



**Atti del IX Convegno
Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia**

14 novembre 2009
Palazzo Veneziano — Malborghetto

Dal cristallo alla valanga La neve senza confini



Dal cristallo alla valanga La neve senza confini

Atti del IX Convegno di meteorologia del Friuli Venezia Giulia

Supplemento alla rivista "Meteorologica"
ISSN 1827 3858

**14 novembre 2009
Palazzo Veneziano — Malborghetto**

Pubblicazione realizzata dall'Unione Meteorologica del
Friuli Venezia Giulia

Convegno realizzato grazie anche al contributo della
Comunità Montana del Gemonese, Canal del Ferro e
Val Canale

Con il patrocinio della Comunità Montana del
Gemonese, Canal del Ferro e Val Canale

Con il patrocinio del Comune di Malborghetto

ORGANIGRAMMA UMFVG

Presidente

Renato R. Colucci

Consiglieri

Ester Colizza, Rodolfo Gratton, Furio Pieri, Arturo Pucillo

Amministrazione

Responsabile contabile

Piero Cicuttini

Ufficio stampa

Responsabile contatti con i media

Barbara Pernar

Coordinamento Convegni e supervisione scientifica

Fabio Pagan

Sito web

Web master

Riccardo Sluga

Rivista "Meteorologica"

Direttore Responsabile

Marco Virgilio

Capo redazione

Renato R. Colucci

Redazione

Massimo Ongaro, Fulvio Crisciani, Fabio Raichich, Angelo Tavoschi, Rodolfo Gratton, Gianfranco Mazzilli, Marco Fancello, Franco Stravisi, Pietro Cicuttini, Guido Guidi, Tanja Cegnar, Franz Stockinger, Johan Kerchman,

Segreteria

Dario Giaiotti, Fulvio Stel

Gruppo Escursioni ed Attività Meteo—G.E.A.M.

Responsabile

Luca Pravisano

Membri

Monica Decata, Francesca Geatti, Paolo Minen, Ester Scaini, Paolo Grabar, Giulio Tagliapietra

Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia—ONLUS

Sede Legale, via Silvio Pellico n.9

33043 Cividale del Friuli (UD)

P.I. e C.F. 02150490304

www.umfvg.org

Raccolta, organizzazione testi ed immagini, ed impaginazione a cura di
Renato R. Colucci

Un sentito ringraziamento

*a tutti i soci UMFVG che hanno collaborato alla realizzazione
di questo convegno*

*alla Prof.ssa Alida Fornasiere del Liceo Bachmann di Tarvisio
ed ai suoi studenti che, con grande entusiasmo e coinvolgimento,
hanno offerto il loro sostegno durante le fasi organizzative*

*alla sig.ra Lara Magri della Comunità Montana, per l'importante
supporto logistico*

A tutti i relatori, anima di questo convegno, per la loro professionalità e disponibilità

In copertina: alcune immagini delle ingenti nevicate dell'inverno 2008-2009
in Carnia (ZAMG e Alberto Villani)

Indice

- Candide vergini: il fiocco di neve dal mito alle moderne teorie che lo descrivono** **Pag. 9**
(Ivan Gladich, Dario B. Giaiotti, Fulvio Stel) **ITA**
- La neve nell'inverno 2008-2009, quanta e perché** **Pag. 24**
(Livio Stefanuto) **ITA**
- Trend storico della neve in Carinzia** **Pag. 36**
Historical Snow Trends in Carinthia
(Franz Stockinger) **ITA—ENG**
- I cambiamenti climatici e la neve in Slovenia** **Pag. 46**
Climate change and snow cover characteristic in Slovenia
(Tanja Cegnar) **ITA-ENG**
- Cambiamenti climatici, innevamento e impatto sulle valanghe** **Pag. 56**
(Anselmo Cagnati, Andrea Crepaz e Mauro Valt) **ITA**
- Esplorazioni speleologiche nel periodo invernale sulle Alpi orientali** **Pag. 62**
Winter speleological explorations in the eastern alps
(Alessio Fabbricatore) **ITA-ENG**
- Il ghiacciaio di Montasio: storia di un piccolo ghiacciaio a cuore aperto** **Pag. 82**
(Giovanni Andrea Baldassi) **ITA**
- L'artico di casa nostra: il progetto di monitoraggio delle doline e dei siti freddi del Triveneto** **Pag. 94**
(Giampaolo Rizzonelli) **ITA**

Candide vergini: il fiocco di neve dal mito alle moderne teorie che lo descrivono

Ivan Gladich(1), Dario B. Giaiotti(2,3) , Fulvio Stel(2,3)

(1) *Purdue University, Dipartimento di Chimica dell'Atmosfera, USA*

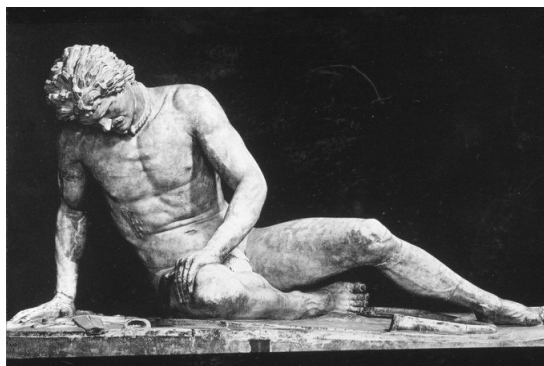
(2) *ARPA FVG – CRMA Centro Regionale di Modellistica Ambientale*

(3) *UMFVG - Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia ONLUS*

I CRISTALLI DI NEVE: QUANDO LA POESIA PUÒ PIÙ DELLA SCIENZA

Contrariamente a quanto si potrebbe immaginare, nonostante la forma peculiare e quasi “artificiale” dei cristalli di neve, ben poche sono le testimonianze storiche che descrivono questa forma o che semplicemente ne fanno menzione. Nel suo *Meteorologica*, Aristotele (370-322 a.C.) tratta del problema della neve nel capitolo undicesimo. In quel capitolo la neve viene spiegata come pioggia congelata (oggi noi sappiamo che, in realtà, è la pioggia ad essere

Figura 1, Il “Galata Morente”, copia romana di un originale statua bronzea costruita nel II secolo a.C. per celebrare l'insperata sconfitta inflitta ai temibili guerrieri dalle “candide vergini”.



neve sciolta), senza però citare la forma dei cristalli che compongono i singoli fiocchi. Grossomodo fece lo stesso Lucrezio nel “*De rerum natura*”, relegando la neve allo status di “pioggia congelata” così come la brina, sempre secondo Lucrezio, altro non sarebbe che

ruigiada congelata. Il fatto che questi due pensatori non facciano menzione della peculiare forma dei cristalli che compongono la neve è, tutto sommato, curioso e, forse, anche un po' sospetto. Sembra strano infatti che, osservatori così attenti della natura e delle sue manifestazioni come Aristotele e Lucrezio, abbiano sorvolato su uno degli aspetti più peculiari delle neviccate, cioè proprio sulla forma dei cristalli di ghiaccio. Forse, ma questa è solo una supposizione, la loro "disattenzione" potrebbe essere stata una sorta di resa intellettuale nei confronti di un fenomeno che non sapevano né potevano spiegare. In quel periodo storico, infatti, il filosofo naturale per essere credibile doveva comunque essere in grado di dare una spiegazione per tuttoquanto accade e quello che non poteva essere spiegato, solitamente, veniva considerato come un dettaglio non rilevante nel grande schema globale proposto da questi pensatori.

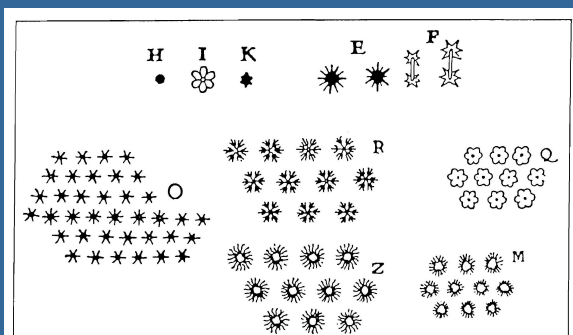
Se la neve ebbe poca fortuna con la scienza, stranamente, ma forse non sorprendentemente, questa meteora e i fiocchi che la compongono destarono maggiore attenzione tra i letterati. Polibio, ad esempio, riporta un episodio occorso in Grecia verso il 280 a.C in Grecia a seguito di una delle incursioni/invasioni galliche che hanno interessato questa penisola. I Galli (o Galati, come erano chiamati dai Greci) erano guidati da un capo carismatico di nome Brenno e riuscirono, con relativa facilità, ad avere la meglio sulla debole resistenza opposta dagli autoctoni. I Greci, secondo quanto racconta Polibio, interpellarono l'oracolo di Delfi e la sacerdotessa che emetteva le profezie, la Pizia, disse di non preoccuparsi e che gli invasori sarebbero stati sconfitti da un esercito di candide vergini. Il feroce Brenno, essendo in qualche modo venuto a conoscenza del vaticinio, si fece delle grasse risate, ma questo non gli impedì di essere sconfitto il giorno successivo quando, muovendo a battaglia, il suo esercito venne colpito da una violenta e inaspettata tempesta di neve. I Greci colsero al volo l'opportunità e, spalleggiati dai fiocchi di neve che cadevano copiosi – le candide vergini –, inflissero una terribile sconfitta ai Galati che, vinti ma non domi, ripiegarono verso i territori da cui erano venuti (figura 1).

Tornando alla forma della neve, quello che a tutt'oggi risulta essere il primo documento che descrive la simmetria esagonale dei cristalli di neve risale al 135 a.C. ed è opera di un intellettuale e uomo di corte cinese, Han Ying. Han Ying, in una sua poesia, cita la strana forma dei cristalli di neve, scrivendo esplicitamente che "i fiori della neve hanno sempre sei punte". Per trovare in un testo "occidentale" una analoga citazione relativa alla simmetria esagonale dei cristalli di neve bisognerà aspettare il 1555 quando, grazie

allo svedese Olaus Magnus, arcivescovo di Uppsala, i cristalli che compongono i fiocchi di neve vennero non solo descritti ma anche disegnati (figura 2) in una opera voluminosa che si intitola "Storia

Figura 3

La rappresentazione dei cristalli di neve fatta da Cartesio



delle genti del nord". La sorpresa di Olaus Magnus è ben descritta nel libro quando egli si meraviglia di come "cose così fragili ed insignificanti [quali i cristalli di neve] possano assumere tali e tante forme diverse, sconosciute anche agli artisti".

LA NASCITA DELLA SCIENZA MODERNA E I CRISTALLI DI NEVE

Dal punto di vista scientifico il primo a porsi esplicitamente la domanda sul perché della simmetria esagonale dei cristalli di neve fu Johannes Kepler (1571-1630). Keplero tentò anche di dare una spiegazione alle osservazioni da lui fatte ma, ovviamente, senza successo. Da grande pensatore quale era, Keplero affrontò il proble-



Figura 4, I primi disegni di cristalli di neve ottenuti tramite osservazioni condotte con un microscopio da Robert Hooke.

ma dei cristalli di neve dal punto di vista corretto, adottando l'approccio atomistico senza però menzionarlo esplicitamente al fine di evitare problemi con le gerarchie intellettuali dell'epoca. Nel dettaglio, Keplero cercò di vedere se era possibile ottenere una simmetria esagonale impacchettando delle sfere. Come già detto, questo tentativo non gli permise di svelare il mistero dei cristalli di neve (per poterlo spiegare è necessario impacchettare non sfere ma oggetti asimmetrici come le molecole d'acqua), ma lo portò a formulare quella che è la "congettura di Keplero", solo recentemente dimostrata grazie all'ausilio dei moderni calcolatori, che individua nella piramide il massimo impacchamento possibile (massimizza il numero di oggetti per unità di volume) di sfere con uguale dimensione.

Anche Cartesio (1596-1650) cercò di affrontare il problema della simmetria esagonale dei cristalli di neve, riproducendo le principali forme da lui osservate (figura 3), senza approdare a nulla di concreto dal punto di vista conoscitivo, ma contribuendo a sottolineare il problema della forma dei cristalli e portandolo all'attenzione del grande pubblico, grazie alla fama di cui godeva all'epoca.

Le osservazioni dei cristalli di neve proseguirono anche grazie ai microscopi che, nel corso del 1600, si iniziarono a costruire. Tra i pionieri di questa nuova tecnica osservativa va ricordato Robert Hooke (1635-1703), che utilizzò il microscopio per fare dei disegni molto dettagliati che poco hanno da invidiare alle moderne fotografie (figura 4). Purtroppo però, il problema della simmetria esagonale dei cristalli di neve rimase sempre al di fuori degli ambiti accademici, forse per la ridotta importanza pratica di questo aspetto, e rimase appannaggio di naturalisti ed esploratori che continuarono a segnalare e catalogare le peculiari forme dei fiocchi di neve, in alcuni casi arrivando anche a supporre una dipendenza tra la forma dei cristalli di neve e la temperatura. Storicamente, il primo scienziato a riportare questa ipotesi fu il naturalista tedesco Friderich Martens (1635-1699). Questa dipendenza venne in seguito confermata anche dal facoltoso naturalista Scozzese William Scoresby (1789-1857) e divenne in breve un fatto accettato dalla comunità scientifica internazionale grazie all'autorevolezza della Royal Society di Edimburgo, di cui Scoresby era membro.

Parallelamente a queste pionieristiche attività di osservazione e catalogazione, proseguì con immutato vigore anche l'interesse per i cristalli di neve da parte dei letterati, soprattutto nelle aree maggiormente interessate dalla neve. Da questo punto di vista, è emblematica la storia del Giappone dove, nel 1837, venne pubblicato

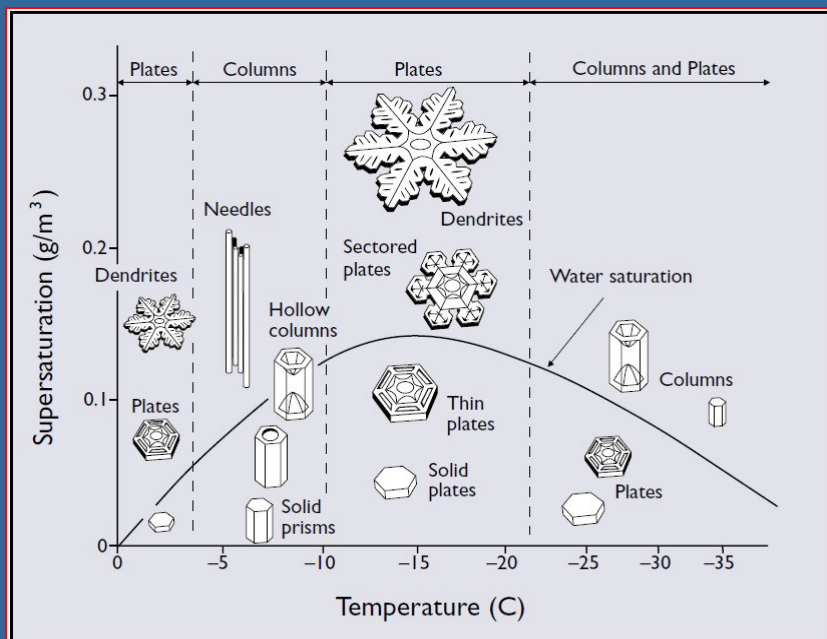


Figura 5, Rappresentazione schematica della classificazione di Nakaya (rivista ed aggiornata successivamente da Kobayashi) dei cristalli di neve in funzione di temperatura e umidità relativa. In realtà al posto dell'umidità relativa si usa la sovrasaturazione rispetto al

un libro intitolato "Storie della terra della neve" (Hokuetsu Seppu). In questo libro, oltre a molte storie e tradizioni popolari legate alla neve, vennero raffigurati anche un'ottantina di diversi tipi di cristallo di neve. Il libro, molto curato graficamente, divenne ben presto un caso letterario. Ci furono molte ristampe e, a grande richiesta, vennero aggiunte ulteriori riproduzioni di fiocchi di neve che, in breve tempo, impressionarono a tal punto l'opinione pubblica sino a diventare una raffigurazione ricorrente nei tessuti dei tradizionali kimono. In Europa, e soprattutto negli USA, invece, a provocare un periodo di fortuna per i cristalli di neve fu un album fotografico realizzato negli anni '30 da William Benthley. Le immagini ottenute da Benthley sono, in assoluto, tra le più belle mai realizzate di cristalli di neve naturali, ma, proprio perché l'intento del fotografo era quello

di realizzare delle belle fotografie, egli scelse solo i cristalli che spiccavano per regolarità e simmetria, tralasciando gli altri. Bentley ebbe un notevole successo di pubblico e, forse proprio per questo, fece entrare nell'immaginario collettivo l'idea che i cristalli di neve sono sempre rigorosamente regolari e simmetrici, cosa non del tutto vera (figura 13).

OGNI CRISI È UN'OPPORTUNITÀ

Dal punto di vista scientifico, contrariamente a quanto accadeva in altri ambiti culturali, nonostante l'ausilio della nascente tecnica fotografica, non ci furono grandi progressi nelle conoscenze sui cristalli di neve sino al 1954 quando, grazie alla imponente opera di ricerca di Ukichiro Nakaya (1900-1962), fu pubblicata la prima classificazione delle forme archetipiche dei cristalli di neve, catalogate in funzione della temperatura e della umidità relativa (figura 5). Al di là del suo merito scientifico, la storia di Nakaya è molto interessante e, per certi versi, rappresentativa del destino di molti scienziati che, con alterna fortuna, si sono occupati di fisica dell'atmosfera.

Nakaya, infatti, dopo aver conseguito brillantemente la laurea in fisica nucleare, vinse un concorso presso l'Università di Hokkaido. In quell'università, però, non c'era alcuna strumentazione che gli permettesse di proseguire i suoi studi. In vero, nel laboratorio di fisica, non c'era nulla che gli permettesse di proseguire un qualsiasi tipo di studi. L'unica cosa che non mancava ad Hokkaido era la neve pertanto, l'intraprendente Nakaya, armato di termometro, microscopio e buona volontà, si mise a studiare con dedizione ed abnegazione tutta nipponica l'unica cosa di cui disponeva in abbondanza: i

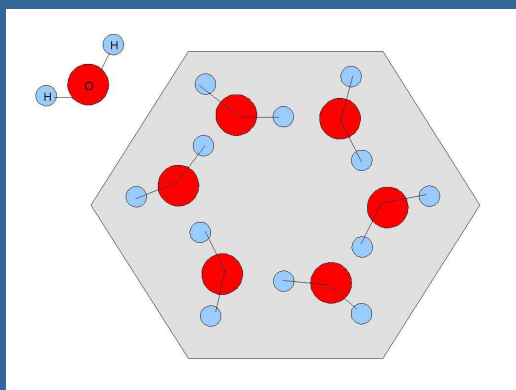


Figura 6, Rappresentazione schematica di un cristallo di ghiaccio. I punti rossi indicano gli atomi di ossigeno, i punti azzurri gli atomi di idrogeno. Alle condizioni di pressione normalmente osservate in atmosfera gli atomi di ossigeno si posizionano sui vertici di un esagono.

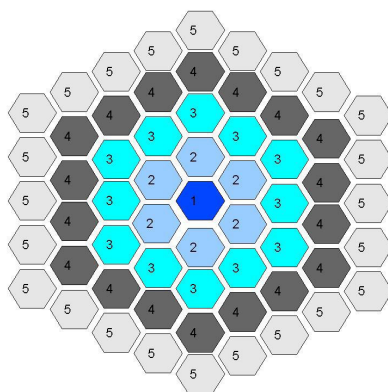
fiocchi di neve. Questo lo portò non solo ad effettuare rilevanti scoperte ma conseguire un obiettivo sfuggito anche a molti e forse più famosi e blasonati scienziati di varie discipline: la creazione di una scuola di eccellenza nel settore della fisica dell'atmosfera, ancora attiva e autorevole presso l'università di Hokkaido. E' inoltre interessante notare che Nakaya ottenne i suoi risultati scientifici ben prima degli anni '50 in cui vennero pubblicati (tra l'altro egli viene considerato il primo ad essere riuscito a formare un cristallo di neve artificiale), ma l'interesse per la fisica dell'atmosfera e in particolare per la fisica delle nubi si sviluppò in maniera consistente solo dopo gli anni '40, sia per finalità belliche che per motivazioni pratiche. Dopo gli anni '40, infatti, molti scienziati e tecnologi si resero conto che in alcuni casi era possibile modificare il tempo meteorologico (incrementare o ridurre le precipitazioni, dissipare o formare nubi, etc.), quindi diventava estremamente rilevante conoscere quanti più dettagli possibili sulle nuvole e sulle precipitazioni.

Dopo gli anni '50, le tecniche di spettroscopia molecolare, unite agli sviluppi nella conoscenza nel campo della chimica (anche quantistica) dell'acqua e ad abbondanti finanziamenti, permisero di raggiungere le conoscenze attuali sulla forma e sul comportamento dei cristalli di neve, di seguito descritte.

COSA SAPPIAMO E COSA NON SAPPIAMO

In base alle attuali conoscenze siamo sufficientemente confidenti che la simmetria esagonale dei cristalli di neve sia legata alla

Figura 7. Rappresentazione schematica delle fasi di crescita di un cristallo di neve. Il primo cristallo (numero 1) verrà attorniato molecole d'acqua con la medesima probabilità su tutti i lati (numero 2), pertanto anche in seguito (numero 3, 4, 5, ..) la simmetria esagonale del cristallo 1 si propagherà durante la crescita.



simmetria esagonale di una delle forme basiche del cristallo di ghiaccio. La molecola dell'acqua, infatti, è una molecola polare (asimmetrica e formata da due atomi di idrogeno ed uno di ossigeno, figura 6).

Quando le temperature sono sufficientemente basse e in particolare grazie alla presenza di corpuscoli che fungono da nucleo di condensazione, le molecole di acqua danno origine ad un solido cristallino (il ghiaccio) unendosi tra loro avvicinando gli atomi di ossigeno agli atomi di idrogeno. In questo modo, una delle forme stabili del reticolo cristallino, alle pressioni normalmente osservate in atmosfera, è mostrata in figura 6. Il cristallo di ghiaccio, o meglio l'unità elementare di cristallo di ghiaccio, che così si forma vede gli atomi di ossigeno disporsi sui vertici di un esagono regolare. Questa disposizione è alla base della simmetria esagonale dei cristalli di neve osservati in natura. Ora, il fatto che l'unità base del cristallo di neve (cristallo microscopico) abbia una simmetria esagonale non è immediatamente e necessariamente legato alla simmetria esagonale dei macrocristalli che osserviamo ad occhio nudo e che sono svariate migliaia di volte più grandi dei micro-cristalli che li compongono. Il proble-

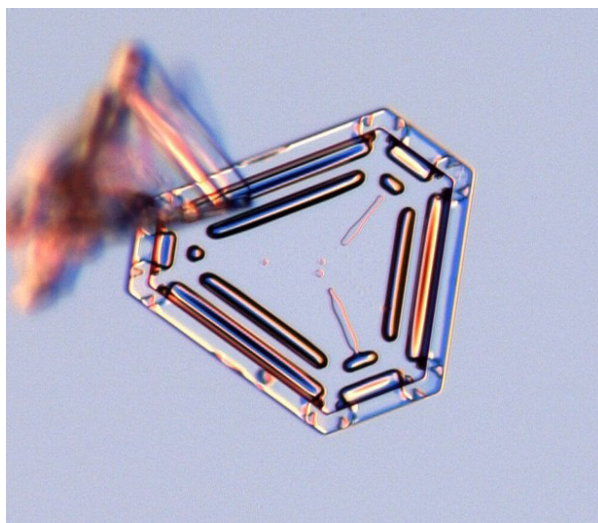


Figura 8. Cristalli di neve con una simmetria triangolare. Questi cristalli sono relativamente rari e le reali motivazioni che portano alla loro forma non sono ancora chiare. Fotografia di Kenneth G. Libbrecht

ma è analogo a quello della simmetria del corpo umano. Anche noi, infatti, siamo formati da cellule mediamente sferiche, ma abbiamo una simmetria corporea molto diversa da quella della sfera. Nel caso del corpo umano, essendoci evoluti sotto gli effetti di un campo gravitazionale, che rompe la simmetria sferica introducendo un alto e un basso, e muovendoci nello spazio,

quindi rompendo ulteriormente la simmetria sferica introducendo un davanti e un dietro, abbiamo un corpo dotato della sola simmetria destra-sinistra. Nel caso dei cristalli di neve, il problema è analogo. Non i micro-cristalli si formano, essendo molto piccoli, sono immersi in un ambiente sostanzialmente dotato delle medesime caratteristiche di temperatura e umidità in tutte le direzioni. Per questo motivo, il primo micro-cristallo esagonale formatosi, verrà attorniato da altre molecole d'acqua in maniera statisticamente simile su tutti i lati. In questo modo, strato dopo strato, verrà mantenuta la simmetria esagonale originaria (figura 7). E' curioso notare che questo ragionamento è lo stesso fatto da Keplero nel 1600, in quanto si basa sull'impaccamento di molecole/atomi, la sola differenza è che Keplero, all'epoca, ragionò con sfere. Egli non poteva sapere che la molecola d'acqua è una struttura asimmetrica, dove l'angolo che i due atomi di idrogeno formano con l'atomo di ossigeno (posto al

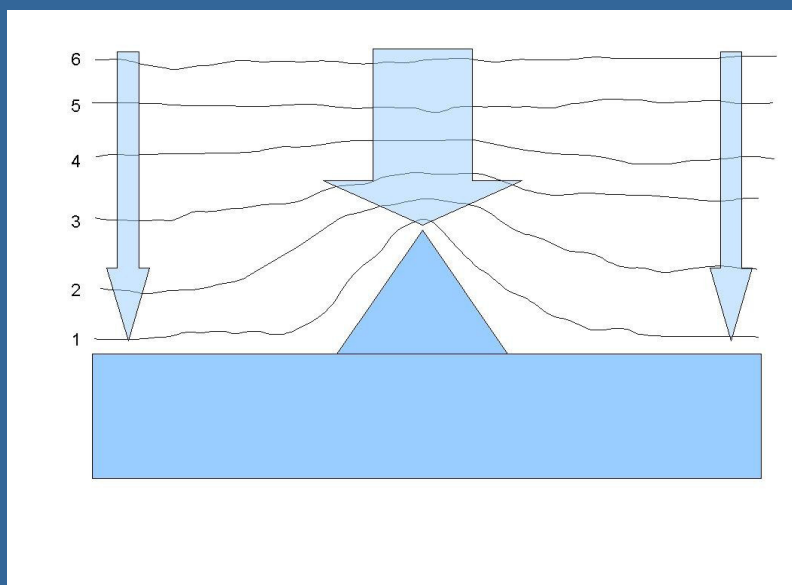


Figura 9. Rappresentazione schematica del perché una protuberanza riceva, statisticamente, una quantità maggiore di molecole di vapore acqueo, quindi cresca ancora più velocemente delle superfici piatte che la contornano. Le linee rappresentano valori di uguale saturazione (concentrazione) di vapore acqueo.

vertice della molecola) è di circa 120° . E' quest'angolo, in ultima analisi, la causa della simmetria esagonale dei cristalli di neve, unito alla omogeneità dell'ambiente nel quale i cristalli si sviluppano. Se le condizioni di omogeneità non sono mantenute, infatti, si possono avere anche dei cristalli di neve che hanno simmetrie peculiari, come quella triangolare (figura 8), anche se questi tipi di cristalli di neve sono relativamente rari e le cause microfisiche della loro forma non sono a tutt'oggi ancora comprese appieno.

Un altro degli aspetti ancora oscuri relativi alla forma dei cristalli di neve è legato al fatto che, partendo dalla simmetria esagonale mostrata in figura 6 e 7, diversi intervalli di temperatura portano a diversi regimi di crescita del micro-cristallo originario. In alcuni casi, infatti, i microcristalli si sviluppano maggiormente in altezza

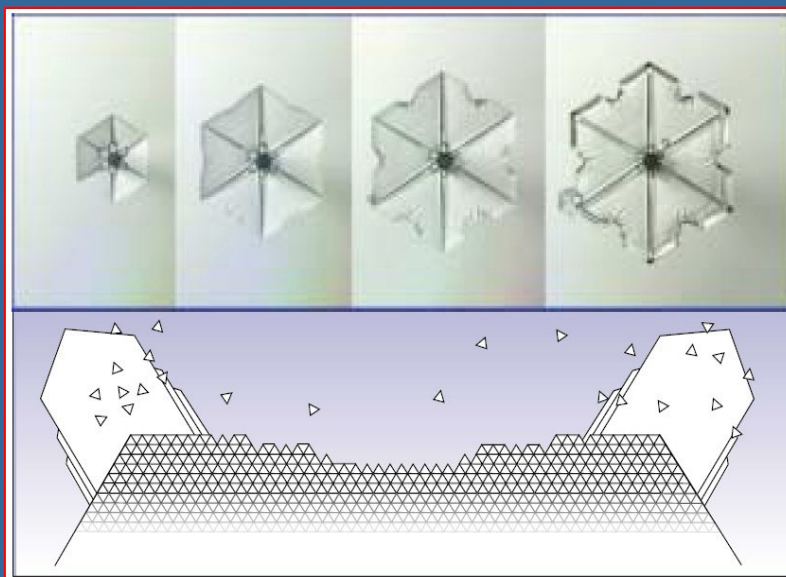


Figura 10. Sequenza di crescita di un cristallo di neve dove, grazie all'elevato valore di saturazione presente nell'ambiente, gli spigoli crescono maggiormente rispetto alle superfici piane, dando origine ad una struttura stellata (dendrite). Fotografia di Kenneth G. Libbrecht

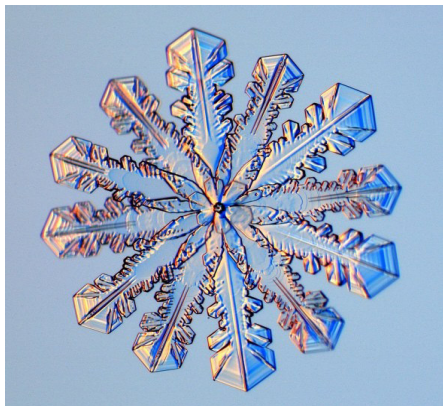


Figura 11, Uno stesso cristallo di neve cresciuto in ambienti diversi dà origine a strutture complesse come la colonna esagonale sormontata da dischi esagonali e il doppio cristallo esagonale (due cristalli esagonali sovrapposti, uniti da una piccola colonna e ruotati di ca. 30°).



(formando delle colonne), in altri si sviluppano più velocemente lungo i lati (formando dei dischi). Nel dettaglio, mostrato in figura 5, abbiamo che:

1. per temperature indicativamente comprese tra 0 e -5 °C, il cristallo sviluppa maggiormente le basi, quindi cresce in larghezza dando origine a delle sorte di dischi esagonali;
2. per temperature indicativamente comprese tra -5 e -10 °C, il cristallo sviluppa maggiormente le facce laterali, quindi dà origine a delle colonne a simmetria esagonale;
3. per temperature indicativamente comprese tra -10 e -20 °C, il cristallo sviluppa nuovamente le

basi dando nuovamente origine a dei dischi esagonali;

4. per temperature inferiori a -20 °C si ha una transizione lenta da dischi esagonali a colonne esagonali.

Resta ancora un aspetto rilevante da spiegare, almeno qualitativamente, per quanto riguarda la forma dei cristalli di neve, e cioè come mai spesso si osservino delle ramificazioni che danno origine alle cosiddette dendriti, cioè la classica forma stellata dei cristalli di neve che fa parte dell'immaginario collettivo. Questa crescita ramificata si può spiegare ricordando ancora una volta che la simmetria esagonale è garantita dall'omogeneità delle condizioni (temperatura e umidità) che contornano il cristallo nella sua fase di crescita. Se infatti un punto del cristallo sperimenta una maggiore presenza di vapore acqueo nei suoi pressi, quel punto riceverà statisticamente più molecole di acqua rispetto agli altri punti, crescendo rispetto alle altre parti del cristallo. Questo è quello che accade quando si formano le dendriti e, nel caso particolare, la causa della

rottura dell'omogeneità spaziale è proprio dovuta al fatto che il cristallo sia dotato di punte esagonali. Tutto diventa più semplice da spiegare osservando lo schema mostrato in figura 9. In tale schema si vede come, una eventuale protuberanza che casualmente si fosse formata su una superficie piatta di un cristallo in crescita, cioè sul quale si depositano delle molecole di acqua. Sul cristallo cadono tante più molecole quanto maggiore è la presenza nei suoi pressi di vapore acqueo, cioè, nella rappresentazione di figura 9, quanto più fitte saranno le linee di uguale saturazione. E' chiaro che una protuberanza riceverebbe statisticamente più molecole delle superfici piatte che la contornano, crescendo ancora di più, quindi raccogliendo ancora più efficacemente molecole. Sono pertanto gli spigoli stessi di un cristallo di neve che, estendendosi maggiormente verso l'esterno rispetto alla superficie piatta, possono crescere ancora più rapidamente producendo delle vere e proprie ramificazioni. Questo meccanismo, però, per essere efficace deve avvenire con cristalli di neve sufficientemente grandi da perturbare significativamente il campo di vapore acqueo e soprattutto in presenza di una notevole quantità di molecole d'acqua, in modo da rendere ancora più marcato l'effetto statistico (figura 10). Infatti, dal diagramma mostrato in figura 5, si vede come le forme stellate dei cristalli di neve (le dendriti) si formino solo in corrispondenza delle temperature che consentono la formazione di dischi esagonali e in corrispondenza di elevate concentrazioni di vapore acqueo.

Ora, come è evidente, in una nuvola reale non necessariamente un cristallo di neve cresce acquisendo molecole di vapore acqueo sempre alla stessa temperatura. Può infatti accadere che un cristallo si sposti da zone con temperature basse a zone con temperature alte e viceversa, quindi subendo diversi regimi di crescita.

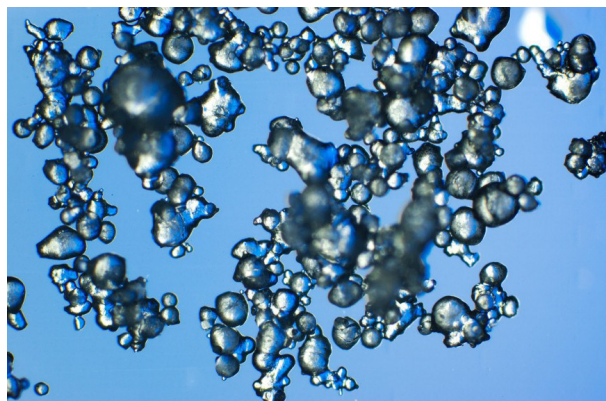


Figura 12, Immagine ingrandita di neve artificiale, E' chiaro come i cristalli di neve artificiali siano degli agglomerati di singole unità a simmetria grossomodo sferica. Fotografia di Kenneth G. Libbrecht.



Imperfect Symmetry

MC Cassino, 2005



Figura 13, Immagini di cristalli di neve irregolari. Fotografia di Kenneth G. Libbrecht (sopra) e di Mark Cassino (sotto)

Questo porta alla formazione di strutture peculiari, veri e propri scherzi della natura, con colonne esagonali sormontate da dischi esagonali etc. In questo modo si riescono anche a spiegare cristalli di neve a simmetria dodecagonale (dodici lati) che sono il risultato della crescita di due dischi esagonali distinti su una piccola colonna. I bracci del cristallo sono ruotati di ca. 30 ° perché questa configurazione è quella che permette agli spigoli di poter recuperare in maniera più efficiente ed efficace vapore acqueo senza infastidirsi reciprocamente (figura 11).

Prima di concludere è opportuno spendere alcune parole, sia sulla neve artificiale che sulla formazione dei fiocchi di neve, cioè di conglomerati di cristalli di neve che costituiscono la stragrande maggioranza delle nevicate alle nostre latitudini. Per quanto riguarda la neve artificiale, essa è prodotta spruzzando acqua sovraffusa (acqua liquida a temperature inferiori a 0 °C) in ambienti caratterizzati da temperature negative. In questo caso le minuscole goccioline di ghiaccio prodotte congelano quasi istantaneamente formando la neve artificiale. Proprio per il modo in cui questa neve artificiale è prodotta, essa non sarà caratterizzata da cristalli di neve a simmetria esagonale, ma da sferette di ghiaccio (figura 12).

Per quanto riguarda i conglomerati di neve che costituiscono le precipitazioni, comunemente chiamati "fiocchi di neve" essi sono solitamente costituiti da insiemi di singoli cristalli stellati (dendritici). Quando la temperatura aumenta e, conseguentemente, aumenta anche la concentrazione di vapore acqueo, in base al diagramma di Nakaya, sappiamo che il più frequente tipo di cristalli è quello stellato. Urtando tra di loro (evento frequente se i cristalli sono molti), facilmente aderiscono tra di loro viste le piccole velocità di caduta, dando origine ai conglomerati che sono i fiocchi di neve. Quanto maggiore è la temperatura, tanto più facile sarà che i singoli cristalli aderiscano tra di loro, tanto maggiore sarà la temperatura, inoltre, tanto maggiore sarà la quantità di vapore acqueo potenzialmente disponibile quindi i cristalli che si potranno formare. Per questo motivo, solitamente, poco prima che le nevicate si tramutino in pioggia, si osservano anche i fiocchi di neve di dimensioni maggiori, una sorta di "canto del cigno" che le "candide vergini" donano agli appassionati, quale promessa di un sicuro ritorno.

BIBLIOGRAFIA

Pruppacher H. R. e Klett J. D., 1997. Microphysics of clouds and precipitations. Kluver Academic Press.

Rogers R. R. e Yau M. K., 1996. A short course in cloud physics. Butterworth Heinemann.

Aristotele. Meteorologica. (a cura di L. Pepe) edizioni Lampi di stampa.

Lucrezio. La natura delle cose.

Libbrecht K. G., 2001. Morphogenesis on ice: the physics of snow crystal. Engineering and Science N. 1.

Herm G., 1978. Il mistero dei celti. Garzanti editore.

Middleton Knowles W. E., 1968. History of the theories of rain. Oldbours history of science editions.

La neve nell'inverno 2008-2009 quanta e perchè

Livio Stefanuto

ARPA FVG - OSMER

Osservatorio Meteorologico Regionale del Friuli Venezia Giulia

Dati Ufficio Neve e Valanghe della Regione, Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali

Introduzione

Le nevicate dell'inverno 2008-2009 sono state oggetto di numerosi articoli sui giornali, soprattutto per i disagi che hanno apportato alle popolazioni con chiusura di strade, interruzioni di cantieri e della fornitura di energia elettrica e conseguente stop delle attività produttive. Noi ci occuperemo solo della parte meteorologica e climatologica di questo periodo. Gli Uffici regionali di Neve e Valanghe del Nord Italia hanno definito questa annata per le Alpi Orientali come una delle più nevose dal 1930. Simile a quella del 1977-78 e seconda solo al 1951, ma in qualche caso come al Passo della Mauria l'altezza del manto nevoso forse ha superato anche quello del 1951. E questo perchè, come vedremo, mentre nel 1951 le grosse nevicate si sono avute in febbraio, quest'anno sono iniziate a novembre. Come si è capito parleremo solo di neve in montagna. I dati provengono dall'Ufficio Neve e Valanghe della Regione - Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali, che ne cura la raccolta e la validazione e a cui va il mio personale ringraziamento. Ulteriori informazioni provengono dalla rete Osmer e rete Meteomont del Comando Truppe Alpine. Le elaborazioni che verranno presentate sono il frutto della stretta collaborazione tra l'Osmer e l'Ufficio Neve e Valanghe della Regione - Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali, nell'ambito di una Convenzione quadro che ne disciplina i rapporti.

Le foto provengono sia da fonti Internet che dall'archivio Osmer e quindi è doveroso un ringraziamento al suo personale.

ANALISI DEI DATI – NEVE FRESCA

L’analisi comincia con una serie di grafici che mostrano il totale di neve fresca caduta nell’intera stagione da novembre ad aprile nelle stazioni più rappresentative delle nostre montagne.

A Piancavallo (grafico 1) la quantità totale è paragonabile a quella di 25 anni fa ma nell’inverno 2003-2004 ne era caduta molta di più. Le stesse considerazioni si possono fare anche per Claut ma essendo una stazione di bassa quota, di neve ne è caduta ancora meno: 142 cm rappresentano la metà di quanto è caduto sia nel 2003-04 sia degli anni ottanta. Per quanto riguarda Sauris occorre tornare indietro di oltre 30 anni per trovare valori simili, ma negli anni 80 mancano le misurazioni. La serie più significativa è senz’altro quella di Forni di Sopra perché è la serie più continua ed affidabile che abbiamo (grafico 2).

Anche in questo caso si nota che la quantità di neve dell’ultimo inverno non è un record ma che occorre comunque tornare

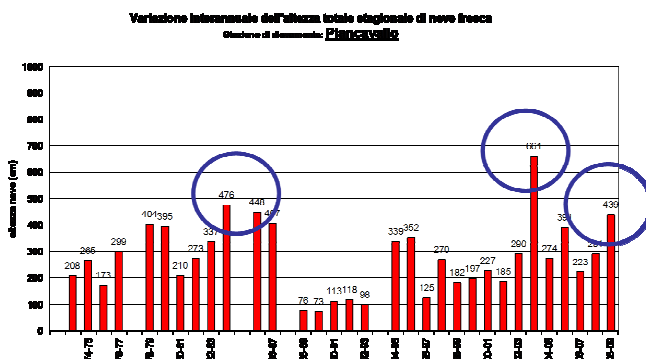


Grafico 1

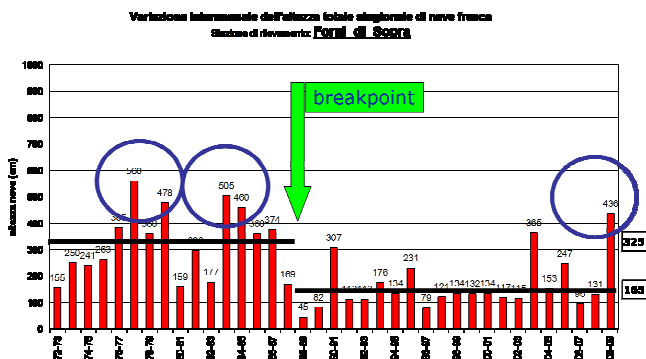


Grafico 2

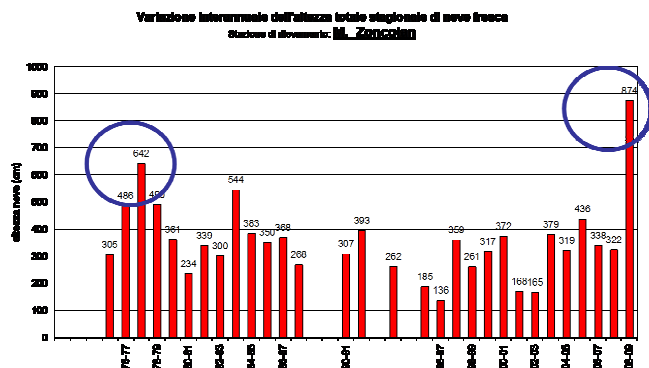


Gráfico 3

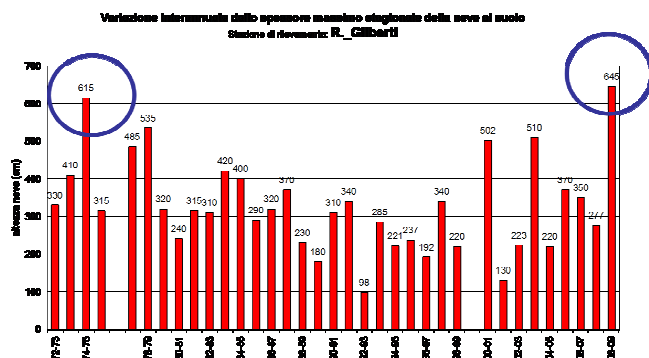


Gráfico 4

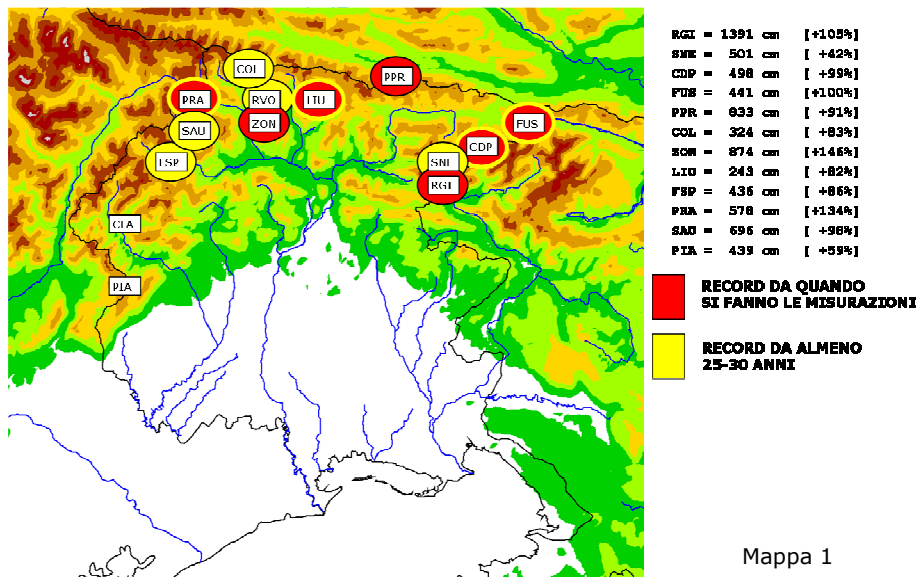
indietro di 25-30 anni per trovare valori più alti. Analizzando questa serie emerge chiaramente il trend facendo il valor medio prima e dopo del 1989: è evidente la comparsa di un breakpoint con la perdita di 160 cm di neve. Negli ultimi 20 anni è caduta la metà della neve che cadeva nel quindicennio precedente. La stessa cosa si vede anche a Sella Nevea e Fusine: occorre tornare indietro di 25-30 anni per trovare valori simili o più alti.

Salendo di quota invece le cose cominciano a cambiare. Sullo Zonzolani (grafico 3) la quantità di neve caduta è stata veramente eccezionale perché ha superato di gran lunga anche i record degli anni settanta. Lo stesso vale anche per la stazione sul Passo Pramollo. Se andiamo sul Monte Canin (grafico 5) e completando la serie del Rifugio Gilberti con le misurazioni effettuate all'arrivo della

funivia si evidenzia anche in questo caso l'eccezionalità della neve caduta: quasi 14 metri di neve fresca cumulata.

In mappa 1 viene mostrata una mappa riassuntiva: le targhette indicano le stazioni più rappresentative di cui abbiamo dati anche nell'ultimo inverno. Lo sfondo rosso compare se il dato è record dal 1972. Il giallo compare se il dato è un record da almeno 25-30 anni. Lo sfondo rosso con il bordino giallo compare nelle stazioni che presentano grossi buchi di dati o che non hanno misurazioni negli anni settanta. Si vedono valori record in particolare nella Carnia centrale e nelle Alpi Giulie. Nella tabella si possono leggere i dati di neve caduta e lo scostamento in percentuale dalla media (tra il 60 % ed il 130 %).

L'analisi dei dati mese per mese si fa molto più interessante. In grafico 4 si vede la serie storica della neve caduta tra novembre e dicembre per quanto riguarda Forni di Sopra. Si vede che non ci



Mappa 1

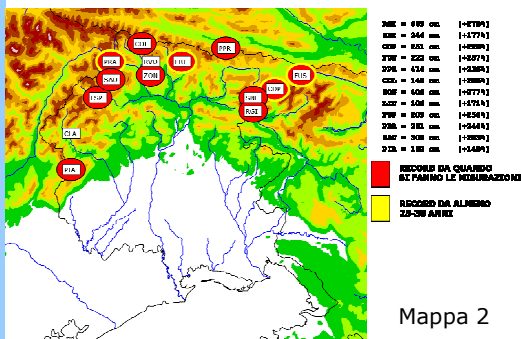
sono paragoni con il passato. Ma in tutta la montagna (mappa 2) tra novembre e dicembre è caduta una quantità di neve eccezionale, eccetto che a Claut che però è a bassa quota e in questi mesi risente maggiormente della sua posizione più esposta allo scirocco caldo. Da notare non solo la quantità ma soprattutto la percentuale: andiamo dal 150 a quasi il 300 % in più della media.

La cosa si è ripetuta anche negli altri mesi ma solo a livello locale.

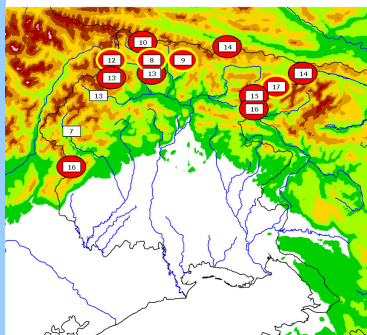
ANALISI DEI DATI – GIORNI NEVOSI

Abbiamo dunque capito che a novembre e dicembre è nevicato veramente tanto; ma è nevicato anche spesso? Se si va a vedere il numero di giorni in cui ha nevicato nel mese di dicembre, si nota che quasi ovunque ha nevicato un giorno su due e questa cosa rappresenta un record per tutte le stazioni (mappa 3). La cosa non si è ripetuta negli altri mesi se non a Piancavallo in gennaio con ben altri 17 giorni. Guardando dunque il numero di giorni nevosi dell'intera

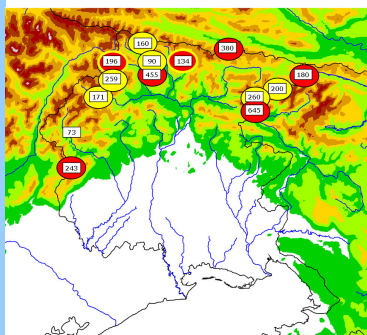
stagione accade quel che avevamo già visto per il totale stagionale di neve fresca: abbiamo un record assoluto solo a Piancavallo e sullo Zoncolan, mentre occorre tornare indietro di 25-30 anni solo per Forni, Pramollo, Sella Nevea e Gilberti.



Mapa 2



Mapa 3



Mapa 4

ANALISI DEI DATI – ALTEZZA DEL MANTO NEVOSO

La neve caduta tra novembre e dicembre si è poi assestata mantenendo un'altezza considerevole. Questo ha fatto sì che lo strato medio mensile e stagionale sia stato veramente eccezionale. Il grafico 5 mostra l'andamento della massima altezza raggiunta dal manto nevoso sul Rifugio Gilberti durante l'intera stagione negli ultimi 37 anni e come si vede non si erano mai raggiunti questi valori. Questo vale anche per molte altre località. In più di metà stazioni (mappa 4) non si era mai raggiunto uno strato così da quando si fanno le misurazioni, mentre nell'altra metà non accadeva

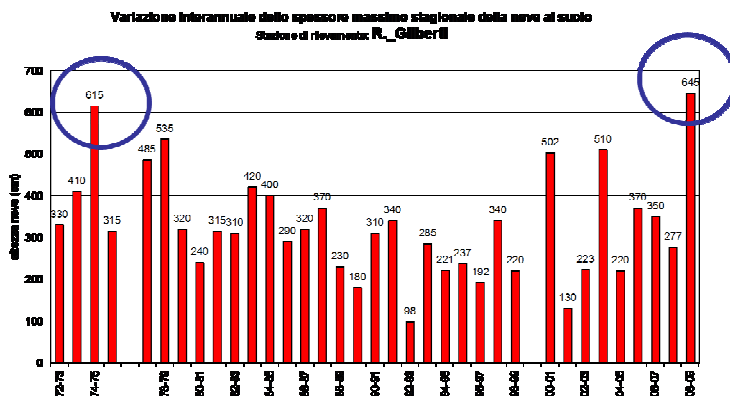


Grafico 5

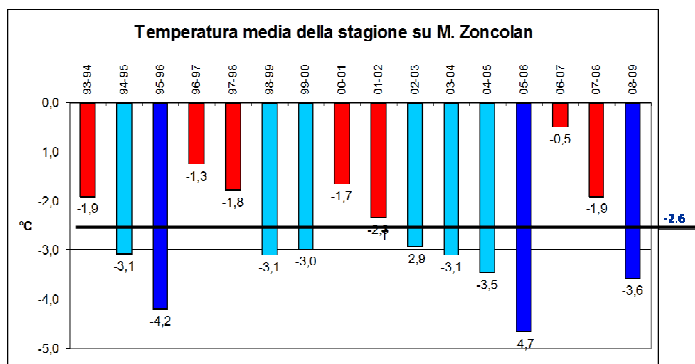
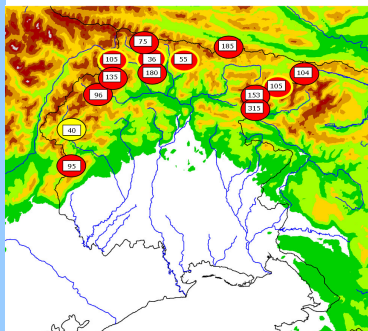


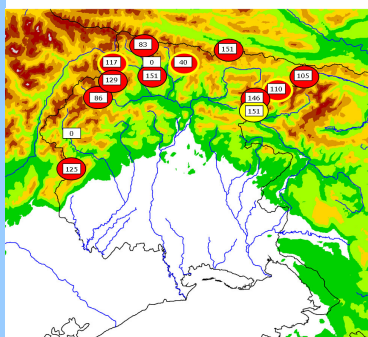
Grafico 6

da 25-30 anni. Andando a vedere ora il massimo strato raggiunto nel mese di dicembre e ricordando la straordinaria quantità di neve fresca caduta tra novembre e dicembre si comprende facilmente perché su quasi tutte le località non si era mai raggiunta una tale altezza da quando si fanno le misurazioni.

Tra l'altro la temperatura ha contribuito a mantenere la neve caduta al suolo. In grafico 6 è mostrata la temperatura media da dicembre a marzo sul monte Zoncolan. Nonostante i tanti giorni nevosi, e quindi una maggior frequenza di correnti umide occidentali o sudoccidentali, è stata una stagione tra le più fredde degli ultimi anni. I dati non comprendono il mese di aprile quando il rapido aumento della temperatura ha favorito la rapida ablazione del manto nevoso. Rispetto ad altri anni particolarmente nevosi in primavera la neve si è generalmente sciolta più rapidamente.



Mappa 5



Mappa 6



Foto archivio OSMER

La mappa 5 mostra il valore minimo del manto nevoso nel mese di dicembre. Come si vede dal colore rosso diffuso non si era mai verificato da quando si fanno le misurazioni che la neve a dicembre fosse meno del valore indicato.

Per avere un'idea di quanto vengono superati i record precedenti ricordiamo che a Forni di Sopra durante tutto il mese di gennaio l'altezza del manto nevoso non è mai stata meno di 90 cm mentre nel passato si ritrovano parecchi mesi di gennaio con strato minimo pari a zero ed il precedente massimo era di 65 cm nel 1980.

ANALISI DEI DATI – DURATA DEL MANTO NEVOSO

La mappa 6 mostra il numero di giorni dal 1 dicembre al 30 aprile con una altezza del manto nevoso superiore ad 1 metro. Anche in questo caso sono quasi tutti record ma se è normale per le stazioni ad alta quota, è invece eccezionale per quelle a quota inferiore. Per dare un'idea di cosa vuol dire basti pensare che a Fusine fino a quest'anno la popolazione era stata costretta a vivere al massimo per 23 giorni con almeno un metro di neve in paese. Quest'anno ha dovuto farlo per 105 giorni, quasi quattro mesi.

Anche guardando la mappa che mostra il numero di giorni dal 1 dicembre al 30 aprile con più di 1,5 metri di neve al suolo si osservano molti record. Evidenziamo ad esempio il paese di Sauris dove

	FRANCAVILLO	CIANUT	FORNI DI SOPRA	SALURIS	PRADIBOSCO	COLLINA	RAVASCLETTO	M. ZONCOLAN	SELLA LUIS	PRAMOLLO	R. GILBERTI CAMON	SELLA NEVEA	CAVE DEL PREDIL	FUSINE
RECORD DA QUANDO SI FANNO LE MISURAZIONI														
RECORD DA ALMENO 25-30 ANNI														
TOTALE DI NEVE FRESCA NELL'INTERA STAGIONE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NUMERO DI GIORNI NEVOSI NELL'INTERA STAGIONE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TOTALE DI NEVE FRESCA CADUTA TRA NOVEMBRE E DICEMBRE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NUMERO DI GIORNI NEVOSI A DICEMBRE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabella 1

	FRANCAVILLO	CIANUT	FORNI DI SOPRA	SALURIS	PRADIBOSCO	COLLINA	RAVASCLETTO	M. ZONCOLAN	SELLA LUIS	PRAMOLLO	R. GILBERTI CAMON	SELLA NEVEA	CAVE DEL PREDIL	FUSINE
RECORD DA QUANDO SI FANNO LE MISURAZIONI														
RECORD DA ALMENO 25-30 ANNI														
MASSIMO STRATO DI NEVE NELL'INTERA STAGIONE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MASSIMO STRATO DI NEVE A DICEMBRE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MINIMO STRATO DI NEVE A DICEMBRE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NUMERO DI GIORNI CON 1 METRO DI STRATO NELL'INTERA STAGIONE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NUMERO DI GIORNI CON 1,5 METRI DI STRATO NELL'INTERA STAGIONE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabella 2

la gente ha vissuto ben 94 giorni con oltre un metro e mezzo di neve al suolo.

Concludendo le tabelle 1 e 2 mostrano una sintesi, per le diverse località. i dati ci dicono che l'inverno 2008/2009 è stato senz'altro un inverno eccezionale per quanto riguarda l'innevamento sui monti della nostra regione, sia per quanto riguarda il totale di neve fresca che per quanto riguarda gli strati raggiunti, i giorni nevosi e i giorni di copertura. Questo è stato causato essenzialmente dal numero di giorni nevosi di novembre e dicembre (il doppio della media) e quindi dall'alta frequenza di episodi perturbati con temperature sufficientemente basse da permettere la nevicata. Inoltre le nevicate di novembre e dicembre sono state anche molto forti. La

temperatura sotto media dell'inverno ha contribuito poi a mantenere lo strato iniziale di neve.

ANALISI METEO

La stagione invernale è stata contraddistinta da oltre una decina di episodi con abbondanti precipitazioni (oltre 40 cm di neve in 24 ore) fino al 6 marzo e poi un progressiva diminuzione degli apporti che da questa data in poi hanno portato una quantità di neve sotto la media del periodo.

Le situazioni meteo si possono raggruppare in quattro tipologie fondamentali anche se poi ogni episodio ha una sua particolare dinamica e caratteristica.

I gruppo: passaggio di una saccatura atlantica

In questa categoria ricadono gli episodi del:

30 novembre: vasta e profonda saccatura atlantica con afflusso di correnti fresche e umide da sud-ovest in quota;

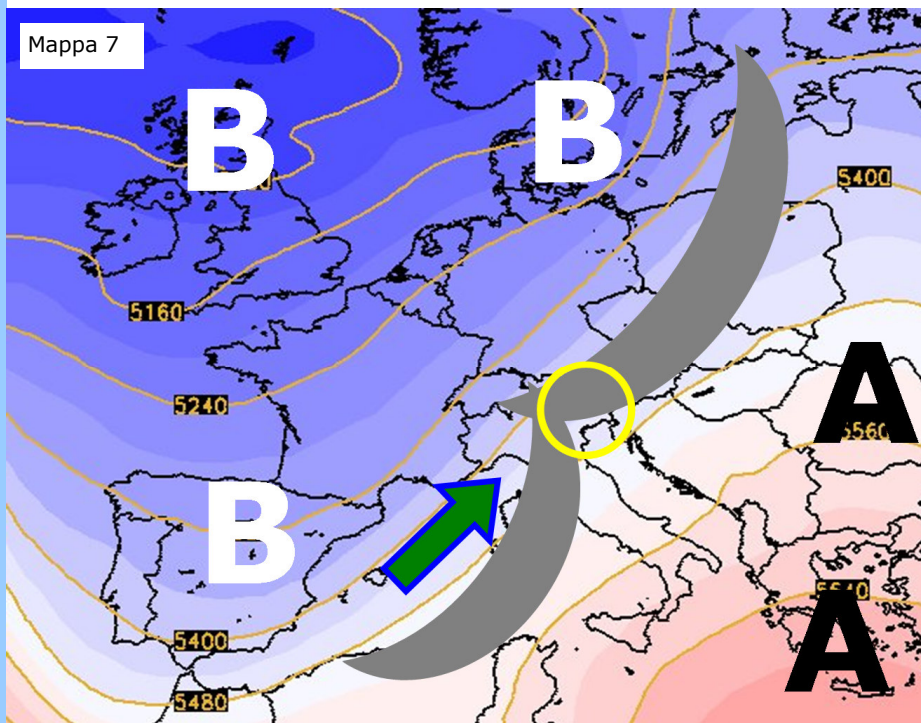




Foto Alberto Villani

5 e 6 dicembre: saccatura atlantica in movimento verso est che porta un fronte con correnti fresche e umide da sud-ovest;

20 e 21 gennaio: fronte freddo associato ad una grande saccatura atlantica (mappa 7) con forti correnti da sud-ovest in quota e forti venti da sud est al suolo. Classica Sciroccata fuori stagione che ha portato sul Canin più di 1 metro di neve fresca in 24 ore. Il 21 il fronte freddo che ha attraversato il Mediterraneo passa l'Italia e raggiunge l'altro fronte quasi stazionario presente a nord delle Alpi;

6 e 7 febbraio: profonda saccatura penetra da nord nel Mediterraneo richiamando un intenso fronte freddo da sud-ovest;

29 e 30 marzo: profonda depressione dalla Scandinavia al Marocco con l'aria fredda sulla Spagna che non si distacca completamente e quindi fa affluire per molto tempo aria umida sul FVG e Scirocco sostenuto per molte ore. Altra Sciroccata fuori stagione.

II gruppo: passaggio di una saccatura atlantica con cut-off e approfondimento di una depressione sul Continente (tipicamente sulla Francia)

In questa categoria ricade l'episodio del:

1 dicembre: la saccatura già attiva dal 30 novembre genera una profondissima depressione sulla Manica ed una depressione secon-

daria sul Golfo Ligure che porta un altro fronte da sud verso le Alpi. Episodio eccezionale per il vento forte da sud sul FVG e per l'acqua alta a Grado.

III gruppo: passaggio di una saccatura atlantica con cut-off e approfondimento di una depressione sul Mediterraneo

In questa categoria ricadono gli episodi del:

13 novembre: una saccatura atlantica con cut-off sul Mediterraneo e conseguente afflusso sul FVG d'aria da sud molto umida in quota. Prima un fronte caldo seguito da un fronte freddo e Bora al suolo;

15, 16 e 17 dicembre: una saccatura atlantica presente sull'Atlantico settentrionale è bloccata nel suo spostamento verso est da un anticiclone presente sull'Europa orientale e sulla Scandinavia. Allora la saccatura si approfondisce verso sud staccando una depressione tra nord-Africa ed Europa Occidentale che fa affluire correnti umide da sud sull'Italia e le Alpi; la situazione si protrae per 2-3 giorni. Il giorno 17 il fronte principale si sposta dall'Italia ai Balcani e la situazione poco dopo va migliorando;

5 e 6 marzo: profonda saccatura penetra ancora da nord-ovest nel Mediterraneo richiamando un intenso fronte freddo da sud sul FVG. Altra sciroccata fuori stagione. Il giorno seguente si ha il distacco della "goccia" sul Mediterraneo che origina una depressione con almeno due fronti associati;

IV gruppo: risalita da sud di una depressione Mediterranea con correnti africane

In questa categoria ricadono l'episodio del:

14 gennaio: una depressione piccola ma profonda risale dall'Africa portando prima un fronte caldo e poi subito l'occlusione per il fronte freddo che raggiunge il fronte caldo;

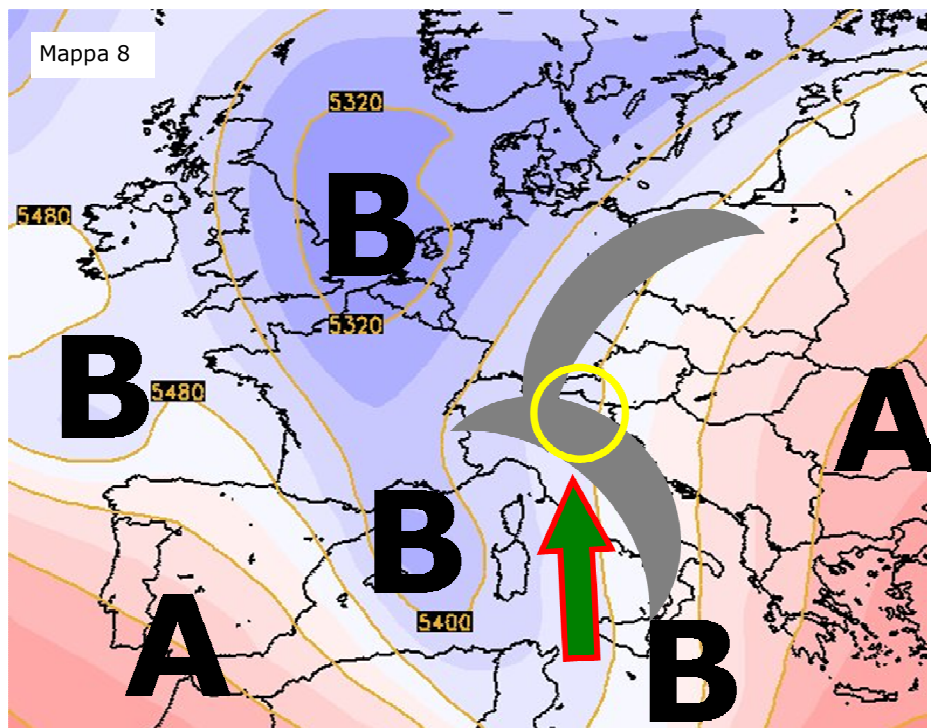
V gruppo: depressione di moto retrograde

In questa categoria ricadono gli episodi del:

10 e 11 e 12 dicembre: dalla depressione principale (mappa 8) in moto retrogrado dalla Scandinavia verso il Mare del Nord, aria fredda raggiunge il Mediterraneo generando una depressione sul Mar Ligure e richiamando un intensissimo flusso umido da sud sul FVG. Questo episodio porta le nevicate più intense con quasi due metri di neve in due giorni;

1 e 2 febbraio: una vasta depressione in moto retrogrado aggancia una depressione atlantica e si approfondisce sull'Europa occidentale

con 2 nuclei ben distinti sulla Manica e sulla Spagna che si muovono in senso antiorario e che interessano in diverso modo il FVG.



Trend storico della neve in Carinzia *Historical Snow Trends in Carinthia*

Franz Stockinger

*ZAMG—Zentral Anstalt für Meteorologie und Geodynamik
Klagenfurt, Kärnten (Österreich)*

La neve di nuovo sotto i riflettori dei media in Carinzia. Masse di aria fredda di origine polare provenienti dalla Groenlandia hanno portato sulle nostre montagne la prima neve molto presto quest'autunno, rendendo possibili così anche le prime sciare. Anche la scorsa stagione invernale 2008/09 ha registrato molta neve.

La domanda allora sorge spontanea: "e il cambiamento climatico che indica un significativo aumento delle temperature ed una riduzione della nevosità?!"

In questa presentazione si vuole dare una rapida occhiata a 3 parametri per mostrare l'evoluzione di:

durata/numero di giorni del manto nevoso

il trend di altezza media del manto nevoso

il trend dell'altezza massima del manto nevoso

Snow is in the media again in Carinthia. Cold polar air masses coming via Greenland brought the first snow very early in this autumn to our mountains and made first skiing possible. And the last winter season 2008/09 had lots of snow too. The question arises what about climate change, significantly rising temperatures and negative snow trends ?

In this presentation a quick look to 3 snow parameters is given to show the development of

the duration / number of days with snowcover

the trend of maximum height of snowcover and

the trend of mean height of snowcover

Villacher Alpe (2140 m) con le prime registrazioni iniziate nel 1945 e tre altre stazioni carinziane (Klagenfurt - 1951, Loibl - 1962 e Reisach - 1962) forniscono i dati per indicare i trend di un periodo fino a 63 anni. In questo momento vi sono 32 stazioni meteorologiche automatiche dello ZAMG in Carinzia e 5 addizionali nell'adiacente distretto del Tirolo orientale.

Le stazioni utilizzate in questa presentazione sono evidenziate in rosso. La maggior parte di esse sono localizzate nella parte più a sud della Carinzia molto prossime ai paesi nostri vicini, Italia e Slovenia.

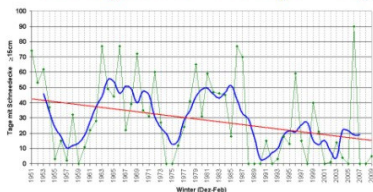
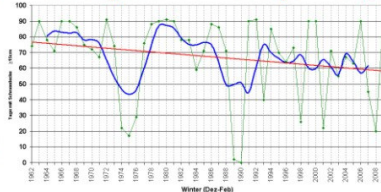
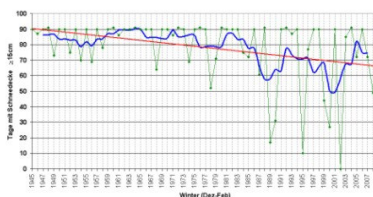
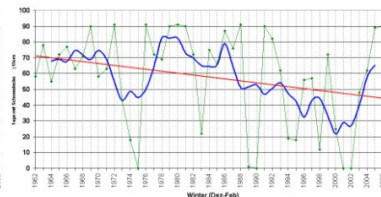
Villacher Alpe (2140m) with a record starting at 1945 and three other Carinthian stations (Klagenfurt-1951, Loibl-1962 and Reisach-1962) provide snow data to show trends covering periods up to 63 years. At this time 32 automatic weather stations of ZAMG are running in Carinthia and 5 additional stations in the adjacent district of East Tyrol.

The stations used in this presentation are marked red. Most of them are located in the southernmost part of Carinthia close to our neighbours Italy and Slovenia.

ZAMG Automatic Stations

Carinthia / Austria



Trend, Number of Days with Snowcover ≥ 15 cm during Winter (Dec, Jan, Feb)**Klagenfurt 450m**1951 - 2008: **40** → **15** dayslast 40 years: **33** → **15** days = **- 55%****Loibl 1098m**1962 - 2009: **75** → **58** dayslast 40 years: **73** → **58** days = **- 21%****Villacher Alpe 2140m**1945 - 2008: **90** → **65** dayslast 40 years: **80** → **65** days = **- 19%****Reisach 646m**1962 - 2008: **70** → **44** dayslast 40 years: **66** → **44** days = **- 33%****DURATA DEL MANTO NEVOSO**

Per questo parametro è evidente una forte variabilità interannuale (altezza della copertura nevosa superiore a 15 cm)

I trend di lungo periodo sono chiaramente negativi in tutte le stazioni tra Klagenfurt (450 m s.l.m.), ai piedi del bacino meridionale della Carinzia, e la stazione montana di Villacheralpe (2140 m s.l.m.) vicino al confine italiano. A Klagenfurt, quindi a bassa quota, la riduzione dei giorni con manto nevoso al suolo è stata del 50% negli ultimi 40 anni. A Reisach (646 m) nella valle della Gail, vicino a Kötschach-Mauthen,

DURATION OF SNOWCOVER:

A strong interannual variability is evident for this parameter (height of snowcover greater than 15 cm)

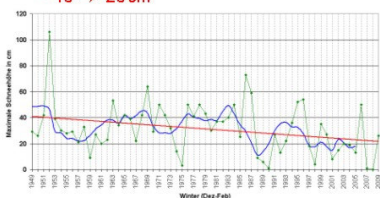
But long time trends are clearly visible being negative for all stations between Klagenfurt at 450 m at the bottom of the southern Carinthian basin and the mountain station Villacheralpe at 2140 m close to the Italian border. At Klagenfurt at low elevations a negative 40 year trend reduces the time with a snowcover of by more than 50% (-55%). Reisach at 646 m in the Gail valley, close to Kötschach-Mauthen, a typi-

tipica stazione di valle, la riduzione è del 33%; la stazione non esiste più da 2 anni. Anche le stazioni a quote più elevate ed in montagna mostrano riduzioni del 20% (Loibl, 1098m, -21% e Villacheralpe, 2140m, -19%)

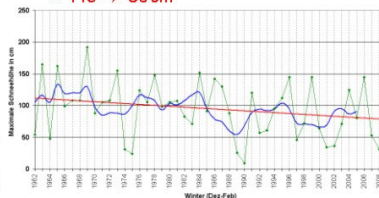
cal valley station, not existing any more since two years shows a reduction of 33%. Even stations higher up and in mountain regions show reductions around 20% (Loibl, 1098m, -21% and Villacher Alpe, 2140 m, -19%)

Trend, Maximum Height of Snowcover during Winter in Carinthia (Dec, Jan, Feb)

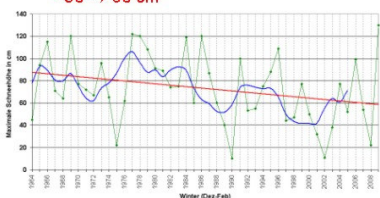
Klagenfurt 450m 1949 - 2008
~ 40 → 20 cm



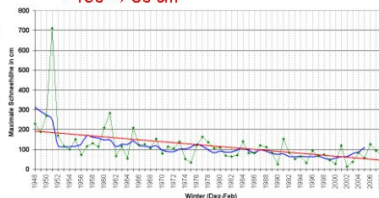
Loibl 1098m 1962 - 2008
~ 115 → 80 cm



Kanzelhöhe 1526m 1964 - 2008
~ 90 → 60 cm



Villacher Alpe 2140m 1948 - 2008
~ 150 → 80 cm



ALTEZZA MASSIMA DEL MANTO NEVOSO

I Trend negativi mostrano la stessa cosa per quanto riguarda le altezze massime del manto nevoso. E' significativa la riduzione di Klagenfurt che da 40 cm è passata ora a 20cm. Trend paragonabili si trovano a

MAXIMUM HEIGHT OF SNOWCOVER

Negative trends show up the same for extreme snow heights. A reduction in Klagenfurt from 40cm to now 20 cm is significant. Loibl, 1098 m 115 cm to 80 cm within 46 years, Kanzelhöhe, 1526 m, 90 cm to

Loibl (1098 m) che da 115 cm passa a 80 cm in 46 anni, Kanzelhöhe, (1526 m) da 90c m a 60 cm in 44 anni e Villacheralpe 2140m, che registra oggi altezze massime di 80 cm contro i 150 cm di 60 anni fa.

60cm within 44 years and Villacheralpe, 214 0m, 150 cm to 80cm within 60 years have similar negative trends for extreme snow heights.

ALTEZZA MEDIA DEL MANTO NEVOSO

MEAN HEIGHT OF SNOWCOVER

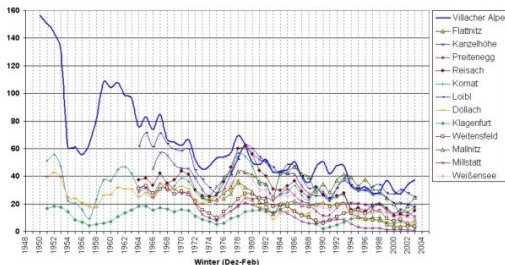
Considerando la maggior parte delle stazioni carinziane per i trend di altezza massima e media della neve, si vede come l'immagine indichi valori decrescenti ovunque. Si può chiaramente vedere che l'altezza media nelle stazioni di bassa quota in alcune annate già si avvicinano allo zero

Covering most of the Carinthian stations for trends of mean and maximum snowheights gives the impressive picture of declining values everywhere. It can clearly be seen that mean heights at lowest elevations already are approaching zero height in some years.

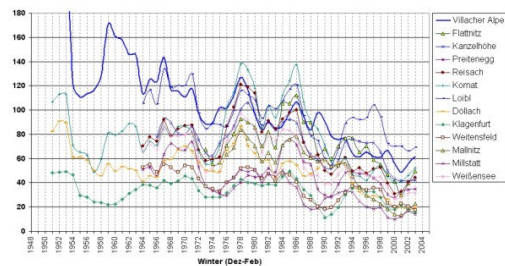
Trend, Mean and Maximum Height of Snowcover during Winter (Dec, Jan, Feb) all Carinthian Stations 1948 - 2004



Mean Height



Maximum Height



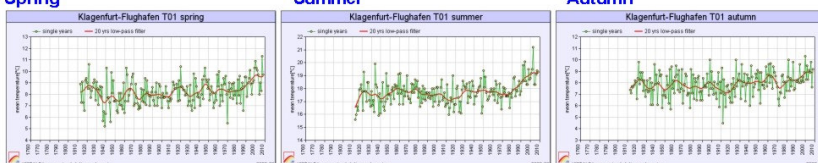
LA CAUSA PRINCIPALE DELLA RIDUZIONE DEL MANTO NEVOSO; TREND DELLA TEMPERATURA

THE PRIMARY REASON FOR DECREASING SNOWCOVERS; TREND OF TEMPERATURE

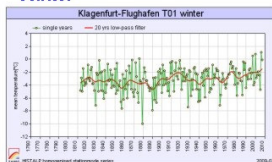
Serie omogenee di temperature da una selezione di stazioni austriache forniscono risultati quantitativi affidabili. Queste stazioni rappresentano parte del database HISTALP dello ZAMG di Vienna. Il sito web HISTALP www.zamg.ac.at/histalp fornisce dati non solo di stazioni austriache, ma è anche un contenitore internazionale di dati omogeneizzati e controllati di molte stazioni all'interno della grande "Regione" alpina (tutte le nazioni attorno alle Alpi). La serie di temperature di Klagenfurt mostra un trend crescente in tutte le stagioni

Homogenised temperature records of selected Austrian stations provide reliable quantitative results. They are part of the HISTALP database of ZAMG in Vienna. I would like to focus Your attention to the HISTALP Website www.zamg.ac.at/histalp which provides not just Austrian stations but an international content with many homogenised und tested Stations within the Greater Alpine Region (all nations surrounding the alps). The Klagenfurt Temperature Trend shows rising tendency in all 4 seasons of the year being about 1.5°C from

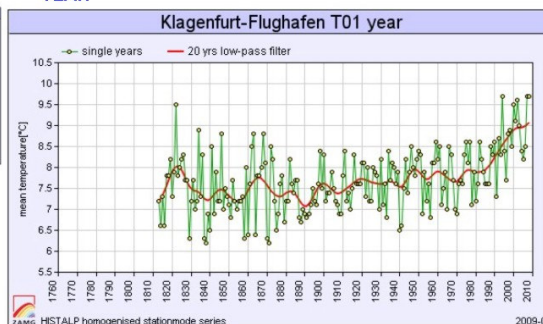
Trend of Temperature Klagenfurt 450m HISTALP-Data (homogenised)
1813-2008
Spring Summer Autumn



Winter

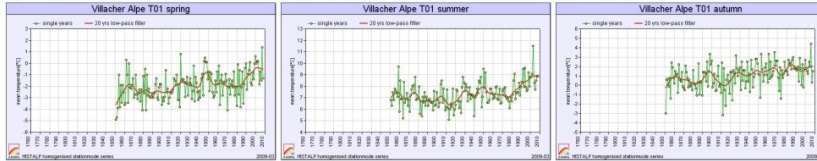


YEAR



Temperature in all seasons rising !!
Year, 1900-2008: +1,5°C

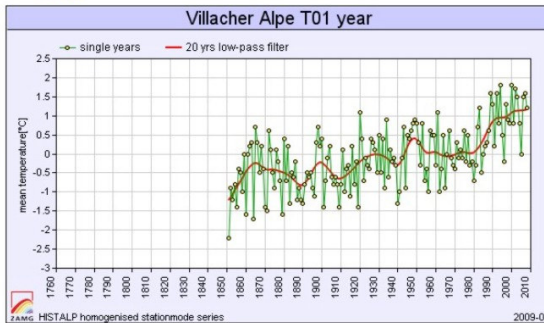
Trend of Temperature Villacher Alpe 2140m HISTALP-Data (homogenised)
 1851-2008
 Spring Summer Autumn



Winter



YEAR



Temperature in all seasons rising !!
Year, 1900-2008: +1,7°C

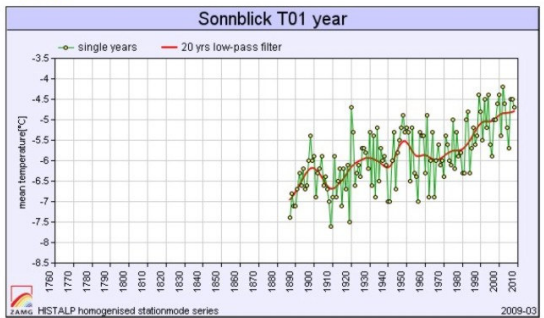
Trend of Temperature Sonnblick 3106m HISTALP-Data (homogenised)
 1886-2008
 Spring Summer Autumn



Winter



YEAR



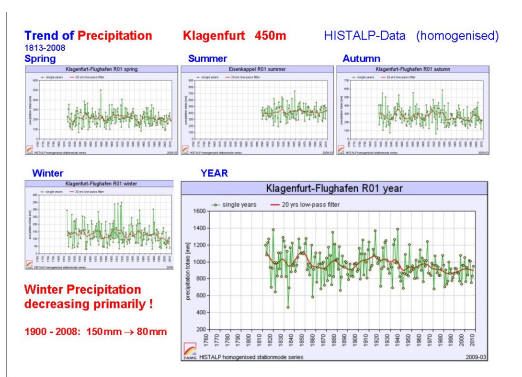
Temperature in all seasons rising !!
Year, 1900-2008: +1,7°C

dell'anno, pari a circa 1.5°C di aumento dal 1900 (temperatura media annuale). Villacher Alpe (2140m) e Sonnblick (3106m) mostrano trend simili entrambi di +1.7°C.

1900 (mean temperature, year). Villacher Alpe (2140 m) and Sonnblick (3106 m) showing similar trends of +1.7°C each.

LA SECONDA E NON MENO IMPORTANTE RAGIONE PER I TREND DELLA COPERTURA NEVOSA; IL TREND DELLE PRECIPITAZIONI

THE SECOND AND SAME IMPORTANT REASON FOR TRENDS IN SNOWCOVER; TREND OF PRECIPITATION

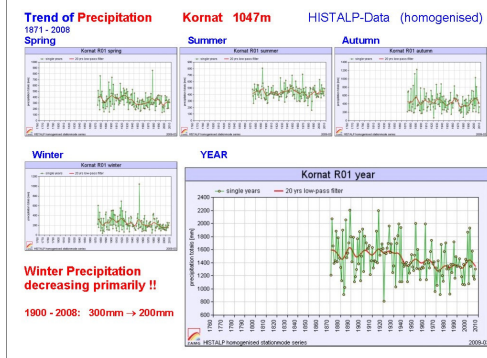


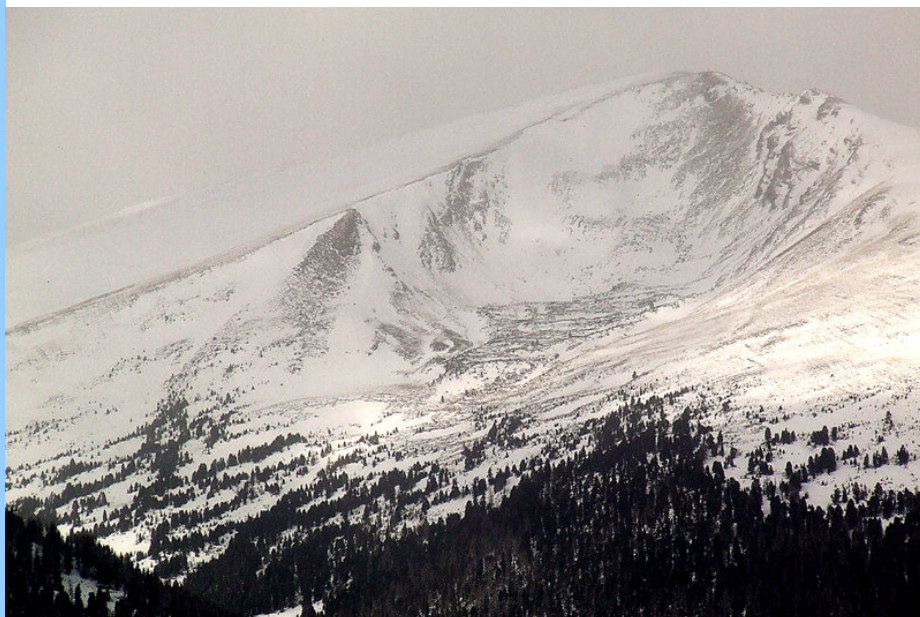
Two analyses of HISTALP for the stations Klagenfurt and Kornat in Gail Valley, close to Kötschach-Mauthen, will be presented here.

Both stations show negative trends for yearly sums of precipitation.

This trend is not so clearly expressed for spring, summer and autumn but shows up very clearly for wintertime. That means in our region most of precipitation during the cold time of the year.

Sono presentate 2 analisi HISTALP per le stazioni di Klagenfurt e Kornat, nella valle della Gail, vicino a Kötschach-Mauthen. Entrambe le stazioni indicano trend negativi nel totale annuale di precipitazioni. Questo trend non è così chiaramente evidente per la primavera, l'estate e l'autunno, ma è molto significativo per il periodo invernale. Ciò significa che nella regione il maggior deficit di precipitazioni si verifica durante il periodo freddo dell'anno.





RIASSUNTO

Periodo (giorni) con manto nevoso

Trend negativo
Riduzione a tutte le altezze più pronunciata alle quote meno elevate
Diversa percentuale per diverse altezze di neve

Altezza media del manto nevoso

Trend negativo
Durante gli ultimi 50 anni altezza media diminuita approssimativamente del 50% a tutte le altezze

Altezza massima del manto nevoso

Stesso trend negativo. Riduzio-

SUMMARY

Time (days) with snowcover:

trend negative
decreasing at all elevations - mostly pronounced at lowest elevations
Different percentages for different snowheights.

Mean Height of Snowcover

trend negative
during the last 50 years mean heights decreasing to approximately 50% in all elevations

Maximum Height of Snowcover

same negative trend down to approximately 50% compared to values 50 years ago

ne fino al 50% rispetto ai valori di 50 anni fa

Ci si aspetta che in Carinzia il trend negativo osservato nell'evoluzione della neve continui

Stime quantitative del trend della neve per singole località richiedono di considerare con molta attenzione le loro particolari caratteristiche topografiche. Queste infatti hanno un forte impatto sul trend delle temperature e quello delle precipitazioni. È importante valutare accuratamente l'altitudine, l'esposizione al sole, la localizzazione (vallata, bacino) e l'esposizione orografica ai forti venti (Stau, Föhn)

Negative trends for future snow developments in Carinthia are expected to continue in the future.

Quantitative snowtrend estimates for single locations require to consider very carefully their specific topographic characteristics. These having strong impact onto the two main underlying reasons trend of temperature and precipitation. It is important to check carefully height, exposition to sunshine, locality (valley, basin) and orographic exposition to strong winds (Stau, Föhn).



UMFVG—14 novembre 2009, Malborghetto

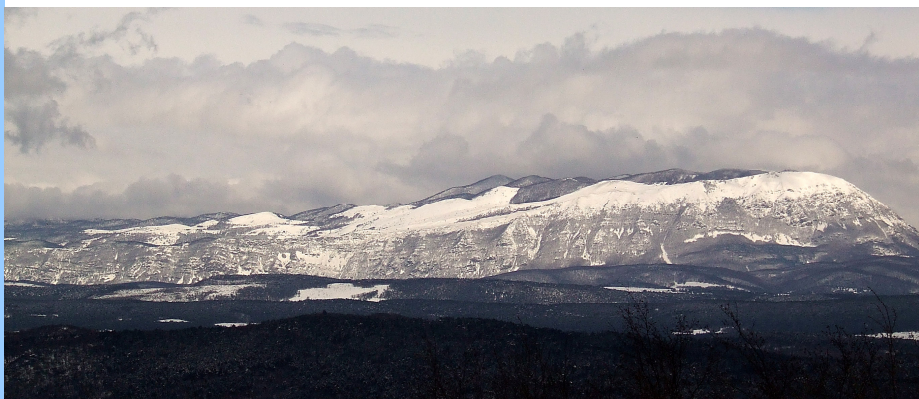
I cambiamenti climatici e la neve in Slovenia *Climate change and snow cover characteristic in Slovenia*

Tanja Cegnar

Environmental Agency of Slovenia

Abstract

In winter snow cover is quite frequent also in low-lying areas in spite of the ever more frequent so-called green winters, but again variations from one year to another are well pronounced. In most instances a falling trend is more or less present; the cycles are notably stressed, especially the minimum at the end of the 1980s and beginning of the 1990s. Many areas also observed a minimum in the 1970s. The climax at the beginning of the 1980s is noticeable across the entire Slovenia. The deepest snow cover in Ljubljana came on 15 February 1952 when the snow cover was 146 cm thick. At Kredarica the maximum snow cover occurred in April 2001 and was 7 m thick. During the last months of 2008 exceptionally deep snow cover was observed in the western Julian Alps.



Neve di primavera sul monte Nanos (Primorska);
Springtime snow over Nanos (Primorska) - foto Renato R. Colucci, 20 marzo 2007

LE CONDIZIONI CLIMATICHE

Le condizioni climatiche in Slovenia sono alquanto varie; le caratteristiche continentali del nord est, sono sostituite da quelle severe del clima alpino delle regioni montuose, fino ad assumere aspetti sub Mediterraneo lungo le coste. C'è tuttavia una forte interazione tra questi tre sistemi climatici su tutto il territorio. Questa varietà si riflette, nel tempo, anche sulla variabilità climatica, ed è un importante fattore che determina l'impatto del cambiamento climatico sull'intero paese.

La frequenza delle forti nevicate a bassa quota mostra differenze considerevoli tra le varie zone della Slovenia. La copertura nevosa è abbastanza frequente in inverno, malgrado siano sempre più frequenti i così detti "inverni verdi", ma ancora una volta si riscontrano differenze molto pronunciate da un anno all'altro. Nella maggior parte dei casi è più o meno presente un trend di diminuzione; i cicli sono visibilmente tormentati, in particolare il minimo tra la fine degli anni '80 e l'inizio di quelli '90.

In molte zone si osserva un minimo anche negli anni '70. Il picco all'inizio degli anni '80 è altresì evidente sull'intera Slovenia. La maggior copertura nevosa a Lubiana si verificò il 15 febbraio 1952 quando il manto nevoso raggiunse lo

CLIMATIC CONDITIONS

Climatic conditions in Slovenia vary as there is a Continental climate in the northeast, a severe Alpine climate in the high mountain regions, and a sub-Mediterranean climate in the coastal region. Yet there is a strong interaction between these three climatic systems across most of the country. This variety is also reflected in climatic variability over time and is an important factor determining the impact of global climate change in the country.

The frequency of heavy snowfall in low-lying areas reveals considerable differences across Slovenia. Snow cover is quite frequent in winter in spite of the ever more frequent so-called green winters, but again variations from one year to another are well pronounced. In most instances a falling trend is more or less present; the cycles are notably stressed, especially the minimum at the end of the 1980s and beginning of the 1990s.

Many areas also observed a minimum in the 1970s. The climax at the beginning of the 1980s is noticeable across the entire Slovenia. The deepest snow cover in Ljubljana came on 15 February 1952 when the snow cover was 146 cm thick. At Kredarica the maximum snow cover occurred in April 2001 and was 7 m thick.

spessore di 146 cm. Alla Kredarica (2514 m s.l.m., monte Triglav) la massima copertura nevosa si è avuta nell'Aprile del 2001 con 7 m di spessore.

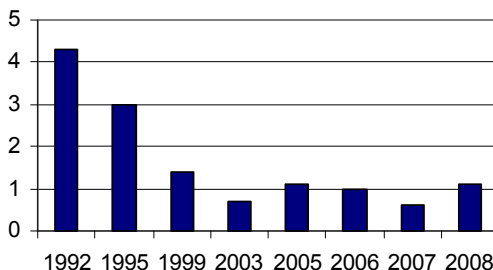
I GHIACCIAI

I ghiacciai sono indicatori indiretti del cambiamento climatico e rispondono velocemente ed in maniera evidente ai suoi effetti. Ci sono solamente due piccoli ghiacciai in Slovenia, il più conosciuto è quello del Triglav, mentre il secondo è situato sui



Il ghiacciaio del Triglav nel 1957
Triglav glacier in the 1957
Photo: Archive GIAM ZRC SAZU and Matej Gabrovec)

pendii del monte Skuta. Entrambi si trovano a quota relativamente bassa e rispondono in maniera più evidente all'impatto dei cambiamenti climatici. L'esistenza del ghiacciaio del Triglav non può più esser data per scontata; nel corso del XIX secolo ricopriva 45 ettari, ma si è ridotto considerevolmente nel 2003 quando ha raggiunto una



Estensione in ettari del ghiacciaio del Triglav
Triglav glacier extent in ha (Source: Environmental indicators, Climate change, Changes in glacier extent, <http://kazalci.arso.gov.si/>)

GLACIERS

Glaciers are indirect indicators of climatic change, they respond quickly and noticeably to climatic change. There are only two small glaciers in Slovenia, the best known one is the Triglav glacier and the second one is situated on the slopes of Mount Skuta. Both of them lie at a relatively low altitude and are subjected to the detectable impact of climatic changes. The existence of the Triglav glacier



Il ghiacciaio del Triglav nel 2003
Triglav glacier in the 2003
Photo: Archive GIAM ZRC SAZU and Matej Gabrovec)

superficie di soli 0.7 ettari. Nel settembre 2008 la sua estensione era di circa 1.1 ettari.

LE OSSERVAZIONI

Gli osservatori, presso le stazioni climatologiche ed idrografiche, rilevano giornalmente l'altezza della neve al suolo alle 7 ora locale (GMT+1). Vengono distinte la neve totale da quella fresca. La neve fresca è definita come quella accumulatasi nelle ultime 24 ore. La copertura nevosa è normalmente misurata su suolo erboso. Le misure sono prese in alcuni punti e poi mediate. L'altezza della neve fresca è invece misurata con un'asta metrica a bordi bianchi, che viene inserita delicatamente all'interno della vecchia copertura nevosa 24 ore prima della misura.

Le nevicate sono un fenomeno stagionale per la maggior parte della Slovenia con l'eccezione delle zone a più bassa quota della Primorska (la regione costiera). E' abbastanza frequente nelle zone interne a bassa quota dal tardo autunno all'inizio della primavera, mentre durante l'estate si presenta solo nelle zone montane.

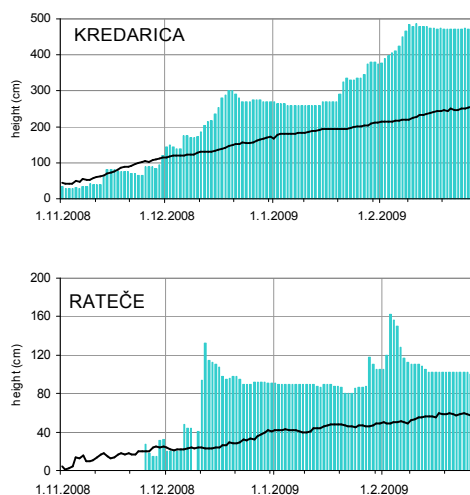
LE SITUAZIONI SINOTTICHE CONNESSE ALLE NEVICATE

Siccome le nevicate sono più comuni in inverno, la stagione nevosa è definita come quella compresa tra il 1 luglio ed il 30

can no longer be taken for granted; in the 19th century it covered 45 ha, it significantly contracted in 2003 when it encompassed only 0,7 ha and in September 2008 it extended over 1.1 ha.

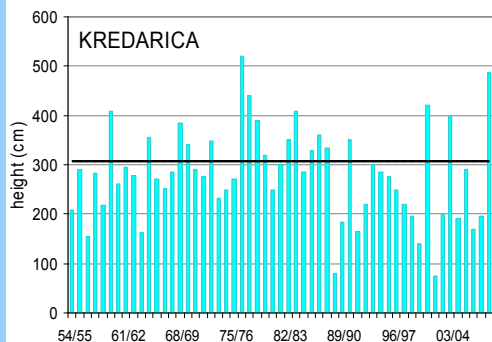
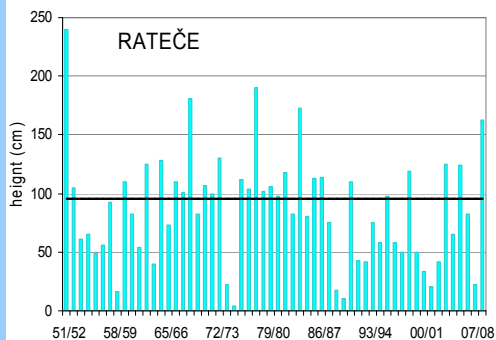
OBSERVATIONS

Observers at climatological and precipitation stations take daily measurements of snow depth at 7 a.m. local time. We distinguish total snow from fresh snow measurements. Fresh snow is defined as the accumu-



Copertura nevosa giornaliera alle stazioni Kreadrica e Ratece rispetto alla media 1961-1990 nel periodo novembre 2008-febbraio 2009

Daily snow cover depth on the meteorological stations of Kreadrica (left) and Ratece (right), and the 1961-1990 normals In the November 8008-February 2009 period



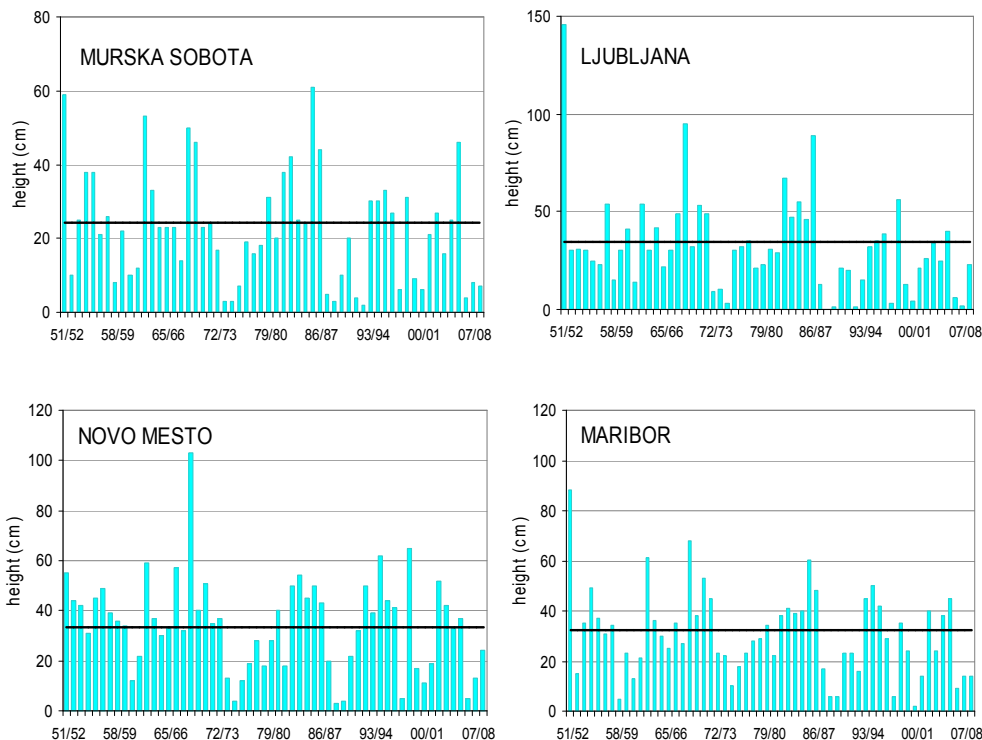
giugno. Le forti nevicate sono normalmente connesse a ciclogenesi mediterranea. Quando un ciclone si forma sul Golfo di Genova, si innesca una corrente sud occidentale che pilota masse di aria umida verso la cresta alpino-dinarica. Questo spesso sfocia in intense precipitazioni orografiche sulle zone occidentali e parte di quelle settentrionali della Slovenia. Nella zona orientale del paese, invece, intense nevicate si verificano quando i venti umidi soffiano da direzione orientale.

lation of snow that has fallen in the last 24 hours. The snow cover depth is usually measured on level ground overgrown with grass. Measurements are taken at a few places and then averaged. The depth of the fresh snow cover is measured by a ruler on a white board, which is slightly pressed into the old snow cover 24 hours before the measurement.

Snowfall is a seasonal phenomenon for most of Slovenia, with the exception of the lowlands in the Primorska region. It is quite frequent in interior low-lying areas from late autumn to early spring, while during summer it is only present in the high mountains.

SYNOPTIC SITUATION ASSOCIATED WITH SNOWFALL

Because snowfall is most common in winter, the season for snow elements is defined as the period from July 1 to June 30. Heavy snowfall is usually connected with Mediterranean cyclogenesis. When a cyclone forms in the Gulf of Genoa, a southwesterly wind starts blowing, raising a humid air mass over the Alpine-Dinaric ridge. This often results in strong orographic precipitation in western and partly northern Slovenia. In the eastern part of the country intense snowfall sometimes occurs when humid winds blow from easterly directions.



Altezza massima della neve misurata durante l'inverno a partire dalla quello 1951/52 a confronto con il valore normale (linea nera). Da rilevare che in alta montagna il massimo occorre in primavera. Ratece e Kredarica a pagina 50
Maximum snow depth measured during the meteorological winters beginning with the winter 1951/52 and the normals (black line). Notice that in the high mountains (station Kredarica) maximum occurs in spring. Ratece and Kredarica in page 50

LA NEVE PUÒ RAPPRESENTARE UNA MINACCIA

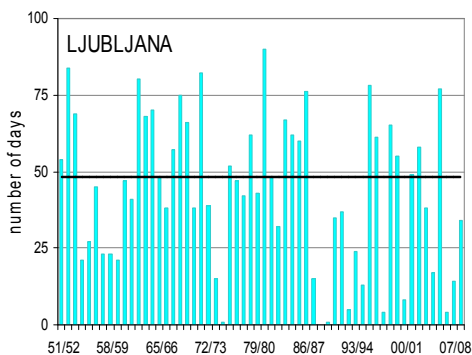
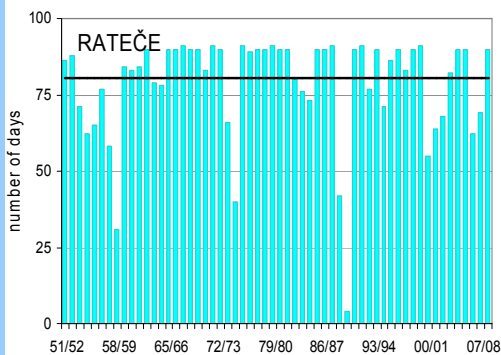
La conseguenza più devastante di enormi quantità di neve sono le valanghe. Nonostante siano limitate ad aree molto piccole nelle Alpi, in Slovenia hanno causato più morti di ogni altro disastro naturale. L'operato del

SNOW COULD REPRESENT A THREAT

The most devastating consequence of the huge snow amounts are avalanches. Although they are limited to very small areas in the Alps, they have caused more deaths than any other natural disaster in

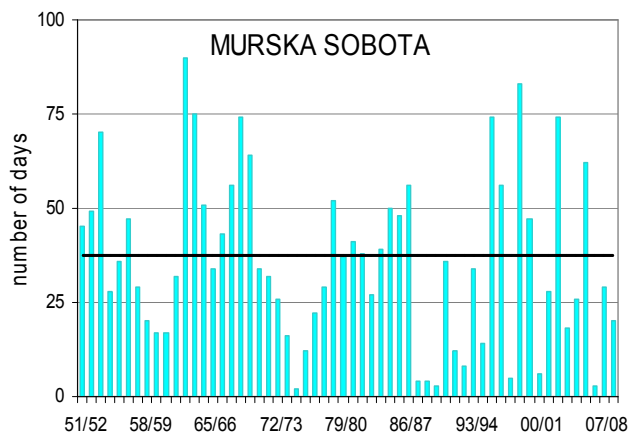
Servizio meteorologico della Slovenia, sotto l'egida dell'Agenzia Ambientale, è quello di monitorare le valanghe e comunicare gli avvisi di allerta. I dati aggiornati e le allerte sono disponibili sulla pagina web dell'Agenzia Ambientale all'indirizzo <http://www.arso.gov.si/>. I dati della neve sono importanti per molti settori dell'economia, come ad esempio il traffico. Per la prima volta da vent'anni a questa parte l'aeroporto "Joze Pucnik" di Lubiana è stato chiuso per diverse ore, durante l'inverno 2008-2009, a causa di una intensa nevicata. E' evidente che la vulnerabilità della società moderna ai fenomeni di maltempo severo sta aumentando. Ogni volta che si verifica una nevicata a bassa quota si notano rallentamenti nel traffi-

Slovenia. The National meteorological service operation under the umbrella of the Environmental agency operates snow avalanche monitoring and provides early warnings. Updated data and warnings are available on the Environmental agency's web page (<http://www.arso.gov.si/>). Snow data is important for many branches of the economy, for example in traffic. For the first time during the last 20 years it happened that the Airport Ljubljana – Jože Pučnik in the winter 2008-/9 was closed for several hours due to heavy snow fall. It is evident that the resilience of the modern society to severe weather events is increasing. Each time there is snowing in the low-land we notice significant slow down of traffic and



Numero di giorni di copertura nevosa osservati durante l'inverno a partire da quello 1951/52 a confronto con il valore normale 1961-90 (linea nera). Da rilevare che a Ratece la copertura nevosa può essere presente anche in primavera ed in autunno (vedi anche grafici prossima pagina)

Number of days with snow cover observed during the meteorological winters beginning with the winter 1951/52 and the normals (black line). Notice that in Rateče snow cover could be present also in spring and autumn days. (see also next page graphs)



traffic jams are quite common.

For civil engineering constructions very important information is the probability of deep and heavy snow cover, which can be calculated from the time series.

DISTRIBUTION

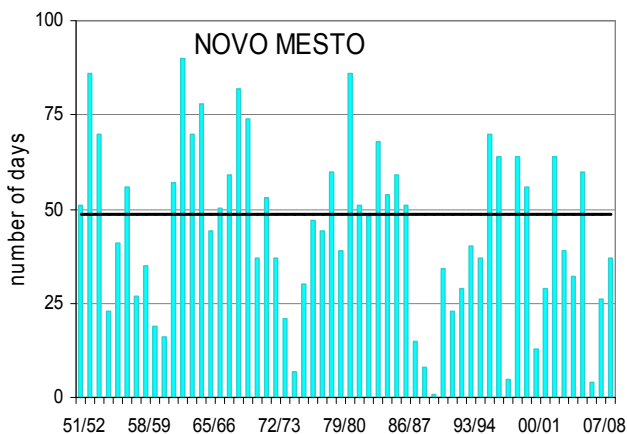
The accumulation of fresh snow increases with altitude and

co e gli ingorghi sono abbastanza comuni.

Per le costruzioni di ingegneria civile riveste molta importanza la probabilità di ingente copertura nevosa che può essere calcolata dalle serie temporali.

LA DISTRIBUZIONE

L'accumulo della neve fresca cresce con l'altitudine e le precipitazioni, di conseguenza le zone con il massimo accumulo di neve fresca si trovano nelle Alpi Giulie. La differenza nell'ammontare delle precipitazioni spiega anche la maggior durata della copertura nevosa nel bacino di Lubiana piuttosto che



precipitation so the areas of maximum fresh snow accumulation are found in the Julian Alps. The difference in precipitation amount also explains the longer duration of snow cover

nella Pomurja, che si trova nella parte più nord orientale del paese. Al contrario, ingenti quantitativi di neve fresca sono rari nell'alta valle dell'Isonzo a dispetto delle copiose precipitazioni che qui cadono durante l'inverno. A causa dell'influenza del clima mediterraneo, in queste zone, a bassa quota, cadono piccoli quantitativi di neve. Il massimo stagionale di copertura nevosa è un'altra importante variabile climatica. La sua variabilità è maggiore nelle aree che registrano i valori più bassi perché le nevicate sono qui meno regolari rispetto a quanto accade in alta quota.

in the Ljubljana basin than in the Pomurje region in the northeastern part of the country. On the contrary, huge amounts of fresh snow are rare in the upper Soča valley despite of lot of precipitation falling there in winter. Due to the influence of the Mediterranean climate, very little snow falls in the lower parts of that region. The seasonal maximum depth of total snow cover is another important climatic variable. The relative variability is greater in areas with lower values because the snowfall in these areas is less regular than at higher altitudes.



Intensa nevicata in Notraniska; *Heavy snowfall in Notraniska*
24.03.2008 Renato R. Colucci

L'altezza della neve al suolo molto raramente supera i 50 cm nelle zone interne ad est di Lubiana. Valori più elevati si trovano nel bacino di Lubiana, nelle regioni Koroska e Kočevje, dove, alcune volte al secolo, ci si può aspettare una copertura nevosa superiore al metro. L'altezza della neve aumenta con l'altitudine, raggiungendo i 200 cm a 1000 m di quota e gli oltre 500 cm nelle zone più elevate del paese. Presso la Kredarica (2514 m s.l.m.), il più elevato sito di monitoraggio climatologico della Slovenia, l'altezza massima di 700 cm esatti è stata misurata nell'aprile 2001. Si trovano condizioni ancora completamente differenti nelle zone occidentali a bassa quota del sistema montuoso dinarico principale. Le neviccate sono qui di breve durata in quanto l'area è sottoposta ad una forte influenza mediterranea.

Durante l'inverno 2008-2009 la copertura nevosa, a bassa quota, è stata inferiore al normale, mentre in montagna e nelle valli alpine è stata abbondante, addirittura eccezionale sulle Alpi Giulie occidentali.

The snow depth very rarely exceeds 50 cm in the interior lowlands east of Ljubljana. Higher values are found in the Ljubljana basin and the Koroska and Kočevje regions, where more than a metre of thick snow cover is expected a few times per century. The depth increases with altitude, reaching about 200 cm at 1000 m and more than 500 cm in the highest parts of the country. At our highest station, Kredarica, 2514 m a.s.l., the maximum depth of exactly 700 cm was measured in April 2001. Yet the conditions in lowlands west of the main Dinaric ridge are completely different. Snowfall there is of a short duration and frequency, because that area is under strong Mediterranean influence.

During winter 2008/9 in lowland the snow cover duration was below the normals, in the mountains and in the Alpine valleys snow cover was abundant; in the western Julian Alps snow cover was exceptionally deep.

Cambiamenti climatici, innevamento e impatto sulle valanghe

Anselmo Cagnati, Andrea Crepez e Mauro Valt

ARPAV-DRST-Centro Valanghe di Arabba
Via Pradat 5, 32020 Arabba (BL)
Tel. 0436 755711, Fax 0436 79319
e-mail acagnati@arpa.veneto.it

Abstract

The discontinuity analysis of the main meteorological variables shows a climate phase-change in the South-Eastern Alps around the late 80s of last century, with higher temperatures (especially summer maximum and winter minimum) and decreasing winter precipitation. All that caused a decrease of days number with snow on the ground by 10-15%, compared to the average 1960-90. The "sure-snow" elevation (at least 100 days with snowpack depth higher than 30 cm) was steady above 1500 m over the past 20 years, causing difficulties for the management of ski areas placed at the lowest altitudes. Concerning avalanche activity, particular trend is not clear, while a correlation between snowfall and high variability in snow avalanche activity in the last 10 years is evident.

INTRODUZIONE

La Regione del Veneto comprende un'area montana di circa 5.500 km². In quest'area ricadono circa l'70% delle Dolomiti e alcune delle aree sciistiche più importanti delle Alpi con oltre 1400 km di piste per la pratica dello sci alpino e nordico. In un'economia basata principalmente sul turismo invernale e la pratica dello sci, la presenza di neve e i problemi connessi con il pericolo di valanghe rivestono un'importanza cruciale. Il riscaldamento globale che ha caratterizzato tutto il secolo scorso ha determinato effetti significativi sull'estensione e durata del manto nevoso nelle regioni temperate. A partire dagli anni '90 del secolo scorso, diversi studi (Föhn, 1990; Rango e Van Katwijk, 1990, Martin e al., 1997) hanno evidenziato le conseguenze dei cambiamenti climatici sul manto nevoso e sul regime

ideologico dei corsi d'acqua montani. Le conseguenze sono tuttavia fortemente regionalizzate: nelle Alpi svizzere la riduzione della durata del manto nevoso a partire dalla fine degli anni '80 è stata stimata dal 54% per la fascia altimetrica fra 200 e 800 m al 20% per la fascia altimetrica fra 1300 e 1800 m (Marty, 2009); cambiamenti significativi sono stati documentati in Slovacchia (Votjtek et al., 2003), mentre nessuna variazione significativa è stata osservata in Bulgaria (Petkova e al., 2004). E' stato tuttavia stimato che l'aumento di 1°C nella temperatura determina un innalzamento del limite della neve sicura (necessaria per la pratica dello sci) di almeno 150m.

LE EVIDENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN VENETO

Un'analisi condotta sulle serie storiche dell'ex Ufficio Idrografico a partire dal 1956 e, per gli anni più recenti, delle reti ARPAV ha mostrato che, in sintonia a quanto si è visto in altre zone dell'Europa, anche per il Veneto è emerso chiaramente un cambiamento di fase climatico (discontinuità) verso la fine degli anni '80 del secolo scorso. Da allora, rispetto all'ultima normale climatica, in Veneto si è avuto un aumento delle temperature, in particolare delle temperature massime sia estive che invernali (rispettivamente +1,9°C e +1,4°C), e una riduzione delle precipitazioni invernali (-78 mm) (figura1).

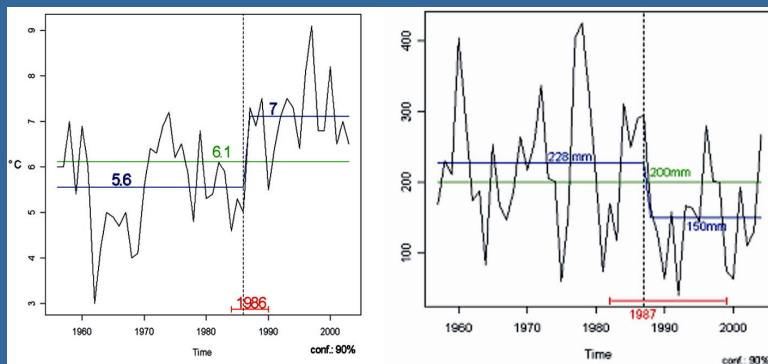


Figura 1, Analisi dei *break point* delle temperature massime invernali (a sinistra) e delle precipitazioni invernali (a destra)

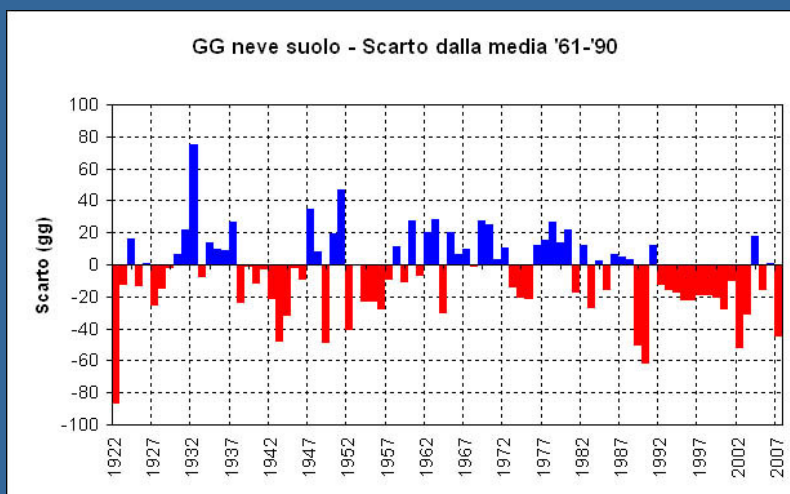


Figura 2, Indice di anomalia standardizzato della durata del manto nevoso al suolo relativo alla zona dolomitica.

Per quanto riguarda il manto nevoso, ciò si è tradotto in una riduzione, negli ultimi 20 anni rispetto alla media 1961-1990, della permanenza della neve al suolo del 12% (-16% nella fascia altimetrica fra i 1000 e 1600 m di quota e -6% alle quote superiori) (figura 2). Questa riduzione è dovuta non solo all'aumento delle temperature ma anche alla riduzione del cumulo di neve fresca. La quota della neve sicura, ovvero almeno 100 gg con altezza della neve al suolo maggiore di 30 cm, negli ultimi 20 anni si è attestata sopra i 1500 m, con conseguenti difficoltà di gestione delle aree sciistiche poste a quote basse. A causa dell'aumento delle temperature e della diminuzione delle precipitazioni nevose, i piccoli ghiacciai e glacionevati dolomitici hanno subito una drastica riduzione areale e di massa negli ultimi 20 anni con un significativo incremento di un trend che perdura dalla fine della Piccola Era Glaciale (1850 circa). Dal 1910 al 2004 l'area glacializzata ha subito una riduzione del 44,7% con una drammatica accelerazione della fase di ritiro dal 1980 al 2004 periodo in cui la superficie campione ha subito un decremento del 23,8% passando da 6,727 km² a 5,126 km². Dal punto di vista degli impatti sul territorio ciò ha comportato una serie di

problematiche nel settore agricolo come ad esempio una maggiore criticità dal punto di vista del bilancio idroclimatico estivo nel basso Veneto (Polesine) e un generale anticipo della data di comparsa delle fasi fenologiche per alcune colture (es. vite). In montagna, la carenza di neve con la conseguente necessità di ricorrere all'innevamento artificiale, ha comportato importanti ricadute nel settore turistico a causa degli aumentati costi di gestione dei comprensori sciistici. In un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici in atto, anche per il Veneto appare cruciale la futura politica di gestione dell'acqua.

CAMBIAMENTI CLIMATICI E ATTIVITÀ VALANGHIVA

Mentre alcune conseguenze dei cambiamenti climatici nelle zone di montagna sono state ampiamente dimostrate (modificazione nel regime ideologico dei torrenti, destabilizzazione dei pendii a causa dell'innalzamento del livello del permafrost) per quanto riguarda l'impatto sulle valanghe gli effetti sono meno noti in quanto l'attività valanghiva è un dato di difficile reperibilità. Alcuni studi effettuati sui dati osservati (Laternsen e al., 1997) hanno evidenziato una sostanziale stabilità dell'attività valanghiva mentre recenti studi modellistici (Martin e al., 2001, Eckert, 2009) hanno ipotizzato poche variazioni quantitative ma significative variazioni nel regime dell'attività valanghiva, con un incremento della proporzione relativa di valanghe di neve bagnata.

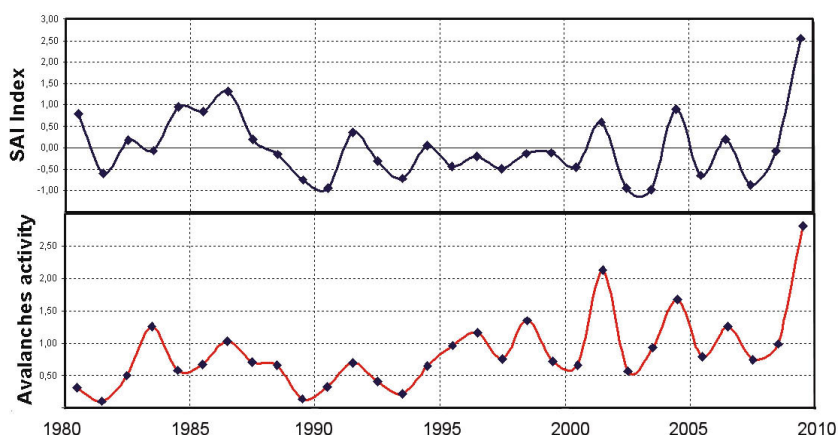


Figura 3, Indice di anomalia standardizzato delle precipitazioni nevose (SAI Index) e osservazione dell'attività valanghiva su alcune stazioni delle Alpi sud-orientali.

Figura 4, "Mundfisc lawinen" ovvero valanghe a bocca di pesce nella fase iniziale del "creep"



Figura 5, "Mundfisc lawinen" dopo il collasso



I dati sull'attività valanghiva disponibili sulle alpi italiane relativi agli ultimi 30 anni, mostrano una concordanza di fase fra innnevamento e attività valanghiva e una estrema variabilità negli ultimi 10 anni, senza tuttavia evidenziare particolari trend (figura 3).

Per quanto riguarda gli incidenti da valanghe, eventi che spesso vengono attribuiti ai cambiamenti climatici, non esiste alcuna evidente correlazione fra nevosità ed incidenti in quanto frequentemente, nel caso di distacchi provocati, il fattore umano gioca un ruolo determinante. L'eccezionale stagione invernale 2008-2009, che in Veneto è stata una delle più nevose degli ultimi 80 anni, ha presentato, in modo eclatante, una problematica nuova legata alle

cosiddette "mundfisch lawinen", fenomeno noto anche in altre zone delle Alpi, e in passato non così frequente come negli ultimi anni. Il meccanismo di distacco che porta a questa tipologia di valanghe, governato principalmente dalla lubrificazione con acqua liquida dell'interfaccia terreno-manto nevoso, si presenta inizialmente con una fase di "creep" del manto nevoso (figura 4) che può durare da alcune ore ad alcuni giorni, che anticipa la rottura vera e propria (figura 5). Ciò determina uno scarto temporale fra gli apporti di neve/pioggia e la manifestazione dei fenomeni con conseguenti difficoltà di previsione degli stessi.

BIBLIOGRAFIA

Eckert, N. 2009. Assessing the impact of climate change on snow avalanche activity in France over the last 60 winters using hierarchical Bayesian spatio-temporal change point models. *18th World IMACS/MODSIM Congress*, Cairns, Australia 13-17 July 2009

Föhn, P. 1990. *Schnee und Lawinen*. Eidg. Tech. Hochschule, Zurich. Ver- suchsants. Wasserbau, Hydrol. Glaziol. Mitt. 108, 33-48

Laternsen, M., M. Schneebeli, P. Föhn and W. Amman. 1997. Climate, neige et avalanches. In *Arguments de la recherche*. Vol. 13. Birmensdorf Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 9-15

Martin, E., B. Timbal and E. Brun. 1997. Downscaling of general circulation models outputs: simulation of the snow climatology of the French Alps. Sensitivity to climate change. *Climate Dyn.*, 13 (4), 45-56

Martin, E., G. Giraud, Y. Lejeune and G. Boudart. 2001. Impact of a climate change on avalanche hazard. *Annals of Glaciology*, 32, 163-167

Marty, C. 2000. Step-like decrease of snow days in the Alps. *MOCA 2009 Our Warming Planet*, Montreal, Canada, 19-24 July 2009

Petkova, N., E. Koleva and V. Alexandrov. 2004. Snow cover variability and change in mountainous regions of Bulgaria, 1931-2000. *Meteorol. Z.* 13 (1), 19-23

Rango, A. and V. van Katwijk. 1990. Climate change effects on the snow-melt hydrology of western North American mountain basin. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, GE-28 (5), 970-974

Vojtek, M., P. Fasko and P. Stastny. 2003. Some select snow climate trends in Slovakia with respect to altitude. *Acta Meteorological Universitatis Comenianae*, 32, 17-27

futura politica di gestione dell'acqua.

Esplorazioni speleologiche nel periodo invernale sulle Alpi orientali

Alessio Fabbricatore

Direttore Responsabile della rivista "Il Soccorso Alpino Speleo-soccorso", Guida speleologica

ESPLORAZIONI SPELEOLOGICHE NEL PERIODO INVERNALE SULLE ALPI ORIENTALI

Un'esercitazione di routine congiunta tra il Soccorso speleologico del Servizio regionale del Friuli Venezia Giulia del C.N.S.A.S. e l'ALE Rigel di Casarsa è stata effettuata il 26 maggio 2006 in località Sella Nevea. Nel volo di avvicinamento al bivacco D.V.P. (Davanzo, Vianello, Picciola), posto sul Col delle Erbe (massiccio del Monte Canin) i tecnici avvistavano nella zona tra il Monte Bila Pec (2.146 m) e il Monte Spric (1.852 m) tre zaini e materiale alpinistico. Lo scioglimento della neve aveva infatti permesso l'identificazione ed il raggiungimento: si trattava degli zaini dei tre speleologi ungheresi rimasti travolti da una valanga nel febbraio 2006. A quel tempo il Soccorso alpino aveva recuperato ancora vivo uno speleologo, mentre degli altri due erano state recu-

WINTER SPELEOLOGICAL EXPLO-RATIONS IN THE EASTERN ALPS

A routine rescue drill was carried out in Sella Nevea on 26th May 2006 by the Speleological Rescue Team of the Regional Service of Friuli Venezia Giulia of the C.N.S.A.S. (National Mountain and Speleological Rescue Corps) together with the ALE Rigel of Casarsa. On the flight to the D.V.P. (Davanzo, Vianello, Picciola) shelter, situated on the Col delle Erbe (the massif of Mount Canin), the technicians sighted three rucksacks and other climbing equipment in the area between Mount Bila Pec (2,146 m.) and Mount Spric (1,852 m). When the snow melted it was possible to reach and identify the objects. The rucksacks belonged to the three Hungarian speleologists who had been swept away by the avalanche in February 2006. At that time the Alpine

perate solo le salme. Causa le avverse condizioni atmosferiche e l'elevato pericolo valanghe (indice 4) allora non si era indugiato a cercare l'attrezzatura rimasta sommersa. Si die-

rescue team had succeeded in finding one speleologist still alive, whereas they had only been able to retrieve the bodies of the other two. Due to the bad atmospheric conditions and



de infatti la priorità ad allertare i compagni che ignari della sciagura stavano esplorando l'abisso Michele Gortani. Il materiale recuperato durante l'esercitazione del maggio 2006 comprendeva tre zaini estremamente pesanti tra i 30 e i 40 kg, un paio di sci per fuori pista e varie attrezzature alpinistiche. Tutto il materiale recuperato è stato consegnato dal Soccorso speleologico al maresciallo Zanni, comandante della stazione della Guardia di finanza di Sella Nevea. Questa breve

the high risk of further avalanches (level 4), it had been impossible to stop and search for the equipment lost in the snow. Priority was given to warning the Hungarians' companions who, unaware of what had happened, were exploring the Michele Gortani abyss.

The equipment recovered during the routine rescue drill in May 2006 included three very heavy rucksacks (30-40 kg), a pair of off-piste skis and other climbing equipment. The Speleological Rescue Team gave all

notizia, apparsa sui quotidiani locali, riguardante il ritrovamento di zaini e vario materiale appartenente a speleologi mi ha spronato a presentare le problematiche che devono essere affrontate dagli speleologi che operano in inverno in zone alpine, alle quote che presentano situazioni di forte innevamento. Si sottolinea che la regione italiana del Friuli Venezia Giulia, dove sussiste uno dei più elevati comprensori carsici di alta montagna dell'arco alpino, la percentuale di richiesta di soccorso, soprattutto nel periodo invernale, a speleologi in pericolo o infortunati, è elevata.

LA STORIA

Già agli inizi degli anni Settanta, che segnarono la nascita della speleologia moderna, si notò un intensificarsi delle esplorazioni ed un desiderio di maggior conoscenza scientifica. Sull'altipiano carsico del massiccio del Monte Canin, punto di molte esplorazioni rese difficili dal terreno imperioso, si intensificarono le spedizioni grazie alle nuove tecnologie. Durante una delle tante importanti imprese speleologiche

the recovered equipment to Maresciallo Zanni, commander of the Customs Office station of Sella Nevea. This short article regarding the finding of rucksacks and other equipment belonging to speleologists, which appeared in local newspapers, spurred me on to present the problems faced by speleologists who operate in alpine areas in winter, at altitudes involving heavy snow conditions. It should be emphasised that in the Italian region of Friuli Venezia Giulia, where there is one of the highest Karst mountain areas in the Alps, the percentage of requests for help from speleologists who are in danger or injured is particularly high in winter.

HISTORY

At the beginning of the Seventies, which marked the beginning of modern speleol-



UMFVG—14 novembre 2009, Malborghetto



in tale zona, al termine di una spedizione all'abisso *Michele Gortani*, tre speleologi triestini scomparvero tragicamente, travolti da una valanga mentre tentavano di raggiungere il rifugio Gilberti. Solo al disgelo, dopo lunghi mesi di angosciose ricerche, i loro corpi furono ritrovati nel tratto tra il Col delle Erbe ed il rifugio Gilberti: era il 30 giugno 1970. Questa fu la prima tragedia speleologica causata da una valanga. Tutti e tre, Enrico Davanzo, Marino Vianello e Paolo Picciola, erano volontari del 2° gruppo della allora Sezione speleologica del Corpo Nazionale Soccorso Alpino. Marino ne era il diretto responsabile (delegato), godevano ovunque di fama ed apprezzamento sia per le loro apprezzabili esplorazioni speleologiche sia per la loro cortese amicizia. Per ricordarli ed esprimere un reverente omaggio fu a loro dedicato nel 1975 un bivacco. Il bivacco Davanzo, Vianello, Picciola (D.V.P.) venne poi ricostruito, sempre sul Col delle Erbe, ad una quota di 2.000 metri ed inaugurato uffi-

ogy, it was already possible to notice an increase in exploration and a desire for further scientific knowledge. On the Karst plateau of the massif of *Mount Canin*, which had already been the site of many explorations despite its difficult and rough ground, the expeditions increased, thanks to new technology.

During one of the many important speleological explorations in this area, at the end of an expedition to the *Michele Gortani Abyss*, three speleologists from Trieste tragically disappeared, swept away by an avalanche while they were trying to reach the *Gilberti hut*. Thanks to the thaw, after long months of agonizing search, their bodies were found on the stretch between *Col delle Erbe* and the *Gilberti hut*: it was June 30th 1970.

This was the first speleological tragedy caused by an avalanche. All three were expert speleologists: Enrico Davanzo, Marino Vianello and Paolo Picciola were volunteers of the 2nd group of the Speleological Section of the C.N.S.A (National Mountain Rescue Corps) and Marino was the representative of this section. They were well-known and appreciated everywhere, both for their valuable speleological explorations and for their generous friendship. To honour their memory a mountain shelter was dedicated to them in 1975. The *D.V.P.*

cialmente il 3 ottobre 1999. Grazie alla sua posizione strategica, alla robusta struttura, agli spazi confortevoli e alla buona dotazione di kit di sopravvivenza ha contribuito fino ad ora alla salvezza di molte vite umane. Oltre alla costruzione in montagna era stato dedicato a Davanzo, Vianello, Picciola il volume riguardante gli Atti del *1° Convegno nazionale della sezione speleologica*. Convegno da loro tanto voluto, ideato ed organizzato nel novembre 1969 con quell'amore e quella dedizione che soltanto la passione per la speleologia può trasfondere.

Sul finire degli anni Ottanta, sull'altipiano del Monte Canin, furono scoperte alcune tra le più profonde cavità a livello mondiale. Gli abissi, particolarmente attivi dal punto di vista idrologico, vennero esplorati durante il periodo invernale per evitare rischiose piene che avrebbero potuto compromettere la sicurezza degli esploratori. Spesso infatti, la progressione avveniva in tratti di grotta percorsi da torrenti e laghi sotterranei. Naturalmente, se nel periodo invernale veniva meno il rischio all'interno delle grotte, esternamente la situazione era tutt'altro che tranquilla. L'avvicinamento alle cavità era reso pericoloso dalle particolari condizioni meteorologiche e nivologiche di questo massiccio; data la sua vicinanza al mare, sul Monte Canin il

(*Davanzo Vianello Picciola*) shelter was later rebuilt on *Col delle Erbe*, at an altitude of 2000 metres, and officially inaugurated on 3rd October 1999. Thanks to its strategic position, strong structure, comfort and good supply of survival kits it has contributed to saving many lives.

In addition to this notable building in the mountains, the volume regarding the *Acts of the 1st National Meeting of the Speleological Section* was also dedicated to Davanzo, Vianello and Picciola, a meeting that they had longed for, conceived and organized in November 1969, with that love and devotion that only the passion for





mutamento delle condizioni atmosferiche è spesso repentino quanto estremo. A volte, gli esploratori, una volta usciti dall'abisso devono valutare attentamente la discesa a valle in quanto nei giorni passati all'interno della grotta le condizioni esterne possono essere cambiate totalmente a seguito di vere e proprie bufera di neve.

Il ricordo di tragedie come quella del Canin nel 1970, dove persero la vita tre speleologi al ritorno di un'esplorazione, e quello della Chiusetta sul massiccio del Marguareis (Alpi occidentali) nel 1990, dove ben nove speleologi vennero travolti dalle valanghe durante la discesa a valle, ha motivato i volontari del Soccorso speleologico del Friuli Venezia Giulia ad arricchire le proprie conoscenze sul rischio valanghe.

Il Soccorso speleologico C.N.S.A.S. del Friuli Venezia Giulia, non poteva non considerare la possibilità di eventuali interventi in grotta nel periodo invernale, per cui si decise che i tecnici non solo dovevano essere in grado di intervenire al

speleology can inspire. Towards the end of the 80s some of the deepest caves on an international level were discovered on the plateau of *Mount Canin*. The abysses, particularly active from a hydrological point of view, were explored during winter in order to avoid the risk of floods which would have compromised the safety of the explorers. In fact often it was only possible to advance in cave areas characterised by underground streams and lakes. Although the risks were reduced inside the cave during winter, outside the situation was anything but calm. The approach to the cave was dangerous due to the peculiar meteorological and snowfall conditions of this massif. The change in atmospheric conditions is often very fast as well as extreme on *Mount Canin* because of its proximity to the sea. Often, when leaving the abyss, explorers have to consider their descent towards the valley very carefully since, while they were inside the cave, conditions outside may have changed completely due to sudden blizzards.

Other tragedies, including the one on *Mount Canin* in 1970, when three speleologists died on their way back from an exploration, and the one at *Chiusetta*, on the massif of *Marguareis* (Western Alps), in 1990, when nine speleologists were carried away

meglio in grotta, ma dovevano anche essere formati, tramite corsi specifici su1 tema neve e valanghe, per poter valutare lo stato della neve ed operare in totale sicurezza anche all'esterno. Se si fosse dovuto effettuare un soccorso senza l'intervento dell'elicottero, per condizioni atmosferiche proibitive, e con un manto nevoso ad alto rischio di valanghe, sarebbe stato necessario che i tecnici fossero specializzati nelle conoscenze nivologiche.

Nel gennaio 1996 iniziava così il primo di una serie di corsi destinati a diventare basilari per la formazione di un tec-

by avalanches during their descent, prompted some explorers of the Friuli Venezia Giulia Speleological Rescue Team to learn more about the risk of avalanches.

The Friuli Venezia Giulia C.N.S.A.S. had to consider the possibility of assistance and rescue operations in caves during winter. It was therefore decided that technicians not only had to be able to operate in the most effective way in caves, but also had to be trained with specific courses on snow and avalanches, in order to be able to estimate the snow conditions and to work in complete safety, both outside and inside the cave. If a rescue operation was to be carried out without the use of a helicopter, due to adverse weather conditions, and in presence of a snowpack with a high risk of avalanches, it would be necessary for the largest number of technicians to have expert knowledge of snow.

Thus, in January 1996, the first of a long series of courses began. These courses were to become fundamental for the training of speleological rescue technicians operating in mountain environments in winter. Below you fill find the detailed programme, consisting of both theory and practical lessons, which may be changed or updated.





Monte Canin anni Novanta
esercitazione Soccorso speleologico FVG - CNSAS
foto Fabbricatore

nico del soccorso speleologico che si trovi od operare in ambiente alpino invernale. Di seguito viene proposto il programma dettagliato, composto da lezioni teoriche e pratiche, che è comunque sensibile di modifiche ed aggiornamenti.

CORSI NEVE E VALANGHE

La base d'appoggio è stata per i primi anni il rifugio Gilberti sul massiccio del Monte Canin, dove grazie alle particolari condizioni meteorologiche, era possibile campionare un manto nevoso con le più ampie caratteristiche cristallografiche.

Il corso, della durata di una settimana, prevedeva lezioni teoriche corredate da uscite sul campo, finalizzate alla comprensione di tutte le tematiche relative alla formazione e alla trasformazione del manto nevoso. Le lezioni venivano arricchite da materiale audiovisivo per una miglior comprensione delle molteplici materie trattate. Il corso, partendo dalla meteorologia, si occupava

COURSES ON SNOW AND AVALANCHES

At first the operational base was the *Gilberti hut* on the massif of *Mount Canin* where, thanks to its specific meteorological conditions, it was possible to sample a snowpack with very wide crystallographic characteristics.

The one-week course provided theory lessons supported by field work with the aim of reaching an understanding of all the themes concerning the formation and transformation of the snowpack. The lessons were enriched by audiovisual material for a better understanding of the many topics involved. The

Monte Canin
ingresso Abisso Gortani
foto Fabbricatore



poi della formazione del cristallo di neve e di tutti i suoi metamorfismi, dell'influenza del vento e della temperatura sulla stabilità del manto nevoso. Sul campo venivano eseguite analisi stratigrafiche e uscite per l'individuazione dei percorsi più sicuri; naturalmente veniva dato ampio spazio sia teorico che pratico alla ricerca con A.R.Va.

Nel corso degli anni la maggior parte dei tecnici del Soccorso speleologico del F.V.G. è stata formata frequentando anche più corsi, grazie al fatto che in questo campo c'è sempre stato un grande interesse, soprattutto da parte di chi non rinuncia alle esplorazioni invernali che spesso comportano la necessità di un'attenta valutazione del percorso da seguire per arrivare alla cavità.

I tecnici così formati oltre ad essere impegnati in operazioni di soccorso e ricerca di dispersi, li ha resi sicuramente più attenti così che si è svolta anche una importante funzione di prevenzione.

INTERVENTI

Le esplorazioni speleologiche nell'area del Monte Canin sono continuate nell'arco degli anni, anche durante il periodo invernale. In concomitanza di queste si venivano a registrare interventi di soccorso, a favore di speleologi, a seguito del pericolo e del distacco di valan-



Ingresso Abisso Gortani
foto. Fabbricatore

course, which started with meteorology, also dealt with the formation of snow crystals and all their metamorphisms and with the influence of wind and temperature on the snow-pack stability. In the field, stratigraphic tests were carried out and many walks taken in order to determine the safest routes. Naturally, ample space, both theoretical and practical, was given to research with A.R.Va. (*an instrument used to detect people buried under the snow*).

Over the years most technicians of the *Friuli Venezia Giulia Speleological Rescue Team* have attended

ghe.

Era il 30 marzo 2000 quando due speleologi polacchi, usciti dal Complesso del Foran del Muss, restavano bloccati al Bivacco Procopio da una nevicata di oltre due metri. Dopo varie ricerche venivano individuati e recuperati dal Soccorso alpino e speleologico del F.V.G. con l'ausilio dell'elicottero.



Quasi un anno dopo il 3 marzo 2001 è stata soccorsa una squadra di ungheresi (undici speleologi) ed una di polacchi (due speleologi) che si erano rifugiate al bivacco D.V.P. (Davanzo, Vianello, Picciola) dopo una abbondante nevicata e l'improvviso distacco di una serie di valanghe. Intervento concluso con il recupero di tutti gli speleologi indenni grazie all'intervento dell'elicottero con i tecnici del C.N.S.A.S.

Leggiamo sul numero 19/2001 di *Notizie del C.N.S.A.S.*, nell'articolo di Roberto Antonini:

" ... una squadra di undici speleologi ungheresi esce dall'Abis-

one or more of these training courses. This was possible thanks to the great interest shown in this field, especially by those who do not want to give up winter exploration, which often requires a careful assessment of the route to be followed in order to reach the cave.

Thanks to these courses, rescuers, as well as being involved in search and rescue operations, have certainly become more careful, thereby carrying out an important preventive action.

RESCUE OPERATIONS

Speleological explorations on the plateau of *Mount Canin* went on over the years, even in winter, and were accompanied by rescue operations to save speleologists, as a result of danger and avalanches.

On 30th March 2000 two Polish speleologists, coming out of the Karst area of the *Foran del Muss*, were cut off by a snowfall of over 2 metres and had to shelter in the *Procopio hut*. After a long search they were found and rescued by the volunteers of the *C.N.S.A.S.* of Friuli Venezia Giulia with the help of a helicopter.

Almost a year later, on 3rd March 2001, two speleological groups (11 Hungarians and 2 Poles) which had taken shel-

so Gortani dopo una esplorazione durata cinque giorni. La situazione del manto nevoso è di estrema pericolosità: i tre metri di neve accumulatisi durante la stagione ed il nuovo apporto di ben settanta centimetri di neve bagnata sono interamente in fase di fusione. Tutti gli speleologi ungheresi si avviano in direzione del Rifugio Gilberti. Cinque ungheresi finiscono per essere travolti da un distacco valanghivo e, grazie all'intervento dei compagni, vengono prontamente recuperati incolumi. Decidono pertanto di ritornare al Bivacco D.V.P. posto in prossimità dell'ingresso dell'Abisso Gortani, da cui erano partiti. Lungo la strada che li conduce al Bivacco sentono delle voci: sono due speleologi polacchi che tentano invano, anch'essi, di raggiungere il Rifugio Gilberti. E' ormai sera quando, raggiunto il Bivacco, riescono a mettersi in contatto con il solito Zsolt Adam di Trieste e far scattare l'allarme".

Solo lunedì 5 marzo un elicottero con a bordo i tecnici del C.N.S.A.S. riuscirà a recuperarli.

Lunedì 20 febbraio 2006 tre speleologi ungheresi escono dall'entrata bassa degli Ungheresi dell'abisso Michele Gortani, a quota 1.650 metri, per raggiungere Sella Nevea, comune di Chiusaforte (UD). Fanno parte di una spedizione esplorativa che conta circa dieci partecipanti. Verso le ore 14:00

ter in the D.V.P. (Davanzo-Vianello-Picciola) hut after a heavy snowfall and the sudden detachment of a series of avalanches, were rescued unharmed, thanks to the C.N.S.A.S. team and their helicopter.

An article by Roberto Antonini, published in issue no. 19/2001 of *Notizie del C.N.S.A.S.*, reads:

"...a team of eleven Hungarian speleologists emerges from the Gortani Abyss after 5 days exploring the caves. The snowpack is extremely dangerous: the 70 centimetres of wet snow are now joining together with the three metres of snow which have fallen previously. All the Hungarian speleologists head in the direction of the Gilberti Hut. Five of them are carried away by an avalanche but are promptly rescued, unharmed, by their companions. They therefore decide to return to the D.V.P. shelter near the entrance to the Gortani Abyss, which they left earlier. On their way, they hear voices belonging to two Polish potholers who



i tre vengono sfiorati da una valanga. Tramite una serie di telefonate in Ungheria ottengono il numero di telefono di Zsolt Adam, ungherese, abitante a Trieste e tecnico del Soc-

are also trying to get to the *Gilberti Hut*. Finally, in the evening, they manage to get back to the shelter and get in contact with Adam Zsolt in Trieste to raise the alarm." Only on Monday 5th March a helicopter carrying rescuers of the C.N.S.A.S. managed to rescue them.

On Monday 20th February 2006, three Hungarian speleologists came out of the *Low Entrance of the Hungarians of the Michele Gortani Abyss*, at a height of 1,650 metres, to go to Sella Nevea (Chiusaforte, Udine). They were part of an exploration expedition of about ten people. Around 2:00 p.m. they narrowly escaped an avalanche. After making number of telephone calls to Hungary they obtained the telephone number of Zsolt Adam, a Hungarian living in Trieste who is also a technician of the Speleological Rescue Team of Friuli Venezia Giulia, and managed to contact him. Shortly afterwards the three were swept away by another avalanche which killed two speleologists, a man and a woman, aged, respectively, 32 and 30.

A tragedy, unfortunately, waiting to happen!

REMARKS

Two people swept away and killed by an avalanche while mountain-climbing do not



corso speleologico del F.V.G., con cui riescono a mettersi in contatto telefonico. Dopo breve, i tre vengono investiti da una seconda valanga in cui perdono la vita due speleologi, un maschio e una femmina, rispettivamente di 32 e 30 anni.

Una tragedia, purtroppo annunciata!

CONSIDERAZIONI

Due morti travolti da valanga durante le varie fasi dell'attività alpinistica non fanno notizia. In quei stessi giorni, febbraio 2006, sulle Alpi perivano sotto valanga tre sci alpinisti, ma di loro i media si interessavano solo marginalmente. Testate televisive e giornalistiche nazionali bivaccavano invece a Sella Nevea per seguire il recupero dei travolti e la sorte dei compagni degli speleologi ungheresi che, ignari di tutto, si trovavano ancora in grotta.

Al termine delle operazioni di soccorso del gruppo di speleologi ungheresi, inevitabilmente Enti, Istituzioni, cittadini che ben conoscono gli antefatti si sono posti varie domande quali:

1. perché, nonostante le pessime condizioni meteorologiche e le previsioni negative, il gruppo si trovava in un'area ad alto rischio valanghivo e per di più all'interno di un parco naturale?

hit the headlines. In the same period, in February 2006, three alpine ski tourers perished under avalanches but the event received low media coverage. However, national televisions and newspapers bivouacked at *Sella Nevea* to follow the res-



cue of those who had been swept away and to find out about the fate of the companions of the Hungarian speleologists who, unaware of what had happened, were still in the cave.

Inevitably, at the end of the operations for the rescue of the Hungarian speleologists, institutions, public authorities and citizens, who were well aware of what had happened before, started asking themselves a number of questions, such as:

1. why, despite the terrible weather conditions and the negative forecast, did the group find itself in an area with a high risk of avalanches and, what is more, inside a natural park?

2. erano dotati gli speleologi di adeguata preparazione tecnica, per affrontare le insidie dovute alle abbondanti precipitazioni nevose, e di idonea attrezzatura per autosoccorso quale A.R.Va., pala e sonda?

3. esistono delle responsabilità morali su quanto è accaduto (insufficiente opera di prevenzione e di informazione da parte degli Enti preposti)?

4. perché la Regione F.V.G. deve accollarsi tutte la spese di questi interventi?

A queste domande, poste dalla collettività, è bene trovare, al più presto, delle valide risposte che devono scaturire da una attenta valutazione dei fatti accaduti.

Gli interventi degli ultimi anni hanno evidenziato un problema, già esistente, ma che si è amplificato in questi ultimi anni, in particolare sul massiccio del Monte Canin: il crollo del *muro di Berlino* ed il conseguente aumento del flusso turistico dai Paesi dell'Est europeo, ha incrementato anche il numero di spedizioni speleologiche; fin qui nulla da obiettare, se non fosse che i massicci carsici sono frequentati anche da speleologi di limitata esperienza e conoscenza di ambienti invernali alpini innevati, che rappresentano i presupposti per interventi di soccorso. La situazione anni fa era diversa;

2. did the speleologists have enough technical know-how to face the dangers caused by a heavy snowfall, and did they have suitable first-aid equipment, such as A.R.Va (instruments used to detect people buried under the snow), a shovel and a probe?

3. is there any moral responsibility for what happened, i.e. lack of prevention and information on the part of the authorities in charge?

4. why does the Friuli Venezia Giulia region have to cover all the expenses due to these operations?

It would be advisable to find, as soon as possible, valid answers to these questions, asked by the community, following a scrupulous evaluation of the events.

Recent rescue operations have highlighted an existing problem, which has worsened in recent years, concerning Mount Canin in particular: the fall of the Berlin wall and the consequent increase in tourism from Eastern Europe has also increased the number of speleological expeditions. This would not be a problem in itself, were it not for the fact that the Karst massifs often host speleologists with poor technical ability and limited knowledge of winter Alpine snowy environments, thereby



prima dell'apertura all'Est, gli speleologi, principalmente polacchi e, allora ancora, cecoslovacchi, dovevano necessariamente contattare i gruppi speleologici italiani per ricevere da questi un invito ufficiale, altrimenti i loro Paesi non avrebbero avallato la concessione dei visti, questa prassi permetteva di sapere esattamente in quale periodo e chi intendeva esplorare le cavità italiane.

Ora che la situazione è cambiata, ungheresi, polacchi, cechi, slovacchi e anche russi arrivano in folti gruppi, talvolta occupando bivacchi, con campi che durano settimane. Se da una parte anch'essi contribuiscono alla conoscenza dei sistemi carsici è anche vero che le

creating the need for rescue operations.

Years ago the situation was very different. Before the fall of the Berlin wall, speleologists, mainly coming from Poland and from Czechoslovakia, were obliged to contact Italian speleological groups and receive an official invitation, otherwise their country would have refused them a visa. [On the other hand, Italian speleologists, who were responsible for their guests, were careful not to invite potholers who were potentially at risk.] This enabled the authorities to know exactly who intended to explore Italian caves and when.

Nowadays the situation has changed. Large groups of

possibilità di incidenti aumentano considerevolmente. In inverno, peraltro, la sicurezza di chi pratica l'attività speleologica viene messa a rischio da una serie di fattori legati alle condizioni ambientali esterne e spesso l'esperienza dei gruppi provenienti dall'Est si limita alla sola progressione in grotta. Va correttamente puntualizzato che non tutti mancano di esperienza; generalizzare sarebbe sbagliato quanto ingiusto.

Anche all'estero, come in Italia, esistono realtà differenti, non mancano infatti elementi le cui capacità spiccano per le indubbie doti alpinistiche e una proverbiale resistenza a condizioni estreme. Doti senza dubbio necessarie a chi, praticando la speleologia alpina a certi livelli, deve necessariamente sopportare indenne i rigori di una permanenza invernale sull'altipiano.

Il massiccio del Monte Canin è estremamente severo nella stagione invernale, non è raro che il termometro vada al di sotto dei meno 30°C e che, causa la sua vicinanza al mare, sull'altipiano imperversino bufere con apporti di neve veramente eccezionali (nell'inverno 2005 - 2006 sono caduti sul Monte Canin dieci metri di neve, un vero record); in queste condizioni solamente la preparazione tecnica, un'adeguata attrezzatura e soprattutto una notevole conoscenza del fenomeno valanghivo sono le basi

Hungarians, Poles, Czechs, Slovaks and Russians arrive and sometimes stay in shelters for weeks on end. While on the one hand these groups contribute to gathering knowledge on Karst systems, on the other hand it is also true that the risk of accidents increases considerably. In winter the safety of speleologists is put at risk by a series of factors relating to external environmental conditions, and often groups coming from Eastern Europe only explore the cave systems. It must be pointed out that not all of them lack of experience. It would be both wrong and unfair to generalise.

In those countries, like in Italy, there are different situations: there are many people whose ability stands out both for their undoubted mountaineering talent and for their proverbial resistance to extreme conditions. Anyone practising Alpine speleology at a certain level needs these characteristics if they are to bear the rigours of a long stay on the plateau in winter without coming to any harm.

Winters on *Mount Canin* are particularly harsh. It is not unusual for the temperature to drop below -30°C and its proximity to the sea also brings exceptional blizzards and snowstorms (in winter 2005-2006 and in winter 2008-2009 ten metres of snow fell on Mount Canin, setting a new record!).

necessarie per non commettere errori mortali.

Le cavità del Canin sono già di per se estremamente selettive, basti considerare che sono già cinque quelle profonde oltre mille metri, sono molto fredde (la temperatura è di circa 1°C), ma soprattutto soggette a piene improvvise. Per tale motivo le esplorazioni in profondità si svolgono prevalentemente in inverno. Ma qua entra in gioco la neve. Già la neve, la candida coltre che ammantava le piste, la neve dei pupazzi è poi anche la stessa delle bufere a 25°C sotto zero, quella nella quale impazzisci ad avanzare sprofondando fino alla vita o che si stacca in lastroni solo a guardarla. Chi non la conosce nei suoi molteplici aspetti mette a rischio la propria vita ogni qualvolta affronta percorsi invernali alpini, dalla semplice escursione all'impegnativa gita di sci alpinismo e soprattutto durante le lunghe permanenze in quota necessarie all'esplorazione sotterranea. Tornando al problema, durante l'intervento di soccorso si è constatata la mancanza di attrezzatura invernale nei materiali della spedizione ungherese del 2001; di piccozze se ne faceva sfoggio ma mancavano gli A.R.Va., le sonde da valanga e su quattordici partecipanti solo tre erano muniti di pale. Per non parlare poi dei due polacchi che erano oltretutto recidivi, e si, perché proprio un anno

In these conditions, technical preparation, suitable equipment and, above all, an excellent knowledge of avalanches are essential in order survive.

The caves of Mount Canin are extremely selective. Suffice it to say that five of them have a depth of over 1000 metres, and they are very cold (the temperature is approximately 1°C) and are also subject to sudden flooding. This is why the depths of these caverns are usually explored in winter. However, this is when the snow comes into play. Snow, that white blanket covering the pistes and used to make snowmen, is the same snow you find in blizzards when the temperature is -25°C, which drives you mad when you sink waist-deep into it and comes away from the rock face in sheets by just looking at it.





Anyone who does not know all the characteristics of snow puts his or her life at risk whenever they go to the mountains in winter, be it a simple hike, a more demanding ski touring excursion or, above all, a long stay at high altitudes exploring cave networks. Going back to our problem, the rescue operation revealed a total lack of suitable winter equipment in the 2001 Hungarian expedition: they had ice axes but no "A.R.Va" (instruments used to detect people buried under the snow), no avalanche probes and only three out of fourteen participants had shovels. Not to mention the two Poles, who had already been rescued a year before for the exact same reason, i.e. coming out of a cave during a heavy snowfall and having to call and wait for the rescue team.

prima il Soccorso li aveva già recuperati, sempre per gli stessi identici motivi: un'uscita dalla grotta con abbondante nevicata e la relativa chiamata e attesa dei soccorsi.

E allora se loro stessi non sono in grado di valutare le proprie capacità, sarebbe opportuno intervenire limitando le spedizioni, o quanto meno imponendo delle regole minime di sicurezza e assicurazione. Sarebbe perciò opportuno che le spedizioni corredassero la richiesta di attività da presentare all'*Ente parco* con l'elenco dei materiali sia di tipo speleologi-

For this reason, if mountaineers themselves are not able to evaluate their own ability, it might be advisable to impose limits on expeditions or, at least, to set some basic rules concerning safety and insurance. It might be a good idea for expeditions to make a request to the park authority (*Ente parco delle Prealpi Giulie*), supplying a list of potholing and mountaineering equipment, nominating a person responsible for them, who would then provide a detailed plan of the activities to be carried out, as well as possible

co che di tipo alpinistico, e con l'indicazione di un responsabile che fornisca un piano dettagliato delle attività e delle possibili modalità per affrontare ogni eventuale imprevisto.

actions to deal with any unforeseen circumstances.



Il ghiacciaio di Montasio: storia di un piccolo ghiacciaio a cuore aperto

Giovanni Andrea Baldassi

*UMFVG, Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia
Università di Padova, Corso di Laurea in Scienze Forestali
ed Ambientali*

Introduzione

I ghiacciai ricoprono parte della superficie terrestre (circa il 10%) contenendo il 75% delle riserve di acqua dolce del pianeta. La loro storia, il loro progredire e regredire hanno segnato e segnano tutt'ora la morfologia di vaste aree della Terra.

I ghiacci influenzano la distribuzione dell'uomo e dei suoi insediamenti sulla Terra, influenzano lo sviluppo delle diverse specie animali e vegetali e possono, inserendosi in un quadro molto complesso, modificare il clima dell'intero pianeta.

Le principali masse glaciali dell'emisfero nord si trovano in Groenlandia e nel mare Artico, mentre nell'emisfero sud sono principalmente confinate nel continente Antartico e nelle acque ad esso prospicienti.

Nel continente europeo la distribuzione dei principali apparati glaciali è molto eterogenea, coprendo le principali catene montuose e alcune altre dell'Europa del nord.

I ghiacciai alpini, soprattutto quelli situati alle basse quote, vivono un equilibrio molto labile. Essi si muovono lungo la lama di un rasoio, dove anche un piccolo cambiamento provoca conseguenze e feedback complessi, a volte devastanti.

Le forze in gioco sono tante, temperature e nevicate non sono le uniche a segnare la storia di alcuni apparati glaciali.

Così è stato per il ghiacciaio del Montasio al quale, in seguito dell'alluvione del 15 agosto 2008 venne strappato il cuore di ghiaccio e neve che lo alimentavano dall'interno per poi lasciarlo vuoto come un uomo senza anima.

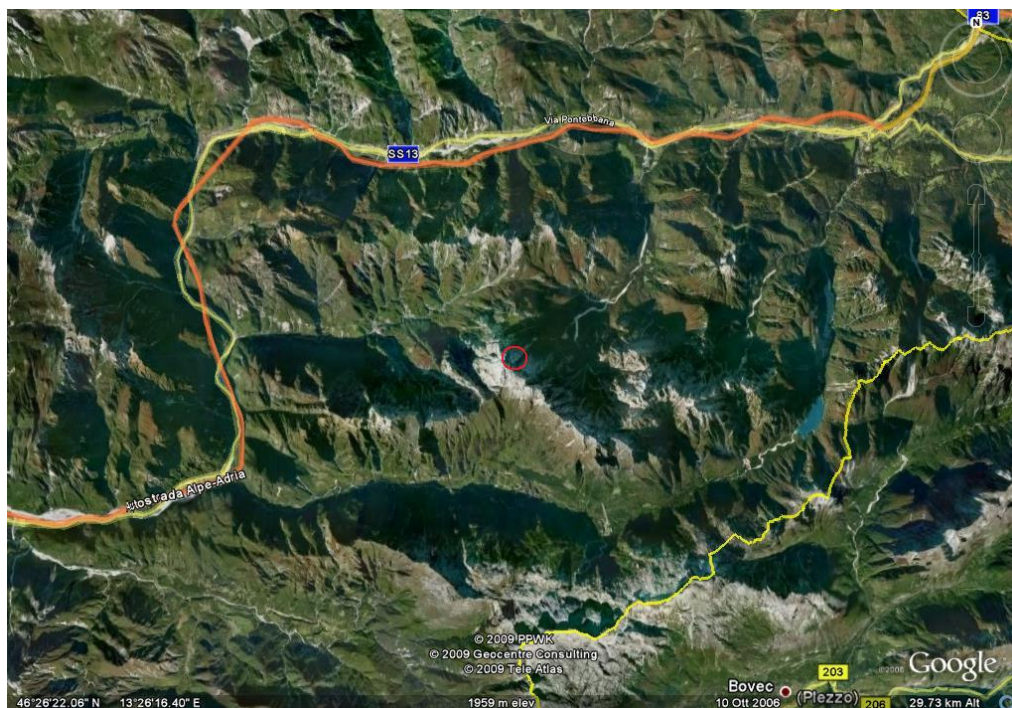


Figura 1, ortofoto delle Alpi Giulie, sul cerchio in rosso si evidenzia la posizione del ghiacciaio (immagine da GoogleEarth)

POSIZIONE GEOGRAFICA E DESCRIZIONE MORFOLOGICA

Il ghiacciaio del Montasio si trova compreso nella tavoletta I.G.M. F.° 14 II N.E. (tavoletta aggiornata al 1962). Le sue coordinate geografiche sono 46° 26' 17" latitudine nord e 13° 26' 11" longitudine est. Esso sorge nel tarvisiano all'estremo margine meridionale della Val Saisera.

E' situato ad ovest della Torre Palizza, in un'ansa della parete settentrionale dello Jôf di Montasio, alla quota di appena 1870 metri sul livello del mare (G. Baldassi, 2006).

Il ghiacciaio si presenta come un conoide di ghiaccio e può essere rappresentato dai lati di un triangolo isoscele.

La fronte arriva a circa 1850 metri di quota e il suo apice raggiunge i 2000/2100 metri s.l.m.

Il ghiacciaio viene alimentato, oltre che dalle nevicate, dalle colate



Figura 2, ortofoto dello Jôf di Montasio (ottobre 2006), visibile il ghiacciaio orientale e occidentale separati dalla torre Palizza (immagine da GoogleEarth)

valanghive di neve provenienti dalle parti alte dello Jôf di Montasio (G. Baldassi, 2006).

A distanza di qualche metro dalla fronte si può osservare la morena frontale, alta 15-20 metri attraversata ai cui margini orientale e occidentale due torrenti il cui letto si approfondisce di circa 5 metri.

La fronte glaciale non dista molti metri dalla morena, questo denuncia uno scioglimento lento, avvenuto negli ultimi 150 anni.

Ciò dipende sia dalle estreme caratteristiche climatiche sia dalla posizione topografica con poca insolazione (G. Baldassi, 2006).

INQUADRAMENTO CLIMATICO

Il ghiacciaio del Montasio fa parte della regione idrografica del Fella-Tagliamento, bacino tributario del mar Adriatico. Le precipitazioni sono caratterizzate da due picchi massimi, uno in giugno e il

principale in novembre. Tale dinamica delle precipitazioni è ascrivibile alla regione alpina mesalpica, essendo la zona endalpica praticamente inesistente nella regione friulana e confinata nel margine nord-occidentale della Carnia (R. Del Favero, 2004).

Il clima non è continentale come su molti altri ghiacciai alpini, ma oceanico per l'influenza di aria umida proveniente dal mare che, assieme a fenomeni di tipo orografico, rendono la zona una fra le più piovose/nevose d'Italia.

L'orografia delle Alpi Giulie (disposte nell'asse nord-sud) crea una barriera naturale alle perturbazioni atlantiche originando fenomeni di stau sul versante italiano sopravvento.

La temperatura media mensile di Tarvisio del periodo 1976-2005 è minima in gennaio (-2.1 °C) e massima in luglio (17.9 °C), con inversione di segno nei mesi di dicembre e marzo.

Per quanto riguarda le precipitazioni il ghiacciaio si trova lungo l'isopsoa di 1800 mm/y e la media pluviometrica a Tarvisio è di 1150 mm/anno.

Per quanto riguarda la neve cumulata la media del periodo 1934-78 è di circa 415 cm.



Figura 3, Il ghiacciaio del Montasio, visto dal Rifugio F. Grego, il 2 giugno 2008
Foto Renato R. Colucci

N.B.: Dati meteo di temperature e precipitazioni relativi alla stazione di OSMER di Tarvisio (750 m. s.l.m.). dati di neve cumulata relativi a Cave del Predil fonte AINEVA (901 m. s.l.m.).

IL "TERRIBILE BIENNIO" 2007-2008

Il titolo dà una chiara indicazione di quanto verrà di seguito analizzato. Infatti si fa riferimento al periodo 2007-2008, biennio caratterizzato da due fra gli anni più caldi degli ultimi due secoli nel tarvisiano (grafico 1), o a titolo più generale dell'intera regione friulana, anche se la fase particolarmente calda ha inizio già a giugno 2006 (il periodo maggio-ottobre 2006 ha registrato una media di 15,1 °C, valore ben al di sopra della media di 13.3 °C del periodo 1934-'78) e termina circa a marzo 2008 (grafico 2).

Appare chiaro che questo periodo caldo coinvolge sia l'inverno 2006-2007 che l'inverno 2007-2008.

La temperatura media annuale del periodo 2000-2008 è di 7.6 °C. Nel grafico numero 1 si può osservare come il 2006 e soprattutto il 2007 siano di alcuni decimi di grado sopra la media.

Durante tutto il biennio, la distribuzione delle precipitazioni rimane "regolare", pur essendo questo un fenomeno molto variabile nei diversi anni e di difficile analisi (grafico 3).

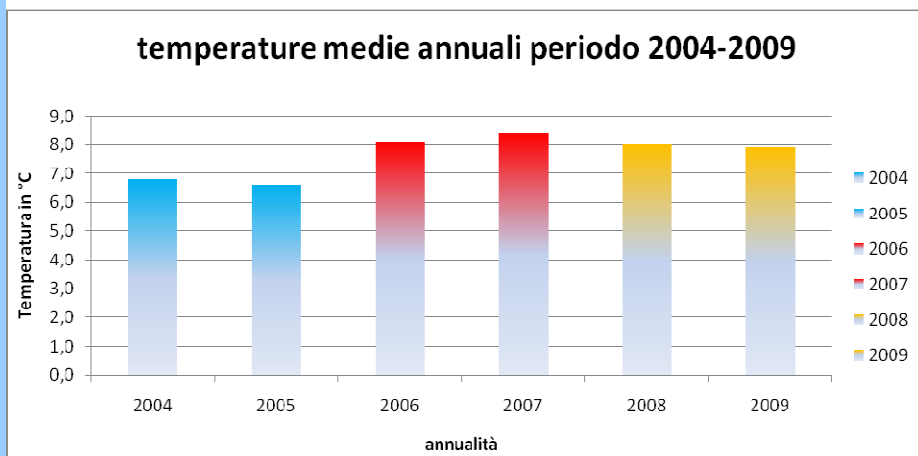


Grafico 1, temperature medie annuali a Tarvisio (OSMER) del periodo 2004-2009. La media dell'anno 2009 è stata ricavata considerando anche i tre mesi non ancora trascorsi, utilizzando le temperature medie di questi degli ultimi 10 anni.

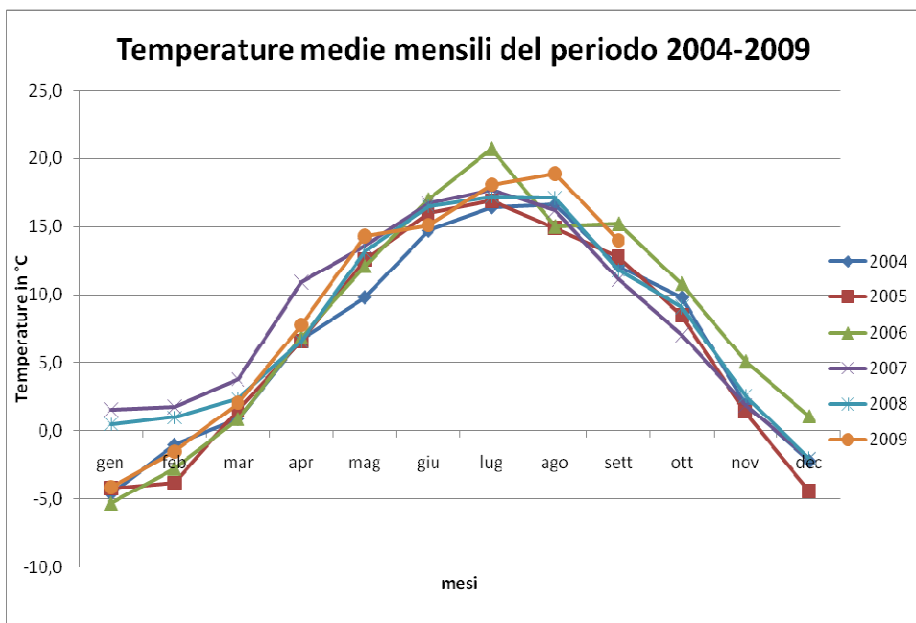


Grafico 2, temperature medie mensili a Tarvisio (OSMER)

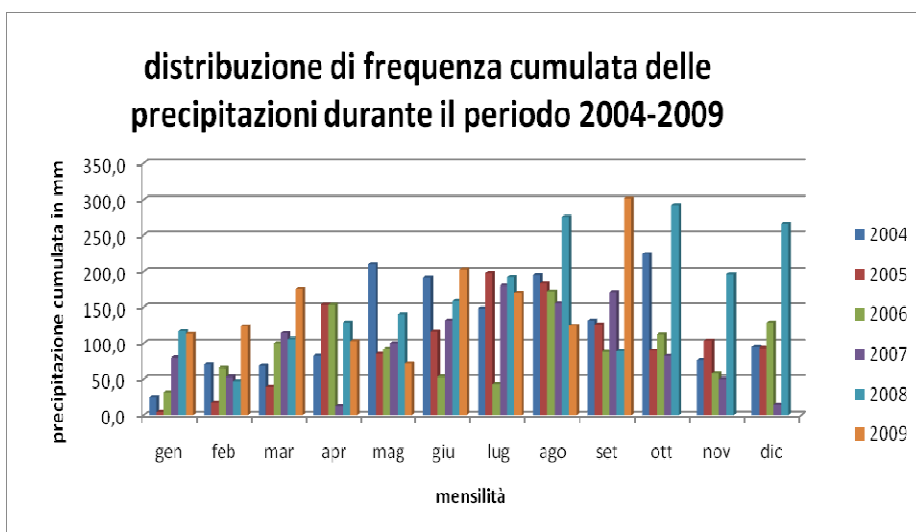


Grafico 3, distribuzione mensile di frequenza cumulata delle precipitazioni nelle stazioni di Tarvisio (OSMER)

Nei due inverni in esame non sono, dunque, mancati i fenomeni precipitativi ma questi, soprattutto nei fondovalle, erano quasi sempre sotto forma di precipitazione liquida. L'inverno 2006-2007 ha avuto una temperatura minima mensile media di 1.1 °C in dicembre mentre il periodo ablativo maggio-ottobre (2007) una temperatura media di 13.7 °C contro una media di 14.3 °C (media del periodo 1976-2005, la media del periodo 1934-78 è invece di 13.3 °C). Ricordo l'inverno 2006-2007 come uno fra i più caldi, dicembre fu caldissimo così come gennaio e febbraio. Per la neve si dovette aspettare il 23 gennaio, quando Tarvisio venne colpita da un'intensa nevicata mentre altri poli montani regionali erano sommersi, in alcuni casi, da 200 mm di pioggia (Piancavallo).

Al suolo, subito dopo l'evento del 23 gennaio, erano presenti accumuli di circa 100 cm. Questo fu uno dei due fenomeni precipitativi nevosi di rilievo (sopra i 20 cm) dell'intero inverno, il secondo si verificò al 20 marzo con circa 35 cm al suolo.

La neve cumulata al suolo fu di appena 198 cm durante il periodo che va da novembre ad aprile, quando la media di riferimento 1934-78 è di 414 cm (grafico 4). L'inverno 2007-2008 fu ancor più drammatico: l'unica nevicata di rilievo si ebbe a fine marzo con circa 30 cm di neve al suolo. In precedenza ci furono sole due nevicate (con accumulo superiore ai 20 cm) entrambe di circa 24 cm. La prima si verificò a metà gennaio la seconda nei primi giorni di febbraio. Anche in quota la neve scarseggiò, difficile stimare sul M. Lussari accumuli superiori al metro, se non per brevi periodi. A valle, ricordo, un giardino sempre bello verde! Le precipitazioni come detto non mancarono, ma furono spesso accompagnate da venti al suolo provenienti dai quadranti di sud-ovest (libeccio). Questi venti, caldo-umidi, spinti dal mare risalivano l'intera pianura friulana, si incanalavano lungo la Canal del Ferro muovendosi poi lungo tutta la Valcanale. Così, mentre in alcune località della Carnia (maggiormente protetta da questi venti) a parità di quota nevicò, a Cave del Predil diluviò.

L'inverno 2007-2008 regalò neve alle montagne vicine, tranne che alle Giulie, quasi a compensare la "fortuna" dell'anno precedente quando, solo a Tarvisio c'erano state nevicate di rilievo nello "sfortunatissimo" inverno Alpino 2006-2007.

Tornando al biennio in questione la neve cumulata al suolo alla stazione AINEVA di Cave del Predil risultava essere di soli 187 cm, con un "gap" di 227 cm dalla media 1934-78 (grafico 4). L'inverno in esame aveva avuto temperatura minima mensile media di -2.0 °C in dicembre. Gennaio e febbraio proseguivano, invece, con 1/2 gradi sopra la media, mentre il periodo ablativo dell'estate 2008 ha una temperatura media di 14.2 °C rispetto a una media di 14.3 °C

C (periodo 1976-2005). Il Ghiacciaio, a causa delle alte temperature estive, a inizio luglio era già spoglio della neve accumulata durante l'ultimo inverno, vedendo così intaccato il ghiaccio accumulato nei secoli precedenti.

Riassumendo, oltre alle temperature sopra media del periodo da giugno 2006 a marzo 2008 con un ulteriore picco sopramedia in agosto 2008, si aggiungono due fra gli inverni meno nevosi degli ultimi due secoli. Il grafico 4 relativo alla neve cumulata al suolo

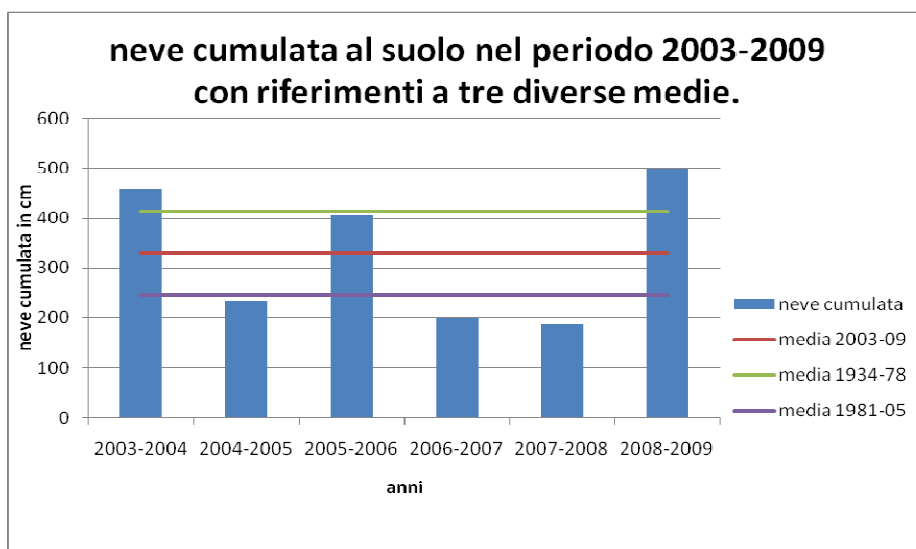


Grafico 4, neve cumulata al suolo nel campo neve AINEVA di Cave del Predil. Evidenziate le tre medie prese come riferimento. Si nota negli ultimi anni una nevosità media maggiore rispetto all'ultimo ventennio del ventesimo secolo.

nella stazione AINEVA di Cave del Predil è significativo, e unito a quello delle temperature spiegano l'uso di terminologie quali "terribile biennio" nel descrivere questo arco temporale durato quasi due anni.

N.B.: si è voluta tenere come media di neve cumulata principale di confronto quella del periodo 1934-78 in quanto in quel periodo i ghiacciai giuliani erano in equilibrio o anche in progresso, questo confronto permette di comprendere meglio come le dinamiche di progresso e regresso dei ghiacciai siano legate alle temperature e alle precipitazioni nevose.

IL GHIACCIAIO DI MONTASIO: "A CUORE APERTO" DOPO L'ALLUVIONE DEL 15 AGOSTO 2008

Era il pomeriggio del 15 agosto, quando il pluviometro della stazione OSMER di Tarvisio registrava in poche ore una precipitazione cumulata di 144.7 mm.

La situazione in alta Val Saisera era ancora peggiore, lungo le pendici dello Jôf di Montasio caddero migliaia di millimetri d'acqua, che convogliandosi lungo il canale Julius Kugy scesero come una grande cascata fino al ghiacciaio del Montasio. Era un vero e proprio "fiume in piena" quello che coinvolse l'apice del cono, trasportando con se detriti rocciosi di ogni dimensione.



L'acqua in piena si infiltrò tra il ghiacciaio e la parete rocciosa, e una volta scavatasi una strada nel ghiaccio, fece esplodere, con la sua forza, parte della fronte.

La mattina del 16 agosto il ghiacciaio si mostrava all'osservatore attraversato da una ferita profonda, squartato nella parte mediana della sua fronte. Da valle si notava, scorgendolo appena sopra la morena, un "foro" nero bluastro il cui colore ricordava le cascate di ghiaccio nel momento del disgelo. Ma è al



Figura 4 (a sinistra), il ghiacciaio del Montasio visto dalla morena, visibile al centro la caverna scavata dall'acqua sulla fronte (foto di G. Baldassi).

Figura 5 (a destra), ghiaccio e rocce tritati alla base della caverna sul Ghiacciaio, visibili sul fondo le rocce terminali della parete nord dello Jôf di Montasio (foto di G. Baldassi).

momento della campagna glaciologica dell'autunno 2008 (24/09/2008) che emerse la portata del danno (figura 4).

Il ghiacciaio apparve divelto, svuotato del suo "cuore" e, si resero rese visibili, guardando l'interno della caverna, le rocce terminali che scendono, ancor ora, a picco dalla parete nord (figura 5). Avvicinarsi alla "caverna" incuteva timore, il ghiaccio scricchiolava ai lati e sulla volta e, al tempo stesso, il volume di neve e ghiaccio sopra la testa lasciavano l'osservatore a bocca aperta. La base della caverna era composta da rocce e ghiaccio tritati mentre a valle del foro era ancora osservabile il percorso seguito dall'acqua in piena. Era un solco profondo, una "ferita" lungo parte del materasso morenico accumulatosi negli anni passati. La profondità della ferita era tale da rendere visibile il ghiaccio frontale, precedentemente ricoperto da 3/4 metri di coltre morenica, a un centinaio di metri più in basso rispetto al punto in cui la neve affonda nella ghiaia.

Il materiale morenico era, e lo è tutt'ora, costituito da ciottoli e ghiaie dolomiti provenienti dalla parete nord dello Jof di Montasio e si era formato in seguito alle continue colate detritiche che coinvolgono il conoide di ghiaccio.

L'evento torrenziale aveva asportato il "cuore" del ghiacciaio, centinaia di metri cubi di ghiaccio e neve sono stati asportati dall'interno del ghiacciaio e scaraventati 1000 metri più a valle sotto forma di debris flow.

Le conseguenze di questa rottura sul ghiacciaio possono essere devastanti: in primis vi è una notevole riduzione del volume del ghiacciaio e in ultima analisi lo stesso è soggetto ai fattori esogeni anche dal suo interno. Le masse d'aria calda possono ora infiltrarsi ove prima non potevano e all'ablazione superficiale si aggiunge un rapido scioglimento delle pareti di neve e ghiaccio interne della caverna.

Fortunatamente l'inverno 2008-2009 è stato ricco di precipitazioni, un'annata storica in quanto a precipitazioni nevose (grafico 4). Queste, se sommate alle numerose valanghe che colpiscono il conoide, hanno portato accumuli di neve anche di 20 metri lungo le pendici dello stesso.

Sono trascorsi solo pochi giorni dalla mia ultima campagna glaciologica, avvenuta in data 18/10/09. Il grande innevamento dell'ultimo inverno ha ridato energie a un ghiacciaio che temevo destinato al peggio. Sono ancora in fase di elaborazione i dati rilevati tramite teodolite e prisma, ma già a occhio sono visibili ingenti aumenti di massa (soprattutto nella parte medio bassa del ghiacciaio) con completa occlusione del foro e aumenti in lunghezza mediamente

te di 120 metri nella parte più orientale della fronte e di circa 70 metri nella parte centrale di essa. Sull'apice del cono il bilancio di massa è in pareggio seppur vi siano circa 3 metri di neve residua dell'ultimo inverno. Questo può trovar spiegazione dal fatto che il ghiacciaio, a causa della caverna dello scorso anno, si sia "seduto su se stesso", fenomeno sottolineato anche da alcuni salti di ghiaccio di 3-4 metri situati nella parte alta del ghiacciaio. Essi infatti non sono veri crepacci, essendo occlusi da neve e ghiaccio, bensì paiono proprio originarsi in conseguenza ad alcuni crolli avvenuti all'interno del ghiacciaio per colmare la ferita apertasi lo scorso agosto.

Sicuramente gli accumuli dell'ultimo inverno sono sufficienti a rimarginare tale ferita che, se non colmata rapidamente poteva seriamente compromettere questo piccolo e non meno interessante ghiacciaio.



Figura 6, campagna glaciologica del 18.10.2009. Evidente l'ottimo stato del ghiacciaio del Montasio dopo le eccezionali nevicate dell'inverno 2008-2009.
Foto Renato R. Colucci



Figura 7, la morena frontale, risalente alla Piccola età glaciale (1400-1850 circa), fotografata il 18.10.2009 durante la salita dalla Val Saisera, imbiancata da una leggera nevicata autunnale.
Foto Renato R. Colucci

SVILUPPI E PROSPETTIVE DI RICERCA FUTURI

Nelle ultime settimane sono salito al ghiacciaio diverse volte. I miei compagni di ascesa sono stati: il dottor Luca Carturan, dottorando glaciologo dell'Università di Padova; il dottor Renato R. Colucci, presidente dell'UMFVG; Bianchi Vanni, perito topografo. Gli spunti nati durante le ascensioni sono diversi e coprono svariati campi i quali possono essere così riassunti:

- attività di monitoraggio della massa glaciale con l'uso di un laser-scanner che permetta di monitorare gli accumuli e le perdite di ghiaccio e neve sul ghiacciaio.
- Individuazione della reale posizione della fronte mascherata da morena con l'utilizzo di un georadar.
- Calcolo della massa di neve che si può accumulare lungo la parete nord del Montasio, stimando la massa potenziale di neve di valanga che può scaricarsi lungo le pendici del ghiacciaio.
- Analisi e datazione, in collaborazione con il dipartimento di geologia dell'università di Padova, dei principali archi morenici formati durante le diverse fasi di espansione del ghiacciaio.
- Installazione di una "stazioncina" meteo in prossimità del ghiacciaio per rilevare con maggior accuratezza spaziale i dati meteorologici principali.

BIBLIOGRAFIA

ROBERTO DEL FAVERO, 2004. I boschi delle regioni alpine italiane. Tipologia, funzionamento e selvicoltura. CLEUP Padova.

GIOVANNI ANDREA BALDASSI et ANTONELLA MULLER, 2006. Il ghiacciaio del Montasio. In collaborazione con l'istituto d'istruzione superiore di Tarvisio I. Bachmann.

www.progettogea.com/gea/ambiente/download.php

RINGRAZIAMENTI

A Fulvio Stel per aver reso prontamente disponibili i dati di precipitazione e temperatura.

A Alida Fornasiere per il sostegno in queste settimane di stesura ed elaborazione dati.

A mio papà che mi ha aiutato durante le faticose operazioni di misura sul ghiacciaio in questi ultimi anni.

L'articolo di casa nostra: il progetto di monitoraggio delle doline e dei siti freddi del Triveneto

Giampaolo Rizzonelli

Responsabile progetto doline Meteotriveneto
Direttivo M3V—Associazione Meteotriveneto

Abstract

This report aims to present a historical project --the first time ever since "modern meteorology came to be, the coldest sites in the Triveneto Region (and probably all of Italy) have been tracked and monitored simultaneously in a collaboration between Meteo Triveneto - ARPA Veneto - Centro Valanghe di Arabba -Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia - Osservatorio Meteorologico Regionale del Friuli Venezia Giulia. The monitoring of 35 "frost hollow" sites has led to tracking the new minimum low temperature record in Italy, -43.8 ° C on 09/01/2009 at Busa di Manna - Pale di San Martino (TN), and a series of interesting data concerning temperature and its rapid increases and/or decreases.

Introduzione

Questa relazione ha lo scopo di presentare un progetto storico; storico considerato il fatto che per la prima volta da quando è nata la meteorologia moderna sono stati monitorati contemporaneamente in un unico studio i siti più freddi del Triveneto (e probabilmente d'Italia) Il progetto è nato dalla collaborazione tra Meteo Triveneto, ARPA Veneto—Centro Valanghe di Arabba, Unione Meteorologica del Friuli Venezia giulia ed Osservatorio Meteorologico Regionale del Friuli Venezia Giulia. Il monitoraggio di 35 "frost hollow" ha portato a rilevare oltre al nuovo record italiano di temperatura minima (-43.8°C il 9.1.2009 alla Busa di Manna-Pale di San Martino, Trento), anche una serie di interessantissimi dati per quanto riguarda escursioni termiche e repentini aumenti e/o diminuzioni di temperatura.

Iniziamo da subito con il dire che stiamo parlando di un progetto storico, visto che per la prima volta da quando è nata la "meteorologia moderna" sono stati monitorati contemporaneamente in un unico studio tutti i siti più freddi del Trieneto (e probabilmente d'Italia), nato dalla collaborazione tra la nostra associazione e prima fra tutte A.R.P.A. Veneto - Centro Valanghe di Arabba (Agenzia Regionale per la Prevenzione Protezione Ambientale del Veneto), OSMER (Osservatorio Meteorologico Regionale del Friuli Venezia Giulia) e UMFVG (Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia). Si parla di "sinkholes", termine ai più sconosciuto fino a pochi anni. Letteralmente, il termine "sinkholes" significa "buco sprofondato" e viene usato dagli studiosi per indicare una depressione chiusa, una conca del terreno. Sulla spiegazione del termine "sinkholes" c'è da dire che è un termine utilizzato in passato in letteratura ma che in realtà è una parola di natura geologica/geografica, e forse non del tutto appropriato per la meteorologia e la climatologia, meglio quindi, in italiano, utilizzare "Dolina", "Conca", "Depressione" (in inglese e in genere a livello internazionale "frost hollow").

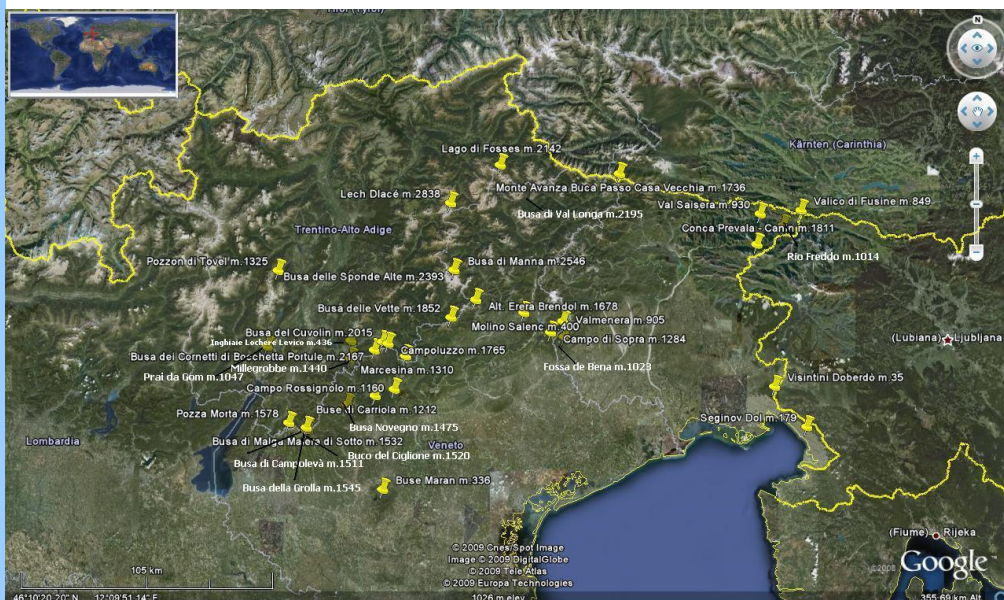
Grazie alle analisi di alcuni appassionati e professionisti della meteorologia, si è capito che le potenzialità termiche di queste "frost hollow" in termini di picchi di freddo e le escursioni termiche collegate presentavano un potenziale straordinario: si è quindi iniziato a prendere sempre più in considerazione la possibilità di un progetto, amatoriale e professionale, che mirasse a studiare le particolarità microclimatiche di queste Conche. Negli ultimi 2 anni di rilevazioni scientifiche e studi preliminari, nonostante inverni del tutto normali se non addirittura sopra media termica, in quelle conche/depressioni i picchi di freddo estremi non sono assolutamente



mancati (oltrepassata la soglia dei -40°C). Il successo del monitoraggio delle doline effettuato in via sperimentale l'inverno 2007/2008, ha creato i presupposti per la creazione di una nuova stanza nel nostro forum, gettando le basi per un monitoraggio molto più dettagliato e preciso, con tutta la strumentazione e schermatura omologata per ciascun sito di monitoraggio.

Per il seguente monitoraggio abbiamo utilizzato 2 diversi tipi di sensori (i-button e Hobo), ed entrambi sono stati collocati all'interno di schermo solare A.R.P.A.V. uguale per tutti, così da avere assoluta uniformità dei vari dati che usciranno nelle varie conche monitorate. Grazie a tale progetto è stato stabilito il nuovo record di temperatura minima mai registrato sul suolo italiano, $-43,8^{\circ}\text{C}$ il 09/01/2009 alla Busa di Manna a quota 2.546 m, battendo i -41°C registrati ai 4.559 m di Capanna Regina Margherita, sul Monte Rosa nell'inverno del 1929.

Per quanto riguarda il Friuli Venezia Giulia, il monitoraggio di tutti i siti friulani è stato effettuato in collaborazione con l'OSMER e l'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia, ennesima dimostrazione dell'amicizia, della stima e della modalità comune con la quale



La distribuzione sul territorio dei siti monitorati

interpretare insieme lo studio della meteo. Al termine della prima stagione di monitoraggi i siti monitorati sono stati 35 ubicati in Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige e Veneto.

Prima di iniziare la presentazione è tuttavia doveroso fare dei ringraziamenti, in primo luogo all'A.R.P.A. Veneto. - Dipartimento per la Sicurezza del Territorio ed al Centro Valanghe di Arabba ed in particolare a Bruno Renon per la sua disponibilità a collaborare con noi in questo progetto. Seguono i ringraziamenti al bravissimo Enrico Manea che ha messo a disposizione di MeteoTriveneto le proprie competenze tecniche e la propria passione per permettere di effettuare elaborazioni e confronti (tabelle, grafici, confronti sono merito suo), altro ringraziamento ad Ettore Dal Farra per delle interessantissime elaborazioni statistiche nonché ai collaboratori Flavio Menini e Corrado Vaona per l'attività svolta nel monitoraggio e nell'elaborazione ed analisi dei dati. Un grazie va anche rivolto ad Alessandro Paoletto uno dei responsabili del progetto doline di MeteoTriveneto, al Presidente dell'associazione Filippo Mengotti ed all'amministratore del forum Stefano Zamperin ed infine un grazie a tutti i soci e forumisti che hanno collaborato all'iniziativa senza dimenticare gli enti ed i proprietari dei terreni che hanno concesso l'autorizzazione all'installazione degli strumenti.

IL PARTICOLARE CLIMA DELLE DEPRESSIONI FREDE

1- IL FENOMENO

Nelle serene notti invernali la temperatura negli strati d'aria più bassi è normalmente inferiore a quella in quota, a causa dell'accumulo dell'aria fredda, e quindi più pesante, in basso. Questo fenomeno è più evidente nelle conformazioni a conca del terreno (depressioni, doline), dove con specifiche condizioni meteorologiche (notti serene e senza vento, con aria secca e neve al suolo) la temperatura può scendere a valori estremi, molto inferiori rispetto a quelle delle zone vicine o sulle cime delle montagne circostanti più alte. I principali motivi fisici di questo intenso raffreddamento sono gli stessi che causano le fredde notti invernali sul fondo delle valli; la perdita di calore del suolo ed il ristagno di aria fredda in basso. Ma nelle valli il sistema delle brezze notturne e la vicinanza dei versanti delle montagne limitano il raffreddamento. In un bacino chiuso, invece, l'aria fredda prodotta dal forte raffreddamento del terreno, alla sera e durante la notte, viene intrappolata al suo interno e si forma un "lago di aria fredda", tanto che la conca risulta poi isolata dall'ambiente circostante. Un fattore importante per un marcato

raffreddamento del suolo, dovuto al suo rilascio radiativo ad onda lunga, è un basso orizzonte topografico, che amplifica questa perdita di calore. Le temperature molto basse rappresentano solo un aspetto del particolare microclima delle doline. Nelle stesse condizioni meteorologiche prende corpo nella dolina una marcata inversione termica, con gradienti termici verticali fino ad $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$, così se ci si trova di notte sull'orlo di una dolina si può avvertire una temperatura 30°C più alta di quella misurata sul fondo. Inoltre c'è una notevolissima escursione termica giornaliera, con differenze fino a 40°C fra il giorno e la notte.

Un altro aspetto curioso che possiamo notare in una fredda, serena e calma notte invernale è la rapidissima variazione di temperatura quando il vento entra nella dolina e quando esso cessa improvvisamente. La sua azione rimescolante sull'aria contenuta nella conca produce velocissimi aumenti o diminuzioni della temperatura, rispettivamente. Improvvise variazioni di 25°C in 15 minuti o 30°C in mezz'ora non sembrano fisicamente possibili per chi non conosce il microclima delle depressioni fredde.

E' molto importante capire, comunque, che questi incredibili fenomeni si verificano solo con condizioni di bel tempo, quando il vento è molto debole o calmo. In altre condizioni (tempo perturbato, cielo coperto, vento forte) la temperatura nella conca è la stessa misurata nelle zone limitrofe.

2- ALCUNI CONCETTI BASE DI FISICA DELL'ATMOSFERA PER SPIEGARE IL FENOMENO

Cominciamo col dire che la temperatura dell'aria in una località dipende essenzialmente dal bilancio radiativo sole-terra e dalle caratteristiche termiche della massa d'aria che la interessa.

Il bilancio radiativo esprime, dal punto di vista energetico, ciò che rimane fra le "entrate" (radiazione solare che raggiunge la terra) e le "uscite" (radiazione emessa dalla terra verso lo spazio). Si ricorda che il termine "radiazione" non significa energia, ma ne rappresenta una delle tre modalità di trasporto. La "radiazione", detta anche "irraggiamento", trasporta calore come fa una stufa elettrica le cui resistenze ad altissima temperatura emettono calore verso la nostra pelle. Le altre due modalità di trasporto dell'energia sono la "conduzione", che trasporta calore per contatto diretto (come una borsa dell'acqua calda sui nostri piedi) e la "convezione", attraverso lo spostamento di massa d'aria (come l'aria riscaldata da un termosifone che sale e trasporta il caldo in altre zone della stanza). Sen-

za volerci addentrare nella teoria degli scambi radiativi, in cui entrano in gioco frazioni di energia riflessa e diffusa dal suolo, dalle nubi e dall'atmosfera, verso l'alto e verso il basso, con lunghezze d'onda diverse a seconda della temperatura dell'elemento radiante, è sufficiente capire, a grandi linee, che in ogni momento la terra riceve energia dal sole e ne perde per riflessione e soprattutto, per energia emessa dal suolo verso lo spazio.

Prendendo come esempio una giornata serena invernale, durante il giorno l'energia entrante è superiore a quella uscente e la terra si riscalda, mentre di notte il bilancio è ampiamente negativo dovuto alla perdita di calore della terra e alla mancanza, naturalmente del riscaldamento solare. E' interessante notare come la terra emetta flusso radiativo continuamente, sia di giorno che di notte, con i valori massimi in corrispondenza delle ore centrali del giorno, quando il suolo raggiunge le temperature più alte e di conseguenza emette più flusso radiativo ad onda lunga. Il principale aspetto però, è quello fornito dalla differenza, o per meglio dire dalla somma algebrica, fra i due flussi, il cui andamento in una serena giornata invernale è negativo (ovvero deficit radiativi, perdita di calore) per gran parte delle 24 ore e solo fra metà mattinata e metà pomeriggio descrive valori positivi (esubero radiativo, guadagno di calore). La perdita di calore è in genere costante e considerevole nelle ore serali, notturne e poco prima dell'alba.

Nelle valli o nelle conche montane, specialmente nel periodo invernale, si può riscontrare un bilancio negativo della radiazione netta risultante (perdita di calore) anche nelle ore diurne qualora gran parte della valle o della conca si trovi in ombra, a causa di una vicina montagna. Naturalmente i valori di densità dei due flussi radiativi e quelli della loro differenza cambiano nel corso dell'anno, assumendo andamenti un po' diversi da quello tipicamente invernale.

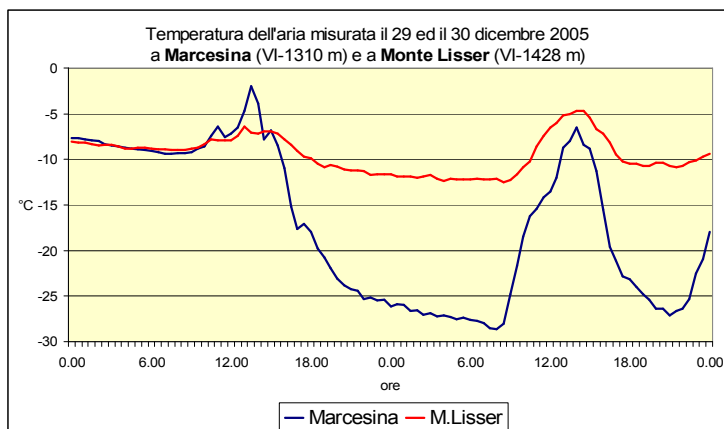


Figura 1

le. Nei mesi estivi, infatti, il guadagno di calore durante il giorno è notevole e dura più a lungo. Altrettanto differente è la situazione degli scambi radiativi con cielo coperto, sia d'estate che d'inverno: in questo caso la radiazione solare globale è debole, mentre rimane pressoché inalterata quella del rilascio radiativo terrestre, anche se la presenza di estese nubi intrappola tale flusso uscente dalla terra ed impedisce il raffreddamento del suolo e dell'aria (effetto serra). Tutto questo per far capire il ruolo fondamentale assunto dall'irraggiamento nella perdita di calore notturna del suolo in caso di cielo sereno, che in particolari condizioni determina diminuzioni termiche notevolissime.

In figura 1 sono rappresentati gli andamenti della temperatura misurata ogni 30 minuti nei giorni 29 e 30 dicembre 2005 da due stazioni meteorologiche delle Prealpi vicentine, poste ad altitudini simili ma in posizioni morfologicamente diverse: Piana di Marcesina (1310 m), in posizione di conca-altopiano e Monte Lisser (1428 m) in posizione di colle, distanti fra loro solo 4 km. Si noti come fino al tardo pomeriggio del 29 dicembre, giornata caratterizzata dall'arrivo sulle Alpi di una massa d'aria molto fredda, le temperature siano molto simili, pressoché uguali fino a metà mattinata, per un'estesa nuvolosità ed una discreta ventilazione che hanno prodotto un continuo rimescolamento dell'aria. In seguito, con la comparsa del sole, la temperatura di Marcesina, posta ad una quota più bassa, è risultata per un paio d'ore 4-5°C più alta di quella del Monte Lisser. Dopo il tramonto invece, complici il cielo sereno, l'aria inizialmente secca e la scarsa ventilazione, sulla Piana di Marcesina è iniziata la "produzione" di aria fredda per il forte irraggiamento del suolo. Dalle ore 14 del 29 alle ore 8 del giorno seguente la temperatura a Marcesina è diminuita di ben 26.6°C (da -2.0 a -28.6°C), mentre a Monte Lisser di soli 6°C. Durante la mattinata del 30, con il ritorno del sole, la temperatura sulla Piana di Marcesina è aumentata sensibilmente, fino ad avvicinarsi, verso le 14, a quella di Monte Lisser, denotando quindi il tipico carattere di forte continentalità che caratterizza gli altopiani, le conche e le zone di fondovalle.

Dunque si è detto che per raggiungere temperature particolarmente basse, diciamo inferiori a -30°C, è necessaria una massa d'aria molto fredda, una notte serena e senza vento e peculiari caratteristiche geografiche e geo-morfologiche del territorio, in grado di accentuare notevolmente l'irraggiamento notturno e di abbassare ulteriormente la temperatura. Tali caratteristiche, che sono in grado di favorire valori termici molto bassi (es. -20/-25°C) anche se la massa d'aria che sovrasta la località presenta temperature normali per il periodo, sono anche all'origine delle enormi differenze che si possono riscontrare fra zone anche vicine. Vediamo quindi di analiz-

zare brevemente quali sono queste caratteristiche.

A parità di condizioni meteorologiche (tipo di massa d'aria, nuvolosità, umidità dell'aria, velocità del vento e torbidità atmosferica), il raffreddamento notturno dell'aria vicino al suolo è funzione essenzialmente di 5 fattori, in ordine di importanza:

1. Morfologia del sito
2. Porzione di cielo visibile (Sky-view factor)
3. Caratteristiche del suolo e tipo di sottosuolo
4. Altitudine
5. Latitudine

1. Morfologia del sito

È il fattore più importante, perché favorisce accumuli di aria fredda, anche notevoli, nelle zone più basse e più chiuse.

Una porzione d'aria che si raffredda, a pressione costante (in atmosfera molte trasformazioni termodinamiche possono essere assimilate a trasformazioni "isobare"), subisce anche una diminuzione di volume e quindi un aumento di densità e di peso. La modifica dell'equilibrio idrostatico, causata dal prevalere della forza peso nei confronti della spinta di Archimede, determina un movimento verso il basso della porzione d'aria e quindi un suo progressivo accumulo nei fondovalle e nelle conche. Se il fenomeno dura molte ore, come capita durante le lunghe notti invernali, lo spessore dello strato di accumulo aumenta progressivamente, ma con una stratificazione che impone all'aria più fredda la posizione più vicina al fondo della valle o della depressione.

Su un pendio o un versante, l'aria che viene raffreddata dal suolo scorre verso il basso, subendo quindi un continuo rimescolamento che impedisce o quantomeno riduce un forte raffreddamento. In un fondovalle o in una conca ma anche in pianura, la maggiore staticità dell'aria favorisce una diminuzione termica notturna più accentuata, ad eccezione delle valli interessate da forti brezze di monte, dove il vento determina il rimescolamento, e che risultano quindi molto meno fredde rispetto alle valli vicine, non interessate da tali forti brezze. In realtà ogni valle presenta nelle ore notturne un sistema, per quanto debole, di venti di brezza e anche una minima ventilazione è in grado di alterare e quindi di attenuare il raffreddamento, cosa che invece non succede nelle conche chiuse, piccole o grandi, dove la frequente mancanza assoluta di venti notturni favorisce forti diminuzioni termiche. Si veda più avanti l'approfondimento dedicato

alle conche e alle depressioni.

2. Porzione di cielo visibile (*Sky-view factor*)

Il rilascio notturno di calore del suolo, e di conseguenza il suo raffreddamento, sono massimi quando non ci sono ostacoli che possono ridurre la radiazione ad onda lunga in tutte le direzioni sopra il suolo. Questo è possibile con un orizzonte completamente libero a 360°, ma in una zona montana questa condizione si rivela assai rara, se si escludono le vette più alte.

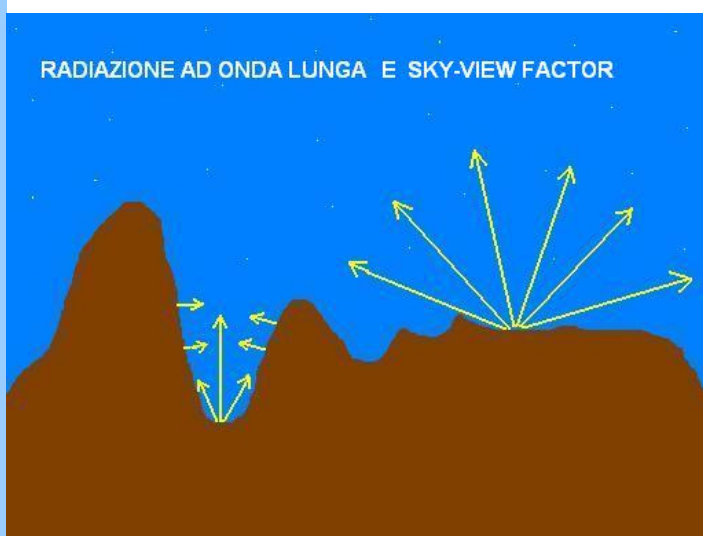


Figura 2, il suolo di una località con orizzonte libero disperde più calore

Un fondovalle incassato in una valle stretta presenta le condizioni più sfavorevoli per un buon rilascio termico, a causa dei versanti delle vicine montagne, che oltre a limitare drasticamente il flusso radiativo nella loro direzione, sono essi stessi fonte di emissione ad onda lunga (con temperature del suolo superiori a quelle del fondovalle) e finiscono per interferire nel processo di rilascio di calore verso lo spazio, riscaldando in minima parte la massa d'aria racchiusa nella valle (fig. 4).

Un altopiano posto sufficientemente lontano da montagne elevate, presenta invece, le migliori condizioni per un forte irraggiamento notturno e gli altopiani prealpini palesano proprio questa caratteristica, che, come vedremo in seguito, sembra avere un ruolo determinante.

Questo effetto, che potremmo definire come "porzione di cielo visibile" dal fondo della valle o della conca è conosciuto con il nome di Sky-view factor e viene definito da:

$$fv = \cos^2 \alpha$$

dove α è l'angolo medio di elevazione dell'orizzonte topografico (Marks e Dozier, 1979).

Nella determinazione dell'orizzonte topografico va tenuta in considerazione anche la presenza di vegetazione che circonda il bacino (Litschauer, 1962), specie in caso di conche molto piccole.

3. Caratteristiche del suolo e tipo di sottosuolo o substrato

Un suolo coperto da una coltre nevosa, specie se consistente, isola dal terreno "caldo" (Stephens, 2001). La neve fresca, essendo più porosa, isola meglio. Lo stesso colore chiaro del terreno, pensiamo ad esempio alle rocce (quando non c'è neve), favorisce il raffreddamento. Tipo di sottosuolo: un sottosuolo carsico, oltre che aver favorito la formazione di altopiani, depressioni e doline, potrebbe avere un ruolo nell'intensificazione dell'irraggiamento notturno. Da alcune misure preliminari di radiazione terrestre notturna ad onda lunga, effettuate nella Grünloch, è emerso che la perdita di calore maggiore avviene poco dopo il tramonto, per continuare poi tutta la notte con intensità minore (Eisenbach, 2002). Questo potrebbe giustificare i forti raffreddamenti serali che caratterizzano le zone carsiche montane, ma tale ruolo rimane tuttora un'ipotesi e soprattutto deve essere ancora spiegato. La presenza di molti alberi nella zona limita leggermente il raffreddamento, specie se non coperti da neve (alberi non ricoperti da neve presentano una temperatura superficiale maggiore e quindi rilasciano calore che contrasta, leggermente, il raffreddamento della zona). Inoltre l'assenza di vegetazione favorisce, in caso di suolo innevato, un elevato albedo.

4. Altitudine

Un altro importante fattore è naturalmente costituito dall'altitudine, visto che normalmente la temperatura diminuisce di 6.5°C ogni 1000 m (atmosfera standard) anche se nel periodo invernale tale gradiente risulta spesso inferiore a questo valore o assume addirittura valori negativi (inversione termica). Tuttavia in una massa d'aria fredda in movimento si riscontra quasi sempre, nella libera atmosfera, un gradiente anche superiore a quello indicato, talvolta vicino a quello adiabatico secco (9.8°C ogni 1000 m). Ne consegue

che una località, più in alto si trova, più bassa è la temperatura dell'aria che la avvolge quando la massa d'aria fredda la raggiunge. D'altro canto il fattore poc'anzi analizzato, cioè la morfologia del sito, presuppone la presenza di fondovalle, conche o altopiani che difficilmente si trovano alle quote più alte di un'area montuosa, anzi, spesso si individuano a quote medio-basse. Condizioni ideali per un'accoppiata vincente "altitudine-morfologia" si possono individuare in vallate o conche con fondovalle "alti", tali da intrappolare sul loro fondo una massa d'aria già molto fredda in partenza. Tali condizioni si potrebbero in teoria riscontrare più facilmente sulle Alpi centro-occidentali italiane e su quelle Svizzere, caratterizzate da un'altitudine media superiore a quella delle Alpi orientali e dell'Austria. Nelle prime non sono infrequenti montagne alte più di 4000 m e vallate profonde con fondovalle ad altitudini di 1800-2000 m, nonché altopiani con quote superiori a 2500 m. Tuttavia la mancanza di un diffuso carsismo sulle Alpi occidentali italiane e su quelle svizzere rende estremamente difficile la presenza di depressioni, per cui i particolarissimi microclimi delle doline risultano in quelle zone molto rari. Sembra esserci tuttavia un limite altitudinale oltre il quale l'accentuazione del raffreddamento (al fine di raggiungere valori termici estremi) dovuto alla combinazione "altitudine-morfologia" tende ad attenuarsi, poiché salendo di quota la densità dell'aria e la pressione cui è sottoposta diminuiscono, facilitando quindi un eventuale processo di rimescolamento. Supponendo due valli morfologicamente identiche, ma con altitudine dei fondovalle ben diversa, a parità di temperatura l'aria della valle più bassa risulterà più densa e sarà sottoposta ad una pressione superiore a quella della valle più alta e dunque sarà più ristagnante e difficilmente rimescolabile, favorendo un effetto di persistenza e di accumulo. Inoltre i venti moderati o forti che spirano con una certa frequenza in alta quota tendono ad influenzare maggiormente la valle alta, dove quindi l'erosione del ristagno freddo è più probabile rispetto alla valle bassa. Evidentemente esiste anche un limite altitudinale inferiore, dovuto al fatto che scendendo di quota la massa d'aria non può assumere temperature "di partenza" sufficientemente basse.

Normalmente le migliori combinazioni "altitudine-morfologia", cioè quelle dove si possono toccare punte di freddo inferiori a -25°C, si hanno, almeno sulle Alpi, nella fascia altimetrica 1000-2500 m. Salendo di quota, comunque, se da un lato la minore densità dell'aria potrebbe favorire un rimescolamento ad opera del vento, dall'altro c'è da dire che un ruolo determinante viene assunto dall'accentuazione del rilascio radiativo notturno per la maggiore rarefazione dell'atmosfera, indotta dall'altitudine.

5. Latitudine

La latitudine rimane certamente un elemento importante, per la durata del giorno e la conseguente quantità di energia ricevuta non solo dal terreno ma anche dalle masse d'aria sovrastanti.

TEMPERATURE MINIME ASSOLUTE DECADALI INVERNO 2008-2009

<http://www.caiaisiago.it/doline/decadali.php> (un grazie ancora ad Enrico Manea)

I valori di ogni decade possono essere riferiti a dati non completi (anche un solo giorno su 10).

N.	quota	Novembre 2008			Dicembre 2008			Gennaio 2009			Febbraio 2009			Marzo 2009			Aprile 2009			
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1	Doberdo'	35				-9.1	-7.95	-14.37	-14.75	-12.55	-8.45	-0.27	-11.41	-11.41	-8.64	-10.28	-11.85			
2	S. Floriano	90																		
3	Boro	150																		
4	Seginov Dol	179	0.78	-5.83	-12.32	-8.42	-5.65	-6.90	-11.24	-5.89	-4.34	-2.51	-10.55	-7.78	-7.08	-7.02				
5	Borgo Grotta	215																		
6	Carsiana	262																		
7	Buse Maran	336		-5.02	-12.38	-9.34	-2.97	-16.98	-23.13	-8.14	-4.17	-2.46	-12.30	-8.58						
8	Basovizza	356																		
9	Molino Salenc	400	3.14	-4.92	-12.49	-8.64	-3.72	-15.08	-16.35	-11.86	-3.59	-1.26	-10.60	-7.44	-4.98	-5.55	-8.51			
10	Volnik	400																		
11	Inghiale (Lochere) Levico	436			-14.68	-10.29	-4.48	-17.10	-18.48		-6.37	-2.97	-9.65	-6.31	-4.54	-4.10	-7.06	0.09	0.23	-0.45
12	Faedo	560																		
13	Valmenera	905	1.90	-8.30	-21.70		-7.20	-19.80	-24.10	-21.30	-7.60	-4.40	-20.20	-12.80	-8.40	-11.30	-14.80	-4.20	-7.10	
14	Fusine	925																		
15	Val Saisera	930							-19.97											
16	Valico di Fusine	849							-20.40		-7.89	-8.08	-20.28	-12.41	-14.11	-9.96	-12.60	-0.98		
17	Alpe Tamer	1010																		
18	Rio Freddo	1014			-11.80	-7.92	-1.24		-15.26	-11.03	-7.00	-8.15	-14.58	-9.47						
19	Fossa de Bena	1023		-9.96	-22.60	-14.51	-6.43	-24.62	-28.17						-7.97	-13.01	-12.00	-2.93	-3.44	-2.93
20	Prai da Gom	1047			-24.61	-24.28	-9.56	-29.03	-27.01	-23.11	-16.49	-8.87	-20.07							
21	Campo Rossignolo	1160	-3.04	-10.79	-24.58	-22.74	-11.49	-25.24	-29.91	-24.04	-18.49									
22	Buse di Carriola	1212	-2.44	-9.74	-28.14	-26.66	-12.37	-30.33	-33.77	-28.59	-21.86	-9.40	-25.38	-19.51	-14.90	-13.77	-18.69			
23	Lepre M. Grappa	1280																		
24	Campo di Sopra	1284		-14.02	-24.63	-23.62	-9.48	-26.15	-31.21						-16.54	-15.53	-19.57	-8.98	-9.99	-7.97
25	Marcesina	1310	-4.90	-10.10	-21.20	-20.60	-12.30	-23.40	-25.40	-20.60	-17.20	-16.00	-26.30	-20.60	-17.90	-17.20	-20.40	-6.00	-7.30	
26	Pozzon di Tovel	1325		-7.49	-14.02	-21.56	-10.50	-24.08	-27.10	-22.06	-22.06	-15.53	-27.10	-21.56	-15.03	-16.53	-17.04	-4.98	-4.98	-3.98
27	Millegrobbe	1440	-6.14	-9.40	-21.36	-23.63	-12.11	-24.90	-29.52											
28	Busa Novegno	1475		-11.47	-30.20	-26.62	-6.82	-28.58	-35.53	-30.39	-23.21	-12.86	-28.18	-19.18	-20.69	-19.68	0.59	-11.10	-10.15	-6.19
29	Campoleva'	1511	-8.76	-9.89	-20.18	-17.21	-6.11	-18.25												
30	Ciglione	1520	-6.66	-10.95	-26.16	-24.24	-11.18	-25.63	-36.41	-26.82	-22.82	-14.48	-19.83	-15.82	-18.34	-13.11	-13.42	-8.19	-6.36	-5.98
31	Malga Malera	1532	-4.21	-13.87	-28.76	-25.93	-11.27	-25.30	-34.89	-26.11	-24.08	-14.73	-26.11	-17.36	-20.19	-16.27	-14.61	-9.09	0.17	
32	Grolla	1545	-6.58	-10.68	-23.21	-21.93	-9.26	-22.38	-28.42		-20.69	-13.91	-21.38	-14.41	-16.90	-12.43	-12.37	-6.83	-6.33	-4.18
33	Pozza Morta	1578			-20.67	-18.73	-8.14	-23.45	-27.81	-25.99	-23.18	-15.53	-22.17	-4.25	-11.46	-13.84	-13.28	-6.89	-0.82	
34	Erera-Brendol	1678	-7.96	-14.86	-25.55	-29.85	-13.54	-27.95	-34.34	-28.72	-27.95	-25.67	-35.79	-25.78	-21.51	-23.25	-21.86	-9.61	-10.54	-9.20
35	Campoluzzo	1765	-9.54	-23.62	-33.85	-29.65	-13.96	-34.26	-40.27	-32.98	-27.45	-20.73	-36.14	-30.90	-20.88	-22.42	-29.92			
36	Conca Prevala	1811			-23.60	-23.16	-4.46	-3.58	-28.51	-24.30	-16.37	-21.39	-21.77	-16.20	-17.59		-6.15	-5.27	-6.53	-4.08
37	Busa delle Vette	1852	-9.47	-17.08	-28.14	-23.72	-7.47	-28.40	-33.21	-28.66	-24.93	-9.47								
38	Passo Avanza	1736						-13.85	-11.20	-14.22	-14.73	-17.70	-12.70	-10.87	-11.69	-13.20				-6.22
39	Busa del Cuvolin	2015		-2.23	-34.44	-30.70	-3.25	-29.95	-31.35	-32.67	-25.26	-15.85	-17.05	-14.53	-15.57	-18.41	-25.53	-12.13	-13.52	-10.17
40	Pozza Tramontana	2097																		
41	Lago di Fosses	2142	-8.36	-22.62	-26.31	-29.79	-13.61	-31.91	-33.77	-31.04	-33.61	-21.37	-28.40							
42	Cornetti Portule	2167		-2.21	-34.58	-27.23			-30.90	-32.92	-26.03	-22.06	-21.18	-19.78	-8.00					
43	Val Longa	2195	-9.47	-11.79	-19.42	-22.01	-10.09	-26.25	-33.29	-25.67	-20.40	-16.45	-23.35	-17.12	-17.90	-21.66	-27.27	-3.77	-12.82	-10.16
44	Rif. Tuckett	2230																		
45	Sponde Alte	2393	-13.73	-30.13	-35.79	-20.69	-20.26	-35.79	-42.56	-33.37	-31.80	-22.70	-30.40	-34.60	-20.90	-26.00	-24.70	-12.00	-8.90	-15.50
46	Busa di Manna	2546	-15.62	-30.97	-40.27	-28.08	-12.97	-36.96	-43.81	-36.69	-38.90	-24.20	-32.80	-38.70	-20.90	-28.60	-24.70	-18.90	-14.70	-16.00
47	Lech Diace'	2830	-8.52	-16.28	-20.88															

Dolina	quota (m)	temperatura minima		massimo aumento di temperatura				massima diminuzione di temperatura				
		a	ridotta	in 15 minuti		in 60 minuti		in 15 minuti		in 60 minuti		
Valmenera	905	-24.10	04/01/2009	-18.22	4.80	12/01/2009 10.00	11.20	13/04/2009 10.00	-3.90	27/02/2009 11.45	-7.50	21/03/2009 18.45
Buse Carriola	1212	-33.70	04/01/2009 2.15	-25.82	6.50	07/12/2008 19.30	14.20	14/02/2009 11.45	-4.30	09/01/2009 15.00	-12.30	09/01/2009 15.45
Marcesina	1310	-25.70	15/02/2009	-17.19	6.90	26/03/2009 4.45	13.60	11/03/2009 9.15	-5.20	15/02/2009 17.30	-9.40	19/02/2009 18.15
Busa Novegno	1475	-35.53	03/01/2009 22.10	-25.94	16.38	09/01/2009	19.14	09/01/2009	-5.04	04/10/2009	-11.71	09/01/2009
Ciglione	1520	-36.41	04/01/2009 3.15	-26.53	21.30	03/01/2009 17.00	30.91	04/01/2009 4.15	-6.63	02/01/2009	14.50	02/01/2009
Malga Malera	1532	-34.89	04/01/2009	-24.93	17.70	04/01/2009 5.00	23.50	04/01/2009 5.15	-4.60	20/02/2009 13.15	-11.20	04/10/2009 6.15
Busa della Grolla	1545	-28.42	04/01/2009 2.05	-18.38	12.58	03/01/2009 3.01	15.69	04/01/2009	-6.92	12/01/2009 2.47	-12.58	03/01/2009
Pozza Morta	1578	-27.81	03/01/2009	-17.55	18.64	12/01/2009	21.66	12/01/2009	-7.49	13/01/2009 1.05	16.38	13/01/2009 1.05
Erera-Brendol	1678	-35.80	19/02/2009	-24.89	18.40	03/01/2009 21.45	22.90	19/02/2009 8.00	-4.00	26/12/2008 22.45	-10.60	04/01/2009 9.45
Campoluzzo	1765	-40.30	03/01/2009 22.30	-28.83	17.60	04/01/2009 5.30	27.10	04/01/2009 6.00	-3.65	26/12/2008 16.00	-13.20	26/12/2008 16.30
Busa delle Vette	1852	-33.00	03/01/2009	-20.96	11.10	18/01/2009 3.45	20.50	09/12/2008 7.45	-4.10	17/01/2009 6.00	-14.30	17/01/2009 6.15
Busa del Cuvolin	2015	-34.45	27/11/2008 4.45	-21.35	21.94	31/12/2008 4.14	22.14	13/01/2009 11.02	-8.85	04/02/2009 13.32	-16.66	31/12/2008 5.29
Lago di Fosses	2142	-33.60	10/01/2009 1.15	-19.68	8.90	08/01/2009 21.15	21.80	04/01/2009 6.00	-3.00	04/02/2009 12.15	-7.10	26/12/2008 16.30
Cornetti B. Portule	2167	-34.58	26/11/2008 6.30	-20.50	19.73	10/01/2009 1.03	25.64	13/01/2009 10.03	-6.99	26/11/2008 1.45	-17.89	26/11/2008 2.30
Busa di Val Longa	2195	-33.30	09/01/2009	-19.03	14.60	30/12/2008 2.30	19.00	30/12/2008 2.30	-3.90	23/01/2009 18.15	-10.40	29/12/2008 23.30
Sponde Alte	2393	-42.60	09/01/2009 2.15	-27.05	23.40	10/01/2009 6.30	28.60	10/01/2009 7.00	-4.50	09/01/2009 16.30	-13.70	09/01/2009 17.15
Busa di Manna	2546	-43.80	09/01/2009 3.00	-27.25	20.80	10/01/2009 7.00	26.30	27/11/2008 3.45	-5.00	03/01/2009 17.00	-14.70	10/01/2009 8.15

TEMPERATURE MINIME ASSOLUTE e MASSIME VARIAZIONI DI TEMPERATURA NELL'INVERNO 2008-09

(la temperatura minima ridotta è riferita al livello del mare utilizzando il gradiente dell'atmosfera standard, cioè 0,65°C ogni 100 m)

FONTE: <http://www.caiasiago.it/doline/Minime%20e%20variazioni.htm> (Enrico Manea)

SI RINGRAZIANO:

- il sig. Bruno Renon,
- il dr. Andrea Pitacco per la fornitura dei dati e per i concetti di base sulla radiazione, sulla radiometria e sugli scambi radiativi terra-sole,
- il Centro Valanghe di Arabba per i dati del Monte Lisser,
- il Centro Meteorologico di Teolo per i dati di Marcesina,
- Urbano Caregnato, gestore del Rifugio Marcesina, che nel primo anno di monitoraggio manuale sperimentale ha eseguito giornalmente le misure di temperatura con un termometro a mercurio a minima e massima fornito da ARPA Veneto.

RIFERIMENTI

Pospichal, B., S. Eisenbach, C. D. Whiteman, R. Steinacker, and M. Dorninger, 2003: Observations of the cold air outflow from a basin cold pool through a low pass. Extended Abstracts, Int. Conf. on Alpine Meteorology and MAP-Meeting, Brig, Switzerland, MeteoSwiss, Publication 66, 153–156. [Available from MeteoSwiss, Kra“hbu“Istrasse 58, Postfach 514, CH-8044, Zurich, Switzerland.]

C. D. WHITEMAN, T. HAIDEN, B. POSPICHAL, S. EISENBACH, AND R. STEINACKER, 2004: Minimum Temperatures, Diurnal Temperature Ranges, and Temperature Inversions in Limestone Sinkholes of Different Sizes and Shapes. *J. A P P L. M E T E O R.* 43, 1224-1236

Marks, D., and J. Dozier, 1979: A clear-sky longwave radiation model for remote alpine areas. *Arch. Meteor. Geophys. Bioklimatol.*, B27, 159-187.

Litschauer, D., 1962: *Untersuchung der Entwicklung von Kaltluftseen in Dolinen- und Beckenlagen (Investigation of the development of cool air pools in sinkholes and basins)*. Ph.D. dissertation, University of Vienna, 129 pp.

Finito di stampare nel novembre 2009

