in molte aree alpine, il grado di pericolo è stato per più giornate 5-molto forte.

La temperatura media dell'inverno è stata mite contribuendo ad innalzare il limite neve/pioggia e gli accumuli di neve al suolo sono stati eccezionali soprattutto oltre i 1600 m di quota. Il grado di pericolo valanghe più utilizzato nei bollettini valanghe è stato il 2-moderato ma ci sono stati anche lunghi periodi con il grado 3-marcato e con i gradi 4-forte e 5-molto forte. In generale l'attività valanghiva è stata intensa da metà dicembre a fine di aprile.



INTRODUZIONE

Nel presente lavoro viene descritta la stagione invernale 2013-2014 mediante confronti storico climatici e suddivisioni geografiche.

FONTI DEI DATI ED ELABORAZIONI

Come in altri lavori recenti sullo stato dell'innevamento sull'arco alpino italiano (Valt e Cianfarra, 2009, 2010, 2013),

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.

Le elaborazioni riguardanti il grado di pericolo da valanghe nelle diverse aree sono state effettuate utilizzando i dati pubblicati sul sito www.aineva.it.

Le analisi sugli incidenti da valanghe sono state effettuate utilizzando la banca dati storici di AINEVA online (www.aineva.it, www.ikar-cisa.org).

In tutti i grafici e le tabelle, l'anno di riferimento è l'anno idrologico (ad esempio l'anno 2014 inizia il 1° ottobre 2013 e termina il 30 settembre 2014). 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).

Fig. 1 - SAI Index calcolato per il cumulo stagionale di neve fresca elaborato per Alpi italiane.

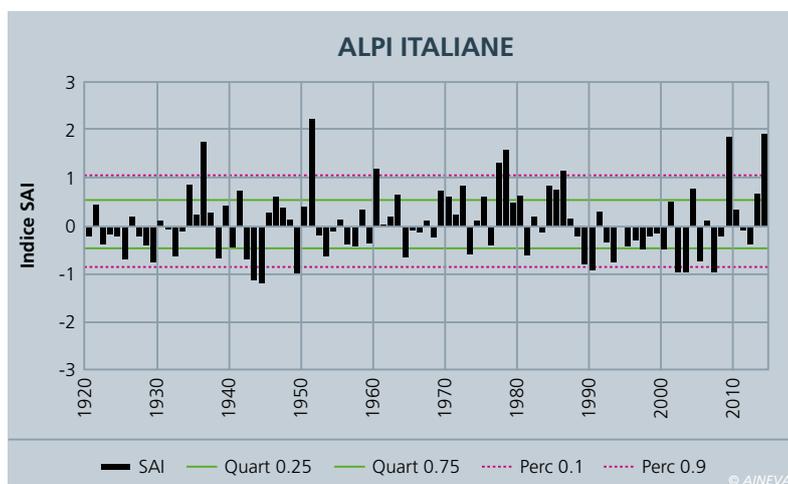
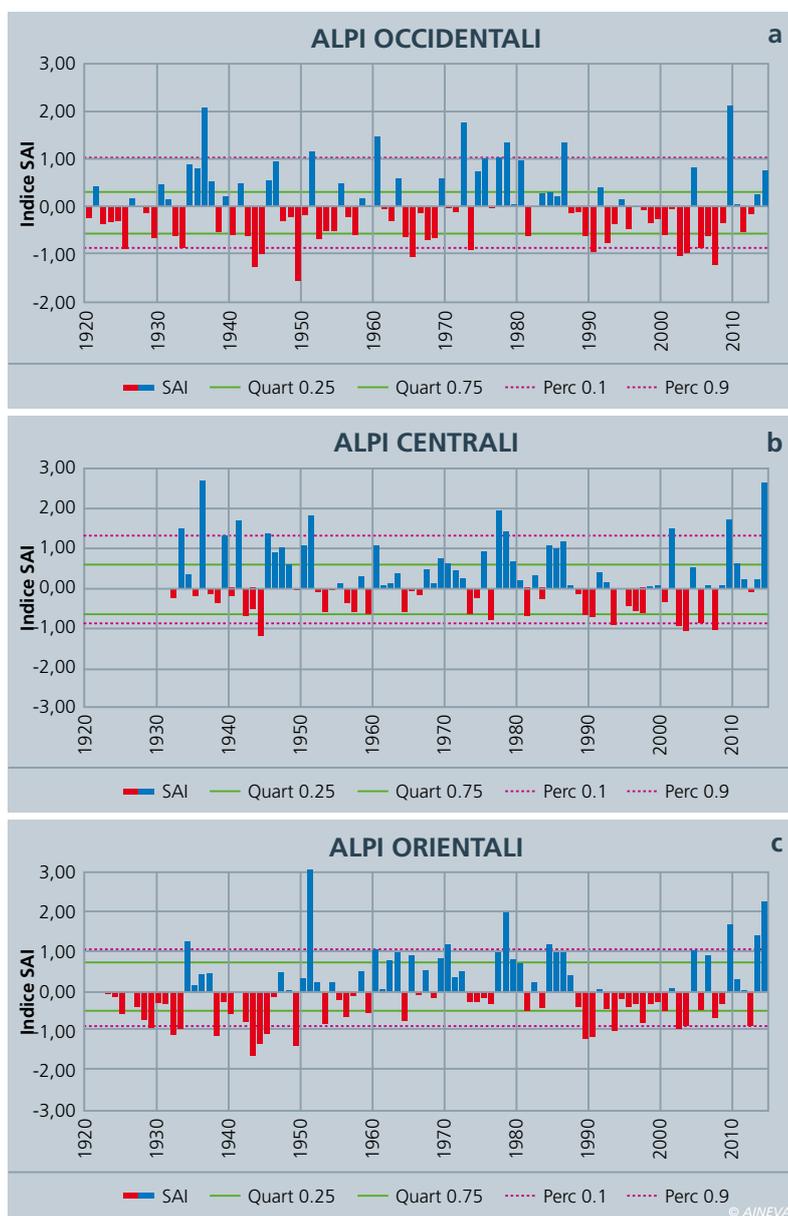


Fig. 2 - SAI Index calcolato per il cumulo stagionale di neve fresca elaborato per le a) Alpi occidentali b) Alpi centrali c) Alpi orientali.



Disponendo di numerose serie storiche nell'ultimo quarantennio, le elaborazioni sono state effettuate sulla base del periodo di riferimento 1975-2009 e in alcuni casi 1961-1990.

Inoltre, per definire gli eventi eccezionali (estremi o rari), è stato determinato lo 0,10 e lo 0,90 percentile rispetto al periodo di riferimento. Gli scarti medi che si collocano oltre tali soglie sono stati considerati eventi rari. Sono stati considerati come valori rientranti nella variabilità media quelli situati fra il 1° e il 3° quartile (25% e 75%). Gli scarti medi che si collocano all'interno del 1° quartile e del 3° quartile, fino allo 0,10 e allo 0,90 percentile, sono stati definiti eventi al di fuori della norma.

Tale metodologia è stata utilizzata per la sua semplicità e per omogeneità con i lavori precedenti (Valt et al., 2009, 2010).

CUMULO STAGIONALE DI NEVE FRESCA

Il cumulo stagionale di neve fresca, espresso come SAI Index e calcolato per tutto l'arco alpino italiano (Fig. 1), indica un valore superiore allo 0,90 percentile e pertanto l'inverno 2014 è definibile come "estremo o raro" in quantità di precipitazione nevosa. Il valore del SAI è inoltre secondo solo all'inverno del 1951.

L'analisi dei tre grandi settori delle Alpi (occidentale, centrale e orientale) (Fig. 2a, 2b e 2c) evidenzia la grande diversità della precipitazioni nevosa nelle tre aree.

Nel settore occidentale, dalle Alpi Liguri al Lago Maggiore, il SAI Index è stato superiore al 3° quartile e inferiore ai soli inverni del 2009, 2004 e 1986 dal 1985 ad oggi. Nelle Alpi centrali (dal Lago Maggiore fino al fiume Adige), il valore di SAI Index è stato il secondo dal 1930 in poi, preceduto solo dal 1936, e ponendosi oltre lo 0,90 percentile l'inverno è classificabile come "estremo o raro". Anche nelle Alpi orientali, dalla sinistra orografica del fiume Adige fino alle Alpi Giulie, il valore del SAI Index è stato oltre lo 0,90 percentile, quindi l'inverno è classificabile come "estremo o raro" come quantità di neve caduta, preceduto solo

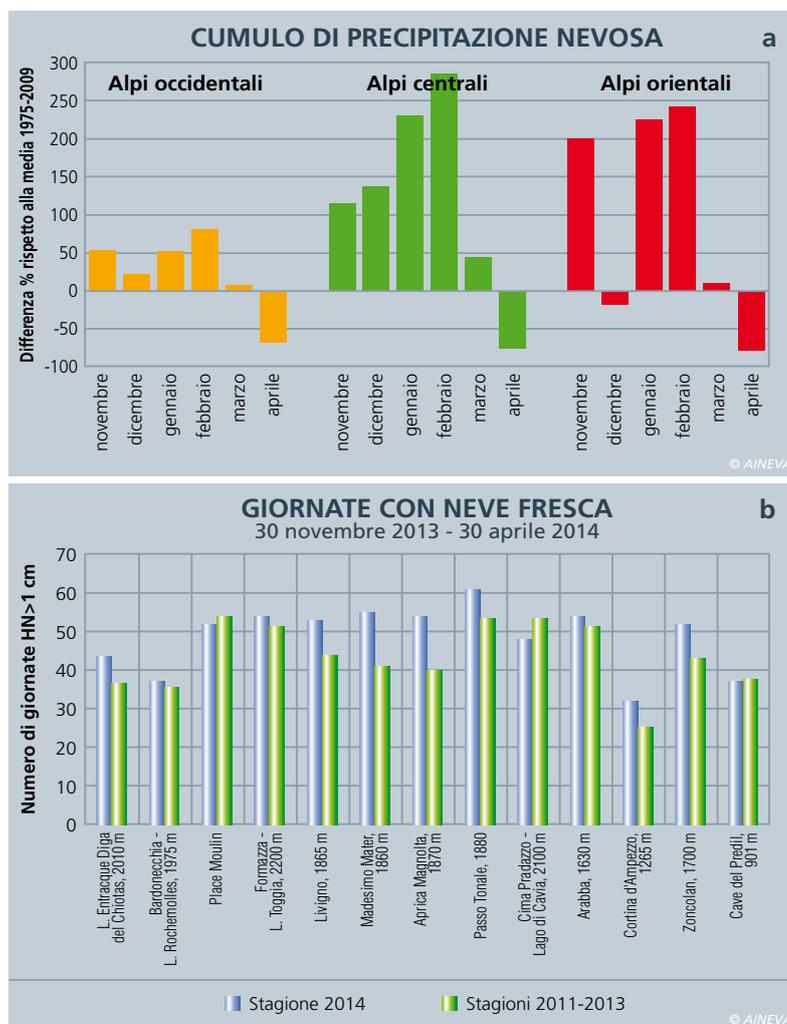


Fig. 3 - a) Valori mensili di precipitazione nevosa espressa come scarto percentuale dal valore medio di riferimento calcolato sul periodo di riferimento 1975-2009; Fig. 3 - b) Giornate con precipitazione nevosa (HN > 1 cm) in alcune stazioni delle Alpi italiane e giornate medie delle ultime tre stagioni invernali.

dall'inverno del 1951.

Occorre evidenziare che i valori del SAI elaborati risentono molto dell'influenza negativa delle stazioni a bassa quota, caratterizzate da abbondanti precipitazioni piovose anziché nevose, specie nelle Alpi occidentali e nelle Prealpi venete.

DISTRIBUZIONE DELLA PRECIPITAZIONE NEVOSA

Il diverso andamento del SAI Index nei tre settori è anche spiegato dalle differenti quantità di precipitazioni nevose mensili. Infatti, come si può osservare in Fig. 3 a, da novembre a marzo in quasi tutti i settori il cumulo di neve fresca è stato percentualmente superiore alla media ma in diversa misura a seconda del settore.

Nelle Alpi occidentali le precipitazioni nevose sono state superiori alla media di riferimento da novembre a febbraio con un valore percentuale compreso fra il +22% di dicembre e +81% di febbraio.

Nelle Alpi centrali la precipitazione nevosa è stata di molto superiore alla media e in crescendo passando da +140% di dicembre a +280% di febbraio.

Nelle Alpi orientali gli scarti dai valori di riferimento sono stati importanti nei mesi di novembre, gennaio e febbraio mentre a dicembre, causa anche il limite della neve/pioggia elevato, il valore è stato intorno alla media.

Nel mese di marzo, in tutti e tre i settori, le precipitazioni sono state intorno alla norma mentre ad aprile il cumulo è stato nettamente inferiore alla media di riferimento 1975-2009.

Per quanto riguarda il numero di giornate con precipitazione nevosa (Fig. 3 b), gran parte delle stazioni hanno avuto un numero di giornate superiori alla media, concentrate soprattutto nel periodo dopo Natale-prima decade di febbraio.

I valori della stagione invernale raffrontati con le ultime tre stagioni sono mitigati dalle poche nevicate nel mese di aprile.

SPESSORE DELLA NEVE AL SUOLO ED EVENTI NEVOSI

Il valore dell'indice di spessore medio della neve al suolo, calcolato per il periodo novembre-aprile e per il versante delle Alpi italiane nella fascia altimetrica fra i 1500 e i 2500 m, è stato di 117 cm, se-

condo valore medio dal 2002 al 2013, preceduto solo dal 2009 con 138 cm (Fig. 4). Gli indici calcolati per i mesi di febbraio e marzo sono stati superiori anche al 2009, stagione in cui l'indice di dicembre 2008 e gennaio 2009 fu più elevato dell'ultima stagione (Fig. 5).

La stagione invernale 2014 evidenzia un

andamento simile in tutti i settori, ma caratterizzato dalla diversa intensità di alcuni eventi perturbati. Nell'ultima decade del mese di novembre sono avvenute le nevicate che hanno formato la base del manto nevoso. Queste nevicate sono state meno intense sulle Alpi Marittime ma pressoché uguali sul resto delle Alpi. E' seguito, fino a Natale, un lungo periodo di tempo buono e temperature miti e poi un intenso evento perturbato con il limite della neve più elevato nelle Alpi orientali. Il 26 dicembre nelle Alpi Pennine e nelle Lepontine del Piemonte e al confine con la Valle d'Aosta, il grado di pericolo è stato 5-molto forte. Le precipitazioni del 5-6 e 14-20 gennaio 2014 sono state più intense nelle Alpi centrali, dove nella fascia prealpina si raggiunge il grado di pericolo 5- molto forte. Le precipitazioni del 30 gennaio- 10 febbraio sono particolarmente intense nelle Alpi orientali e in alcuni settori delle Alpi centrali rispetto alle Alpi occidentali. In questo periodo sono molte le giornate, nelle Alpi orientali, con grado di pericolo 5-molto forte, grado che viene raggiunto anche nelle Alpi Pennine e Lepontine a confine con la Valle d'Aosta il giorno 6 febbraio a causa anche dei forti venti sud-orientali. Le nevicate che dal 26 febbraio al 5 marzo hanno interessato le Alpi, sono state più intense nelle Alpi occidentali, con neve anche a 400-600 m di quota, rispetto alle orientali e centrali. A questo episodio segue poi un periodo di ablazione del manto nevoso fino alle nevicate del 22-26 marzo, più intense nelle Alpi centrali. Il 4 e il 5 aprile una nuova intensa nevicata interessa le sole Alpi Marittime, successivamente si registrano gli episodi del 19-21 e del 27 - 30 aprile che apportano neve su tutte le Alpi.

Fig. 4 - Indice di spessore medio della neve al suolo elaborato su un data set di 20 stazioni oltre i 1500 m di quota. Nel grafico è riportato anche l'indice delle stagioni 2002 e 2009, caratterizzate rispettivamente da poca e molta neve al suolo.

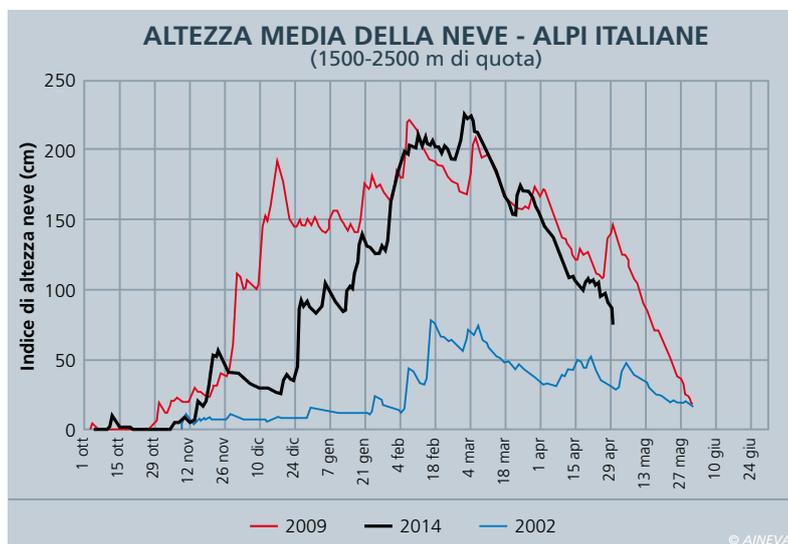


Fig. 5 - Valore medio mensile dell'indice di spessore medio di neve al suolo elaborato per le Alpi italiane relativo alla stagione invernale 2014 e valore medio calcolato sul periodo 2002-2013.

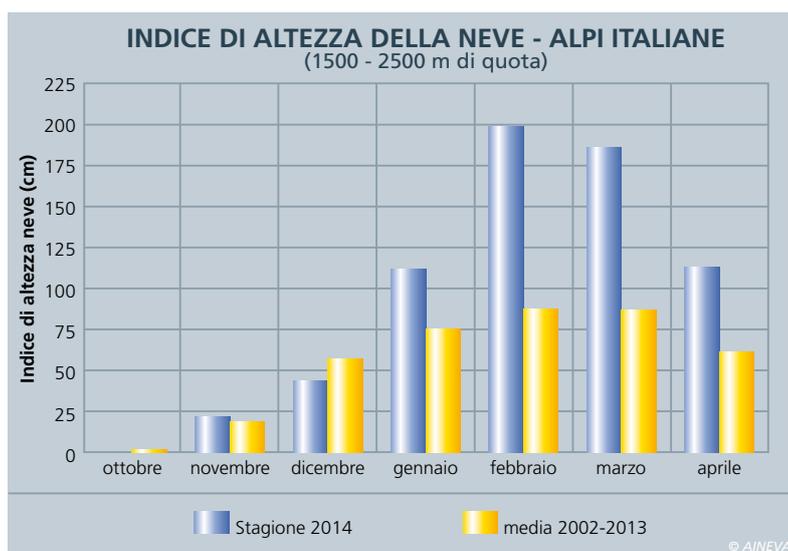
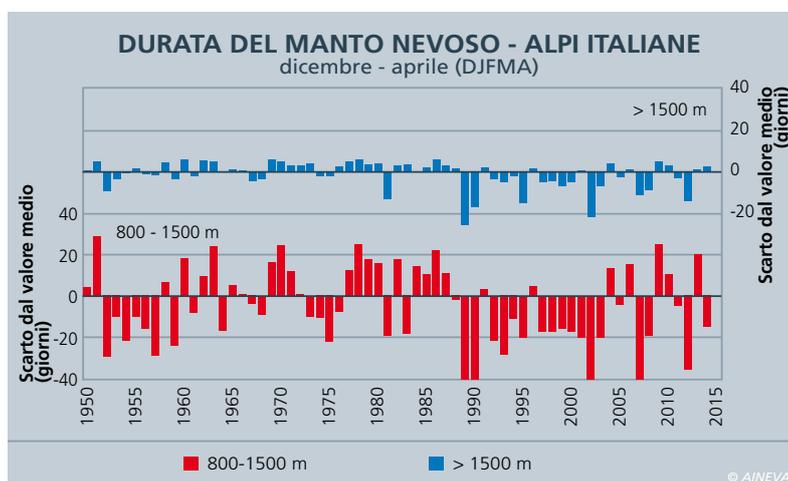


Fig. 6 - Durata del manto nevoso al suolo calcolato come scarto dal valore medio 1961-1990 per due fasce altimetriche: 800-1500 m (8 stazioni) e oltre i 1500 m (8 stazioni).



DURATA ED ESTENSIONE DEL MANTO NEVOSO

La durata del manto nevoso, nel periodo dicembre-aprile, nella fascia altimetrica fra gli 800 e i 1500 m di quota, è stata di 15 giorni più corta della media 1961-90 (110 giorni) mentre oltre i 1500 m di

quota, la durata del manto nevoso è stata più lunga di 2 giorni rispetto allo stesso periodo (145 giorni) (Fig. 6).

Andamento analogo anche nel periodo primaverile (marzo e aprile) a bassa quota con una permanenza di -9 giorni alle basse quote (media 36 giorni) e di -2 giorni in quota (58 giorni).

Questo andamento è stato dovuto alle miti temperature dell'inverno che hanno favorito abbondanti piogge a bassa quota, specie nelle Prealpi delle Alpi occidentali dove, di conseguenza, si è registrata una minor durata della neve al suolo.

Nelle immagini da satellite MODIS elaborate dal Centro Valanghe di Arabba (Fig. 7) è possibile osservare, nei diversi periodo dell'anno, l'estensione della copertura nevosa sulle Alpi.

Nelle immagini il manto nevoso è evidenziato con falsi colori e la neve appare in rosso (RGB = 167 o 267), la vegetazione in verde e il suolo nudo ed urbano in ciano o rosa. Sulla base di dette immagini elaborate, è stato possibile calcolare la percentuale di territorio alpino italiano coperto dal manto in diversi periodi della stagione invernale. Come si può osservare in Fig. 8, la maggior copertura nevosa è stata raggiunta a metà di febbraio, ma anche le nevicate della terza decade del mese di novembre hanno determinato un'importante estensione.

TEMPERATURA DELL'ARIA

Sull'arco alpino italiano il periodo invernale (dicembre, gennaio e febbraio) è stato particolarmente mite con un valore di +1,7 °C (Fig. 9) rispetto alla media 1935-2014. Il valore calcolato per la stagione 2014 è il quinto valore più mite dopo il 2007, 2008, 1998 e 1989. Questi inverni furono però caratterizzati da un SAI Index di neve fresca negativo.

Le miti temperature hanno contribuito a mantenere il limite neve/pioggia elevato soprattutto nelle precipitazioni di fine dicembre.

In Fig. 10 è riportata, a titolo di esempio, la temperature media elaborata per le Dolomiti per la stagione 2014 e la me-

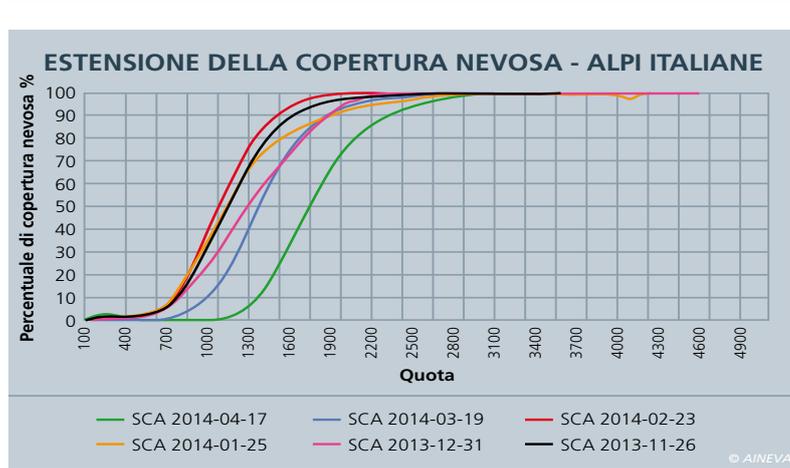
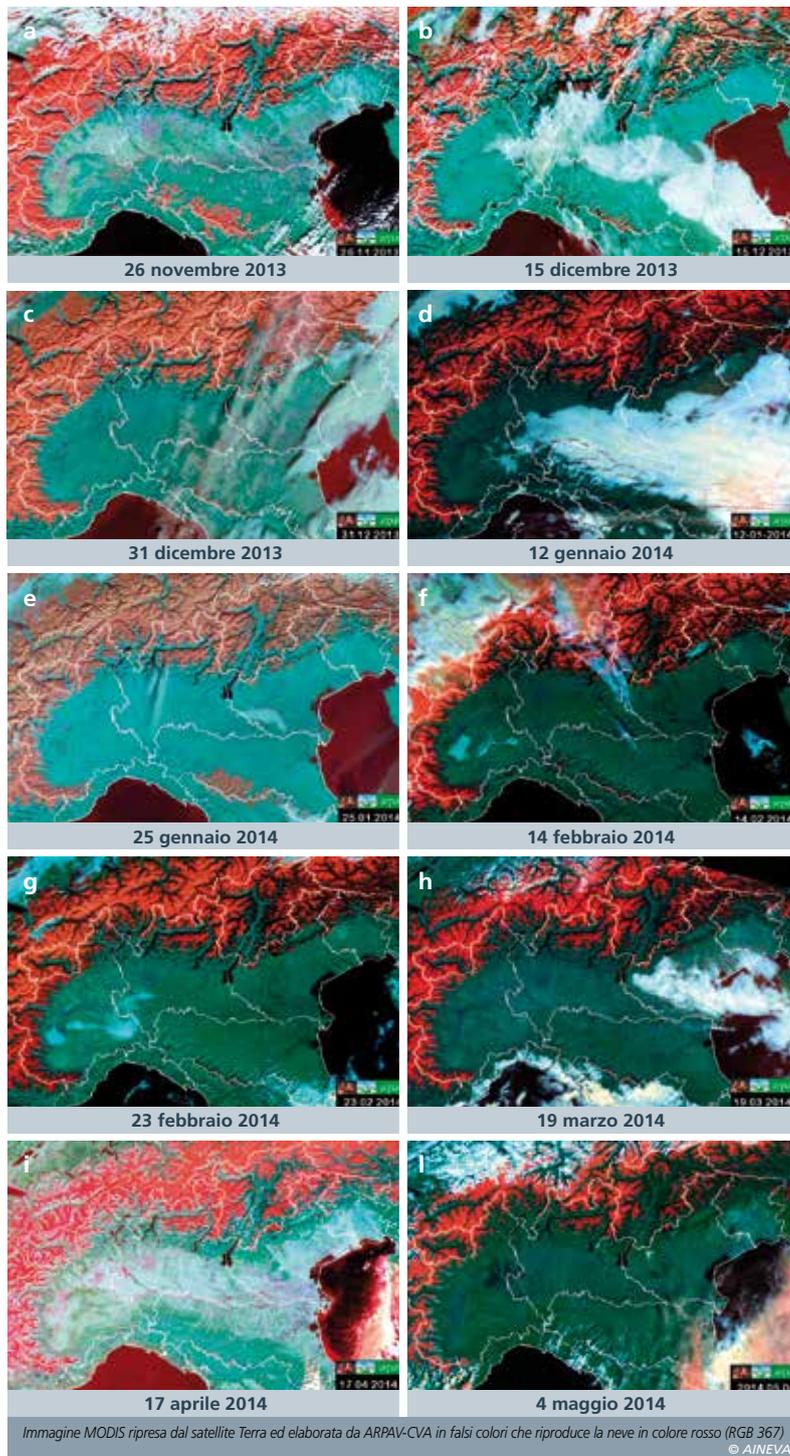


Fig. 7 - 26.11.2013: le Alpi e parte dell'Appennino emiliano sono già innevate. 15.12.2013: rispetto alla immagine del 26.11.2013 l'estensione della copertura nevosa è inferiore a causa delle miti temperature della prima metà del mese di dicembre.

31.12.2013: le Alpi sono ben innevate mentre nelle zone prealpine l'innevamento è minore a causa della quota elevata del limite neve/pioggia delle precipitazioni dei giorni precedenti.

12.01.2014: la copertura nevosa si è leggermente ridotta di estensione in seguito alle miti temperature dei giorni precedenti.

25.01.2014: le abbondanti nevicate della seconda decade del mese di gennaio hanno determinato una copertura nevosa più estesa specie nelle zone prealpine delle Alpi centrali e orientali. Anche nell'Appennino settentrionale è ricomparsa la neve.

14.02.2014: le Alpi sono ben innevate in tutti i settori. Nella seconda decade del mese di febbraio si raggiunge la massima estensione della copertura nevosa sull'arco alpino italiano.

23.02.2014 : le Alpi sono ancora ben innevate e caratterizzate anche da neve ricca di sabbia del deserto (nevicate del 19 febbraio). La neve rossa è percepibile con le immagini da satellite con specifiche analisi sui dati spettro radiometrici.

19.03.2014: le miti temperature della prima decade di marzo hanno ridotto notevolmente l'estensione della copertura nevosa su tutto l'arco alpino.

17.04.2014: le miti temperature della prima decade di aprile che hanno seguito alcune giornate fredde di marzo hanno determinato la riduzione dell'estensione della copertura nevosa sulle Alpi. 04.05.2014: l'innevamento delle Alpi è ancora importante per il periodo.

Fig. 8 - Estensione percentuale della copertura nevosa (SCA) per fasce altimetriche rispetto alla superficie totale delle Alpi in 6 date significative della stagione invernale.

Fig. 9 - Temperatura dell'aria delle Alpi italiane elaborate sulla base di 12 stazioni significative in quota ed espresso come scarto dal valore medio 1935-2014 per il periodo dicembre-febbraio. La stagione 2014 è stata la quinta più mite della serie storica.

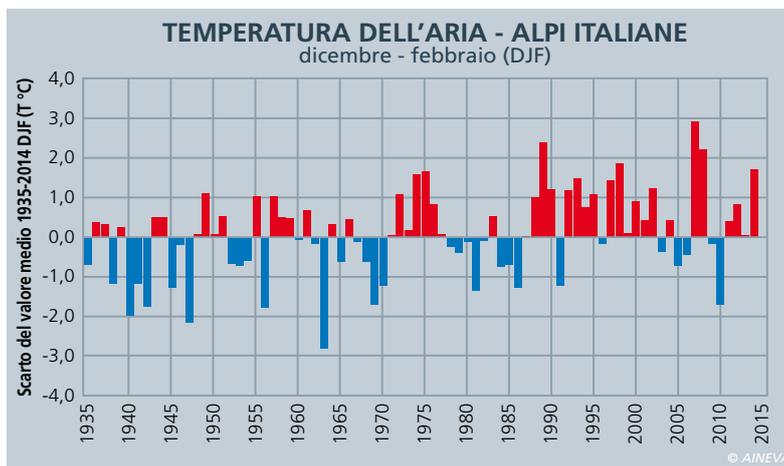


Fig. 10 - Andamento stagionale della temperatura dell'aria elaborata per le Dolomiti e media di riferimento. L'andamento del grafico evidenzia i periodi con temperature miti e le poche giornate con temperature fredde della stagione invernale.

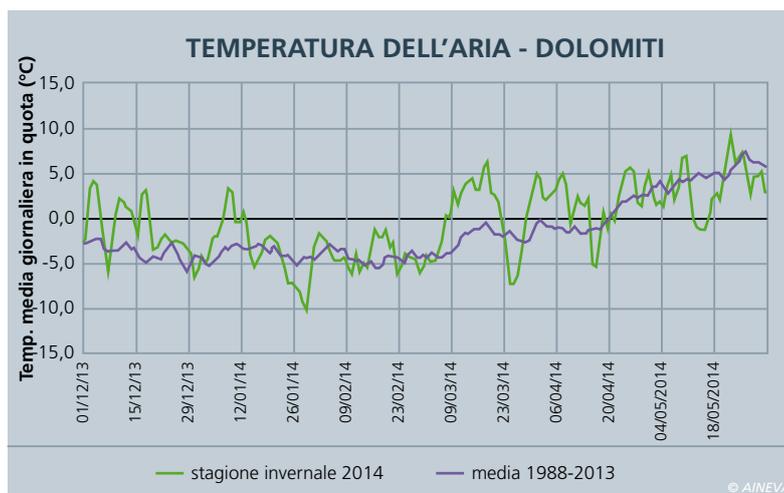
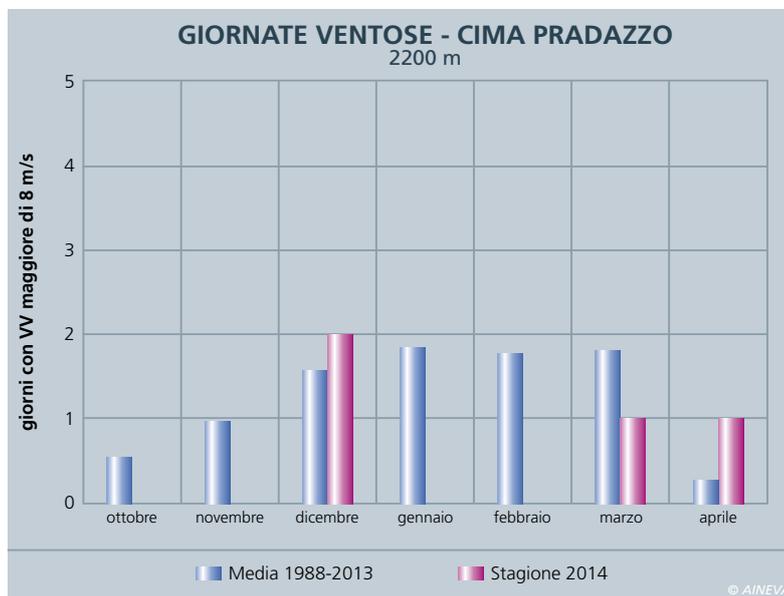


Fig. 11 - Giornate con velocità del vento media superiore agli 8 m/s in una stazione significativa delle Alpi orientali e valori medi di riferimento.



dia di riferimento elaborata per periodo 1988-2013.

L'andamento della temperatura delle Dolomiti evidenzia i periodi miti di inizio dicembre, le temperature elevate del periodo 7-11 gennaio 2014, e della prima metà dei mesi di marzo e aprile.

Il periodo più freddo è stato registrato nella seconda metà del mese di gennaio

con il giorno 29 gennaio che è stato il più freddo della stagione invernale. Il 24 e il 25 marzo sono stati gli altri due giorni più freddi precedendo il 30 dicembre.

VENTO

La stagione invernale 2013-2014 non è stata caratterizzata da importanti episodi di vento sulle Alpi centrali e orientali.

Infatti, eccetto per un episodio agli inizi di dicembre (6-9), sono mancati gli intensi impulsi freddi da nord.

Le altre giornate ventose sono state il 10 e 26 gennaio, il 16 febbraio prima delle nevicate, il 15-19 marzo e poi il 9-10 e 14-15 aprile.

A titolo di esempio nella stazione di Cima Pradazzo (Alpi orientali), significativa per il vento sinottico delle Dolomiti, le giornate con un vento medio superiore agli 8 ms^{-2} sono state in tutto 4 a fronte di una media di 8 giornate fra novembre e aprile (Fig. 11).

Nelle Alpi nord occidentali le giornate con vento sono state maggiori, specie nel mese di febbraio.

ATTIVITA' VALANGHIVA

La stagione invernale è stata caratterizzata da una attività valanghiva frequente da fine dicembre alla fine di aprile.

Il susseguirsi delle precipitazioni nevose e il persistere dell'instabilità basale, hanno determinato un elevato numero di giornate con valanghe, un po' in tutte le regioni. In generale, l'indice di anomalia elaborato sulla base dell'osservazione giornaliera dell'attività valanghiva (valanghe sì, valanghe no), ha evidenziato il valore più elevato di valanghe dal 1980 ad oggi. Nella Fig. 12, per lo stesso periodo sono stati elaborati i valori di SAI Index del cumulo di neve fresca e di durata del manto nevoso per avere un confronto con questi due parametri.

Se andiamo ad analizzare le segnalazioni sull'arco alpino relative alla categoria "molte valanghe di medie dimensioni" (codice 3 del gruppo L1 del MOD 1 AINEVA) o a quella "singole grandi valanghe spontanee" (codice 4 del gruppo L1 del MOD 1 AINEVA), si osserva che tutta la stagione invernale è stata caratterizzata da valanghe ed in particolare il 27 dicembre, il 7 gennaio, il periodo di intense nevicate di inizio febbraio (2-6 febbraio), poi ancora dal 18 al 24 febbraio in occasione delle nuove nevicate e dopo il vento del 16 febbraio, dal 10 al 16 di marzo durante un importante rialzo termico, dal 5 al 13

aprile sempre per l'aumento delle temperature, dal 20 al 22 aprile in seguito alle nuove nevicate.

In Fig. 13 in alto è stato riportato anche il numero giornaliero di incidenti da valanga; si può osservare l'elevato numero il 26 e il 27 dicembre 2013, giornate che si collocano nel periodo fra il 26 e il 30 dicembre in cui sulle Alpi sono morte ben 17 persone tra Italia, Francia e Austria, il 5 gennaio in occasione di una nevicata con limite neve/pioggia anche oltre i 1400 m di quota (8 morti fra Italia e Svizzera), dal 25 al 26 gennaio (5 morti sulle Alpi) dopo le nevicate e il vento che aveva formato lastroni soffici diffusi e poi altri incidenti durante la seconda parte della stagione invernale con 3 incidenti il 6 febbraio, il 2 e il 16 marzo in occasione di neve fresca e vento.

GRADO DI PERICOLO VALANGHE

Sull'arco alpino italiano, considerando le 47 microaree nivologiche nelle quali esso è suddiviso, il grado di pericolo valanghe più utilizzato è stato il 2-moderato, con il 36% delle giornate. Il grado 3-marcato è stato utilizzato nel 34% delle giornate e il grado 1-debole nel 23%. Il pericolo 4-forte è stato utilizzato nel 6% delle giornate ed è stato utilizzato anche il grado 5-molto forte nell'1% (Fig. 14).

Nelle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia, il grado di pericolo 5-molto forte è stato utilizzato per la prima volta da quando è in uso la scala a 5 gradi (dal 1994). Le giornate con pericolo molto forte, in queste due regioni, sono state in corrispondenza degli eventi nevosi della prima decade del mese di febbraio 2014.

In Fig. 15 a è rappresentato l'utilizzo percentuale del grado di pericolo valanghe per le diverse decadi dell'inverno.

Si può osservare l'elevato utilizzo del grado 1-debole nel mese di dicembre e poi in crescendo da fine marzo alla metà di aprile. Per quanto riguarda il 2-moderato si nota come siano poche le situazioni nelle prime due decadi del mese di febbraio e concentrate nei settori occidentali e centrali (Fig. 15 b,c,d).

Il grado di pericolo 3-marcato è quasi sempre stazionario come percentuale di utilizzo dalla terza decade di dicembre alla prima di marzo.

I gradi di pericolo 4-forte e 5-molto forte è stato utilizzato in vari periodi e non in modo continuo.

Nelle figure (Figg. 15 b, c, d) sono rappresentati gli utilizzi dei gradi di pericolo valanghe per i diversi settori delle Alpi. Confrontando i grafici è possibile interpretare i diversi andamenti dell' innevamento e delle situazioni valanghive.

Ad esempio, nelle Alpi orientali, nella

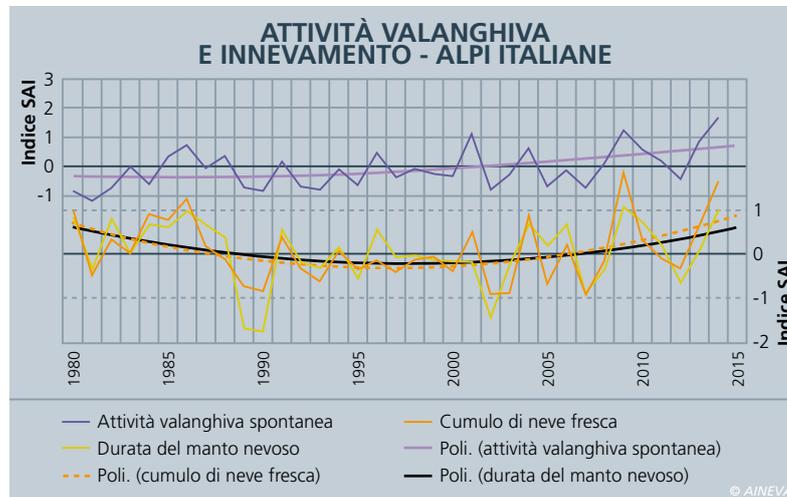


Fig. 12 - Attività valanghiva della stagione invernale espressa come valore di anomalia SAI elaborato per un data set di 12 stazioni significative delle Alpi italiane e SAI Index del cumulo di neve fresca e della durata del manto nevoso calcolato sullo stesso periodo. Il trend del numero di giornate con valanghe è positivo.

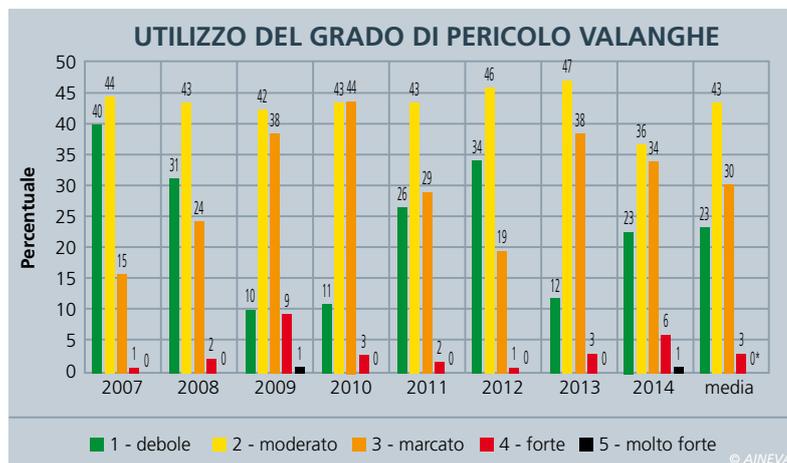
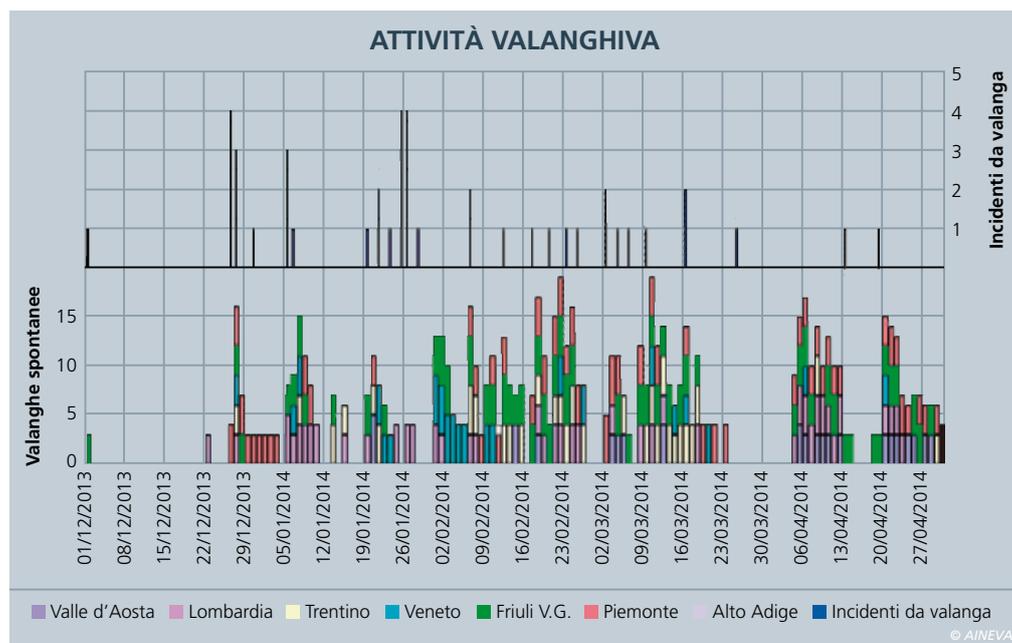


Fig. 13 - Giornate con una significativa attività valanghiva sulle Alpi italiane suddivisa per regione e incidenti da valanga.

Fig. 14 - Utilizzo percentuale del grado di pericolo valanghe nei bollettini valanghe nelle ultime 8 stagioni invernali e valore medio. Durante la stagione è stato utilizzato per molte giornate il grado di pericolo forte e molto forte. * Nella media pericolo molto forte < 1

prima e seconda decade del mese di febbraio, sono stati utilizzati solo i gradi da 3-marcato a 5-molto forte o, ad esempio, il grado 1-debole, dalla seconda decade di marzo a quella di aprile è stato maggiormente utilizzato nelle Alpi orientali e centrali rispetto alle occidentali, dove in effetti è nevicato maggiormente in quel periodo.

Nella Fig. 16 è rappresentata la situazione del grado di pericolo nelle Regioni e

Province associate AINEVA nei periodi invernali più significativi.

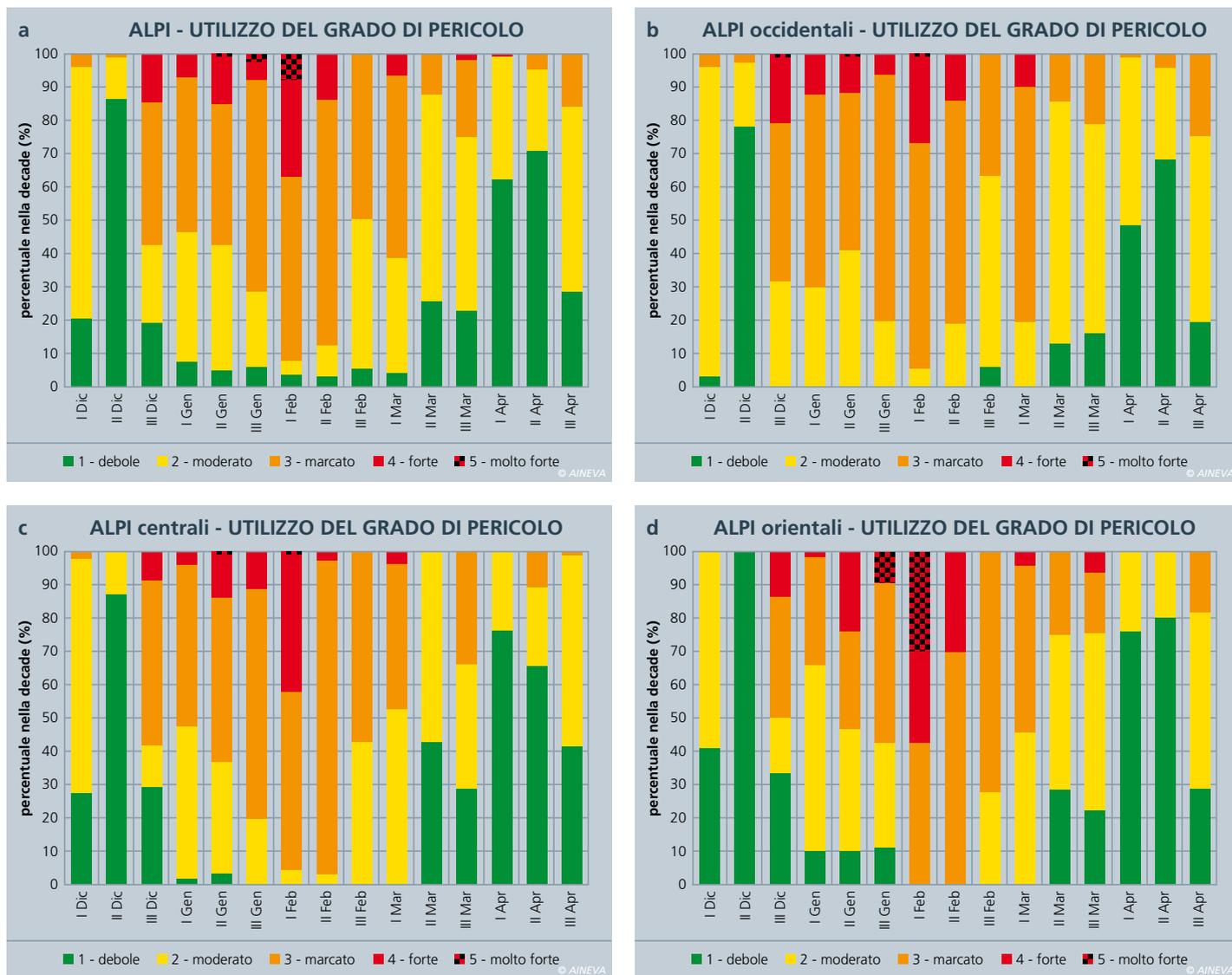
CONCLUSIONE

La stagione invernale 2013-2014 sulle Alpi italiane è stata la seconda stagione più nevosa dal 1930, preceduta solo dalla stagione 1950-1951. La maggior quantità di neve è caduta nelle Alpi centrali e orientali. Diversi gli episodi intensi verificatisi nei vari settori delle Alpi: il 4-6 e

14-20 gennaio nelle Alpi centrali, il 30 gennaio e il 10 febbraio nelle Alpi orientali, il 1-4 marzo nelle Alpi occidentali.

La stagione è stata caratterizzata da temperature miti, poco vento e, da dopo Natale, da continue situazioni di valanghe anche di medie e grandi dimensioni che hanno determinato, nelle Alpi orientali, molte giornate con grado di pericolo 5-molto forte. Nel mese di aprile è nevicato meno della media.

Fig. 15 - Utilizzo del grado di pericolo valanghe sull'arco alpino italiano per decade. I valori percentuali sono relativi alla 47 aree climatiche AINEVA.



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: tendances des températures et des précipitations. 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 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.
- Valt M. Cianfarra P. (2013) Climatic change in Italian Alps: analysis of snow precipitation, snow durations and avalanche activity. Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW 2013, Grenoble Chamonix-Mont-Blanc, France, 7 -11 October 2013, ANENA-IRSTEA-Météo-France, 1, pp. 1247-1250

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, Traverse, Condotte - Linea Sicurezza Opere Idrauliche Via Stazione, 30. 11024 Châtillon (AO).

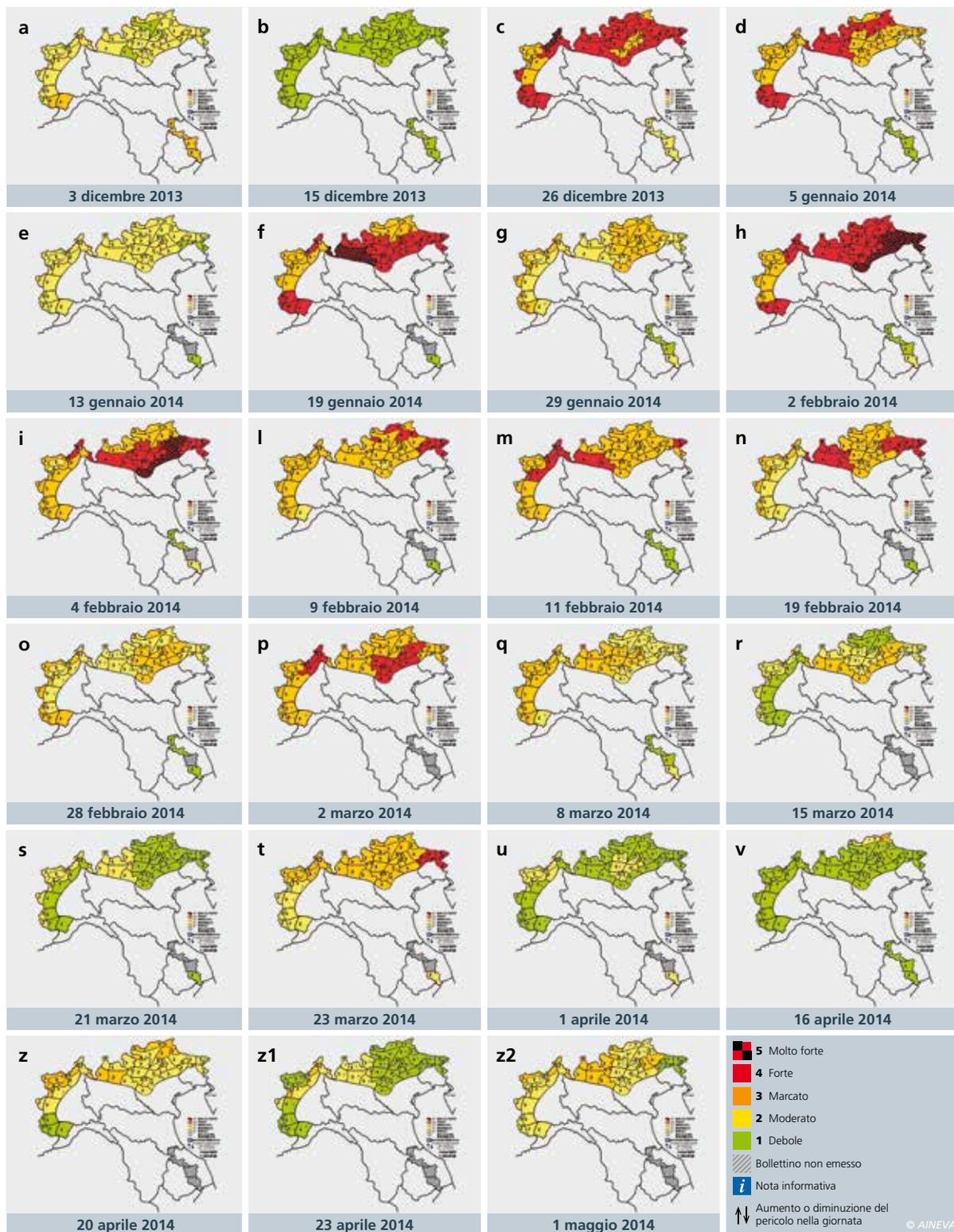


Fig. 16 - Mappa del pericolo di valanghe nelle regioni e province autonome associate AINEVA.

- Enel S.p.A. - Divisione Generazione e Energy Management - Area Energie Rinnovabili - Ingegneria Civile Idraulica, Unità di Idrologia, Via Torino 14, 30172 Mestre Venezia
- Daniele Cat Berro, Società Meteorologica Italiana, Castello Borello, 10053 Bussoleno (TO)
- Maria Cristina Prola, Mattia Falletto e Erika Solero. Regione del Piemonte - ARPA Piemonte, Dipartimento sistemi previsionali, Via Pio VII, Area 9, 10135 Torino
- Valerio Segor, Regione della Valle d'Aosta, Assetto idrogeologico dei bacini montani - Ufficio neve e valanghe, Loc. Amérique, n.33/A, 11020 Quart (AO)

- Alfredo Praolini, Flavio Berbenni, Regione della Lombardia, ARPA Lombardia, Settore Tutela delle Risorse e Rischi Naturali, U.O. Centro Nivometeorologico, Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio (SO)
- Provincia Autonoma di Trento, Ufficio Previsioni e Pianificazione, Via Vannetti, 41, 38122 Trento
- Fabio Gheser, 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, Direzione centrale

risorse rurali, agroalimentari e forestali, Servizio del Corpo forestale Settore neve e valanghe Via Sabbadini 31, 33100 Udine

- Giuseppe Crepez, Renato Zasso, Anselmo Cagnati, Bruno Renon, Andrea Crepez, Gianni Marigo, Robert Thierry Luciani, Valer Cagnati, Tiziana Corso - Regione del Veneto, ARPA Veneto, DRST, Servizio Neve e Valanghe - Centro Valanghe di Arabba, Via Pradat, 5, 32020 Livinallongo del Col di Lana (BL)



EVENTI e VA

**Episodi significativi
e problematiche
sul territorio nella
stagione invernale
2013-2014**

A cura dei
**Servizi Valanghe
AINEVA**



NEVOSI

LANGHE

L'eccezionalità climatica dell'inverno 2013-2014 si è manifestata con una serie di eventi nevosi particolarmente significativi, specie sulle Alpi centrali ed orientali dove, di conseguenza, si è avuta un'attività valanghiva spontanea rilevante anche per l'interessamento diretto di aree antropizzate. Sulle Alpi occidentali l'inverno è stato nevoso anche se non ha assunto il carattere di eccezionalità. Sull'Appennino marchigiano le nevicate sono state poche e senza fenomeni valanghivi rilevanti. In questo articolo sono descritti gli eventi nivometeorologici più interessanti della stagione invernale registrati nelle singole Regione e Province Autonome aderenti all'AINEVA e le principali ricadute che questi eventi hanno avuto sul territorio. I *report*, realizzati dai vari servizi valanghe regionali, non sono certamente esaustivi dell'andamento della stagione invernale a livello locale, ma sono dei "focus" mirati che hanno lo scopo di evidenziare le problematiche più rilevanti che si sono manifestate nelle singole realtà e che hanno avuto ricadute importanti sulle attività economico-produttive e sul sistema di protezione civile. Vengono inoltre descritti alcuni fenomeni di particolare interesse che hanno interessato la stagione invernale quali il gelicidio, le valanghe da slittamento, la neve colorata, ecc.

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

La stagione invernale 2013-2014 per il Friuli Venezia Giulia passerà agli annali come una delle più importanti stagioni nevose degli ultimi 50 anni.

Infatti il susseguirsi continuo di perturbazioni atlantiche avutosi da fine gennaio

2014 fino a metà marzo ha fatto sì che la quantità non solo di neve ma anche di pioggia caduta in un così ristretto periodo sia da considerarsi da record.

EVENTI NIVOMETEOROLOGICI SIGNIFICATIVI

Per la verità l'inizio della stagione, sotto il punto di vista dell'innevamento, non è stato dei migliori. La prima nevicata importante che ha interessato la Regione fino a fondovalle è stata quella del 22 novembre 2013. Successivamente periodi di alta pressione con scarse precipitazioni e temperature piuttosto miti hanno caratterizzato l'intero mese di dicembre e quasi tutto gennaio; solo alla fine, appunto, del mese di gennaio e precisamente il 30, la situazione meteorologica ha avuto una svolta decisa verso un peggioramento con precipitazioni abbondantissime che hanno fatto balzare il grado di pericolo valanghe da 2-moderato a 5-molto forte nel giro di 48 ore. Va sottolineato che dal 1972 e cioè da quando è cominciata l'emissione del bollettino valanghe, in Regione per la prima volta è stato usato il grado massimo di pericolo.

Da tale momento gli eventi si sono susseguiti con un ritmo incalzante portando gli spessori di neve al suolo a livelli record; basti pensare che da fine gennaio a fine marzo, ad esempio al Rifugio Gilberti a Sella Nevea (1830 m), sono stati misurati ben 890 cm di sommatoria neve fresca e una altezza neve al suolo di 670 cm, per un totale stagionale di neve caduta (fine novembre - 30 aprile 2014) di 1567 cm (Fig. 1 a e b).

Nelle altre zone della regione le cose non sono state molto diverse, anche se non ai livelli del Rifugio Gilberti: le precipitazioni sono state di tutto rilievo, come si può evincere dai dati relativi alla stazione di Sauris (Fig. 1 c).

Oltre che per le forti precipitazioni questa stagione è stata caratterizzata pure da un anomalo andamento delle temperature che sono risultate quasi sempre sopra i valori medi stagionali (Fig. 2). E' stato forse proprio questo l'elemento determinante che

Fig. 1 - Cumulo di neve fresca e altezza di neve al suolo presso il Rifugio Gilberti (a e b); altezza di neve al suolo presso la stazione di Sauris (c).

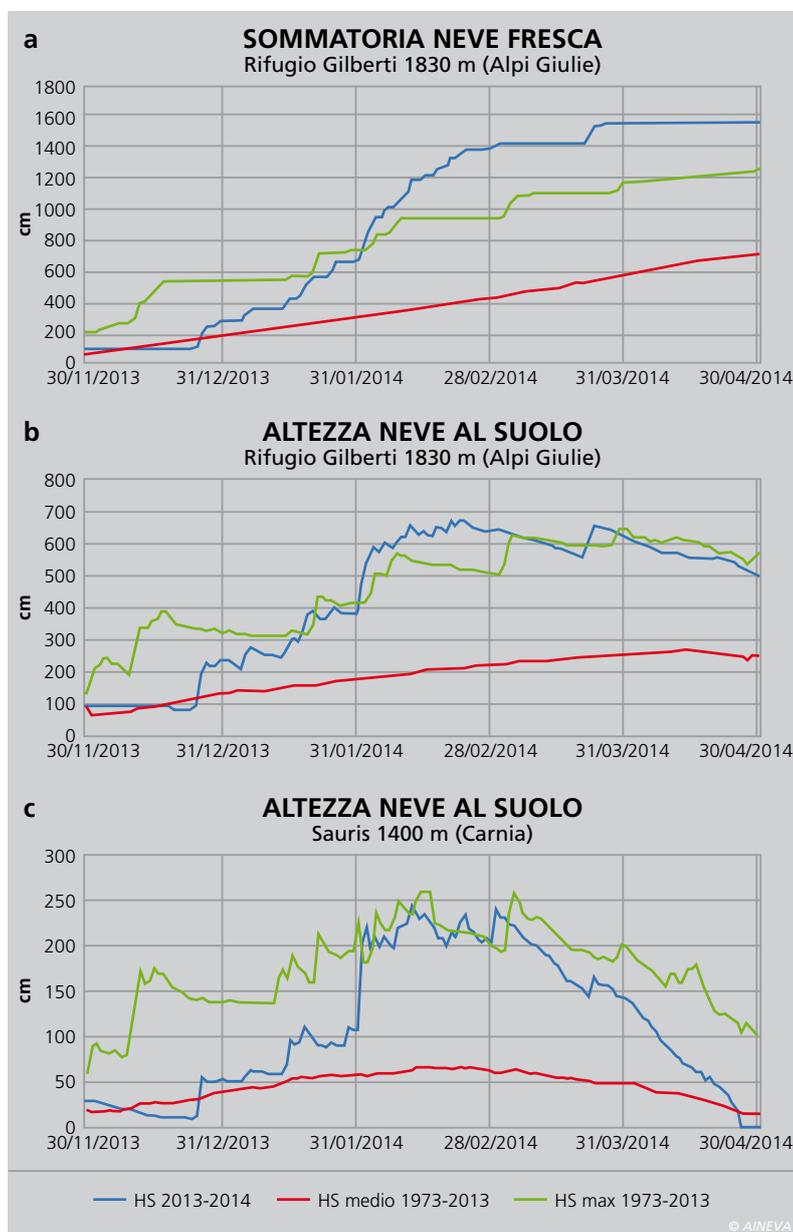
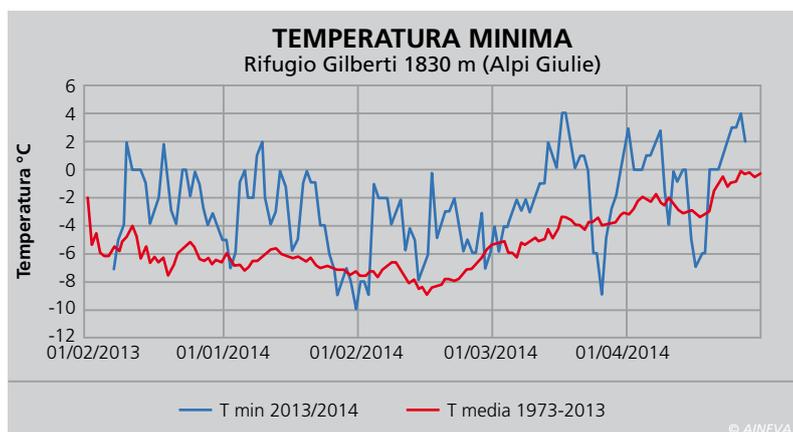


Fig. 2 - Andamento della temperatura minima presso il Rifugio Gilberti.



ha favorito l'afflusso di masse d'aria molto ricche di umidità e quindi responsabili delle grandi precipitazioni poi avutesi.

Le grandi quantità di neve si sono avute comunque prevalentemente in quota mentre nei fondovalle gli spessori non sono mai stati eccezionalmente alti, fatta salva la zona del tarvisiano che invece è stata interessata da grandi quantità di neve anche a fondovalle creando non pochi problemi alle popolazioni locali. Infatti località come Cave del Predil, Sella Nevea, Passo Pramollo sono rimaste isolate per giorni e giorni a causa del forte pericolo valanghe. Un'altra peculiarità della neve al suolo di questa stagione è stata l'alta densità media della stessa (circa 350-380 kg/m³) che ha determinato dei carichi estremamente importanti in particolare per i tetti delle case che hanno richiesto interventi urgenti di rimozione degli spessori.

Merita inoltre una specifica attenzione anche un particolare episodio meteorico definito "gelicidio" avvenuto nella prima decade del mese di febbraio, che ha interessato la zona di Taipana, Montemaggiore e le alte valli del Torre e del Natisone, zona quest'ultima al confine con la Slovenia.

In quest'area l'irruzione di aria molto fredda da nord-est nei bassi strati durante una precipitazione prevalentemente piovosa ha determinato la glaciazione dell'acqua di precipitazione su tutti gli oggetti al suolo al momento della sua deposizione, causando così un vero e proprio cataclisma nei boschi italiani, sloveni e fino a oltre il confine ungherese con conseguente devastazione anche delle linee elettriche (Figg. 3 e 4).

ATTIVITÀ VALANGHIVA

Il pericolo valanghe è stato appunto l'altro elemento che ha caratterizzato questa incredibile stagione. Le grandi quantità di neve accumulate in quota su un terreno che per l'andamento delle temperature già sopra evidenziato non hanno mai favorito il raffreddamento della neve sugli strati basali più prossimi al terreno e le precipitazioni che sono state quasi sempre miste tra neve e pioggia fino alle quote di circa 2000 m, hanno fatto sì che ad ogni nevi-



Fig. 3 - Fenomeno del gelicidio su cartelli stradali.



Fig. 4 - Esempio di devastazione della vegetazione forestale provocato dal gelicidio.

cata importante vi fosse una diffusa attività valanghiva con eventi di medie e grandi dimensioni e prevalentemente di fondo. Questa condizione ha favorito il distacco in particolare alle esposizioni meridionali, con eventi che hanno interessato interi versanti giungendo fino nei fondovalle ed arrecando così grossi danni alle infrastrutture quali strade, malghe, rifugi e impianti di risalita, nonché alla vegetazione che nel corso dei decenni passati era riuscita a ripopolare anche i vecchi percorsi valanghivi.

I più significativi sono quelli che hanno interrotto la strada tra Sella Nevea e Cave del Predil subito dopo la nevicata del 30-31 gennaio con eventi che si sono ripetuti anche in occasione delle successive nevicate di febbraio costringendo i gestori della viabilità locale ad interdire il traffico fino a circa metà marzo (Fig. 5).

Anche la strada che collega Tarvisio a Cave del Predil è stata per giorni chiusa dopo



Fig. 5 - Valanga sulla strada per Cave del Predil.

Fig. 6 - Valanga sulla strada per Sauris.



Fig. 7 - Valanga sulla strada per Casso-Valle del Vajont.



Fig. 8 - Valanga ai Laghetti di Timau.



più pericolosi per permettere il transito durante il giorno delle autovetture nei due sensi, mentre di notte il paese rimaneva completamente isolato.

Un caso di eventi che non si verificavano da molti anni è quello che ha interrotto la strada che porta all'abitato di Casso nella valle del Vajont, cosa che non avveniva dal 19 febbraio del 1987 (Fig. 7).

Importanti inoltre, sia per le dimensioni sia per il lungo percorso effettuato, sono le valanghe cadute presso la località Laghetti di Timau (Fig. 8): una ha abbattuto un traliccio della linea di alta tensione lasciando senza elettricità tutta la parte alta della valle, la seconda ha interrotto la strada per il passo di Monte Croce Carnico.

DANNI SUL TERRITORIO

Per quanto riguarda i danni causati alle strutture vanno sottolineati gli eventi che hanno praticamente distrutto la stazione di partenza della seggiovia Tamai sulle piste da sci dello Zoncolan nonostante la zona a monte sia ampiamente protetta da opere paravalanghe (Fig. 9) e quello che ha colpito e divelto i piloni della seggiovia Tremol 1 in Piancavallo costringendo alla totale chiusura dell'impianto fino a fine stagione (Fig. 10).

Anche alcuni rifugi hanno riportato danni più o meno gravi: è il caso ad esempio del rifugio Chiampizzulon sopra il paese di Rigolato, interessato da una valanga che ha sfondato gli infissi entrando all'interno dei locali e causando ingenti danni (Fig. 11). Sono inoltre tutti da verificare i danni causati alle malghe, che risultano ancora parzialmente sommerse dalla neve e da locali eventi valanghivi di varia dimensione e tipologia (Fig. 12); con lo scioglimento della neve nel periodo primaverile sono emerse altre criticità.

Va comunque sottolineato che anche in questa stagione come peraltro nell'annata 2008 2009, che noi usiamo come riferimento per la grande quantità di neve caduta, la gran parte dei danni sono stati dovuti ad eventi di carattere spontaneo, cioè valanghe che si sono staccate a causa della grande quantità di neve accumulata-

che un pulmino che transitava lungo la statale è stato investito da una massa nevosa proveniente dalla scarpata sovrastante, il ripristino della viabilità è avvenuto nei giorni successivi solo a seguito del tentativo, peraltro senza successo, di bonificare i siti non ancora scaricati con l'utilizzo della DaisyBell da elicottero, primo intervento del genere eseguito in Friuli Venezia Giulia per il ripristino della viabilità.

Oltre a quello appena citato sono stati diversi, anche se in modo minore, gli automezzi che in questo periodo sono stati interessati da eventi valanghivi.

Non è andata meglio per quanto riguarda la strada del Lumiei, unico accesso al paese di Sauris salendo da Ampezzo che è stata ripetutamente interessata in più punti da eventi valanghivi estremamente importanti (Fig. 6).

Questo ha indotto gli amministratori locali a "presidiare" con personale in loco i siti

si al suolo su uno strato basale pressoché umido o bagnato fin da inizio stagione, cosa questa che ha condizionato in modo determinante lo scatenarsi di questi fenomeni che sono stati prevalentemente di fondo, senza una logica temporale ben precisa.

Queste valanghe infatti si staccavano durante l'intero arco delle 24 ore e non come succede normalmente, nelle ore più calde della giornata o dopo un repentino rialzo termico. Queste tipologie di eventi sono ben note nei paesi come la Svizzera che

li ha catalogati con un nome ben preciso "Gleitschneelawinen" (Figg. 13 e 14).

IL PARADOSSO DEI DISTACCHI PROVOCATI

Paradossalmente, invece, durante l'intero periodo perso in considerazione la possibilità di distacco provocato è stata alquanto bassa.

Questo ha comportato una sorta di disorientamento da parte degli utenti del mondo innevato, che non riuscivano a capire

come ad un "alto" pericolo di distacco spontaneo (spesso indicato sui bollettini con 4-forte) non corrispondesse una effettiva possibilità di distacco provocato. Infatti per quasi l'intera stagione la struttura del manto nevoso è stata tale che il peso dello scialpinista o degli escursionisti non andava ad influire in alcun modo sulla stabilità dello stesso.

Questa condizione quindi ha in qualche modo anche evidenziato alcuni limiti di rappresentatività del pericolo dell'attuale scala di pericolo valanghe.



Da sinistra a destra:
Fig. 9 - Stazione di partenza della seggiovia Tamai 2000 Zoncolan.

Fig. 10 - Piloni di sostegno della seggiovia Tremol 1 a Piancavallo.



Da sinistra a destra:
Fig. 11 - Danni al Rifugio Chiampizzulon.

Fig. 12 - Malga Zoufplan quasi completamente sommersa dalla neve.



Da sinistra a destra:
Fig. 13 - Valanga di fondo a Sauris.

Fig. 14 - Bocche di balena sopra Timau.

REGIONE DEL VENETO

L'inverno 2013-2014 è stato caratterizzato, specie nella sua parte centrale, da frequenti episodi nevosi. Gli eventi principali, quelli cioè che hanno prodotto apporti significativi di neve fresca, sono stati 15 ma, sia da un punto di vista nivologico che valanghivo, 2 di essi sono stati particolarmente significativi: quello del 25-27 dicembre 2013 e quello del 30 gennaio - 5 febbraio 2014. Inoltre, a seguito del secondo episodio, si è manifestata una fase critica insolitamente prolungata che si è protratta fino alla prima decade di marzo causata da valanghe da slittamento ritardate.

EVENTI NIVOMETEOROLOGICI SIGNIFICATIVI

In occasione del primo episodio (25-27 di-

cembre) si è verificata la prima situazione critica per pericolo valanghe causata da apporti di neve fresca che, fra Natale e il pomeriggio di Santo Stefano, localmente hanno superato i 100 cm.

Il cumulo massimo di neve fresca registrato è stato nelle Dolomiti a Col dei Baldi (1900 m) con 120 cm e nelle Prealpi a Campomolon (1735 m) con 52 cm (Fig. 15). Nelle Dolomiti quantitativi significativi si sono registrati anche a fondovalle con 65 cm a Cortina (1265 m), mentre nelle Prealpi a fondovalle è quasi sempre piovuto. La neve umida e pesante ha determinato condizioni di spiccata instabilità con conseguenti numerosi distacchi di valanghe anche di fondo.

Il pericolo di valanghe è aumentato fino a 4-forte e si sono verificati numerosi distacchi di medie dimensioni che localmente hanno interessato le vie di comunicazione provocando la chiusura dei passi dolomitici per molti giorni.

La neve fresca pesante (es. densità neve fresca ad Arabba 160 Kg^m³), oltre a causare il distacco di numerose valanghe, ha provocato la caduta di molti alberi a tutte le quote che diffusamente hanno interrotto le vie di comunicazione e generato blackout della corrente e della telefonia mobile per 36/48h in gran parte delle valli dolomitiche.

Alcuni giorni dopo il termine dell'evento nevoso, il 5 gennaio, nei pressi di Misurina si è verificato un incidente mortale da valanga che ha coinvolto uno sci alpinista. Il secondo episodio importante (30 gennaio-5 febbraio) entrerà negli annali perché per la prima volta, sul territorio montano veneto, è stata raggiunta la soglia massima di pericolo valanghe con grado 5-molto forte.

A fine evento, in alcuni settori la sommatoria massima di neve fresca è stata di 200-250 cm (Fig. 16).

Per sei giorni consecutivi nelle Dolomiti e per cinque giorni nelle Prealpi il pericolo di valanghe è rimasto 5-molto forte a causa di continui distacchi spontanei, anche di grandi dimensioni, che in più occasioni hanno raggiunto il fondovalle. La sera del 2 febbraio una valanga di grandi dimensioni si è staccata dal Piz Serauta (Marmolada) provocando seri danni a infrastrutture turistiche.

L'instabilità del manto nevoso è risultata particolarmente accentuata lungo i pendii ripidi erbosi esposti da E ad W passando per il S, dove sono stati registrati il maggior numero di distacchi di valanghe.

Il terreno particolarmente umido e caldo sino alle quote di 1800-2200 m ha favorito i distacchi di valanghe di fondo (valanghe da slittamento), che sono stati continui per diversi giorni durante l'intero arco delle 24 ore.

Valanghe di grandi dimensioni hanno raggiunto in più occasioni il fondovalle, hanno spesso interessato piste da sci e vie di comunicazione e lasciate isolate numerose frazioni montane.

Numerosi sono stati gli interventi per lo sgombero della neve dai tetti e, come per l'episodio nevoso fra Natale e Santo Stefano, la caduta di molti alberi ha causato

Fig. 15 - Evento nevoso del 25-26 dicembre 2013 registrato presso due stazioni automatiche: Col dei Baldi nelle Dolomiti agordine (1900 m) e Campomolon nelle Prealpi vicentine (1735 m).

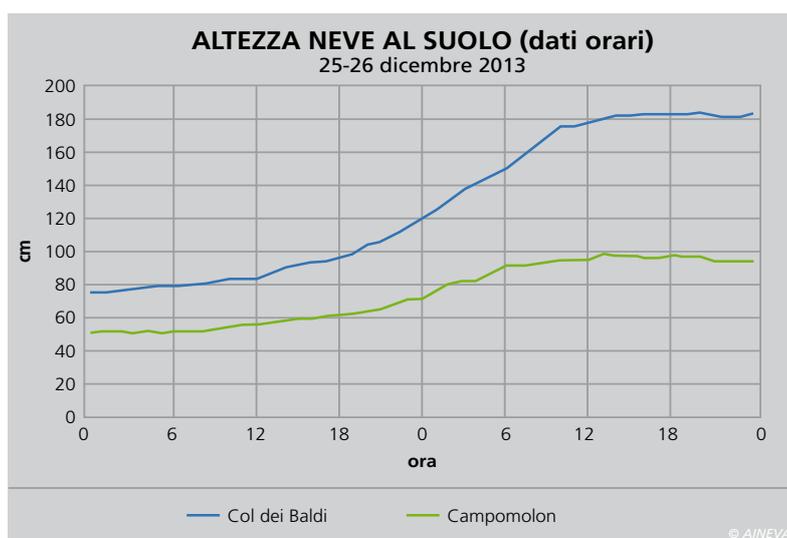
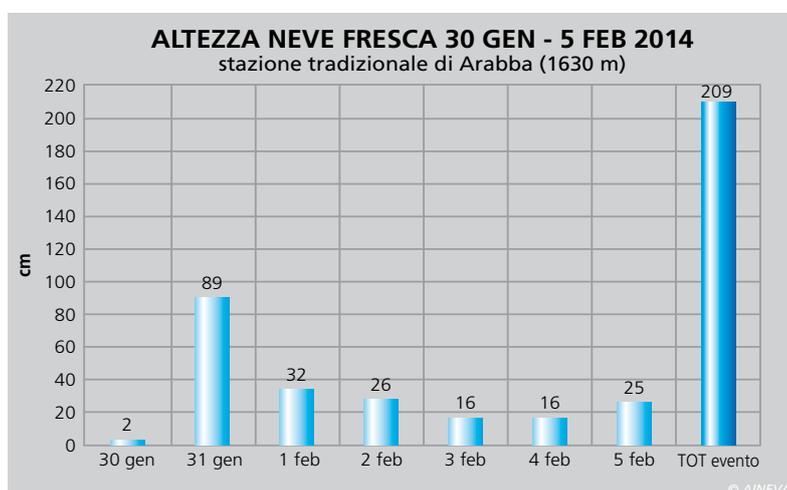


Fig. 16 - Cumuli di neve fresca giornalieri registrati presso la stazione di Arabba durante l'episodio del 30 gennaio-5 febbraio 2014.



un altro blackout della corrente e della telefonia mobile per 36/120h in molte valli dolomitiche.

In tale situazione di emergenza, dal 31 gennaio al 10 febbraio, il Prefetto di Belluno e la Protezione Civile del Veneto hanno attivato il C.C.S. (Centro Coordinamento Soccorsi), ovvero la sala operativa con funzioni di coordinamento dei soggetti chiamati ad intervenire nelle condizioni di criticità ambientale.

Anche se la fase più critica dell'evento si è manifestata tra la fine di gennaio e l'inizio febbraio, il prosieguo del mese di febbraio sarà ricordato per le numerose valanghe da slittamento ritardate che hanno interessato in modo quasi ininterrotto le vie di comunicazione, specie a quote medio/basse (Fig. 17).

In particolare, gli eventi si sono concentrati dal 13 al 25 febbraio e nella prima decade di marzo. Le valanghe, principalmente di fondo, nella zona di distacco hanno provocato scoticamenti del suolo trascinando verso valle erba, terra e massi causando localmente dissesti di tipo idrogeologico anche di rilevante importanza.

In alcune situazioni sono state divelte le opere di difesa dalle valanghe, principalmente rastrelliere in legno.

A fine inverno i danni rilevati sono stati particolarmente ingenti.

I giorni di chiusura strade per pericolo valanghe, dal 15 novembre al 15 marzo, sono stati numerosi e su molte tratte.

In particolare, il divieto di transito è persistito per 83 giorni sul Passo Fedaia e per 17 giorni sul tratto di strada Arabba-Pieve di Livinallongo.

Su quest'ultimo tratto, nei giorni 8 gennaio, 16 e 17 febbraio, le valanghe hanno coinvolto otto automobili.

Altri episodi con seppellimento di cinque automobili si sono verificati in alcune località del Comune di Livinallongo nei giorni 2, 13, 25 febbraio (Fig. 18).

Incidenti insoliti si sono verificati in un paio di casi per la neve caduta dai tetti che ha determinato due sepolti, i quali si sono salvati grazie al pronto intervento di persone presenti sul luogo dell'incidente.



Fig. 17 - Valanghe di fondo in prossimità dell'abitato di Arabba.



Fig. 18 - Automobili travolte dalla massa nevosa.



Fig. 19 - Panoramica della zona Passo Fedaia-Passo Padon dove il 2 febbraio 2014 si è abbattuta la valanga di Piz Serauta.

LA VALANGA ECCEZIONALE DI PIZ SERAUTA

La sera di domenica 2 febbraio, intorno alle ore 18, dalle ripidi pendici della propaggine rocciosa della Marmolada

denominata Piz Serauta, si è staccata una valanga che, dopo un percorso di circa 1000 metri dislivello, si è abbattuta sul fondovalle sottostante percorso dalla strada S.R. 641 per il Passo Fedaia dove sono ubicate alcune importanti strutture

ricettive e impiantistiche del comprensorio sciistico Passo Fedaia-Passo Padon (Fig. 19). Il comprensorio sciistico del Passo Fedaia-Passo Padon è ubicato in comune di Rocca Pietore, Alto Agordino, fra la base del versante nord della Marmolada in destra orografica (3343 m s.l.m.) e le creste del Padon in sinistra orografica. Il valico del passo Fedaia (2056 m s.l.m.), nel periodo estivo, consente l'accesso fra Veneto e Trentino. Nel periodo invernale la stretta valle che separa i due versanti (valle Pettorina) è caratterizzata dalla presenza di un'area sciistica con alcuni impianti di risalita e piste che collegano, di fatto, il versante della Marmolada con il comprensorio dolomitico del Sellaronda attraverso un valico denominato Passo Padon (2369 m s.l.m.).

Questa valanga di tipo nubiforme, dovuta all'eccezionale accumulo di neve fresca prodottosi fra la fine di gennaio e l'inizio di febbraio, oltre a determinare l'interruzione della strada (già chiusa in via precauzionale al momento dell'evento) ha gravemente danneggiato le infrastrutture presenti in

loco. Nel dettaglio, i danni prodotti dall'evento sono stati i seguenti:

- seggiovia "Capanna Bill - Passo Padon": interessamento del primo tratto dell'impianto per una lunghezza di circa 500 m con abbattimento di due tralici, conseguente scarrucolamento e danni alla fune nonché danni ai componenti meccanici di alcuni tralici (Fig. 20);
- sciovia "Arei II": danni gravi con asportazione quasi completa delle strutture, compresa la stazione di monte;
- rifugio "Tabià Palazza": danni alla facciata rivolta contro il flusso valanghivo, danni gravi alle strutture interne con refluimento della neve all'interno dei locali (Fig. 21);
- linee elettriche: interessamento delle linee di alimentazione in corrispondenza della strada S.R. 641 per il Passo Fedaia e una cabina con trasformatore completamente asportata.

Fortunatamente, il fenomeno si è verificato in assenza di persone all'interno del comprensorio e nella struttura ricettiva interessata in quanto anche i gestori del rifugio, al di fuori dell'orario di esercizio, non occupano i locali della struttura, per cui sono stati registrati solamente danni materiali.

Le cause di questo evento valanghivo sono dovute principalmente alle eccezionali nevicate verificatesi a cavallo fra la fine di gennaio e l'inizio di febbraio 2014, quando l'arco montano dolomitico è stato interessato da un intenso fenomeno perturbato accompagnato da forti precipitazioni nevose. Nella zona dell'alta Val Pettorina/Passo Fedaia esisteva già un manto nevoso con spessori variabili intorno agli 80-120 cm dato dalla sommatoria delle precipitazioni di fine novembre e di dicembre 2013. L'intensa nevicata verificatasi a partire dalla sera di giovedì 30 gennaio ha incrementato notevolmente lo spessore di neve al suolo già presente. La nevicata si è inoltre verificata con la concomitanza di forte attività eolica e conseguente redistribuzione dei nuovi apporti nevosi in maniera caotica con formazione localmente di forti accumuli di neve.

Il versante dove si è verificato l'evento è

un sito ben noto per la possibilità del verificarsi di fenomeni valanghivi ed era già stato oggetto di analisi in più occasioni, specie nella valutazione di progetti di rifacimento dell'area sciistica (impianti e piste). Non esistevano, tuttavia, dati storici che facessero ipotizzare un fenomeno di tali proporzioni. La sicurezza delle strutture (impianti e piste) veniva gestita dalla società concessionaria con l'applicazione di un piano di chiusura temporaneo e il distacco programmato delle masse nevose instabili con sistemi convenzionali (es. DaisyBell). L'evento valanghivo distruttivo sopradescritto può essere quindi catalogato come conseguenza di una situazione nivologica e valanghiva eccezionale, con tempi di ritorno superiori ai 50 anni.

Esso ha determinato la necessità di una riprogettazione radicale della sicurezza del comprensorio.

Il ripristino dell'efficienza degli impianti non potrà infatti prescindere dalla gestione della sicurezza dell'area in relazione al nuovo panorama valanghivo.

Nei numerosi sopralluoghi e incontri che si sono succeduti e che sono tutt'ora in corso fra le istituzioni preposte al rilascio delle nuove autorizzazioni e la società concessionaria, sono state analizzate le possibili azioni da intraprendere in relazione ai tempi (strettissimi) per il ripristino del comprensorio.

I problemi sono sostanzialmente di due ordini, uno è legato al recupero di finanziamenti, l'altro alla messa in sicurezza ottimale compatibilmente con gli aspetti e i vincoli ambientali della zona.

EFFETTI DELLE VALANGHE DA SLITTAMENTO SULLA STRADA DEL PASSO CAMPOLONGO

L'inverno 2013-2014 in vasti settori della montagna veneta è stato caratterizzato da valanghe da slittamento favorite dalle abbondanti precipitazioni nevose, temperature elevate e pioggia su manto nevoso. Una delle caratteristiche peculiari delle valanghe da slittamento è che esse possono manifestarsi in modo ritardato

Sotto, dall'alto verso il basso:
Fig. 20 - Danni alle infrastrutture della seggiovia Capanna Bill-Passo Padon e alla sciovia Arei II.

Fig. 21 - Danni alla struttura ricettiva Rifugio Tabià Palazza.



(giorni, settimane) rispetto agli eventi nevosi, mantenendo condizioni di pericolo potenziale per periodi prolungati.

E' ciò che è successo in Alto Agordino, lungo la strada S.R. 48 delle Dolomiti in comune di Livinallongo del Col di Lana, dove le condizioni di criticità si sono mantenute per oltre un mese, da fine gennaio alla prima decade di marzo. Di particolare interesse, per i danni provocati alle opere di difesa, sono stati i fenomeni che si sono verificati sul tratto di strada che da Arabba, in comune di Livinallongo del Col di Lana, raggiunge il Passo Campolongo. Questo tratto stradale è stato recentemente interessato dalla realizzazione di opere fermaneve in legno (tipo rastrelliere in legno) su alcuni ripidi pendii erbosi nei pressi dell'abitato di Arabba (Fig. 22). Le opere sono state realizzate da Veneto Strade, società che ha in gestione il tratto di strada considerato, in più stralci nel periodo compreso fra il 2009 e il 2011 e consistono in alcune file di rastrelliere in legno per un totale di circa 850 metri. La tipologia è la classica rastrelliera con elementi di 4 metri di lunghezza con due puntoni appoggiati su una idonea piastra di base e soglia ancorata al suolo con puntazze in acciaio. La marcata pendenza che caratterizza i versanti valanghivi dove sono ubicate le opere fermaneve, il peso dello strato nevoso dovuto agli apporti eccezionali, le temperature elevate e la pioggia hanno favorito i fenomeni di slittamento con conseguente caricamento anomalo delle strutture e il conseguente lento scotimento del terreno nei primi 20-40 cm superficiali. Il peso dell'intera struttura che grava sui due puntoni e sulle piastre di base ha contribuito allo scalzamento del terreno alla base delle barriere. Il cedimento del terreno ha compromesso la stabilità delle strutture che hanno ceduto al carico. Nel sito considerato i primi cedimenti delle strutture si erano già manifestati localmente nelle file più isolate in destra orografica rispetto alla zona bonificata; il primo crollo importante delle barriere con il movimento repentino della massa nevosa, si è verificato il giorno 25 febbraio 2014 intorno alle ore 23 (Fig. 23).



Fig. 22 - Immagine panoramica della zona.

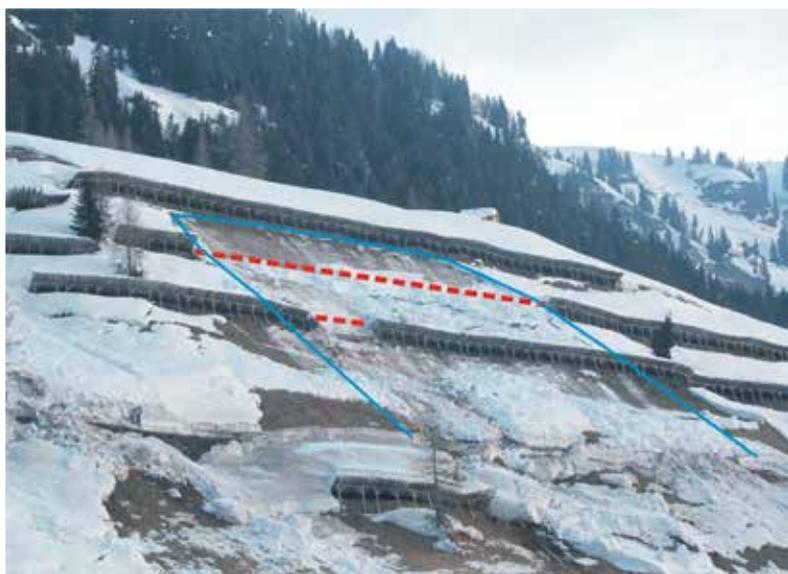


Fig. 23 - 25 febbraio 2014: avviene il primo crollo delle barriere (in azzurro è indicato il contorno della valanga).



Fig. 24 - Particolare dei danni alle barriere fermaneve in legno.

La fila centrale cedeva portando con sé circa 70 metri di barriere e si abbatteva sulla fila inferiore danneggiandola a sua volta. La massa nevosa e parte delle barriere si fermavano su quest'ultima, una parte si riversava nella sottostante sede stradale (fortunatamente in quel momento nessuno transitava sulla strada).

Ulteriori crolli si verificavano nei giorni successivi, in particolare da segnalare quello del giorno 11 marzo 2014 con l'asportazione di un'altra parte importante delle file di opere.

A fine stagione il quadro che si presenta del versante prativo su cui erano state realizzate le barriere fermaneve è a dir poco

“desolante” con danni gravi alle strutture lignee delle barriere e gravi scoticamenti del terreno in più punti (Fig. 24). Il danneggiamento della superficie del terreno ha gravemente compromesso la stabilità del versante stesso che, ora, in occasione di precipitazioni piovose anche di modeste entità, origina preoccupanti fenomeni franosi (Fig. 25). La rimessa in sicurezza del versante dovrà tenere in considerazione la problematica della fragilità dello strato superficiale del terreno e la riprogettazione delle opere con tecniche che possano scongiurare il ripresentarsi dei crolli con la prossima stagione invernale.

LA PROBLEMATICHE DEL CARICO DELLA NEVE SULLE COSTRUZIONI

In Veneto, come su tutte le Alpi orientali, la stagione invernale 2013-2014 è stata la seconda più nevosa dal 1930, preceduta solo dal 1950-1951. Il susseguirsi di precipitazioni da dopo Natale a metà feb-

braio hanno determinato elevati spessori di neve al suolo che, nella maggior parte delle stazioni, hanno raggiunto il massimo con le precipitazioni dei primi giorni di marzo. Inoltre, la stagione invernale particolarmente mite nel periodo dicembre- febbraio (5^a più calda dal 1930), ha determinato un limite neve/pioggia spesso intorno ai 1000-1400 m di quota: oltre tale fascia altimetrica gli spessori di neve sono aumentati mentre nei fondovalle dolomitici l'apporto di pioggia è stato assorbito dalla neve. Nell'insieme, già nella prima decade del mese di febbraio sono stati raggiunti dei carichi di neve sulle costruzioni elevati che hanno determinato importanti criticità strutturali sia su edifici di vecchia costruzione sia su quelli nuovi.

Per capire l'effettiva criticità del fenomeno, sono stati effettuati dei confronti fra i valori di altezza massima di neve al suolo (HS_{max}, cm), densità della neve (δ , kgm³) e carico di neve sulle costruzioni (q_{sk} , kNm⁻²) misurati negli ultimi 10 anni presso 40 siti di monitoraggio della montagna ve-

neta ubicati fra i 700 e i 2650 m di quota. Nelle Figg. 26, 27, e 28, per i tre parametri considerati, sono riportati i valori massimi del periodo in confronto con i valori misurati nella prima decade di febbraio 2014 e nella prima decade di marzo 2014.

In Fig. 29 viene riportato invece un confronto fra i valori della normativa vigente, i valori misurati nel febbraio 2009 e nel marzo 2014. Le figure rappresentano dei grafici *scatterplot* quota altimetrica/valore del parametro, con una linea di tendenza polinomiale di ordine 2.

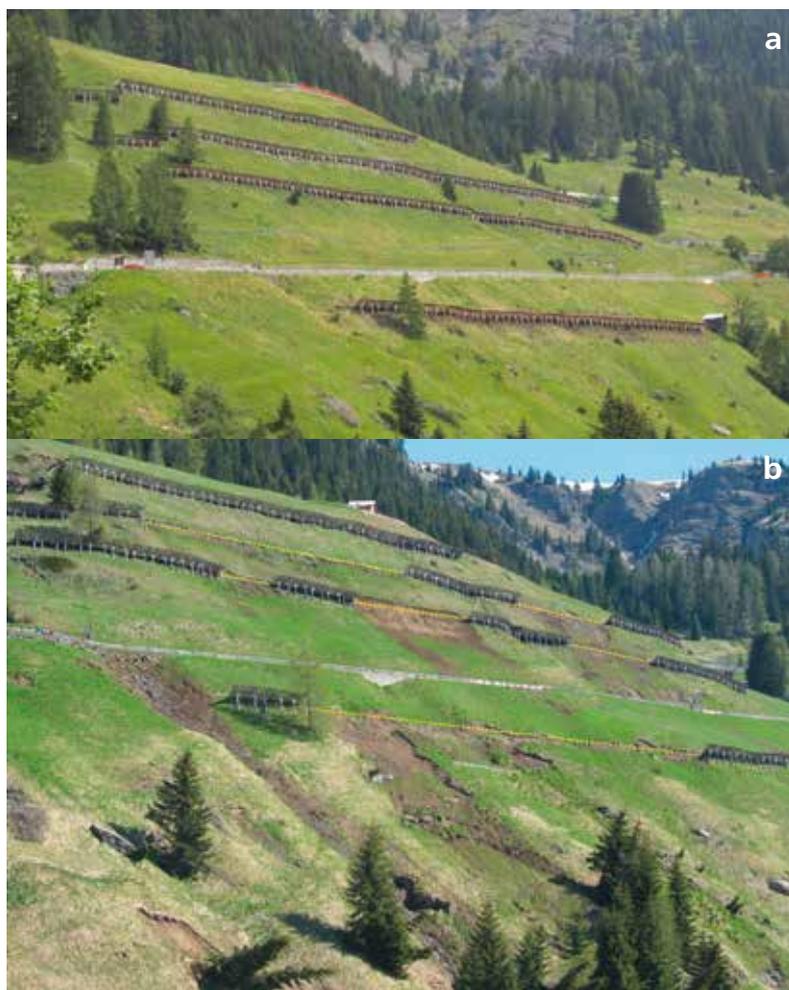
Sono state effettuate anche delle elaborazioni semplici per raggruppamenti delle stazioni ogni 300 m di quota (medie, valore massimo). La curva dei valori massimi è costruita con i singoli valori massimi raggiunti in mesi e anni diversi e quindi è una curva teorica.

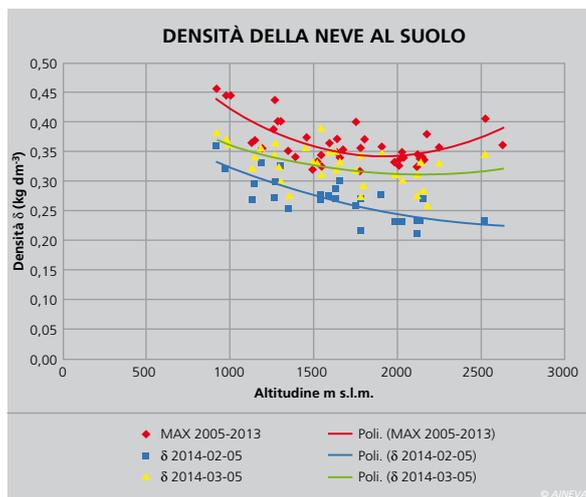
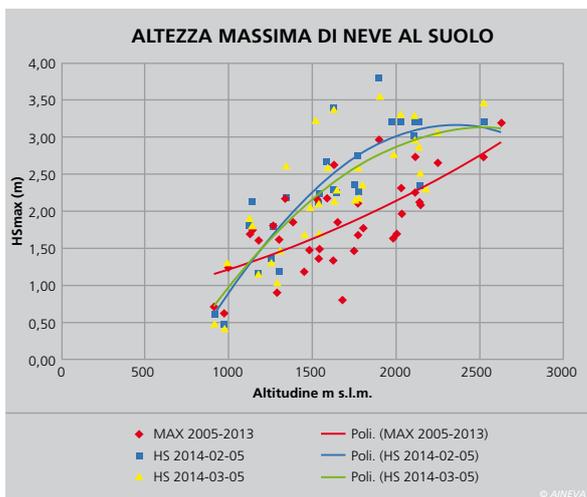
Nella stagione 2013-2014, il valore massimo di altezza della neve al suolo (HS_{max}) è stato raggiunto nella fascia altimetrica fra i 1800-2100 m di quota; alle quote superiori i siti monitorati sono meno ripartiti dall'azione eolica e gli spessori sono di conseguenza inferiori per i processi di erosione da parte del vento. Le altezze raggiunte nel 2014, per singola fascia altimetrica, sono le massime dal 2005 al 2014, anche nella maggior parte dei siti monitorati (32 su 35 stazioni di cui si hanno i dati del 2014). In Fig. 26 è possibile osservare i valori di HS_{max} distribuiti per quota con la rispettiva curva di tendenza. La curva dei valori di febbraio 2014 è lievemente superiore a quella di marzo ma ambedue si discostano molto dalla curva dei valori massimi misurati nel periodo 2005-2013. In Fig. 27, sono riportati i valori massimi di densità media della neve (δ).

Il valore massimo è determinato sulle misure storiche di febbraio e marzo del periodo 2005-2013. Le misure medie di febbraio 2014 evidenziano delle basse densità in quanto la maggior parte della neve al suolo era neve recente (pochi giorni), mentre i valori di marzo, relativi ad una neve più evoluta, sono più vicini ai valori massimi.

In Fig. 28 sono riportati i carichi di neve al metro quadrato (q_{sk}) di febbraio e di

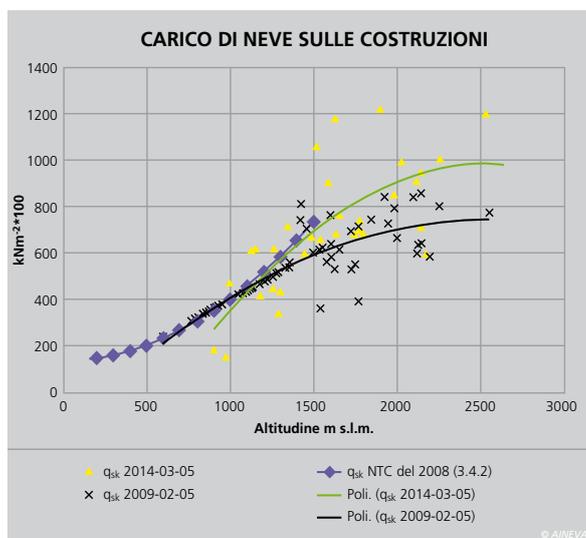
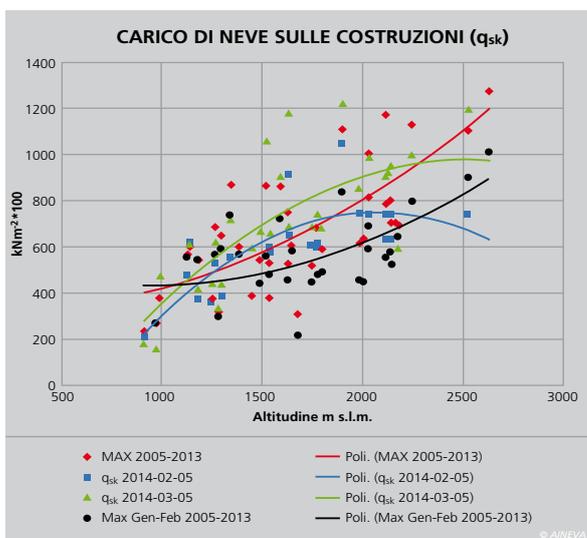
Fig. 25 - Due immagini della zona a confronto: a) prima e b) dopo i fenomeni valanghivi dell'inverno 2013-2014.





Da sinistra a destra:
Fig. 26 - Valori di altezza massima di neve al suolo misurati nelle stazioni di riferimento il 5 febbraio e il 5 marzo 2014 e i valori massimi osservati nel periodo 2005-2013. Le curve elaborate evidenziano la diversità per altitudine e per periodo.

Fig. 27 - Valori di densità della neve al suolo misurati nelle stazioni di riferimento il 5 febbraio e il 5 marzo 2014 e i valori massimi osservati nel periodo 2005-2013 nei mesi di febbraio-marzo. Le curve elaborate evidenziano la diversità per altitudine e per periodo.



Da sinistra a destra:
Fig. 28 - Valori di carico della neve sulle costruzioni misurati nelle stazioni di riferimento il 5 febbraio e il 5 marzo 2014, i valori massimi assoluti e i valori massimi relativi ai soli mesi di febbraio-marzo osservati nel periodo 2005-2013. Le curve elaborate evidenziano la diversità per altitudine e per periodo.

Fig. 29 - Valori di carico della neve sulle costruzioni misurati a marzo 2014 e a febbraio 2009. Nel grafico è riportata anche la curva come descritta dalla normativa vigente.

marzo 2014, i massimi assoluti raggiunti fra il 2005 e il 2013 e i massimi raggiunti nello stesso intervallo di tempo ma solo per i mesi di febbraio e marzo. Il maggior carico di neve è stato raggiunto a marzo 2014 ed è stato superiore al febbraio 2014. In entrambi i casi i valori sono ben maggiori dei valori massimi raggiunti per gli stessi mesi dal 2005 al 2013. I carichi raggiunti a marzo 2014, fra i 1500 e i 2500 m di quota, sono ben superiori anche ai valori massimi osservati, come anche evidente in Fig. 28.

In Italia, il calcolo del carico sulle costruzioni dato dal manto nevoso è regolamentato da Norme Tecniche delle Costruzioni (di seguito NTC) (Cap. 3.4 Azione della neve) del 2008 di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008 e pubblicato sul Supplemento ordinario n. 30 della Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008). La normativa indica che in mancanza di

adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto del manto nevoso e della sua densità, il calcolo di riferimento neve al suolo, per le località poste a quote inferiori a 1500 m sul livello del mare, non potrà essere assunto minore di quello calcolato in base a specifiche espressioni (indicate nella norma stessa), cui corrispondono valori associati di un periodo di ritorno pari a 50 anni.

Per altitudini superiori ai 1500 m si dovrà far riferimento alle condizioni locali del clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico non inferiori a quelli previsti per 1500 m. La figura 29 propone la curva del carico della neve raggiunto nel febbraio 2009 e 2014, nonché la curva prevista dalla normativa per la Zona I (Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Vicenza, Verbania, Vercelli) che è definita dall'equazione:

$$q_s = 1,5 \text{ kNm}^{-2} \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kNm}^{-2} \quad a_s > 200 \text{ m}$$

dove "a_s" è la quota sul livello del mare del sito di realizzazione dell'edificio.

Si può osservare il diverso andamento dei due inverni e il raggiunto valore massimo nella fascia altimetrica fra gli 800 e i 1200 m nel 2009 e oltre i 1200 m nel 2014.

Per quanto riguarda la fascia altimetrica fra i 500 e i 1500 m di quota, nella stagione invernale 2014, sono stati raggiunti e superati in molte stazioni i valori di carico previsti dalla normativa per la progettazione. Anche oltre i 1500 m di quota sono stati raggiunti importanti carichi di neve sulle costruzioni. I dati raccolti in questa stagione invernale 2014, potranno rappresentare una buona banca dati sulla quale effettuare i calcoli progettuali per la montagna veneta a tutte le quote.

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

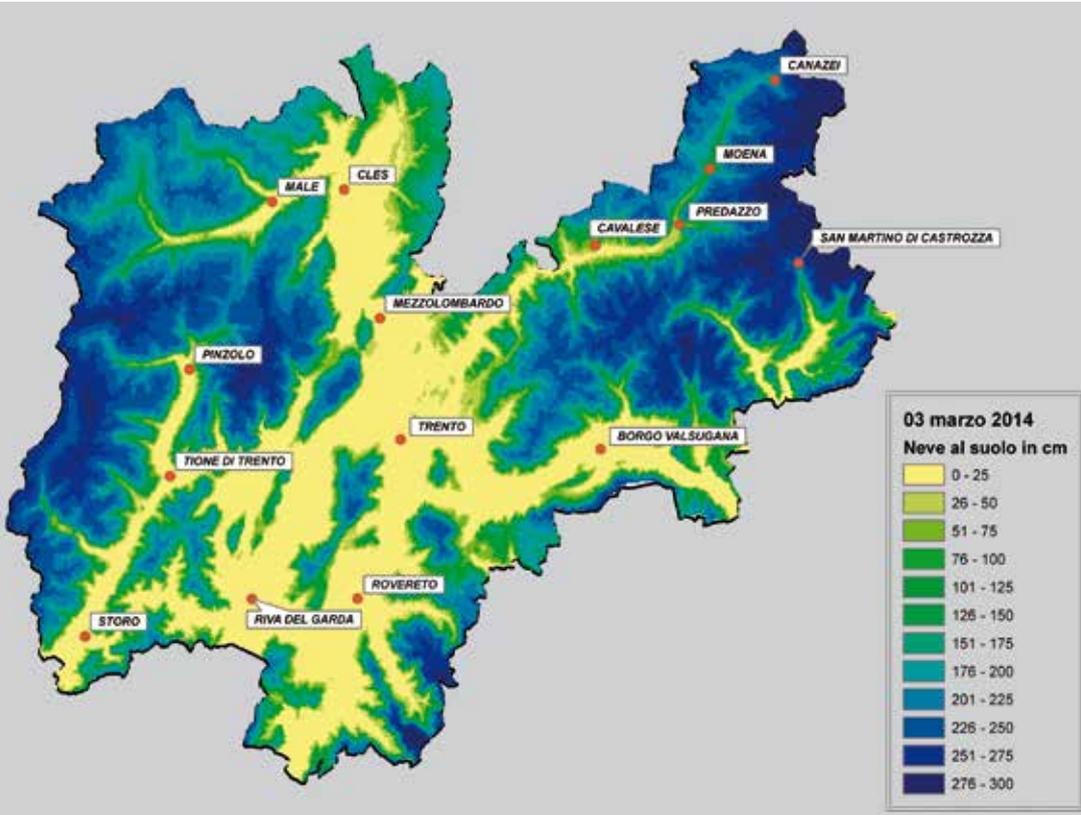
In Trentino, per comprendere l'eccezionalità delle precipitazioni nevose della stagione invernale 2013-2014, è necessario in primo luogo soffermarsi a controllare i rilievi dei settori orientale della provincia; quelli che fanno riferimento ai massicci montuosi delle Pale di San Martino e Lagorai-Cima d'Asta. Le stazioni di rilevamento dislocate in queste zone hanno infatti registrato valori di sommatoria della neve fresca da record; ma l'aspetto che forse più rimarrà nei ricordi sarà molto probabilmente quello delle immagini con le impressionanti quantità di neve depositata al suolo e sulle coperture dei fabbricati. Tra i tanti danni che la stagione invernale appena conclusa ha lasciato, alcuni riguardano infatti anche il cedimento dei tetti di alcune strutture.

Valori analoghi sono poi stati registrati nel settore occidentale del territorio provinciale, sui versanti meridionali del gruppo dell'Adamello e delle Dolomiti di Brenta (Fig. 30).

Di conseguenza, sono stati questi gli ambiti montani maggiormente interessati da fenomeni valanghivi; eventi che, in alcune occasioni, hanno raggiunto e superato i limiti storicamente conosciuti e che resteranno pertanto a lungo nella memoria delle popolazioni valligiane trentine.

Tra le tante località che hanno subito disagi, quella che più spesso è balzata "all'onore delle cronache" è stata sicuramente quella di Passo Rolle; la strada statale che collega la nota località turistica di Fiera di Primiero con le Valli di Fiemme e di Fassa ha subito infatti notevoli disagi a causa del pericolo valanghe, che è sempre stato elevato e che ha comportato la chiusura dell'importante arteria viaria per più di 70 giorni nel corso dell'inverno!

I disagi sono iniziati dalla sera del giorno di Natale; tra il 25 e 26 dicembre 2013 un'intensa perturbazione ha interessato le Alpi meridionali apportando, in poco più di 36 ore, mediamente dagli 80 ai 140 cm di neve fresca. La quota neve, per questa come per la maggior parte delle perturbazioni che si



Sopra, dall'alto verso il basso: Fig. 30 - Mappa dell'altezza della neve al suolo prodotta con il modello GeoTop dell'Università degli Studi di Trento del 3 marzo 2014, al termine di una delle più significative perturbazioni della stagione invernale 2013-2014.

Fig. 31 - Campo neve 31RO di Passo Rolle, a quota 1995 m s.l.m. Grafici dell'altezza della neve al suolo (HS) e dell'altezza della neve fresca (HN) delle due stagioni eccezionali di questo inizio millennio: 2008-2009 e 2013-2014.

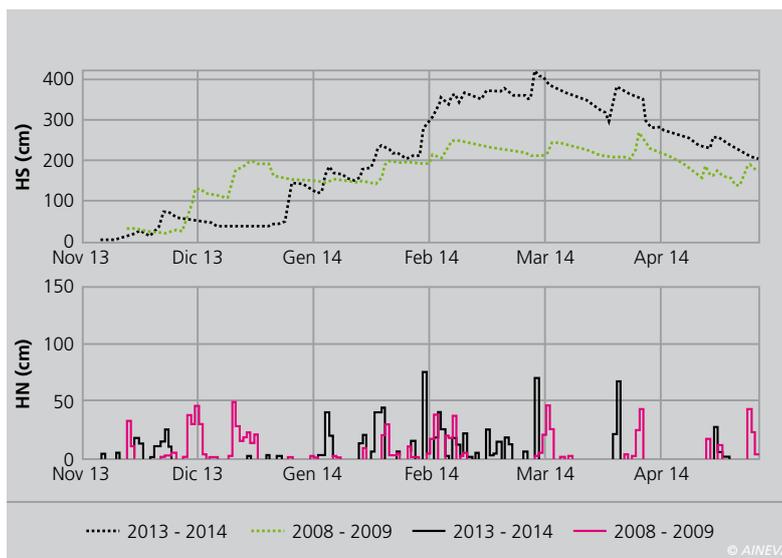
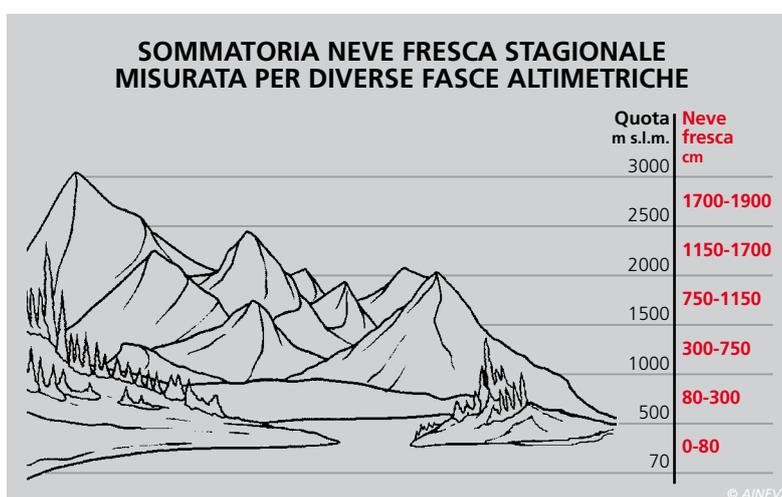


Fig. - 32 Sommatoria di neve fresca stagionale misurata per diverse fasce altimetriche.



sono susseguite nel corso dell'inverno, è risultata di fatto molto irregolare, sensibilmente più bassa nelle valli meno ventilate e sui settori orientali ed occidentali, rispetto alle vallate più ampie ed ai settori meridionali.

La nevicata, grazie alle temperature relativamente miti che hanno consentito un rapido assestamento del manto ed alla sostanziale assenza di vento, non ha comunque determinato valanghe importanti, ma non sono mancati i disagi al traffico, con code di automobilisti fermi in val Rendena, val di Fiemme e Fassa, val di Non e di Sole. La chiusura di alcuni valichi, come Passo Tonale, Passo San Lugano (tra la Val d'Adige e Val di Fiemme), Passo Campo Carlo Magno (tra la Val di Sole e la Val Rendena) o la strada del Monte Bondone (la montagna di Trento!) è stata determinata più dallo schianto di numerose piante cariche di neve umida, che dal pericolo valanghe. Schianti che hanno causato anche l'interruzione della corrente elettrica in molte vallate.

Il mese che però ha maggiormente contribuito a rendere eccezionale la stagione invernale 2013 -2014 è stato sicuramente gennaio; mese stranamente caldo e umido, contraddistinto spesso da giornate grigie e nebbiose più tipiche del periodo autunnale che di quello invernale e con precipitazioni da record, che hanno determinato spessori di neve al suolo superiori alla stagione invernale 2008 -2009, ricordata da tutti come particolarmente nevosa. I quantitativi medi di neve fresca accumulata sono stati ragguardevoli: ai 2000 metri di quota si sono registrati mediamente 340 cm, mentre ai 1000 metri i valori si sono attestati intorno ai 120 cm; andamento che conferma la presenza di uno zero termico generalmente elevato per il periodo in questione, tanto che la neve ha fatto la sua comparsa nella città di Trento (195 m slm) solo il 31 gennaio, con una decina di centimetri di neve umida, che ha lasciato presto nuovamente spazio alla pioggia. Stessi quantitativi si sono ripetuti anche a febbraio, ma l'eccezionalità è determinata dal fatto che il mese di gennaio in Trentino è solitamente secco e molto freddo, ed eventualmente ventoso, causa l'influenza dell'anticiclone russo.

Nello specifico, gli eventi con precipitazioni nevose più importanti si sono verificati il 4 gennaio, con una quantità di neve fresca cumulata a 2000 m, in circa 35 ore, di 50-80 cm sui settori occidentali (a 3000 m si sono osservati valori di 100 -120 cm), di 50-60 cm sui settori orientali; e di 50-60 cm sui settori meridionali. A questo è poi succeduto un periodo di mal tempo dal 14 al 20 gennaio circa, con nevicate inizialmente fino sul fondovalle e poi con limite della neve a 600 - 1000 metri che ha determinato un incremento degli spessori di neve al suolo di 70 - 80 cm.

Altri fenomeni particolarmente intensi e persistenti si sono poi registrati dal 30 gennaio fino al 10 febbraio; le nevicate hanno incrementato ulteriormente di 100 -150 cm gli spessori del manto nevoso, portando i campi neve della rete nivologica del Trentino, posti sopra i 1500 metri di quota, a superare i valori storici di altezza della neve al suolo registrati negli ultimi 30 anni (Figg. 31 e 32).

In questo lasso di tempo, nei giorni immediatamente successivi e poi nel periodo contraddistinto dal notevole rialzo termico registrato nella prima decade del mese di marzo, si sono concentrati i fenomeni valanghivi più significativi. In pochi casi, come durante le precipitazioni del 31 gennaio e del 1° febbraio, si sono verificati distacchi che hanno poi dato origine a valanghe di tipo polveroso, mentre la maggior parte degli eventi di grandi dimensioni sono state valanghe umide di fondo.

Il manto nevoso è infatti quasi sempre stato caratterizzato da grande coesione interna, con una distribuzione idrostatica delle resistenze, che ha conferito proprietà plastiche e relativamente stabili, ma ha sempre mantenuto uno scarso collegamento con il terreno e quindi un sostanziale punto debole alla base.

Situazione quindi relativamente "tranquilla" per gli scialpinisti, che con il loro peso non erano in grado di sollecitare i punti deboli, molto profondi a causa del notevole spessore del manto nevoso, ma con la costante presenza di un pericolo "latente", che ha dato origine a distacchi spesso difficilmente prevedibili.

Da questo punto di vista, fondamentale è risultata essere l'attività di controllo sul territorio svolta dalle *Commissioni Locali Valanghe*, ovviamente particolarmente impegnate durante questa stagione!

EVENTI NIVOMETEOROLOGICI SIGNIFICATIVI

1° febbraio 2014 Pian Trevisan: grossa valanga a debole coesione, distaccatasi dalle ripide pareti del Gran Vernel (versante nord della Marmolada) ancora nel corso della nevicata, che ha assunto caratteristiche polverose e che ha causato ingenti danni ad un impianto di lavorazione inerti; con il "soffio" ha interessato la strada di Passo Fedaia ed ha divelto parecchi abeti sul versante orografico opposto a quello di scorrimento (Figg. 33, 34 e 35).

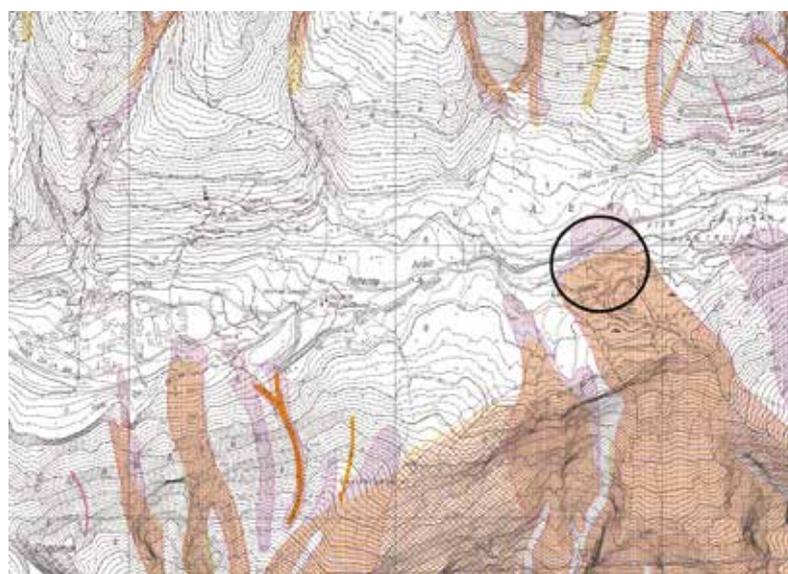


Fig. 33 - Estratto dalla Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe con indicato il luogo della valanga di Pian Trevisan.



6 febbraio 2014 - Cauriol Refavaie:

sul versante meridionale del Monte Cauriol (quota 2495 m s.l.m., nel settore centrale della Catena del Lagorai) si è verificata una valanga di carattere eccezionale, che ha coinvolto un'area di circa 24 ha ed ha completamente distrutto circa 16 ha di pregiato bosco produttivo formato da fustaie di abete rosso, misto a larice nella parte più alta. Si stima in via preliminare che siano stati abbattuti oltre 4.000 mc di legname.

24 febbraio 2014 - Rifugio Agostini in Val d'Ambiez (2405 m slm):

vengono rilevati ingenti danni alla struttura del rifugio causati da un fenomeno valanghivo eccezionale di tipo polveroso, si presume originatosi dalle pendici della vedretta d'Ambiez (tra i 2700 ed i 2800 m di quota circa) (Fig. 36).

24 febbraio 2014 Passo Feudo - Gardonè:

valanga inizialmente manifestatasi alcuni giorni prima come fenomeno di neviflusso causato da una notevole lubri-

ficazione del terreno erboso probabilmente dovuto al rialzo termico; in seguito, forse anche alimentato dal cedimento di alcune strutture paravalanghe, il movimento lento si è trasformato in una vera e propria valanga umida, con scorrimento radente. I danni sono stati ingenti, oltre al cedimento delle linee paravalanghe si è verificato l'abbattimento di un pilone di sostegno della seggiovia che collega le stazioni sciistiche di Gardonè e Pampeago con la conseguente chiusura anticipata della stagione per tutta la skiarea di Gardonè (Fig. 37 e 38).

Da un punto di vista strettamente economico questo può essere ritenuto il fenomeno che ha causato i danni maggiori e più contingenti!

4 marzo 2014 - incidente a Cima Sèra:

come precedentemente affermato, la stagione non è stata particolarmente "problematica" dal punto di vista degli incidenti da valanga, che si sono limitati ad episodi avvenuti in corrispondenza delle precipitazioni più copiose e hanno coinvolto generalmente sciatori fuori pista. Il 4 marzo, presso Cima Sèra (1908 m, nei pressi di Passo Durone, nelle Valli Giudicarie) si è però verificato un incidente con una vittima; si è trattato di un evento dalle dinamiche piuttosto rare, avvenuto durante le ore più calde del pomeriggio. Uno scialpinista, in fase di discesa, è stato infatti investito e travolto da un lastrone di neve umida e pesante, che si era distaccato spontaneamente alcune centinaia di metri più a monte (Fig. 39).

16 marzo 2014 - Passo Rolle: uno tra i più grossi eventi valanghivi, tra i tanti che, nel corso dell'inverno 2013-2014, hanno interessato la strada statale del Passo Rolle, nel tratto che dopo il valico scende verso il comune di Fiera di Primiero; in questo caso si tratta di un distacco di neve umida e pesante, avvenuto in tarda serata, probabilmente causato dal forte riscaldamento trasmesso al manto nevoso dalle numerose rocce affioranti.

Si nota anche la presenza di uno strato superficiale di neve che, a causa della presenza di sabbia sahariana, ha assunto la caratteristica colorazione rosata (Figg. 40 e 41).

Sopra, dall'alto verso il basso:

Fig. 34 - Località Pian Trevisan (1 febbraio 2014).

Fig. 35 - Località Pian Trevisan, strada di Passo Fedaia (1 febbraio 2014).



Fig. 36 - Rifugio Agostini, Val d'Ambiez nelle Dolomiti di Brenta.

Fig. 37 - Estratto dalla Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe con indicata la zona interessata dalla valanga di passo Feudo.

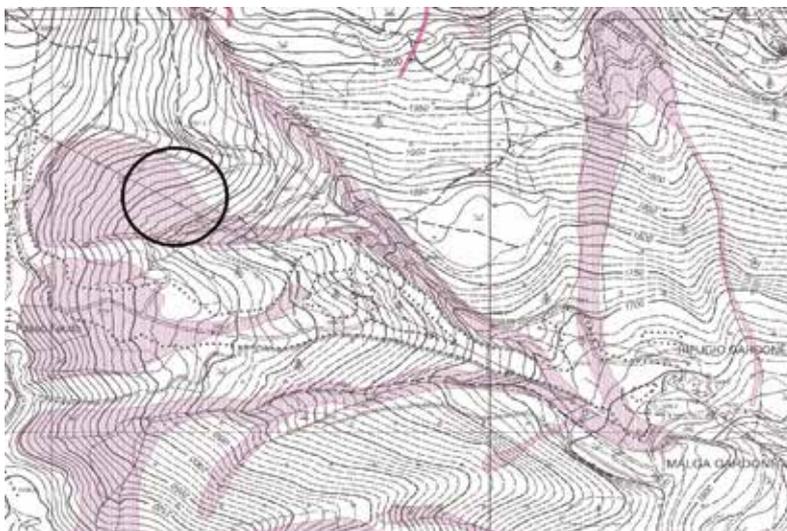
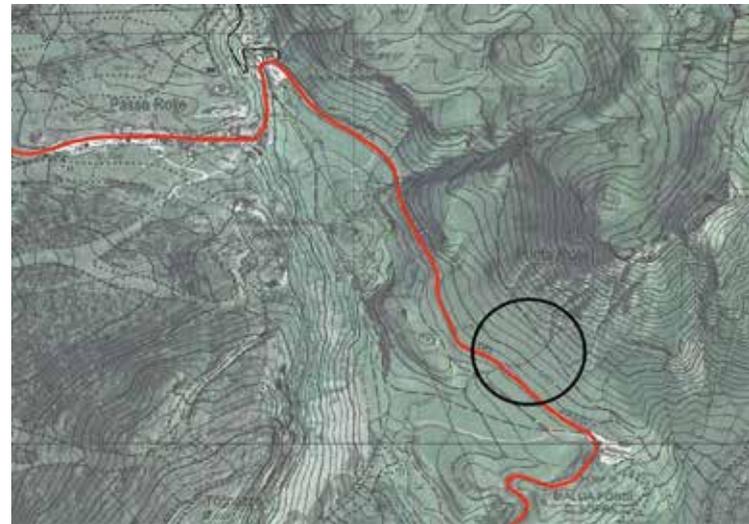




Fig. 38 - Seggiovia Gardonè-Passo Feudo danneggiata dalla valanga del 24 febbraio 2014.

*Più a sinistra:
Fig. 39 - Cima Sèra,
1908 m s.l.m. nelle
Giudicarie; particolare
del lastrone nella zona
di distacco della valanga
del 4 marzo 2014.*



*Fig. 40 - Mappa della
zona di Passo Rolle
(Prov. di Trento).*



*Fig. 41 - Particolare
della valanga che ha
interrotto la strada
statale il 16 marzo
2014.*

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

In Alto Adige l'inverno 2013-2014 passerà alla storia meteorologica come uno degli inverni più piovosi e ricchi di nevicata. In alcune zone dell'Alto Adige ha infatti addirittura superato l'inverno da record del 1950/51. In Val d'Adige, Bassa Atesina, Val d'Isarco, Val Gardena, Val Badia e in parte della Val Venosta non erano state misurate quantità di precipitazione così alte da quando all'inizio del 20° secolo ebbero inizio le misurazioni. A Bolzano, capoluogo provinciale, i 381 mm misurati sono un valore cinque volte superiore al normale. Anche in altre parti della provincia è piovuto o nevicato da tre fino a quattro volte di più della media del lungo periodo. Responsabile di ciò è stata una situazione sinottica eccezionalmente stabile.

La zona alpina è stata sotto l'influsso, quasi permanente, di correnti meridionali che hanno portato il verificarsi di condizioni estremamente diverse sulle due parti dell'arco alpino. Mentre sul versante nord alpino si registravano condizioni relativamente asciutte, sull'Alto Adige si susseguivano una dozzina di perturbazioni originate da depressioni sul mar Mediterraneo.

Proprio per il flusso di correnti meridio-

nali, nella zona nordoccidentale della provincia, quindi la zona di Resia, si sono registrati gli apporti minori di precipitazione con circa 100 mm. In questa zona, nell'inverno 2011/2012 con frequenti episodi di stau da nord, le precipitazioni sono state il doppio.

Sui monti si sono raggiunti spessori di neve estremi. Per l'Alto Adige il record di neve è stato raggiunto dalle stazioni di Ladurns (Val di Fleres – Brennero) e Fontana Bianca (Val d'Ultimo) (Figg. 42 e 43) dove solo la neve caduta nel periodo dell'inverno meteorologico (da dicembre a febbraio) porta a una sommatoria di circa 6,5 m. Contando la neve caduta anche nei mesi di ottobre, novembre, marzo e aprile si superano gli 8 metri di neve fresca. Altezze di neve al suolo ancora mai registrate negli ultimi 35 anni si sono avute anche in molte altre località (Tab. I). Le temperature sono state di 1.5 °C fino a 2 °C superiori alla media del lungo periodo cosicché, l'inverno testé terminato si ricorderà anche come uno dei più caldi. Mentre nelle precipitazioni, ogni anno si distingue dagli altri per grosse differenze, nelle temperature il trend è verso inverni sempre più miti. Tutti tre i mesi invernali sono stati più miti della media, con completa assenza di lunghe ondate fredde. Pochissime erano anche le notti di gelo. Per la frequente copertura nuvolosa in

Valle dell'Adige si sono registrate la metà delle notti con temperature negative rispetto ad un inverno medio. Anche questo è un nuovo record da quando sono iniziate le osservazioni meteorologiche.

MANTO NEVOSO E ATTIVITA' VALANGHIVA

Osservando ora l'inverno dal punto di vista valanghivo, in confronto agli inverni passati si può facilmente notare che ci sono stati pochi incidenti. Fino a fine aprile sono solo 10 gli incidenti noti al Servizio prevenzione valanghe provinciale. Molti di questi incidenti fortunatamente si sono risolti con pochi o nessun danno per i travolti. Solo in un fuoripista vicino a degli impianti di risalita in Valle Aurina, il 6 gennaio c'è stata l'unica vittima dell'inverno. All'osservatore comune può sembrare strano che un inverno così ricco di neve sia anche un inverno con pochi incidenti. Viene invece confermata la tesi che l'esperienza ha già spesso dimostrato: in inverni con tanta neve si verificano pochi incidenti e in inverni con poca neve viceversa accadono spesso tanti incidenti. Di seguito alcune semplici spiegazioni scientifiche.

Durante e subito dopo un'abbondante nevicata, il pericolo è spesso forte, ma molto rapidamente il peso stesso della neve favorisce l'assettamento e il consolidamento del manto nevoso.

Con grossi spessori di neve al suolo inoltre, il gradiente termico all'interno del manto è molto inferiore, la formazione di cristalli con forme angolari o sfaccettate è rallentata. In queste condizioni i continui metamorfismi favoriscono la formazione di grani arrotondati, migliorando il legame degli strati. Le miti temperature limitano la formazione di brine interne ed esterne al manto che possono essere o divenire potenziali strati di scivolo.

Eventuali strati deboli presenti per effetti di micro-clima locali (p.es. *effetto Nigg*) sono spesso sepolti ad una profondità dove l'influenza del peso di un escursionista difficilmente arriva a disturbare l'equilibrio e provocare la frattura iniziale

Nella pagina a fianco, a sinistra: Tab. I - Sommatoria della neve fresca da dicembre 2013 a febbraio 2014 in alcune località dell'Alto Adige.

Fig. 42 - Altezza del manto nevoso a Ladurns (Val di Fleres).



per provocare il distacco di una valanga a lastroni. Oltre a questi aspetti legati alla fisica della neve, altri fattori si sono sommati positivamente. Le precipitazioni spesso accadevano abbondanti proprio nei fine settimana, giornate dove generalmente la frequentazione delle montagne è decisamente maggiore.

In Alto Adige fino al 16 febbraio si sono contati ben 7 domeniche di seguito con tempo perturbato. In queste condizioni le escursioni se condotte con la dovuta prudenza terminano forzatamente spesso al limite del bosco. Di conseguenza si riduce molto la possibilità che avvengano incidenti.

Un altro fattore è di natura psicologica. Avere davanti a se pendii carichi di neve fa a tutti una certa impressione: si percepisce la massa, il potenziale distruttivo di questo enorme carico nevoso in equilibrio precario che incute rispetto. Nonostante l'irresistibile attrazione che esercita su uno sciatore un pendio di neve vergine, si è potuto generalmente osservare un comportamento molto prudente. Contrariamente, nelle stagioni con poca neve, istintivamente si è portati a sottovalutare il pericolo proprio perché celato dietro a spessori che non spaventano (poi, se si aggiungono i fattori fisici negativi collegati, gli incidenti sono quasi programmati).

LOCALITÀ	NEVE FRESCA
Ladurns/Fleres	676 cm
Fontana Bianca/Ultimo	640 cm
Plan in Passiria	516 cm
Diga Giovanetto/Val Martello	485 cm
Ciampinoi/Val Gardena	455 cm
Diga di Neves	451 cm
Monte Cuzzo	445 cm
Obereggen	420 cm
Pennes/Sarentino	373 cm
Waidmannalm/Merano 2000	370 cm
Kasere/Predoi	364 cm
Monte Chiusetta	360 cm
Nova Ponente	340 cm
San. Cassiano/Badia	324 cm
Sesto Pusteria	316 cm
Selva Gardena	275 cm
Riva di Tures	275 cm
San Candido	242 cm
Funes	227 cm
Roja di Fuori	213 cm
Ortisei	161 cm
Melago	160 cm

© AINEVA



Fig. 43 - Altezza del manto nevoso a Fontana Bianca (Val d'Ultimo).

Il manto nevoso di questa stagione invernale è stato caratterizzato da uno strato basale debole, più diffuso sulle esposizioni settentrionali o poco soleggiate.

Questa situazione è stata la principale causa degli incidenti occorsi fino a fine gennaio. Le abbondanti nevicate successive hanno favorito la compattazione

di questo strato debole vicino al terreno, migliorando, specie in alta quota le condizioni per gli escursionisti. Altra caratteristica di questa stagione sono stati gli scivolamenti alle quote medie. Questo fenomeno relativamente poco gestibile da un punto di vista operativo, ha dato grossi problemi ai comuni di montagna

minacciando per lunghi periodi la sicurezza della viabilità su strade, la sicurezza di piste o addirittura di case o frazioni di paesi. Queste "valanghe lente" hanno una dinamica molto particolare, sono praticamente imprevedibili, risentono solo minimamente delle condizioni meteo, non si riescono a distaccare con esplosivo o sistemi simili e quindi nelle zone con maggior neve al suolo hanno provocato disagi ininterrotti spesso per diverse settimane. Il terreno non gelato di inizio inverno, specie sui siti ripidi pratici, ha accentuato la problematica.

Quindi, se da un lato la tanta neve al suolo, in alta montagna ha offerto agli escursionisti condizioni relativamente sicure, alle quote medie dove nelle vallate sono maggiormente presenti attività turistiche, commerciali e quant'altro, le commissioni valanghe, deputate in supporto al sindaco

Fig. 44 - Accumulo della famosa valanga Pill.



Fig. 45 - La valanga che ha interessato il Rifugio Petrarca.



alla gestione della sicurezza, hanno avuto grosse difficoltà e carichi di lavoro. Frequenti distacchi spontanei di valanghe di fondo e scivolamenti hanno obbligato le commissioni ad un continuo monitoraggio del territorio e a interventi a volte di difficile accettazione. Testimonianza di una di queste valanghe è la valanga Pill del 6 febbraio (Fig. 44) divenuta famosa per un fortuito filmato girato da un abitante del luogo che rapidamente attraverso i canali web ha fatto il giro di mezzo mondo. Da un lato la popolarità di questo filmato ha in parte agevolato le commissioni valanghe che da settimane sotto pressione degli abitanti delle valli argomentavano ormai con fatica le continue chiusure preventive di numerose strade. Dall'altro ha fomentato l'ansia di chi si sentiva in pericolo ormai anche dentro le mura di casa e le richieste di sopralluoghi per accertare il pericolo valanghe sono improvvisamente aumentati. Certamente non poteva lasciare indifferenti la potenza distruttrice di una così grossa massa nevosa in movimento. Inoltre le foto diffuse dai media, del rifugio Petrarca recentemente ristrutturato e per metà distrutto da una valanga polverosa, hanno fatto il resto nell'opinione pubblica (Figg. 45 e 46).

IL FENOMENO DELLA NEVE ROSSA

Un altro evento che chiunque sia andato in montagna dopo il 19 febbraio ha potuto notare, è la sabbia del deserto depositata sulla superficie del manto nevoso. Da quella data in poi, la neve al suolo ha assunto un colore ambrato rossastro, tipico della sabbia che con la forte perturbazione di quelle giornate è stata sospinta fino sulle Alpi e vi si è depositata precipitando con una copiosa nevicata. Questo strato colorato ha caratterizzato non solo il colore del paesaggio innevato, ma anche la stabilità del manto nevoso. Grazie, infatti, ad una minor capacità riflettiva della neve, il manto ha assorbito maggiormente l'energia solare. Rapidamente si è formata una crosta da fusione e rigelo con, a seconda della

quota ed esposizione, varie tipologie di cristalli sfaccettati sopra e sotto la crosta stessa. Su questo strato limite potenzialmente fragile, si sono poi staccate moltissime valanghe, generalmente tutte piccole o medie, di superficie e spesso già durante le nevicate. Questo ha favorito dunque degli eventi sempre concentrati durante le precipitazioni o nell'immediate ore successive, generalmente di dimensioni ridotte e superficiali. Solo le esposizioni meridionali, dopo la prima decade di marzo, hanno sofferto di questo strato che assorbiva così tanto calore. In alcuni casi si sono osservate valanghe che, distaccate a quote alte come piccoli scaricamenti, alla base delle rocce per sovraccarico hanno poi fatto collassare tutto il manto fino al suolo in virtù della sua debole stabilità in quanto già inumidito o bagnato. In queste situazioni i distacchi sono stati di dimensioni storiche, raggiungendo spesso infrastrutture.

Altro effetto collaterale che si è potuto notare per effetto della sabbia del deserto, è il maggior assestamento, consolidamento e scioglimento del manto nevoso dalla superficie. In corrispondenza quindi di un lungo periodo di tempo soleggiato e mite il manto nevoso si è rapidamente ridotto di spessore e anche le valanghe di fondo primaverili dai versanti settentrionali non hanno avuto le temute dimensioni che ci si aspettava in considerazione degli spessori che si erano accumulati fino a marzo. E anche gli sci alpinisti attenti hanno ap-

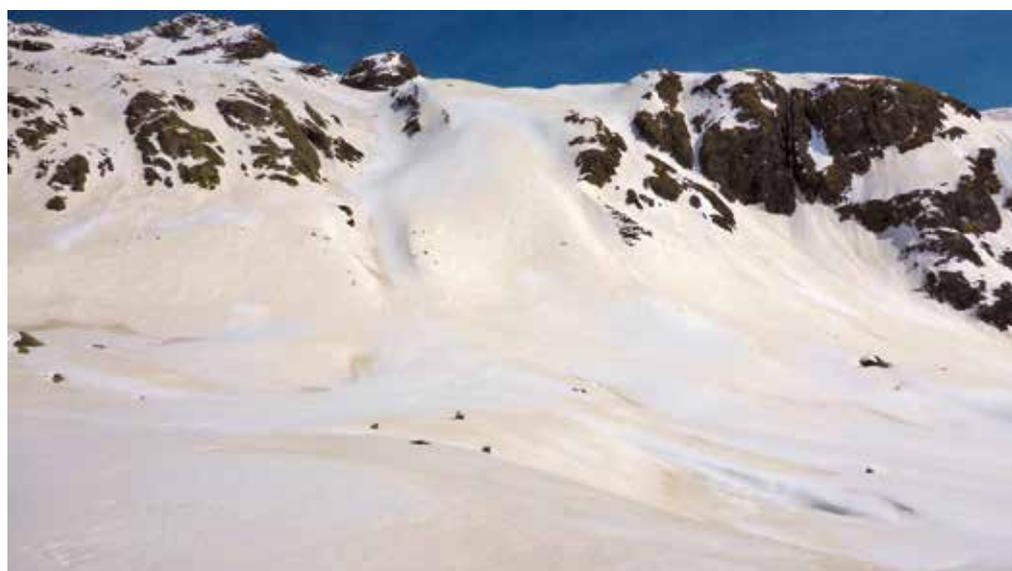
profittato di questo insolito fenomeno. Per un lungo periodo i versanti più soleggiati presentavano rapidamente caratteristiche superficiali primaverili, ottimo firn liscio dove lasciare tracce bianche sulla superficie colorata (Fig. 47) I versanti più all'ombra offrivano invece stupende caratteristiche di neve fredda polverosa, ben assestata alla base e soffice in superficie.

IN CONCLUSIONE...

Insomma, un inverno sicuramente da ricordare! Tanta neve, paesaggi resi spesso irriconoscibili da una coltre nevosa che non si distaccava nemmeno dalle pareti verticali, situazioni insolite tutte da scoprire. Ma anche grandi valanghe, tanto lavoro per le commissioni locali, molti danni a infrastrutture. E per gli amanti della montagna innevata paesaggi fiabeschi, grandi sciate su neve spesso perfetta, stagione lunghissima che a maggio ha ancora molto da regalare.

Sotto, dall'alto verso il basso: Fig. 46 - Particolare dei danni arrecati al Rifugio Petrarca.

Fig. 47 - Chiazze di neve colorata dovuta alla deposizione di sabbia di origine desertica.



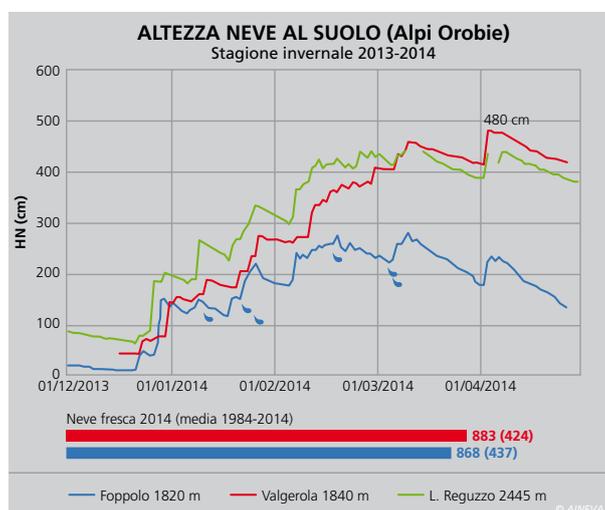
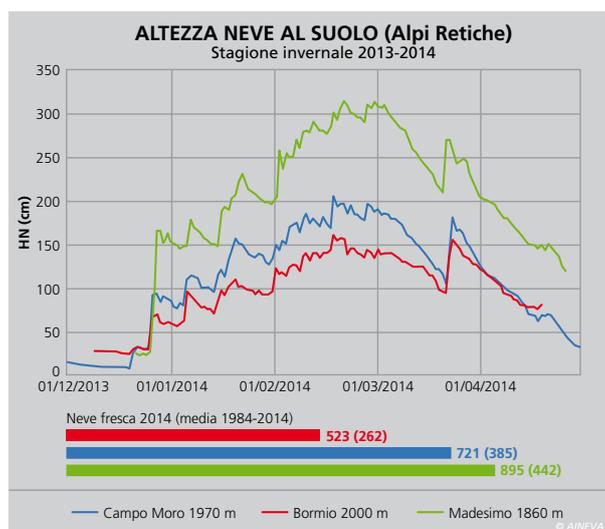
REGIONE LOMBARDIA

La stagione invernale 2013-2014 si può ormai archiviare, per quanto concerne i rilievi lombardi, come un "grande inverno" per i cumuli di neve fresca raggiunti, variabili da 700 a oltre 1300 cm, intorno ai 2000 m di quota, sebbene la costituzione di un manto nevoso permanente al suolo sia stata piuttosto tardiva in quanto le precipitazioni nevose autunnali hanno interessato soprattutto le quote oltre il limite del bosco e sui versanti esposti a meridione spesso hanno subito una repentina ablazione fino a quote elevate. Dalle feste natalizie, invece, si susseguono numerosi eventi, a tratti molto perturbati, che caratterizzano in modo particolare i mesi di gennaio (ove si registrano ben 18 giorni con nevicata) e febbraio (da 19 a localmente 23 giorni con neve fresca).

Sotto, dall'alto verso il basso:

Fig. 48 - Andamento dell'altezza del manto nevoso nella stagione invernale 2013-2014 presso alcune stazioni delle Alpi Retiche.

Fig. 49 - Andamento dell'altezza del manto nevoso nella stagione invernale 2013-2014 presso alcune stazioni delle Alpi Orobie.



Nevicate abbondanti, spesso oltre i 50 cm nelle 24 ore (in particolare sulla fascia orobico-prealpina), con quote limite significative comprese fra 800-1200 m di quota, hanno contribuito alla costituzione di un manto nevoso di notevole spessore al suolo che ha raggiunto i picchi massimi stagionali con valori che, tra 2000 e 2400 metri di quota, sono variati da 300 a oltre 400 cm (ad esclusione del settore Ortles-Cevedale e zona dell'Adamello) (Figg. 48 e 49).

Il mancato rigelo del terreno, temperature molto spesso e per periodi prolungati ben al di sopra delle medie stagionali, scarso irraggiamento notturno e precipitazioni miste acqua e neve, sin dal primo evento di fine dicembre hanno innescato forti fenomeni di nevicata a livello del suolo (in particolare su ripidi pendii erbosi) che sono perdurati per gran parte della stagione rendendo difficile la valutazione, a livello previsionale e di monitoraggio locale, del collasso delle masse nevose in continuo movimento e sollecitate da persistenti nuovi apporti nevosi incombenti sulle principali infrastrutture (strade, abitazioni, impianti).

Oltre i 2200-2400 m di quota i grossi accumuli e lastroni da vento, formati in seguito al rinforzo delle correnti nelle fasi precipitative, si sono progressivamente consolidati agli strati sottostanti andando a costituire un manto nevoso con buone caratteristiche di stabilità, riconducibile a profili di tipo idrostatico o "a campana" per la presenza di cristalli ricostruiti negli strati più profondi, prossimi al terreno, comunque non facilmente raggiungibili dalla sollecitazione di quanti hanno svolto attività escursionistica (scialpinisti, sciatori fuoripista, freerider etc.).

In concomitanza dei principali eventi l'attività valanghiva è stata particolarmente continua e significativa, soprattutto su Orobie e Prealpi, ma anche sulla Valchiavenna, facendo registrare molte valanghe di medie e grandi dimensioni di neve molto umida o bagnata, ma pochi fenomeni a carattere di eccezionalità.

In concomitanza dei principali eventi nel Bollettino Neve e Valanghe sono stati

espressi indici di pericolo 4 FORTE e per la sola giornata del 19 gennaio 5 MOLTO FORTE su Orobie e Prealpi (Fig. 50).

Giornate meteorologicamente poco invitanti per la pratica di attività escursionistiche hanno in parte precluso la massiccia presenza di utenti in ambiente innevato, tuttavia l'attrattiva della neve fresca ha stimolato i più appassionati ad una maggior frequenza. Il numero degli incidenti in valanga è mediamente più ridotto rispetto agli anni scorsi (10 incidenti), con una prima vittima travolta con la motoslitte due giorni dopo l'evento nevoso di Natale, un escursionista a piedi su strada innevata il 9 marzo e deceduto dopo 3 giorni in ospedale a causa dei traumi riportati, mentre un alpinista scomparso sulla Grignetta il 23 gennaio è stato rinvenuto solo a fine ablazione dell'accumulo nevoso nel Canale Scarettono posto sul versante nord, confermando che lo stesso fosse realmente stato interessato dal travolgimento di una valanga. Di seguito vengono presentati 3 brevi contributi, realizzati da professionisti che hanno avuto ruoli di coordinamento e gestione dei rischi valanghivi, che focalizzano particolari situazioni di criticità che hanno caratterizzato la stagione invernale in diversi settori montani lombardi.

LA VALANGA DEL MONTE TORO

(contributo di Federico Rota e Enrico Scuri)

Nel corso della mattina del 26 dicembre 2013 (ora presunta 10:30) una valanga di grandi dimensioni si è staccata dalle propaggini meridionali del Monte Toro (2516 m s.l.m.) e più precisamente a valle della cresta sud occidentale della cima.

La cresta stessa è stato l'elemento barriera che ha comportato l'accumulo eolico nella zona sottovento, principale causa della notevole quantità di neve al suolo e delle caratteristiche intrinseche del manto nevoso innescanti il fenomeno (Fig. 51). Ci troviamo nelle immediate vicinanze della stazione di monte dell'impianto Foppa - Monte Toro. Tale impianto di risalita è stato dismesso da alcuni anni pertanto non vi sono state persone coinvolte o potenzialmente vicine al fenomeno.

Effettuando una breve descrizione dell'evento valanghivo si evidenzia una larghezza al distacco di circa 280 m ed uno spessore variabile da 50 a 340 cm.

La quota massima di distacco ha raggiunto i 2320 m s.l.m. mentre l'accumulo ha raggiunto i 1800 m s.l.m., con larghezza massima di circa 1,2 km complessivi.

Nel percorso di scorrimento la valanga ha abbattuto le reti di protezione di valle della pista e tre pali dell'impianto stesso. L'evento è da ritenersi eccezionale per altezza al distacco e dimensioni complessive ma, soprattutto, perché sono stati superati i limiti della perimetrazione indicati nella CLPV (Carta di Localizzazione Probabile Valanghe) realizzata sulla base storica. In tale ambito cartografico la valanga è denominata Foppa (Lotto n. 2 – n 18 del Comune di Foppolo). Le informazioni storiche permettono di annotare un altro evento, nel 1972, quando la valanga aveva interessato la pista di discesa e divelto 2 pali dell'impianto di risalita.

Da allora non sono stati registrati altri eventi di tale natura. Nella circostanza in esame la valanga è uscita dai limiti sia in sinistra che in destra idrografica andando anche ad interessare, in quest'ultimo ramo la valanga denominata Canaletto del Toro (Lotto n. 2 – n 17 del Comune di Foppolo).

Nelle ore precedenti e durante l'evento il territorio era stato interessato da un vasto fronte perturbato, esteso su tutta l'Europa centro-occidentale, che si è mosso verso Est pilotato da un minimo di pressione particolarmente profondo (930 hPa) situato a NW della Scozia.

Questo ha condizionato pesantemente il tempo sulle regioni alpine nel corso delle giornate del 25 e 26 dicembre con abbondanti precipitazioni su diverse zone del nord-Italia, perlopiù molto intense, con tutte le caratteristiche di una tempesta. Si è trattato della prima importante perturbazione della stagione invernale 2013-14. In precedenza, dopo l'evento dal 18 al 23 novembre, una fase di alta pressione e temperature miti aveva determinato lo scioglimento di quasi tutta la neve caduta al suolo, soprattutto sui versanti esposti

ai quadranti meridionali. Nella settimana immediatamente precedente all'evento, più precisamente dal giorno 19 al 20 dicembre, si era verificato un altro passaggio perturbato in grado di apportare 40 cm complessivi di neve fresca a 2000 m s.l.m..

Nella stazione di acquisizione dati nivometeorologici manuali di Foppolo (1820 m s.l.m.) il giorno 25/12 si sono registrati 28 cm di neve fresca (68 cm di altezza totale di neve al suolo) mentre il giorno 26/12 si sono registrati 89 cm di neve fresca (150 cm di altezza totale di neve al suolo) con densità intorno a 120 kg/mc. Questi valori danno l'idea delle condizioni presenti al momento del distacco, avvenuto il 26/12, proprio nella fase di esaurimento delle precipitazioni.

Altro aspetto molto importante è l'intensa attività eolica legata alle precipitazioni, determinante nella formazione dell'accumulo nevoso in grado di inescare il fenomeno valanghivo.

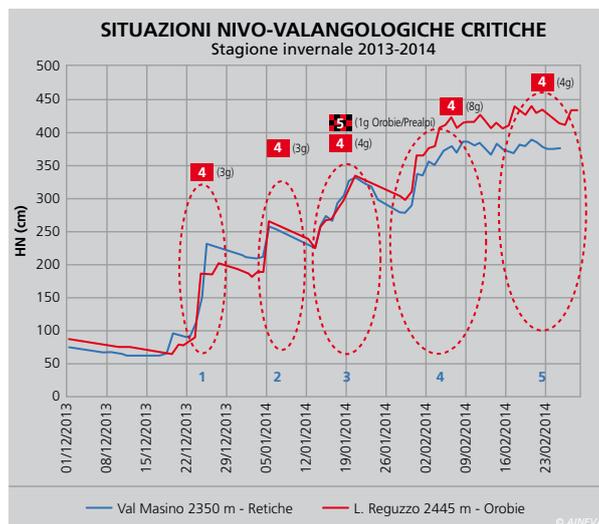
L'evento si può definire di natura "eccezionale" i cui tempi di ritorno superano i 30 anni. L'analisi del fenomeno e la memoria storica devono essere conservate e prese in considerazione ogni qualvolta si vorrà intervenire con la costruzione o il ripristino di strutture artificiali potenzialmente soggette a futuri eventi.

IL MONITORAGGIO DEL COMPRESORIO SCIISTICO DELLA VALGEROLA (SO)

(contributo di Giovanni Songini)

Quella appena trascorsa è stata una stagione invernale senza precedenti per il comprensorio sciistico di Pescegallo in Valgerola; nella memoria degli storici "pisteur" di Pescegallo persino più impegnativa dell'inverno 1985/'86, quando si registrarono le massime espansioni delle valanghe nell'area.

L'eccezionalità delle condizioni di innnevamento e di esposizione al pericolo valanghe sull'area in esame ha comportato un'attività di monitoraggio di gran lunga più impegnativa rispetto alle stagioni precedenti. Il manto nevoso si è caratte-



zzato, oltre che per uno spessore medio quasi costantemente maggiore di 4 m al di sopra dei 2000 m s.l.m., per gli ingenti fenomeni di trasporto eolico, per la presenza di uno strato basale fortemente inumidito e per la sostanziale assenza di strati deboli.

Il comprensorio sciistico di Pescegallo (tra i più nevosi della Lombardia) si caratterizza per un valore medio delle precipitazioni nevose particolarmente elevato; stanti le caratteristiche morfologiche dell'area, ne deriva una marcata predisposizione ai fenomeni valanghivi. Per la protezione di piste e impianti, oltre a fabbricati, ad un elettrodoto AT ed alla strada comunale da Gerola, nel corso degli ultimi decenni sono state realizzate numerose opere paravalanghe, perlopiù consistenti in ponti da neve di diversa tipologia (Fig.52). Specificamente a protezione delle infrastrutture sciistiche sono stati

Sopra, dall'alto verso il basso: Fig. 50 - Situazioni nivo-valangologiche critiche: sono indicati i gradi di pericolo valanghe in concomitanza con alcuni eventi nevosi.

Fig. 51 - Zona di distacco della valanga del Monte Toro.

realizzati recentemente cunei spartivalanga in corrispondenza dei sostegni di linea della seggiovia, un rilevato di deviazione a monte della stazione di partenza dello stesso impianto ed un impianto di distacco programmato delle valanghe Gaz-Flex. Per dare una misura di quanto impegnativa sia stata la stagione invernale uscente, 16 sono stati i giorni di chiusura del comprensorio per pericolo valanghe, 21 sono i tiri effettuati con impianto Gaz-Flex e 6 le campagne di distacco con sistema elitrasmportato DaisyBell. Data la sostanziale saturazione delle opere paravalanghe, sia attive sia passive (escluso il rilevato deviatore accessibile per lo svaso), a partire da metà gennaio gli interventi di distacco con sistema DaisyBell sono stati effettuati anche a scopo preventivo, approfittando delle sporadiche occasioni di bel tempo importanti.

Il sovraccarico dovuto all'eccezionale spessore di neve al suolo ha provocato danni significativi alle opere fermaneve, in alcuni casi completamente divelte. Nell'arco dell'inverno gli eventi nivometeorologici più significativi in Valgerola sono stati i seguenti: 26/12, 20/01, 31/01,

04/02, 06/02, 20/02, 05/05 (Fig. 53).

MONITORAGGIO VALANGHE IN CONTINUO NELLE PROVINCIE DI BERGAMO E BRESCIA

(contributo di Federico Rota)

La stagione invernale 2013 – 14 si è rivelata molto intensa dal punto di vista delle precipitazioni nevose e delle situazioni di criticità da monitorare. I passaggi perturbati sono stati molto intensi, caratterizzati da temperature decisamente miti che hanno spesso portato la quota neve attorno ai 1400 – 1500 m s.l.m. Il professionista e responsabile del monitoraggio valanghe e definizioni delle situazioni di criticità sul territorio della provincia di Bergamo e Brescia è stato impegnato in modo costante dall'avvento delle prime precipitazioni di rilievo (Natale 2013) fino al termine della stagione, con l'arrivo del mese di maggio.

I periodi prolungati di brutto tempo con precipitazioni sono stati anomali per durata ed intensità e si possono sinteticamente riassumere così:

- evento Natale 2013;

- evento Epifania 2014;

- evento 17-21 gennaio 2014;

- evento 30 gennaio – 6 febbraio 2014;

- evento 11 - 23 febbraio 2014.

Nel corso di tali situazioni di emergenza sono state attivate delle chiusure temporanee di sedi stradali sia in provincia di Bergamo che in provincia di Brescia e attività di monitoraggio che hanno impegnato notevolmente il personale adibito (Protezione Civile – Polizia Provinciale ecc.) sempre coordinato da un responsabile dello scenario, in possesso dei requisiti di idoneità e dei titoli AINEVA (Fig. 54). È stato infatti compito del coordinatore/responsabile dello scenario, applicare i contenuti del piano di sicurezza valanghe e dei protocolli appositamente redatti, posizionando il personale in punti strategici ed in continuo contatto radio. Questo ha permesso di poter monitorare la situazione ed intervenire in modo rapido in caso di necessità.

Il coordinatore/responsabile dello scenario ha assunto l'incarico decisionale mentre il personale di controllo permetteva di agire in caso di necessità attivando i blocchi e dando supporto logistico.

In provincia di Bergamo sono state effettuate complessivamente 25 giornate di monitoraggio controllato, distribuite su tre sedi stradali quali la SP 02 della Val Brembana, la SP 49 dell'alta Val Seriana e la SP 294 – SP 61 della Valle di Scalve (Fig. 55).

Nel contesto della provincia di Brescia l'attività di monitoraggio controllato ha interessato due week end la SP 669 nel tratto Valle Dorizzo – Gaver (22-23 febbraio e 8-9 marzo) mentre dieci sono state le giornate di passaggi controllati in fasce orarie nel tratto Bagolino – Valle Dorizzo, sempre sulla SP 669. Ancora in provincia di Brescia, a seguito della caduta della valanga di Valle Spluga, che interessa potenzialmente la SP 92 in prossimità dell'abitato di Sommaprada, sulla stessa strada provinciale sono state effettuate quattro giornate di monitoraggio dal 17 al 20 gennaio 2014.

Nel prosieguo della stagione, e più precisamente dalla seconda metà del mese

Fig. 52 - 20/01/2014: ponti da neve ed elementi monoancoraggio Dk 4 m. I sistemi di protezione attiva hanno avuto un'efficacia limitata per gran parte della stagione invernale. Sono invece stati determinanti nel periodo primaverile, quando distacchi di fondo hanno mobilitato ingenti volumi di neve nelle zone di distacco scoperte.



di marzo, le situazioni di pericolo ed i fenomeni valanghivi di rilievo sono stati più localizzati e talvolta imprevedibili con improvvisi distacchi di fondo non legati necessariamente a cause ben definite come innalzamento termico e/o nuove precipitazioni ma riconducibili a situazioni di stress continuo determinato da movimenti lenti. I sistemi di monitoraggio utilizzati hanno permesso di gestire con minor disagio per la popolazione le situazioni di emergenza valanghe.

È abbastanza chiaro comunque che le valutazioni e responsabilità assunte dall'esperto valanghe sono state spesso messe a dura prova. In linea generale si è ragionato su tre livelli di criticità locale che si scindono e non trovano una corrispondenza definita con la scala europea del pericolo valanghe:

- livello di CRITICITA' BASSO
- livello di CRITICITA' MODERATO
- livello di CRITICITA' ELEVATO

A questi tre livelli di criticità sono stati associati rispettivamente le seguenti misure da adottare:

- apertura generale al transito
- limitazione controllata del transito
- chiusura della SP

Pertanto si può definire che con le condizioni di CRITICITA' MODERATA sia stato possibile, con un margine di sicurezza accettabile, eseguire le operazioni di monitoraggio controllato descritte in precedenza. Per ottimizzare i risultati è stata messa in atto una buona organizzazione generale definita da procedure chiare e comunicazioni facili e veloci.

A priori, quindi, è stato necessario da parte dell'esperto valanghe riuscire a definire localmente che situazione di pericolo si era instaurata.

Nelle operazioni di monitoraggio eseguite sono state pertanto definite le seguenti figure con i relativi compiti:

• **Responsabile dello scenario e coordinatore del monitoraggio:** direzione e coordinamento generale dei servizi e attuazione del monitoraggio delle condizioni ai fini della sicurezza degli operatori coinvolti e del transito,



Fig. 53 - 04/02/2014: le temperature elevate che hanno accompagnato il passaggio della perturbazione hanno conferito un elevato grado di umidità della neve fresca fino a quota 2000 m circa. Una valanga redente di neve bagnata, sviluppatasi in un sito valanghivo noto, ha attraversato la strada comunale in prossimità del piazzale di partenza degli impianti (chiusi). L'entità e le caratteristiche della perturbazione esauritasi in mattinata hanno provocato l'interruzione della linea elettrica MT e della rete telefonica cellulare.

indicando al Sorvegliante ai referenti del CNSAS ed al personale ai presidi le misure da attuare descritte sopra.

• **Personale a supporto e compiti: Sorvegliante del Settore Viabilità:** supporto ai punti di presidio e attuazione dei provvedimenti di limitazione del traffico sulla base delle indicazioni del responsabile di scenario, raccordo con enti e istituzioni preposte, anche attraverso il funzionario reperibile del settore viabilità al fine di una tempestiva comunicazione di eventuali provvedimenti/eventi alle autorità preposte (Sindaco, enti di soccorso, ecc.).

Referenti del CNSAS: supporto al responsabile di scenario e coordinamento operativo dei volontari, concorrono alla attuazione delle misure e segnalano tempestivamente eventuali eventi riscontrati. Attuazione degli interventi di specifica competenza.

Volontari protezione civile: presidio ai punti individuati, attuazione della eventuale chiusura e dei provvedimenti indicati dal responsabile di scenario, segnalazione tempestiva di eventi riscontrati.

Punti di presidio

Sulla base della valutazione dei fenomeni in atto sono stati individuati punti di presidio numerati ed evidenziati in apposita cartografia. Tale cartografia, che costituisce la base operativa di supporto, è stata recepita da ciascun partecipante all'attività di monitoraggio.



Oltre alle attività di monitoraggio delle sedi stradali nei giorni di criticità descritte in precedenza, nel complesso sono stati effettuati: 11 sopralluoghi con rilievo in provincia di Brescia e 19 in provincia di Bergamo, complessivi 16 voli ricognitivi generali su tutto o parte del territorio delle provincie, 8 distacchi artificiali (17 siti valanghivi complessivi) in provincia di Brescia e 3 (8 siti valanghivi complessivi) in provincia di Bergamo.

Sopra, dall'alto verso il basso: Fig. 54 - Il personale di controllo, dislocato in punti strategici, in continuo contatto radio con il coordinatore/responsabile e pronto ad agire in caso di necessità attivando i blocchi e dando supporto logistico.

Fig. 55 - Valanga che ha raggiunto la località di Ludrigno - Ardesio il 9 febbraio 2014.

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA

Rispetto al passato inverno 2012-2013, si conferma la prevalenza stagionale del grado di pericolo 2-moderato (includendo anche il 2 in rialzo a 3), ad eccezione dei settori di confine con Francia e Svizzera dove prevale il grado 3-marcato (che include anche il 3 in rialzo a 4). A cambiare è la distribuzione mensile: mentre lo scorso inverno i periodi critici e maggiormente nevosi si collocano prevalentemente a inizio e fine stagione (nel mese di dicembre e dalla seconda metà di marzo fino alla fine di aprile) quest'anno

le maggiori criticità si riscontrano in tutti i settori tra la fine di dicembre e la prima metà di marzo. Questo determina la ricomparsa a inizio e fine stagione dei gradi di pericolo 1-debole e 1 in rialzo a 2-moderato, che l'anno scorso erano stati assegnati con una bassissima frequenza date le condizioni estremamente nevose e critiche dei periodi autunnale e primaverile. Anche la distribuzione areale dei periodi critici cambia rispetto alla scorsa stagione: mentre nel 2012-2013 il settore protagonista è quello dell'Alta Valle e delle zone di confine con Francia e Svizzera, quest'anno, grazie alla predominanza di correnti atlantiche miti e umide, il settore maggiormente interessato

da nevicate abbondanti e conseguenti criticità è quello delle valli più orientali ovvero quelle di Gressoney, Ayas e Champorcher. In totale vengono emessi 79 Bollettini neve e valanghe (6 in più rispetto all'anno scorso), dei quali 9 Straordinari, per un totale di 165 giornate in cui viene valutato il grado di pericolo valanghe (Fig. 56).

Il grado di pericolo 3-marcato è attribuito con una frequenza compresa tra il 36% ed il 48%, a seconda dei quattro settori in cui è suddivisa la Valle, e domina nei mesi di gennaio e febbraio. Per quanto riguarda il grado di pericolo 2-moderato, prevalente a dicembre e maggio, il range è di 27-36% mentre è di 11-13% per le giornate con grado di pericolo 2-moderato in rialzo a 3-marcato nell'arco diurno, assegnato principalmente nel periodo primaverile.

I gradi 1-debole e 1 in rialzo a 2-moderato, distribuiti tra il mese di dicembre e quello di aprile rispettivamente, ricoprono insieme il 10-11%. Il grado di pericolo 5-molto forte non viene mai assegnato nel corso dell'intera stagione, mentre il grado di pericolo 4-forte viene confermato in ben 5 giornate nelle valli di Gressoney e Ayas e di Champorcher (26-27 dicembre, quando viene previsto anche un grado pari a 4-forte in rialzo a 5-molto forte; 1-2-4 marzo), 3 giornate nell'Alta Valle e nei settori di confine con Francia e Svizzera (16-17 febbraio, 6 marzo), 2 giorni nelle valli del Gran Paradiso (14 febbraio e 2 marzo), 1 giorno nei settori che si affacciano sulla vallata centrale della Valle d'Aosta (14 febbraio).

Fig. 56 - Distribuzione dei gradi di pericolo valanghe nei quattro settori del Bollettino da fine novembre a maggio: distribuzione stagionale (grafici a torta) e mensile (grafici a barre). Nota bene: l'etichetta delle barre indica, per ogni mese, il numero di giorni in cui è assegnato ciascun grado di pericolo; i giorni in cui il grado di pericolo è in rialzo nelle ore centrali della giornata sono inclusi nel conteggio delle frequenze mensili con il grado di pericolo più basso (es. 1 ↑ 2 considerato come 1-debole), mentre, se in un settore sono attribuiti diversi gradi di pericolo alle sotto-zone (in tutto ventuno), viene considerato il grado più alto.

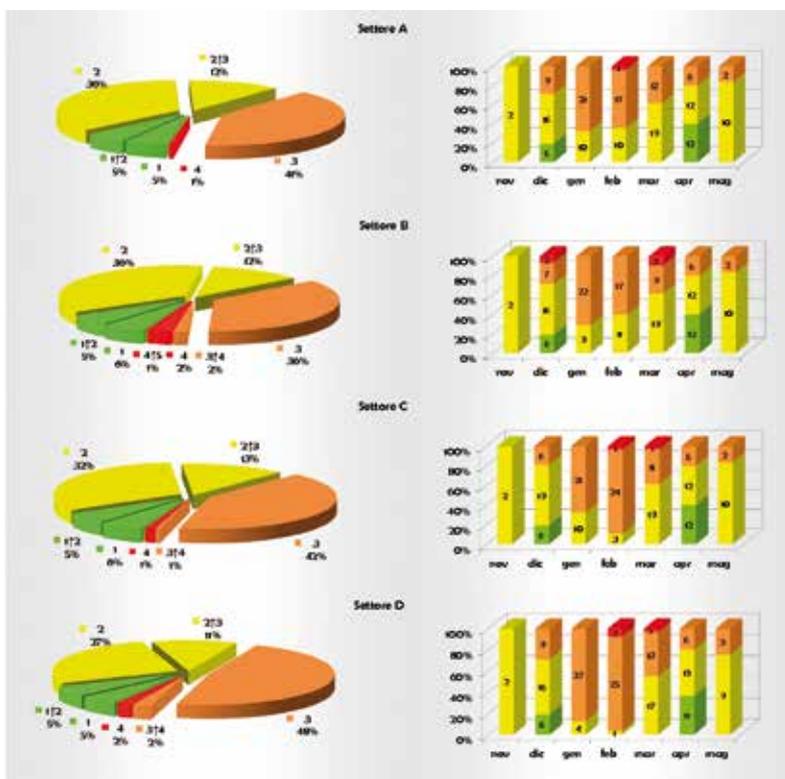
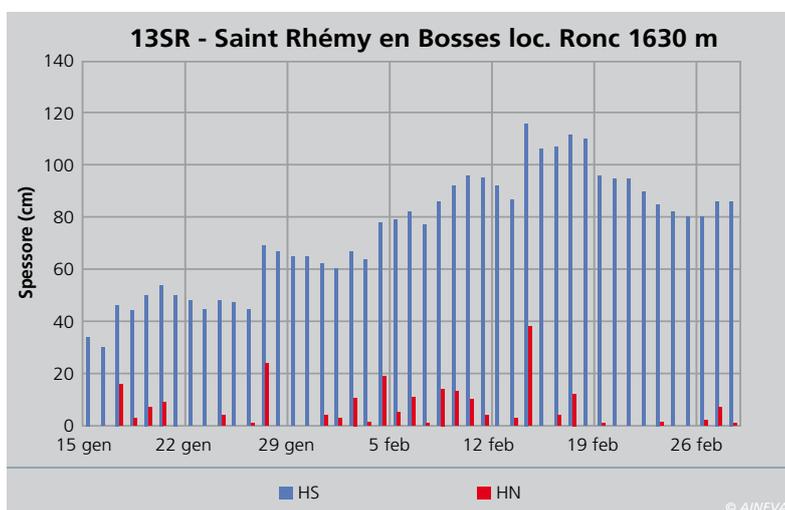


Fig. 57 - I dati nivometrici dal 15 gennaio al 28 febbraio del campo neve fisso Mod1-AINEVA sito nella Valle del Gran San Bernardo.



EVENTI NIVOMETEOROLOGICI SIGNIFICATIVI

Di tutta la stagione invernale si è deciso di approfondire i periodi nivometeologici che hanno maggiormente interessato gli ambiti di fondovalle, con eventi valanghivi spontanei di grandi dimensioni.

Febbraio

La parte finale del mese di gennaio e i primi 15 giorni di febbraio sono contraddistinti dal passaggio di diverse perturbazioni associate a venti di provenienza molto variabile e temperature ben al di sotto degli 0 °C.

Singolarmente queste neviccate non apportano a 2000 m uno spessore di neve rilevante, tanto che in 24 ore si vengono a cumulare al massimo 60 cm di neve fresca (Fig. 57). E' il sovrapporsi di questi nuovi strati di neve, anche grazie all'azione del vento, che portano ad un deciso incremento della coltre nevosa e ne causano una diffusa instabilità. La neviccata più intensa è quella di giovedì 13 febbraio, conclusasi il giorno seguente, associata a venti forti dai quadranti occidentali che generano accumuli diffusi. Il grado di pericolo valanghe, da bollettino regionale, si alza a 4-forte e si hanno così i 7-8 giorni con maggior attività valanghiva di tutta la stagione.

Sono numerosi infatti, anche in questi giorni, i distacchi provocati da sci-alpinisti ed *heliskier*, talvolta anche a distanza.

Particolare la segnalazione di uno sci-alpinista che, il 10 febbraio, da una dorsale innesca a distanza tre lastroni posti a diverse decine di metri da lui, che vanno ad interessare un ripido pendio e i pianori sottostanti. Il 13 una valanga cade sulla strada statale 26 nel comune di La Thuile; e sei famiglie di Courmayeur vengono evacuate a causa del crescente pericolo valanghe. Per lo stesso motivo vengono chiuse preventivamente la strada regionale della Valgrisenche, della Val di Rhêmes e la strada statale del Gran San Bernardo. Valanghe spontanee di grandi dimensioni, sia di fondo che di superficie, raggiungono i fondovalle e in alcuni casi le vie di comunicazione. I quantitativi massimi di neve fresca cadono nella zona del Monte Bianco e del Gran San Bernardo, accompagnati da venti da forti a molto forti dai quadranti nord-occidentali. Proprio da questa zona giungono le prime segnalazioni di criticità dalla Commissione locale valanghe di Saint-Rhémy-en-Bosses (1518 m), l'ultimo Comune della Valle del Gran San Bernardo, situato ai piedi dell'omonimo Colle (2469 m) posto sul confine italo-svizzero. La mattina di giovedì 14 febbraio, alle 7 e 30 circa, un forte fragore irrompe dai ripidi pendii settentrionali che si estendono da *Pointe Valletta* (2733 m) e *Crête Corleans* (2808 m) sulla destra idrografica del *Torrent de Bosses*. Appena il cielo si apre i membri della Commissione locale valanghe constatano

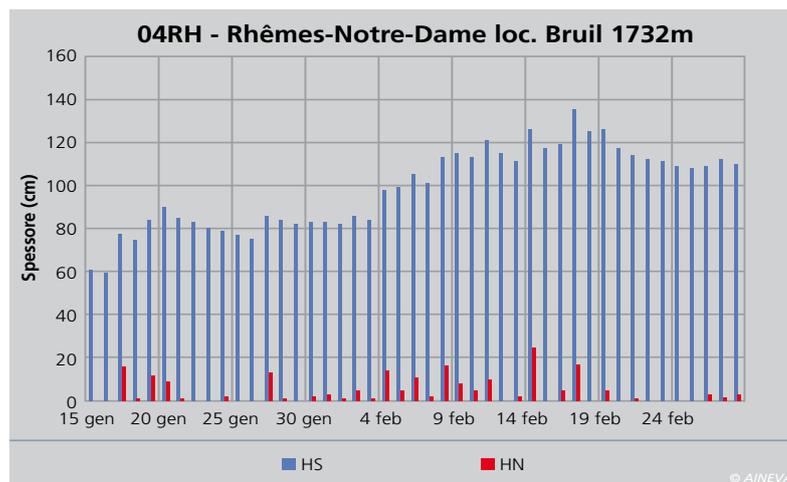


Fig. 58 - L'accumulo della valanga a metà maggio. La neve si è quasi fusa del tutto, rimane evidente la striscia di deposito composta da tronchi, ceppaie e terra. In secondo piano al centro il canale che ha subito il passaggio della valanga. In basso a sinistra si notano due mezzi pesanti intenti a raccogliere le piante finite nell'alveo del torrente.

come effettivamente sia scesa la valanga denominata *Pointe Valletta nord*. La serie di lastroni superficiali si colloca a circa 2600 m di quota, l'altezza al distacco si stima prossima al metro e lo sviluppo totale del coronamento supera di poco i 1200 metri. Numeri che fanno subito comprendere la portata dell'evento valanghivo. Durante la discesa una parte della componente radente della valanga si ferma a 2150 m, mentre la frazione più leggera prosegue verso valle e percorre 250 m di dislivello all'interno di due canali dove riprende velocità e forza: sono infatti centinaia gli alberi sradicati. Raggiunto il fondovalle, la valanga sfiora due caseggiati, supera il letto del torrente di fondovalle a circa 1671 m di quota e risale sul versante opposto per circa 40 metri di dislivello, dove sradica parte di un rimboschimento di larice (Fig. 58).

Negli ultimi metri della sua corsa riesce anche a ricoprire il ponte di una strada podereale. La dimensione dell'accumulo è di tutto riguardo: circa 160 metri di lunghezza, 250 di larghezza, in alcuni punti raggiunge i 6 metri di altezza e contiene al suo interno un

ingente quantitativo di legname costituito prevalentemente da larici e, a seguire, da abeti, pini cembri e ontani.

I limiti della perimetrazione storica catastale sono ampiamente superati. L'evento non va a interessare la viabilità utilizzata nel periodo invernale, edifici o comprensori sciistici ma allarma decisamente gli abitanti di Saint-Rhémy-en-Bosses. Fortunatamente si registrano solo altre due valanghe aventi magnitudo paragonabile che interessano i pendii posti a monte di un alpeggio che dista circa un chilometro in linea d'aria dalla zona di accumulo.

Il 17 febbraio, giorno in cui rientrano a casa sette famiglie residenti nel comune di Courmayeur, evacuate da alcuni giorni a causa del pericolo valanghe, un evento valanghivo interessa la strada regionale della Valsavarenche. Poco dopo le 13 sempre in Valsavarenche un'altra valanga travolge una cascatista in località *Degioz*, con esito purtroppo fatale. Sempre il 17 febbraio si registrano altri due incidenti a quote ed esposizioni diverse. Uno di questi da parte di un gruppo di *freerider* che provoca il di-

Fig. 59 - I dati nivometrici dal 15 gennaio al 28 febbraio del campo neve fisso 04RH nella Valle di Rhêmes.

stacco di un lastrone di spessore superiore ai due metri, senza esserne travolto. Facendo un passo indietro, dopo la giornata di venerdì 14 febbraio, interessata dalla caduta di numerose valanghe, la stabilità del manto nevoso rimane ancora critica su buona parte del territorio regionale. A complicare la situazione si alzano venti forti dai quadranti occidentali, ai quali si aggiunge un'ulteriore nevicata di domenica 16 febbraio (Fig. 59). La possibilità che si verificano valanghe a lastroni anche di grosse dimensioni durante i giorni 15, 16 e 17 risulta ancora rilevante. I pendii sono molto carichi e in grado di produrre valanghe capaci di raggiungere age-

volmente i fondovalle; inoltre l'orientamento in senso nord-sud della Val di Rhêmes e della Valsavarenche rende i versanti orientali della valle particolarmente soggetti all'accumulo di neve trasportata dai venti occidentali. Si tratta di vallate che, in condizioni nivometeorologiche come quella appena descritta, possiedono numerosi bacini valanghivi capaci di dare origine a eventi che spesso raggiungono ambiti urbanizzati. A peggiorare ulteriormente la situazione un sensibile rialzo termico diurno, dal 14 al 17 febbraio, umidifica gli strati superficiali del manto nevoso fino alla quota media di 2500 m. Ed è proprio in Val di Rhêmes, nella notte tra il 16 e il 17 febbraio (all'una di notte), che avviene il distacco di una valanga di dimensioni eccezionali. Si tratta della valanga di Courthoud, nel comune di Rhêmes-Saint-Georges, conosciuta e temuta dagli abitanti delle frazioni limitrofe durante tutto il periodo invernale. Le poche volte in cui ha raggiunto il fondovalle in passato ha arrecato danni ingenti alle case e provocato diverse vittime a partire dal 1800, anno in cui si ha la prima segnalazione della valanga. Il bacino della valanga, denominata *Torrent de Courthoud*, è caratterizzato da una morfologia molto allungata, pendii decisamente acclivi e numerosi balzi di roccia posti nella porzione terminale del bacino, nelle vicinanze di una cresta, posta circa a 3100 m di quota. Da un canale posto vicino alla cresta e dai ripidi pendii alternati a balze rocciose posti alla sua destra avviene il distacco dei primi lastroni superficiali di circa due metri di spessore. A loro volta questi innescano numerosi altri distacchi, creando una sorta di *effetto domino* alle

medesime esposizioni in prossimità di cambi di pendenza, per una estensione di circa 1300 m (Fig. 60).

La porzione nubiforme riesce a investire numerose case dell'abitato di *Proussaz* (1436 m) arrecando deboli danni ai comignoli e alle antenne poste sui tetti. I segni del passaggio della valanga rimangono molto evidenti sulle facciate delle case per diversi giorni: alcune di esse, quelle con i muri posti in direzione del flusso principale della valanga, presentano uno spesso e irregolare strato di nevischio depositatosi come *intonaco*. Diverse piante d'alto fusto vengono sradicate, la strada comunale che risale verso il paese, il ponte, il letto del torrente per circa 550 metri e la strada regionale per 300 metri vengono ostruiti dall'evento. L'accumulo che interessa un'area molto estesa misura circa 500 metri di lunghezza e 600 di larghezza, e in alcuni punti supera anche i 7 metri di altezza; la frazione più densa si arresta a meno di 20 metri dalle case di *Proussaz* sui prati posti a sud del paese (Fig. 61), dopo aver percorso 1700 m di dislivello. Relativamente all'evento valanghivo, il Corpo forestale della Valle d'Aosta fa notare all'interno della Scheda segnalazione valanghe che "...si è trattato di una valanga di notevole entità, addirittura maggiore rispetto a quella verificatasi nel 1951, che da testimonianze storiche e da dati conservati presso lo scrivente comando risultava essere l'evento storicamente più rilevante. Infatti, alcune persone anziane del posto hanno riferito di non ricordare che il deposito (denso) della valanga si fosse mai avvicinato così alle abitazioni".

In Val di Rhêmes sono numerose le valanghe che scendono tra il 16 e il 17 febbraio, delle quali ne vengono censite almeno 20, tutte di dimensioni considerevoli.

Si distaccano principalmente dal versante idrografico sinistro della valle, quello posto sottovento rispetto alle correnti che spirano ormai dal giorno 15.

Marzo

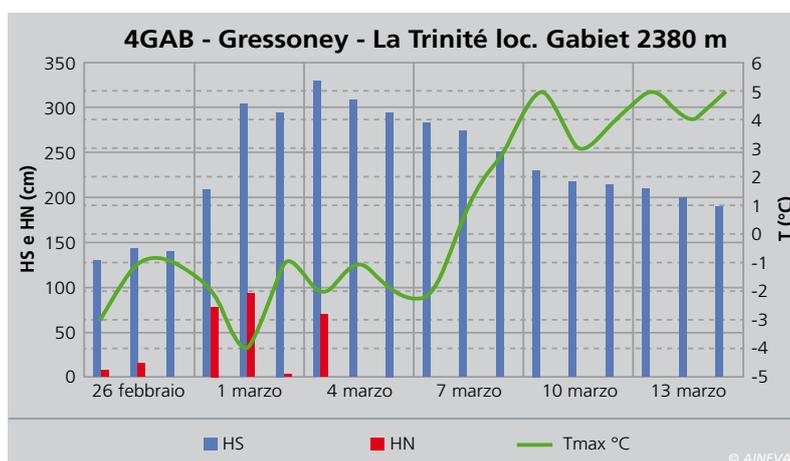
Il mese di marzo si apre con nuovi impulsi perturbati di origine nord-atlantica che risultano più intensi nella Bassa Valle, in particolare nella Valle di Gressoney (Fig. 62).

Fig. 60 - La serie di distacchi visti dall'elicottero. Da questo scatto, eseguito la mattina successiva all'evento, si può notare come il vento abbia localmente spirato da ovest sovraccaricando i pendii sud-orientali del bacino valanghivo.



Fig. 61 - L'accumulo della valanga detta Courthoud. Sono visibili al centro le due porzioni di accumulo, quella formata dalla frazione nubiforme e quella più evidente costituita da neve umida e ricca di detrito. L'abitato al centro è quello di Proussaz: la segnalazione della caduta viene effettuata dagli abitanti che, nel cuore della notte, vengono svegliati dal fragore della valanga.

Fig. 62 - I dati nivometrici e delle temperature massime dal 26 febbraio al 15 marzo del campo neve fisso Mod1-AINEVA 4GAB nella Valle di Gressoney.



Il primo marzo a 2000 m si registrano 50-80 cm (con punte di 100 cm) nella media Valle di Gressoney e in Val di Ayas. Le nevicate, associate a venti moderati, formano nuovi accumuli sopra i 2000 m alle diverse esposizioni, sovraccaricando ulteriormente i pendii. Per sabato 1 e domenica 2 marzo il Bollettino Regionale neve e valanghe esce con un grado di pericolo 4-forte nelle Valli di Gressoney, Ayas e Champorcher e nell'alta Valtournenche. Il 1° marzo viene chiusa la strada regionale della Valle di Gressoney, dove il 2 scendono tre valanghe. Nella notte tra il 3 e 4 marzo cadono altri 70 cm di neve fresca nella bassa valle di Gressoney. Al termine della fase perturbata si assiste dal 4 marzo, per la prima volta in maniera così decisa nel corso della stagione invernale, ad un graduale e costante rialzo termico, che prosegue nelle giornate successive. In particolare dall'8 al 16 marzo le temperature massime a 2300 m di quota superano abbondantemente i 5 °C (Fig. 63). Dal grafico delle temperature della stazione automatica posta nelle vicinanze di Gressoney-La-Trinité a 1993 m di quota, si evince un trend di temperature in decisa crescita a partire dai primi giorni di marzo, con temperature massime che superano i 20 °C il giorno 2, e si attestano attorno ai 15 °C fino alla metà del mese. I pendii meridionali e orientali fino ai 2500-2600 m di quota risentono sensibilmente dell'innalzamento delle temperature tanto che il manto si umidifica fino al terreno.

Numerose le segnalazioni di distacchi provocati a distanza, che nella maggior parte dei casi si risolvono positivamente.

Molte anche le fessurazioni a "bocca di balena", indizio di una instabilità crescente degli strati profondi del manto. Infatti dal giorno 10 iniziano a originarsi dei distacchi di lastroni che interessano tutto il manto nevoso alle esposizioni sud-orientali.

Nel caso della valanga *Val Nera di Sotto* nel comune di Gressoney-Saint-Jean, si verifica il distacco di un lastrone di limitate dimensioni (30 metri circa di ampiezza) da un pendio erboso a circa 2600 m; la valanga riesce durante il suo moto verso valle, a raccogliere altra neve, aumentando decisamente la massa in movimento, fino ad

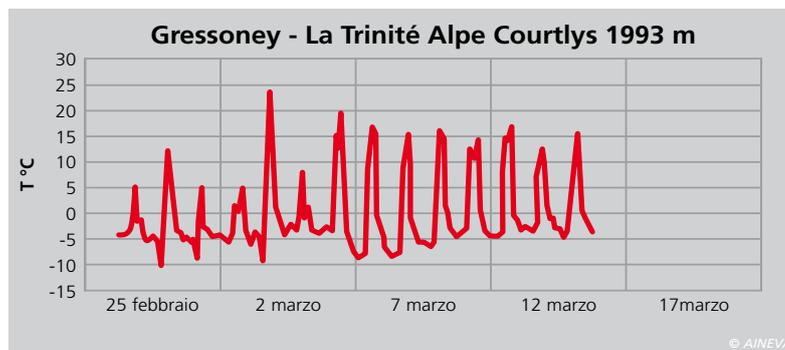


Fig. 63 - Andamento della temperatura dal 26 febbraio all'11 marzo nella stazione automatica dell'Alpe Courtlys a 1993 m, nel comune di Gressoney-La-Trinité.

aprirsi una volta raggiunto il conoide nei pressi del fondovalle a 1390 m di quota; termina la sua corsa, nei pressi della pista di sci nordico, a una manciata di metri dalla strada regionale, trascinando con sé per circa 150 metri il ponte che serviva il sentiero detto *passaggiata della Regina* (Fig. 64). Lo stesso giorno raggiungono il fondovalle anche le valanghe rispettivamente denominate *Val Nera di Mezzo* e *Val Nera di Sopra*: l'accumulo di queste ricopre i prati posti a circa 250 metri in linea d'aria dal deposito della valanga appena descritta.

Il susseguirsi di numerosi distacchi con caratteristiche simili a quelli relativi alle valanghe di *Val Nera* sono un campanello d'allarme molto chiaro per la Commissione Locale Valanghe. Il livello di attenzione e monitoraggio dei siti più a rischio viene innalzato, ma la tipologia di instabilità che si verifica in questi giorni è molto difficile da valutare. Diversi infatti sono i fattori che vi concorrono: l'inclinazione del pendio, l'esposizione, la quota, la rugosità superficiale, la progressiva umidificazione del manto e il suo spessore variabile. Anche l'orario di caduta delle valanghe risulta molto variabile; si registrano degli eventi valanghivi anche durante la notte. Proprio la notte dell'11 marzo si ha il distacco di due lastroni dai ripidi pendii posti a monte del bosco di *Drésal*, località ricadente anch'essa nel comune di Gressoney-Saint-Jean a poco meno di 700 metri in linea d'aria dalla zona di distacco delle valanghe di *Val Nera*. I due distacchi di fondo avvengono a circa 2300 m di quota e coinvolgono tutto il manto accumulatosi da inizio inverno, circa due metri. Non sono molto ampi, uno di circa 30 metri che si distacca su di un ripido pendio erboso e l'altro di 90 metri che si origina poco a monte di un salto di rocce.



La valanga, scendendo, aumenta il proprio volume inglobando altra neve, sradica alcune piante, raggiunge i prati di fondovalle, e si divide in due rami. La porzione più settentrionale invade la sede stradale per circa 70 metri e prosegue la sua corsa per altri 5 metri. Il mezzo pesante che interviene per liberare l'unica via di accesso verso Gressoney-La-Trinité si trova a dover sbancare spessori di accumulo di circa 2 metri (Fig. 65). Numerosi sono anche i tronchi di alberi di limitate dimensioni che si ritrovano sulla sede stradale.

La valanga in sé non ha dimensioni eccezionali ma, raggiungendo una via di comunicazione fondamentale per la Valle di Gressoney, risulta potenzialmente molto pericolosa per gli eventuali automezzi in transito.

Fig. 64 - Particolare del ponte di legno travolto e danneggiato pesantemente dalla massa nevosa arrestatasi a pochi metri dalla strada regionale di fondovalle.

Fig. 65 - Mezzo pesante intento a ripulire nelle prime ore del mattino l'accumulo nevoso arrestatosi sulla strada regionale (foto Commissione Locale Valanghe Gressoney).

REGIONE PIEMONTE

L'inverno 2013-2014 è stato caratterizzato da una circolazione prevalente mite ed umida di matrice atlantica che ha causato sul Piemonte frequenti fenomeni precipitativi e temperature superiori alla media stagionale. Si tratta della quarta stagione più piovosa degli ultimi 57 anni e si è posizionata al quarto posto nella distribuzione storica delle temperature invernali più elevate, con un'anomalia positiva di 1.7 °C nei confronti del periodo di riferimento 1971-2000.

Lo spessore del manto nevoso ha superato abbondantemente la media degli ultimi 10 anni, soprattutto nei mesi di febbraio e di marzo. Anche il valore di neve fresca cumulata ha fatto registrare, già nei mesi di febbraio e marzo, valori tipici di fine stagione. Sono di seguito riportati i dati delle stazioni automatiche, site a bassa quota, maggiormente interessate dalle precipitazioni nevose (Fig. 66).

EVENTI NIVOMETEOROLOGICI SIGNIFICATIVI

Natale 2013

Dal pomeriggio del 24 dicembre al mattino del 26 dicembre la regione è stata interessata da un'intensa perturbazione di origine nordatlantica con abbondanti precipitazioni.

Complessivamente gli apporti nevosi a 2000m di quota hanno raggiunto i 120-150 cm su A. Lepontine e A. Pennine, 20-45 cm su A. Graie, 30-50 cm su A. Cozie Nord, con valori superiori nella zona di Bardonecchia, 30-60 cm su A. Cozie Sud, con picchi locali fino a 70-95 cm nelle zone di Acceglio e Castelmagno, 50-100 cm su A. Marittime e A. Liguri (Fig. 67). La quota neve si è attestata sui 900-1000 m nei settori settentrionali della regione, sui 1000-1100 m in quelli occidentali e variabile tra i 1700-1800 m, ma in successivo abbassamento, fino a 1000 m, nei settori meridionali. Le precipitazioni sono state associate a venti meridionali, in generale moderati o forti in quota, che a fine nevicate si sono orientati dai quadranti settentrionali. Il pericolo valanghe ha raggiunto il 5-molto forte su A. Lepontine nord e A. Pennine di confine mentre negli altri settori, ad eccezione delle A. Graie e Cozie nord, ha raggiunto il grado 4-forte (Fig. 68).

Le importanti nevicate associate all'azione eolica hanno determinato un notevole incremento dell'attività valanghiva spontanea con numerose valanghe di medie dimensioni. Nel nord Piemonte sono state inoltre registrate valanghe di grandi dimensioni che hanno interessato la rete viaria e isolato alcuni centri abitati come, ad esempio, la valanga della Chiaffera nel comune di Rima San Giuseppe in Val Sesia (Fig. 69).

Nei quattro giorni successivi alle nevicate del 24-26 dicembre si sono verificati quattro incidenti in prossimità di piste da sci: tre in alta Valle Susa e uno in Valle Po.

In data 26 dicembre, nel comune di Bardonecchia (TO), 4 sciatori fuori pista hanno provocato una valanga di dimensioni contenute (15 m di larghezza e 35 m di dislivello) che è però risultata fatale per uno di loro. Nello stesso giorno, vicino al luogo del precedente incidente, uno sciatore fuori pista è stato denunciato per aver provocato una valanga che si è poi arrestata su una pista da sci chiusa, per fortuna senza conseguenze. In entrambi i casi le valanghe provocate hanno interessato lo strato di neve recente che poggiava su strati basali fragili, costituiti da cristalli angolari e brina di fondo.

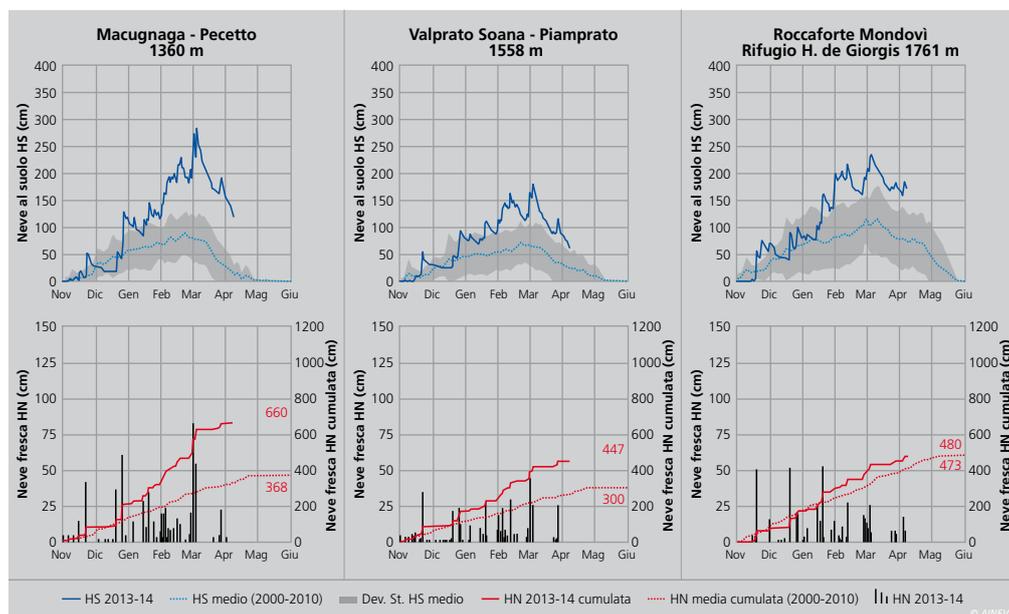
In data 27 dicembre, nel comune di Crissolo (CN), due sciatori fuoripista hanno provocato una valanga a lastroni, sono stati travolti ed hanno riportato alcune contusioni. In tal caso l'intensificazione dell'attività eolica a fine precipitazione, ha determinato il rimaneggiamento del manto nevoso con la formazione di lastroni soffici sui versanti sottovento, localmente suscettibili già con debole sovraccarico. Dopo alcuni giorni la Valle Susa è nuovamente scenario di un incidente: il 30 dicembre due sciatori fuoripista provocano una valanga nel comune di Claviere (TO) e uno di loro, un ragazzo di 15 anni, perde la vita.

La valanga a lastroni, di larghezza 60 m, ha coperto un dislivello di 140 m e ha interessato lo strato superficiale, costituito da neve fresca rimaneggiata dal vento che poggiava su strati profondi con cristalli sfaccettati.

Inizio febbraio

A partire dalla giornata dal 29 gennaio fino a metà febbraio, una profonda struttura depressionaria localizzata a nord delle isole britanniche ha alimentato l'arrivo di saccature di origini atlantiche con precipitazioni intense ed intermittenti su tutto il territorio piemontese. A fine della prima settimana di febbraio sono stati registrati quantitativi di neve che varia-

Fig. 66 - Da sinistra a destra i dati nivometrici a 1500 m di quota circa, rispettivamente del settore settentrionale (Macugnaga), centrale (Valprato Soana) e meridionale (Roccaforte Mondovì) della regione Piemonte.

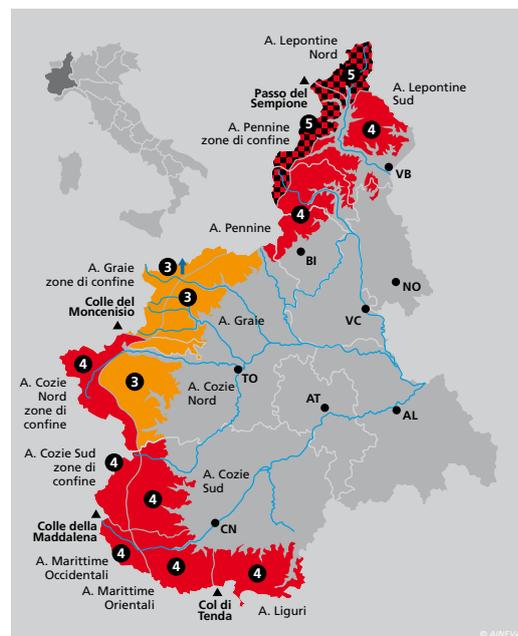
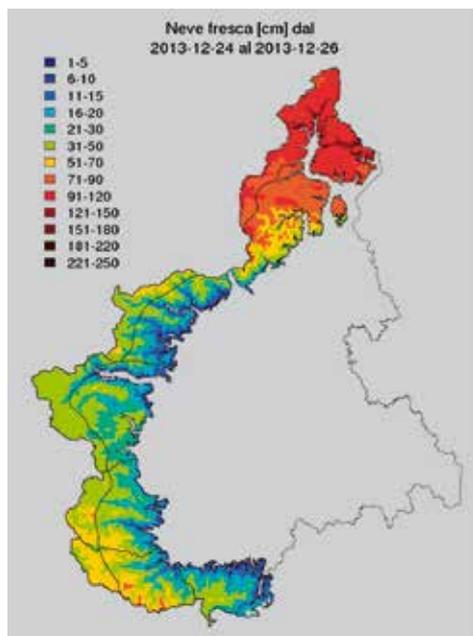


no dai 100-160 cm sui settori settentrionali ai 60-100 cm sui settori occidentali e meridionali (Fig. 70). Le nevicate sono state accompagnate da venti generalmente sud-orientali da deboli a moderati in quota in intensificazione nel fine settimana. Tali condizioni hanno determinato la formazione di diffusi ed importanti accumuli e di nuovi lastroni soffici su tutti i versanti, oltre il limite del bosco ed in corrispondenza di creste, canali e cambi di pendenza.

Le nevicate abbondanti e l'attività eolica hanno determinato un incremento del pericolo valanghe che, nella giornata del 6 febbraio, ha raggiunto il grado 5-molto forte su A. Lepontine e Pennine di confine e il 4-forte sulle A. Lepontine Sud, Pennine, Marittime e Liguri (Fig. 71).

Ad inizio del mese di febbraio sono segnalate, a tutte le esposizioni e quote, valanghe a debole coesione di superficie e a lastroni generalmente di piccole e medie dimensioni. Anche in questa occasione si sono verificate, nei settori alpini settentrionali, singole valanghe di grandi dimensioni che hanno raggiunto il fondovalle. Così, come già successo nel periodo natalizio, la viabilità della Val Sesia è stata nuovamente interrotta nella notte del 2 febbraio 2014 dalla valanga della Chiaffera nel comune di Rima San Giuseppe (Fig.72). In tal caso la valanga ha interessato la strada per circa 50 metri di lunghezza con un accumulo stimato di circa 12 metri di altezza.

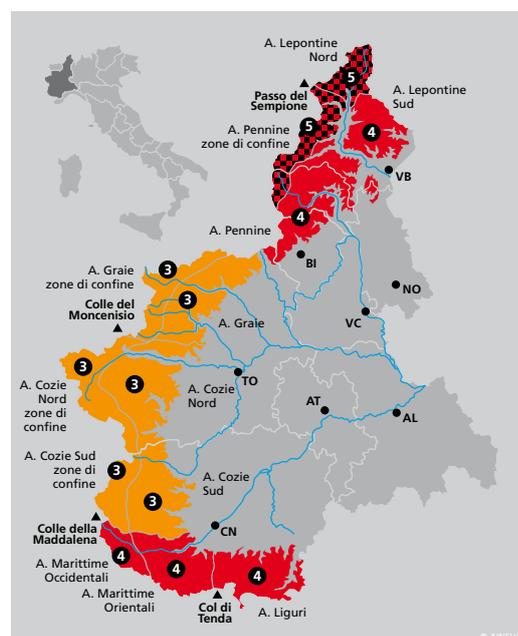
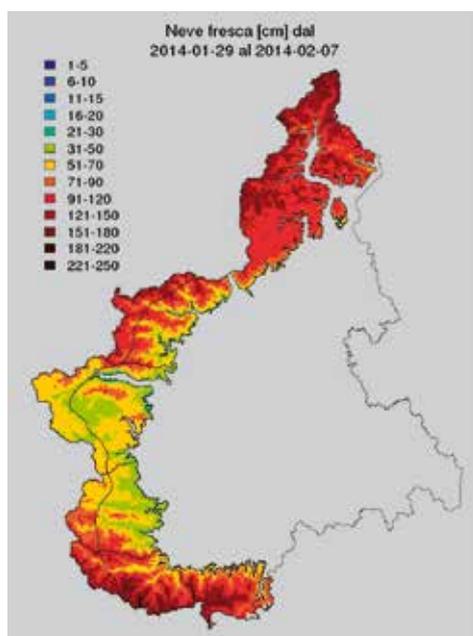
La strada provinciale era chiusa al traffico e la valanga, sebbene abbia isolato il paese, non ha provocato danni a persone o cose. Nello stesso periodo è stato chiuso, in via preventiva, il tratto della statale del comune di Formazza che collega Canza con Riale. La frazione di Riale è stata quindi isolata e i gestori delle strutture ricettive sono scesi a valle. Per pericolo valanghe è rimasta chiusa anche la provinciale che da Antrona porta a Cheggio. Grazie ad un sopralluogo con elicottero effettuato il 6 febbraio è stato possibile ottenere un quadro aggiornato sulle condizioni di instabilità del manto nevoso a diverse quote ed esposizione



Sopra, da sinistra a destra:
Fig. 67 - Kriging dei dati di neve fresca, cumulata dal 21 al 26 dicembre 2013, derivanti da 76 stazioni automatiche distribuite sul territorio piemontese.
Fig. 68 - Stralcio del bollettino valanghe del 26/12/14.

Fig. 69 - La valanga della Chiaffera, si può notare come tale evento abbia lambito alcune case.

Sotto, da sinistra a destra:
Fig. 70 - Kriging dei dati di neve fresca, cumulata dal 29 gennaio al 7 febbraio, derivanti da 76 stazioni automatiche distribuite sul territorio piemontese.
Fig. 71 - Stralcio del bollettino valanghe del 6 febbraio.



evidenziando i maggiori scenari di rischio. In particolare, è stata osservata una diffusa attività valanghiva spontanea anche di grandi dimensioni sia a quote elevate che a quote più modeste (Fig. 73).

Dal sopralluogo è stata inoltre osservata una riduzione della funzionalità di alcune opere di difesa attiva a causa degli abbondanti apporti nevosi e del trasporto eolico, come ad esempio le barriere fer-

manee site nel comune di Formazza a circa 2000 m di quota.

Le principali cause della notevole attività valanghiva spontanea sono evidenziate dalle prime stratigrafie del mese di febbraio. Le osservazioni in campo mostrano come il manto nevoso sia caratterizzato da un'elevata instabilità prevalentemente ascrivibile a lastroni da vento che poggiano su strati meno coesi o importanti accumuli di neve a debole coesione superficiale che poggiano su strati interni più duri.

Fig. 72 - Dettaglio della zona di accumulo della valanga di Chiaffera staccatasi il 2 febbraio. Sono evidenziati i punti in cui è stata interessata la sede stradale.



Inizio marzo

A partire dalla giornata del 28 febbraio fino al 4 marzo il Piemonte è stato nuovamente interessato da una serie di perturbazioni di origine nordatlantiche: gli apporti nevosi sono stati abbondanti e la quota neve si è portata sui 400-600 m nei settori meridionali della regione e 800-900 m altrove.

Le nevicate sono state più intense sui settori nord e sui settori sud, con valori di nuova neve pari a 120-160 cm sulle A. Pennine e A. Lepontine e 50-80 cm sulle A. Marittime con punte di 100 cm sulle A. Liguri. Dalle A. Graie alle A. Cozie Sud i nuovi apporti sono stati più contenuti e ammontano a 40-50 cm ad eccezione della Val Chiusella e bassa Valle Orco, dove sono stati registrati fino a 80-100 cm (Fig. 74).

Le nevicate, associate a venti a tratti moderati, hanno determinato, a partire dal 2 marzo, un aumento del pericolo valanghe che ha raggiunto nelle giornate del 4 e 5 marzo il grado 4-forte su tutto il Piemonte, ad esclusione delle A. Cozie e Marittime occidentali dove il pericolo si è mantenuto 3-marcato (Fig. 75).

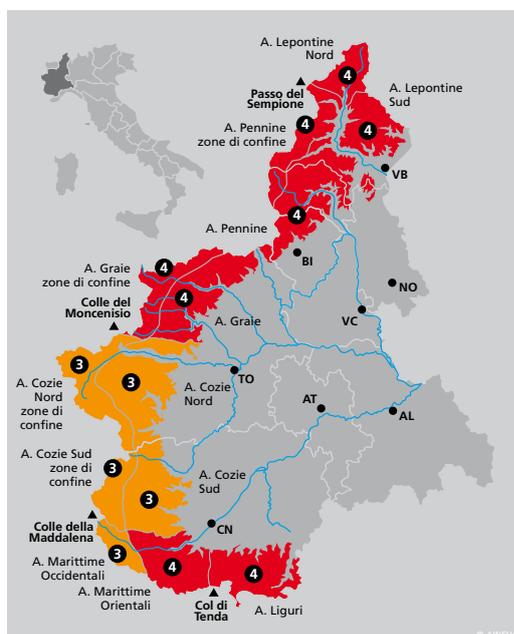
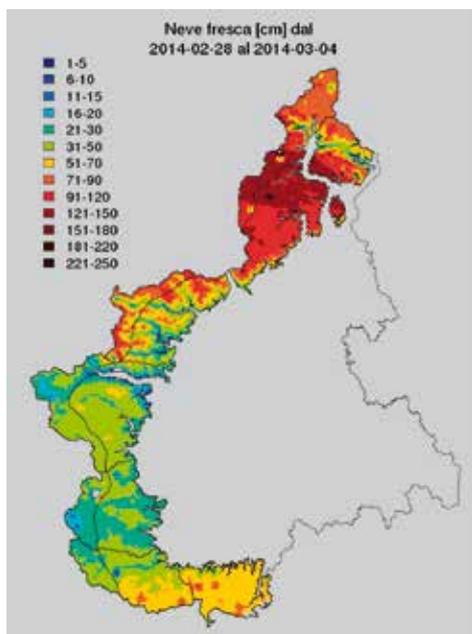
L'attività valanghiva spontanea sui settori ovest è stata caratterizzata da diffusi scaricamenti e in alcuni casi da valanghe di medie dimensioni. I settori settentrionali e meridionali della regione, invece, sono stati interessati da una notevole intensificazione dell'attività valanghiva spontanea con eventi di grandi dimensioni che, in alcuni, casi hanno raggiunto le vie di comunicazione del fondovalle.

Fig. 73 - Foto scattata dall'elicottero che mostra l'attività valanghiva in quota.



Sotto, da sinistra a destra: Fig. 74 - Kriging dei dati di neve fresca, cumulata dal 28 gennaio al 4 marzo, derivanti da 76 stazioni automatiche distribuite sul territorio piemontese.

Fig. 75 - Stralcio del bollettino valanghe del 4 e 5 marzo.



Per citare alcuni casi, il 1° marzo in Valle Anzasca si è staccata una valanga a quota 2400-2500 m che, dopo circa 1500 m di dislivello, ha interessato la strada provinciale in prossimità della frazione di Ceppo Morelli, occludendo parzialmente la parte superiore della galleria paravanghe.

Si è dunque provveduto allo sgombero della neve con pala meccanica e, in fase d'intervento, si è verificato un nuovo fenomeno valanghivo, a distanza di 45 minuti dal precedente, che ha nuovamente interessato l'entrata superiore della galleria. Il giorno 2 marzo i componenti della Commissione Valanghe hanno risalito il canalone riscontrando una profonda erosione nel manto nevoso provocata dallo scorrimento della valanga.

Tale conformazione della parte terminale della zona di scorrimento è stata valutata particolarmente insidiosa in caso di ulteriori eventi valanghivi in quanto capace di ridurre l'attrito basale ed incanalarli verso la strada provinciale (Fig. 76).

Ad inizio marzo, precisamente giovedì 6, un incidente mortale da valanga ha interessato la zona del monte Chaberton nel comune di Fenils (TO). In tale occasione uno scialpinista, quasi al termine della discesa del versante nord est, ha staccato una valanga a lastroni di medie dimensioni che lo ha travolto provocandogli traumi interni fatali. La moglie, che era con lui ma che non è stata coinvolta nella valanga, ha dato l'allarme ed ha iniziato le operazioni di autosoccorso.

Le analisi stratigrafiche condotte al termine del periodo perturbato di inizio marzo evidenziano come le nevicate, associate a venti deboli o moderati in quota, abbiano appesantito la precedente neve a debole coesione, che poggiava con scarsa aderenza sulle croste da fusione e rigelo presenti in esposizioni soleggiate e su localizzati lastroni da vento.

Di particolare interesse sono gli effetti di uno strato interno del manto nevoso costituito da deposizioni di sabbia di origine sahariana che ha accompagnato le precipitazioni del 19 febbraio lungo tutto l'arco alpino piemontese.

Sui versanti nord sono state osserva-



Fig. 76 - Dettaglio della parte terminale della zona di scorrimento della valanga di Ceppo Morelli. Si noti l'elevato effetto erosivo della componente densa.

te formazioni di brina sopra e sotto tali deposizioni mentre nelle esposizioni più soleggiate la neve sahariana è stata inclusa in croste da fusione e rigelo (Fig. 77). I test di stabilità hanno dimostrato come questi strati siano stati particolarmente fragili e costituiscano potenziali piani di scivolamento per valanghe a lastroni.

Metà marzo

Dal 5 al 20 marzo un'estesa area anticiclonica ha interessato la regione Piemonte determinando giornate stabili e soleggiate con temperature in progressivo aumento fino a valori ampiamente sopra la media del periodo. Dal 15/03 al 17/03 la quota dello zero termico è passata dai 2700 m dei giorni precedenti ai 3500 m.

Il deciso rialzo delle temperature ha determinato una marcata riduzione di spessore del manto nevoso ed un sensibile innalzamento della quota di innevamento, in particolare sui versanti più ripidi ed esposti al sole: la quota del manto nevoso continuo si è alzata di circa 500 m in 8 giorni. Lo Zero Termico elevato, associato a passaggi nuvolosi durante la notte del 15/03, ha determinato condizioni di scarso rigelo notturno, pertanto al di sotto dei 2600-2800 m il manto nevoso si presentava umidificato già dalle prime ore del mattino.

Le condizioni di anomalia termica hanno determinato l'aumento dell'attività valanghiva spontanea: in questo periodo sono state registrate molte valanghe di piccola o media dimensione e alcune valanghe di grandi dimensioni, di neve umida o ba-



Fig. 77 - Dettaglio dopo l'esecuzione dell'ECT.



Fig. 78 - Dettaglio della parte terminale della zona di scorrimento ed accumulo della valanga del Tambach.

gnata, di fondo e di superficie, fino oltre i 2500 m sui versanti soleggiate. A tal proposito si segnala l'attività valanghiva registrata il 18 marzo sulla strada statale per il Colle della Maddalena con conseguente chiusura della viabilità transfrontaliera e la valanga del Tambach, sopra Macugnaga, avvenuta il 17 marzo alle ore 17:35. Nell'ultimo caso, lo scorrimento denso ha interessato parzialmente i campi di tennis della struttura sportiva edificata con il coinvolgimento di una piccola palestra artificiale (Fig. 78).

REGIONE MARCHE

La stagione invernale 2013-2014, pur essendo stata a livello regionale dal punto di vista pluviometrico ricca di precipitazioni, è stata caratterizzata da poche nevicate. Il manto nevoso ha presentato una certa continuità solo oltre i 1600-1700 m di quota, caratterizzato principalmente da croste da fusione e rigelo e lastroni da vento.

I dati usati per il resoconto stagionale e per i grafici qui riportati provengono dalle stazioni nivometriche automatiche, che

fanno parte di una rete regionale molto più ampia. In relazione alla distribuzione spaziale degli eventi, si sono potute scegliere come riferimento solo le stazioni ubicate alle quote più alte.

Le variabili prese in considerazione sono state l'altezza del manto nevoso, la temperatura ed il vento.

I valori originali sono semi-orari, trasformati poi in giornalieri. Inoltre, pur essendo stati processati da una prima procedura automatica di validazione, i dati usati non sono ancora stati validati e pertanto sono da ritenersi, seppur significativi, non assoluti.

Il database che raccoglie tutti questi dati è aggiornato in tempo reale ed è reso pubblico. A completamento di alcune considerazioni si devono aggiungere le informazioni provenienti dalle stazioni manuali e dalle elaborazioni dei modelli matematici (in particolare per l'altezza dello zero termico). Questo è il primo rendiconto della stagione invernale a livello regionale e mancano pertanto le elaborazioni per confronti storici.

EVENTI NIVOMETEOROLOGICI SIGNIFICATIVI

La stagione invernale è cominciata a metà novembre, con precipitazioni a carattere nevoso solo sulle cime più alte dei Sibillini, e localmente fino ai 1700 m di quota. A fine novembre si è poi registrato l'evento più significativo della stagione, con nevicate diffuse ed abbondanti fino ai 200-300 m di quota ed apporti di neve fresca compresi, tra i 60 e 100 cm sui Sibillini e tra i 10 e 20 cm sull' Appennino pesarese. Le precipitazioni sono state accompagnate da forti venti dai quadranti nord-orientali che hanno ridistribuito la neve al suolo in maniera irregolare. In corso di evento una rapida risalita dello zero termico ha innalzato il limite delle nevicate oltre i 1600-1700 m con il progressivo inumidimento dell'intero manto.

La presenza di acqua sull'intero profilo e i processi di fusione e rigelo che si sono susseguiti per gran parte del mese di dicembre, favoriti dalle condizioni di bel tempo, hanno determinato la formazione di spesse croste da rigelo con il conseguente consolidamento del manto e la presenza di interi tratti ghiacciati.

Sui versanti soleggiate le temperature miti, superiori alla media del periodo, hanno contribuito, con il passare dei giorni, ad una graduale ablazione del manto ed un ammorbidimento sia delle croste sia dei lastroni da vento. A metà gennaio si sono susseguite dapprima una debole nevicata (confinata ai settori occidentali dei Sibillini con apporti di circa 10 cm oltre i 1500 m di quota) ed a seguito una forte e prolungata sciroccata che ha ulteriormen-



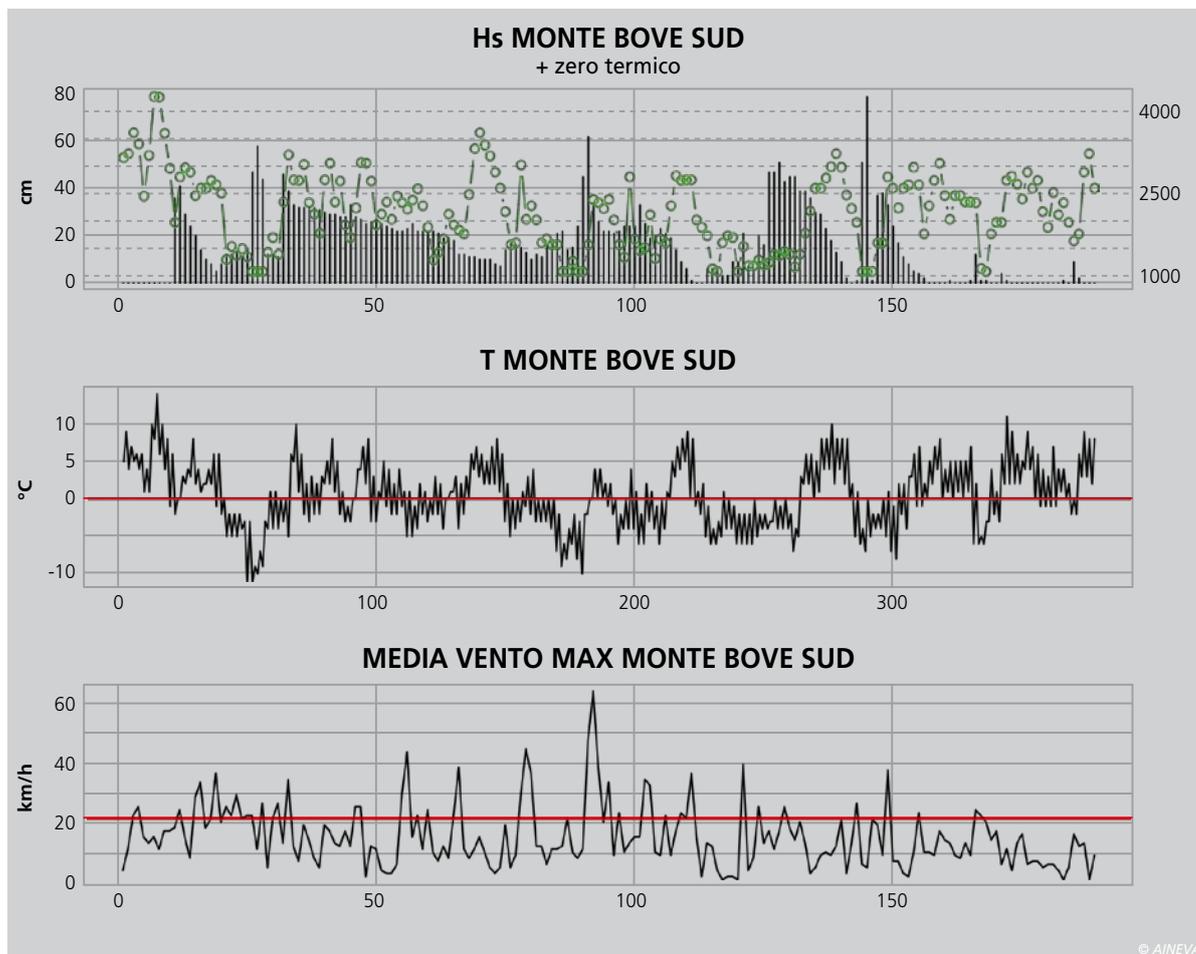


Fig. 79 - Andamento di alcuni parametri (Altezza neve, temperatura dell'aria e velocità del vento) presso la stazione di Monte Bove Sud.

te assottigliato ed ammorbidito le vecchie croste da fusione e rigelo.

Verso fine gennaio vi è stato un secondo evento di una certa rilevanza, con nevicate fino a 500 m e nuovi apporti di 10-30 cm sui Sibillini e 10-20cm sul settore del pesarese.

Il calo dello zero termico e le basse temperature non hanno favorito, inizialmente, il legame tra la nuova neve e gli strati sottostanti. Inoltre i forti venti meridionali hanno determinato un consistente trasporto eolico, formando nelle zone sottovento accumuli con spessori significativi. Il mese di febbraio è stato caratterizzato da deboli nevicate, che hanno interessato le quote medio-alte dei Sibillini e solo parzialmente il pesarese, alternate a prolungati periodi di bel tempo, durante i quali il ciclo giornaliero delle temperature ha determinato un assestamento e marcato assottigliamento del manto.

L'inizio di marzo ha visto il terzo evento significativo, con nevicate diffuse lungo l'intero crinale fino ai 1000 m di quota, più abbondanti con l'aumentare della quota.

La stagione, ormai avanzata, ha determinato profonde diversità tra i settori settentrionali dell'Appennino, più bassi, e quelli meridionali: neve molto umida nel pesarese e neve asciutta e più fredda sui Sibillini, in particolare in alta quota.

A differenza dei mesi passati, la consunzione del manto in questo periodo è stata molto più veloce.

Già a metà marzo il manto era presente solo alle alte quote dei monti Sibillini in maniera discontinua con ampie zone erose alternate a depositi eolici ancora significativi.

Il manto nevoso, tipicamente primaverile, è stato caratterizzato negli strati superficiali da croste di fusione e rigelo.

Le alte temperature hanno favorito la presenza di acqua allo stato liquido con la percolazione, durante le ore centrali della giornata, fino agli strati basali diminuendo le resistenze interne e creando piani di scivolamento tra i singoli strati.

A fine mese si è infine registrata l'ultima nevicata della stagione, con apporti nevosi di circa 10 cm attorno ai 1000 m

e di oltre 50 cm sulle quote più alte dei Sibillini ed apporti compresi tra i 10 e 20 cm sul pesarese (Fig. 79).

ATTIVITÀ VALANGHIVA

L'attività valanghiva è stata caratterizzata sui Sibillini da scaricamenti o, al più, piccole valanghe spontanee.

Durante i mesi invernali l'attività valanghiva spontanea è stata favorita sia dall'attività eolica sia dalle temperature superiori alla media del periodo; a partire da marzo il forte e prolungato soleggiamento ha favorito valanghe di fondo dai versanti prativi.

Non si sono riscontrati incidenti.

IN CONCLUSIONE...

La stagione invernale sull'Appennino marchigiano è stata caratterizzata da pochi eventi nevosi significativi e da temperature che per periodi continuativi prolungati sono state alte, i cui effetti si sono a volte amplificati per i venti dai quadranti meridionali.

Panoramica sugli incidenti da valanga in Italia nella stagione 2013-2014

GLI INCIDENTI DA VALANGA

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

Sebbene i dati siano ancora parziali, in questo articolo viene presentata una prima valutazione sugli incidenti da valanga avvenuti in Italia nella stagione invernale 2013-2014. Circa il 62% degli incidenti è avvenuto nei mesi di dicembre e gennaio, prevalentemente sulle esposizioni settentrionali (42%). La categoria maggiormente interessata è stata, come di consueto, quella degli sci alpinisti (42% del totale degli incidenti). I morti in valanga sono stati 22, dato superiore alla media trentennale (19). Un dato che fa riflettere è che il 36% delle persone decedute era priva di apparecchio ARTVA. La maggior parte dei morti è stata registrata sulle Alpi centro-occidentali (73%). La stagione invernale ha posto in evidenza due problematiche particolari legate agli incidenti: quella dell'interazione fra i gruppi indipendenti che frequentano gli stessi itinerari e quella degli incidenti mortali nei quali sono coinvolti minorenni.



INTRODUZIONE

I risultati qui indicati sono ancora parziali perché riferiti a fine aprile/inizio maggio. Abbiamo considerato soprattutto gli incidenti più gravi perché per quelli più lievi, in cui i travolti sono perlopiù illesi, le informazioni sono più difficilmente reperibili e quindi richiedono una maggior indagine che viene portata a termine dagli uffici valanghe AINEVA durante il periodo estivo. Pertanto i dati qui diffusi non sono definitivi ma soggetti a variazioni e approfondimenti.

INCIDENTI: QUANDO

Analizzando tutti gli incidenti della stagione attualmente registrati notiamo che il 62% degli incidenti sono accaduti nei soli mesi di dicembre e gennaio. Come si poteva immaginare, quasi la metà degli incidenti sono avvenuti nei giorni di sabato (16%) o domenica (33%), ovvero le giornate dove c'è una maggior frequentazione della montagna. Un dato curioso: ben un quinto degli incidenti è avvenuto di giovedì (20%), seguito dal martedì (16%) e lunedì (4%). I giorni con meno incidenti sono il venerdì (4%) e soprattutto il mercoledì (2%).

ESPOSIZIONI CRITICHE

Se diamo un'occhiata alle esposizioni critiche (occhiata parziale perché nel 28% dei

casi non sono ancora indicate), nel settore nord si è verificato il 42% degli incidenti (21% nord, 12% nord-ovest, 9% nord-est) (Fig. 1). Le motivazioni sono, come al solito, molteplici; vediamo alcune: il settore nord è il più frequentato perché la neve rimane più a lungo farinosa, ma anche perché, per esempio a fine stagione, semplicemente rimane più a lungo al suolo. A nord i metamorfismi da gradiente e il minor irraggiamento solare mantengono più a lungo gli eventuali strati deboli e quindi la potenziale instabilità.

INCIDENTI PER CATEGORIA E GRADO DI PERICOLO

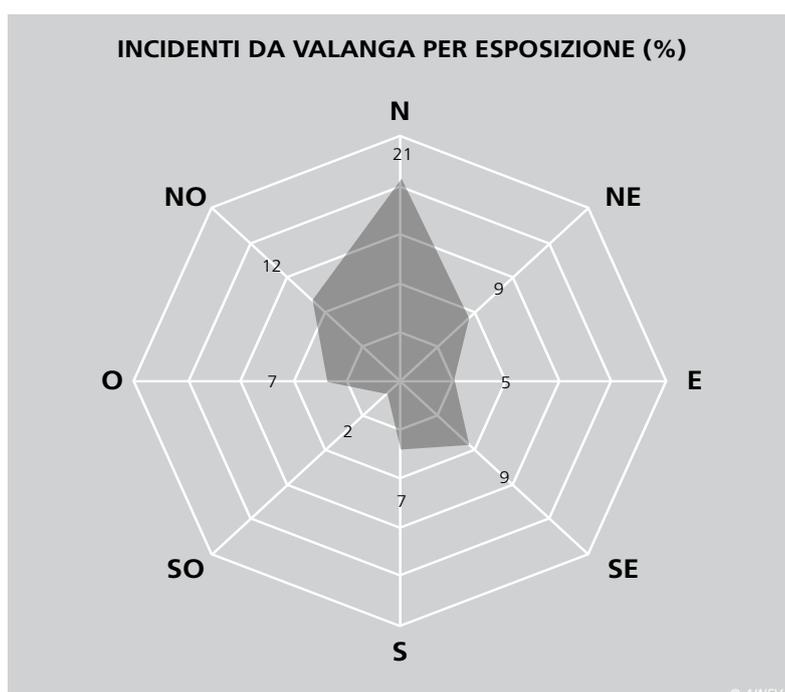
Anche quest'anno lo scialpinismo si conferma come la categoria più coinvolta negli incidenti da valanga in Italia, raggiungendo il 42% del totale degli incidenti (18% sci alpinisti in salita; 24% in discesa). Il fuoripista segue a ruota con un 38% degli incidenti e poi l'alpinismo con un 7%. Vediamo poi alcuni casi particolari: tre incidenti da valanga hanno visto coinvolti dei mezzi battipista, in un caso persone in motoslitte e in un altro caso uno sciatore in pista. Analizzando i gradi di pericolo, notiamo che il 71% degli incidenti è avvenuto con grado 3-marcato, ma il dato che salta più agli occhi è che il 21% degli incidenti è avvenuto con grado 4-forte. Come mai

un incidente su cinque è avvenuto con un grado di pericolo che, per sua natura, dovrebbe evidenziare una chiara situazione di pericolo consistente? Tra i nove incidenti registrati, vediamo che cinque sono avvenuti durante il periodo delle vacanze di Natale (dal 26/12 al 30/12 e il 5/1) e due sono avvenuti il 2 marzo. In base alle categorie coinvolte: quattro incidenti con grado 4-forte riguardano sciatori in fuoripista, tre sono relativi a sci alpinisti e due incidenti hanno visto coinvolti dei mezzi battipista. Solo il 7% degli incidenti è avvenuto con grado 2-moderato e nessuno con grado 1-debole o 5-molto forte.

NUMERO DI TRAVOLTI

Quante persone sono state travolte nello stesso incidente da valanga? I dati della stagione sono generalmente positivi perché c'è una bassa percentuale d'incidenti con numerosi travolti. Solo una persona è stata travolta nel 56% degli incidenti registrati in questa stagione, due persone nel 29%, tre nel 9%. Nel rimanente 6% dei casi sono rimaste coinvolte rispettivamente cinque, sei e sette persone. Non si può generalizzare perché ogni incidente è un caso a sè, ma quantomeno i dati sembrano confermare che la maggior parte dei gruppi coinvolti manteneva una corretta distanza di sicurezza, rendendo poco probabile il travolgimento di tutte le persone presenti. Cerchiamo ulteriori conferme a questa ipotesi, analizzando i casi in cui cinque o più persone erano presenti nel pendio o nelle zone limitrofe dell'incidente (e quindi potenzialmente potevano essere coinvolte) e vediamo che in sei incidenti, nonostante la presenza di un gruppo numeroso, solo una o due persone sono rimaste travolte. Purtroppo non sono tutte rose e fiori; vediamo anche gli esempi negativi: in un caso tutto il gruppo di cinque sciatori francesi è stato travolto; in un altro incidente tutti e sei sci alpinisti tedeschi, muniti di airbag, sono stati travolti (la persona sepolta ha avuto l'airbag distrutto durante il trascinarsi su delle roccette). Un terzo caso in cui erano presenti dieci persone tra sci alpinisti e freerider in heliski, ha visto il travolgimento di ben sette persone. Infine

Fig. 1 - Percentuale degli incidenti da valanga per esposizione dei versanti durante la stagione invernale 2013-2014.



due casi d'inizio maggio (dati provvisori): nel primo erano presenti cinque sci alpinisti di cui quattro travolti, nel secondo vi erano sei sci alpinisti di cui cinque travolti.

I MORTI IN VALANGA

I morti in valanga sono stati 22, un dato superiore alla media quasi trentennale che è pari a 19 persone a stagione. 18 persone decedute sono state trovate sepolte sotto la neve, 1 in superficie ed 1 a inizio estate a scioglimento della neve nel canale (2 persone rimanenti: dato da verificare). Abbiamo pochi dati relativi alle profondità di ritrovamento, ma possiamo segnalare che vanno dai 50 cm ai 250 cm, con una media di 130 cm.

Da notare che il 36% (8 persone su 22) delle persone decedute in valanga non aveva con sé l'apparecchio ARTVA.

Immaginiamo già le prime considerazioni scontate: ma come, dopo tutti questi anni passati a ripetere il mantra "ARTVA, pala e sonda sempre con te"? A parte alcuni casi marginali (mezzo battipista travolto), i dati evidenziano che oramai gli sci alpinisti e i freerider hanno ben compreso l'utilità di questi strumenti di autosoccorso e ne sono equipaggiati. Invece gli alpinisti, e più precisamente i cascatisti, sono ancora un po' restii nel portare questo equipaggiamento; forse a causa del peso supplementare che va a sommarsi a zaini che, a causa della necessaria attrezzatura tecnica, sono già troppo pesanti o forse si tende a pensare che, in caso di travolgimento su cascata, la caduta provoca traumi spesso letali, rendendo vano l'autosoccorso. Abbiamo tenuto per ultima la categoria più importante, quella degli sciatori fuoripista occasionali. In questa categoria troviamo quelle persone che normalmente sciano sempre in pista e che occasionalmente provano a fare "due curve" a bordo pista oppure, sempre utilizzando gli impianti, seguono poi le numerose tracce addentrandosi lungo i pendii fuoripista, attratti dalla bellezza della neve fresca. Questi sciatori non si rendono conto che stanno abbandonando le piste, ovvero le zone messe in sicurezza dai gestori degli impianti, per inoltrarsi nel *wilderness*, in un contesto selvaggio in cui



Fig. 2 - Dettaglio della valanga provocata il 30 dicembre 2013 a Claviere (TO) che ha provocato la morte di un ragazzo di 15 anni.

l'uomo è soggetto alle leggi della natura. La mancanza di conoscenza è quindi la causa principale degli incidenti da valanga per gli sciatori fuoripista occasionali. Purtroppo è difficile spingerli verso una formazione adeguata, perché questa richiede tempo e impegno (da dedicare per un'attività occasionale/marginale) e perché contrasta con un aspetto sempre più presente nella società moderna: ormai si cerca sempre un responsabile per ogni cosa che accade (con la conseguenza di far causa a qualcuno per qualsiasi cosa accada), così lo sciatore fuoripista occasionale si convince che una sua scelta errata sia colpa di qualcun altro che non gliel'ha impedito. Dove ci sono stati più morti per valanga in Italia? Il 73% dei decessi si è verificato nel nord-ovest (8 morti in Piemonte, 5 in Valle d'Aosta e 3 in Lombardia), seguito dai 2 decessi in Emilia Romagna ed 1 decesso per le regioni dell'Abruzzo, Veneto, della provincia di Bolzano e quella di Trento.

DESCRIZIONE DEI CASI PIU' RILEVANTI

Tra i vari incidenti, vediamo alcuni casi particolari per dinamica, complessità del soccorso o altre peculiarità. Un incidente in Valle d'Aosta nel comprensorio sciistico di Pila ha registrato il decesso di due snowboarder che sono scesi lungo un breve tratto in fuoripista adiacente alle piste ed hanno provocato il distacco della valanga che li ha travolti e sepolti.

Tanti fattori hanno contribuito all'esito

fatale, ma in particolare segnaliamo due aspetti che hanno causato il seppellimento: lo snowboard non ha uno sgancio di sicurezza, così durante il travolgimento ha svolto l'effetto di un'ancora ai piedi dei due sportivi, tirandoli verso il basso. La massa di neve in movimento non era enorme, ma purtroppo la zona di deposito della valanga è una cosiddetta "trappola morfologica", perché è una concavità - aspetto già peggiorativo - aggravata dalla presenza, ai due lati, di sponde naturali (una fascia di rocce e una collina) che convogliano la neve al centro aumentandone lo spessore e aggravando quindi le conseguenze della valanga. Probabilmente con un pendio uniforme e senza ostacoli la valanga avrebbe potuto aprirsi a ventaglio, con un accumulo di spessore notevolmente ridotto.

Anche quest'anno si sono registrati alcuni incidenti da valanga che hanno causato il decesso di ragazzi minorenni. Il 30 dicembre, in Piemonte, un quindicenne è morto in valanga mentre praticava il fuoripista; l'adulto, compagno di discesa del ragazzo, è stato denunciato per valanga e omicidio colposo (Fig. 2). Il 6 gennaio in Alto Adige un ragazzo quattordicenne del posto è morto in valanga mentre praticava il fuoripista. Non aveva l'ARTVA ed è stato ritrovato solo dopo 30 minuti circa con il rilevatore Recco, sepolto sotto 50 cm di neve.

In Abruzzo, nella zona del Gran Sasso due fratelli stanno sciando in fuoripista con lo snowboard quando vengono travolti

Fig. 3 - Valanga a Cima Sèra il 4 marzo 2014. E' indicato il tracciato di discesa approssimativo seguito dallo sci alpinista, il probabile luogo di travolgimento (A) e il luogo di ritrovamento della vittima (B).

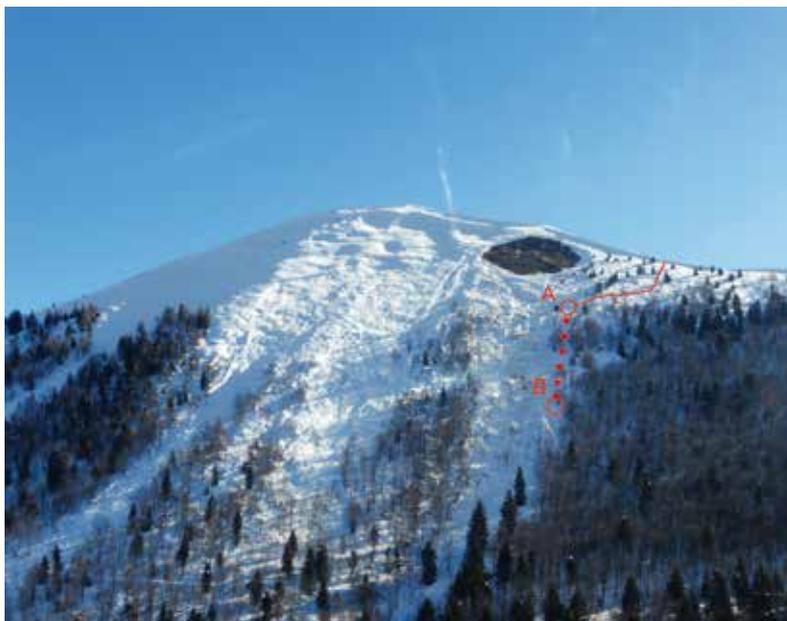


Fig. 4 - Valanga di Cima Sèra il 4 marzo 2014. Particolare del fronte di distacco con spessori di 2,5-3 m.



Fig. 5 - Valanga in Valtourmenche il 6 febbraio 2014. Prima della valanga: sulla sinistra si vedono tracce di salita; le tre persone ferme, alla fine delle tracce, forniscono le proporzioni del pendio. Sulla destra le numerose tracce dei freeriders scesi poco prima (in piccoli gruppi, mantenendo le distanze di alleggerimento).



da una valanga; uno è illeso, purtroppo il secondo muore in ospedale. In seguito al decesso viene emessa un'ordinanza comunale che vieta il fuoripista in caso di emissione di un bollettino valanghe con il grado di pericolo uguale o maggiore a 3-marcato; se il grado è inferiore allora l'eventuale divieto viene deciso dalla commissione valanghe. In Trentino, nelle Valli Giudicarie, uno sci alpinista locale parte nel pomeriggio del 4 marzo in compagnia del suo cane per raggiungere Cima Sèra. Più tardi rimane travolto da una grande valanga con uno spessore al distacco di 2,5-3 m. Il soccorso alpino, allertato dai famigliari in serata, si attiva con un grande dispiego di persone: ben trenta soccorritori e due unità cinofile hanno cercato per 5 ore, trovando l'uomo ormai senza vita. La ricerca è stata complicata dal sopraggiungere del buio, ma soprattutto dalla mancanza dell'ARTVA da parte del travolto e resa pericolosa a causa del persistente rischio valanghe in zona (Figg. 3 e 4).

PROBLEMA EMERGENTE: L'INTERAZIONE TRA GRUPPI

Analizzando la dinamica di alcuni incidenti notiamo che negli ultimi anni sta emergendo una problematica sempre più rilevante: accade sempre più sovente che tante persone si ritrovino, non volutamente, lungo lo stesso itinerario. La causa principale è il notevole aumento dei fruitori della montagna, a cominciare dagli sci alpinisti, ma riguarda anche gli amanti del fuoripista e delle racchette da neve. E' positivo che un maggior numero di persone apprezzi e frequenti le montagne e non si vuole dire che, a causa dell'elevato numero di frequentatori, le montagne ormai siano diventate "strettine", ma piuttosto si nota che la maggior parte dei frequentatori si concentra in poche zone. Assistiamo al fenomeno "internet - social web" abbinato alla frequentazione della montagna: il web ha permesso la rapida condivisione delle informazioni; succede così che la divulgazione di una gita fatta, sovente correlata con foto e/o video accattivanti, sia la spinta

virale e lo sci alpinista, che prende spunto da questa informazione, il giorno dopo si ritrova facilmente insieme ad altri 50 sci alpinisti (chi da solo o con gruppetti piccoli o grupponi). Il principale problema di questo "sovraffollamento" è la mancanza di coordinazione tra i vari soggetti, difficile o impossibile per mille motivi: perché si fanno ragionamenti e considerazioni differenti in merito alla valutazione del pericolo valanghe locale e le scelte tecnico/tattiche di conduzione della gita oppure perché si è così distanti e quindi non si riesce a comunicare efficacemente o addirittura nemmeno ci si accorge della presenza di altri soggetti che, in caso di valanga, potrebbero comunque rimanere coinvolti. Vediamo quindi, in ordine cronologico, alcuni esempi concreti in cui diversi gruppi si sono ritrovati accidentalmente nella stessa zona e sono poi rimasti coinvolti in incidenti da valanga.

Il 6 gennaio in Valle d'Aosta nella zona del Monte Bianco alcuni sciatori (pare due sciatori ed uno snowboarder) entrano lungo la variante del Canale dei Tedeschi, un canale estremamente ripido quale accesso alternativo alla classica discesa in fuoripista del ghiacciaio del Toula, e provocano il distacco di una valanga che percorre tutto il pendio e continua la sua corsa, travolgendo cinque sciatori francesi (due feriti e tre illesi) che sciavano sul ghiacciaio sottostante. Il dato che stride: gli sciatori travolti vengono soccorsi dagli altri sciatori presenti in zona, mentre quelli che hanno provocato il distacco si dileguano.

Sabato 25 gennaio in Friuli Venezia Giulia è una splendida giornata di sole con un pericolo valanghe di grado 2-moderato, così c'è una grande frequentazione lungo molti itinerari sci alpinisti. Alla Forca della Val due sci alpinisti in discesa probabilmente causano il distacco di una valanga che travolge tre sci alpinisti che si trovavano più in basso (uno sloveno che aziona l'air bag e due italiani; tutti illesi) trascinandoli per 200 m; un quarto sci alpinista riesce ad evitare la valanga, perdendo uno sci. L'aspetto particolare dell'incidente è il comportamento dei primi due sci alpinisti che si sono defilati senza preoccuparsi

minimamente di chi poteva essere stato travolto, tantomeno hanno pensato di prestare soccorso.

In Valle d'Aosta nella conca di Cheneil il 6 febbraio una valanga di grosse dimensioni, molto probabilmente provocata, travolge ben sette persone: tre tecnici dell'ufficio valanghe regionale che erano precedentemente saliti dal basso e, al momento del travolgimento, erano fermi senza sci e stavano eseguendo delle misure nivologiche e quattro freerider che, precedentemente saliti in elicottero, stavano scendendo il pendio. Il travolgimento ha portato al seppellimento di due persone, ritrovate dai compagni e dagli altri freerider presenti in zona, di cui una miracolosamente illesa (durata del seppellimento tra 10 e 15 minuti) ed una purtroppo deceduta. Aspetto particolare dell'incidente: nell'ora precedente il distacco, il pendio è stato sciato da circa 30 freerider, senza alcuna conseguenza (Figg. 5 e 6).

Il 1° maggio numerosi sci alpinisti hanno scelto come meta la Punta Penia in Marmolada. Intorno alle ore 9:00 sembra che alcuni sciatori (quattro?) stessero scendendo, quando provocano il distacco di una valanga che continua la sua corsa per circa 300 m, travolgendo lungo il tragitto almeno quattro altri sciatori, fortunatamente tutti illesi. Aspetti particolari dell'incidente: nella zona della valanga si trovavano almeno 50 persone che potevano potenzialmente essere travolte, ma soprattutto chi ha provocato il distacco si è dileguato, senza nemmeno sincerarsi se qualcuno fosse rimasto coinvolto (Fig. 7).

Domenica 4 maggio diversi sci alpinisti scelgono di affrontare l'impegnativo Canale Lourousa dal Colle Coolidge, un famoso itinerario di sci ripido in Piemonte nella Valle Argentera, magari ispirati dai numerosi commenti positivi postati sul web dagli sci alpinisti saliti nei giorni precedenti (per esempio <http://www.gulliver.it/itinerario/2114/>, vedere gite fatte il 1/5/2014 in cui si recita "oggi sul Lourousa c'era il mondo"). Un primo gruppo è formato da tre sciatori francesi: una persona raggiunge il colletto, mentre le altre due sono in prossimità dell'uscita quando provocano

il distacco di un piccolo lastrone che li fa precipitare, ma fortunatamente si fermano prima degli isolotti rocciosi, feriti.

La valanga travolge anche il secondo gruppo d'italiani che seguiva a breve distanza, facendoli precipitare fino in fondo al canale (un ferito e due decessi a causa dei traumi). Quando è in buone condizioni, il canale viene percorso da numerosi sci alpinisti; la sovraffrequentazione è un problema che si ripresenta in tutti i canali ripidi: la conformazione del canale, ovvero stretto e estremamente ripido, fa sì che un'eventuale valanga - anche molto piccola - o una caduta di qualcuno in alto, possa molto probabilmente coinvolgere le persone sottostanti. La valanga in questione, pur avendo un volume di neve modesto, ha coperto un notevole dislivello (circa 800 m).

Fig. 6 - Valanga in Valtournenche il 6 febbraio 2014. Foto scattata (circa 35 minuti dopo quella precedente - Fig. 5) pochi minuti dopo il distacco della valanga. Le dimensioni del pendio sono date dalla persona visibile sopra le tracce di discesa ed altre persone sull'accumulo e sul pendio.

Fig. 7 - Valanga in Marmolada il 1° maggio 2014. Nonostante sia appena accaduto un incidente con almeno 4 travolti, in zona sono ancora presenti numerose persone incuranti dell'accaduto.



EVOLUZIONE del GHIACCIAIO dei FORNI

La possibile evoluzione del più grande ghiacciaio vallivo italiano attraverso approcci modellistici monodimensionali.

**Roberta Garavaglia,
Alice Marzorati,
Gabriele Confortola,
Daniele Bocchiola**

Politecnico di Milano,
Dipartimento DICA - Sezione SIA,
Corr.: daniele.bocchiola@polimi.it

Giuseppe Cola

Servizio Glaciologico Lombardo

Erika Manzata

Fondazione Lombardia
per l'Ambiente

**Antonella Senese,
Claudio Smiraglia,
Guglielmina Adele Diolaiuti**

Università degli Studi di Milano,
Dipartimento di Scienze
della Terra "A. Desio"

La dinamica del Ghiacciaio dei Forni, il più grande ghiacciaio vallivo italiano situato all'interno del Parco Nazionale dello Stelvio (Gruppo Ortles-Cevedale, Alta Valtellina), è stata simulata attraverso un modello di flusso monodimensionale tempo dipendente, che descrive le variazioni di spessore del ghiaccio lungo una linea di flusso centrale. Il modello riproduce con passo temporale annuale l'evoluzione del ghiacciaio in funzione delle variazioni annue di massa, che costituiscono il dato input principale insieme alla geometria del *bedrock* e alla topografia superficiale (note grazie a campagne geofisiche e topografiche del passato e agli archivi cartografici regionali). Il bilancio di massa glaciale netto annuale è stato stimato con un approccio del tipo ELA (*Equilibrium Line Altitude*) dipendente. Le variazioni di spessore e di lunghezza del ghiacciaio ottenute applicando il modello di flusso monodimensionale sono state confrontate con le variazioni geometriche e pregresse, note grazie a misure di campo eseguite dal Comitato Glaciologico Italiano nel XX secolo. Il confronto ha mostrato un buon accordo e ha suggerito di applicare il modello per proiettare l'evoluzione futura del ghiacciaio. Si è quindi simulata la risposta del ghiacciaio a diversi scenari potenziali di precipitazione e temperatura fino a fine secolo, utilizzando i dati forniti da due modelli di circolazione globale, GCMs (EC-Earth, ECHAM6), sviluppati nell'ambito del 5° *Assessment Report* (AR5) dell'IPCC, secondo tre scenari di bilancio radiativo (*Representative Concentration Pathways, RCP 2.6, 4.5, 8.5*). I risultati mostrano una accettabile capacità del modello di riprodurre i bilanci di massa del ghiacciaio per gli anni di osservazione. Gli scenari di evoluzione potenziali, benché lievemente differenti tra loro, sono concordi nel prefigurare una cospicua variazione (diminuzione) della massa glaciale entro metà secolo, con riduzione degli spessori di ghiaccio e rilevante variazione frontale. Tali scenari forniscono una prima valutazione della sensitività del ghiacciaio a potenziali cambiamenti climatici futuri, e consentono una prima valutazione della potenziale evoluzione futura della coltre glaciale e della disponibilità di risorsa idrica nell'area, utile per scopi di programmazione turistica, idrica ed energetica.



INTRODUZIONE

Lo studio dell'evoluzione nel tempo della criosfera ha assunto negli ultimi anni importanza sempre crescente all'interno della comunità scientifica. Nelle aree alpine, la coltre nivale stagionale, e la copertura glaciale permanente assumono enorme importanza dal punto di vista ambientale, paesaggistico, geologico ed idrologico. Se da un lato l'evidente fase di ritiro dei ghiacciai e la forte relazione con lo sviluppo dell'attività turistica nelle zone interessate rendono la tematica di enorme interesse per il pubblico, dall'altro la necessità di utilizzare, soprattutto, ma non solo, a scopo energetico la risorsa idrica derivante dalla fusione nivo-glaciale ad alta quota, rende necessario lo studio quantitativo della dinamica della criosfera e dei relativi contributi idrologici.

L'attenzione circa la possibilità di una quantificazione finalizzata alla produzione di energia idroelettrica assume inoltre sempre maggiore importanza in uno scenario di riduzione delle emissioni inquinanti. In letteratura è noto come i ghiacciai montani siano dei buoni indicatori della variabilità climatica, poiché cambiamenti nel clima causano variazioni nella geometria e nella dinamica di tali apparati. Lo studio degli impatti causati da variazioni climatiche sui corpi glaciali è possibile tramite lo sviluppo di modelli matematici, in grado di riprodurre i complessi fenomeni fisici che regolano le dinamiche glaciali. In particolare lo scopo dei così detti "modelli di flusso" è quello di rappresentare il

movimento glaciale, esprimendo l'evoluzione del ghiacciaio in termini di equazioni di equilibrio, leggi di conservazione della massa e di conservazione dell'energia.

I primi lavori di modellazione della dinamica glaciale risalgono alla seconda metà del '900 e riguardano lo studio del campo di velocità, elemento cruciale, ma complesso, a partire dalla definizione degli sforzi interni alla massa glaciale.

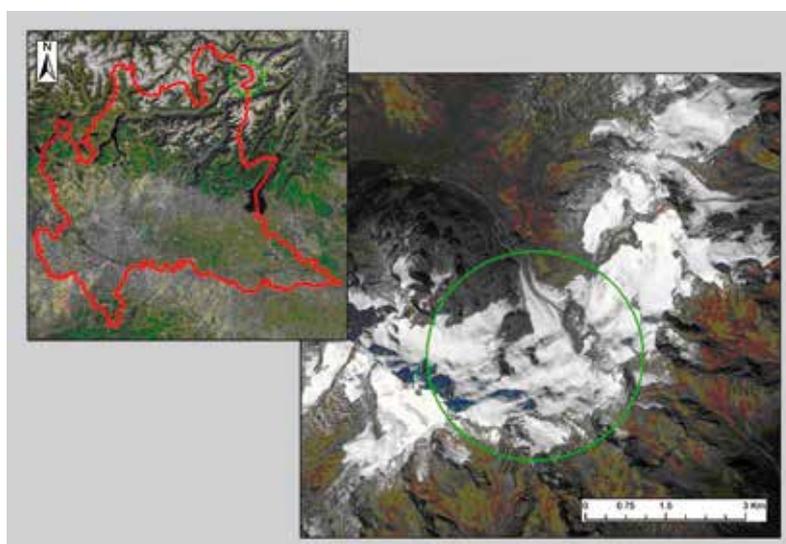
Glen (1958) descrisse attraverso esperimenti di laboratorio effettuati su campioni di ghiaccio a differenti temperature le relazioni tra sforzo e deformazione del ghiaccio, fondamentali per modellare il flusso di ghiacciai reali. Successive analisi sottolineano tuttavia che il movimento di un ghiacciaio è funzione complessa della deformazione del ghiaccio (per buona parte descritta dalla legge di Glen), della deformazione del letto (funzione della litologia costituente e della massa di ghiaccio sovrastante che vi agisce) e delle interazioni ghiaccio-letto (descritte considerando sia lo scivolamento del ghiaccio sia l'attrito con il fondo) e che quindi per una descrizione esaustiva bisogna considerare tutti questi fattori e non solo la deformazione del ghiaccio, che rimane comunque un parametro fondamentale. Solo recentemente sono stati sviluppati modelli 3D che consentono una completa modellazione del flusso glaciale attraverso la determinazione numerica delle componenti di velocità e di sforzo della massa glaciale. A fronte della complessità dei fenomeni interessati e della loro difficile

modellazione, sono state introdotte nel tempo ipotesi volte a fornire una descrizione semplificata ma efficace del flusso glaciale. Una delle approssimazioni più utilizzate in letteratura consiste nella formulazione di modelli monodimensionali tempo dipendenti, in grado di descrivere il movimento del ghiacciaio lungo una linea di flusso centrale. Alcuni modelli di questo tipo sono stati presentati in letteratura da Zuo e Oerlemans (1997) per il Pasterze Glacier (Austria), Wallinga e Van de Wal (1998) per il Rhonegletscher (Svizzera), Vincent et al. (2000) per il ghiacciaio di Saint Sorlin (Francia). Oerlemans (2001) sottolinea come, nonostante la complessità dei processi coinvolti, una trattazione semplificata quale quella monodimensionale sia sufficiente nei casi in cui lo scopo sia lo studio dei cambiamenti subiti dai ghiacciai a seguito di variazioni climatiche o quando si vogliono trattare problemi di continuità di massa per descrivere la risposta dei ghiacciai a cambiamenti secolari di temperatura o precipitazione. Il modello qui sviluppato descrive le variazioni di spessore di ghiaccio nel tempo come risultato di due fenomeni principali, quali i) il flusso glaciale gravitativo da monte verso valle e ii) l'alternanza di accumulo/ablazione responsabili della variazione della massa glaciale.

Questo approccio permette di studiare l'evoluzione del ghiacciaio in corrispondenza di una linea di flusso centrale, attraverso la simulazione delle variazioni geometriche del profilo longitudinale e della posizione della fronte. Il modello considera un modulo di bilancio di massa semplificato basato sulla posizione della linea di equilibrio (ELA) e dipendente da un gradiente di bilancio. Rispetto alla formulazione originaria proposta da Oerlemans, sono state applicate modifiche riguardanti l'andamento del gradiente di bilancio di massa con la quota e la modellazione del campo di velocità. Si è simulata poi la risposta del Ghiacciaio dei Forni a diversi scenari futuri di precipitazione e temperatura.

Gli strumenti attualmente più utilizzati per condurre tale tipi di indagine sono rappresentati dai Modelli di circolazione generale

Fig. 1 Caso di studio: Ghiacciaio dei Forni, Alta Valtellina, Lombardia (Italy). Google Earth © 2014.



(GCMs), in grado di simulare l'andamento futuro di molte variabili climatiche di interesse, seppur con una evidente incertezza. L'utilizzo delle variabili simulate da GCMs permette di valutare quali potrebbero essere i possibili futuri scenari di evoluzione del ghiacciaio, sia dal punto di vista degli spessori sia in relazione alle variazioni frontali. Tali scenari possono fornire una valutazione della sensitività del ghiacciaio a potenziali cambiamenti climatici futuri e possono consentire una valutazione della potenziale evoluzione futura della coltre glaciale e della disponibilità di risorsa idrica nell'area, utile per scopi di programmazione turistica, idrica, energetica. I risultati dello studio qui presentato sembrano quindi di interesse anche in tal senso.

AREA DI STUDIO E DATI DISPONIBILI

Il Ghiacciaio dei Forni, situato in alta Valfurva, fa parte del Gruppo Ortles-Cevedale, all'interno del Parco Nazionale dello Stelvio, e rappresenta il più vasto ghiacciaio vallivo italiano. Esposto a nord, con una superficie di circa 11,36 km² (D'Agata et al., 2014), il Ghiacciaio dei Forni è composto da tre bacini di accumulo, da cui si generano tre lingue confluenti ad una quota di circa 2700 metri s.l.m..

Il ghiacciaio ha attualmente una lunghezza di circa 3 km e si estende da una quota minima di 2500 m s.l.m. ad una massima di 3670 m s.l.m.. Tra tutti i ghiacciai lombardi, quello dei Forni presenta le più lunghe serie storiche di variazioni frontali e misure annuali sono disponibili a partire dal 1925 (CGI, 1925-2008).

Il Ghiacciaio è caratterizzato da un notevole arretramento nel periodo 1925-1970, seguito da un successivo avanzamento, particolarmente significativo nel periodo 1971-1974 e nell'anno 1976. Dal 1980 ha poi inizio un periodo di assestamento, in cui il ghiacciaio non subisce rilevanti variazioni di lunghezza, seguito nei primi anni novanta da una successiva fase di arretramento tuttora in atto (Fig. 1).

Fondamentale al fine di implementare il modello di flusso del ghiacciaio è la co-

noscenza delle geometria superficiale e profonda lungo la sezione della linea di flusso principale del ghiacciaio.

Diverse campagne di misura geofisica svolte nel recente passato (con l'utilizzo di prospezione sismica e *Ground Penetrating Radar* GPR) hanno portato alla ricostruzione dell'andamento del *bedrock*, ipotizzato stabile nell'intervallo considerato, lungo il profilo longitudinale.

Campagne topografiche svolte dal Comitato Glaciologico Italiano a inizio secolo scorso e la disponibilità di modelli digitali di elevazione (DEM) messi a disposizione dall'ITT di Regione Lombardia hanno permesso di calcolare tre profili di spessore del ghiaccio lungo la linea di flusso centrale per gli anni 1929, 1981 e 2007. Il primo rappresenta la condizione iniziale di simulazione, mentre i profili degli anni 1981 e 2007 sono stati utilizzati per la calibrazione dei parametri del modello.

Grazie alla disponibilità di una stazione meteorologica automatica supraglaciale (AWS1 Forni –UNIMI afferente alla rete di monitoraggio SHARE di EvK2CNR, si veda Senese et al., 2012) localizzata in corrispondenza della lingua di ablazione del ghiacciaio sono stati ricavati i dati di temperatura dell'aria e SWE (*snow water equivalent*) per il calcolo del bilancio di massa glaciale. Il ghiacciaio dei Forni è inoltre oggetto ogni anno di campagne glaciologiche per lo studio dell'ablazione glaciale, effettuate sia dal Comitato Glaciologico Italiano sia dal Servizio Glaciologico Lombardo. Sono così disponibili dati di ablazione per il periodo 1994-2012 derivanti da paline ablatometriche, poste in una fascia altimetrica compresa tra i 2500 e i 2900 m s.l.m.

DESCRIZIONE DEL MODELLO

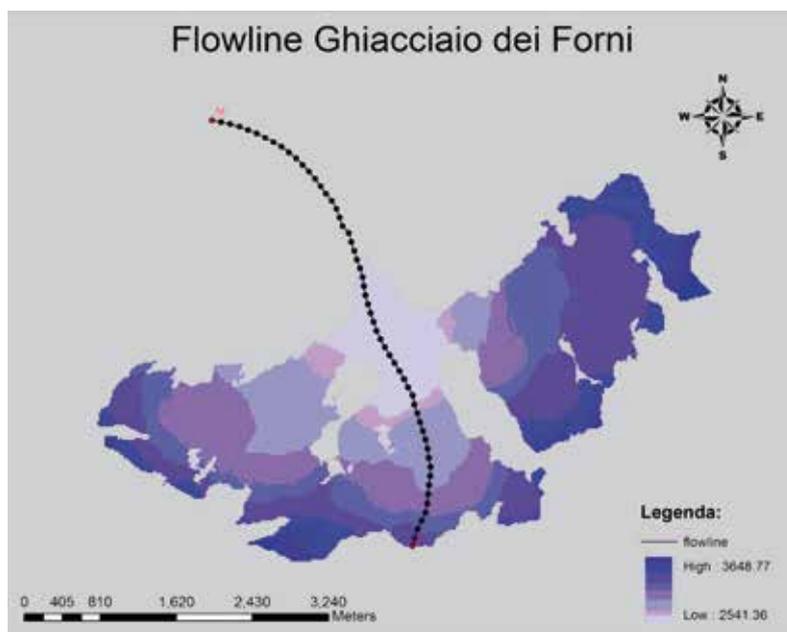
Il modello utilizzato descrive il movimento del ghiacciaio in corrispondenza della linea di flusso centrale, lungo la quale si calcolano le variazioni delle grandezze di interesse in funzione del passo temporale scelto. La geometria del ghiacciaio è semplificata attraverso una serie di sezioni trapezoidali centrate sulla linea di flusso,

definite da uno spessore H di ghiaccio, da una larghezza alla base W_b e dagli angoli di inclinazione dei lati α . Tale soluzione è quella più comunemente ritrovata in letteratura, per esempio in Zuo e Oerlemans (1996) per il Pasterze Glacier, Wallinga e van de Wal (1998) per il Rhonegletscher, Oerlemans (1997) per il Nigardsbreen e Vincent (2000) per il ghiacciaio di Saint Sorlin. Lo spessore del ghiaccio H è calcolato come differenza tra la quota h_s superficiale e la quota h_b del *bedrock* ipotizzata costante nel tempo. Noti i valori di W_s è possibile ricavare il valore della larghezza alla base W_b .

Il modello, basato sull'equazione di continuità, esprime la variazione dell'area della sezione trasversale nel tempo come somma di una componente dovuta al flusso e una dipendente dal bilancio di massa.

La componente dovuta al flusso è legata alla velocità media U , esprimibile come somma di due componenti U_d e U_s che indicano rispettivamente la velocità di deformazione interna e di scivolamento sul *bedrock*, o *sliding*, in accordo con Paterson (1983). Entrambe le velocità sono legate allo spessore H del ghiaccio mediante due parametri di flusso, uno di deformazione e uno di scivolamento. Per tenere in considerazione le variazioni legate alla geometria complessa, in accordo con Oerlemans (2001), è stato introdotto un fattore di forma F , che per sezioni trapezoidali risulta dipendente dalla larghezza della sezione alla base W_b e dallo spessore H del ghiaccio. È stato applicato un approccio per la stima del bilancio di massa basato sulla formulazione semplificata proposta da Oerlemans nel 1986, considera il bilancio come dipendente dalla quota mediante un gradiente, che esprime la variazione del bilancio di massa in funzione della differenza tra la quota del punto considerato e la quota della linea di equilibrio (ELA). Questo approccio è basato sull'esistenza di una relazione tra bilancio di massa glaciale e ELA, propria ed unica per ciascun ghiacciaio, da determinare empiricamente sulla base di una serie sufficientemente estesa di dati (misurati) di bilancio e (calcolati) di ELA. Il metodo

Fig. 2 - Rappresentazione dei tre bacini del Ghiacciaio dei Forni e della linea di flusso centrale, costituita da punti distanziati tra loro di un intervallo $\Delta x = 100$ m.



Tab. 1 - ELA ricavata da osservazioni dirette sul Ghiacciaio dei Forni negli anni 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2006, 2008. La ricostruzione della ELA in ogni anno di simulazione è stata effettuata tramite regressione lineare con le temperature medie estive registrate a Sils Maria, riportate alla quota del ghiacciaio tramite applicazione dei gradienti di temperatura locali.

Anno	ELA osservata Forni (m s.l.m.)	T Sils Maria (°C)	T Sils Maria rip. AWS Forni (°C)
1993	3168	10,3	3,0
1994	3161	11,9	4,6
1995	2833	10,4	3,1
1996	2979	10,0	2,7
1997	2882	9,6	2,3
1998	3048	11,1	3,8
1999	2879	10,2	2,9
2006	3178	10,7	3,4
2008	3069	11,0	3,7

APPLICAZIONE DEL MODELLO

L'implementazione numerica del modello richiede una doppia integrazione nel tempo e nello spazio dell'equazione di continuità e permette di calcolare le variazioni temporali delle grandezze di interesse in ogni punto della linea di flusso, che è costituita da 51 punti, distanziati di circa 100 metri l'uno dall'altro.

La complessa geometria del Ghiacciaio dei Forni è stata semplificata considerando nella simulazione solo il bacino centrale del ghiacciaio, l'unico per cui sono disponibili informazioni complete, introducendo così un'ipotesi semplificativa molto forte, ma necessaria per effettuare l'implementazione del modello. L'integrazione è stata effettuata a partire da valori di spessore di ghiaccio dell'anno 1929, stimati nei punti di controllo posti lungo la linea di flusso (*flowline*) (Fig. 2).

Il modello richiede in ingresso una serie di variabili per la definizione delle condizioni iniziali della simulazione e per la successiva integrazione temporale, ossia:

- spessori del ghiaccio in ogni punto della linea di flusso nell'anno di inizio della simulazione;
- quota del *bedrock* in ogni punto della linea di flusso;
- larghezza del ghiacciaio al *bedrock* relativa ai punti di controllo della linea di flusso;

- gradienti di bilancio di massa annuali per gli anni di simulazione;
- angoli di inclinazione dei versanti;
- parametri di flusso per il calcolo delle velocità di *sliding* e di deformazione;
- definizione del passo temporale di integrazione;
- definizione dell'intervallo spaziale di separazione tra i punti della linea di flusso.

La ELA annuale è stata calcolata tramite regressione lineare tra i valori di ELA calcolati a partire dal bilancio di massa netto specifico per fascia altimetrica misurato ed i corrispondenti valori delle temperature medie estive misurate nei medesimi anni.

La ELA non è un parametro direttamente misurabile, ma bensì determinabile a posteriori, elaborando i dati di bilancio in funzione della quota. Essa equivale infatti alla quota teorica alla quale il bilancio di massa glaciale si annulla e dove quindi ablazione ed accumulo si equivalgono. Ogni anno si assiste ad una variazione di quota della ELA, che sale o scende in funzione di accumulo ed ablazione. Questa variazione annuale è assimilabile alla fluttuazione di un'isoterma rappresentativa delle condizioni medie che hanno governato il bilancio di massa glaciale ed è per questo che spesso si ritrova una solida relazione empirica tra ELA e temperature medie (annue, estive o della stagione di ablazione) dell'aria, registrate in prossimità del ghiacciaio studiato o per questa rappresentative. Nel nostro caso per le temperature è stata considerata come serie storica di riferimento quella misurata a Sils Maria, in Svizzera (quota 1798 m s.l.m., distanza di circa 60 km dal ghiacciaio, disponibilità di dati dal 1864 al 2012). La scelta di una stazione mediamente distante dal ghiacciaio studiato è stata sostenuta dalla estensione del *record* disponibile e dalle significative correlazioni ritrovate con le stime di ELA a disposizione.

Le temperature medie mensili sono state quindi riportate alla quota dell'AWS Forni mediante gradienti di temperatura rappresentativi dell'area, calcolati utilizzando le stazioni di Forni-traversa (ARPA Lombardia), Pian Palù (Meteotrentino) e la stessa AWS Forni. Il gradiente medio annuale è



Fig. 3 - ELA media decennale calcolata tramite regressione lineare tra i valori di ELA osservati e le temperature medie estive.

permette di estendere nel tempo anche su lunghi periodi (secolari) la ricostruzione del bilancio, purché siano disponibili serie lunghe ed ininterrotte di dati termici rilevati in prossimità del ghiacciaio studiato. La temperatura media dell'aria nella zona studiata è infatti spesso un ottimo *proxy* della ELA glaciale e da questa attraverso la relazione empirica con il bilancio è possibile una realistica ricostruzione di questo su lungo periodo. Purtroppo per i Forni la serie di bilanci misurati è molto limitata e conseguentemente anche la sequenza di ELA calcolata è ridotta e limita l'applicazione di questo approccio.

risultato pari a $-6.9 \text{ }^\circ\text{Ckm}^{-1}$, superiore alla media alpina, ma rappresentativo delle condizioni climatiche locali. Valori di ELA stimati erano disponibili per gli anni 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2006 e 2008 (Tab. I).

In accordo con quanto ritrovato da Wallinga e Van de Wal (1998) è stata ipotizzata una relazione di tipo lineare tra la temperatura media estiva e la posizione della linea di equilibrio. La regressione ottenuta considerando le temperature riportate alla stazione AWS Forni è di seguito riportata

$$ELA = 116,2 \cdot T + 2643,1 \quad (1)$$

Il termine T rappresenta la temperatura media estiva in $^\circ\text{C}$, con ELA la quota in metri [m s.l.m.] della linea di equilibrio. La regressione fornisce importanti informazioni circa l'entità della variazione della quota della ELA (Fig. 3). Ad un aumento di temperatura di $1 \text{ }^\circ\text{C}$ corrisponde un innalzamento della ELA stimato di 116,2 metri. Tale risultato è in accordo ad esempio con quanto stimato da Wallinga e Van de Wal (1998), che per il Rhonegletscher riscontrano un aumento di 127 m della posizione della ELA per ogni $^\circ\text{C}$ di temperatura, nonché da altri autori quali Oerlemans e Fortuin (1992).

Porter (2001) sottolinea come le fluttuazioni della quota della linea di equilibrio siano fortemente influenzate non solo dalle temperature medie della stagione di ablazione, ma anche dalle precipitazioni avvenute nel corso della stagione di accumulo. L'elevato valore di pendenza del Ghiacciaio dei Forni, pari al 36% ed evidenziato dai DEM messi a disposizione da Regione Lombardia, rispetto ad altri ghiacciai in cui è stato applicato un modello simile, conduce inevitabilmente ad errori nella riproduzione della dinamica del ghiacciaio a cui si è ovviato con opportune modifiche. Le pendenze sono molto variabili lungo la linea di flusso e localmente raggiungono anche valori piuttosto elevati, che conducono a valori puntuali di velocità molto alti. Anziché considerare un valore univoco del parametro di flusso per modellare la velocità di *sliding*, si è quindi scelto di utilizzare dei valori variabili con la pendenza e costanti per

tratti topograficamente omogenei (Fig. 4). In letteratura molti autori giustificano l'uso di parametri con valori variabili rispetto alla formulazione originale del modello, anche per differenti ordini di grandezza. Tale larga variabilità è legata all'estrema complessità del fenomeno di flusso glaciale, a sua volta legato alla differente struttura del ghiaccio, alla sua temperatura, alle caratteristiche granulometriche del letto, ed al contenuto detritico.

Al fine di considerare la maggiore fusione subita dal ghiacciaio in corrispondenza della lingua, il valore di gradiente di bilancio si è assunto lineare decrescente con la quota al di sotto della ELA , con una diminuzione di circa 0,2 mm ogni 100 metri lungo la *flowline* e costante al di sopra della ELA . Tale accorgimento determina una maggiore ablazione nella parte terminale del ghiacciaio, giustificata sia dalla presenza di copertura detritica sparsa e fine superficiale, sia dalla emersione di isole rocciose (*rock outcrops*), che, riscaldandosi a seguito dell'irraggiamento solare, favoriscono la fusione. Non essendo disponibili dati di bilancio di massa misurati al di sopra della linea di equilibrio, si è inizialmente utilizzato lo stesso valore impiegato al di sotto della ELA . L'eccessivo accumulo di massa conseguente ha però portato a scegliere di utilizzare un gradiente più piccolo, pari a 1/10 del valore di partenza. L'utilizzo di gradienti di bilancio di massa differenti è riscontrabile anche in diversi autori, ad esempio in Zuo e Oerlemans (1997). L'equazione di bilancio di massa risulta quindi

$$B = \frac{\partial B}{\partial z} (ELA - h) \quad (2)$$

$$\frac{\partial B}{\partial z} = k_0 \quad h \geq ELA$$

$$\frac{\partial B}{\partial z} = k_1 (ELA - h) \quad h < ELA$$

ove B rappresenta il termine di bilancio di massa [mm], $\partial B/\partial z$ la relativa derivata [mm^{-1}], h la quota del ghiacciaio [m s.l.m.] e $k_{0,1}$ due costanti di calibrazione.

EVOLUZIONE DEGLI SPESSORI GLACIALI 1929-2007

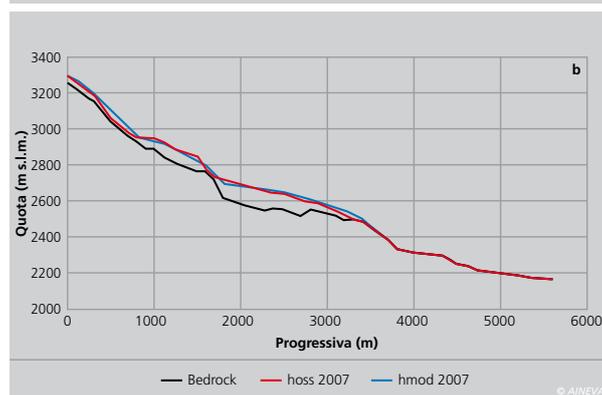
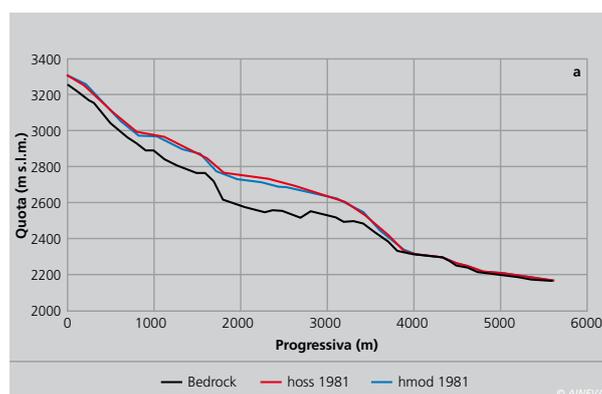
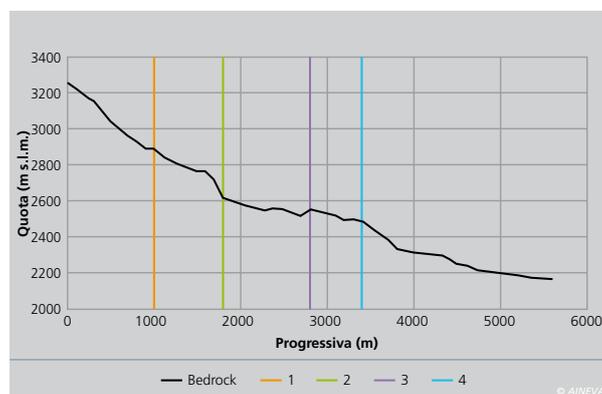
La possibilità di avere a disposizione mi-

sure di spessore di ghiaccio lungo la linea di flusso del bacino centrale del Ghiacciaio per gli anni 1981 e 2007 ha consentito di verificare se il modello, a seguito delle modifiche e semplificazioni introdotte, è in grado di riprodurre l'evoluzione temporale dalla geometria del ghiacciaio.

I grafici in Fig. 5 mostrano il confronto tra i profili stimati e modellati nei due periodi di riferimento (1929-1981, 1981-2007). La modifica dei parametri di flusso con la topografia qui introdotta permette di riprodurre in modo adeguato la geometria del profilo superficiale, cogliendo correttamente l'effetto derivante dalla presenza di tratti del *bedrock* ad elevata pendenza. La massa trasportata a valle è stata correttamente modellata grazie all'aumento dei gradienti di bilancio di massa, responsabili di una

Sotto, dall'alto verso il basso:
Fig. 4 - Suddivisione del profilo del bedrock in tratti topograficamente omogenei

Fig. 5 - Confronto tra profili longitudinali di spessore di ghiaccio modellati e misurati. a) 1981. b) 2007.



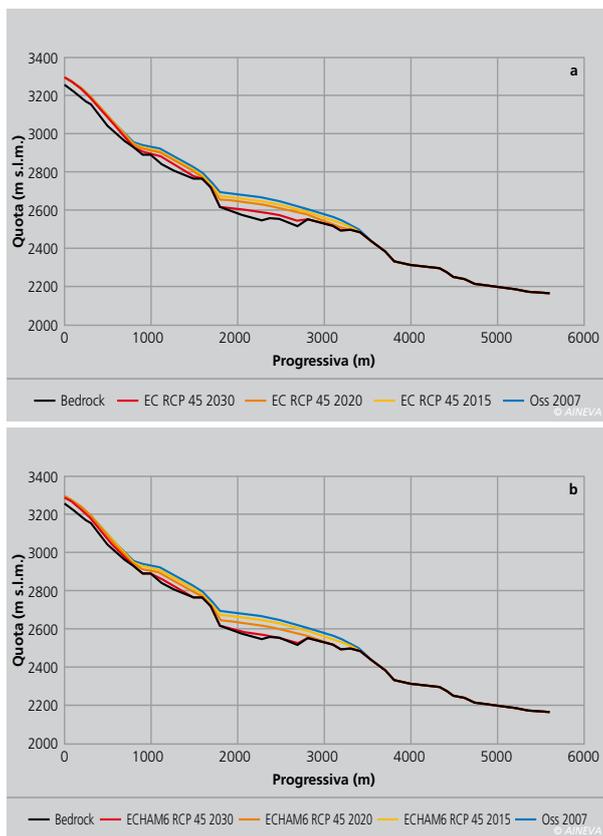


Fig. 6 - Variazioni di spessore glaciale attese fino al 2030 secondo lo scenario RCP4.5.
a) Modello EC-Earth.
b) Modello ECHAM6.

maggior fusione alle quote più basse del ghiacciaio, e dall'aumento delle velocità, reso possibile dalla divisione topografica dei parametri di flusso.

PROIEZIONI FUTURE DI DINAMICA GLACIALE

La costruzione dei possibili scenari futuri di dinamica glaciale è di grande importanza al fine di individuare interventi di monitoraggio e gestione delle risorse disponibili. Si pensi ad esempio alla gestione degli impianti idroelettrici in alta quota, strettamente dipendenti dai deflussi di fusione nivo-glaciali, o più in generale ai deflussi fluviali in ambito alpino.

Allo scopo di produrre simulazioni di scenario glacio-idrologico, risulta utile l'utilizzo di Modelli di circolazione generale (GCM), in grado di descrivere l'evoluzione del sistema climatico a lungo termine, fornendo quindi informazioni riguardo precipitazioni e temperature per il prossimo secolo.

A causa dell'incertezza nello stabilire quali siano le ipotesi più affidabili per la descrizione del clima futuro, il confronto tra i risultati in uscita da differenti GCM per-

mette di delineare un ventaglio di possibili evoluzioni. In questo studio sono stati utilizzati due GCM, ossia il modello EC-Earth e il modello ECHAM6 sviluppati rispettivamente da un consorzio di 27 agenzie di ricerca in 10 paesi Europei (<http://www.ec-earth.org/>) e dal *Max Plank Institute* di Amburgo (<http://www.mpimet.mpg.de/en/home.html>), oltreché inclusi nella base modellistica del quinto *Assessment Report AR5* del comitato internazionale per i cambiamenti climatici, *IPCC* (2013). Si sono considerati 3 differenti scenari di forzante radiativa (*Representative Concentration Pathways* RCP, 2.6, 4.5, 8.5). Tali scenari rappresentano differenti potenziali "storie" di sviluppi futuro, in particolare in relazione alle politiche di emissione, ai conseguenti effetti sui bilanci radiativi del pianeta e in definitiva alle variazioni climatiche e corrispondono in sostanza a *storylines* narrative utilizzate fino al quarto *Assessment Report*.

Si utilizzano qui gli *outputs* dei due GCM detti, opportunamente trattati. In particolare si utilizzano i valori giornalieri di precipitazione e temperatura per il periodo 2013-2100, come dati in ingresso al modello di flusso del ghiacciaio precedentemente calibrato e validato.

Le variabili in uscita da un GCM hanno risoluzione fin a scala temporale (dell'ordine dei giorni, o ore), ma presentano risoluzioni spaziali troppo grossolane per applicazioni a scala locale. Per questo motivo è stato utilizzato un algoritmo di disaggregazione del tipo cascata random (*Stochastic Space Random Cascade*, Gropelli et al. 2011) per la correzione dei *bias*, o errori sistematici locali introdotti dai GCM, e per la disaggregazione temporale, atta a fornire una rappresentazione degli *input* climatici il più possibile coerente con le serie storiche osservate.

In Tab. II si riporta la frazione di volume di ghiaccio proiettata nel corso del secolo, in riferimento all'anno 2007. È possibile osservare come nell'ambito dei diversi RCP si osservano perdite di volume differenti. In particolar modo lo scenario RCP 8.5, con i valori di temperatura proiettata più elevati, provoca la perdita del 100% del

volume già a partire dal 2080, secondo entrambi i modelli.

Dai risultati mostrati si osserva come le simulazioni ottenute per i due GCM abbiano alcune differenze non trascurabili (>15% in termini di volumi glaciali) soprattutto nei primi decenni, ma alla fine del secolo la situazione raggiunta pare essere in sostanza concorde. In Fig. 6 si riportano le variazioni di spessore glaciale proiettate fino al 2030 secondo lo scenario RCP 4.5, intermedio e considerato come il maggiormente probabile nella letteratura di settore. I risultati ottenuti sono in accordo con quanto trovato ad esempio da Wallinga e van de Wal (1998) per il Rhonegletscher (Svizzera). Gli autori di tale studio infatti trovano che, applicando un tasso di riscaldamento pari a $0,04 \text{ K a}^{-1}$, il ghiacciaio nel 2100 conserverà solo il 4% del suo volume. La differenza tra i volumi che il ghiacciaio conserva nel corso del secolo sotto l'ipotesi dei tre diversi RCP è ben visibile dalla Tab. II. Risulta evidente come lo scenario RCP 8.5 provochi una più rapida perdita di volume di ghiaccio nel corso del secolo.

CONCLUSIONI

Il lavoro qui presentato, sebbene passibile di ulteriori implementazioni e miglioramenti, suggerisce una rapida involuzione della risorsa glaciale alpina che potrebbe portare alla fine di questo secolo alla quasi totale scomparsa di molti apparati glaciali. In particolare la potenziale evoluzione del ghiacciaio dei Forni porta a stimare per il 2100 ad una riduzione di oltre l'80% del volume glaciale stimato nel 2007.

Questa riduzione impatterà sicuramente sulla disponibilità idrica estiva derivante dalla fusione glaciale e se ne dovrà tenere conto nei diversi scenari evolutivi, non solo ambientali, ma anche socio-economici che vedono nel più grande ghiacciaio vallivo italiano una risorsa importante, non solo dal punto di vista idrico ed energetico ma anche paesaggistico, turistico e ambientale. L'approccio impiegato in questa prima applicazione è piuttosto semplice e potrà essere sostituito con metodi più accurati, per esempio

nella descrizione delle variazioni di massa ed estensione del ghiacciaio, tramite approcci di tipo misto che tengano conto anche dei flussi energetici che promuovono la fusione (tipo *enhanced T index model*, si veda Hock, 2005) o da moduli di bilancio energetico distribuito (attualmente in fase di sviluppo). Sono anche necessarie campagne di misura intensive per rilevare con maggior dettaglio la velocità glaciale superficiale e consentire una migliore calibrazione dinamica del modello. In ultimo, notevoli miglioramenti possono essere introdotti nel modello di flusso, ad esempio eliminando la semplificazione delle sezioni trapezoidali, al fine di riprodurre in modo più corretto la reale geometria del corpo glaciale. Tutti i tre bacini di accumulo potrebbero essere modellati tramite la definizione di tre linee

di flusso confluenti in corrispondenza della lingua centrale. In futuro potrebbe essere anche possibile sviluppare un modello tridimensionale in grado di descrivere con maggiore accuratezza i fenomeni fisici alla base del movimento del ghiacciaio. Infine, l'applicazione del modello di flusso monodimensionale qui considerato ad altri apparati glaciali alpini potrebbe rappresentare un utile strumento per fornire una visione d'insieme dei processi in atto, responsabili delle variazioni a cui stiamo

assistendo e per comprendere le differenze dinamiche che caratterizzano i singoli apparati. Le tendenze evolutive future qui delineate, lungi dall'essere deterministicamente corrette, rappresentano tuttavia una prima analisi del tipo *what if*, o se si vuole un'analisi di sensitività climatica, utile a fornire una base per la definizione preliminare di azioni di adattamento per la gestione della risorsa idrica in aree montane, da verificare poi sulla base della reale evoluzione climatica.

PERCENTUALE VOLUME PROIETTATO RISPETTO AL 2007						
ANNO	EC-Earth			ECHAM6		
	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
2020	65%	65%	63%	57%	48%	54%
2030	38%	40%	36%	32%	21%	20%
2050	17%	13%	11%	11%	6%	5%
2080	7%	3%	0	5%	0	0
2100	5%	0,1%	0	3%	0	0

Tab. II - Percentuale di volume di ghiaccio proiettato negli anni 2020, 2030, 2050, 2080 e 2100 nelle simulazioni effettuate, rispetto al volume di ghiaccio nel 2007.

Bibliografia

- Bocchiola, D., Rosso R. (2007). The distribution of daily snow water equivalent in the central Italian Alps. *Adv. Water Resour.*, 30, 135–147.
- Bocchiola, D., Mihalcea, C., Diolaiuti, G., Mosconi, B., Smiraglia, C., Rosso, R. (2010). Flow prediction in high altitude ungauged catchments: A case study in the Italian Alps (Pantano Basin, Adamello Group). *Adv Water Resour.*
- Braithwaite, R. J., Zhang, Y. (1999). Modelling changes in glacier mass balance that may occur as a result of climate changes. *Geogr. Ann.*, 81 A(4): 489–496.
- Carturan, L., Cazorzi, F., Dalla Fontana G. (2012). Distributed mass-balance modelling on two neighbouring glaciers in Ortles-Cevedale, Italy, from 2004 to 2009. *Journal of Glaciology*, 58 (209), 467–486.
- Cuffey, K., Paterson, W. S. B. *The Physics of Glaciers*. Academic Press, Amsterdam, ed. 4, 2010.
- D'Agata C., D. Bocchiola, D. Maragno, C. Smiraglia, G. A. Diolaiuti (2014) Glacier shrinkage driven by climate change in the Ortles-Cevedale group (Stelvio National Park, Lombardy, Italian Alps) during half a century (1954–2007). *Theoretical Applied Climatology*, April 2014, Volume 116, Issue 1–2, pp 169–190 <http://link.springer.com/article/10.1007/s00704-013-0938-5>
- Diolaiuti, G., Citterio, M., Carnielli, T., D'Agata, C., Kirkbride, M., Smiraglia, C. (2006). Rates, processes and morphology of freshwater calving at Miage Glacier (Italian Alps). *Hydrol. Process.* 20, 2233–2244.
- Glen, J. W. (1958). The flow law of ice. A discussion of the assumptions made in glacier theory, their experimental foundations and consequences. *Int. Assoc. Hydrol. Sci. Publ.* 47 171–183.
- Groppelli, B., Bocchiola, D., Rosso, R. (2011). Spatial downscaling of precipitation from GCMs for climate change projections using random cascades: A case study in Italy. *Water Resour. Res.*, 47, W03519, doi:10.1029/2010WR009437, 2011.
- Hock, R. (2003). Temperature index melt modeling in mountain areas. *Journal of Hydrology* 282(1–4), 104–115.
- Hock, R. (2005). Glacier melt: a review of processes and their modeling. *Progress in Physical Geography* 29, 3(2005) pp. 362–391.
- IPCC, Intergovernmental Panel for Climate Change, 2013. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers.
- Jansson, P., Hock, R., Schneider, T. (2002). The concept of glacier storage: a review. *Journal of Hydrology* 282, 116–129.
- Juvet, G., Huss, M., Funk, M., Blatter, H., Picasso, M., Rappaz, J. (2009). Numerical simulation of Rhonegletscher from 1874 to 2100. *J. Comput. Phys.*, 228(17), 6426–6439.
- Juvet, G., Huss, M., Funk, M., Blatter, H. (2011). Modelling the retreat of Grosser Aletschgletscher, Switzerland, in a changing climate. *Journal of Glaciology*, Vol. 57, No 206.
- Merli, F. (1998). *Variazioni volumetriche del Ghiacciaio dei Forni dal 1925 al 1998 (Alpi Centrali Gruppo Oertles-Cevedale)*, tesi di laurea, Università degli Studi di Milano.
- Oerlemans, J. (1988). Simulation of historic glacier variations with a simple climate-glacier model. *Journal of Glaciology*, Vol. 34, No. 118.
- Oerlemans, J. (1997). A flowline model for Nigardsbreen, Norway: projection of future glacier length based on dynamic calibration with the historic record. *Annals of Glaciology* 24.
- Oerlemans, J. (1997). Climate sensitivity of Franz Josef Glacier, New Zealand, as Revealed by Numerical Modeling. *Arctic and Alpine Research*, Vol. 29, No. 2, 1997, pp 233–239.
- Oerlemans, J. (2001). *Glaciers and climate change*, 148 pp., A. A. Balkema Publishers, Brookfield, Vt.
- Paterson, W. S. B. (1994). *The physics of glaciers*. Third edition. Oxford, etc., Elsevier.
- Pelfini, M., Smiraglia, C. (1992). Alcune serie secolari di variazioni frontali dei ghiacciai delle Alpi lombarde. *Geog. Fis. Dinam. Quat.*, 15, 143–147.
- Rolland, C. (2002). Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rate in Alpine regions. *Journal of climate*, Vol 16: 1032–1045
- Senese A., Diolaiuti G., Mihalcea C. & Smiraglia C. (2012) – Energy and mass balance of Forni Glacier (Stelvio National Park, Italian Alps) from a 4-year meteorological data record. *Arctic, Antarctic, Alpine Research*, 44 (1), 122–134.
- Smiraglia, C., Morandi G., Diolaiuti G. (2009). *Clima e Ghiacciai. L'evoluzione delle risorse glaciali in Lombardia*.
- Vincent, C., Vallon, M., Reynaud, L., Le Meunier, E. (2000). Dynamic behaviour analysis of glacier de Saint Sorlin, France, from 40 years of observations, 1957–1997. *Journal of Glaciology*, 46, 499–506.
- Wallinga, J., Van de Wal, R.S.W. (1998). Sensitivity of Rhonegletscher, Switzerland, to climate change: experiments with a one-dimensional flowline model. *Journal of Glaciology*, 44(147), 383–393.
- Zuo, Z., Oerlemans, J. (1997). Numerical modeling of the historic front variation and the future behavior of the Pasterze glacier, Austria. *Ann. Glaciol.*, 24, 234–241.

© AINEVA

UNA LIBRERIA FOTOGRAFICA DEI CRISTALLI DI NEVE

(www.snowcrystals.it)

In tutti i rilievi stratigrafici del manto nevoso stagionale e/o perenne, la parte più difficoltosa del rilievo è il riconoscimento dello stato evolutivo dei grani che costituiscono i vari strati di neve. Forme diverse, grandezze diverse dei grani, forme di transizione possono mettere in difficoltà, a volte, anche l'osservatore nivologico più preparato.

La "Snow grain photo library" (Fig. 1) è nata per essere un aiuto al riconoscimento delle varie forme dei grani di neve in campo.

Le fotografie ritraggono i vari cristalli di neve raccolti dai ricercatori sulle piastrine cristallografiche in reali rilievi stratigrafici e quindi con tutte le difficoltà di messa a fuoco e di tempestività della macchina fotografica. Attraverso mirati ingrandimenti si aiuta l'osservatore ad individuare le varie forme dei grani che sono depositati sulla piastrina, fornendo anche le dimensioni e la sigla internazionale secondo gli standard vigenti contenuti nella pubblicazione

The International Classification for Seasonal Snow on the Ground edita dall'UNESCO nel 2009 (Fig. 2).

La libreria è formata da fotografie reali scattate sulle nevi delle Isole Spitzbergen e in Dolomiti in tempi diversi da ricercatori e appassionati di varia estrazione.

La libreria, per ora solo in lingua inglese, è costruita per essere consultata anche direttamente da smartphone e prossimamente sarà tradotta in altre lingue.

La libreria è comunque aperta a tutta la comunità scientifica e a tutti gli osservatori nivologici. Tutti possono inviare delle foto che potranno essere pubblicate al fine di migliorare i sistemi di classificazione dei grani che si osservano in campo.

La libreria è consultabile all'indirizzo www.snowcrystals.it

Ulteriori informazioni si possono chiedere direttamente agli autori:

Mauro Valt

Mauro.valt@gmail.com

Rosa Maria Salvatori

salvatori@iia.cnr.it

IL NUOVO SITO WEB DELL'EAWS

www.avalanches.org

Il sito web dell'European Avalanche Warning Services è stato rinnovato, dai primi mesi del 2014, nella grafica e nei contenuti a cura del Servizio Valanghe del Tirolo austriaco. I contenuti sono, per ora, disponibili solo in lingua inglese e tedesca; progressivamente, saranno disponibili anche nelle altre lingue dopo un adeguato controllo a cura dei singoli paesi.

La home page del sito (Fig. 1) presenta una nuova carta geografica, dotata di zoom, con l'ubicazione dei paesi aderenti e la possibilità, cliccando sulla singola area, di un collegamento diretto al sito web di ciascun servizio di previsione valanghe aderente all'EAWS.

La sezione "basics" presenta la scala unificata europea del pericolo valanghe, la matrice bavarese e le icone per i gradi di pericolo (scaricabili).

La sezione "glossary" presenta il glossario rinnovato e corretto con immagini aggiornate e unificate per formato e dimensioni.

La sezione "SnoProfiler" presenta un'interfaccia online per la consultazione e il disegno dei profili stratigrafici.

I dati inseriti sono codificati, secondo lo standard CAAML, rendendone pertanto possibile l'esportazione/importazione anche su altre piattaforme e la consultazione attraverso i nuovi media (es. smartphone, tablet).

La veste grafica è molto essenziale

e non consente personalizzazioni o dettagli elevati (al contrario di Yeti) ma è comunque adeguata allo scopo.

Tuttavia, mancano la scala delle durezze del test della mano e i valori di densità della neve eventualmente misurati (inseribili solo nel campo commenti che compare come un box accanto al grafico). Sono invece presenti i "lemons" e c'è la possibilità di rappresentare graficamente gli esiti dei test di stabilità.

I profili presenti in banca dati sono consultabili attraverso un elenco tabellare e a una mappa geografica dinamica. In entrambe i casi è possibile selezionare i profili in base ai seguenti criteri: periodo (tutti, ieri, ultimi tre giorni, ultima settimana, ultimo mese e ultimo anno); regione (tutte; singole); fascia altimetrica (tutte; > 3000 m; tra 2000 e 3000 m; tra 1000 e 2000 m; < 1000 m); esposizioni (quadranti - tutti; settentrionali; orientali; meridionali; occidentali).

Sulla stessa pagina è anche presente il link al sito www.snowcrystals.it, la fototeca che fornisce un valido aiuto per l'identificazione della tipologia dei cristalli di neve seguendo i criteri dello IASC presentati in: *International Classification for Seasonal Snow on the Ground* (2009) e pubblicati in italiano da AINEVA. La fototeca è stata creata da Rosamaria Salvatori (CNR-IIA), Mauro Valt (ARPAV-CVA) e Stefano Ghergo (CNR-IIA) ed è prevista una sua implementazione mediante i contributi della comunità tecnico scientifica internazionale.



Fig. 1 - La home page di Snow grain photo library



Fig. 2 - Selezione di osservazioni per una tipologia di cristallo.

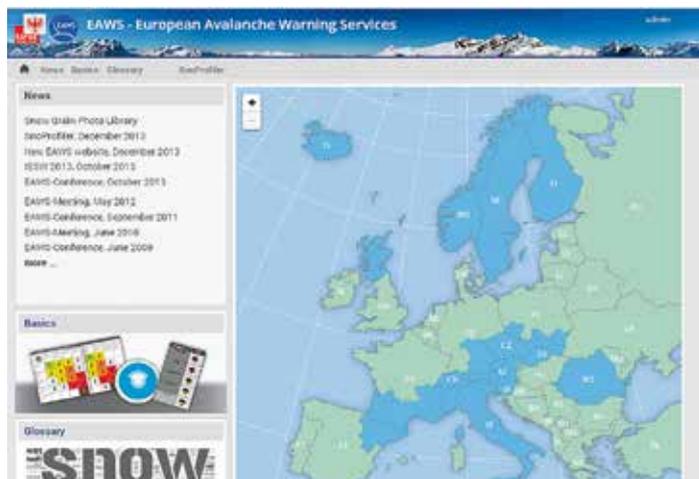


Fig. 1 - Home page del sito EAWS

ABSTRACT



CLIMATE TREND IN WINTER 2013-2014 The exceptional climate anomalies in North- Central Italy

by *ArCIS working group*

Exceptional precipitation amounts and mild temperatures: these are the main characteristics of the winter season 2013-'14, making it one of the most anomalous winters of the last 60 years over North-Central Italy. The heavy snowfalls on the Alps, in many cases even exceeding the already exceptional snow amounts observed in 1950-'51, caused several problems and damages to buildings and infrastructures. The ArCIS working group presents a detailed description of the climatic anomalies observed using the meteo-climatic monitoring networks of the Regional Meteorological Services of North-Central Italy.

WINTER SEASON 2013-2014 Snowfalls and avalanches in the Alps

M. Valt, P. Cianfarra

In central and eastern Alps, the winter season 2013-2014 recorded the heaviest snowfalls since 1930, only preceded by winter 1951. From late December to mid-February, a long series of perturbations reached their highest in the first ten days of February, when in many alpine areas the avalanche hazard rating was 5 – very high - for several days. Average winter temperatures were

mild, resulting in a higher rain/snow limit and exceptional snow accumulations, mainly over 1,600 of height.

The most frequently used avalanche hazard rating in avalanche bulletins was 2 – moderate, but there were also long periods with avalanche rating 3 - considerable, and with ratings 4 and 5 – high and very high. The most intense avalanche events were generally recorded from mid-December to late April.

SNOWFALLS AND AVALANCHES Significant events and problems in the winter season 2013-2014

by *AINEVA Avalanche Services*

Winter 2013-2014 was characterised by exceptional climate trends, with a succession of particularly heavy snowfalls, especially over central-eastern Alps, that resulted in several significant spontaneous avalanches that also affected infrastructures and buildings. A snowy winter was also recorded in the western Alps, even though not being an exceptional one. Scarce snowfalls were recorded in the Marche Apennines, with no significant avalanche events.

This article presents the most interesting snow and weather events of the winter season recorded in the several Autonomous Regions and Provinces that work with AINEVA, and the main consequences these events had on territory. The reports, drawn up by the various regional

avalanche services, are not certainly exhaustive in describing the winter season trend at local level, being rather targeted reports that aim at emphasizing the most prominent problems that have occurred in the various areas considered and that had major effects on economic-production activities and the civil defence system. The article also describes some particularly interesting phenomena that characterised the last winter season, such as glazed frost, glide avalanches, coloured snow, etc.

AVALANCHE ACCIDENTS Overview of avalanche accidents in Italy in the 2013-2014 season

S. Pivot

Though figures are still partial, a first evaluation of the avalanche accidents taking place in Italy in the 2013-2014 winter season is presented in this article. About 62% of accidents took place in December and January, mostly on north facing slopes (42%).

As usual, the most concerned category was ski mountaineering (42% of all accidents). Avalanche fatalities were 22, a figure exceeding the thirty-year average (19).

A figure that makes us reflect is that 36% of avalanche fatalities were not equipped with an avalanche transceiver. Most of victims were recorded in central-western Alps (73%). The last winter season emphasized two particular issues

associated with accidents: the first is the interaction among independent groups that follow the same routes, the latter is the number of fatal accidents that involved minors.

FORNI GLACIER EVOLUTION A possible evolution of the largest Italian valley glacier through one- dimensional model-based approaches

R. Garavaglia, A. Marzorati,

G. Confortola, G. Cola, D.

Bocchiola, E. Manzata, A. Senese,

C. Smiraglia, G. A. Diolaiuti

The dynamics of Forni Glacier, in the Ortles-Cevedale group, Alta Valtellina, has been simulated through a one-dimensional time-dependent flow model that measures ice thickness variations with time considering glacier flow, which is responsible for the mass movement from upstream to downstream, and mass balance. Studying phenomena underlying glacier dynamics is fundamental to analyse the evolution of an important share of freshwater supplies on earth. The model reproduces the glacier evolution corresponding to a central flow line through a simulation of geometrical variations of longitudinal profile and front location. A simplified mass balance module based on the equilibrium-line (ELA) position and associated with a balance gradient that relates mass balance variation with height was first implemented. Afterward, in order to provide the model with a more solid physical base, a second balance module based on the use of degree days associated with ice and snow was introduced.

Last but not least, the glacier response to several future precipitation and temperature scenarios has been simulated through the use of simulations provided by GCMs. It is thus possible to observe the possible future evolution stages of the glacier from the viewpoint of ice thicknesses and in relation with the front end changes, therefore providing a useful knowledge base for future decisions in terms of protection and management of this resource.

