



Neve e Valanghe

Meteorologia alpina, Glaciologia, Prevenzione e Sicurezza in montagna

anno 2018

91



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

REGIONE PIEMONTE

ARPA Piemonte
Dipartimento Sistemi Previsionali
Via Pio VII 9 - 10135 Torino
Tel 011 19681340 - fax 011 19681341
<http://www.arpa.piemonte.it>
e-mail: sistemi.previsionali@arpa.piemonte.it

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA

Assessorato Opere pubbliche, difesa
del suolo e edilizia residenziale pubblica
Direzione assetto idrogeologico dei bilanci
montani
Ufficio neve e valanghe
Loc. Amérique 33/A - 11020 Quart (AO)
Tel. 0165 776600/1 - fax 0165 776804
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0165 776300
<http://www.regione.vda.it>
e-mail: u-valanghe@regione.vda.it

REGIONE LOMBARDIA

ARPA Lombardia
Settore Tutela delle Risorse e Rischi Naturali
U.O. Centro Nivometeorologico
Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio (SO)
Tel. 0342 914400 - Fax 0342 905133
Bollettino Nivometeorologico
<http://www.arpalombardia.it/meteo>
e-mail: nivometeo@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Servizio prevenzione rischi
Ufficio previsioni e pianificazione
Via Vannetti 41 - 38122 Trento
Tel. 0461 494870 - Fax 0461 238305
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0461 238939
Self-fax 0461 237089
<http://www.meteotrentino.it>
e-mail: ufficio.previsioni@provincia.tn.it

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione
Valanghe e Servizio Meteorologico
Viale Druso, 116 - 39100 Bolzano
Tel. 0471 416140 - Fax 0471 416159
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0471 270555
Tel. 0471 271177 anche self fax
<http://www.provincia.bz.it/valanghe>
e-mail: Hydro@provincia.bz.it

REGIONE DEL VENETO

ARPA-Veneto Centro Valanghe di Arabba
Via Pradat 5 - 32020 Arabba (BL)
Tel. 0436 755711 - Fax 0436 79319
Bollettino Nivometeorologico
Tel 049 8239399
<http://www.arpa.veneto.it>
e-mail: cva@arpa.veneto.it

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

Direzione centrale risorse rurali, agroalimentari
e forestali
Servizio del Corpo forestale regionale
Settore neve e valanghe
Via Sabbadini 31 - 33100 Udine
Tel. 0432 555877 - Fax 0432 485782
Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 800860377 (in voce e self fax)
[http://www.regione.fvg.it/asp/newvalanghe/
welcome.asp](http://www.regione.fvg.it/asp/newvalanghe/welcome.asp)
e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

REGIONE MARCHE

Dipartimento per le Politiche Integrate
di Sicurezza e Protezione Civile
Centro Funzionale Multirischi
per la Meteorologia e l'idrologia
Via del Colle Ameno, 5 - 60126 Ancona
Tel. 071 8067743 - Fax 071 8067709
<http://protezionecivile.regione.marche.it>
e-mail: centrofunzionale@regione.marche.it

Sede AINEVA

Vicolo dell'Adige, 27
38122 Trento
Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225
<http://www.aineva.it>
e-mail: aineva@aineva.it

**Gli utenti di
"NEVE E VALANGHE"**

- Sindaci dei Comuni Montani
- Comunità Montane
- Commissioni Locali Valanghe
- Prefetture montane
- Amministrazioni Province Montane
- Genii Civili
- Servizi Provinciali Agricoltura e Foreste
- Assessorati Reg./Provinciali Turismo
- APT delle località montane
- Sedi Regionali U.S.T.I.F.
- Sedi Provinciali A.N.A.S.
- Ministero della Protezione Civile
- Direzioni dei Parchi Nazionali
- Stazioni Sciistiche
- Scuole di Sci
- Club Alpino Italiano
- Scuole di Scialpinismo del CAI
- Delegazioni del Soccorso Alpino del CAI
- Collegi delle Guide Alpine
- Rilevatori di dati nivometeorologici
- Biblioteche Facoltà Univ. del settore
- Ordini professionali del settore
- Professionisti del settore italiani e stranieri
- Enti addetti ai bacini idroelettrici
- Redazioni di massmedia specializzati
- Aziende addette a: produzione della neve,
sicurezza piste e impianti, costruzione
attrezzature per il soccorso, operanti nel
campo della protezione e prevenzione delle
valanghe.



Periodico associato all'USPI
Unione Stampa Periodica Italiana

Neve e Valanghe

n 91 anno 2018

Rivista dell'AINEVA
ISSN 1120 - 0642
Aut. Trib. di Rovereto (TN)
N° 195/94NC
del 28/09/1994

Direttore Responsabile

Alfredo PRAOLINI
ARPA Lombardia
Coordinamento Redazionale:
ARPA Lombardia

Comitato di redazione:

Luciano LIZZERO, Mauro VALT,
Giovanna BURELLI, Elena BARBERA,
Alfredo PRAOLINI

Comitato scientifico editoriale:

Alberto TRENTI, Secondo BARBERO,
Daniele MORO, Paolo SANDRONI,
Anselmo CAGNATI, Michela MUNARI,
Giovanni PERETTI, Valerio SEGOR

Segreteria di Redazione:

Vicolo dell'Adige, 27
38122 TRENTO
Tel. 0461/230305
Fax 0461/232225

Videoimpaginazione e grafica:

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

Referenze fotografiche:

Foto di copertina: Alfredo Praolini
*Panoramica sulla serraccata del monte Vioz,
nel Gruppo Ortles-Cevedale; evidente lo scarso
innnevamento presente anche a quote elevate,
a fine stagione, con l'emergere di superfici
ghiacciate.*

Se non diversamente specificato in didascalia, le
foto contenute negli articoli sono degli autori.

Hanno collaborato a questo numero:

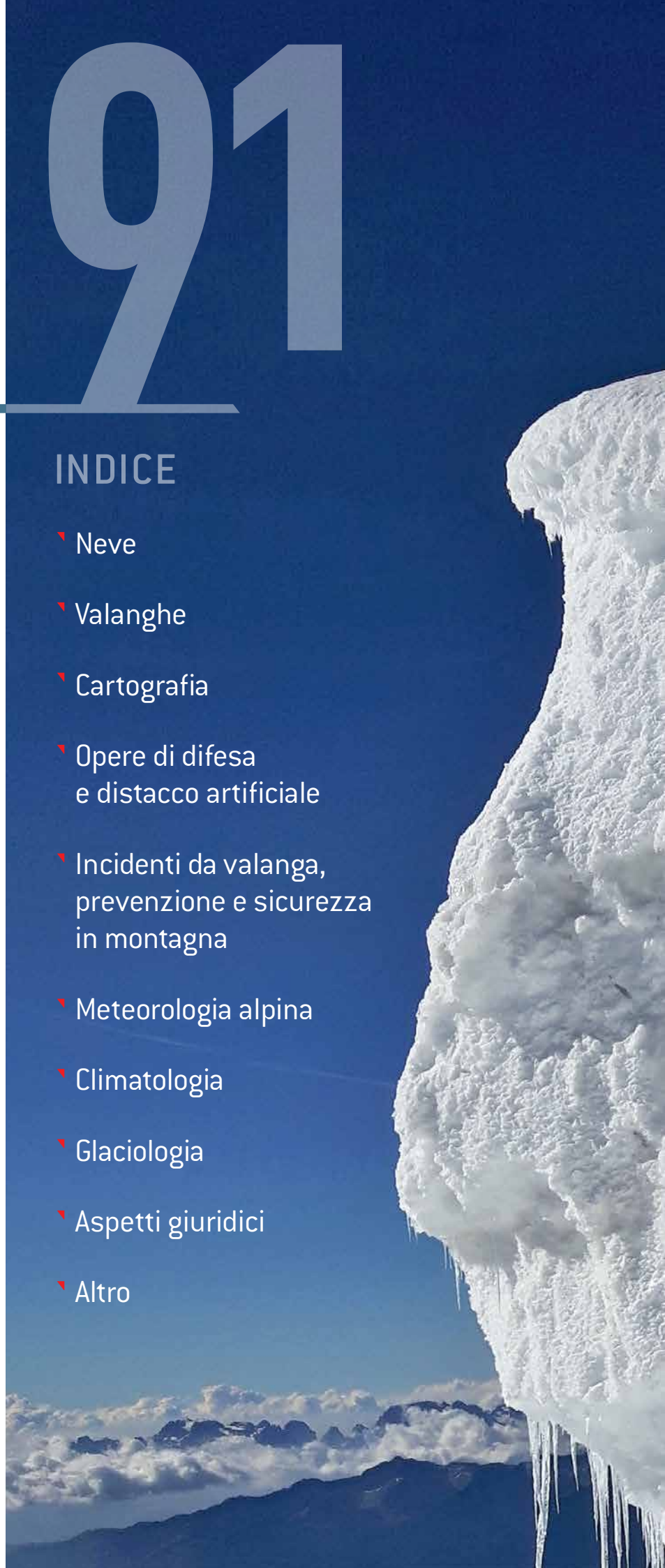
Serena Mottarella, Stefania Del Barba,
Nadia Preghenella, Monica Rossi,
Igor Chiambretti, Enrico Filafferro.

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

91

INDICE

- ▾ Neve
- ▾ Valanghe
- ▾ Cartografia
- ▾ Opere di difesa
e distacco artificiale
- ▾ Incidenti da valanga,
prevenzione e sicurezza
in montagna
- ▾ Meteorologia alpina
- ▾ Climatologia
- ▾ Glaciologia
- ▾ Aspetti giuridici
- ▾ Altro





“Neve e Valanghe” si presenta, a partire dal 2018, con una forma grafica parzialmente rivisitata, per una più facile consultazione da parte dell’utenza: sarà così più agevole l’individuazione delle tematiche di maggior interesse, di tipo scientifico o informativo-divulgativo.

Questo numero 91 - anno 2018 continuerà ad essere via via alimentato nelle varie “Sezioni” in funzione dei contributi che perverranno alla Redazione e risulterà completo solamente a fine anno, con la chiusura definitiva al 31 dicembre. Le Sezioni individuate tengono fede alle principali tematiche che la Rivista ha pubblicato e approfondito negli anni e sono presentate rispettando l’ordine storico: Neve - Valanghe - Cartografia - Opere di difesa e Distacco artificiale - Incidenti da valanga, Prevenzione e Sicurezza in montagna - Meteorologia alpina - Glaciologia - Aspetti Giuridici - Miscellanea (articoli di vario genere che riguardano la montagna innevata).

Studi e ricerche, tesi di laurea, presentazioni a livello nazionale ed internazionale selezionate dal Comitato di Redazione saranno le fondamenta della cultura che AINEVA vuole proporre attraverso il suo organo d’informazione. Il “Premio PAOLO VALENTINI”, rivolto principalmente alla ricerca universitaria, è da stimolo ad un continuo approfondimento delle problematiche che ruotano intorno al mondo della neve dando l’opportunità, a chi si cimenta nella ricerca, di fornire un valido contributo agli operatori nivo-valangologici per il continuo progresso nel campo della prevenzione e della sicurezza in montagna.

Ben venga quindi la collaborazione di quanti possono o sono chiamati a contribuire, ben venga la più ampia condivisione, da parte dell’utenza, di quanto la rivista propone nel contesto del WEB.

La stagione invernale 2018-2019, ormai alle porte, darà modo ad ognuno di confrontarsi con il mondo della neve in attività ludico-sportive. A questi e anche a quanti hanno maturato nel corso dell’anno nuove professionalità frequentando i corsi AINEVA, si raccomanda di mettere in pratica le semplici regole imposte dal rispetto della montagna.

Alfredo Praolini
Direttore Responsabile





VALANGHE

- 2 **Dietro le quinte del bollettino Neve e Valanghe**
Un esempio di tilievo nivologico itinerante
- 8 **Una valanga "...che non scende più"**
La valanga Coussa Marque di Valgrisenche
- 18 **La valanga del Gran Vallone**
Analisi dell'evento valanghivo che ha colpito l'abitato di Rochemolles il 4 Gennaio 2018 con l'utilizzo del drone per la stima dell'accumulo della valanga
- 26 **Incidenti da valanga in Italia Stagione 2017-2018**
- 34 **Sopravvivenza in valanga**
Il cane Zoey ne esce indenne dopo 25 giorni
- 38 **Le valanghe dell'inverno 1916-1917**
- 46 **La morte bianca**
Gli inverni della Grande guerra nei documenti ufficiali

DIETRO le QUINTE del BOLLETTINO NEVE e VALANGHE

Stefano Pivot

Guida alpina e nivologo presso
Regione Autonoma Valle d'Aosta,
Assetto idrogeologico dei bacini montani,
Ufficio neve e valanghe
s.pivot@regione.vda.it

un esempio di rilievo nivologico itinerante

IN THE BACKGROUND OF THE SNOW AND AVALANCHE BULLETIN

An example of itinerant snow measurement

The snow and avalanche bulletin is one of the useful tools for planning trips on the snowy terrain.

Everyone wonders how this bulletin is made and above all how "the numbers" of the degree of danger are given? The answers are always very colorful. Someone says that we always indicate a high degree of danger to avoid any liability. Rationals, on the other hand, tend towards simple arithmetic average of the various degrees of danger in the valleys or the mathematicians chooses the weighted average, taking into account altitudes, exposures, etc., in short, the thing becomes complicated.

So I would like to reveal the reasoning of the avalanche expert, telling you about a day on the snow I did during the winter, with my colleague Giovanna, to get some useful information for the regional avalanche bulletin for the Valle d'Aosta.

Il bollettino neve e valanghe è uno degli strumenti utili per pianificare le gite sul terreno innevato. Tutti si chiedono com'è che viene fatto questo bollettino e soprattutto come vengono "dati i numeri" del grado di pericolo? Le risposte sono sempre molto variopinte. Qualcuno dice che indichiamo sempre un grado di pericolo alto per evitare eventuali responsabilità. Il razionale propende invece per semplice media aritmetica dei vari gradi di pericolo nelle vallate oppure il matematico sceglie la media ponderata, tenendo conto di quote, esposizioni, ecc., insomma la cosa si fa complicata.

Vorrei quindi svelarvi il ragionamento del nivologo, raccontandovi una giornata sulla neve, durante un rilievo nivologico che ho fatto durante l'inverno, con la mia collega Giovanna, per avere alcune informazioni utili ai fini del bollettino valanghe regionale per la Valle d'Aosta.





Bivacco Chentre.



Vento gelido.

Le informazioni le abbiamo raccolte durante un'uscita con gli sci da scialpinismo. Grosso modo sono le stesse osservazioni che fanno tutti gli appassionati di scialpinismo per valutare il pericolo locale, ma lo scopo è un po' diverso: lo scialpinista cerca il percorso migliore per raggiungere il suo obiettivo o, se il caso, per cambiare itinerario in favore di uno meno pericoloso. Il nivologo fa un po' il

"detective della neve": indaga quali sono i problemi legati alle valanghe (*nota: vedi riquadro "Situazioni tipiche valanghine"*), cercando i posti più instabili. Ci troviamo quindi tra due fuochi: da una parte dobbiamo salvaguardare la nostra incolumità e dall'altra dobbiamo cercare le zone che sembrano più instabili, per poterne valutare la stabilità. Insomma, non abbiamo strumenti magi-

ci, niente di eclatante, ma probabilmente rispetto allo scialpinista medio siamo più allenati ad osservare i particolari.

LE OSSERVAZIONI IN ORDINE CRONOLOGICO

Partenza con gli sci da Ru, frazione alta di Bionaz nella selvaggia Valpelline, a 1700 m. La neve è di tipo primaverile con croste da fusione/rigelo fino a 1800 m di quota. Da qui in su la neve è primaverile solo nei pendii che sono perpendicolari ai raggi del sole e quindi quelli ripidi (dai 30° in su) esposti in pieno sud fino a 2400 m circa.

Notiamo anche degli accumuli ventati duri, ma belli da sciare con neve pressata. Gli accumuli sono presenti fin nelle radure dentro il bosco, chiaro segno di venti forti.

Assenza di vento fino a 2400 m, poi aumenta da quota 2600 m, fino a diventare moderato da sud, molto freddo. Nelle creste di confine con la Svizzera sopra i 3100 m il vento sembra invece soffiare da est. Il vento trasporta la neve, cancellando in breve le tracce di salita, accrescendo gli accumuli già presenti.

Gli accumuli sono ben evidenti perché superficiali e recenti e poi si vede bene la direzione in cui ha soffiato il vento, grazie alle numerose ondine, molto coreografiche. Si vede bene che il vento si è incanalato nelle varie vallette, con accumuli a tutte le esposizioni. Sembra che gli est siano le esposizioni con accumuli più grandi. Spesso nei dossi la neve fresca di sabato è stata completamente portata via, lasciando scoperto il vecchio manto nevoso molto duro.

Fino a 2400 m ci sembra che il pericolo valanghe sia su un grado 2-moderato "basso". Sopra i 2400-2500 m la situazione cambia completamente perché gli accumuli, prima presenti solo in alcune zone, diventano diffusissimi dappertutto tranne che nei piani e nei dossi.

Si vedono ancora parzialmente le tracce degli sciatori – probabilmente – di domenica. Dalle vecchie tracce di salita, adesso messe in rilievo dal vento, si vede

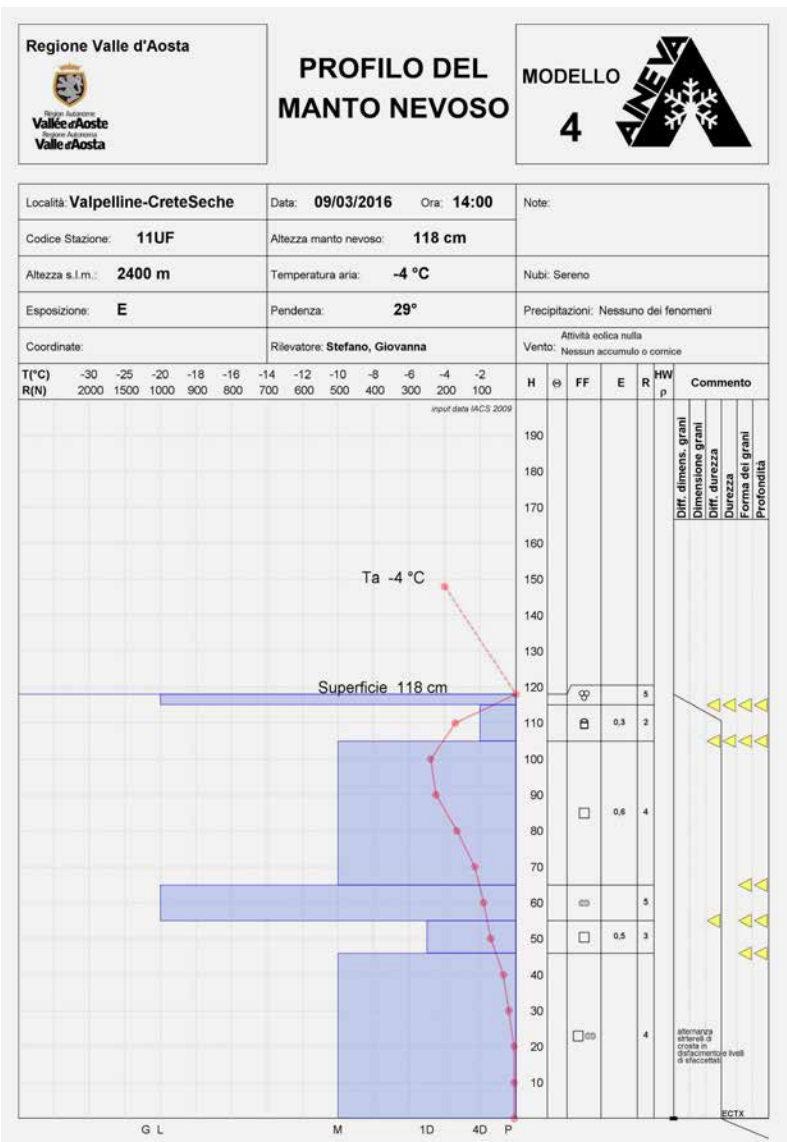
bene che domenica la neve era farinosa con – probabilmente – circa 20 cm di farina. Questa farina è stata portata via e compattata dal vento, anche se sopra i 2600 m gli accumuli sono si compattati, ma quasi sempre soffici. Sono leggermente più duri in cima al pendio, poco prima del cambio di pendenza.

Ad una prima osservazione “di pancia” le condizioni sembrano critiche, soprattutto alle esposizioni est, proprio a causa della notevole diffusione degli accumuli, potenzialmente instabili. Per esempio, il canalone classico sopra il Plan de la Sabla, utilizzato per la salita al Mont Gelé, sembra avere accumuli più grossi, soprattutto in uscita. Anche il canale appena alla sua sinistra è nelle stesse condizioni. Per un eventuale salita, io opterei per il pendio ancora più a sinistra dove si può dapprima stare contro le rocce laterali e poi, dopo un breve traverso in alto (punto critico), arrivare in una zona con poca neve (e eventualmente scollinare a piedi).

Salendo e tracciando ci accorgiamo che ci sono solo 10/15 cm di neve soffice accumulata su fondo duro, bella da sciare. Si sente sempre questo fondo duro e, dalle informazioni del periodo, sappiamo che questo fondo non sembra avere problemi interni di stabilità. E quindi l'unico problema potenziale – gli accumuli formati dalla neve ventata – è superficiale e quindi ben visibile. Purtroppo a causa della grande diffusione, non è possibile evitarli (senza tornare indietro dalla gita). Per questo segnaleremmo, nel bollettino, che “è richiesta esperienza per poter valutare localmente il percorso migliore” ovvero siccome gli accumuli sono dappertutto e dobbiamo per forza attraversarli, bisogna cercare di passarli con una traccia che si adatti bene al pendio.

PERICOLO VALANGHE

Vediamo quali sono gli aspetti positivi. Se analizzo – come da manuale – gli unici segnali evidenti di pericolo valanghe, nessuno di questi è presente. Vediamoli uno per uno:



Rifugio Crete sèche.



Situazioni tipiche valanghive

I servizi valanghe europei hanno voluto fornire un ulteriore strumento utile per supportare i professionisti ma anche tutti i frequentatori della montagna invernale nella loro valutazione del rischio. E quindi, tra le possibili situazioni valanghive, possiamo raggruppare quattro casi tipici che possono interessare gli utenti della montagna invernale:

1. Neve fresca
2. Neve ventata
3. Neve bagnata
4. Strati deboli persistenti

Abbiamo anche un quinto caso, valanghe di slittamento, ma non riguarda le valanghe provocate. Nel bollettino valanghe gli utenti troveranno sempre più spesso l'indicazione del problema valanghivo presente. E' possibile che diversi casi tipici siano presenti contemporaneamente. Questa struttura semplice, con quattro casi tipici, deve servire da guida, per non perdersi nel sistema complesso della nivologia e la formazione delle valanghe. Bisognerà quindi focalizzarsi sul problema principale e sui fattori essenziali. Questi casi tipici saranno un grande aiuto per gli sportivi ancora poco esperti nel riconoscere una situazione valanghiva.

Valanghe spontanee: non c'è nessuna valanga spontanea recente, né lastroni né a debole coesione. I canali più ripidi hanno già scaricato, con diverse valanghe vecchie. Probabilmente le ultime sono scese già sabato durante/appena dopo la nevicata. Fa veramente strano notare, ancora una volta in questa stagione invernale, che non ci sono lastroni né spontanei né provocati, né recenti né vecchi.

Fessurazioni, whoom, distacchi a distanza: sia facendo la traccia in salita sia sciando in discesa non abbiamo visto né provocato nessuna fessurazione, né anche minima. Nessun rumore di whoom né tantomeno distacchi a distanza. Sembra che questa neve superficiale un po' gessosa e fredda assorba bene il sovraccarico e non abbia energia elastica immagazzinata da poter restituire con propagazione di fessure.

Arriviamo fino ai 3000 m del Col Berlon da dove riusciamo ad avere un'ottima visione generale dell'alta valle, anche il lato nord-est del Mont Gelé e il canale della Balme, oltreché uno sguardo sulla

sottostante comba di Vertsan. Tutte le osservazioni continuano a confermare le nostre considerazioni. E siccome tutto fila troppo liscio, mi si accende un campanello di allarme che mi dice: "occhio alle cosiddette trappole euristiche!" o, per dirla alla francese con un termine più comprensibile, "aux pièges de l'inconscient". Una di queste è il comportamento balistico del nostro cervello: quando ci siamo fatti un'idea, continuiamo a vedere solo quegli indizi che confermano la nostra convinzione! Guardando il lato nord della Valpelline (Becca di Lusened, Mont Faroma, Becca Conge, Tete d'Arpisson, Becca di Viou), vediamo che i pendii in quota, esposti a nord, sembrano "carichi", ma non ci sono segni di valanghe spontanee. Vediamo che c'è gente al bivacco Chentre (foto "bivacco Chentre"), ma non si vedono le tracce di salita. (Nota: il bivacco Carlo Chentre - Ettore Bionaz è un bellissimo bivacco recente che si può utilizzare come punto di appoggio per la salita alpinistica alla Becca di Lusened. Consiglio comunque anche agli escursionisti di passare una notte in questo confortevole nido d'aquila in un posto selvaggio

Tracce.





e magnifico. Se vi ho incuriosito: www.bivacco-valpelline.nl).

Il freddo è pungente sia per le basse temperature (il termometro dice -13° nelle ore centrali al Col Berlon) e sia per il vento freddo, così la neve rimane invernale. Scendendo nel primo pomeriggio vediamo che lo strato superficiale della neve "ha mollato" solo sotto i 1850 m. Abbiamo fatto un profilo (vedi foto) e il test di stabilità "Extended column" in un pendio ripido esposto a est all'altezza del rifugio Crête Sèche (www.rifugiocrete-seche.com) (foto "rifugio Crete sèche"). Il profilo (vedi grafico) non è nient'altro che uno scavo nella neve per vedere i diversi strati e capire se, per esempio, può esserci un lastrone. Gli ingredienti iniziali necessari affinché ci sia un lastrone sono due: uno strato di neve coeso, cioè con cristalli di neve sufficientemente legati fra di loro, e sotto di lui uno strato debole. Semplificando, im-

maginatevi di mettere una losa in pietra sopra ad una serie di biglie; se c'è anche il terzo ingrediente, la pendenza giusta (in media almeno 27° per le valanghe), ecco che tutto scorre a valle. Semplice? Per niente. I tre ingredienti non sono sufficienti perché bisogna anche vedere se c'è propensione alla propagazione della frattura ed il test ECT serve proprio a quello.

Non vediamo nessun segno di instabilità. C'è un possibile sottile lastrone (sottile strato più duro sopra a uno strato molto più soffice, a sua volta sopra a un ulteriore strato duro), ma non sembra avere durezza sufficiente per poter propagare una frattura. All'interno del manto c'è un'alternanza di croste da fusione e rigelo dure, ma sembrano aver legato bene con il resto del manto nevoso.

Per tutti questi motivi consideriamo che, nelle zone da noi viste, il grado di pericolo valanghe è 2-moderato.

La Valpelline in breve

Se con il racconto vi ho invogliato a visitare la selvaggia Valpelline, ecco alcune informazioni.

La Valpelline si trova nel lato nord della Valle d'Aosta, al confine con il Vallese svizzero e la famosa haute-route scialpinistica Chamonix-Zermatt. Ospita anche il più grande lago artificiale della Valle d'Aosta che, grazie alla diga di Place Moulin, produce abbondante energia elettrica. In inverno e soprattutto in primavera la Valpelline è frequentata dagli scialpinisti che possono appoggiarsi a diversi rifugi: il Crête Sèche, il Prarayer, il Nacamuli al col Collon e il rifugio Aosta, vero nido d'aquila alle pendici della Dent d'Hérins, alta 4171 m. Ci sono poi numerosi bivacchi frequentati per lo più in estate.

Il percorso che abbiamo scelto ricalca per una buona parte gli itinerari classici per la salita al Mont Gelé 3518 m o alla Trouma des Boucs. La descrizione degli itinerari è facilmente reperibile sul web; per esempio sul sito amatoriale www.montagneinvalledaosta.com.

Il Plan de la Sabla.

una VALANGA

**Enrico Borney e
Andrea Debernardi**

Ufficio neve e valanghe
Fondazione Montagna
sicura - Montagne sûre,
Località Amérique, 33,
11020 Quart (AO), Italy

*Le fotografie
in questo articolo sono di
Enrico Borney e Andrea Debernardi*

"...CHE NON SCENDE PIÙ"

La valanga Coussa Marque di Valgrisenche

Leggi la versione completa in italiano



AN AVALANCHE "... THAT NO LONGER FALLS" **The Coussa Marque avalanche in Valgrisenche**

It was April 10, 1918 when the avalanche Coussa Marque destroyed a village in Valgrisenche for the second time. This year is the anniversary of the fall of the avalanche: it is just 100 years since the avalanche caused death and damage to the village of Planté. For this reason it is important to rediscover the history of this avalanche, already tragically fallen in 1843. Bringing phenomena of this kind to the public, preserved in the Regional Cadastre of the Avalanches, is very important to keep alive the memory of these historical avalanches and also to provide us with new spur to continue to observe and investigate the avalanche phenomena affecting each winter season our valleys. The main structure of the text is in Italian, but there are also parts in French [in the Italian version of the article these little words have been translated]. It was decided to give the way to read the article in French to preserve the semantic and expressive nuances of 1800 unaltered.

The phenomenon described in the following pages falls within the territory of Valgrisenche, a municipality that always been known for its heavy snowfalls and large avalanches. In 1877, the canonie Pierre-Joseph Béthaz, speaks of his valley so as: « on y va ni par mer ni par terre, mais par rocs et par pierres » (we do not go by sea or by land, but by rocks and stones).

Era il 10 aprile 1918 quando la valanga Coussa Marque distruggeva per la seconda volta un villaggio in Valgrisenche. Quest'anno ricorre l'anniversario dalla caduta della valanga: sono proprio 100 anni da quando la valanga causò morti e ingenti danni al villaggio di Planté. Per questo motivo è importante riscoprire la storia di questo evento, preceduto nel 1843 da un altro tragico evento valanghivo che andremo a ricordare.

Portare all'attenzione del pubblico fenomeni di questo tipo, custoditi all'interno del Catasto Valanghe della Regionale Valle d'Aosta, è molto importante per continuare a mantenere la memoria viva su queste valanghe storiche e anche per fornirci sempre nuovi stimoli per continuare ad osservare ed indagare i fenomeni valanghivi che interessano ogni stagione invernale le nostre vallate.

La struttura principale del testo è in italiano, ma sono presenti anche parti in francese ed alcune citazioni in patois. Si è deciso di dare la possibilità di poter leggere l'articolo in francese per conservare le sfumature semantiche ed espressive dell'epoca inalterate.

Il fenomeno descritto nelle pagine seguenti ricade nel territorio di Valgrisenche, un Comune da sempre noto per le abbondanti nevicate e per le grandi valanghe che lo caratterizzano. Nel 1877, il canonico Pierre-Joseph Béthaz, riportando un antico detto, descrive così la sua valle: «on y va ni par mer ni par terre, mais par rocs et par pierres» (non andiamo né via mare né per terra, ma per rocce e pietre).



EN SOUVENIR
DE LAVALANTEE
DE 1918
VOEU F.M.

1918

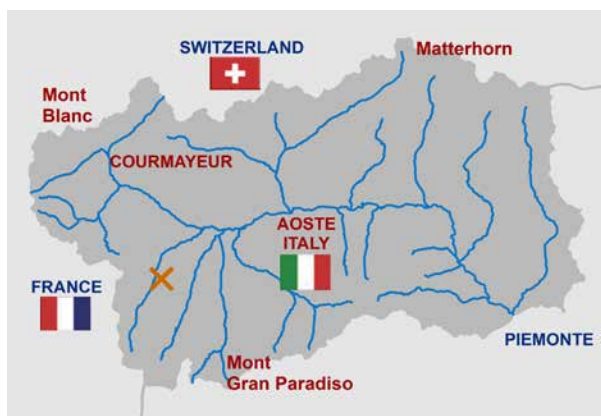
LA VALANGA COUSSA MARQUE

Percorrendo da sud a nord la cresta spartiacque che divide la Val di Rhêmes dalla Valgrisenche (Fig. 1), si incontra la Becca-de-Tos (3304 m), ultima vetta di una certa importanza oltre la quale la dorsale inizia ad abbassarsi verso Introd ed Arvier con elevazioni di minor rilievo e dossi boscati.

Nonostante la quota non particolarmente elevata, la Becca-de-Tos è una tipica montagna da valanghe. Sul versante occidentale si contano quattro fenomeni valanghivi che minacciano Valgrisenche Capoluogo ed i villaggi di Gerbelle, Darbelley, Chez-Carral e Planté, mentre sul ripido lato orientale sono noti due im-

Fig. 1 - Mappa della Valle d'Aosta. La croce arancione indica l'asse vallivo della Valgrisenche e la localizzazione dell'abitato di Planté e della valanga di Coussa Marque.

Fig. 2 - La tierce d'Aval di Valgrisenche dal Capoluogo (Chef-lieu) a Prariond; in basso al centro, il villaggio di Planté, in alto a destra la Becca-de-Tos. Rimane escluso l'abitato di Revers, posto a valle di Prariond.



portanti fenomeni che interessano, nel comune di Rhêmes-Saint-Georges, gli abitati di Proussaz e Frassinée.

L'ampio versante occidentale presenta, tra 2500 e 2800 m, una scoscesa parete rocciosa che separa i pascoli ed i boschi limitrofi agli alpeggi di Verconey dai pendii superiori. In corrispondenza del Torrent de Ramouà, tale parete presenta ripidi salti alternati a cenge detritiche o erbose dalle quali ha origine il toponimo Cingles des Tos (Fig. 2).

Proprio da queste cenge si stacca la valanga che scende a valle seguendo, con il suo flusso principale, il canale chiamato Tsenail de Coussa Marque, anticamente detto Tsenail de Cuam all'interno del quale scorre il Torrent de Ramouà. Avvicinandosi al fondovalle, la massa nevosa sfiora pericolosamente il villaggio di Planté, come conferma Sylvain Bois: «le hameau de Planté, situé au pied de la forêt de Verconey et entouré de prairies, a vécu, depuis toujours, le dangereux voisinage de l'avalanche qui, normalement, s'écoule dans un vallon près du village et ne lui réserve que les violents tourbillons de son souffle impétueux. Mais la norme a ses exceptions...»³. Gli eventi descritti di seguito mostrano quando ed in quali condizioni si verificano le eccezioni alla regola (Fig. 3).

Nel XIX secolo, il Comune di Valgrisenche è diviso in tre quartieri detti tierce: la tierce d'Aval, la tierce du Milieu e la tierce de Fornet. Il villaggio di Planté ricade nella prima, insieme con Revers, Prariond, Céré, La Béthaz, La Frassy, Chez-Carral, Darbelley e Capoluogo (Fig. 2). Nel 1877, il canonico P. J. Béthaz conta, sul territorio comunale, un totale di 23 villaggi abitati tutto l'anno; ciascuno di essi ospita cinque o sei famiglie, ad eccezione di Fornet che è decisamente più popolato.

A questi si aggiungono altri 27 nuclei, un tempo abitati stagionalmente, in seguito abbandonati e ridotti a vestigia già nella seconda metà dell'Ottocento. Tra questi il canonico annovera Tsésroule (poi traslitterato in Chézerole oppure Tsése-

roulaz), situato un centinaio di metri a nord di Planté.

La Carta dello Stato Maggiore Sardo pubblicata nel 1866 assegna al comune di Valgrisenche un territorio di 140 km² così ripartiti: 40% di rocce e ghiacciai, 30% di prati e pascoli, 20% di boschi e foreste, 10% di terreni coltivati¹.

L'evento del 20 febbraio 1843

Secondo il canonico Béthaz, nella prima metà dell'Ottocento, la foresta del versante orografico sinistro della Valgrisenche nei pressi di Planté risulta «malheureusement trop éclaircie dans les guerres du dernier siècle»¹. Questo fatto costituisce un fattore predisponente al verificarsi di valanghe di grandi dimensioni: se i boschi dei ripidi pendii a monte sono diradati, gli abitati a valle fruiscono di una protezione meno efficace verso lo scivolamento di masse nevose.

Nel febbraio 1843, le precipitazioni ed altri agenti meteorologici contribuiscono a preparare il quadro di un evento valanghivo di proporzioni catastrofiche: «le vingt février dernier la neige couvrait en quantité extraordinaire les monts élevés, qui forment la Vallée dite Valgrisenche. La température s'était radoucie»⁵. Questo non passa inosservato agli occhi dei residenti, abituati a rilevare e ad interpretare i segni dell'ambiente alpino: «les habitants du hameau de Planté, alarmés par des signes précurseurs qu'une longue expérience leur avait appris à connaître, avaient salué dans une inquiétude pénible le jour inévitable des avalanches»⁵.

Il giorno trascorre, ma a Planté non succede nulla: cresce la paura per la massa di neve che incombe dai pendii della Becca-de-Tos. La scelta comune è quella di trasferirsi per la notte in un luogo sicuro nell'intento di evitare, almeno in parte, il colpo che la valanga potrebbe assestare alla piccola comunità locale: le case non si possono spostare, la valanga neppure, ma le persone sì! Allora «les maisons, sur lesquelles le danger semblait plus imminent, furent abandonnées; et dix-neuf personnes se trouvèrent réunies, comme en un asile

de salut, dans celle d'Armand, qu'elles croyaient moins exposée»⁵. L'angoscia della sera e del buio è mitigata dalla compagnia; riuniti in casa Armand, gli abitanti di Planté trovano un po' di svago e di conforto reciproco.

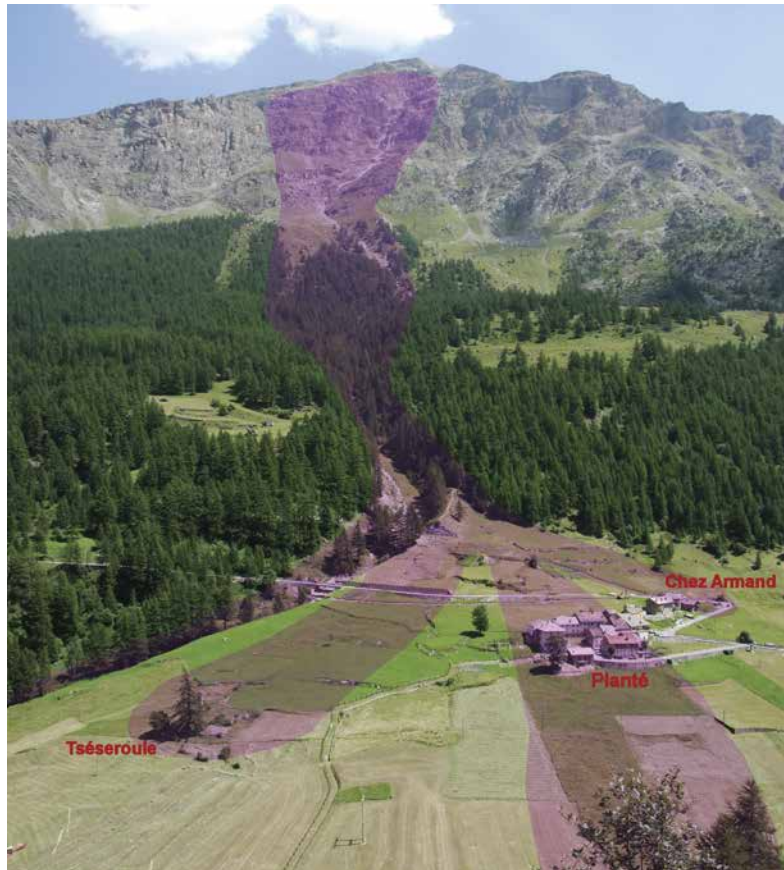
«L'avalanche, hélas! se détache; elle glisse sourdement; toute la montagne d'Etoise est balayée...»⁵, «l'avalanche se détache de la Cingle des Tos, elle traverse la forêt..., se concentre dans le couloir du chenail de Cuam, puis, on ne sait comment, elle se tourne brusquement vers le midi, laisse les maisons et la chapelle de Planté intacts et tombe sur la maison Armand, située à l'extrémité du village»¹, «...l'avalanche, qui dévale le couloir habituel, trouve le passage obstrué par des arbres qu'elle a arrachés et entassés; elle déborde alors et, laissant intact le reste du village, se dirige en oblique vers la maison Armand qu'elle enfonce»³.

Una deviazione imprevista e imprevedibile e il luogo designato per la salvezza diventa un luogo di tragedia: «...dans sa chute impétueuse, va fondre tout-à-coup sur la maison d'Armand. Elle est écrasée comme un chaume et ensevelie dans ses flots accumulés»⁵.

Cosa succede, poco prima dell'impatto, nella stalla di Armand? Augustin Vagneur scrive su "Le Feuille d'Annonces d'Aoste": «il était une heure: tous dormaient»⁵, ma il canonico Béthaz afferma: «quel réveil! ou plutôt quels cris d'épouvante! Car la veillée s'était prolongée, rieuse, jusqu'à minuit»¹. Su questo punto le fonti discordano, ma le argomentazioni addotte da Vagneur sembrano decisamente convincenti. Mentre Béthaz afferma semplicemente che «le toit est effondré: la maison, pleine de neige; les poutres rompues au milieu et tenant aux murs sur les extrémités servent heureusement d'abri aux animaux et aux personnes qui étaient à l'étable»¹, il cronista de "Le Feuille d'Annonces d'Aoste", indagando a fondo gli effetti dell'impatto della valanga sull'edificio, spiega che «le salut des autres a tenu à la nature de la construction de la maison Armand. Le plancher supérieur de l'étable était forti-



Fig. 3 - Vista generale del sito valanghivo, dalle Cingles de Tos ai prati della conoide del Torrent de Ramouà. In violetto le zone interessate dai diversi eventi valanghivi del passato.



fié de plusieurs poutres qui, en se cassant vers le milieu sous l'énorme poids de la toiture et des neiges, formèrent deux plans inclinés contre les murs latéraux près desquels étaient couchés les individus heureusement surpris par l'avalanche»⁵. Fortunatamente sorpresi dalla valanga? Sì, perché se le persone rifugiate nella stalla, sentendo il boato della massa di neve in arrivo, si alzarono terrorizzate dai giacigli di fortuna approntati sulle panche lungo i muri perimetrali, abbandonerebbero inconsapevolmente la posizione che invece permetterà loro di non soccombere all'impatto della valanga ed al conseguente crollo dell'edificio: solo rimanendo sulle panche potranno fruire, come in effetti accadde, della protezione offerta dai muri portanti.

La valanga si ferma, una calma irreale riempie la valle. La notte trascorre in un silenzio pesante e ovattato, scandito solamente dal gorgogliare della Dora: «mais tout rentra bientôt dans un silence profond; et la corde grave du torrent vibra seule jusqu'au jour dans l'air tranquillisé»⁵. L'alba riporta la luce sui villaggi innervati: «le jour arrive, les heures

s'écoulent, le temps passe ; personne ne vient au secours de cette malheureuse famille. Impossible à elle de sortir de cette prison de neige. Quelle position alarman-te!»¹. Tutto è fermo: occorre attendere ancora perché coloro che abitano nei villaggi vicino a Planté si rendano conto dell'accaduto: «les plus zélés sortent de leurs demeures et parcourent d'un regard explorateur les endroits suspects de la vallée. Dieu soit loué ! s'écrient-ils ; aucune dévastation n'est arrivée. La redoutable avalanche d'Etoisse gît inoffensive dans le fond du vallon. Le village de Planté ! Juste ciel ! Et le grand frêne!... Et la maison du malheureux Armand?... Au secours! Au secours!!!»⁵ (Fig. 4).

Le operazioni di soccorso iniziano così, con i soccorritori che aprono faticosamente una pista nella neve alta per raggiungere il luogo della tragedia: «les hommes du voisinage, à peine éloignés de cent pas, ne restent pas moins de quatre heures avant d'arriver à la maison, tant était énorme la quantité de neiges accumulée par l'avalanche! Joseph et César Boson furent les premiers à son secours»¹.

L'allarme si diffonde rapidamente: «quelques moments après, toute la Commune accourait haletante sur les lieux effrayants du malheur. On travaille avec effort...»⁵. Il soccorso è pericoloso e faticoso: con zappe e picconi ci si mette all'opera, alla ricerca dei dispersi.

«On creuse, on déblaye sans relâche ; et bientôt deux cadavres horriblement brisés sont arrosés des larmes pieuses de leurs amis»⁵. Il piano superiore della casa di Armand è stato letteralmente spazzato via dalla valanga insieme con le due persone che vi si trovavano al momento dell'impatto; proprio loro vengono estratte per prime dalla neve: «les deux cadavres furent reconnus. C'étaient les corps d'un fils d'Armand et de son domestique, qui, repoussant la crainte du danger, avaient voulu se coucher dans leurs chambre ordinaire»⁵, «Jacques Bernard Béthaz de 54 ans et Pierre Joseph Armand de 13 ans, qui étaient dans leur lit à l'étage supérieur meurent étouffés sous la neige»¹. Due, dunque, le vittime: un servitore ed uno dei figli di Armand, quello detto Baronet.

Coloro che, invece, si trovavano nella stalla sono ancora lì, prigionieri della neve e delle mura che li hanno protetti al momento dell'impatto: «à l'étable, 15 personnes étaient encore à la veillée quand une partie de plafond s'écroula sur eux; elles se retrouvèrent miraculeusement indemnes mais dans l'impossibilité de sortir de ce tombeau de glace et de neige»³.

I soccorsi procedono, lentamente ma sempre più vicini ai sepolti, i cui gemiti e richiami possono, ora, essere intesi dall'esterno: «après six heures d'un travail dont les hommes de bonne volonté sont seuls capables, ...le jour pénètre dans une galerie: l'ouverture est agrandie avec précaution; et quatorze personnes retournent sauvées à la lumière. Trois autres encore gémissent encore sous les étreintes douloureuses de poutres menaçantes et surchargées»⁵.

Le varie fonti concordano solamente circa il numero di morti: due. Quanto ai sepolti, il canonico Béthaz e Sylvain Bois

parlano di 15, mentre Augustin Vagneur scrive di 14 persone estratte indenni dalla stalla e 3 feriti. Non esistono, in questo caso, elementi oggettivi che depongano a favore dell'una o dell'altra versione; certo è che la quasi totalità degli abitanti di Planté fu coinvolta nella sciagura. Come spesso accade in circostanze simili, la sorte peggiore tocca ai superstiti, a quelli che rimangono a sopportare il peso della tragedia, cercando la forza per ricostruire. Augustin Vagneur termina l'articolo pubblicato su "Le Feuille d'Annonces d'Aoste" rivolgendosi personalmente ad essi: «et toi, pauvre Armand, père infortuné, reçois l'expression de notre condoléance. La perte d'un fils chéri, la ruine complète de tes domiciles, l'extermination totale de ton bétail, sont un malheur trop accablant pour ne pas intéresser la commisération publique»⁵. Non manca, in ultimo, un doveroso encomio ai soccorritori: «mais je dis: honneur à vous, sauveurs infatigables et courageux, qui avez arraché dix-sept personnes à une mort affreuse»⁵.

Così si chiude la ricostruzione storica del più antico evento di cui si conserva memoria attribuibile alla valanga Cousa Marque. A seguito di tale catastrofe, i fabbricati dell'hameau di Chez Armand saranno utilizzati, negli anni a venire, esclusivamente come stalle e fienili, riservando ad edifici ritenuti più sicuri la destinazione di dimora per i residenti del villaggio¹¹. I testimoni intervistati confermano che nel Novecento «n'en jamé vu de tsafiande in chi Armand»¹¹ (non abbiamo mai visto dei camini a Chez Armand). L'assenza di camini è segno inequivocabile dell'assenza di residenti. Nonostante la scelta di abbandonare Chez Armand e di trasferirsi a Planté, proprio qui, 75 anni dopo, una nuova valanga, porterà con sé sciagure ancor peggiori.

L'EVENTO DEL 10 APRILE 1918

Il nuovo secolo si apre con una guerra, la Grande Guerra, che se da una parte farà la gloria di politici e generali, dall'altra

affamerà e decimerà la popolazione europea, colpendo maggiormente le classi sociali meno agiate: strappare i giovani a queste famiglie significa, infatti, togliere loro braccia necessarie ai lavori della terra e al sostentamento di donne, anziani e bambini.

Valgrisenche non fa eccezione, anzi... Se già, durante la guerra di Crimea, duecento uomini avevano lasciato la valle per andare al fronte, la Grande Guerra esigerà da questo Comune un ulteriore sacrificio: «les grandes guerres continuent. Tous les hommes valides, depuis dix-huit jusqu'à quarante-cinq ans, sont mobilisés pour la guerre. Pour travailler la campagne, il ne reste que des vieux et des femmes»². Alla fine della Grande Guerra, venti degli uomini di Valgrisenche chia-

mati alle armi non faranno ritorno alle loro montagne e alle loro case: «la guerre ayant fini en novembre, après quatre années affreuses, une vingtaine de nos jeunes ne sont plus revenus...»².

Proprio l'assenza di ragazzi e uomini adulti è un tratto distintivo della nuova catastrofe che colpirà Planté. Molti di loro, impegnati in terre lontane, apprenderanno l'accaduto solo dai giornali¹¹. L'inverno 1916-1917 è lungo, freddo e nevoso: le truppe al fronte e le popolazioni alpine devono subire, oltre ai rigori dell'inverno, anche il pesante impatto delle valanghe: le vittime sono migliaia. A Valgrisenche «la neige est venue le 25 octobre et cela a continué tout le mois de novembre, jusqu'à Noël, neige et froid. Ensuite, pendant une semaine, un tem-

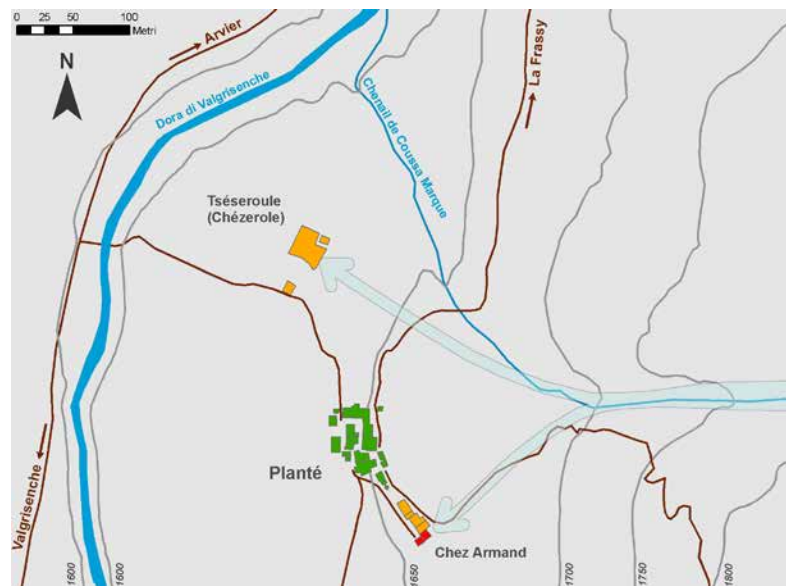


Fig. 4 - Cartografia essenziale degli insediamenti sulla conoide del Torrent de Ramouà nel 1843. Le frecce azzurre rappresentano la più probabile traiettoria della valanga del 20 febbraio 1843. In rosso gli edifici abbattuti dalla valanga; in arancione gli edifici parzialmente lesionati e in verde quelli indenni.

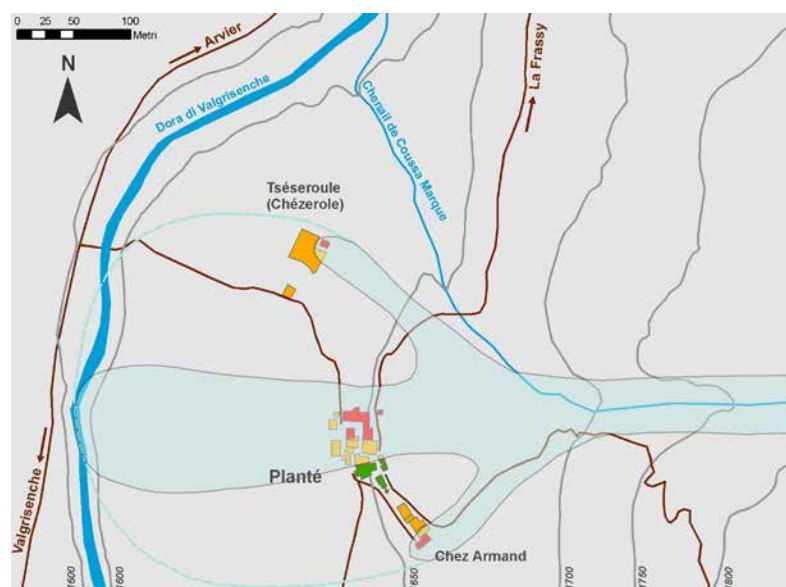


Fig. 5 - Cartografia essenziale degli insediamenti sulla conoide del Torrent de Ramouà nel 1918. In azzurro, l'area interessata dalla valanga del 10 aprile 1918. In rosso gli edifici abbattuti dalla valanga; in arancione gli edifici parzialmente lesionati e in verde quelli indenni.

Come nel 1843, la valanga prende una direzione imprevista: «...l'avalanche descendait par un petit vallon voisin. Cette fois, celui-ci obstrué par les descentes de neige précédente a fait dévier la nouvelle avalanche vers la forêt qui fut rasée et ne rencontrant plus d'obstacles s'abattit sur le village qui fut enseveli»⁶. L'impatto, in questa occasione, è ancor più distruttivo perché la massa di neve ed alberi in movimento è enorme ed investe quasi interamente il villaggio: «la lave glacée investit le village, la poussée continue, les murs des habitations cèdent, les toitures craquent, le fleuve de neige continue sa poussée, pénètre dans les domiciles maintenant découverts, en emporte le mobilier, les denrées, les provisions de foin; les planchers qui séparaient les étages tombent pêle-mêle avec les ardoises des toits, avec les plantes entraînées par la neige, les voutes des caves sont enfoncées et les denrées qu'elles contenaient emportées et remplacées par la neige mélangée de pierres, des planches, de poutres et de plantes»⁷.

Nonostante il segnale d'allarme dato dai boati prodotti dalla valanga, nei pochi secondi che precedono l'impatto non c'è il tempo di fare nulla; gli edifici non reggono alla forza della neve e «les habitants sont bloqués sous les décombres des domiciles écroulés ou dans ceux qui restent debout, et très peu peuvent communiquer entre eux»⁷.

Finalmente la valanga si arresta, dopo aver percorso il conoide su cui sorge il villaggio ed aver raggiunto la Dora.

Nel silenzio lugubre che segue la devastazione, si sentono alcuni suoni attutiti e si vede qualche movimento: «quelques personnes cependant furent assez heureuses pour pouvoir se dégager et aller donner l'alarme»⁶, «cependant quelques-uns réussissent à se dégager, à sortir par les brèches des toits. Ils dégagent ceux qui sont le moins profondément ensevelis, l'on court à la chapelle de Saint-Bernard, seul bâtiment du village resté indemne; les coups du tocsin retentissent...»⁷. Gli abitanti dei villaggi vicini, da La Béthaz a Gerbelle e fino a

Bonne, sentendo le campane, guardano verso Planté: «trò de nèi! Se vèit renque euna mia la tsapella»¹¹ (troppa neve. Si vede solo un poco la cappella) (Fig. 5).

La sera di martedì 9 aprile, Charles Boson e sua moglie Rose sono di ritorno da Aosta, dove si sono recati per far visita ad un loro figlio al Seminario. Le difficoltà del cammino nella neve alta li inducono a passare la notte presso il villaggio La Béthaz, a meno di 500 metri di distanza da Planté: questo contrattempo salverà loro la vita. Al mattino sono tra i primi ad accorrere; dal ponte di Tsésroule la risalita al villaggio è rapida perché camminano sulla neve compatta della valanga. La loro casa è stata rasa al suolo, in alcuni punti anche le volte in pietra delle cantine hanno ceduto! Che ne sarà dei loro figli? E della loro nuora Serafine con i piccoli Cristina e Maurice? Loro padre Camillo è morto in guerra l'anno scorso, il destino non può accanirsi così! Al momento dell'impatto dovevano essere ancora a letto, ma ora i piani superiori non esistono più!... Nella parte settentrionale del villaggio solo l'edificio adibito a scuola e latteria è rimasto intatto! Un figlio ed una figlia di Charles Boson sono tra i primi ad essere salvati; poco dopo viene ritrovato anche il nipotino Maurice, ma la neve lo restituisce esanime. E Cristina? Lei viene liberata solo l'indomani mattina. Racconterà in seguito che, mentre la valanga si avvicinava, suo padre Camillo le apparve dinnanzi per ripararla dal pericolo con il mantello; si ritrovò poi nella mangiatoia, protetta dalle travi spezzate disposte a capanna sulle rovine delle mura; una vacca che rimase intrappolata vicino a lei la scaldò nell'attesa dei soccorsi¹¹.

I soccorritori si mettono in cammino verso la valanga: «la population valide accourt en masse, bravant tout danger, se frayant la route dans une neige molle qui atteint la poitrine des plus grands. Les femmes remplacent les hommes absents»⁷.

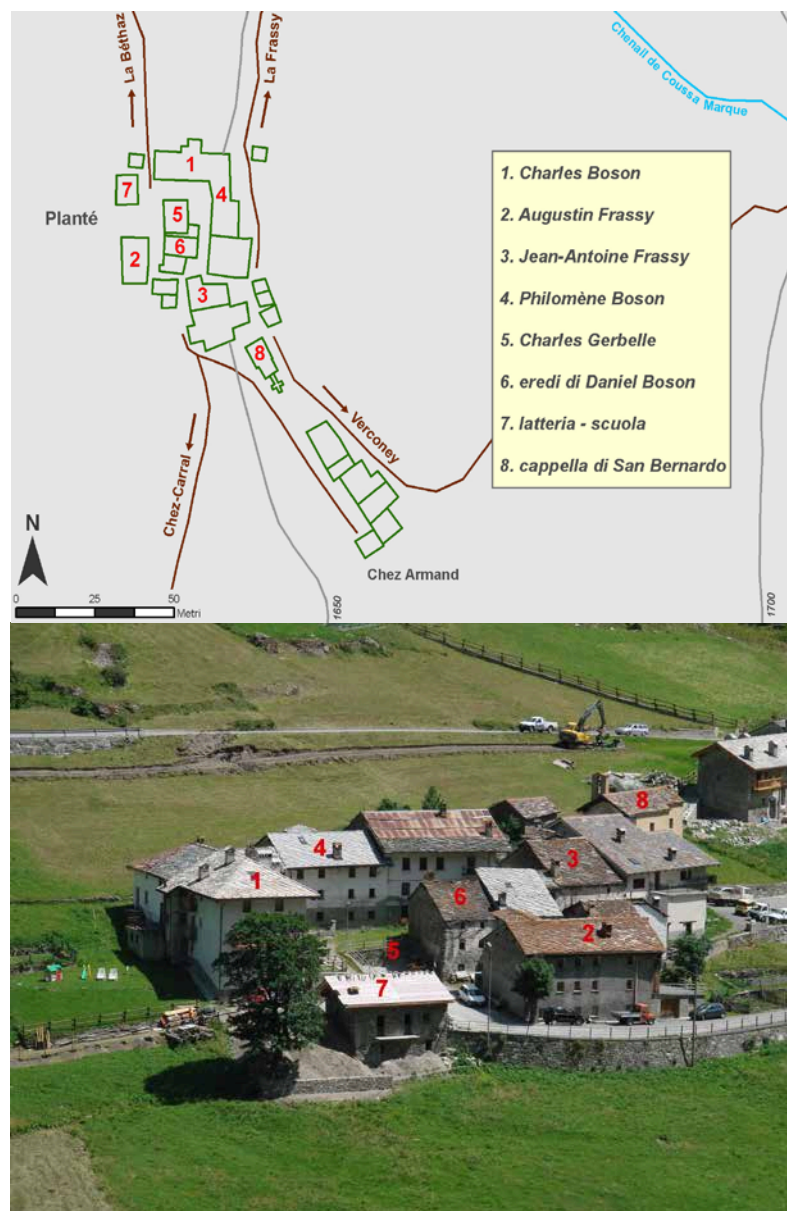
Inizia il difficile lavoro di ricerca dei travolti: la massa di neve ed alberi che ricopre il villaggio è imponente e si procede

con grande lentezza: «les pelles, les pics creusent avec vigueur la neige durcie, les haches coupent les poutres et les planches qui obstruent les passages. Avant la nuit, deux enfants, un garçon et une fille, sont retirés cadavres et les survivants sont presque entièrement dégagés»⁷. I larici e gli abeti strappati alla foresta di Crosatère e lanciati a valle hanno aumentato la potenza devastatrice della valanga: «son le plante que l'an fottu bà le mëtso!»¹¹ (sono le piante che hanno distrutto le case). Un albero è arrivato sulla casa di Jean-Antoine Frassy e sfondando l'izé (abbaino usato per portare il fieno nel pailleur) si è infilato nel fienile! «L'on travailla pendant plusieurs jours pour débayer la neige, et toute la paroisse y participa»⁹, «on fut obligé le lendemain, le télégraphe étant coupé, de descendre à Arvier demander du secours. Le travail continua avec acharnement»⁶, «le débalyement se fait par la population de Valgrisenche avec le secours des quelques Arvelains, qui se sont prêtés pendant une journée»⁸.

Concluse le operazioni di soccorso, si può trarre un primo bilancio della catastrofe: 17 persone travolte, 4 delle quali vengono estratte ormai defunte dalla neve. Le vittime sono:

- Charles-Joseph Gerbelle, 53 anni, caseificatore e fratello di J. B. Gerbelle, rettore di Fornet;
- Marie-Rose Gerbelle, 10 anni, figlia più giovane di Charles-Joseph;
- Maurice-Pascal Boson, 3 anni, nipote dell'ex sindaco di Valgrisenche Cav. Charles Boson ed orfano del padre Camillo morto al fronte l'anno precedente;
- Marie-Philomène Boson, 62 anni, «qu'on a retrouvée encore en vie, après 60 heures! mais les jambes brisées par des poutres qui l'écrasaient»⁹, «l'on n'espérait plus de la retrouver vivante, quand on commença à entendre ses appels. L'on parvint à elle par une étroite tanière creusée dans la neige. Elle semblait peu contusionnée, sa voix paraissait encore forte et ferme. On la croyait en état de survivre, mais elle

Fig. 6 e 7 - Cartografia e ripresa fotografica di dettaglio dei villaggi di Planté e Chez Armand: i numeri riportati sugli edifici identificano i rispettivi proprietari nel 1918, sulla base dell'elenco pubblicato su "Le Duché d'Aoste" del 17 aprile 1918.



*voulut revoir sans délai sa sœur et son curé et peu de temps après elle expirait, contrairement à l'attente de tous*⁷. Dopo quasi tre giorni trascorsi intrapolata dalla neve tra le macerie, ferita e senza cibo, la donna è molto probabilmente in stato di assideramento. I testi medici di oggi descrivono la condizione di ipotermia generale del corpo distinguendo una forma lieve (temperatura corporea tra 35 e 32 °C) ed una profonda (temperatura corporea inferiore a 31 °C); mentre nella seconda si riscontrano frequentemente aspetto cadaverico, coma ed estremità cianotiche, nella prima, nonostante i brividi, i tremori ed i movimenti impacciati, il paziente è perfettamente cosciente, proprio come Marie-Philomène appa-

re ai soccorritori. Gli attuali protocolli medici prevedono diverse tecniche per riportare l'assiderato in condizioni di temperatura corporea normale, ma in ogni caso raccomandano una velocità di riscaldamento non superiore a + 0,51,0 °C/ora. Come ricordano alcuni testimoni, la donna, appena estratta dalla neve, fu subito portata in una casa, al caldo: forse fu proprio questa brusca variazione di temperatura a provocarle uno shock termico tale da causarne la morte. Non conoscendo o non applicando correttamente tale principio terapeutico, i soccorritori, pur facendo del loro meglio, non riescono a salvare Marie-Philomène.

A conferma di quanto anticipato circa l'assenza di uomini, tra le vittime si tro-

vano solo bambini o adulti in età avanzata e sono le donne a dover scavare tra la neve e le macerie alla ricerca dei dispersi. Quanto ai danni materiali, le cronache dell'epoca affermano che: *«le village de Planté était habité par 6 familles. 1° celle de M. le chev. Charles Boson dont les bâtiments ont été rasés en partie à la hauteur du rez-de-chaussée et en partie même au-dessous...; 2° et 3° celles des frères Frassy Augustin et Jean-Antoine, dont les maisons ont été endommagées seulement en partie et surtout dans le toit; 4° celle de la défunte Boson Philomène qui ne laissait point de famille et dont la maison a aussi été assez endommagée; 5° celle de Gerbelle Charles, dont le père et une fille ont été victimes du désastre et dont le fils est militaire et la mère a été assez gravement contusionnée. L'habitation de cette famille a été comme celle de M. Boson Charles rasée au niveau du rez-de-chaussée et très endommagée au-dessous. ...6° celles des héritiers de Boson Daniel qui n'a pas été démolie par l'avalanche, mais tellement ébranlée qu'elle est devenue inhabitable. Cette famille est composée de la maman que l'émotion a rendue malade, de deux filles et d'un fils prisonnier de guerre*⁷; *«les dommages subis par les familles de Planté furent considérables; la maison du chev. Charles Boson et celle de Gerbelle Charles rasées au sol; les provisions alimentaires, le foin et le mobilier dispersé dans la neige jusque vers la Doire. Toutes les autres maisons eurent le toit et les étages supérieurs emportés ou bien endommagés; dans les étables plusieurs têtes de bétail périrent*³ ed ancora: *«les dégâts sont immenses: maisons écrasées, campagne dévastée, toute une forêt emportée et du bétail perdu; on calcule les pertes à plus de 200 mille francs*¹⁰ (Figg. 6 e 7).

Dalle informazioni riportate dal canonico Béthaz sappiamo che nel 1918, in tempi di forti rincari del prezzo dei prodotti agricoli e delle derrate alimentari, il mais ed il grano costavano 50 franchi al quintale e il burro 5 franchi al chilogrammo, mentre una vacca «ordinaria» veniva

pagata fino a 2000 franchi. In base ai coefficienti di rivalutazione pubblicati dall'Istat è possibile attualizzare l'entità dei danni provocati dalla valanga: dai 200.000 franchi¹⁰ del 1918 si stima oggi un ammontare di oltre un milione di euro. In aggiunta, Sylvain Bois riporta la seguente considerazione: «*d'après l'opinion de ceux qui ont vu la destruction qu'avait subie le village, ce dramatique événement aurait pu faire beaucoup de victimes*»³.

Il 1918 è un anno duro, ed i mesi che seguono lo confermano: «*depuis avril, le mois de mai fut sec et froid, aussi, la récolte a été mauvaise: peu de foin et peu de pommes de terre et, avec cela, cherté des denrées et un grand prix du bétail*»². Tuttavia, la storia di Planté, uno dei più bei villaggi di Valgrisenche, non finisce in questo modo. Grazie a fondi privati ed a sottoscrizioni pubbliche, i lavori di ricostruzione iniziano in breve tempo e procedono a ritmo sostenuto: mèison Gerbelle non sarà più ricostruita, ma la nuova mèison Boson sarà ultimata nel 1920¹¹. Già nel corso del 1918¹¹ si provvede alla realizzazione di un argine di contenimento a monte del villaggio, alla sommità del conoide, nel punto in cui lo Tsenail de Coussa Marque volge bruscamente da ovest verso nord: in questo modo si impedirà in futuro la deviazione della valanga verso il nucleo abitato: «*le village a été reconstruit et de suite, le bord sud du vallon où se déversa l'avalanche, a été renforcé et élevé par le moyen d'un grand remblai destiné à dévier les masses de neige*»³.

Negli anni Ottanta, durante la realizzazione della pista di sci alpino, l'argine viene ingrandito fino a raggiungere una lunghezza di 80 m ed un'altezza massima di 15 m (Fig. 8).

Oggi, cent'anni dopo l'ultima tragedia della valanga Coussa Marque, sembra che le opere di difesa garantiscano la sicurezza del villaggio, in parte ristrutturato a fini residenziali. In inverno a Planté ed a Chez Armand non restano però che pochi residenti a rendere omaggio al lavoro ed al sacrificio degli antenati.

Una nota conclusiva circa l'hameau di Tséseroule: dalle testimonianze raccolte risulta che un tempo, per dimensioni e numero di abitanti, esso fosse paragonabile al primo nucleo insediativo di Planté. In seguito, pesantemente colpito dalla valanga del 1843, fu quasi del tutto abbandonato perché troppo vicino al pericoloso Tsenail de Coussa Marque: fu allora che il villaggio di Planté si espanse. A Tséseroule, gli edifici superstiti furono tuttavia utilizzati, negli anni successivi, come depositi e fienili e pare che, ancora alla fine dell'Ottocento, qualcuno vi

abitasse: si ha notizia di un certo Féli, orologiaio di mestiere, che risiedeva nell'hameau ormai solitario¹¹. Dopo la morte di Féli, la valanga del 1918 segnò il tramonto di Tséseroule. J. B. Gerballaz scrive: «*plusieurs maisons de Planté furent renversées, ainsi qu'une masure à Chézerolles et une à Chez-Armand*»², sottolineando che «*on dit que c'est aussi à cause de l'avalanche qu'on a abandonné Chézerolles*»². Così si chiude la storia di questo hameau, oggi ridotto a pochi ruderi che emergono dai prati a valle di Planté (Figg. 9 e 10).

Fig. 8 - L'argine deviatore costruito a monte di Planté nel punto di ingresso dello Tsenail de Coussa Marque sul conoide.

Fig. 9 - Quello che rimane oggi di Tséseroule.

Fig. 10 - Fienagione estiva nei prati a valle dell'abitato di Planté.

Legenda delle fonti

Opere letterarie:

- ¹ Pierre-Joseph Béthaz, "Valgrisenche, Notices Historiques", 1877.
- ² Joseph-Bernard Gerballaz, "Vie quotidienne à Valgrisenche de 1879 à 1921", 1984.
- ³ Sylvain Bois, "Valgrisenche: histoire et évolution d'une communauté", 1995.

Pubblicazioni periodiche:

- ⁴ Jules Brocherel su "Le Messenger Valdôtain" dell'anno 1919.
- ⁵ "Le Feuille d'Annonces d'Aoste" del 15 marzo 1843.
- ⁶ "L'Echo de la Vallée d'Aoste" del 27 aprile 1918.
- ⁷ "Le Pays d'Aoste" del 19 aprile 1918.
- ⁸ "Le Mont Blanc" del 3 maggio 1918.
- ⁹ René Viérin "Revue Valdôtaine" citato nella nota n. 31 dell'opera di P. J. Béthaz.
- ¹⁰ "Le Duché d'Aoste" del 17 aprile 1918.

Testimonianze orali raccolte nell'estate del 2008:

- ¹¹ Maria Bois, Anna Frassy, Ernesto Frassy, Camillo Godioz, Carlo Viérin.

Per la trascrizione delle citazioni in patois:

- Aimé Chenal et Raymond Vautherin, "Nouveau dictionnaire de patois valdôtain", 1997.
- Autori Vari, "Patois à petits pas", 1999.



Analisi dell'evento valanghivo
che ha colpito l'abitato di
Rochemolles il 4 Gennaio 2018

La VALANGA del GRAN VALLONE

Utilizzo del drone
per la stima
dell'accumulo
della valanga

Alberto Dotta
Direttore del Consorzio
Forestale Alta Valle Susa

Erika Solero
Consulente del Consorzio Forestale
Alta Valle Susa e di Arpa Piemonte

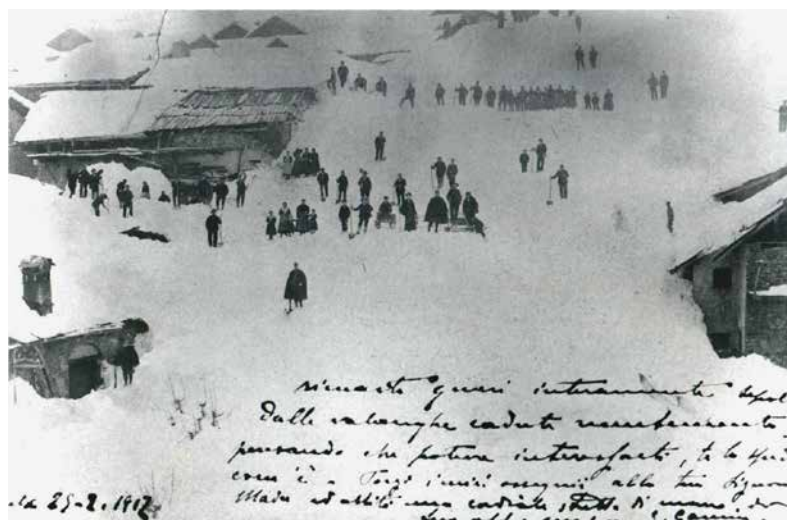
THE GRAN VALLONE AVALANCHE **The use of drones to estimate** **avalanche accumulation**

The Rochemolles village, in Alta Valle Susa, is a little hamlet in Bardonecchia municipality that has been affected for a long time by many catastrophic avalanches, causing great concern among both inhabitants and the municipal administration. The latter, in the last few years has been committed to managing the risk represented by the avalanche basins above the village, building defence works coupled with appropriate urban planning and civil defence tools. On Thursday 4 January 2018, at 6.30 pm, a strong rumble announced the release of an avalanche from Gran Vallone that hit the west portion of the village and interrupted road communications to Bardonecchia. Some damages were recorded to homes, though not structural, and the avalanche destroyed larches and broad-leaved trees over a surface of about two hectares of forest on the opposite side of the village, with damage to vegetation on the banks of the Rochemolles stream. The day after, the Consorzio Forestale Alta Valle Susa, which is part of the local avalanche commission, used a drone fitted with a camera to fly over the area, managing for the first time to define the avalanche boundaries with precision and to correctly quantify the size of accumulation, after comparing the survey with the regional DTM.

L'abitato di Rochemolles, in Alta Valle Susa, è una piccola frazione del comune di Bardonecchia, interessato nel tempo da numerosi eventi valanghivi catastrofici che hanno creato grande preoccupazione sia negli abitanti che nell'amministrazione comunale. Quest'ultima, nel corso degli ultimi anni, si è adoperata nella gestione del rischio sotteso ai bacini valanghivi posti a monte dell'abitato, con la costruzione di opere di difesa abbinate ad opportuni strumenti di pianificazione urbanistica e di protezione civile. Giovedì 4 gennaio 2018 verso le 18,30 un forte boato annuncia il distacco della valanga del Gran Vallone che investe il settore ovest della frazione e interrompe la viabilità con Bardonecchia. Vengono registrati danni, seppur non strutturali, alle abitazioni, schianti di larici e latifoglie di invasione su una superficie di circa due ettari di bosco sul versante opposto con danni alla vegetazione presente sulle fasce spondali del torrente di Rochemolles. Il giorno seguente, il Consorzio Forestale Alta Valle Susa, facente parte della CLV, commissiona il sorvolo dell'area con un drone dotato di fotocamera riuscendo quindi, per la prima volta, a definire i limiti precisi della valanga e, confrontando il rilievo con il DTM regionale, quantificare in maniera corretta le dimensioni dell'accumulo.



Fig. 1 - Foto della valanga che nel 1912 ha interessato l'abitato di Rochemolles utilizzata come cartolina e spedita da Oulx il 29-2-1912.



ROCHEMOLLES E LE SUE VALANGHE

L'abitato di Rochemolles è ora un piccolo borgo che si trova a 1620 m di quota e fa parte del comune di Bardonecchia in Alta Valle Susa. Fino a metà del secolo scorso erano presenti 40 abitazioni e vivevano stabilmente più di 150 persone. Nel febbraio del 1961 una grossa valanga ha colpito il paese (Figura 1), provocando la morte di 4 persone e ingenti danni alle abitazioni. Da allora la popolazione non vi ha più abitato stabilmente durante l'inverno fino ai primi anni 2000 quando la costruzione di opere di difesa hanno permesso la revisione del PRGC. E' stata ridefinita la perimetrazione di Rochemolles in funzione delle Classi di idoneità urbanistica indicate dalla Circolare 7/LAP del 1996, al fine di migliorare il rapporto tra rischio di caduta valanghe e esigenze di urbanizzazione, vietando nuove costruzioni e dando parametri costruttivi sulla base delle spinte e delle pressioni attese.

Ad oggi vivono stabilmente una ventina di persone ed è presente un ristorante aperto tutto l'anno.

Le valanghe storiche che interessano l'abitato di Rochemolles sono sostanzialmente due:

1. La valanga di Cima Gardiola considerata per antonomasia la "valanga di Rochemolles" perché responsabile degli eventi maggiormente distruttivi come quello del 1961. La valanga è composta da numerosi rami valanghivi che prendono origine dai diversi sottobacini e complessivamente costituiscono la Valanga di Cima Gardiola. Per la mitigazione del rischio su questa valanga si è intervenuti con la realizzazione di un vallo deviatore (alto 22 m e lungo 161 m, realizzato utilizzando la tecnica delle terre armate nel quale è stato realizzato il passaggio per il Rio Fourn) e la posa di ombrelli fermane neve nei settori più esposti a monte dell'abitato. Nell'inverno 2018 numerosi rami della valanga si sono staccati senza arrecare

danni all'abitato di Rochemolles grazie all'efficacia dell'argine deviatore.

2. La Valanga di Cima del Vallone che raggiunge raramente il torrente e nel passato ha provocato danni al paese e alla vegetazione presente sul versante opposto a causa del soffio. Nulla è stato ad oggi progettato e realizzato all'interno del Bacino del Vallone, dove si è verificata la valanga di quest'inverno e di cui si occupa il presente articolo. (Figura 1)

LA VALANGA DEL GRAN VALLONE

La zona di distacco si trova nel bacino imbrifero di forma regolare, dominato a ovest dalla Cima del Vallone, 3171 m slm e a est dalla cima Gardiola, 3125 m slm. Il bacino si restringe notevolmente a 2200m, al disopra di uno strapiombo di 500 metri di dislivello che termina alla base del pendio dove si trova l'abitato di Rochemolles.

I pendii del bacino sono generalmente poco ripidi e permettono di norma l'accumulo di grandi quantità di neve che tendono a stabilizzarsi naturalmente. Unicamente le zone sommitali superano i 35 gradi e normalmente possono provocare piccoli scaricamenti che tuttavia si arrestano prima del restringimento, senza quindi raggiungere il paese. In condizioni particolari di forti nevicate, con accumuli in cresta che raggiungono considerevoli spessori di neve instabile, possono verificarsi distacchi che coinvolgono nella caduta l'intero bacino mettendo in moto una grande quantità di neve. Masse di queste dimensioni, dotate di una forte accelerazione non sono in grado di fermarsi all'interno del bacino e percorrono lo strapiombo fino al brusco cambio di pendenza presente alla base del versante; a causa del salto si genera una componente nubiforme particolarmente importante, anche con nevi ad elevata densità, che quasi sempre colpisce la porzione ovest dell'abitato e talvolta raggiunge il versante opposto. La valanga che si è staccata il 4 gennaio ha seguito proprio una dinamica di que-

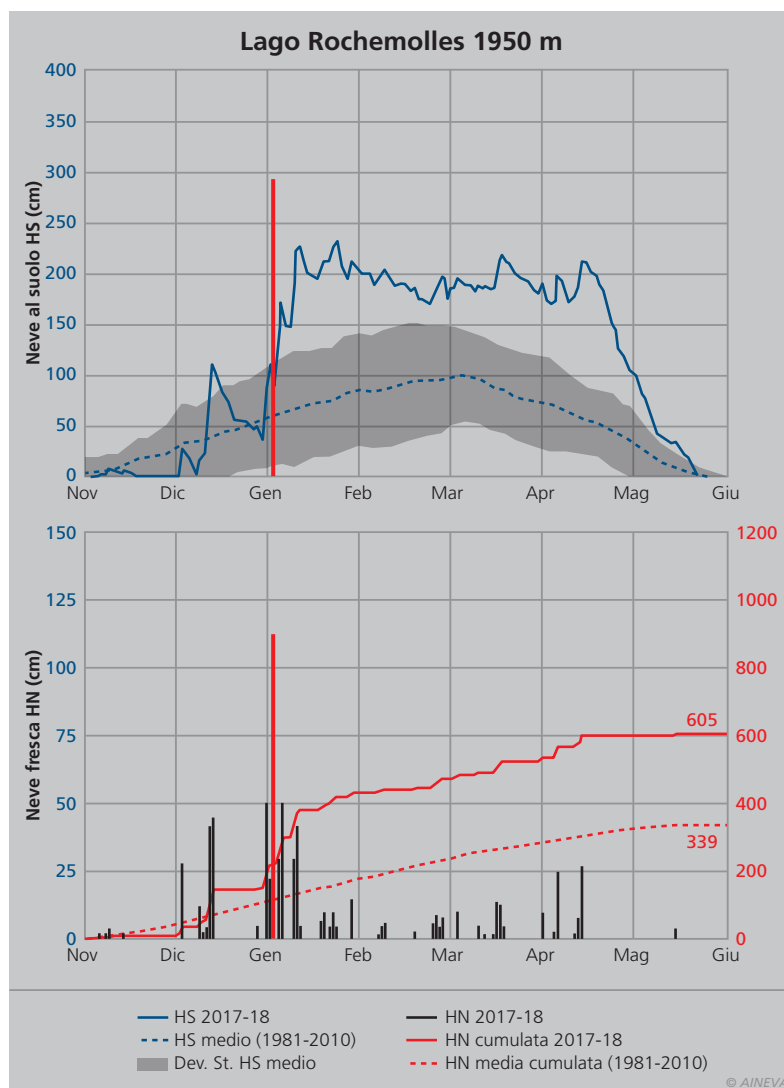


Fig. 2 - Andamento della neve al suolo (grafico blu) e della neve fresca (grafico rosso) della stazione di Rochemolles nella stagione 2017/18 a confronto con la media stagionale della stazione; la linea rossa identifica la situazione presente prima delle precipitazioni che hanno portato al distacco della valanga del Gran Vallone.

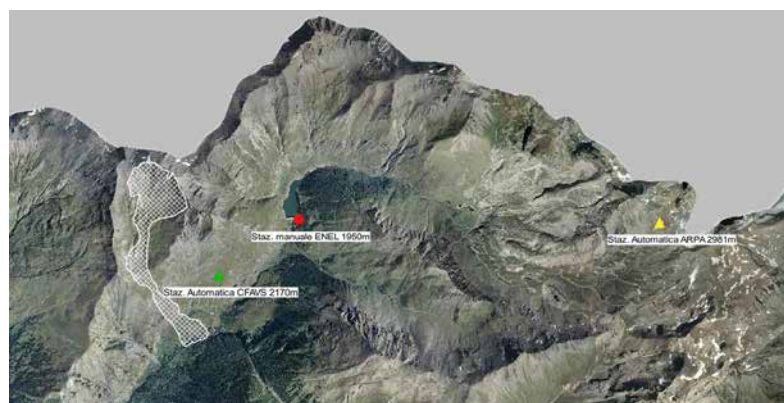


Fig. 3 - Ortofoto con evidenziata la valanga del gran Vallone che ha interessato l'abitato di Rochemolles e le stazioni nivo-meteorologiche prese in considerazione per l'analisi dei dati.

sto tipo e, secondo un lavoro di ricerca interno al CFAVS del 1996 (valanghe del bacino del Vallone: 1706, 1749, 1873, 1912, 1935 eseguito da Luisa Alzate), evoluzioni simili si sono verificate tutte le volte che la valanga ha raggiunto Rochemolles.

Evento del 4 gennaio 2018

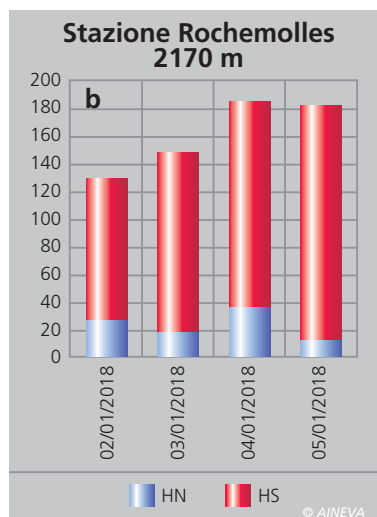
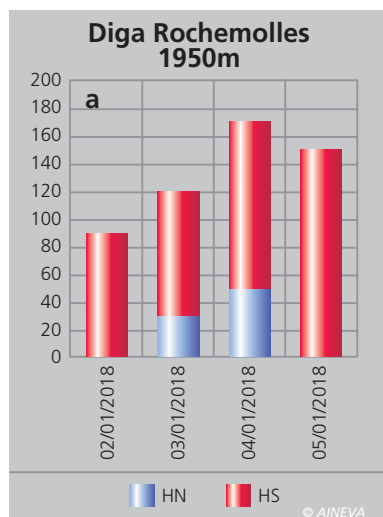
Condizioni nivo-meteorologiche

Nel mese di dicembre numerose preci-

pitazioni hanno investito il Piemonte. Le Cozie N di confine e in particolare la conca di Bardonecchia, sono significativamente colpite dalle nevicate di metà e fine dicembre con il raggiungimento in entrambi i casi di un grado di pericolo 4-Forte. Con l'inizio del nuovo anno quindi la zona di Rochemolles presentava un innevamento decisamente sopra la media del periodo (Figura 2) ed una forte instabilità del manto nevoso, do-



Fig. 4 - Dati di HN e HS registrati dalla stazione manuale della diga di Rochemolles (4a - a sinistra) e dalla stazione automatica del CFAVS (4b - sulla destra).



vuta in particolare al sovraccarico delle nevicate di fine anno, caratterizzate da elevate densità a causa al repentino aumento dello zero termico.

Dalla serata di martedì 2 gennaio nuove intense precipitazioni si sono verificate sulla fascia di confine compresa tra le A. Lepontine e le A. Cozie N, dove risulta ancora una volta colpita in maniera significativa la conca di Bardonecchia. Anche durante quest'ultimo episodio la quota neve ha subito notevoli variazioni, passando dai 1000-1500m di inizio nevicata fino oltre i 2000m nella giornata del 4 di gennaio, con diffusi fenomeni di pioggia su neve alle quote inferiori.

Per comprendere più a fondo quanto accaduto nella zona di distacco della valanga che ha interessato l'abitato di Rochemolles possiamo avvalerci dei dati raccolti nel campo neve manuale di Enel sito presso la Diga di Rochemolles a circa 1970 m di quota, dei dati registrati dalla stazione automatica di proprietà del CFAVS situata a 2170 m sui versanti sud ovest che sovrastano l'abitato di Rochemolles e dai dati trasmessi dalla stazione automatica di Arpa Piemonte a 2981m di quota presso il Ghiacciaio del Sommeiller (Figura 3). Tra il 2 e il 5 gennaio la stazione automatica del CFAVS misurava 97 cm di nuova neve, mentre l'HN misurata della stazione manuale della Diga era di 80 cm. Paragonando i dati delle due stazioni (Figura 4), situate a poca distanza l'una dall'altra, si nota che la mattina del 5 gennaio non veniva registrato alcun valore di HN nel campo neve manuale a causa dell'innalzamento della quota neve che ha caratterizzato la parte finale della nevicata.

Il campo neve manuale infatti si trova a quote dove la precipitazione era diventata a carattere piovoso mentre la stazione automatica si trova a quote dove la precipitazione si era mantenuta a carattere nevoso durante tutto l'evento. Osservando nel dettaglio il grafico della neve al suolo della stazione automatica del CFAVS (Figura 5) si osserva come,

al culmine della nevicata, la metà del manto nevoso presente era costituito da neve recente caratterizzata da strati superficiali di neve ad alto contenuto di umidità proprio perché depositati poco al di sopra del limite pioggia neve.

La zona di distacco della valanga del Gran Vallone si trova circa 700 m più a monte, quindi ad una quota compatibile con la stazione automatica del Sommeiller (Figura 6). Analizzando i dati di questa stazione si osserva che la sommatoria degli HN è di circa 120 cm il che significa che quasi i 2/3 del manto

nevoso era costituito da neve recente; al termine della nevicata esisteva quindi una forte instabilità del manto nevoso a tutte le quote.

Da quanto appreso dagli abitanti di Rochemolles la valanga si è staccata intorno alle 18,30 di giovedì 4 gennaio 2018. Il momento del distacco corrisponde quindi al massimo accumulo di neve registrato dalla centralina del CFAVS e dalla stazione Arpa del Sommeiller e al contemporaneo innalzamento delle temperature, due elementi che possiamo ritenere concause del distacco.

Utilizzo del drone per l'analisi della zona di accumulo della Valanga

In modo tempestivo il CFAVS, come membro della Commissione Locale Valanghe, ha incaricato l'Arch. Giorgio Ferrari della società Upper Vision di Torino di effettuare il sorvolo della zona di accumulo con drone dotato di fotocamera per definire in modo preciso la zona di arresto.

Per questo scopo è stato utilizzato un drone con volo programmato in modo automatico, dotato di camera fotografica con sensore da 20 megapixel e ottica

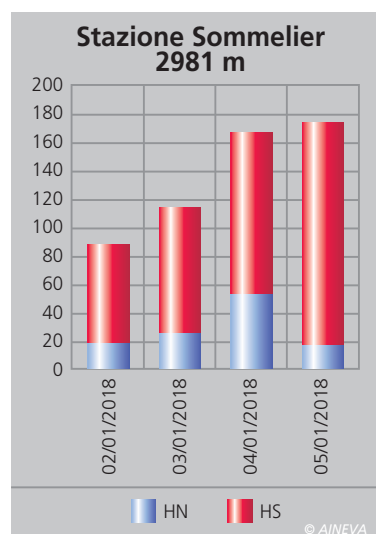
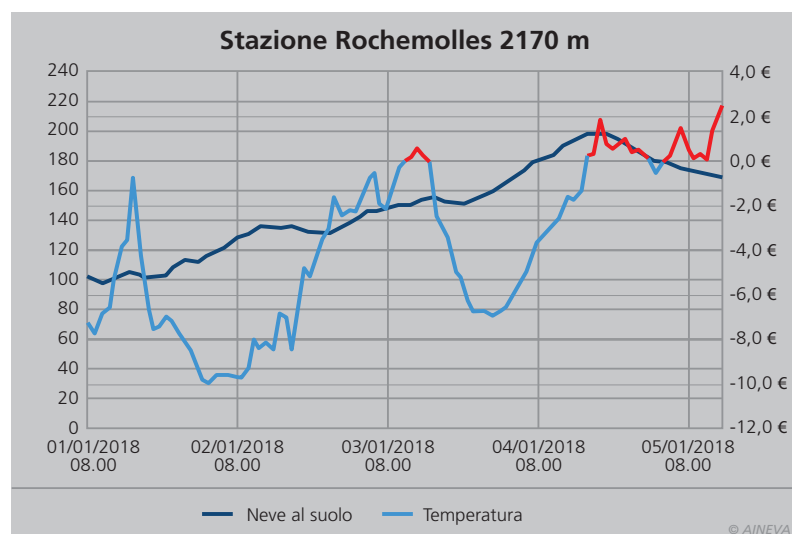


Fig. 5 - Dati orari di temperatura (azzurra quando negativa e rossa quando positiva) e neve al suolo registrati dalla stazione automatica del CFAVS posta a monte dell'abitato di Rochemolles a 2170m.

Fig. 6 - Dati di neve fresca (HN) e neve al suolo (HS) registrati dalla stazione automatica di Arpa Piemonte, situata nei pressi del ghiacciaio del Sommeiller, a 2981m.

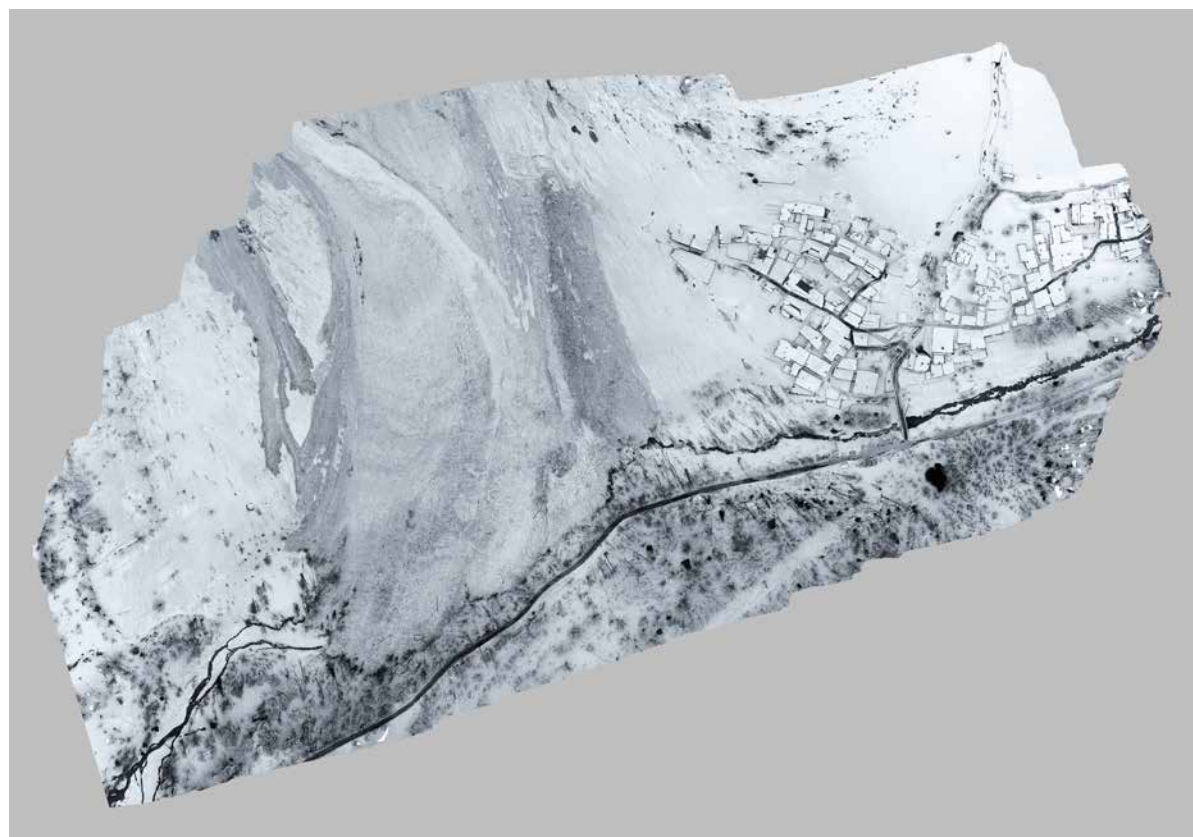
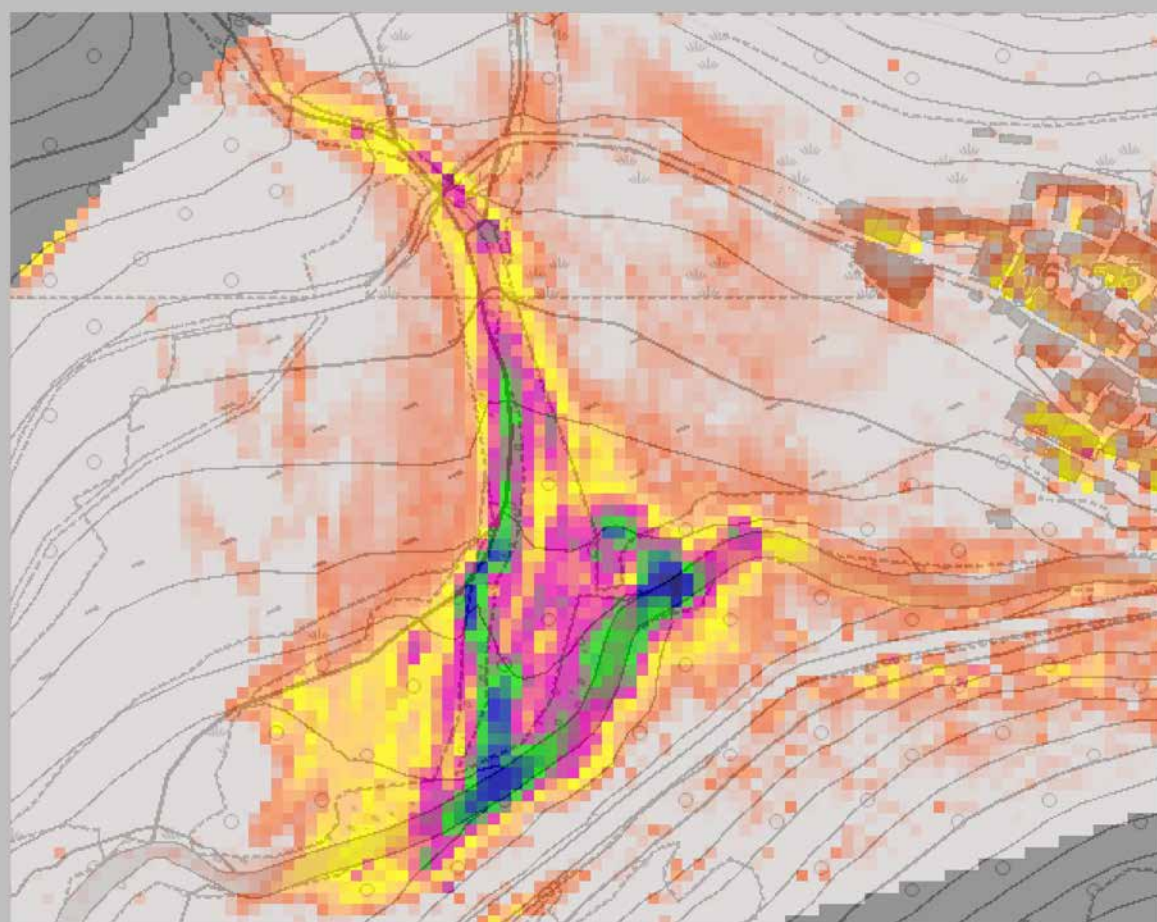


Fig. 7 - immagine della zona di arresto derivante dall'elaborazione delle foto aeree effettuate dal drone

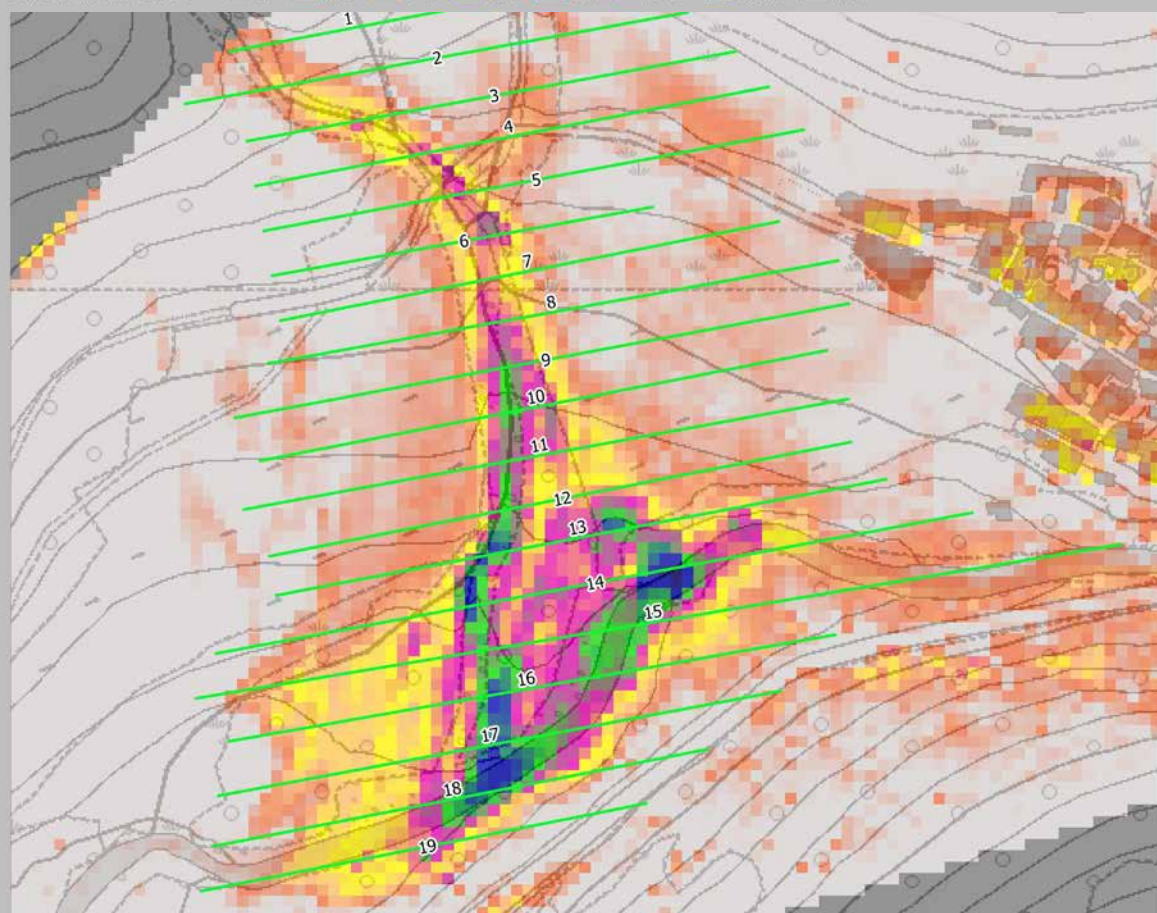
Fig. 8 - Carta della zona di arresto elaborata con QGIS dove sono identificate con diversa colorazione le classi di spessore dell'accumulo.



Legenda accumulo neve

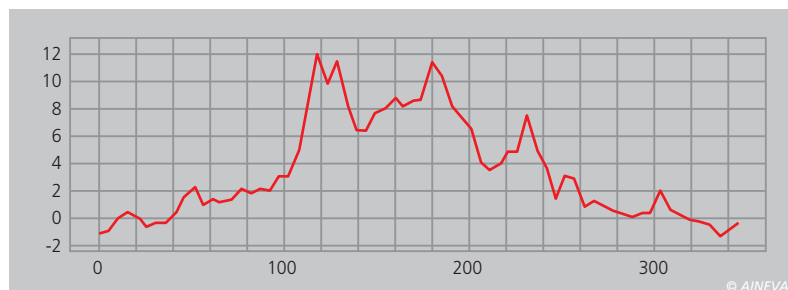
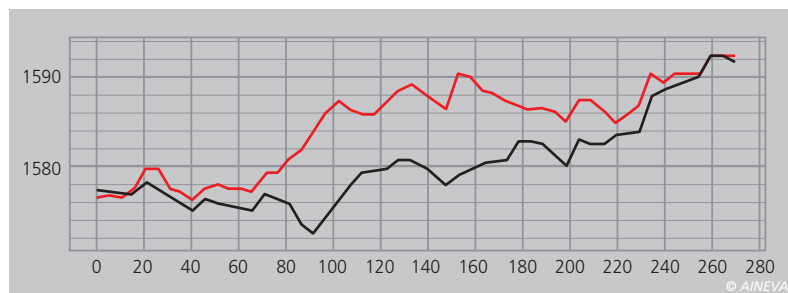
0	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	>12
---	-----	-----	-----	-----	------	-------	-----

Fig. 9 - Carta della zona di accumulo con i profili utilizzati nel calcolo dei volumi per sezioni ragguagliate.



Legenda accumulo neve

0	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	>12
---	-----	-----	-----	-----	------	-------	-----



da 24 mm, che ha scattato circa 300 fotografie sull'area della valanga (Figura 7) da posizione zenitale e da diverse angolazioni ad una quota di circa 70 metri. Con un programma di restituzione aerofotogrammetrica è stato poi realizzato successivamente un modello 3D georeferenziato della zona della valanga, e sono state generate le curve di livello a equidistanza di 50 cm.

Come dato di partenza per l'analisi dell'accumulo è stato utilizzato un modello digitale del terreno (DTM) ottenuto da volo LIDAR con risoluzione 5 metri scaricabile gratuitamente dal sito del servizio cartografico della Regione Piemonte (www.geoportale.piemonte.it/cms/) per definire la topografia della zona di accumulo prima del distacco della valanga.

In seconda battuta è stato elaborato il DTM post evento avente medesima risoluzione e ottenuto dai dati acquisiti dal volo del drone utilizzando anche in questo caso tecnologia LIDAR.

La differenza di quota ottenuta tra i due DTM ha permesso di ottenere una carta dell'accumulo presente nella zona di arresto della valanga (Figura 8) dove risulta significativa la presenza di estese aree con altezza di accumulo compresa tra gli 8 ed i 12 metri.

Si è quindi proceduto alla quantificazione dei volumi di accumulo utilizzando

due metodologie: la prima derivante da un'elaborazione effettuata con il software QGIS, ottenuta sostanzialmente dalla differenza tra i due DTM, mentre la seconda ha utilizzato l'analisi dei volumi per sezioni ragguagliate.

Per la seconda metodologia sono stati analizzati dei transetti virtuali posti lungo un asse di lunghezza variabile, posizionati a 90° rispetto alla linea di massima pendenza e distanziati reciprocamente di 20 m lineari (Figura 9). Utilizzando il plug-in "Terrain profile" di QGIS, sono stati elaborati lungo tali assi i profili del terreno e dell'accumulo rilevato dal volo del drone (Figura 10); dalla differenza dei due DTM si è ottenuto un grafico lineare di facile interpretazione (Figura 11) che rappresenta l'effettivo spessore di neve al suolo lungo i diversi transetti. I profili così ottenuti sono stati quindi utilizzati per il calcolo del volume complessivo dell'accumulo per sezioni ragguagliate.

L'elaborazione dei dati sopra descritti è stata effettuata in collaborazione con Dtt.ssa Roberta Berretti del dipartimento DISAFA dell'università di Torino, e ha permesso di stimare il volume complessivo dell'accumulo del deposito della Valanga del 4 gennaio 2018, ad un valore variabile tra 188.000 m³ e 210.000 m³, in funzione della diversa metodologia di analisi. Il dato maggiore deriva dalla differenza tra i due DTM effettuata di-

Bibliografia

- Sistema Informativo Valanghe – SIVA, 2001, ARPA Piemonte
- Luisa Alzate, "Analisi storica delle valanghe di Rochemolles", 1997, Consorzio Forestale Alta Valle Susa, ONF-RTM
- Alberto Dotta - Federico Morra di Cella - Zeno Vangelista, 2002, progetto esecutivo Rochemolles - opere di difesa dalle valanghe, Consorzio Forestale Alta Valle Susa
- Alberto Dotta, 2004, PRGC Comune di Bardonecchia variante generale di adeguamento al PAI approfondimenti per l'abitato di Rochemolles, Consorzio Forestale Alta Valle Susa

rettamente da elaborazione in ambiente QGIS, mentre il dato inferiore deriva dall'analisi per sezioni ragguagliate.

CONCLUSIONI

In questi ultimi anni l'utilizzo professionale del drone ha visto una grande diffusione anche in studi ed analisi sul terreno; questo tipo di velivoli a conduzione remota infatti permettono di ottenere informazioni complesse in tempi brevi e a costi relativamente contenuti. Il tempestivo intervento sull'area del distacco utilizzando questa nuova tecnologia, ha permesso per la prima volta di stimare i volumi dell'accumulo della valanga del Gran Vallone e definire in maniera precisa il perimetro della zona di arresto della valanga. Inoltre, a completamento lo studio dell'evento valanghivo del 4 gennaio, sono stati effettuati sopralluoghi da punti visuali limitrofi e voli in elicottero, anche sull'area di distacco, che hanno permesso di identificare in maniera più precisa la zona di distacco. Per la prima volta quindi possiamo dire di avere uno studio completo ed esaustivo della valanga del Gran Vallone che non raggiungeva dimensioni simili dal 1935. Aver ottenuto dati precisi su un evento di particolare importanza permetterà di definire eventuali opere di difesa della porzione ovest dell'abitato di Rochemolles e di valutare complessivamente il rischio sotteso al bacino del Gran Vallone.

Fig. 10 - Esempio profilo 13) in rosso il profilo DTM ottenuto col volo del drone (quota neve accumulata), in nero il profilo DTM regione Piemonte (quota del profilo del versante), nei diversi punti di osservazione dei profili lineari (in metri).

Fig. 11 - Profilo dei valori di accumulo ottenuti come differenza tra il DTM del suolo della Regione Piemonte ed il DTM ottenuto dal volo del drone, in uno dei punti di osservazione dei profili lineari (in metri). I dati negativi di accumulo indicati nel grafico sono riconducibili alla diversa sorgente dei dati del DTM.

INCIDENTI da VALANGA

Stagione 2017-2018

Stefano Pivot
Regione Autonoma Valle d'Aosta
Assetto idrogeologico dei bacini montani
Ufficio neve e valanghe

AVALANCHE ACCIDENTS IN ITALY IN THE 2017 - 2018 SEASON

From the viewpoint of avalanche accidents, the 2017-2018 season typically falls in the historical average.

84 accidents were recorded, and this is obviously an underestimated figure that certainly takes into account all fatal accidents, all major accidents, where alpine rescue was often involved, and all those minor accidents the Aineva snow and avalanche offices knew about and for which they managed to gather sufficient information. On the whole, 160 people were buried by avalanches, with 21 fatalities, 40 injured people and 99 unharmed people. There were 15 fatal accidents, amounting to about 18% of the total. This figure might lead to say that avalanche accidents involve a high fatality rate, but it is not so simple to maintain that. In fact, to correctly calculate this rate, it would be necessary to count all the avalanche accidents, including those that are not included in statistics and remain unreported – and there are many of them – as they had no serious consequences on people, apart from frightening them. Is it thus possible to get a valid figure? Starting from the assumption that all the major accidents have been recorded, and therefore probably many accidents where a person was buried, it can be said that in the most serious accidents 27% of the people were found buried in snow, their head under snow. Another important fact: in the 2017-2018 season, 38% of people buried by avalanches died and this is a positive figure, because Swiss statistics, which are among the most exhaustive, say that in case of complete burial of people, only a little more than one person in two will survive.

Dal punto di vista degli incidenti da valanga, la stagione 2017-2018 rientra tipicamente nella media storica. Ci sono stati 84 incidenti; ovviamente è un dato sottostimato che comprende sicuramente tutti gli incidenti mortali, quelli di una certa gravità, in cui sovente è intervenuto il soccorso alpino, e tutti quegli incidenti minori di cui gli uffici neve e valanghe AINEVA sono venuti a conoscenza e sono riusciti a raccogliere sufficienti informazioni. Complessivamente sono state travolte 160 persone, di cui 21 decedute, 40 ferite e 99 illese. Gli incidenti mortali sono stati 15, circa il 18% del totale. Il dato porterebbe a dire che l'incidente da valanga ha un'elevata mortalità, ma non è così semplice sostenerlo perché per calcolare correttamente l'indice di mortalità bisognerebbe conteggiare tutti gli incidenti da valanga, compresi quelli che sfuggono alle statistiche e rimangono nascosti - e sono numerosi - perché si risolvono senza nessuna conseguenza, a parte lo spavento. E quindi si può avere un dato valido? Partendo dal presupposto che sono stati registrati tutti gli incidenti più importanti - e quindi verosimilmente molti incidenti in cui un travolto è stato sepolto - possiamo dire che negli incidenti più gravi il 27% dei travolti è stato trovato sepolto, cioè con la testa sotto la neve. Altro dato importante: nella stagione 2017-2018 sono morte il 38% delle persone sepolte dalle valanghe e questo è un dato positivo perché in letteratura le statistiche svizzere, tra le più complete, segnalano che in caso di seppellimento completo sopravvive poco più di una persona su due.



VALANGHE

Su 15 incidenti mortali, in 10 incidenti è morta una sola persona, mentre in quattro incidenti sono morte 2 persone e in un incidente sono morte 3 persone. Il 74% degli incidenti è avvenuto con **grado di pericolo** 3-marcato e il 18% con grado 2-moderato, il 5% con grado 4-forte. C'è stato solo un incidente con grado 1-debole, ma è stato particolarmente pesante perché ha visto la morte di due esperti alpinisti e volontari del soccorso alpino durante una scalata sulla Grignetta. Due incidenti sono avvenuti in tarda primavera, al di fuori dell'emissione del bollettino neve e valanghe. C'è stato anche un incidente con grado 5-molto forte a Bolzano, nella Val Isclunga: verso le ore 20.00 una valanga spontanea ha distrutto i piani superiori di un'abitazione. A quell'ora in casa c'erano due persone, fortunatamente erano al piano terra, così sono rimaste illese. Come d'abitudine, la maggior parte degli incidenti ha visto coinvolti gli scialpinisti, con il 56% degli incidenti totali, di cui poco più della metà durante la fase di salita. Il 24% degli incidenti da valanga sono avvenuti durante il fuoripista, il 10% durante le attività di alpinismo e il 6% a piedi o con le ciaspole. Ci sono anche alcuni incidenti con mezzi di locomozione particolari: due incidenti con il gatto delle nevi e uno mortale in motoslitta in Lombardia. Per quest'ultimo caso è utile evidenziare – ai fini della conoscenza e quindi della prevenzione

– la difficoltà nell'organizzare e gestire un efficace autosoccorso da parte dei compagni: una persona viene travolta e, nonostante abbia attivato l'airbag, completamente sepolta, ma ci sono tre compagni illesi, tutti ben equipaggiati. Il compagno più esperto decide di scendere in motoslitta verso valle per trovare una zona dove ci sia campo telefonico e avvisare i soccorsi. Le altre due persone tentano di trovare il compagno, ma la valanga è grande; nel frattempo il compagno esperto torna sul posto e inizia la ricerca Artva dal basso, individuando subito il segnale e iniziando il disseppellimento del travolto, purtroppo deceduto in serata. Riepilogando, la ricerca Artva – quella che tutti facciamo durante l'allenamento invernale – è solo una parte dell'autosoccorso e neanche la più difficile, anche grazie agli apparecchi attuali, digitali con tre antenne; bisogna invece allenarsi per migliorare l'organizzazione e la gestione dell'autosoccorso. Dando uno sguardo agli incidenti più gravi, ovvero quelli mortali, nel 48% dei casi erano coinvolti scialpinisti. Com'è facilmente intuibile, nello scialpinismo la parte in salita è più pericolosa di quella in discesa, per vari motivi: per esempio è più difficile mantenere le distanze di sicurezza tra compagni, è più difficile tentare di scappare lateralmente rispetto al flusso della valanga e inoltre gli "attaccchini" in modalità di salita si sganciano con più difficoltà e così gli sci restano ai

piedi del travolto, diventando un'ancora che trascina il travolto. Le cifre della scorsa stagione lo confermano: il 70% degli scialpinisti morti è stato travolto durante la salita e solo il 30% in discesa. Continuiamo con i numeri statistici: nel **92%** degli incidenti la valanga era un **lastrone superficiale** e quindi potenzialmente più facile da identificare. Solo il **5%** dei casi ha riguardato i **lastroni di fondo**, il cui distacco spesso è causato da strati deboli profondi, molto difficili da identificare e sovente sono la causa di incidenti da valanga che coinvolgono anche i più esperti. Nel **52%** gli incidenti sono avvenuti in una **zona di cresta** o comunque nelle vicinanze. Nel **49%** degli incidenti le valanghe erano di **piccole dimensioni**, nel **45%** di **medie dimensioni** e solo nel **6%** di **grandi dimensioni**. Il **90%** degli incidenti è avvenuto tra **gennaio e aprile**. Nessun incidente nel periodo estivo; gli ultimi incidenti sono avvenuti in Trentino a fine maggio e inizio giugno. Andando più nel dettaglio, il 61% degli incidenti è avvenuto tra i mesi di febbraio e marzo; in questi due mesi ci sono stati 14 morti ovvero il 67% del totale dei decessi. Il 60% degli incidenti è avvenuto entro 1 giorno dall'ultima nevicata e l'89% degli incidenti è avvenuto entro 3 giorni dall'ultima nevicata.

- Gli incidenti accadono **di mattina o di pomeriggio**? Le percentuali sono simili: il 53% degli incidenti sono avvenuti nella fascia dalle ore 6.00 alle 12.00 e il 47% nella fascia dalle ore 12.00 a 18.00. La differenza è più netta per le persone decedute: il 37% nella mattina dalle ore 6.00 alle ore 12.00 e ben il 63% nelle ore pomeridiane.

- A quale **altitudine** sono avvenuti gli incidenti? I dati della stagione 2017-2018 sono un pochino diversi rispetto al trend degli ultimi anni, infatti evidenziano un maggior numero di incidenti in media montagna rispetto all'alta quota. Il 18% degli incidenti è avvenuto sotto i 2000 m, il 52% in una fascia compresa tra 2000 m e 2500 m, mentre il 22% tra i 2500 m e i 3000 m e solo il 6% sopra i 3000 m. La quota media del distacco



INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA - STAGIONE 2017/2018

N	DATA	LOCALITÀ	PROV	REGIONE	CAT	GRADO PERICOLO	TRAVOLTI	ILLESI	FERITI	MORTI
1	16/12/2017	Val Passiria - Zona sciistica Pfelders	BZ	Alto Adige	3	3	1	1	0	0
2	22/12/2017	Gran Sasso - Pizzo Cefalone	AQ	Abruzzo	5	/	2	1	0	1
3	28/12/2017	Val Badia, Marebbe, Strada Perderù - Fodara Vedla	BZ	Alto Adige	1	3	2	2	0	0
4	29/12/2017	Misurina - Rifugio Auronzo - Tre cime di Lavaredo	BL	Veneto	8	3	2	2	0	0
5	30/12/2017	Valle del Fargno - Forcella Bassete	MC	Marche	2	2	2	1	1	0
6	31/12/2017	Passo Crocedomini - SP 345	BS	Lombardia	6	3	1	1	0	0
7	03/01/2018	Val Venosta, zona sciistica Haider Alm	BZ	Alto Adige	3	3	2	0	0	2
8	05/01/2018	Val Badia - S. Martin in Thurn - Peitler Kofel	BZ	Alto Adige	1	3	3	3	0	0
9	11/01/2018	Valdisotto - Monte Vallecetta	SO	Lombardia	3	3	1	1	0	0
10	12/01/2018	Val Visdende - Malga Cecido	BL	Veneto	1	3	1	1	0	0
11	17/01/2018	Valle Corsaglia - Colletta Santi - Ormea	CN	Piemonte	5	3	2	1	1	0
12	17/01/2018	Valle Maudagna - Presso Colletto Balma	CN	Piemonte	8	3	1	1	0	0
13	18/01/2018	Braies - Col de Riciogogn	BZ	Alto Adige	2	3	2	1	1	0
14	21/01/2018	Selva Gardena - Val Cedel	BZ	Alto Adige	1	3	1	0	1	0
15	21/01/2018	Passo Giau - Forcella di Zonia	BL	Veneto	8	/	1	1	0	0
16	21/01/2018	Roccaraso - Cucchiaio di Valle Verde	AQ	Abruzzo	3	/	2	1	1	0
17	22/01/2018	Vallélunga - Curon - Venosta	BZ	Alto Adige	7	5	2	2	0	0
18	24/01/2018	Pila - zona Couiss 2	AO	Valle d'Aosta	3	3	1	1	0	0
19	24/01/2018	Selva Gardena - Vallélunga	BZ	Alto Adige	5	3	1	0	0	1
20	28/01/2018	Val Sarentino - Hörtnaler	BZ	Alto Adige	2	3	2	0	2	0
21	01/02/2018	Valle Vermenagna - Rocca dell'Abisso	CN	Piemonte	1	2	3	2	1	0
22	02/02/2018	Valcanale - Sotto Malga Lussari	UD	Friuli V. Giulia	1	4	2	2	0	0
23	03/02/2018	Val Tartano - Monte Cadelle	SO	Lombardia	1	3	6	5	1	0
24	03/02/2018	Val Canale - Pizzo Arera	BG	Lombardia	1	3	2	2	0	0
25	03/02/2018	Valle del But - Monte Tamai	UD	Friuli V. Giulia	3	3	2	0	2	0
26	03/02/2018	Valcanale - Ponz Grande	UD	Friuli V. Giulia	8	4	1	1	0	0
27	04/02/2018	Campo Felice - fuoripista Anfiteatro	AQ	Abruzzo	3	3	3	0	1	2
28	04/02/2018	Val Caronella	SO	Lombardia	2	3	2	1	1	0
29	04/02/2018	VALCANALE - Lussari misconca	UD	Friuli V. Giulia	3	4	7	6	1	0
30	12/02/2018	Valle Angrogna - Punta Piattina	TO	Piemonte	1	3	1	0	0	1
31	12/02/2018	Gran San Bernardo - Monte Paglietta	AO	Valle d'Aosta	1	3	1	1	0	0
32	15/02/2018	Peio - Val Taviela	TN	Trentino	3	2	1	0	1	0
33	15/02/2018	Valle Gesso - Caire dell'Agnel	CN	Piemonte	2	2	1	0	0	1
34	15/02/2018	Val Travenanzes - Cortina	BL	Veneto	1	2	1	0	1	0
35	16/02/2018	Grignetta	LC	Lombardia	5	1	2	0	0	2
36	17/02/2018	Misurina - Monte Piana - Fila dei Castrati	BL	Veneto	2	2	1	1	0	0
37	18/02/2018	Ratschings/Racines - Glatner Hochjoch	BZ	Alto Adige	2	3	3	2	1	0
38	20/02/2018	Valle Maira - Tete de l'Homme	CN	Piemonte	1	2	5	5	0	0
39	20/02/2018	Marmarole - Auronzo	BL	Veneto	1	2	2	1	1	0
40	24/02/2018	Monte Zevola - canale dell'acqua - Recoaro Terme	VI	Veneto	2	2	3	2	1	0
41	24/02/2018	Passo di Corna Piana	BG	Lombardia	2	2	1	1	0	0
42	27/02/2018	Valle di Gressoney-traverso per salita Passo Zube	AO	Valle d'Aosta	1	3	1	1	0	0
43	02/03/2018	Valle Vermenagna - Limone P.te Alpetta	CN	Piemonte	3	3	2	1	1	0
44	04/03/2018	Monte Bianco - Helbronner- discesa sotto i cavi	AO	Valle d'Aosta	3	3	1	0	1	0
45	04/03/2018	Col Ranzona - Valle di Gressoney	AO	Valle d'Aosta	2	3	1	0	1	0
46	04/03/2018	Valle Maira - M.Piovosa	CN	Piemonte	1	3	10	10	0	0
47	04/03/2018	Valli di Lanzo - Pian Benot	TO	Piemonte	3	3	1	0	0	1
48	04/03/2018	Valle Otro	VC	Piemonte	2	3	3	2	1	0
49	04/03/2018	Corumayeur - Val Veny - Arp Vieille	AO	Valle d'Aosta	1	3	1	1	0	0
50	04/03/2018	Febbio - Monte Cusna	RE	Emilia Romagna	3	/	1	1	0	0
51	06/03/2018	Valle Grana - Castelmagno - Monte Viribianc	CN	Piemonte	2	3	1	0	1	0
52	08/03/2018	Cime di Redasco - Sondalo	SO	Lombardia	5	3	1	0	1	0
53	08/03/2018	Val Sesia - Passo Uomo Storto	VC	Piemonte	2	3	1	0	1	0
54	08/03/2018	Valmadre - Monte Toro	SO	Lombardia	2	3	1	1	0	0
55	12/03/2018	Valle di Susa - Vallone Rio Nero	TO	Piemonte	3	3	3	2	1	0
56	13/03/2018	Pila - Punta Mont Pers	AO	Valle d'Aosta	3	3	1	1	0	0
57	13/03/2018	Pizzo Meriggio - Albosaggia	SO	Lombardia	2	3	1	1	0	0
58	14/03/2018	Val Badia - La Litra	BZ	Alto Adige	3	3	1	0	0	1
59	14/03/2018	Val di Rhemes - Col di Sort	AO	Valle d'Aosta	1	3	1	1	0	0
60	16/03/2018	Monte Cusna - zona lago saporito pista Febbio 2000	RE	Emilia Romagna	2	3	1	0	1	0
61	16/03/2018	Domodossola - Val Bognanco - Domobianca - Moncucco	VB	Piemonte	2	3	1	0	0	1
62	16/03/2018	Lagorai, croz de Conseria	TN	Trentino	2	3	1	1	0	0
63	18/03/2018	Picco Ivigna - Merano 2000	BZ	Alto Adige	1	3	1	0	1	0
64	19/03/2018	Livigno - Val di Campo	SO	Lombardia	1	3	1	0	0	1
65	20/03/2018	Val Senales - Valle delle frane	BZ	Alto Adige	3	3	1	0	1	0
66	20/03/2018	Arabba - Passo Padon	BL	Veneto	3	3	1	1	0	0
67	21/03/2018	Sella Nevea - Sella Ursic verso Ghiacciaio Canin	UD	Friuli V. Giulia	2	3	1	1	0	0
68	21/03/2018	Sella Nevea - da Sella Ursic verso Bilapec	UD	Friuli V. Giulia	2	3	1	1	0	0
69	22/03/2018	Solda - Gran Zebbru	BZ	Alto Adige	1	3	3	0	0	3
70	23/03/2018	Gruppo Dolomiti di Brenta - Piz Galin	TN	Trentino	2	3	1	0	0	1
71	31/03/2018	Val Passiria - Schönnarkofel	BZ	Alto Adige	1	4	5	4	1	0
72	01/04/2018	Livigno - Trepalle - Pont del Rez	SO	Lombardia	6	3	1	1	0	0
73	01/04/2018	Cortina - Monte Cristallo - Rif. son Forca	BL	Veneto	8	3	2	2	0	0
74	02/04/2018	Valle Aurina, Rio Bianco - Henne	BZ	Alto Adige	1	3	2	2	0	0
75	02/04/2018	altopiano Pale di San Martino - verso cima Fradust	TN	Trentino	1	3	4	3	1	0
76	04/04/2018	catena del monte Baldo - canale di Valdritta	TN	Trentino	5	2	1	0	1	0
77	05/04/2018	Pila - Couiss 1	AO	Valle d'Aosta	3	3	2	1	1	0
78	05/04/2018	Livigno - Val Federia - Cassana	SO	Lombardia	2	3	2	2	0	0
79	07/04/2018	Pila - Col Chamolè	AO	Valle d'Aosta	1	2	6	2	2	2
80	13/04/2018	Bienna - Lavena	BS	Lombardia	8	3	1	0	0	1
81	14/04/2018	Valle Aurina, Neves - Großer Mösel/Grande Mèsule	BZ	Alto Adige	1	3	1	0	1	0
82	05/05/2018	ghiacciaio Presena - fuoripista cantiere	TN	Trentino	3	2	1	1	0	0
83	26/05/2018	Pale di S. Martino - canale dei Bureloni	TN	Trentino	5	/	3	0	3	0
84	06/06/2018	Marmolada - parete nord	TN	Trentino	5	/	2	2	0	0
							160	99	40	21

© AINEVA

VALANGHE

è 2350 m.

- A quale **esposizione** avvengono gli incidenti da valanga? Ci sono stati degli incidenti a tutte le esposizioni, ovviamente con delle differenze: quasi la metà degli incidenti ha riguardato i pendii settentrionali, ma la singola esposizione con più incidenti - ben 17 - è l'est, che è anche l'esposizione con il maggior numero di morti. Più in generale, l'80% dei morti ha riguardato le esposizioni più fredde ovvero tra nord-ovest, passando dal nord, fino al sud-est.

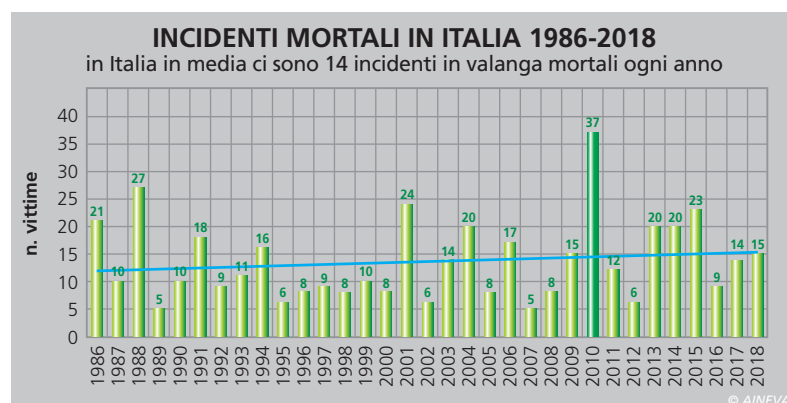
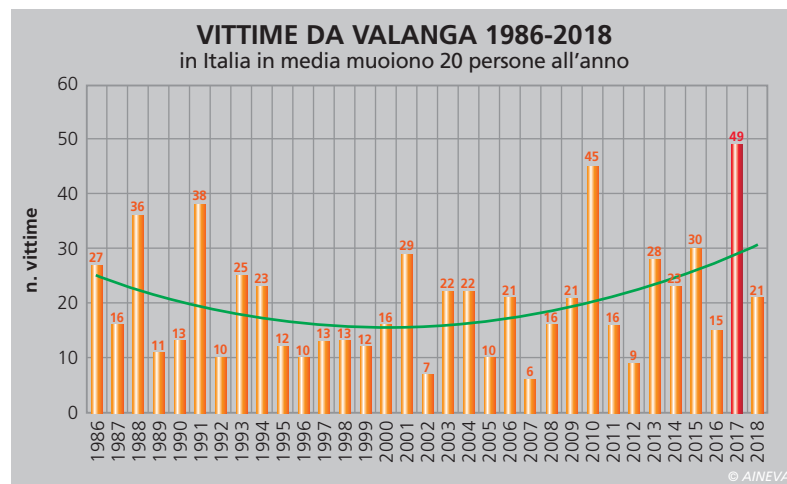
- In quale **regione** ci sono più incidenti? Nella provincia di Bolzano abbiamo registrato ben 17 incidenti e 7 decessi. Se sommiamo i dati della provincia di Bolzano con quelli delle regioni Piemonte (14 incidenti, 4 morti) e Lombardia (14 incidenti, 4 morti), si raggiunge il 54% degli incidenti da valanga della stagione e il 71% dei morti in valanga. E' vero, la maggior parte degli incidenti avvengono lungo l'arco alpino italiano, bisogna però precisare che negli ultimi anni è aumentata la frequentazione dell'Appennino (ci sono stati periodi in cui l'Appennino,

nonostante abbia quote più basse, era meglio innevato delle Alpi). E di conseguenza aumentano anche gli incidenti: 3 registrati in Abruzzo, 2 in Emilia Romagna e 1 nelle Marche. In Abruzzo gli incidenti più gravi: 2 escursionisti morti e grande rilievo mediatico perché erano due religiosi polacchi, tra cui il direttore del dipartimento di Teologia della università pontificia. Inoltre un incidente ha registrato il decesso per traumi di due sciatori che facevano fuoripista poco lontano dalle piste. L'incidente nelle Marche ha visto coinvolti 6 scialpinisti belgi, con il travolgimento di due persone, di cui una totalmente sepolta sotto due metri di neve. Grazie all'ottimo equipaggiamento e capacità, il gruppo ha effettuato un efficace autosoccorso, salvando i compagni.

Proprio questi ultimi due incidenti introducono i prossimi argomenti. Il primo riguarda gli **stranieri** coinvolti in incidenti da valanga in Italia: 17 incidenti di cui 6 mortali, con 9 decessi (morti stranieri: il 43% del totale). Gli stranieri maggiormente coinvolti sono i germanici, ben 6

incidenti, poi i francesi, con 4 incidenti, poi gli austriaci, con 3 incidenti. In particolare un incidente ha visto coinvolto un gruppo numeroso di 20 austriaci con 3 travolti e in un altro sono state travolte 10 persone germaniche sulle 12 del gruppo. Infine in singoli incidenti sono stati coinvolti inglesi, americani, belgi e polacchi.

- Ormai tutti conoscono l'utilità del trittico **Artva-sonda-pala**, necessario per un tempestivo autosoccorso. Tutte le persone coinvolte lo avevano con sé? No. In poco meno del 10% degli incidenti le persone non avevano questo equipaggiamento di base. In molti casi si tratta di escursionisti a piedi o con le ciaspole oppure alpinisti. L'altra grande casistica sono gli sciatori fuoripista inconsapevoli, ovvero quelli che abitualmente sciano in pista e ogni tanto percorrono i pendii in neve fresca nelle vicinanze della pista, convinti di essere sempre in una zona sicura. Per esempio un caso in Valle d'Aosta ha visto coinvolta una coppia di inglesi, tra cui una maestra di snowboarder: il compagno a monte provoca il distacco di una valanga; lui resiste al travolgimento tenendosi aggrappato ad un piccolo albero mentre la compagna viene travolta e trascinata lungo un salto di rocce, ferendosi. In un altro caso uno scialpinista pare avesse l'Artva malfunzionante, ciononostante è riuscito a trovare il compagno - poi sopravvissuto - facendo un sondaggio sommario su un accumulo. Qualcuno afferma di non utilizzare l'Artva perché tanto va in montagna da solo. Senza contare lo scarso senso civico, perché ci si può sempre trovare nell'eventualità di dover soccorrere altre persone incidentate che casualmente si trovano sullo stesso percorso, mi preme evidenziare con un esempio a lieto fine l'utilità dello strumento. Nei primi giorni di marzo uno scialpinista sta facendo un'escursione solitaria in valle Grana in Piemonte. Verso le 14.30 la moglie chiama il soccorso alpino per segnalare il mancato rientro. C'è ancora luce e quindi si alza l'elicottero del soccorso alpino. La ricerca è complicata



dalla presenza di diverse valanghe; fortunatamente da una di queste spuntano gli sci e altra attrezzatura persa dal travolto, così le ricerche si concentrano su quella valanga, trovando rapidamente con l'Artva la persona sepolta sotto un metro di neve e in ipotermia, ma ancora viva dopo ben quattro ore. Probabilmente una sacca d'aria all'interno della valanga ha permesso di respirare, ma è evidente l'utilità dell'Artva per poter localizzare velocemente il sepolto.

• E il **casco**, è utile? Durante la discesa, una valanga travolge tre scialpinisti che fanno parte di un gruppo di 9 giovani di età media tra i 25 e 30 anni; tra questi una ragazza viene trascinata per 400 m verso valle e, durante il travolgimento, passa lungo una strettoia e sbatte la testa sulle rocce, senza conseguenze, probabilmente anche grazie al casco.

Aumenta il numero di persone che utilizza l'**airbag**: nella stagione 2017-2018 abbiamo registrato ben 6 incidenti con travolti che hanno attivato l'airbag. In un caso, accaduto a inizio aprile in Valle d'Aosta, l'utilità è stata solo marginale. Due travolti hanno attivato il loro airbag: uno è stato completamente sepolto, ma una parte del pallone era visibile, così i compagni lo hanno prontamente individuato e disseppellito, mentre l'altra persona, che si trovava più a valle, è rimasta nel flusso superficiale, più veloce, fino a essere trascinata e fatalmente sepolta dentro al lago sottostante. In definitiva l'airbag rimane uno strumento utile, anzi l'unico che tenta di impedire il seppellimento, ma comunque questi esempi evidenziano che questo strumento – come tutti gli altri – ha dei limiti e non dà la certezza di restare fuori dalla neve e/o al riparo da eventuali traumi da impatto e quindi non deve entrare nel processo decisionale (pendio potenzialmente pericoloso: che fare, vado o non vado? Ci provo anche perché, nell'eventualità, ho lo zaino ariabag che mi tiene fuori dai guai).

Da diversi anni rimarchiamo il problema del sovraffollamento e la difficoltà nell'interazione tra più gruppi che non



si conoscono e che si incontrano nella "natura selvaggia"; voglio evidenziare un ulteriore problema: l'interazione tra scialpinisti e escursionisti con racchette da neve. D'abitudine le racchette sono utilizzate per passeggiate nei pressi delle zone boscate; con il miglioramento dell'allenamento generale, sono aumentate le persone che, non sapendo sciare, utilizzano le racchette da neve per frequentare itinerari e raggiungere cime, anche in alta quota, che una volta erano meta solo da scialpinisti. C'è quindi un primo problema di convivenza legato alle differenti traiettorie: con le ciaspole è difficile attraversare pendii ripidi e quindi molte volte si è obbligati a salire/scendere per la massima pendenza. Inoltre la discesa con le ciaspole è molto

più lenta, aumentando così il tempo di esposizione al pericolo, con l'ulteriore aggravante del riscaldamento diurno primaverile che può repentinamente fare aumentare il pericolo. Infine con le racchette da neve il peso è distribuito su una superficie minore e quindi si sollecita il manto nevoso più in profondità, con il rischio di riuscire più facilmente a raggiungere lo strato debole e innescare una valanga. Tutti questi aspetti dovranno essere preventivamente tenuti in considerazione durante la pianificazione della gita quando il gruppo è misto, ovvero ci sono persone con racchette e persone con sci.

Il problema del sovraffollamento nello scialpinismo e nel fuoripista è in realtà legato alle "grandi classiche", le più



famose e gettonate, dove si concentra indicativamente l'80% degli utenti. Le statistiche della stagione 2017-2018 ci mostrano un altro fenomeno rilevante, in apparenza antitetico: persone che vanno a fare escursionismo, scialpinismo o fuoripista da sole, con conseguenti

scarse possibilità di autosoccorso in caso di valanga o con risicate possibilità di soccorso da parte di eventuali altre persone incidentalmente presenti in zona. Ben 13 incidenti da valanga, circa il 16%, hanno visto coinvolte **persone sole**; di questi incidenti, 4 casi hanno

riguardato sciatori/snowboarder fuoripista, 8 casi scialpinisti, di cui 4 mortali, e 1 caso escursionisti.

Se i **gruppi** sono **numerosi**, la gestione – anche quella del pericolo valanghe – è più difficile e, di conseguenza, ci sono più possibilità che i travolti siano numerosi. Ci sono stati 6 incidenti scialpinistici dove c'erano gruppi (o insieme di piccoli gruppi) formati da almeno 10 o più persone nella zona in cui è accaduto l'incidente e quindi potenzialmente ci potevano essere molti travolti. Come già ribadito gli scorsi anni (vedi articolo http://www.aineva.it/wp-content/uploads/2015/09/nv88_6.pdf rivista Neve e Valanghe n. 88, agosto 2016) è quindi consigliabile dividere i gruppi numerosi in sottogruppi autonomi.

- Quanti sono stati gli incidenti con numerosi travolti? Ci sono stati 7 incidenti con almeno 4 travolti. Uno in fuoripista con un gruppo di 7 persone, tutte travolte; risultato: 6 persone illese e 1 persona – un maestro di sci – ferita. Gli altri 6 incidenti hanno riguardato scialpinisti, tutti in salita. In tre casi, di cui uno con una guida alpina, tutto il gruppo è stato travolto. In un caso 10 germanici dei 12 presenti sono stati travolti. La maggior parte di questi incidenti si è risolta positivamente: quasi tutti i travolti erano illesi e qualcuno ferito. L'incidente con le conseguenze più gravi ha riguardato un gruppo numeroso di una scuola di scialpinismo del CAI durante un'uscita del corso di scialpinismo avanzato in Valle d'Aosta. Il gruppo era formato da 21 persone, e la valanga ne ha travolti 6, di cui 2 morti. Un altro incidente particolare è avvenuto in provincia di Bolzano nella Val Chedul a un gruppo numeroso del CAI, formato da circa 30 persone. Durante un lungo traverso in discesa, effettuato senza togliere le pelli e tenendosi distanziati, un componente del gruppo viene trascinato e seppellito completamente. Nessuna persona del gruppo se ne accorge, così attraversano la valanga e continuano la gita. Dopo un po' di tempo il gruppo si ricompone, così si accorgono che manca una persona.

Tornano indietro seguendo le tracce a ritroso e, arrivati alla valanga, iniziano la ricerca Artva e scavano, soccorrendo il compagno rimasto sepolto per circa un'ora e mezza, ferito ma vivo. L'incidente evidenzia ancora una volta la difficoltà di gestione di un gruppo numeroso: gli scialpinisti procedevano correttamente distanziati, per gestire il pericolo valanghe e limitare i danni, cosicché in caso di valanga solo una persona potesse essere travolta, come poi è avvenuto. Il rovescio della medaglia è evidente: i responsabili della gita fanno molta fatica a tenere sotto controllo tutto il gruppo. Insomma ci può stare il gruppone nell'escursionismo estivo lungo i sentieri (de gustibus...), ma è altamente sconsigliato nell'ambiente invernale perché le problematiche da affrontare – non solo legate al pericolo valanghe – sono troppo numerose e complesse e richiedono un grande affiatamento e una ferrea disciplina tra i compagni di escursione.

Un altro fenomeno, già conosciuto da molti anni, ma è bene evidenziarlo nuovamente, sono gli incidenti avvenuti a escursionisti, a piedi, con racchette da neve o talvolta con sci, che sono stati travolti da valanghe mentre, nel loro itinerario, **seguivano il tracciato del sentiero estivo**. Anche questa è una cosiddetta "trappola euristica" (articolo http://www.aineva.it/wp-content/uploads/Pubblicazioni/Rivista66/nv66_1.pdf Neve e Valanghe n.66, aprile 2006): non sapendo valutare qual è l'itinerario adeguato, si è portati a pensare che il sentiero estivo offra il tragitto migliore anche in inverno, senza analizzare l'inclinazione del pendio da attraversare e dei pendii soprastanti. Spesso i sentieri estivi tagliano grandi pendii con lunghe diagonali, efficaci in estate ma molto pericolose in inverno.

Infine diamo un'occhiata agli incidenti da valanga che hanno visto coinvolti dei **professionisti** (guide alpine, maestri di sci/snowboard, guide escursionistiche): nonostante il maggior numero di giornate passate sulla neve, i professionisti

e/o i loro gruppi di clienti o amici sono stati coinvolti solo marginalmente in 13 incidenti su 82, poco meno del 16%, un dato in ribasso rispetto agli ultimi anni, ma che comunque ci ricorda la difficoltà nel capire e gestire il rischio valanghe, anche da parte dei professionisti. La maggior parte di questi incidenti si risolve senza gravi conseguenze; solo un incidente è stato mortale e ha coinvolto due aspiranti guida tedeschi travolti in fase di discesa dopo aver scalato una cascata di ghiaccio: una persona si stava calando in corda doppia e quindi è stata investita solo marginalmente e da poca neve, mentre il compagno è stato travolto e sepolto. Non portava l'Artva e quindi è stato ritrovato con faticoso scavo dopo due giorni.

L'articolo finisce positivamente con una notizia curiosa e incredibile o, come ha scritto un giornalista, "una storia di speranza e amore": **un cane travolto e sepolto da una valanga** è stato trovato vivo dopo ben 25 giorni sotto la neve! Uno scialpinista e il suo cane sono travolti da una valanga alle pendici del Pizzo Meriggio in Lombardia. L'uomo si salva aggrappandosi ai rami di un albero mentre il cane è completamente sepolto. Vana ogni ricerca, ma il padrone non si dà per vinto e torna di frequente in zona alla ricerca di una traccia. Le volpi, forse fiutando la presenza del cane sotto la neve, per giorni hanno scavato creando

un varco che poi il padrone ha completato con la pala, dopo aver sentito il suo cane abbaiare.

RINGRAZIAMENTI

E' vero, ho scritto io l'articolo, ma in realtà lo ritengo un lavoro corale reso possibile grazie al prezioso lavoro di analisi e raccolta dati da parte di tutti i colleghi nivologi degli uffici neve e valanghe provinciali e regionali AINEVA (è bello poter lavorare con colleghi competenti, professionali e appassionati) che, ormai da decenni, alimentano il database AINEVA sugli incidenti da valanga, sicuramente il più completo in Italia, utile per conoscere le peculiarità e, di conseguenza, per poter attuare le migliori misure di prevenzione.



SOPRAVVIVENZA in VALANGA il CANE ZOHEY ne esce indenne dopo 25 giorni

Alfredo Praolini
Eraldo Meraldi
Centro Nivometeorologico
ARPA Lombardia

Survival in avalanche DOG ZOHEY UNHURT AFTER 25 DAYS BURIED IN AVALANCHE

Why dealing with an avalanche accident where survivor is just a pet? This case could have been easily forgotten, but the fact that this dog managed to survive for such a long time buried in snow caused a sensation also internationally. The importance of little Zoey should be placed within the context where she lived: she was not only a friend, but also a reason for living for the daughter of the cross-country skier involved. The accident was a major trauma for this unlucky skier: other than the possibility of losing his dog, suddenly he was made to become aware of this avalanche event. How was it possible that an avalanche released right from there, from a slope I knew very well and where I used to travel after a good snowfall? Why haven't I perceived any signal that this event might happen? Will I be able from now on to travel again in the snow-covered mountain?

What will be my feeling?

Based on the snow and weather analysis of the period, it is easy to suppose that the stability of snowcover on the slope affected by avalanche was rather poor due, to the thickness and size of the wind slab lying on a weak layer. For all those who intend to hike in this sought-after route leading to Cima del Meriggio, this experience is nothing more than a "warning" for a more careful prevention.

Perché occuparci di un incidente in valanga in cui il sopravvissuto non è che un animale? Si sarebbe potuto archiviare il caso ma, il fatto che il cane Zoey fosse riuscito a rimanere tanto tempo sepolto ha fatto scalpore anche in ambito internazionale. L'importanza della piccola Zoey la si deve collocare all'interno del contesto in cui è vissuta: era non solo amica ma anche motivo di vita per la figlia dello scialpinista coinvolto. Per lo sfortunato scialpinista l'incidente è stato un trauma non indifferente: oltre alla possibile perdita del cane, per lui stesso è stato un momento di presa di coscienza nei confronti dell'evento valanga. Come ha potuto staccarsi proprio lì la valanga, su un pendio che ben conoscevo e frequentavo di norma dopo una bella nevicata? Perché non ho percepito un campanello d'allarme che l'evento potesse accadere? Sarò in grado d'ora in poi di tornare a frequentare la montagna innevata? Con quale spirito? Ricostruendo l'analisi nivometeorologica del periodo e, comunque, a posteriori, è facile supporre che la stabilità del manto nevoso sul versante interessato dalla valanga fosse piuttosto precaria per lo spessore e l'estensione del lastrone da vento che poggiava su uno strato debole. A quanti percorreranno l'ambito itinerario che porta alla Cima del Meriggio, questa esperienza vuol essere niente altro che un momento di "richiamo" per una più attenta prevenzione.



INQUADRAMENTO NIVOMETEOROLOGICO

Una profonda saccatura ha determinato nel fine settimana da sabato 10 marzo nevicate moderate sulle montagne lombarde e sulle Alpi Orobie si registrano complessivamente 20-40 cm intorno a 2000 m di quota, in quanto nella prima parte della perturbazione era presente pioggia, tuttavia molto importante è l'azione del vento, con venti di intensità variabile da 40 a 80 km/h da Sud-Sud-Ovest. Ne consegue la formazione di estesi e spessi accumuli prevalentemente sui versanti settentrionali e al di sotto delle creste principali. Il Bollettino Neve e Valanghe del Centro Nivometeorologico di ARPA Lombardia dava per la giornata di domenica un grado di pericolo valanghe grado 3 MARCATO in aumento a 4 FORTE.

Lunedì e martedì la situazione, pur permanendo di forte criticità, in seguito al progressivo assestamento e alla riduzione di probabilità di valanghe spontanee il grado di pericolo risultava 3 MARCATO, ma il con un debole sovraccarico rima-

neva probabile il distacco di valanghe di medie e grandi dimensioni.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

Nella mattinata di martedì 13 marzo, due scialpinisti con al seguito i due rispettivi cani, salivano lungo il percorso classico che conduce la Pizzo Meriggio (2358 m s.l.m.). Il percorso di salita non presenta pendii particolarmente esposti al distacco di valanghe, se non nel tratto finale, e può essere affrontato anche con condizioni di pericolo elevato.

Raggiunta la vetta intraprendevano la discesa e poco al di sotto decidevano di lasciare la traccia di salita per scendere il ripido ed esteso pendio, esposto a nord, che porta nell'ampia conca sottostante. Questo pendio morfologicamente, piuttosto omogeneo, presenta lungo il versante alcune discontinuità con larici contorti a causa del forte neviflusso.

Il primo scialpinista, con al seguito il suo cane, appena entrato sul pendio determinava il distacco di un ampio lastrone

medio-soffice con uno spessore di 40-50 cm la cui frattura si prolungava per circa 500 m.

La massa nevosa si divideva in due ramificazioni e lo scorrimento si prolungava per oltre un chilometro.

Dopo lo spavento iniziale i due scialpinisti cercano vanamente/senza esito il cane travolto; il padrone tonerà più volte a cercare sulla valanga fin quando il 7 aprile, trovando un segnale evidente di un piccolo scavo effettuato da un animale selvatico, continua lo scavo e individua il suo amato cane.

E' il 25° giorno dal seppellimento e ci si chiede come mai un animale sia riuscito a sopravvivere così a lungo. Il cane, di media taglia e a pelo lungo, era posto in prossimità del terreno con ricca presenza di arbusti, in particolare rododendri, che hanno permesso una circolazione d'aria molto ampia favorita ulteriormente dalla presenza di uno strato molto spesso di cristalli angolari ben evoluti. Trovandosi in prossimità del terreno la temperatura intorno a 0°C ha favorito un confort re-



lativo al cane il quale ha certamente potuto attingere all'assunzione di liquidi in abbondanza e probabilmente si è potuto nutrire seppure in modo limitato della vegetazione.

La "tranquillità" del cane, dovuto all'istinto ha certamente favorito la permanenza in quelle condizioni, seppur sfavorevoli, ma prolungate per lungo tempo; Zoey nei 25 giorni di solitaria permanenza ha perso circa la metà del suo peso mantenendo però la sua vitalità.

Questo caso dimostra quanto il mondo animale ha sviluppato l'istinto di sopravvivenza!



IL RACCONTO DELLO SCIALPINISTA

ZOEY è arrivata nella nostra famiglia ai primi di maggio del 2010, era un cucciolo di 3 mesi di Australian Shepherd che mio fratello Franco regalò a mia figlia Sonia in occasione della sua Cresima. È cresciuta con mia figlia, con la quale ha un rapporto speciale, e con il cane che avevo allora un pastore tedesco Prinz, morto 3 anni fa. Forse la grande quantità di tempo che ha passato con Sonia all'inizio l'ha resa un cane molto socievole ed affettuoso con grandi dimostrazioni di affetto nei confronti non solo del padrone ma di tutti quelli che le dimostrano simpatia.

Come tutti i miei cani precedenti anche Zoey ha cominciato a seguirmi in tutte le mie passioni come le camminate, la corsa in montagna e lo scialpinismo.

Martedì 13 marzo scorso, durante una delle uscite in montagna insieme al mio amico Mattia ed al suo cane, un Border Collie chiamato Pippo, è successo un incidente.

Ci trovavamo sulla Pizzo del Meriggio nel Comune di Albosaggia a circa 2300 metri di quota stavamo per iniziare la discesa, parto io per primo e, come mi muovo naturalmente Zoey mi segue, nel giro di un attimo sento Mattia urlare, mi giro e vedo la slavina che sta per travolgermi. Mi so che in una frazione di secondo individuo un albero con una forma tale che mi permette di sollevarmi e aggrapparmi con tutte le mie forze, mentre la neve scende sotto di me. Quando tutto si ferma mi giro e chiamo Mattia per sapere dove sono i cani. Il mio amico era praticamente sotto shock, aveva ancora il suo cane accanto, mentre di Zoey non c'era più traccia. Mi sento morire, ma non per lo spavento, ma per la perdita, non posso tornare da mia figlia senza Zoey. Sono circa le 10 di mattina, fino alle 13 rimaniamo sopra la slavina percorrendola dove è possibile e chiamando incessantemente il suo nome. L'area è molto vasta e dopo 3 ore senza risultato scendiamo con la morte nel cuore mentre io cerco il coraggio di comunicare la tragedia a mia figlia.

Sabato 17 marzo torno sul posto da solo nonostante il tempo sia pessimo per cercare il mio cane e quel che restava di lui. Ci torno ancora sabato 24 marzo e sabato 31 marzo, voglio trovarlo prima che le volpi la deturpino.

Il 7 aprile sono ancora lì sono passati 25 giorni e penso sia l'ultima volta in cui posso trovare il cadavere ancora intatto poi la neve si scioglierà, non sarà più possibile salire e non voglio vederla poi deturpata dalle volpi.

Mentre salgo, sopra la neve vedo parecchie tracce di volpe, ad un certo punto individuo un piccolo scavo nella neve e lì vicino un altro (ero distante circa un km dall'albero che mi aveva salvato), immediatamente penso che lì sotto l'olfatto della volpe abbia individuato il corpo di Zoey, prendo la piccola pala che porto sempre con me e comincio ad allargare e scavare il buco iniziato dalle volpi. Ad un certo punto sento guaire, mi guardo attorno per vedere se stava arrivando qualcuno ma non c'era nessuno nei paraggi, continuo con lo scavo e i guaiti diventano più forti, capisco che vengono da sotto e mi sembra di impazzire. Zoey è lì sarà di certo in fin di vita ma ha ancora la forza di farsi sentire, la chiamo e scavo come un pazzo per circa 1 metro poi ad un certo punto il ponte di neve cade e la vedo nella buca profonda circa 3 metri, fradicia ma in piedi lei abbaia che butta giù le montagne. Sdraiandomi per terra ed allungando le braccia nella buca la incito a saltare fino a quando riesco a prenderle le zampe e tirarla fuori. È viva, non è ferita, è solo molto provata ma insieme risaliamo fino alla cima e poi scendiamo io sciando e lei dietro fino alla macchina. Un'ora dopo siamo fuori dal liceo ad aspettare Sonia...

VALANGHE dell' INVERNO 1916 - 1917

Luigi Cavaleri, Bruno Ongaro

Cai Venezia

Yuri Brugnara

Università di Berna, Svizzera

AVALANCHES IN WINTER 1916-1917

One of the worst meteorological disasters of history occurred in the Eastern Alps during the terrible winter 1916-1917. Following intense and prolonged snowfalls, many large avalanches killed thousands of military and civilians alike. The numerical and meteorological instruments available today give us new possibilities to study these historical events in detail. By combining measurements and reports from those years with a high resolution meteorological study it is now possible to reconstruct events on a detailed scale that was not previously possible to obtain, and this scale can then be compared with details from past reports.

Studying past events and their impact also allows us to get a general idea of the situation when such events occurred, and get results that can be useful to forecast, where necessary, and limit their consequences in future. Referring to the intense snowfalls of winter 1916-1917, this study shows the advantages from combining information drawn from historical documents and current scientific knowledge in order to get better insight of the events discussed and their possible impact on society.

Uno dei peggiori disastri meteorologici della storia avvenne nelle Alpi Orientali durante il terribile inverno 1916-1917. A seguito di intense e prolungate nevicate molte valanghe di grandi dimensioni uccisero ripetutamente migliaia di sia militari che civili. Le tecniche numeriche e meteorologiche oggi disponibili offrono nuove possibilità per studiare in dettaglio questi eventi storici. Il combinare le misure e le cronache dell'epoca con uno studio meteorologico ad alta risoluzione permette di ricostruire gli eventi in una scala di dettaglio precedentemente non possibile, scala confrontabile con i dettagli delle cronache dell'epoca.

Lo studiare gli episodi del passato e l'impatto che questi hanno avuto permette di avere un'idea generale della situazione in cui sono avvenuti, e di fornire risultati che possono essere utili per prevedere ove necessario, e limitare le conseguenze di, simili eventi. Con riferimento alle grandi nevicate dell'inverno 1916-1917, lo studio qui riportato dimostra i vantaggi di combinare l'informazione derivante dai documenti storici con le tecnologie e le conoscenze scientifiche attuali per derivarne una miglior conoscenza degli eventi discussi e del loro possibile impatto sulla società.



VALANGHE

Nella pagina precedente: riunione di massa sul ghiacciaio della Marmolada (25 novembre 1916) in onore del nuovo imperatore d'Austria Carlo 1°. Molti di questi uomini morirono 18 giorni dopo nella valanga del Gran Paz (foto: Libreria Nazionale Austriaca).

Un secolo fa l'Europa era nel pieno di quella cui gli storici si riferiscono come Grande Guerra. Dichiarata dal Regno d'Italia all'Impero Austro-Ungarico il 23 maggio 1915 (quando diversi paesi ne erano già impegnati da quasi un anno), la guerra fu combattuta soprattutto su terreni di montagna il che permetteva reciproche difese molto ben organizzate. In effetti fino alla rotta di Caporetto dell'ottobre 1917 i cambiamenti di fronte furono molto limitati. Il costo in termini di vite umane fu enorme. In tre anni e mezzo di guerra vi furono circa 650.000 vittime da parte italiana e 400.000 da quella austriaca. In una guerra di quota che talvolta superava i 3.000 m le vittime causate dal freddo e dalle valanghe furono numericamente simili a quelle dovute al fuoco nemico. Vi furono perdite considerevoli anche per l'interruzione delle linee di rifornimento a causa delle valanghe.

Il rigido clima invernale (dati alla mano un secolo fa gli inverni erano ben più severi di adesso) imponeva la cessazio-

ne delle ostilità per interi mesi. La battaglia col nemico, che diventava allora un'altra persona nella stessa situazione, veniva sostituita da quella contro il freddo, il ghiaccio e la neve. Soprattutto in inverno e alle quote più alte, quando i combattimenti diventavano quasi impossibili, i soldati erano impegnati allo spasimo a difendersi dalla neve, a cercare di mantenere i collegamenti con il fondovalle per avere i rifornimenti di cibo e di legna per riscaldarsi, e a tenere le trincee sgombre. Con una precipitazione media di 2 m annui (di acqua; ricordiamo che come neve il volume è fino a 10 volte maggiore) le Alpi orientali sono fra le aree più "piovose" di tutta Europa. I soldati, vivi e morti, erano letteralmente, nel vero senso della parola, sepolti nella neve. I corpi dei soldati morti in quella situazione vengono tuttora progressivamente esposti dal ritiro dei ghiacciai, un triste ricordo di quell'assurda carneficina.

Il destino non fu favorevole con tutti questi soldati quando l'inverno del

1916-1917 si rivelò essere uno dei più nevosi del secolo. Fra il novembre 1916 ed il febbraio 1917 un pluviometro situato vicino a quello che è ora il confine fra Italia e Slovenia registrò 1.432 mm di precipitazione (ricordiamo il fattore moltiplicativo per la neve), corrispondente all'80% dell'attuale precipitazione annuale, per lo più concentrata in autunno e primavera. Dopo un febbraio molto secco, altri 560 mm caddero fra marzo ed aprile 1917. La Figura 1 mostra l'evoluzione invernale dello strato nevoso su tre differenti località. Su due di queste la profondità nevosa massima fu più del doppio di ogni valore poi raggiunto nel periodo 1931-1960. Teniamo conto che parliamo di stazioni di fondovalle dove 9 inverni su 10 il manto nevoso non superava all'epoca i 50 cm (oggi è quasi assente).

La guerra che si combatté in queste condizioni, in alta montagna sul fronte italo-austriaco, imponeva ai combattenti eccezionali doti di uomo e di soldato nel compimento del proprio dove-

Valanga in Vermiglio, Trentino (1916) (foto: Libreria Nazionale Austriaca).



re. Essa si svolge ad un'altezza oltre la quale si spegne ogni forma di vita e la stessa natura si fa nemica dell'uomo. È difficile ancor oggi riuscire a credere e a capire come le truppe alpine impegnate su quel fronte siano riuscite non solo a sopravvivere, ma a svolgere operazioni militari difficili ed audaci in luoghi tanto impervi ed in condizioni ambientali tanto estreme. Anche se ormai i due eserciti si erano organizzati per resistere alle alte quote con la costruzione di baracche, ricoveri, caverne nella roccia e decine di chilometri di teleferiche per i rifornimenti, la vita diventava lo stesso quasi impossibile. Precisi rapporti da testimoni dell'epoca suggeriscono che, per la maggior parte del fronte dallo Stelvio al Krn, lo strumento più importante per soldati e civili era la pala. In quell'inverno le valanghe cadevano con ritmo praticamente quotidiano, mietendo ogni giorno nuove vittime.

Diversi combattenti che vissero quelle drammatiche giornate hanno lasciato testimonianze scritte delle loro esperienze di una guerra che, fino ad allora, nessuno aveva mai vissuta (e che probabilmente neppure in futuro nessuno vivrà). Il tenente dei Kaiserjaeger Gunther Langes, di stanza sulla Marmolada, occupava una postazione poco sotto i 3000 m facente parte della cosiddetta "Città di ghiaccio", una serie di posizioni scavate nel ghiacciaio, collegate tra loro da gallerie pure scavate nella neve o nel ghiaccio. Egli riferisce che già nell'autunno del 1916, dopo una pesante nevicata di alcuni giorni, rimase bloccato nella sua postazione da una valanga che ne aveva ostruito l'accesso. Ci volle un giorno di duro lavoro per liberarsi e cercare di mettersi in collegamento con una vicina grande baracca dove si trovava il suo comando, circa 200 metri più in basso. Giunti sul posto trovarono solo i segni della catastrofe che l'aveva colpita: la baracca era completamente distrutta e i 50 uomini che la occupavano erano tutti morti.

Tuttavia ci fu un giorno particolare che entrò tragicamente nei libri di storia: fu

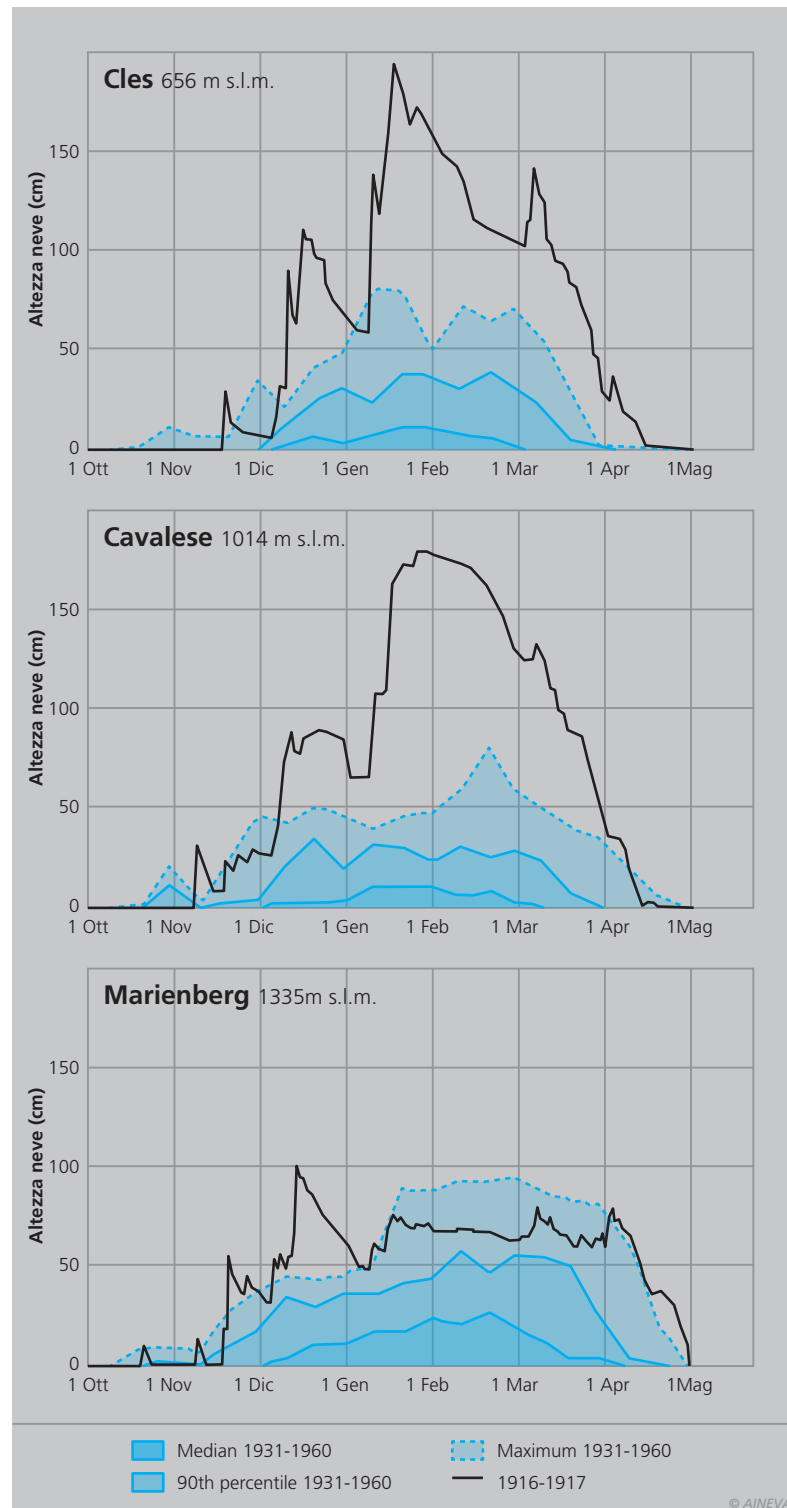


Fig. 1 - Evoluzione giornaliera del manto nevoso durante l'inverno 1916-1917 registrata a tre stazioni del Sud Tirolo (oggi Alto Adige) paragonata con le rispettive statistiche del periodo 1931-1960. La loro posizione è indicata nella Figura 5. Tenere conto che queste erano stazioni di fondovalle.

il 13 dicembre 1916. In località Gran Poz (2242 m) sorgeva un gran numero di baracche disposte a ripiani che il comando di Brigata aveva voluto proprio lì perché erano ben riparate dai tiri dell'artiglieria italiana. Il Langes narra di aver ripetutamente proposto di ritirare quelle baracche per il pericolo di valanghe, ma rimase inascoltato: la posizione era troppo importante dal punto di vista tattico. Quel giorno, dopo una settima-

na di abbondanti nevicate, un afflusso di aria calda ed umida dal Mediterraneo portò ad intense precipitazioni ed ad un aumento del manto nevoso, aumentando enormemente il pericolo di valanghe in tutta la regione. Ecco come il suo racconto descrive ciò che accadde:

Alla neve seguì una fatale pioggia tiepida e l'immensa distesa al di sotto del crepaccio della vetta (forse un milione di metri cubi di neve) si mise in moto, volò

VALANGHE

oltre la lingua del ghiacciaio, come un saltatore dal trampolino, distruggendo in pochi secondi tutti i baraccamenti. Lo spostamento d'aria fu tale che la capanna inferiore all'estremità della gola inclinata, venne sbalzata per 500 metri circa fino alla morena, dove la Sanità rinvenne poi, alla fine di maggio, oltre 40 salme.

I morti di quella che è considerata la più grande catastrofe da valanga di tutta la guerra furono oltre 300, e queste furono le vittime di un solo giorno in una sola località. In questi casi ovviamente le posizioni più elevate, benché più colpite dalla morsa del gelo, nei confronti delle valanghe erano più sicure di quelle poste alla base dei pendii. La guarnigione austriaca dell'Ortles fu tagliata fuori da ogni contatto, anche telefonico, per una settimana. La tempesta di neve durò per sei giorni e sei notti ininterrottamente e quando una pattuglia scelta di guide alpine riuscì a raggiungere la posizione trovò gli uomini del presidio nel loro rifugio sotto 10 metri di neve a far una vita da talpe, ma ancora vivi. La temperatura fuori era di circa 40 gradi sotto zero, ma all'interno non scendeva sotto lo zero. Il capitano Lampugnani racconta che mentre stava salendo con i suoi alpini al Grosser Eiskogel (gruppo dell'Ortles) nel maggio 1917 una immensa valanga si staccò dal Sasso Rotondo verso la stazione di partenza della teleferica; un enorme boato e il Sasso Rotondo fu avvolto da un turbine bianco che scendeva ingrossandosi mostruosamente. Le vibrazioni e lo spostamento d'aria provocarono, come in una reazione a catena, un seguito di altre valanghe per tutta la Val Zebrù. Le baracche della teleferica furono asportate dallo spostamento d'aria prima ancora che la valanga le raggiungesse e 14 alpini rimasero sepolti ed estratti cadaveri. Anche qui, come nel caso riferito dall'austriaco Langes, le baracche erano state installate in una posizione pericolosa in base a considerazioni che non tenevano conto del rischio valanghe.

In effetti i comandi superiori, ubicati abbastanza lontano e al sicuro da questo

rischio, non si mostravano molto sensibili al riguardo e in vari casi furono, sia pur indirettamente, responsabili delle relative perdite. Fortunatamente non sempre le conseguenze di tale atteggiamento furono tragiche. Un capitano degli alpini, che aveva sollecitato al comando di divisione uno spostamento della sua compagnia in una posizione più al sicuro dalla neve, si sentì rispondere dal generale che gli alpini erano stati creati proprio per stare sulla neve; - Certo! "sulla" neve - replicò il capitano - ma non "sotto" la neve -. Una risposta che avrebbe potuto costargli cara, ma che convinse il generale a concedere lo spostamento.

Un'altra sciagura fu evitata sotto la Marمولada, vicino a Malga Ciapela, dove un plotone di alpini era stato affiancato da un reparto di territoriali che si erano attendati su uno spiazzo proprio sotto le rocce delle Pale di Menin, sovrastato da un lastrone inclinato che in caso di nevicate non prometteva niente di buono. Ogni volta che passavano di là gli alpini avvertivano i territoriali: "Attenti, che se nevica..." I territoriali si mostrarono ben presto preoccupati e innervositi con grave disappunto del loro comandante che ad un ennesimo avvertimento da parte di un caporalmaggiore degli alpini, sbottò:

"Chi vi ha raccontato queste frottole? Credete che io non conosca la montagna? Qui non cade nessuna valanga e guai a chi mette in giro stupidi allarmi!". Era la fine di ottobre e dopo pochi giorni cominciò a nevicare. Nevicò per tutta una notte ed il giorno seguente. Il terzo giorno l'aria fu scossa da un cupo boato seguito da un fragore terribile. Il comandante dei territoriali, che occupava una casermetta in muratura defilata, balzò fuori a dare l'allarme agli alpini. Al caporalmaggiore, che si era presentato prontamente, disse: "Presto! Avevi ragione sulla valanga, ma ora non c'è tempo da perdere, chiama i tuoi uomini; bisogna salvare i miei soldati!" Ma l'altro rispose con un sorriso: "Ma no, capitano, i suoi uomini sono tutti salvi.

leri sera, trasgredendo i suoi ordini, abbiamo fatto spostare l'accampamento presso il nostro. Lei capirà, il pericolo era troppo grande." Il capitano rimase di stucco, ma fu costretto a malincuore a ringraziare e a lodare la provvidenziale insubordinazione degli alpini.

Il numero complessivo di vittime in quella stagione invernale fu senza precedenti per questo tipo di eventi naturali. Non è possibile farne una valutazione accurata, e alcune stime che arrivano a 10.000 morti sono probabilmente esagerate. Fonti ufficiali austriache parlano di 1.300 morti e 650 feriti nel periodo 5-14 dicembre, mentre stime a posteriori indicano come 2.000 il numero di vittime fra il 12 ed il 13 dicembre. Non sembrano esserci stime da parte italiana, ma racconti individuali portano a ritenere che i numeri fossero simili. Ci furono anche dozzine di vittime fra i civili sempre a causa delle valanghe, che in alcuni casi raggiunsero i fondivalle che erano ritenuti luoghi sicuri.

Avvenuti nel mezzo di una tragedia ancora più grande, la Grande Guerra, all'epoca questi eventi passarono quasi inosservati, anche perché tutte le notizie dal fronte erano sottoposte a censura. Tuttavia questo rappresentò e rappresenta, in termini di vite umane, uno dei peggiori disastri della storia meteorologica europea. È da questo tipo di eventi che possiamo e dobbiamo imparare per meglio prevedere eventuali simili possibilità nel futuro. A questo scopo, sfruttando tutta la documentazione esistente, ciò che possiamo fare è comprendere bene ed a fondo la situazione meteorologica che rese il disastro possibile. Questo è quanto viene illustrato nelle sezioni successive.

RICOSTRUZIONE DEL TEMPO (METEOROLOGICO) PASSATO

La ricostruzione del clima del passato è ormai uno strumento importante nelle scienze climatiche. Tuttavia l'impatto sulla società emerge sì dalle tendenze

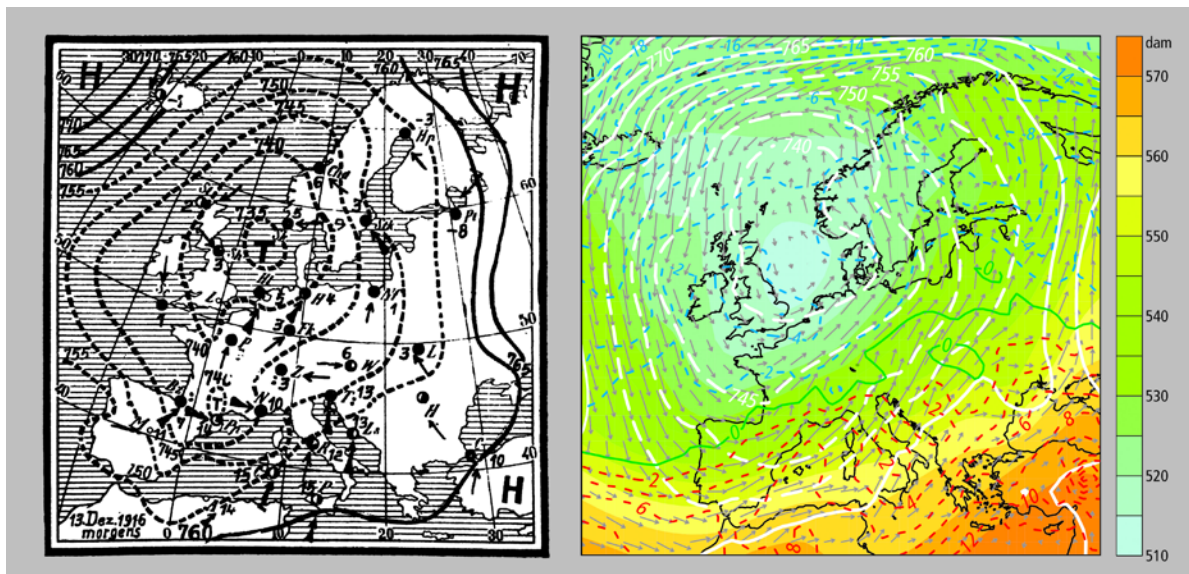


Fig. 2 - A sinistra la mappa, tracciata a mano, della situazione meteorologica (isobare) sull'Europa la mattina del 13 dicembre 1916 (bollettino meteorologico svizzero del 1916). A destra la situazione sinottica alle 06 UTC (Greenwich) dello stesso giorno come risulta dalla rianalisi dell'ECMWF.

a lungo termine, ma ancor più dalla ricostruzione di specifici eventi meteorologici il cui rapporto col clima vero e proprio non è così immediato. Per decenni il definire con precisione un evento specifico del passato si è basato solo su informazioni a livello locale e spesso solo qualitative. Queste informazioni possono essere difficilmente usate per stimare un eventuale analogo rischio per il futuro. Le informazioni storicamente disponibili sul tempo sulle Alpi nel dicembre 1916 sono fondamentalmente basate su diari, appunti, ed aneddoti passati di generazione in generazione. Alcune informazioni quantitative possono essere recuperate dalle stazioni di rilevamento dei vari servizi meteorologici nazionali ed usate per ricostruire una visione più obiettiva di quanto accaduto. Il problema è che quasi sempre queste sia pur valide informazioni sono limitate al fondo valle, dove era appunto presente la popolazione. Esse danno poca informazione su quello che avveniva sulle cime e sui dirupi dove gli eventi bellici in effetti accadevano. Inoltre la guerra distrusse molte di queste stazioni meteo, specie nella zona del fronte, con la conseguente perdita di tutta la documentazione. Negli anni più recenti sono state sviluppate delle tecniche numeriche che permettono di ricostruire non solo il clima del passato in generale, ma anche il tempo specifico. Abbiamo tutti familiarità con le previsioni meteorologiche, anche

se ignoriamo lo sviluppo sia scientifico (meteorologia) che tecnologico (calcolatori) che ne sta alle spalle e le rende possibili. Sappiamo che l'insieme delle misure fatte continuamente dalle stazioni meteorologiche (ormai in grande numero, almeno nel mondo sviluppato e più abitato), da navi, aerei e satelliti forniscono, con l'uso parallelo dei modelli numerici, una fotografia della situazione ad un certo istante da cui partire per la prossima previsione. Sia pur coi limiti derivanti dal minor numero di dati, la stessa tecnica può essere applicata al passato, in pratica usando i dati disponibili e gli attuali modelli numerici per ricostruire con una buona precisione il tempo, gli eventi ed il clima dettagliato degli ultimi 30, 50 e persino 100 e più anni. A quest'ultimo proposito è stato dimostrato che, assimilando (cioè introducendo l'informazione nel modello) solo informazioni superficiali completate da dati di pressione a qualche dozzina di stazioni, si può ottenere una completa fotografia tridimensionale dell'atmosfera per tutto il periodo in cui questi dati sono disponibili. In pratica questo ci porta agli albori dei servizi meteo nazionali alla fine dell'800. È ovvio, ma facile da sottostimare, lo sforzo che sta dietro ad un'impresa del genere. Questa può essere difficilmente intrapresa da un singolo non solo ente, ma persino stato. È uno sforzo collettivo, globale, come d'altronde globale ne risulta poi

il risultato.

Il Centro Meteorologico Europeo per le Previsioni a Medio Termine (ECMWF, a Reading, in Gran Bretagna) ha recentemente completato una rianalisi completa di tutto il 20esimo secolo, prolungata poi fino ad oggi. ERA-20C (questo il nome della rianalisi) è stata finanziata dal progetto europeo ERA-CLIM. Oltre che sui valori di pressione al suolo, ERA-20C ha fatto uso anche dei valori di vento misurati in mare.

Focalizzandosi sul periodo di nostro interesse, questa rianalisi riproduce bene la situazione meteorologica del dicembre 1916. Come esempio la Figura 2 mostra a sinistra la corrispondente mappa originale tracciata all'epoca, mentre il pannello di destra mostra l'attuale ricostruzione mediante rianalisi. È evidente la forte somiglianza fra due mappe meteorologiche. Questo è di per sé già un buon risultato. Teniamo conto che, mentre la mappa del 1916 è uno sforzo specifico da una persona dedicata, l'attuale ricostruzione con modello è un processo completamente automatico senza una particolare attenzione a quel giorno. Tuttavia una rianalisi globale, come appunto ERA-20C, ha forzatamente una risoluzione limitata. La ragione è che lo sforzo richiesto può variare con più che il cubo della risoluzione, cioè il fornire i risultati per esempio ogni 50 invece che 100 km può comportare uno sforzo più che 10 volte superiore.

VALANGHE

Che l'informazione sia disponibile ogni 100 km comporta che le Alpi siano rappresentate trasversalmente con un singolo punto. In pratica in ERA-20C la parte orientale delle Alpi corrisponde ad un altopiano di circa 1000 m di quota. E' evidente che questo non permette considerazioni locali fortemente connesse all'orografia. Questo è particolarmente vero per parametri come la pioggia e le nevicate che sono strettamente connesse alla distribuzione locale dell'orografia montana. Questo risulterà evidente quando discuteremo appunto in dettaglio la situazione del 16 dicembre. L'ulteriore passo tecnico è allora, usando la specifica definizione, il *downscaling dinamico*. La parola è in un certo senso autoesplicativa. In maniera 'dinamica', cioè tenendo nel debito conto tutta la fisica implicata nell'evento, ci portiamo progressivamente su una scala più bas-

sa, tenendo appunto conto sempre più dei dettagli locali. Questo è un processo noto e di cui sfruttiamo i vantaggi ogni giorno quando il Servizio Meteorologico Nazionale od ad un passo ulteriore quelli regionali forniscono le informazioni per la specifica zona di interesse. Nel *downscaling* dinamico le informazioni (più specificatamente i "campi", ovverosia la distribuzione geografica per esempio del vento o della pioggia) fornite dalla rianalisi sono l'informazione in ingresso per un modello analogo, ma a più alta risoluzione e dove è quindi possibile usare una risoluzione maggiore. Perché questo processo abbia senso, cioè fornisca risultati "sensati", non si può passare per esempio dai 100 km della rianalisi ai 2 km del dettaglio desiderato. Il tipico singolo miglioramento, cioè al singolo passo, di risoluzione è fra le 3 e 4 volte. Allora si procede per

passi successivi, zoomando progressivamente sulla zona di interesse. Questo è mostrato nella Figura 3 dove, a partire dall'informazione globale, le aree successivamente interessate, nella Figura D1, D2, D3, D4, comprendono prima (D1) tutta l'Europa con i bacini atlantico e mediterraneo, poi (D2) la sua parte centrale, (D3) parte dell'Italia più parte di Francia Svizzera, Germania e Austria, ed infine (D4) le Alpi. A partire da quella della rianalisi la risoluzione è rispettivamente 54, 18, 6, 2 km. Il risultato finale è una ricostruzione oraria del tempo locale, alla stessa scala spaziale delle informazioni storiche.

È importante tenere a mente che queste tecniche numeriche, per quanto sofisticate, non rimpiazzano, ma sono complementari a, il lavoro degli storici. Laddove le rianalisi forniscono un'informazione dinamica dei documentati fenomeni meteorologici, a loro volta i documenti storici impattano su, e sono un'informazione importante per, le rianalisi. Il dicembre 1916 è un ottimo esempio di questa sinergia.

Il dicembre 1916

I meteorologi dell'epoca avevano analizzato la situazione del periodo e le loro mappe sono ancora disponibili nei corrispondenti bollettini meteorologici (Figura 2). Questi mostrano una profonda zona di bassa pressione su tutta l'Europa, centrata fra la Scozia e la Danimarca, mentre vi è un minimo secondario sulla Francia meridionale. Il pannello di destra mostra la situazione come ricostruita tramite ERA-20C. La rianalisi riproduce bene la mappa trac-

Fig. 3 - Aree su cui si è progressivamente focalizzata la rianalisi. La risoluzione con cui viene descritta la situazione migliora dall'area più grande (54 km), attraverso 18 e 6 km, fino ai 2 km dell'area centrata sulle Alpi.

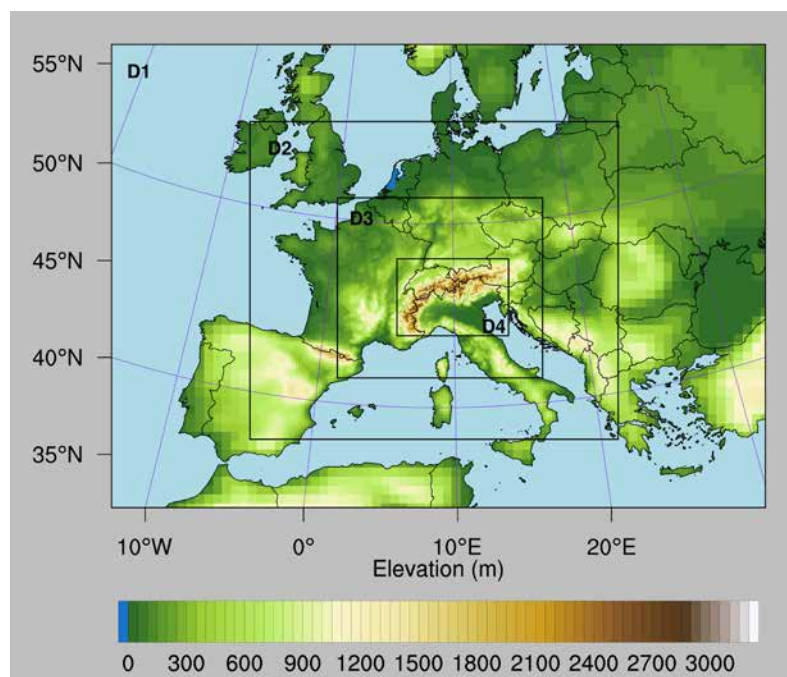
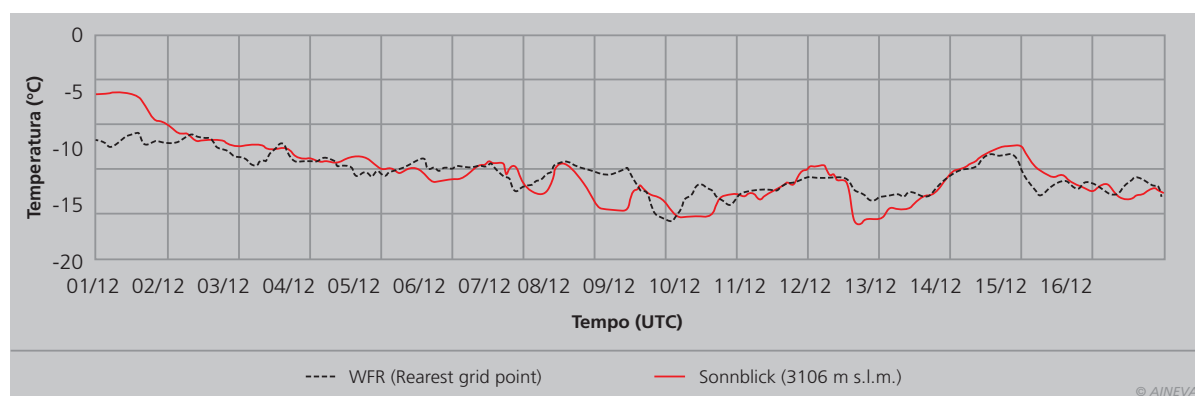


Fig. 4 - Evoluzione della temperatura dell'aria (registrata e ricostruita dalla rianalisi) nei primi 15 giorni del dicembre 1916. Si noti l'aumento dal 12 al 13 dicembre.



ciata all'epoca a mano (come fatto fino a poco più di 30 anni fa anche da noi), ma fornisce al contempo molte informazioni aggiuntive. Per esempio mette in evidenza (linee tratteggiate colorate) le anormali alte temperature sul mar Mediterraneo.

Per meglio comprendere cosa successe dobbiamo partire da una o due settimane prima. Sebbene le valanghe più disastrose avvennero il 13 dicembre, questo fu la conseguenza di nove giorni di ininterrotte precipitazioni. La rianalisi ci permette di comprendere i fattori naturali che portarono a questo evento estremo di fortissimo impatto. La circolazione atmosferica era, usando un'espressione meteorologica, in stato di blocco, ovvero in una situazione che alimenta sé stessa e perdura nel tempo. In sostanza c'era una grande zona di alta pressione sulla Russia ed una bassa pressione appunto sull'Europa. Il moto orario della prima ed antiorario della seconda favorirono e rinforzarono un grande flusso di aria calda e umida da sud verso le Alpi. Incontrando la catena montuosa l'aria è costretta a salire bruscamente, raffreddandosi e scaricando quindi in loco tutto il suo contenuto d'acqua, in pratica fra le prime pendici montuose e lo spartiacque con l'attuale Austria. Le conseguenze inclusero eccezionali precipitazioni sul versante sud delle Alpi e temperature più alte del normale nel Mediterraneo orientale. Infatti i dati greci di temperatura dell'epoca mostrano che il dicembre 1916 fu il più caldo dei precedenti 120 anni. Anche queste alte temperature furono una ragione di tutta l'umidità che arrivò sulle Alpi orientali. Il downscaling di ERA-20C ad una risoluzione di 2 km ci permette di stabilire che le precipitazioni del 13 dicembre superarono localmente nelle Alpi Giulie i 200 mm (non dimentichiamo il fattore moltiplicativo per la corrispondente quantità di neve). Ciò in accordo con i dati misurati dell'epoca. Il downscaling mostra bene l'effetto dell'orografia che porta a forti variazioni delle precipitazioni da zona a zona, anche se vicine,

proprio in funzione dell'orografia. Una visione dinamica della situazione locale è disponibile al sito www.geography.unibe.ch/december1916. Le precipitazioni del 13 dicembre aggiunsero una massa critica allo strato di neve che era già cresciuto fino a 2,5 m nei giorni precedenti. Al passo del Bernina (2323 m) in Svizzera, il 12 dicembre la profondità della neve era già 3,70 m. Il giorno successivo raggiunse i 5 m.

Oltre alla quantità delle precipitazioni, un fattore critico fu la temperatura la cui evoluzione nei primi 15 giorni del dicembre 1916 è riportata nella Figura 4. Si noti come la rianalisi riproduca fedelmente il dato misurato. Si noti in particolare l'aumento fra il 12 e 13 dicembre. Questo portò la pioggia fino a 2000 m di quota, rendendo più pesante il già esistente manto nevoso. Al di sotto di questa quota, e particolarmente nelle zone sud ed est della regione colpita, la pioggia cadde sulla neve preesistente, un fatto ben noto per facilitare le valanghe. La combinazione di intense precipitazioni e dello scioglimento del manto nevoso innalzò il lago di Wörthersee, il più grande della Carinzia, al suo massimo fino allora osservato. Sulla linea del fronte, una grande offensiva italiana dovette essere rimandata perché, come riportò il generale Luigi Cadorna, nella zona in cui erano state concentrate le truppe stavano letteralmente "affogando nel fango". Alla fine il tutto dovette essere rimandato di 5 mesi, il che permise alle truppe austro-ungariche, in quel momento in difficoltà, di trasferire qui dal fronte orientale un cruciale rifornimento di truppe.

Per quei giorni particolari sono disponibili osservazioni meteorologiche, in particolare di temperatura e precipitazione (per la maggior parte in Svizzera) e di profondità del manto nevoso (in Austria-Ungheria). Il fatto rilevante è che, presi da soli, in quanto molto sparsi e disponibili solo per alcune ore della giornata, i dati misurati fornirebbero un quadro molto approssimativo della situazione. Messe insieme invece, le in-

formazioni dalla rianalisi e delle osservazioni forniscono un quadro dettagliato e completo della situazione con tutte le considerazioni fisico-meteorologiche che ne derivano. Adesso abbiamo un quadro completo della situazione dell'epoca, ovvero una situazione di blocco da parte dell'anticiclone russo con la bassa pressione sul Mediterraneo ed il conseguente flusso di aria calda e umida verso le Alpi Orientali. Questo permette ai meteorologi di affrontare con maggiori conoscenza e preparazione simili situazioni future.

Uno sguardo sulle rianalisi

Terminiamo con una piccola nota sulle rianalisi. ERA-20C è solamente una delle varie rianalisi compiute dall'ECMWF. Esistono altre ricostruzioni da altri centri, ma è importante notare che tutte queste rianalisi sono possibili solo con un reciproco scambio di dati da parte di tutti i servizi meteorologici mondiali. Si sfruttano archivi, si digitalizzano vecchi manoscritti del passato con preziose osservazioni meteorologiche o fatti indicativi di una situazione. Per fornire un'idea, ci si è spinti ancora oltre, fino al 1871 ed al 1851. Sono stati fatti test per gli anni 1815-1817 che comprendono il famoso "year without a summer", l'anno senza un'estate" causato dall'eruzione del vulcano Tambora nelle Indie Orientali. Vi sono anche dei piani per cercare di riprodurre coi modelli numerici il clima del 18esimo secolo fino a cogliere l'ultima parte della Piccola Era Glaciale.

Bibliografia

Per le persone interessate una descrizione completa della rianalisi ERA-20C si trova su:

■ Dee, D.P., P.Poli, H.Hersbach, P.Berrisford, A.J. Simmons, F.Vitart, P.Laloyaux, D.H.Tan, C.Peubey, J.-N.Thépaut, Y.Trémolet, E.V.Hólm, M.Bonavita, L.Isaksen, e M.Fisher, 2016. ERA-20C: An Atmospheric Reanalysis of the Twentieth Century, *Journal of Climate*, 4083-4097, DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0556.1

Una descrizione meteorologica più estesa degli eventi qui descritti è disponibile su:

■ Brugnara, Y., S.Brönnimann, M.Zamuriano, J.Shield, C.Rohr, e D.M.Segesser, 2016. December 2016: Deadly Wartime Weather, *Geographica Bernensia*, G91, 8pp., doi:10.4480/GB2016.G91.01

Gli autori sono disponibili per ogni chiarimento od informazione al riguardo.

LA MORTE BIANCA

gli inverni della
Grande guerra
nei documenti ufficiali

Paolo Plini
CNR - Istituto
sull'Inquinamento Atmosferico
Via Salaria, km 29,300
00015 Monterotondo (RM)
paolo.plini@cnr.it

Talking about the Great War conjures up images of opposing armies, deployed men against each other along the front line, battles and fights with huge losses on both sides.

In the course of the conflict, however, in addition to the losses in combat and diseases there was another way of dying: to be a victim of avalanches. In the four years of war, 1915-1916 and 1916-1917 winters were characterized by abundant snowfall and particularly rigid temperatures. The troops deployed in the mountains, at altitudes that reached 3905 m a.s.l. of Ortles remained exposed to these very harsh weather conditions with only one concern to survive. Of these long tiring and mournful months passed numerous quotes in the mountains appear in Italian official documents and Austro-Hungarians.



1915-1918

IM GEDENKEN AN UNSERE TIROLER STANDSCHÜTZEN
IN RICORDO DEI NOSTRI STANDSCHÜTZEN TIROLES
EN RECORD DE NOS SCIZERI DL TIROL
IN MEMORY OF OUR TYROLEAN STANDSCHÜTZEN

DL TIROLER STANDSCHÜTZEN
IM GEDENKEN AN UNSERE TIROLER STANDSCHÜTZEN

INTRODUZIONE

Parlare di Grande guerra evoca immagini di eserciti contrapposti, uomini schierati l'uno contro l'altro lungo la linea del fronte, battaglie e combattimenti con ingenti perdite da ambo le parti.

Nel corso del conflitto, però, oltre alle perdite in combattimento e per malattie ci fu un altro modo di morire: essere vittima del gelo e delle valanghe.

La linea del fronte italiano, all'inizio del conflitto, si snodava per circa 600 km dai gruppi dell'Ortles, Cevedale e Adamello fino al Carso triestino, attraversando il cosiddetto "Fronte immobile" delle Giudicarie, la zona degli altipiani (Asiago, Luserna, Lavarone e Folgaria), le Dolomiti, le Alpi Carniche e Giulie.

Solo nel 1917, dopo la XII battaglia dell'Isonzo, il fronte montano orientale venne abbandonato e la nuova linea seguì il corso del Piave.

Dal progetto di ricerca, catalogazione e georeferenziazione dei luoghi della Grande guerra (www.luoghigrandeguerra.ii.cnr.it) risultano censite, e quindi occupate da truppe italiane o austro-ungariche, 1351 cime con quote superiori ai 1000 m s.l.m., riconducibili quindi all'ambiente montano.

È possibile conoscere la posizione delle località citate nel testo attraverso un motore di ricerca geografico, accessibile all'indirizzo <http://webgis.ii.cnr.it/GGGIS/>.

Nei quattro anni di guerra, gli inverni

1915-1916 e 1916-1917 furono caratterizzati da precipitazioni nevose abbondantissime e temperature particolarmente rigide. Le truppe schierate in montagna, ad altitudini che raggiungevano i 3905 m s.l.m. dell'Ortles, rimasero esposti a queste durissime condizioni meteo con la sola preoccupazione di sopravvivere.

Di questi lunghi, faticosi e luttuosi mesi passati in montagna numerose citazioni compaiono nei documenti ufficiali italiani e austro-ungarici.

LA RELAZIONE ITALIANA

Nel 2° volume della relazione italiana "L'Esercito Italiano nella Grande Guerra" viene riportato che "Nella campagna invernale 1915-1916 fu registrata la caduta di 408 valanghe. Le prime caddero alla fine di ottobre (all'Adamello); pochissime furono quelle del novembre, dicembre, gennaio e prima metà di febbraio; 58 ne caddero nella seconda quindicina; 289 nella prima metà di marzo e 39 nella seconda; 10 nell'aprile.". Successivamente "non si dissimulava le grandi difficoltà derivanti dal maltempo imperversante su tutta la fronte, particolarmente su quella montagna, ove tra l'altro la caduta di numerose valanghe ci infliggeva giornalmente forti perdite.". "Numerose furono, poi, le valanghe che dal febbraio all'aprile caddero su tutta la fronte del corpo d'armata e particolarmente nel settore Valtellina-val

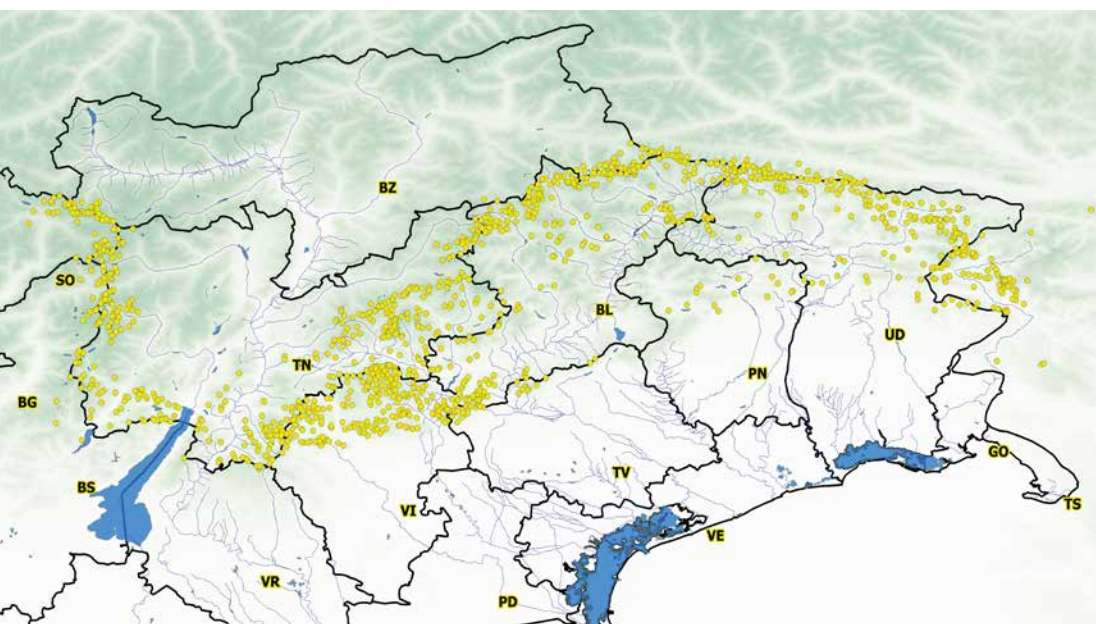
Camonica, seppellendo trincee, ricoveri, artiglierie, baracche, caserme, stazioni teleferiche, ponti, interrompendo il transito sulle strade e sulle mulattiere, arrecando danni alle linee telegrafiche e telefoniche e mietendo, infine, centinaia di vite umane".

E successivamente "le valanghe mietevano moltissime vittime e causarono ingenti danni ai materiali e alle comunicazioni. Nei primi mesi del 1916 la neve cadde così abbondante da fare scomparire le strade e spesso gli stessi corsi d'acqua, e da trasformare perfino la plastica del terreno, dando alla natura accidentata un aspetto uniforme. In taluni punti superava i cinque metri ed in alcuni altri essa era così alta da far emergere soltanto le cime degli alberi. In febbraio si ebbe a deplorare la caduta delle prime valanghe, molte delle quali furono ad arte causate dal nemico con lancio di bombe ad alto esplosivo. Fino a tutto il mese di marzo, il traffico di gran parte delle vie di comunicazione di montagna si rese assai pericoloso per le lavine e le valanghe che si abbattevano sui fianchi dei monti o si rovesciavano nelle valli con immenso fragore ed inaudita violenza, sconvolgendo e schiantando tutto ciò che incontravano sul loro cammino, spesso seppellendo interi reparti.". "Centinaia e centinaia di soldati ed ufficiali morirono, vittime oscure ed ignorate del dovere compiuto in umiltà e silenzio, ma non per questo meno degni di commosso ricordo ed affettuoso rimpianto. Molte salme poterono essere recuperate solamente col disciogliersi delle nevi...".

Nel mese di aprile 1916, nel corso delle offensive per la conquista del Monte Sief "Durante l'intera giornata del 23 la nebbia, la neve e la tempesta paralizzarono completamente l'attività offensiva dei nostri reparti. Aggiungasi inoltre che una valanga travolse i presidi della lunetta N. 2 e del camminamento B."; nei giorni successivi "il clima, tuttora assai rigido, le continue nevicate, le numerose valanghe, che mietevano vittime e rendevano necessari lavori gravosi e lunghi di soccorso e di sgombero, imposero una sosta delle operazioni".

Anche nei successivi volumi, in particola-

Fig. 1 - Distribuzione delle cime con quota superiore a 1.000 m s.l.m. (scala 1:500.000) lungo la linea del fronte.



re relativamente al 1916, numerosi sono i riferimenti a neve, valanghe e perdite di vite umane.

Da febbraio ad aprile 1916 "su tutta la fronte del III corpo si ebbero le seguenti perdite prodotte dalle valanghe[...] Totale morti: N. 273 – feriti N. 101. Complessivamente le valanghe che arrecarono danni di una certa entità furono 79. La più importante di tutte fu quella che il 3 aprile seppellì in val Camonica la caserma Campello, ove era accantonata la 10^a comp. del 31^o fant. L'edificio andò in gran parte distrutto e dei 122 militari che vi si trovavano soltanto 9 poterono essere salvati". E "Sulla sola fronte del IX corpo, dal 24 febbraio al 12 marzo, si ebbero 450 morti (compresi 107 dispersi) e 112 feriti. Anche il nemico ebbe un gran numero di vittime. Infatti dai rapporti giornalieri alla Cancelleria di S. M. l'Imperatore, si rileva che sulla fronte Tirolo-Carnia, dal 24 febbraio al 15 marzo 1916, si lamentarono 790 morti, 567 feriti e 456 dispersi, da considerarsi, questi ultimi, come morti non potuti estrarre dalla neve".

Si fa anche un cenno a documenti di parte avversaria, "nell'articolo del generale della riserva Ludwig Pengov [...] «Verso il 20 febbraio incominciarono le abbondanti nevicate; le masse di neve, fino ad allora moderate, crebbero rapidamente [...] Nonostante le misure protettive e le grandi precauzioni adottate, la neve raccolse larga messe di morti.»". "In un articolo della Innsbrucker Nachrichten del 16 aprile 1926 è detto che «[...] Come seguito dell'inverno comparve la morte bianca»". Vennero poi diramate, dal Comando Supremo, delle direttive per la campagna invernale (1916-1917). "I comandi, poi, diramarono tempestive istruzioni per evitare il pericolo delle valanghe, per le quali, nonostante le minuziose precauzioni adottate, si ebbero a deplorare, specialmente nella prima decade di marzo, un centinaio di morti, oltre a numerosi feriti e dispersi". "I primi mesi del 1917 furono caratterizzati dal maltempo che imperversò in particolare nelle zone di alta montagna, dove la neve, caduta abbondantemente, il freddo, il vento e la tempesta sottoposero a dura

prova la resistenza fisica e morale del nostro soldato. Nonostante i provvedimenti adottati in larga misura, si ebbero notevoli perdite per casi di congelamento e per la caduta di numerose valanghe, che seppellirono drappelli, piccoli posti, baracche e ricoveri. [...] Le maggiori perdite si ebbero in Carnia ed in Cadore, dove la neve raggiunse i 7-8 metri d'altezza [...]".

LE ALTRE FONTI

Negli altri documenti consultati, come i Riassunti storici di Brigate, Reggimenti e Battaglioni del Regio Esercito, i Bollettini di guerra diramati dal Comando Supremo del Regio Esercito e la Relazione ufficiale austro-ungarica (di seguito citata come Relazione A-U) sono frequenti le citazioni di interesse.

ANNO 1915

Già nel 1915 i riassunti dei battaglioni alpini descrivono una situazione critica. "Durante i mesi di agosto e settembre non si hanno azioni e le compagnie, a turno, vigilano sulla cresta delle Tofane, ove incominciano le nevi e la tempesta." (Btg. alp. Fenestrelle). "L'inverno si pronunzia nevoso e rigido, le numerose valanghe interrompono le comunicazioni ed i rifornimenti, rendendo così dura la vita dei riparti" (Btg. alp. Val Arroschia). Poi si cominciano a riscontrare le prime perdite, "Fino alla fine dell'anno non si svolgono ulteriori azioni degne di nota, per contro l'inverno impone non pochi disagi ai riparti in linea e le valanghe arrecano al «Val Tagliamento» numerose vittime".

Nella relazione A-U, relativamente al 1915, si trova solo un riferimento quando si dice che "Pericoli paurosi e nascosti si annidano tra le montagne. Possono prendere la bianca forma di una valanga, o la forma fragorosa di frana distruttiva, o la forma fiammeggiante del lampo nel mezzo di una tempesta di ghiaccio che improvvisamente esplode in un cielo blu. Anche il pericolo giaceva nel soffio gelido del vento che soffia sui campi di neve, o su pendenze in cui un passo falso potrebbe far sprofondare uno scalatore impotente. Questi pericoli non furono mai immediatamente



Fig. 2 - Copertina di uno dei volumi della relazione ufficiale italiana.



Fig. 3 - Copertina di uno dei volumi della relazione ufficiale austro-ungarica.

evidenti alle loro vittime. Si sono nascosti, in attesa di balzare sulle loro prede. Guai a chi non stava attento! Tutti hanno dovuto imparare questa lezione. Mantenere vive le truppe era la missione più importante del unità di guida di montagna".

ANNO 1916

Agli inizi del 1916, dopo un riferimento al fatto che "Alla fine tutti i Corpi italiani hanno interrotto tutte le loro operazioni militari a metà marzo a causa del maltempo.", la relazione A-U riporta che "A metà Marzo, 600 uomini della Decima Armata rimasero uccisi solo dalle valanghe, nonostante le misure adottate da distaccamenti di sci, istruttori alpini di ogni divisione, e personale specializzato per affrontare queste catastrofi, che presero poi parte alle operazioni di salvataggio. Indipendentemente dalle precauzioni e il

VALANGHE

consiglio di molti specialisti alpini, le truppe erano ancora impotenti contro questa 'piaga bianca', come veniva chiamata dal famoso sciatore e alpinista Mathias Zdarsky nelle sue lettere dal fronte al Capo di Stato Maggiore della Decima Armata. Naturalmente il nemico ha dovuto affrontare lo stesso problema".

Sempre nello stesso mese "Il 9 marzo la strada Calliano-Folgaria divenne impraticabile due chilometri davanti a Mezzomonte... Carbonare può essere raggiunto solo dalle slitte. Le aree che sono state spalate sono coperte di nuovo dalle continue nevicate. La neve giace quattro metri di profondità nei bacini; è semplicemente impensabile lavorare con le batterie, portare le pistole, ecc.. Nebbia e visibilità ostacolano la guida. In queste circostanze è impossibile calcolare quando il dispiegamento dell'artiglieria sarà completato."

Il Btg. Val Maira a causa del "succedersi

di grosse valanghe che costringono il comando della divisione (26^a) a far ritirare i posti dislocati nelle località più minacciate. In tali contingenze, elementi del battaglione, insieme a skiatori di altri, riescono il 14 marzo, dopo varie ed infruttuose prove, a guadagnare la vetta di M. Coglians ed a portar soccorso ad un posto d'osservazione (101^a compagnia) bloccato dalle nevi". Poi arriva l'autunno del 1916. Il primo accenno al maltempo viene dal bollettino dell'11 novembre "Lungo tutta la fronte l'attività delle artiglierie fu assai limitata da abbondanti nevicate nelle regioni alte, da piogge dirotte sul medio e basso Isonzo". E il 18 dello stesso mese "Nel rimanente teatro delle operazioni abbondanti nevicate limitano l'attività delle nostre truppe. In qualche punto più elevato della regione montuosa sono segnalate temperature di 20 gradi sotto zero". Il 22 le temperature scendono ancora "Persistenti intemperie in tutto il teatro delle operazioni: in qualche punto più elevato nella zona montana la temperatura discese a 24 gradi sotto zero".

Ai bollettini italiani fa eco la relazione A-U che dedica un intero paragrafo alla "Stagione delle valanghe". "La forte nevicata dell'8 novembre ha messo fine ai combattimenti militari lungo tutte le posizioni alle quote più alte del Tirolo. Invece, entrambe le parti hanno intrapreso un'acuta lotta contro la "bianca" morte. Entro l'11 novembre, quando ci fu un disgelo, il gruppo dell'esercito aveva già perso 123 morti, 194 feriti e 51 dispersi a causa di valanghe. Dopo una breve pausa nel tempo, arrivò un forte fronte freddo il 17 novembre, seguito da nuove nevicate fino al 22. In questi giorni innumerevoli valanghe si rovesciarono su posizioni, campi della riserva e strade di montagna, e in molti luoghi il traffico venne interrotto. In due giorni il gruppo di armate ha perso 84 morti più 186 dispersi e feriti a valanghe; 7 uomini sono morti e 8 sono rimasti feriti colpiti da un fulmine. Questo è stato un deprimente preludio al spaventoso 'inverno delle valanghe' del 1916-17. Le tempeste ripresero verso la fine del mese accumulando quantità senza precedenti di neve sulle mon-

tagne. In dicembre nuove tempeste con abbondanti nevicate si sono sviluppate tra il 5 e l'8, quindi da dal 10 al 16 e dal 18 al 25; il combattimento era completamente impossibile. Ovunque si sono verificate continue valanghe, infliggendo pesanti perdite. Una catastrofe particolarmente grave ha colpito le guarnigioni sul Pasubio il 6 dicembre e sulla Marmolada il 10. Il battaglione Landes-Schützen di stanza sulla Marmolada ha perso 80 morti, 140 dispersi e 160 feriti. Sono stati recuperati 20 uomini feriti. Le perdite totali del Gruppo di Armate dell'Arciduca Eugenio durante il tempo catastrofico del 5-14 dicembre sono state di 795 morti, 505 dispersi (presunto morto) e 652 feriti.

Il clima invernale, che era iniziato prematuramente e con intensità senza precedenti, ha continuato a mantenere le guarnigioni di tutti le posizioni sulle alttezze sotto il loro controllo. Così come la guerra delle nazioni ha sorpassato tutti i precedenti conflitti di dimensioni e misura, le perdite inflitte ai ranghi delle truppe di entrambi i lati della morte bianca in questo inverno erano particolarmente gravi. Per la prima volta nella storia del mondo, gli eserciti di massa hanno sofferto i terrore dell'inverno in montagna quando c'erano grandi tempeste di neve interrotte da periodi di notevole disgelo. Nessuno che sia vissuto attraverso questi tempi difficili dimenticherà la sensazione di completa impotenza quando gli uomini si scagliavano contro le forze libere della natura. Le pesanti perdite di questi mesi erano inevitabili. È vero che su tutto il fronte alpino le lezioni dell'anno precedente furono ricordate; è stato fatto tutto il possibile, sotto la direzione di esperti alpini, per proteggere le truppe, fornire treni e personale nelle aree minacciate da valanghe. Ma le dimensioni dei cumuli di neve si sono fatti beffa delle lezioni precedenti e le valanghe hanno trovato nuovi percorsi dalle foreste alle valli, distruggendo la vita lungo tutto il loro percorso. Le situazioni tattiche hanno reso impossibile evacuare tutto dai punti che erano stati minacciati dalle valanghe, ed è stato necessario mantenere i rifornimenti alle guarnigioni rimaste no-

Fig. 4 - Copertina del volume contenente i bollettini giornalieri del Comando Supremo.

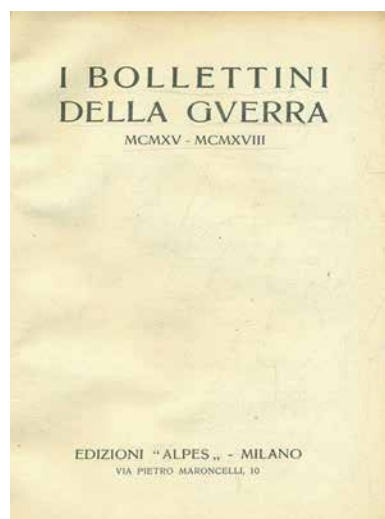
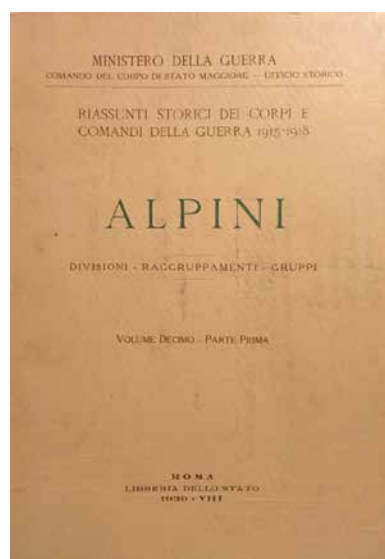


Fig. 5 - Copertina di uno dei volumi dei riassunti storici relativi a corpi e comandi.



nostante tutti i pericoli sulle rotte di avvicinamento. (I seguenti innevamenti sono stati segnalati il 28 novembre: da 2,5 a 4 metri sul Tonale, fino a 8,5 sull'Adamello, 2,5 sul Pasubio e lungo la cresta di confine, 5 sulla cresta di Fassa)". E sulle Alpi orientali "Proprio come le unità sulle montagne tirolesi, quelle della decima armata hanno sofferto pesantemente il tempo catastrofico di novembre e Dicembre. In soli quattro giorni di dicembre il fronte carnico-giuliano ha perso 637 morti e 143 feriti a causa delle valanghe".

I Bollettini italiani, nel mese di dicembre, si limitano a segnalare come il maltempo ostacolasse l'attività delle artiglierie e dei reparti. Addirittura il 16 dicembre "Sulla fronte Tridentina intemperie di eccezionale violenza paralizzarono ieri ogni attività guerresca". Le medesime segnalazioni proseguono per tutto il mese di gennaio, il 31 "In tutto il teatro delle operazioni temperatura rigidissima che in alcuni punti più elevati raggiunse 28 gradi sotto zero". Per il mese di febbraio e poi in aprile i bollettini continuano a limitarsi a evidenziare come maltempo e nuove nevicate ostacolassero le operazioni.

Ben altro dettaglio viene fornito dai riassunti dei reparti alpini. Il Btg. Antelao "Nei primi giorni di novembre si porta a Crepa ed il 21 è a Cima Falzarego, ove permane fino al termine dell'anno, impiegando i suoi reparti in continui ed estenuanti lavori per lo sgombero della neve e per le numerose valanghe, che, paralizzando ogni attività, causano numerose vittime". Per il Btg. Belluno "Durante l'inverno non si hanno azioni degne di rilievo, ma la resistenza dei reparti è messa a dura prova dalle molteplici difficoltà opposte dalle abbondanti nevicate, accompagnate da furiose tempeste che provocano numerose valanghe". Fino alla fine del 1916 il Btg. Val Cismon "resta a difesa del Cauriol; forti nevicate vengono poscia a far sospendere ogni attività, rendendo assai dura la vita dei reparti, in diuturna lotta contro la tempesta e le valanghe". Lo stesso avviene al Btg. Clapier che "sostiene una lotta continua contro la neve, la tempesta e le valanghe".

La morte bianca colpisce altri reparti. Il riassunto del Btg. Borgo San Dalmazzo riporta che "L'inverno, che nella seconda quindicina di febbraio diviene rigido, provocando con le abbondanti nevicate numerose valanghe, che mietono vittime, rende oltremodo dura la vita dei reparti in trincea". Il Btg. Dronero "rimane sino al 19 marzo nel sottosettore alto Degano (26ª divisione), nel quale non si svolgono azioni di fanteria, a causa della molta neve caduta, che provoca frequenti valanghe, rendendo oltremodo disagiata la permanenza in trincea dei reparti e procurando numerose perdite". "Nell'ottobre cadono copiose e frequenti nevicate e numerose sono le vittime delle valanghe; il 27 un drappello della 50ª [Btg. Edolo], discendendo dal passo del Lago Ghiacciato, viene travolto al completo; nel novembre un altro nucleo del battaglione subisce la stessa sorte".

Nei riassunti dei Btg. Exilles, Mondovì, Pieve di Cadore, Stelvio, Val d'Ellero, Val d'Intelvi, Val Pellice, Val Piave e Vestone, vengono menzionate neve e valanghe come fonte di disagio e impedimento per lo svolgimento delle attività. Costano al Btg. Monviso "non poche fatiche e disagi sopportati sempre con abnegazione, nonché sensibili perdite sono dovute alle valanghe".

I reparti del Btg. Morbegno "subiscono perdite per la caduta delle valanghe fra le quali, grave di effetti, è quella del 13 dicembre che travolge 66 uomini della 47ª compagnia; di essi 22 restano uccisi, altri 8 sono feriti".

Un riferimento a vittime della "morte bianca" nei reparti della Guardia di Finanza proviene da pagine storiche a cura del Gen. B. Sante Laria. "Il 25 febbraio [1916] una forte pattuglia, mista di guardie e di fanti, in ricognizione davanti alla Forcella Longerin, fu travolta da una valanga in fondo alla Valle Rindelondo. Il comandante della posizione, Capitano Giuseppe Cecchini, volò al salvataggio con una squadra di audaci, ma fu a sua volta seppellito da una seconda valanga, che gli strappò diciannove uomini con due ufficiali, e dalla quale solo dopo sette ore venne sottratto quasi morente".



Fig. 6 - Copertina del volume "Le fiamme gialle d'Italia".

"Il giorno 6 marzo 1916 il XX Battaglione aveva avuto 84 uomini travolti da una valanga a Casera Crestalta". "Le valanghe aiutavano il nemico, travolgendo le nostre pattuglie, le nostre baracche, le nostre salmerie: ci strappavano il pane, le armi, la vita. Il 9 gennaio [1917], una fra le altre immensa e terribile travolse fino in fondo alla Val Sesia un nostro ricovero, a quota 1836, con sessanta uomini. Più di venti ne perirono e giacquero sotto la neve bianca fino all'estate...".

Nei documenti relativi al 1917 ricorrono solo occasionali riferimenti a freddo, neve e valanghe, ma senza dettagli significativi. E poi si ricominciò a morire come al solito...

Bibliografia

- Brugnara Y, Brönnimann S, Zamuriano M, Schild J, Rohr C, Segesser DM (2016) "Dicembre 1916: Il Mese della Morte Bianca". Geographica Bernensia G91. ISBN 978-3-905835-49-6, doi:10.4480/GB2016.G91.03 - https://www.researchgate.net/publication/311582396_Dicembre_1916_Il_Mese_della_Morte_Bianca
- Laria S. (1930) "Le Fiamme Gialle d'Italia. Parte seconda". Comando generale della Regia Guardia di Finanza. Milano, Luigi Alfieri. Ministero della Guerra, Comando del Corpo di Stato Maggiore, Ufficio Storico (1924-1929) "Riassunti storici dei corpi e comandi nella guerra 1915-1918, Brigate di Fanteria, Reggimenti Alpini, Reggimenti Bersaglieri". Roma, Libreria dello Stato.
- Ministero della Guerra, Comando del Corpo di Stato Maggiore (successivamente Ministero della Difesa, Stato Maggiore dell'Esercito) - Ufficio Storico (1927-1988) "L'Esercito Italiano nella Grande Guerra (1915-1918)". Roma.
- Österreichischen Bundesministerium Für Heereswesen Und Vom Kriegssarchiv (1930) "Österreich-Ungarns Letzter Krieg, 1914-1918". Vienna, Verlag der Militärwissenschaftlichen Mitteilungen.
- Plini P. (2016) "Luoghi e toponimi nella Grande Guerra sul fronte italiano. Documenti, cartografia e GIS". In Bondesan A., Scroccaro M. (a cura di), "Cartografia militare della Prima guerra mondiale". Antiga Edizioni, Regione del Veneto, Archivio di Stato di Firenze, Università degli Studi di Padova, Marco Polo System. pp. 131-143. ISBN 9788899657550.
- s.a. (1923) "Bollettini della Guerra MCMXV-MCMXVIII". Milano, Alpes.





METEOROLOGIA ALPINA

climatologia

- 2 La torre-osservatorio
della Valle dei Forni
(Valtellina)
L'età dell'oro
della meteorologia
ed idrologia alpina
- 12 La sentinella del cielo:
l'osservatorio meteorologico
dello Stelvio

la TORRE OSSERVATORIO della VALLE dei Forni Valtellina

L'età dell'oro della
meteorologia ed
idrologia alpina

Giuseppe Cola
Servizio Glaciologico Lombardo
Dosegu@libero.it

THE OBSERVATORY TOWER OF DELLA VALLE DEI FORNI (Valtellina)

The golden age of Alpine meteorology and hydrology

In the 1920s, the Ufficio Idrografico del Po, Hydrographic office of Po river, with contribution from the Italian Glaciological Committee, carried out a series of surveys to determine the influence of glaciers on the hydrologic regime of rivers, also considering the future project to use glacial basins in Alta Valtellina for electrical energy generation. An observatory tower was therefore built downstream to the Forni glacier, fitted with recording meteorological instruments that worked all year long. Additionally, several recording hydrometric instruments were installed to study flows from glacial streams. From these instruments it was possible to calculate the amounts of water from glaciers flowing into the Frodolfo stream, also in relation with temperature changes and other meteorological factors. These research activities ended in the 1960s, and the observatory and measurement equipment then

Negli anni Venti dello scorso secolo l'Ufficio Idrografico del Po col contributo del Comitato Glaciologico Italiano intraprese una serie di ricerche atte a determinare l'influenza dei ghiacciai sul regime idrologico dei corsi d'acqua, anche in vista dello sfruttamento idroelettrico dei bacini glaciali dell'alta Valtellina. Poco a valle della fronte del ghiacciaio dei Forni venne costruita una torre-osservatorio, nella quale strumenti meteorologici registratori funzionavano per tutto l'anno. Inoltre, strumenti idrometrici, pure registratori, furono installati per lo studio delle portate dei torrenti glaciali. Da questi elementi furono ricavati i valori del contributo glaciale ai deflussi del torrente Frodolfo in relazione anche alle variazioni delle temperature e degli altri fattori meteorologici. Negli anni Sessanta dello scorso secolo tali ricerche ebbero termine, e l'osservatorio e le apparecchiature di misura sono andate incontro ad un progressivo degrado.



Fig. 1 - L'osservatorio ai nostri giorni.



Fig. 2 - Rifugio Ghiacciaio dei Forni e l'osservatorio meteorologico in una cartolina viaggiata negli Anni Venti del secolo scorso.



Chi oggi sale all'albergo Ghiacciaio dei Forni (un tempo conosciuto anche come albergo Buzzi)¹, immerso nella maestosità del panorama dell'alta valle dei Forni, distrattamente avrà posato lo sguardo sul torrione ottagonale adagiato alla sommità dello sprone roccioso che sovrasta l'albergo. Pochi sanno che questa elegante struttura, ora in stato di abbandono, un tempo era un osservatorio meteorologico, che nell'epoca d'oro della meteorologia ha contribuito a identificare le norme generali che regolano i rapporti idrologici fra ghiacciai e corsi d'acqua. L'incuria degli uomini e l'opera pressante delle intemperie ne hanno segnato le sue strutture. Il legno dei ser-

ramenti e della graziosa scala spiraleggiante che consentiva l'accesso al terrazzo ove erano ospitate le apparecchiature di misura sono stati subito preda del degrado. Ora tocca alla struttura muraria, che seppur ancora ben conservata, comincia a mostrare i segni del tempo, l'acqua filtrando tra le crepe del terrazzo ne ha corrosato il cemento (fig. 1). Per comprendere le motivazioni che portarono alla realizzazione di questo manufatto dobbiamo compiere un bel balzo indietro nel tempo. Nel primo dopoguerra, per fronteggiare il fabbisogno sempre crescente di energia del nostro Paese, vennero incrementate le concessioni di acqua pubblica per lo sfrutta-

mento idroelettrico dei bacini alpini. Di concerto furono erogati dei contributi statali per la costruzione degli impianti. In tale frangente venne a concretizzarsi una forte convergenza tra le attività delle strutture tecniche dello Stato (Ufficio Idrografico del Po e Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque), con le Società elettriche di allora. Nella fattispecie, l'ufficio tecnico della Azienda Elettrica Milanese, per coprire i previsti incrementi della domanda di energia elettrica di Milano, predispose un piano complessivo di espansione e di costruzione di impianti idroelettrici in Valtellina, vista la notevole concentrazione di bacini in gran parte glacializzati². La vasta estensione dei ghiacciai del nostro versante alpino, la loro influenza sul regime dei maggiori corsi padani e la necessità quindi di conoscere il loro regime idrologico, portò l'Ufficio Idrografico del Po ad intraprendere particolari ricerche, che per quanto riguarda la zona lombarda furono affidate alla Sezione di Milano, e vennero concentrate in un unico bacino allo scopo di poter meglio raggiungere un quadro completo d'indagine. La posizione particolare dei ghiacciai del gruppo Ortles-Cevedale, compresi nel Bacino dell'Alto Frodolfo,

in condizioni molto affini a quelle di altri ghiacciai del nostro versante, il loro grado di concentrazione, l'esistenza a poca distanza dalla zona glaciale di un tratto dell'emissario sufficientemente regolare ed a fondo stabile, che dava affidamento per una buona stazione di misure di portata, ragioni infine di carattere logistico portarono la scelta su questo bacino che, chiuso inizialmente a S. Caterina, veniva ad avere l'estensione di 105,6 km², dei quali 38 di effettivo ghiacciaio. A S. Caterina, dove fu possibile fare assegnamento sulla permanenza costante di una guida alpina, alla quale affidare tutte le osservazioni, fu subito impiantata una stazione autoregistratrice delle portate ed una stazione termo-udometrica³; mentre sul bacino furono installati, per la misura delle precipitazioni quattro totalizzatori, ovvero: alla Capanna Cedè (quota 2700), all'Isola Persa (quota 3000 circa), al Rifugio Gavia (quota 2541), all'Albergo dei Forni (quota 2100). Nel 1924 entra in funzione un pluviomivometro a S. Antonio Valfurva, affidato a Sante Vitalini, che ne seguirà le vicende fino al secondo dopoguerra. Successivamente non appena furono superate alcune difficoltà di accesso e specialmente di personale, in quanto per sette mesi dell'anno la vita si arrestava a 15 - 20 km. dal ghiacciaio, ed anche negli altri mesi, non era facile trovare elementi adatti per le osservazioni di strumenti, di per sé già delicati, le indagini vennero gradualmente intensificate. Così sul finire dell'estate del 1925, a 2185 m s.l.m., venne ultimato in prossimità della bocca del ghiacciaio dei Forni, un piccolo osservatorio dotato di apparecchi, principalmente autoregistratori (fig 2). La torre-osservatorio, a pianta ottagonale ed impreziosita da motivi decorativi, venne realizzata in calcestruzzo armato e con uno sviluppo verticale su due piani. Al piano terreno, vi è un vano con la porta di accesso rivolta ad est ed una finestra che guarda verso ovest. Al terrazzo superiore, ove erano collocati le apparecchiature di misura, vi si accedeva con

una scala elicoidale addossata al muro esterno dell'osservatorio. Gli strumenti di misura furono collocati sia sul terrazzo che in capannine ancorate ai supporti metallici della ringhiera che contorna il bordo del terrazzo (figg. 3, 4, 5 e 6). L'osservazione dei principali parametri atmosferici al suolo comprendeva: misure delle precipitazioni, della pressione barometrica, della forza e direzione dei venti, della temperatura, dell'umidità relativa, della insolazione e della condensazione; quindi di tutte le variazioni climatiche influenti sul regime dei ghiacciai. Nel periodo estivo funzionava al completo, sotto la sorveglianza della signorina Elisa Buzzi, figlia del proprietario dell'albergo, e nei mesi invernali restava limitato al solo barografo, anemografo, termografo e psicrografo⁴ ed affidato alla guida Evaristo Testorelli, di S. Caterina, che ogni otto giorni si recava all'osservatorio per le necessarie ispezioni e per il cambio delle carte diagrammate. Il panorama che ancor oggi si gode dal terrazzo dell'osservatorio è assolutamente impareggiabile. Lo sguardo si posa in un primo momento sul sottostante albergo e la sua caratteristica torre merlata, per poi sollevarsi e abbracciare l'intera valle dei Forni, ma assai più grandioso doveva essere lo spettacolo quando venne costruito l'osservatorio, con la colata glaciale dei Forni che giungeva a poca distanza da esso. Alcune immagini dell'epoca ben descrivono l'atmosfera che aleggiava in questa stupenda valle glaciale alpina (figg. 7 e 8). Ma torniamo alla cronistoria delle ricerche nel bacino del torrente Frodolfo. Tutte queste stazioni controllavano complessivamente una estensione di oltre 100 km² ricadenti nel bacino del Frodolfo. Le osservazioni dei deflussi ebbero inizio nel 1930 con l'impianto di una stazione per misure di portata, munita di stramazzo e controllata da un idrometrografo⁵, ubicata in prossimità dell'albergo Ghiacciaio dei Forni, circa 1 km a valle della bocca del ghiacciaio di quell'epoca⁶ (figg. 9 e 10). Nel 1922 era stata installata sul Frodolfo, a S. Caterina

METEOROLOGIA ALPINA

Valfurva, una stazione per il solo controllo delle altezze idrometriche, munita di idrometrografo (fig. 11). Le misure sistematiche delle portate ebbero praticamente inizio nel 1930. Nel 1931, al Ponte della Girella, in Val Cedè, venne installato un idrometrografo per separare i deflussi del torrente Cedè, da quelli del vero e proprio bacino glaciale dei Forni, in quanto non fu possibile costruire lo stramazzo di misura nelle imme-



Fig. 3 - L'osservatorio nel 1942.

Figg. 4, 5 e 6 - Rilievo inedito dell'osservatorio in scala 1:100, eseguito dallo scrivente in data 22 ottobre 1985.

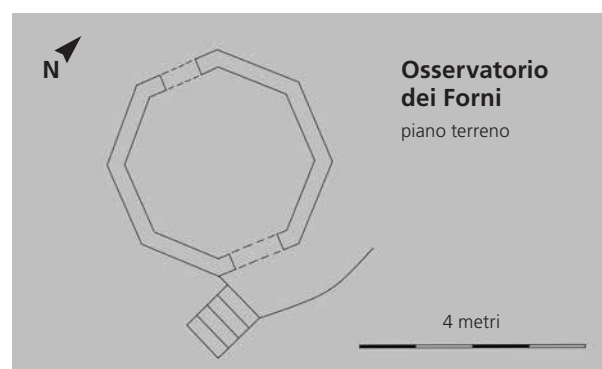
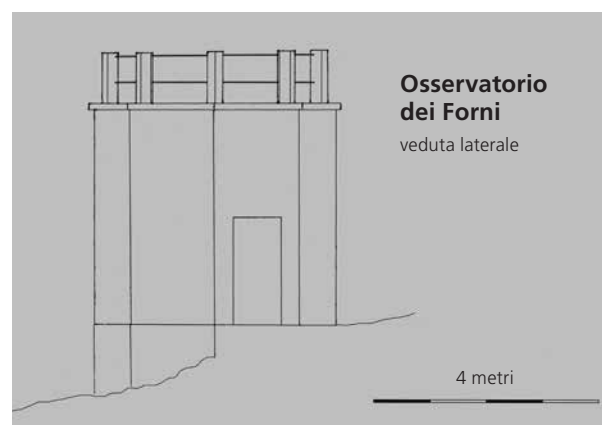


Fig. 7 - Panoramica sull'alta valle dei Forni negli Anni Trenta del secolo scorso.

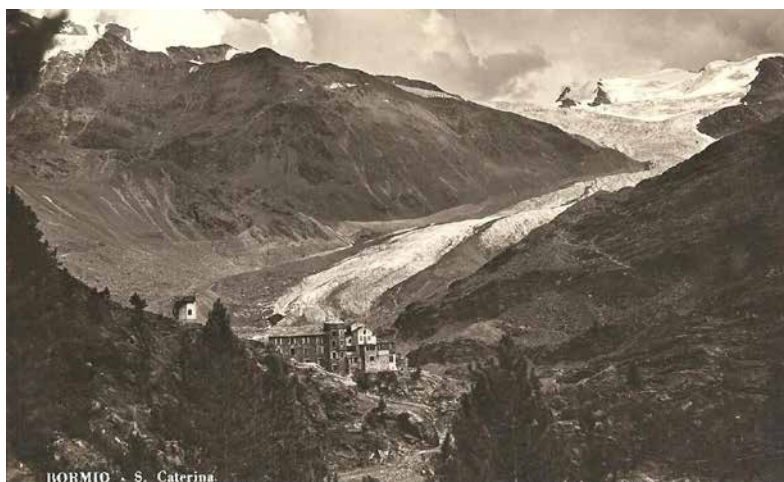


Fig. 8 - Cartolina viaggiata nel 1934. Panoramica sull'alta valle dei Forni. La lingua glaciale si protendeva a poca distanza dal Rifugio Ghiacciaio dei Forni e dall'osservatorio meteorologico.

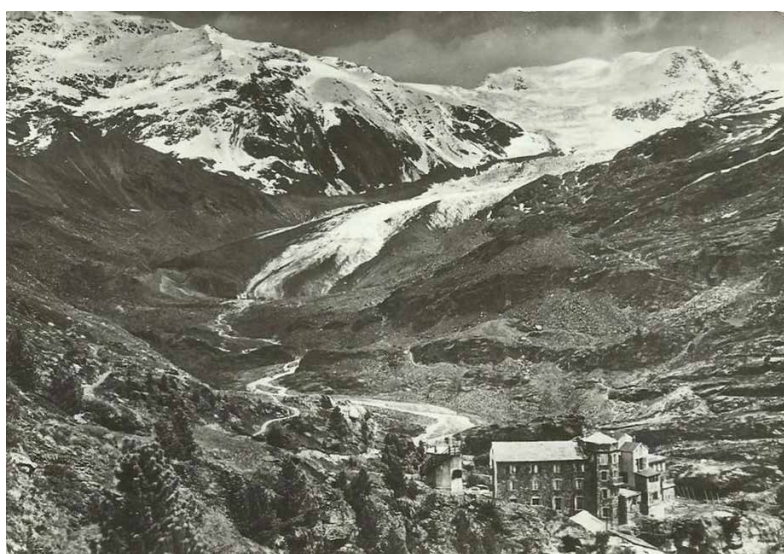


Fig. 9 - L'idrometrografo dei Forni.



diate vicinanze della bocca del ghiacciaio, ma circa 600 metri da questa, dopo la confluenza del torrente Cedè (fig 12). La cura di tutte queste apparecchiature, tranne l'osservatorio dei Forni, fu affidata già a partire dal 1921, a Filippo Testorelli. Nel 1936 vi subentra Evaristo Testorelli, che si prende in carico anche la gestione delle apparecchiature dell'osservatorio, in precedenza seguite da Elisa Buzzi. Pertanto le stazioni che controllavano il bacino del Frodolfo chiuso a S. Antonio Valfurva, erano nel 1930 le seguenti: pluviometro totalizzatore dell'Isola Persa, a 2790 m s.l.m., inizio delle osservazioni 1927; pluviometro totalizzatore di Capanna Cedè, a 2706 m s.l.m., inizio delle osservazioni 1928; pluviometro totalizzatore di Val Gavia, a 2600 m s.l.m., inizio osservazioni 1922; pluviometro totalizzatore dei Forni, a 2200 m s.l.m., inizio delle osservazioni 1922. Presso l'osservatorio dei Forni vi erano installati i seguenti strumenti: pluviografo, termografo, barografo, igrografo, attinografo⁷, eliografografo per misurare rispettivamente precipitazioni, temperatura, umidità relativa, soleggiamento e radiazione solare. Sulla sponda destra del torrente Frodolfo, al di sotto dell'albergo Ghiacciaio dei Forni, era presente una stazione per la misura delle portate con idrometrografo. Situata a 2150 metri di quota e con inizio delle osservazioni nel 1930. A S. Caterina Valfurva era presente una stazione di misura dotata di idrometrografo sulla sponda sinistra del torrente Frodolfo, subito a monte del ponte carrozzabile. Quota dello zero idrometrico a 1734 metri e inizio delle osservazioni nel 1922. Inoltre, a 1740 metri di quota, erano stati collocati i seguenti strumenti: pluviometro, pluviografo, termometro a massima e minima. A S. Antonio Valfurva era installato un pluviometro, a 1339 m s.l.m., inizio delle osservazioni nel 1924. I dati rilevati nell'intero bacino del Frodolfo, ma non solo, in quanto era sotto osservazione l'intero Bacino del Po, sono consultabili negli Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico del Po⁸.

Nel 1926 iniziarono le misure delle variazioni della massa glaciale, che per ragioni anche economiche, furono limitate al solo ghiacciaio dei Forni, propriamente detto, che, oltre essere il vero ed effettivo ghiacciaio tipo del gruppo, si prestava ad una chiara e precisa delimitazione e da solo raggiungeva il 60% dell'intera estensione glaciale a monte di S. Caterina. In un primo tempo, e cioè negli anni 1926-27-28, le misure vennero limitate al rilievo annuale della fronte e di quattro profili trasversali, seguenti in grosso modo le isoipse 2200, 2400, 2600, 3200 e rispetto al ghiacciaio così dislocati: due sulla lingua o dissipatore, il terzo lungo la linea di raccolta, il quarto e più alto, lungo la linea media del bacino alimentatore: tutti appoggiati ad opportuni capisaldi, posti sui roccioni fiancheggianti od emergenti sul ghiacciaio ed uniti da triangolazioni. Nel frattempo sull'intero bacino glaciale dei Forni venne stesa una fitta rete trigonometrica e nel 1929, resosi possibile l'acquisto degli apparecchi ed accessori relativi di organizzazione, venne iniziato il rilievo sistematico dell'intera superficie glaciale col metodo fotogrammetrico per avere la misura delle variazioni annuali e nel contempo, e per confronto, anche la conoscenza dei movimenti annuali della massa glaciale. Per l'esecuzione dei rilievi furono stabilite undici basi, collegate da una rete trigonometrica, dalle quali vennero prese circa centocinquanta fotografie che abbracciavano tutta la superficie del ghiacciaio. Ogni singola zona era fotografata dai due ponti fissi costituenti la base, in modo da ottenere il rilievo stereoscopico della zona. A mezzo di un apparecchio restitutore veniva disegnata la planimetria quotata, con curve di livello di cinque in cinque metri, dell'intera superficie glaciale compresa nel bacino chiuso allo stramazzo dei Forni (48,5 km²) (fig. 13). Furono eseguiti con cadenza annuale dal 1929 al 1937, sempre alla fine del mese di agosto, epoca nella quale il ghiacciaio presentava un minimo di ricoprimento nevoso e non erano ancora cadute le prime nevicate.

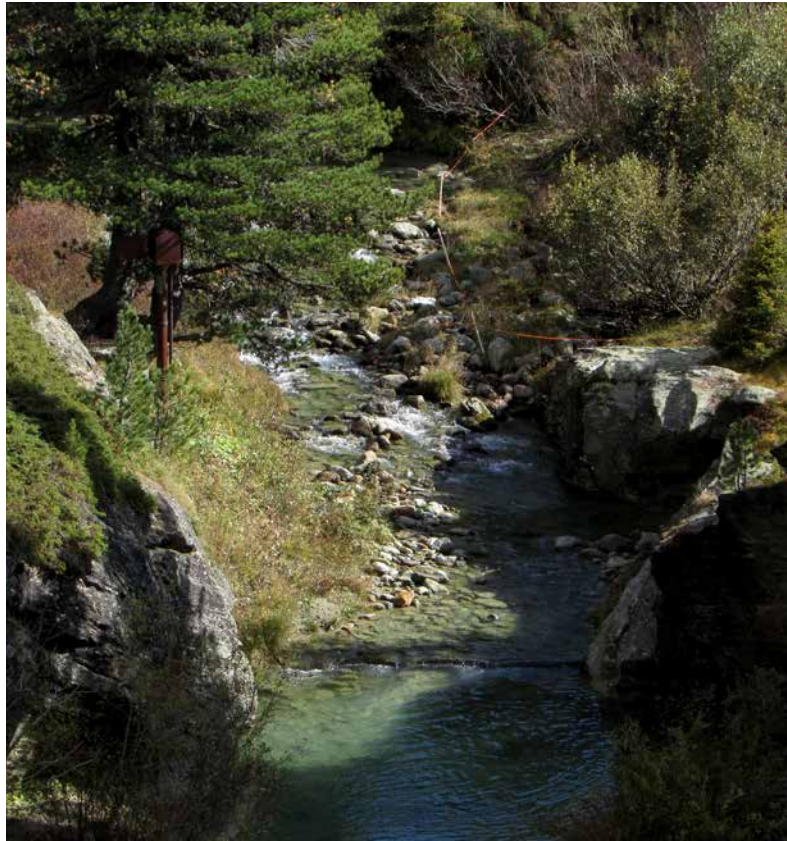


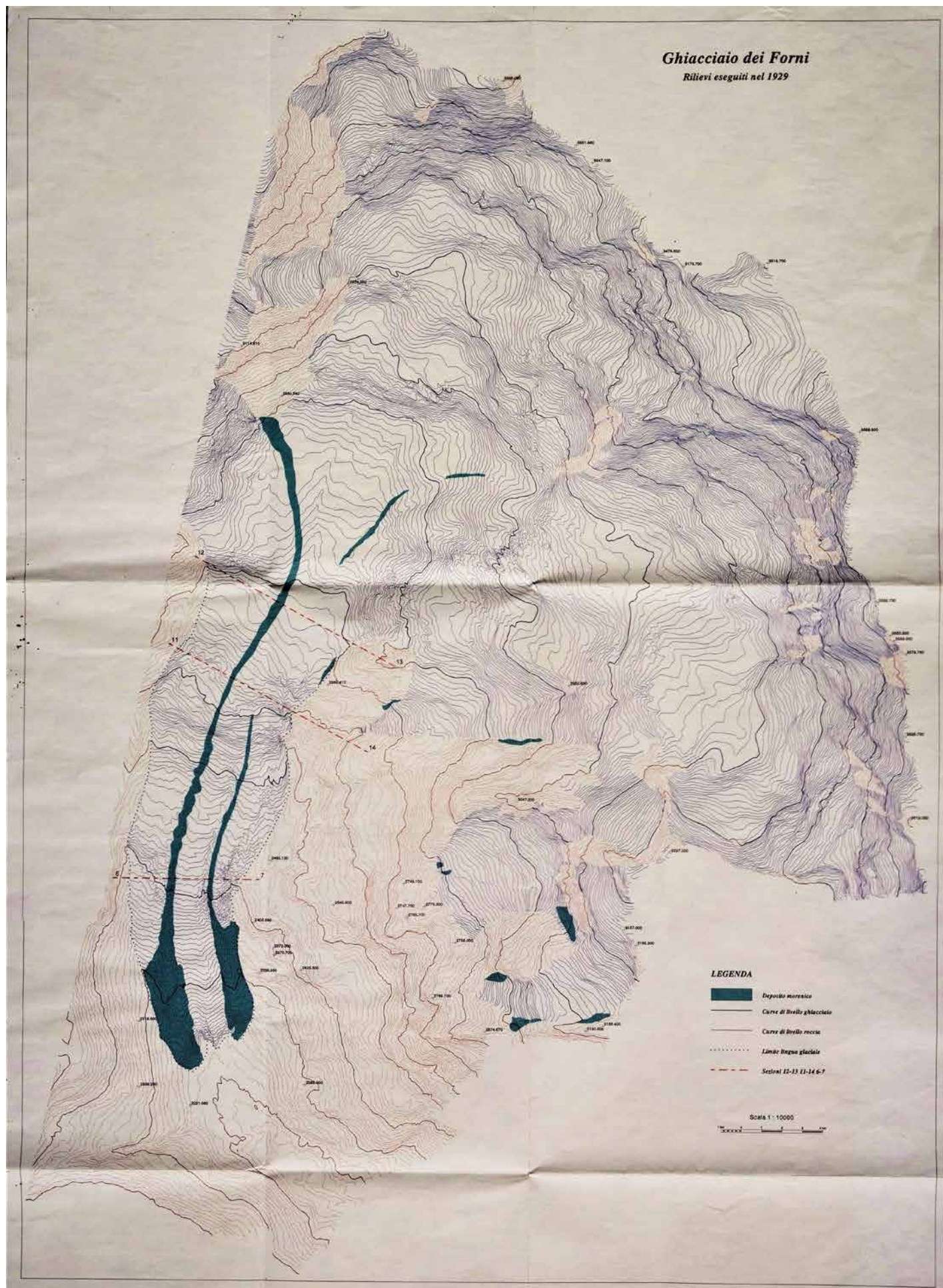
Fig. 10 - Stazione per misura delle portate del Frodolfo ai Forni. A sinistra si intravede l'apparecchio di registrazione costituito da un idrometrografo. Al centro dell'immagine si intuisce quel che rimane dello stramazzo che attraversava l'alveo del torrente.



Fig. 11 - La stazione idrografica di S. Caterina Valfurva in una cartolina viaggiata nel 1958. Ubicata presso la spalla sinistra del ponte, una scala consentiva l'accesso alla strumentazione.



Fig. 12 - Ubicazione delle stazioni di misura nei pressi del Rifugio Ghiacciaio dei Forni.



Dimostratosi eccessivo rispetto alla entità delle variazioni annuali riscontrate, venne deciso di ripeterlo con cadenza triennale. I rilievi fotogrammetrici, interrotti per ben 15 anni a causa degli eventi bellici, ripresero solo nell'ultima decade di agosto del 1953, ma si limitarono alla sola lingua glaciale per le sfavorevoli condizioni meteorologiche⁹ (fig. 14). Una prima relazione sui risultati delle indagini, relativa al periodo di avviamento dal 1926 al 1930, ad opera dell'ing. Giovanni Baronio, in quel tempo Direttore della Sezione Idrografica di Milano, venne pubblicato nel 1933 sul Bollettino n. 13, anno 1933, del Comitato Glaciologico Italiano. Nel 1937, il suo successore, ing. Giuseppe Merla, pubblicava negli Annali dei Lavori Pubblici, fasc. 12, una memoria che aggiornava al 1934 i dati precedentemente esposti. Infine ancora nel Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano n. 18, anno 1938, il Capo dell'Ufficio Idrografico del Po, Prof. ing. Marco Visentini, riprendendo le precedenti elaborazioni, espose, per periodi vari tutti chiusi al 1937, i principali risultati delle osservazioni eseguite, oltre che presso l'Osservatorio dei Forni e la stazione di S. Caterina Valfurva, anche presso tutte le altre stazioni ricadenti nel bacino dei Forni.

I dati esposti riguardano:

Osservatorio dei Forni:

- temperatura medie mensili ed annue per il periodo 1927 – 1937;
- direzione del vento e relativo numero di ore complessive nei mesi da maggio a settembre per il periodo dal 1928 al 1937, nonché frequenza in ore, velocità medie annue nelle due direzioni prevalenti (SW e NE), calcolate per gli otto anni del periodo suddetto durante i quali si ebbero osservazioni complete;
- valori medi mensili ed annui dell'umidità relativa per il periodo 1931 – 1937 e valore medio del quadrimestre estivo per i singoli anni del periodo suddetto;
- radiazione globale, in calorie gramma/cmq, decadica e mensile per il periodo 1934 – 1937, sia pure con qualche lacuna e qualche interpolazione;

- valori medi mensili ed annui, in mm effettivi, senza correzione, della pressione atmosferica per il periodo 1930 – 1937;
- valori medi mensili ed annui delle portate del torrente Frodolfo alla stazione dei Forni per il periodo 1930 – 1937.

Altre stazioni di osservazione:

- precipitazioni mensili, annue e medie per il periodo 1930 – 1937, ragguagliate sul ghiacciaio dei Forni, confrontate con quelle di S. Caterina Valfurva;
- valori medi mensili ed annui delle portate del torrente Frodolfo a S. Caterina Valfurva per il periodo 1930 – 1937;
- bilanci idrologici del torrente Frodolfo chiuso alla stazione dei Forni ed alla stazione di S. Caterina Valfurva. In base a tali bilanci l'Autore desume i rispettivi valori del contributo glaciale annuo, per ciascun anno¹⁰ del

periodo considerato (1930 – 1937). L'autore, dopo un quadro riassuntivo di tutte le osservazioni raccolte per il quadrimestre giugno – settembre del periodo considerato, espone alcune considerazioni sulle variazioni della massa glaciale.

Per ampliare l'area di indagine nel 1938, sul Palon de la Mare, a 3185 m s.l.m., venne installato un pluviometro totalizzatore. Negli Annali dei Lavori Pubblici del 1940, Filippo Eredia, fisico e meteorologo di fama mondiale, pubblicava un lavoro basato sull'analisi delle registrazioni anemologiche raccolte presso l'osservatorio mediante un anemografo Richard che funzionò regolarmente, tranne qualche inessenziale periodo d'interruzione, dal 1935 al 1939. Con l'entrata in guerra dell'Italia le ricerche rimasero sospese, pur tuttavia, anche se con ovvie limitazioni, si proseguì nella

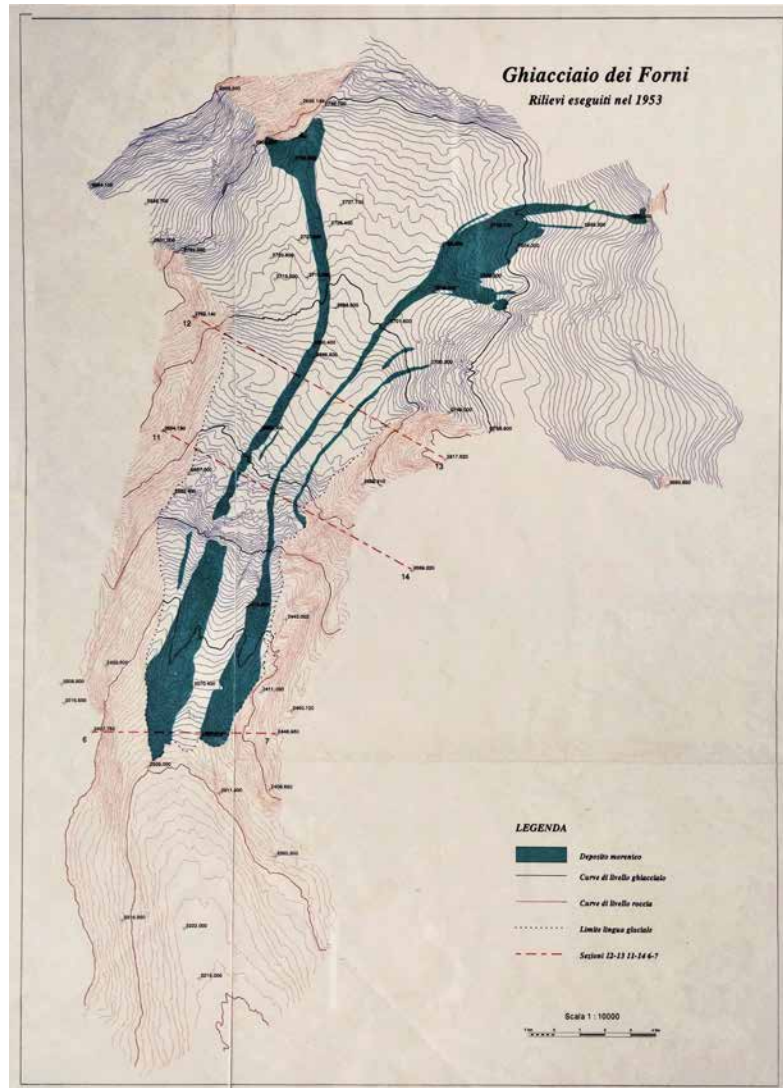


Fig. 14 - Rilievo stereofotogrammetrico eseguito nel 1953.

Nella pagina a fronte, fig. 13 - Rilievo stereofotogrammetrico eseguito nel 1929. La restituzione fotogrammetrica è parziale in quanto non è stato possibile reperire tutti i fogli del rilievo.



Fig. 15 - Il Rifugio Ghiacciaio dei Forni e la torre dell'osservatorio meteorologico in una cartolina viaggiata nel 1957.

raccolta dei dati meteorologici. In quegli anni presso le stazioni di S. Antonio Valfurva e S. Caterina Valfurva si sono avvicendati o affiancati i due osservatori più anziani, ovvero il Filippo Testorelli e il Sante Vitalini. Evaristo Testorelli proseguì la sua opera controllando le apparecchiature presenti nella Valle dei Forni.

Nel 1942 cessano le osservazioni presso l'osservatorio, e nel 1947 le osservazioni idrologiche presso le stazioni dell'albergo Ghiacciaio dei Forni e del Ponte della Girella e le osservazioni pluviometriche ai pluviometri totalizzatori, tranne quello dei Forni che venne controllato fino al 1949. Dopo una interruzione di circa 10 anni, nel 1951 riprendono le attività presso l'osservatorio grazie al contributo finanziario dell'ANIDEL (Associazione Nazionale Imprese Produttrici Di Energia Elettrica) ed all'intervento della Sezione di Milano dell'Ufficio Idrografico del Po, che si assunse l'onere del ripristino della torretta e dell'esecuzione delle osservazioni con proprio personale. Furono rimessi in funzione o impiantati ex-novo i seguenti apparecchi: barografo Salmoiraghi, igrografo SIAP, attinografo SIAP, pluviomivometro, barometro a mercurio

Fortin, termografo Salmoiraghi, eliografografo Salmoiraghi (fig. 15). Le ricerche ripresero solo nel 1953 e i risultati furono pubblicati in una nota dell'Ing. Capo dell'Ufficio Idrografico del Po, Dott. Ing. Francesco Abbadessa, sul Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano n. 6, Serie II, anno 1955. Nella suddetta nota, dopo una breve rassegna concernenti gli studi precedenti sulla meteorologica, idrologia e glaciologia della zona interessata, l'Autore confronta l'indagine fotogrammetrica del ghiacciaio realizzata nel 1953 con le indagini precedenti, ottenendo così il valore delle variazioni di superficie e volume della lingua glaciale, nonché il contributo glaciale della suddetta lingua. Inoltre, confrontando gli afflussi meteorici e i deflussi negli ultimi dieci anni di indagini, l'Autore ottiene il valore del suddetto contributo derivante esclusiva-

Legenda delle fonti

¹ Passato il momento pionieristico della scoperta del Gruppo Ortles-Cevedale, nella seconda metà dell'Ottocento viene ad affermarsi il turismo borghese che è contemporaneo alla nascita dell'alpinismo. Ciò venne favorito ed alimentato dalle mutate condizioni economiche e l'ascesa di un nuovo ceto dirigente, urbano che, a differenza della vecchia proprietà fondiaria, ha più tempo e soprattutto più soldi e quindi si può permettere di dedicare le proprie risorse a quello che nell'Ottocento si chiamava villeggiatura. E' in quest'ottica, "di sfruttamento turistico", che una benestante famiglia di Sondrio, i Buzzi, nel 1892, costruisce una pensione nella valle dei Forni, successivamente ampliata e trasformato in albergo per far fronte alle mutate esigenze della numerosa clientela che visitava la valle dei Forni e il suo ghiacciaio.

² È ben noto che la catena delle Alpi Orobiche, che separa l'alta Valtellina dalla valle Padana, depaupera i venti umidi che provengono dal Sud, talché si ha una piovosità media inferiore a 900 mm, e solo le parti più alte ed esposte, quali quelle del Gavia e dell'alto Viola, presentano piovosità di poco superiori ai 1000 mm, annui. I contributi specifici sono quindi piuttosto bassi, salvo quelli pertinenti alle zone coperte da ghiacciaio che danno un contributo apparente notevolmente superiore, intorno ai 1500 mm. Le portate dei torrenti Valtellinesi sono caratterizzate da una pronunciata concentrazione stagionale, e i deflussi

incominciano a diventare sensibili solo nella tarda primavera. Per poter quindi adattare le disponibilità idriche all'andamento della richiesta di energia, che presenta il massimo nella stagione invernale, l'impianto di Premadio venne concepito col nuovo serbatoio di Cancano che, in concorso all'esistente serbatoio di San Giacomo, fosse in grado di modulare l'intero diagramma della produzione idraulica di tutto il corso dell'Adda.

³ Termo - Pluviometrica.

⁴ Strumento atto a misurare l'umidità atmosferica.

⁵ Idrometro registratore (detto anche idrografo), generalmente costituito da un idrometro a galleggiante munito di un apparecchio registratore.

⁶ I resti di questa stazione di misura sono tuttora visibili. Vi si accede percorrendo la sterrata per la malga Salétina, dopo il ponte sul Frodolfo si piega a destra scendendo in direzione dell'alveo del torrente.

⁷ Strumento che registra l'intensità della "radiazione globale" cioè l'energia dovuta alla radiazione diretta del sole e a quella diffusa e riflessa dal cielo e dai sistemi nuvolosi, ricevuta da un elemento superficiale collocato orizzontalmente.

⁸ Gli annali idrologici, la cui pubblicazione sistematica è iniziata nel 1917,

contengono i dati provenienti dalle stazioni manuali dislocate sul territorio italiano e coordinate dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN). I dati pubblicati si riferiscono a stazioni dotate di pluviometro, termometro, nivometro, idrometro e freatimetro. Gli annali erano suddivisi in due parti; nella parte prima erano riportati i dati di precipitazione, neve al suolo e temperatura mentre nella seconda parte quelli di idrometria, portata e freatimetria. I dati venivano raccolti ogni giorno da un operatore alle 9 del mattino. La validazione e la pubblicazione dei dati avveniva secondo uno standard condiviso in modo che i risultati fossero confrontabili tra loro e le elaborazioni effettuate fossero il più possibile rispondenti alle necessità di coloro che dovevano effettuare studi idrografici. A partire dagli anni '80 si è assistito ad un progressivo rallentamento nella pubblicazione degli annali, che si è interrotta nel 1995.

⁹ Per un ulteriore approfondimento dell'argomento si consiglia la consultazione delle fonti bibliografiche riportate in calce al presente articolo.

¹⁰ Contributo glaciale, ossia la quantità d'acqua (litro) che può fornire nell'unità di tempo (sec) l'unità di superficie (km²) di ghiacciaio.

mente dalla ablazione della massa glaciale di tutto il ghiacciaio. In tale studio vengono presi in esame i dati relativi agli anni dal 1931 al 1940, trascurando i dati anteriori al 1931 perché poco omogenei e perché presentano la inevitabile incertezza dei primi tentativi (figg. 16 e 17). Con tale studio, si chiude per quanto riguarda i dati idrologici il vecchio periodo di osservazione, in esso vengono rielaborati dai diagrammi originali tutti i dati di osservazione. I valori ottenuti, meno qualche differenza inevitabile, concordano, per la parte comune, con quelli già pubblicati. L'Azienda Elettrica di Milano, in più occasioni, mise a disposizione mezzi e personale per rilievi idrografici collaborando con la Sezione Idrografica di Milano per la continuità e la completezza delle osservazioni in tutta la zona. Nel 1957 cessano le osservazioni presso

il pluviogramma di S. Antonio Valfurva, osservazioni che saranno riprese solo nel 1987 dallo scrivente. Nel 1960 cessano le osservazioni idrologiche alla stazione di S. Caterina Valfurva, ma continuano quelle di carattere meteorologico. Nei primi Anni Sessanta, con l'ultimazione dell'opera di presa sul torrente Frodolfo, ubicata subito a monte della stazione idrometrografica dell'albergo Ghiacciaio dei Forni, per convogliare le acque del Frodolfo al serbatoio artificiale di S. Giacomo, venne installato un idrometrografo per poter riprendere il controllo delle portate del torrente Frodolfo. Anche le osservazioni meteorologiche vennero proseguite dall'Azienda Elettrica di Milano, con l'installazione presso l'adiacente palazzina di nuove apparecchiature di misura. Termina di fatto l'epoca d'oro dell'osservatorio e nel successivo perio-

do di abbandono la struttura è andata incontro ad un progressivo degrado, l'azione congiunta degli agenti atmosferici, quelli stessi che per decenni aveva contribuito a misurare e studiare, l'hanno profondamente segnata. La famiglia Colturi, attuali gestori dell'albergo dei Forni, animati dalla meritoria volontà di recuperare l'osservatorio dalla attuale situazione di decadenza, in quanto il terreno su cui sorge ricade nella proprietà, tuttavia, hanno incontrato diverse difficoltà poiché la struttura dell'osservatorio è di proprietà demaniale.

Ringraziamenti

Un doveroso ringraziamento va a Narciso Salvadori, gestore del Rif. Ghiacciaio dei Forni, per la gentilezza dimostratami e per avermi concesso di riprodurre le cartoline d'epoca utilizzate nell'articolo.

Bibliografia ragionata

- ABBADESSA F. - Rilievi e indagini sul Ghiacciaio dei Forni. Boll. Comit. Glaciol. Ital., Serie II, 6, pp. 101-128, Torino, 1955.
- ALFIERI S. - Sulle oscillazioni diurne delle portate dei torrenti con bacini glaciali. Boll. Comit. Glaciol. Ital., Serie I, 18, pp. 59-63, Torino, 1938.
- ANNALI IDROLOGICI - Ministero dei lavori pubblici Servizio idrografico, Ufficio idrografico del Po, Sezione di Milano per la Lombardia - Anni 1917 - 1989.
- BARONIO G. - Indagini al Ghiacciaio dei Forni. Boll. Comit. Glaciol. Ital., Serie I, 13, pp. 125-140, Torino, 1933.
- DESIO A. (con la coll. di BELLONI S. e GIORGELLI A.) - I ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale. Comit. Glaciol. Ital., Torino, 1967.
- EREDIA F. - La variazione diurna del vento all'osservatorio del ghiacciaio dei Forni (Valtellina). Estratto degli Annali Lavori Pubblici, anno 1940, fasc. 11, 18 pp., Roma, 1940.
- MERLA G. - Nuove indagini al ghiacciaio dei Forni - Variazioni della massa glaciale. Annali Lavori Pubblici, anno 1937, fasc. 12, pp. 1005-1008, Roma, 1937.
- ROSSI G. - I ghiacciai italiani ed il loro potenziale idroelettrico. "Geogr. Fis. Dinam. Quat." Comit. Glaciol. Ital., 18, (2) 1995.
- VISENTINI M. - Indagini idrografiche al ghiacciaio dei Forni. Relazione sullo stato delle ricerche alla fine del 1937. Boll. Comit. Glaciol. Ital., Serie I, 18, pp. 39-58, Torino, 1938.

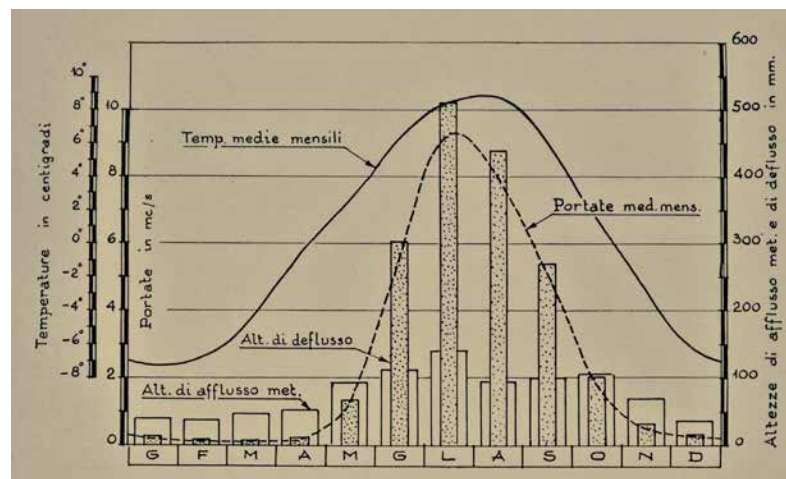


Fig. 16 - Torrente Frodolfo ai Forni - Anno medio 1931-40 - Andamento delle portate, delle altezze di afflusso meteorico e di deflusso e della temperatura dell'aria.

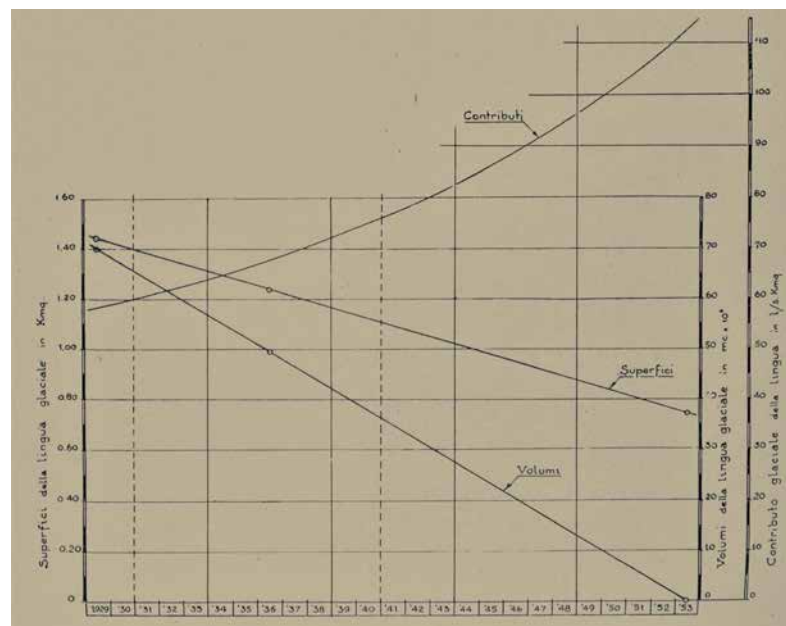


Fig. 17 - Superfici, volumi e contributi della lingua glaciale dal 1929 al 1953.

la SENTINELLA del CIELO OSSERVATORIO METEOROLOGICO dello STELVIO

*“È meglio dare un'occhiata alle
previsioni del tempo prima di
pregare per la pioggia”.*

[M. Twain, *More Maxims of Mark*, 1927]

Anna Lanfranchi

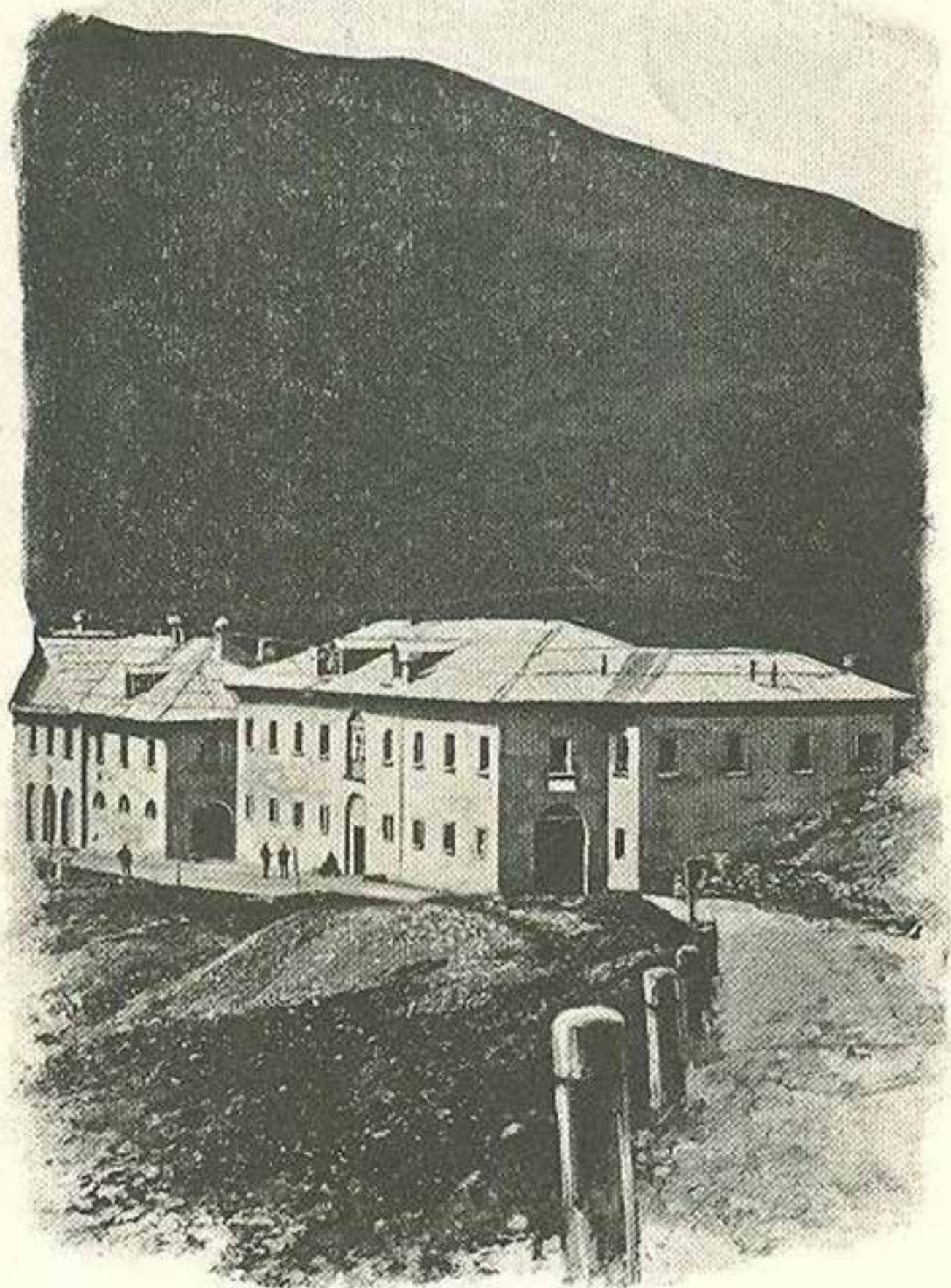
Centro Studi Storici Alta Valtellina (SO)
anna.lanfranchi@cmav.so.it

THE SKY WATCHER

The Stelvio meteorological station

From the second half of the 19th century, a meteorological station, among the highest in Italy, started its operation at the 4th roadman house of Stelvio. From that moment, the station regularly provided statistical data on the meteorological trends of that remote area. The first experiments of this kind were carried out by Austrians in the period between the first and second wars of Italian independence; then, on the initiative of father Secchi and father Denza, the true founders of modern meteorology, the Meteorological Observatory was officially inaugurated in September 1873 at the IV Cantoniera hotel; it was part of a systemic network of observatories Denza wanted to be installed in the Alps in close collaboration with CAI, the Italian Alpine Club. The opening ceremony in fact occurred in the framework of the 6th General Congress of CAI, which took place in Bormio between 30 August and 2 September 1873. The station was fitted with all the necessary equipment for measurements, which were collected at regular intervals by the roadman and then sent to Moncalieri, and it even housed a library available to visitors.

A partire dalla seconda metà dell'Ottocento alla IV Cantoniera dello Stelvio entrò in funzione un osservatorio meteorologico fra i più alti d'Italia, che forniva regolarmente dati statistici sull'andamento meteo di quella remota località. I primi esperimenti di questo genere furono fatti dagli Austriaci nel periodo tra la I e la II guerra di indipendenza; poi, su iniziativa di padre Secchi e di padre Denza, veri fondatori della moderna meteorologia, nel settembre 1873 venne ufficialmente inaugurato l'Osservatorio Meteorologico presso l'albergo IV Cantoniera. Esso faceva parte di una rete sistemica di osservatori che padre Denza aveva voluto istituire lungo le Alpi in stretta collaborazione con il Club Alpino Italiano ed infatti la cerimonia inaugurale avvenne nell'ambito del VI Congresso generale del CAI, che si svolse a Bormio tra il 30 agosto e il 2 settembre 1873. L'Osservatorio era fornito di tutti gli strumenti necessari per le rilevazioni, che venivano raccolte periodicamente a cura del custode della cantoniera e trasmesse sino a Moncalieri, e possedeva persino una biblioteca ad uso dei visitatori.



Quarta cantoniera dello Stelvio



Il 2 settembre del 1873 sullo Stelvio veniva inaugurato l'Osservatorio Meteorologico realizzato dalla sezione Valtellinese del CAI di Sondrio con in testa il suo presidente Luigi Torelli, già senatore del Regno¹. La nuova Stazione, in realtà, venne predisposta non esattamente al Giogo, bensì leggermente più a valle e cioè alla IV cantoniera collocata a 2543 metri slm, abitata tutto l'anno e gestita dall'allora cantoniere Leonardo Manfredi insieme alla famiglia: *è una vasto fabbricato a cui è annessa la Dogana. Vi si abita tutto l'anno. Una buona parte di esso è ridotto a comodo e pulito albergo, dove, specialmente nei mesi d'estate, havvi servizio inappuntabile. E suol essere allora assai frequentato essendo in questo ultimi anni moltissimi coloro che transitano per lo Stelvio. Parecchi vi passano anche alcuni giorni, è fra gli alberghi più alti d'Europa.*² La fondazione dell'Osservatorio Meteorologico nacque dall'impulso e dal genio di padre Francesco Denza,³ un barnabita appassionato di Meteorologia, che aveva promosso

la fondazione di piccole specole lungo tutte le principali località alpine ed appenniniche *destinate a vegliare senza posa sulle vicende meteoriche che si succedono nelle montagne.*⁴ Avvalendosi della collaborazione dei locali Club Alpini il Denza era riuscito a installare una serie di strutture per la rilevazione dei dati meteo, che venivano regolarmente trasmessi tramite un servizio post-telegrafico all'Osservatorio Reale di Moncalieri di cui egli stesso era direttore. Nel 1873 risultavano operative in tutta Italia ben 33 Stazioni, delle quali quella valtellinese era la seconda più elevata in assoluto, dietro solo all'Osservatorio di Col Valdobbia.⁵ L'anno successivo le Stazioni Meteorologiche aperte erano diventate 44 e nel 1879 giunsero addirittura a 87.⁶ La capillarità di questa opera si può spiegare solo con l'animo del suo ideatore: Padre Francesco Denza era un vero spirito illuminato, un precursore, un infaticabile propagatore di idee e di cultura, oltretutto un uomo dall'impressionante erudizione. Su impulso del suo

maestro e mentore Angelo Secchi,⁷ si dedicò agli studi geofisici ed impiantò nel Collegio di Moncalieri (nel quale insegnava) un primo Osservatorio. Sono anni di vivaci fermenti scientifici, che il Denza incarna in modo mirabile; le sue sperimentazioni lo portarono a creare una vera e propria rete di osservatori sparsi tra le catene montuose al fine di *studiare con agio le modificazioni che le vicine catene della alpi arrecano alle grandi burrasche che dal nord e dal centro Europa penetrano attraverso queste immense rocce nella nostra penisola.*⁸ L'Osservatorio dello Stelvio si inserì all'interno di questa rete nel 1873. Si trattava di qualcosa di nuovo e di unico, che entrava a far parte di un sistema scientificamente organizzato per il progresso della conoscenza; tuttavia vi fu probabilmente chi storse il naso di fronte a questa iniziativa, come ben sottolineato nel discorso inaugurale del senatore Torelli: *non illudiamoci e non solo converrà combattere colle difficoltà che presenta la natura, ma sopporta-*

re anche gli effetti dell'ignoranza degli uomini, delle masse incolte. Ai loro occhi *Meteorologia ed Astrologia è una cosa sola*. Insomma, quasi dei ciarlatani! Ciononostante la sezione Valtellinese aveva proseguito con il suo pieno appoggio al progetto, anche se ci sarebbe da indagare su quanta parte ebbe in tutto questo una mente aperta e una personalità forte come quella del conte Luigi Torelli, che dirigeva il neonato Ministero dell'Agricoltura e che sollecitò addirittura le nazioni confinanti per fare a gara *nel far recedere i mobili confini della scienza allargandone la sfera e aiutandosi a vicenda per fare conquiste comuni a beneficio di tutti*.⁹ Il Torelli, infatti, era uno strenuo sostenitore di quel progresso scientifico che – anche in chiave meteorologica – avrebbe potuto concorrere in modo efficace ed importante ai settori della vita del Paese tra i quali l'agricoltura e la navigazione marittima: infatti, *nelle considerazioni del ministro sull'opportunità di istituire una moderna rete di osservatori anche in Italia, sull'esempio delle nazioni europee più evolute, appare racchiuso il disegno di un primo servizio meteorologico governativo per il Paese. I suoi compiti dovevano essere la caratterizzazione meteo-climatica, su base scientifica, della Penisola e la formulazione di presagi (oggi previsioni) circa l'evoluzione del tempo*.¹⁰ Ed ecco perché il suo Dicastero emanò il 14 gennaio 1865 una circolare con la quale tutti coloro che in Italia si interessavano di meteorologia erano invitati a trasmettere ogni 10 giorni, alla Direzione della statistica, a Pavia, i dati raccolti dalle stazioni alle ore 9, alle 15 e alle 21.¹¹

Anche il celebre astronomo p. Angelo Secchi teneva l'Osservatorio dello Stelvio in grande considerazione, tanto che una sua raccomandazione presso il Ministero non cadde nel vuoto e la piccola specola alla IV cantoniera fu grazie a ciò dichiarata Osservatorio Internazionale¹² e come tale passò in carico alla Comitato della Meteorologia Italiana, sgravando il CAI Valtellinese di alcune spese di mantenimento tra cui quelle postali. Proprio

in quegli anni, infatti, il Parlamento italiano aveva approvato l'introduzione di una franchigia postale sulla corrispondenza, che rendeva assai oneroso l'invio delle relazioni periodiche e che aveva spinto il Torelli a perorarne la bocciatura, ben prevedendo le difficoltà cui sarebbero andati incontro gli oltre quaranta Osservatori e le circa duecento stazioni pluviometriche sparse per tutta l'Italia, che si avvalevano dell'opera del tutto gratuita di volontari: *Ora se oltre il servizio gratis tutte queste persone dovessero pagare giornalmente o per decade anche l'invio della relazione che mandano, ne verrebbe loro un aggravio non tenue e forse non pochi si rifiuterebbero, per cui l'istituzione cadrebbe*.¹³

Prima dell'Osservatorio Italiano – a onore del vero – era già stata innalzata sullo Stelvio da parte del viennese dr. Kreil un'analoga struttura che funzionò sin verso il 1859, quando la seconda guerra di indipendenza rese impossibile proseguire nella sua attività (soprattutto su un fronte impegnativo come quello dello Stelvio, a cavallo di tre nazioni, di cui due in perenne stato di belligeranza).¹⁴ L'idea del Torelli, pertanto, era stata di riprendere l'iniziativa abbandonata dagli austriaci e nel contempo cercare di riannodare i legami tra la Stazione italiana e quelle in territorio austriaco; idea che era stata subito sposata da Padre Denza, il quale era salito in ricognizione allo Stel-

vio il 1° agosto del 1873 in compagnia dello stesso Torelli, proprio per verificare la fattibilità. L'ipotesi di realizzare l'Osservatorio direttamente al Giogo venne subito scartata: vi esisteva sì una casa Cantoniera, ma essa rimaneva disabitata per molti mesi dell'anno, così si ripiegò sulla IV Cantoniera, che presentava evidenti vantaggi: una *posizione importante*, un locale *assai acconcio* e soprattutto il capo cantoniere già istruito perché – appunto – aveva effettuato le rilevazioni per conto dell'Istituto Meteorologico di Vienna dal 1849 al 1859.¹⁵ Il legame tra il barnabita e la sezione Valtellinese del Club Alpino Italiano fu foriero di altre buone iniziative. Anzitutto l'acquisto della strumentazione, effettuata dallo stesso Padre Denza con un contributo di 600 franchi che il Torelli riuscì a farsi assegnare dal Ministero dell'Agricoltura; fu così possibile dotare l'Osservatorio di: *Barometro Fortin completo, Psicrometro a ventilatore con termometri a mercurio in decimi di grado, Termometro in quinti di grado, Termografo a massimo a mercurio in quinti di grado, Termografo a minimo a mercurio in quinti di grado, Pluviometro o Nevometro, Atmidometro, Ozonometro, Anemoscopio, Nefoscopio*.¹⁶ Il conte Torelli vi installò anche una piccola biblioteca, *in modo che il Touriste sorpreso dal cattivo tempo trovi mezzo di passare qualche ora in amena lettura* ed ebbe

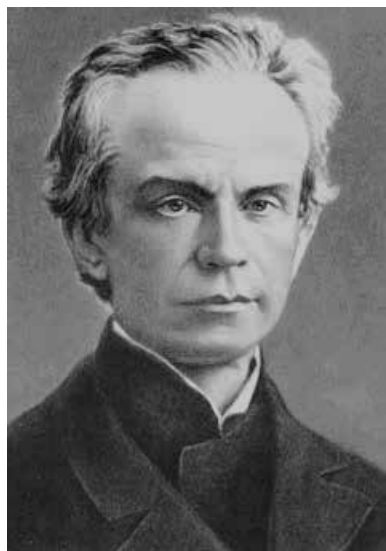


Il conte Luigi Torelli.



Luigi Torelli verso il 1866.

Ritratto di Padre Francesco Denza.



persino l'accortezza di raccogliarli in lingue diverse e di indicare su ciascuno il nome del donatore!¹⁷

Fu poi deciso che l'inaugurazione dell'Osservatorio formasse parte integrante del VI Congresso generale del CAI in programma a Bormio tra il 30 agosto e il 2 settembre 1873 e così avvenne che la giornata di martedì 2 settembre – malgrado la pioggia e la nebbia – fu consacrata alla cerimonia di apertura di questa piccola specola alpina, predisposta in poche settimane con tutto l'occorrente. Padre Denza si era recato il giorno precedente alla IV cantoniera

per preparare tutti gli strumenti: dalle sue parole possiamo intuire la verace passione di quest'uomo per la scienza meteorologica e la pena causata dal maltempo imminente, che minacciava di rovinare il programma: *Il cielo era piovoso, la stagione triste; e noi temevamo assai che le nubi, irritate e gelose pel nuovo spionaggio che su quelle elevate regioni si andava da noi a stabilire per isvelare ciò che avviene nel loro stesso seno, non volessero permettere il solenne battesimo*.¹⁸ Invece la colonna di alpinisti si mise in marcia verso la IV cantoniera, dove a mezzogiorno iniziò la funzione: circa 200 persone, tra le quali parecchie signore, parteciparono a questo evento, gremendo il piccolo albergo ed apprezzando l'operosità dei Manfredi, che iniziarono immediatamente le loro rilevazioni.¹⁹ Oltre al capocantoniere Leonardo, vi operavano anche i figli Luigi ed Emma; quest'ultima, in particolare, dovette appassionarsi parecchio a questa insolita attività poiché resta traccia di numerose lettere di chiarimenti da lei inviate a padre Denza, nelle quali vezzosamente si firmava *la piccola Osservatrice Emma*.²⁰

Furono giorni di esaltante euforia e per Bormio si trattò di *uno spettacolo nuovo che diede per alcuni giorni alle nostre montagne una vivacità che lascerà lunga e gradita impressione*. Le carrozze postali rigurgitavano di alpinisti, alcuni dei quali assai celebri, che si diedero appuntamento nella Magnifica Terra e ne riportarono a casa la convinzione di aver ricevuto un trattamento che più ospitale e cortese non avrebbe potuto essere: sono passati 150 anni, eppure la capacità di fare buon turismo dipende ancora e soprattutto dal garbo dei padroni di casa, oggi come allora...

Nell'accomiatarsi dalla Valtellina l'instancabile padre barnabita era riuscito ad organizzare una rete di Stazioni pluviometriche lungo tutta la valle dell'Adda, da Bormio a Colico;²¹ i dati raccolti da tutti i volontari, che lo stesso Denza si incaricava di ammaestrare, erano inviati al prof. Giuseppe Casati, dirigente del ga-

binetto di Fisica del R. Liceo di Sondrio nonché direttore dell'Osservatorio di Sondrio, il quale provvedeva poi a trasmetterli all'Osservatorio di Moncalieri. Padre Denza tornò allo Stelvio nel 1875, in previsione della stesura di una "Carta magnetica d'Italia" commissionatagli dal Governo, ed ancora nel 1876²² per l'inaugurazione di un'altra Stazione Meteorologica, sorta ai Bagni Nuovi di Bormio grazie alla generosità dei direttori Planta e Dosch, i quali vollero arricchire quel rinomato stabilimento di un gabinetto di meteorologia, affidato alla cura e alla direzione di Enrico Gritti.²³

Nel 1878 l'Osservatorio dello Stelvio fu al centro di una seconda cerimonia pubblica, allorquando venne intitolato ad Angelo Secchi, l'astronomo al quale il Denza era intimamente legato da amicizia e devozione filiale per esserne stato allievo. Più in generale si trattò di un atto di profonda gratitudine per colui che nello Stelvio aveva visto il *primo avamposto che la meteorologia d'Italia abbia al nord ed un simulacro della meteorologia di tutta Europa*; ora, quasi a contrappasso di tale benevolo interesse, lo straniero che entrerà in Italia per quell'alto e remoto passaggio, imbattendosi in quel primo luogo abitato, saluterà il nome immortale del Secchi!²⁴

Naturalmente il CAI si incaricò di organizzare l'evento che – sebbene senza alcuna pretesa di sfarzo o solennità²⁵ – si sperava partecipato per rendere onore al rinomato studioso. Il 15 agosto, dunque, una nuova comitiva di persone – chi in carrozza, chi a piedi – solcava la strada del Donegani diretta alla IV cantoniera, dove alle 11 era prevista la commemorazione. Sulle note della banda di Bormio una bianca lapide intitolata al defunto venne murata sulla parete della casa, mentre all'interno dell'osservatorio si collocava un'altra sua effigie di gesso²⁶ opera di Salvatore Pisani.²⁷ Ai piedi dello Stelvio, tutte le persone accorse si ritrovarono unite da un sentimento di fratellanza e di concordia, che la maestosità del paesaggio rendeva ancor più sublimi enfatizzando negli animi la sensazione di

trovarsi di fronte a qualcosa di unico: *chi non ha ancor veduto lo Stelvio, non perda tempo ma salga a visitarlo. Sarà stanco, ma benedirà cento volte quella cara fatica che gli farà provare emozioni le quali sulla bassa terra non avrà gustato, e che nessun poeta, nessun forbito scrittore*

non saprà descrivere, non ha mai descritto, non descriverà giammai. Parole che potrebbero essere state scritte oggi per tutti i visitatori che – in diversi modi – scelgono transitare per il Giogo.

Negli anni successivi l'Osservatorio inviò i dati rilevati mensilmente sull'anda-

Elenco delle stazioni meteorologiche tratto dal Bollettino CAI del 1874.

Le Stazioni meteorologiche 365
ELENCO delle Stazioni italiane della Corrispondenza meteorologica alpina ed appennina al cominciare dell'anno meteorico 1873-74.

N. d'ordine	STAZIONI	ALTITUDINE	DIRETTORI
1	Stelvio	2,543 ^m	Signor Leonardo Manfredi.
2	Tolmezzo	324 ^m	Professore Giovanni Marinelli.
3	Sempione	2,010 ^m	R. P. Frossard.
4	Belluno	404 ^m	Nobile D. Antonio Fulcis.
5	Domodossola	306 ^m	R. D. Giuseppe Calza.
6	Pallanza	218 ^m	Ingegnere Modesto Buccelli.
7	Levo	596 ^m	R. D. Pietro Ravelli.
8	Gran S. Bernardo .	2,478 ^m	R. P. Bruchez.
9	Col di Valdobbia .	2,548 ^m	R. D. Domenico Mongini.
10	Varallo	465 ^m	Cav. prof. Pietro Calderini.
11	Aosta	600 ^m	Canonico G. B. Boson.
12	Serravalle-Seisia . .	350 ^m	Cavaliere Pietro Avondo.
13	Piccolo S. Bernardo	2,160 ^m	Cavaliere Pietro abate Chanoux.
14	Cogne	1,543 ^m	Abate Giovanni Carrel.
15	Biella	434 ^m	Ingegnere Gavosto.
16	Ivrea	289 ^m	Canonico Grossi.
17	Lodi	85 ^m	R. P. Galli.
18	Vigevano	115 ^m	Professore Carlo Panelli.
19	Vercelli	150 ^m	Dottore Pietro De Gaudenzi.
20	Casale	120 ^m	Colonnello Sartoris.
21	Susa	511 ^m	Signor Ettore Chiapussi.
22	Sacra San Michele .	960 ^m	R. D. Giuseppe Burdet.
23	Piacenza	72 ^m	Signor Giovanni Mansi.
24	Moncalieri	259 ^m	R. P. Francesco Denza.
25	Alessandria	97 ^m	Canonico cav. Pietro Parnisetti.
26	Volpeglino	238 ^m	Cavaliere D. Pietro Maggi.
27	Pinerolo	386 ^m	Professore G. B. Zanda.
28	Crissolo	1,390 ^m	R. D. Giacomo Lantermio.
29	Bra	316 ^m	Professore Federico Craveri.
30	Saluzzo	428 ^m	Rev ^{mo} monsignor Gabriele Grioglio.
31	Casteldelfino	1,310 ^m	R. D. Carlo Gallian.
32	Mondovì	556 ^m	Professore D. Carlo Bruno.
33	Alvernia	1,116 ^m	R. P. Cristoforo Da Verghereto.



In alto, la IV casa cantoniera, ove era ubicato l'Osservatorio (foto dello scrittore Giovanni Verga, 1893) e sotto ai giorni nostri.

"Stradini" in posa: al centro, con il cappello, si riconosce Giacinto Massimino Manfredi, il nipote di Leonardo Manfredi cantoniere alla IV dello Stelvio (foto concessa dal Maria Manfredi, nipote di Giacinto).



mento meteo; a volte questi venivano resi pubblici sulle testate locale tramite appositi Bollettini Meteo, di cui padre Denza fu un vero pioniere. Esisteva, a tal proposito, un vero e proprio ordinamento da seguire nelle osservazioni e nella forma delle pubblicazioni periodiche: una circolare ministeriale del marzo 1878, infatti, rivela che tutti gli Osservatori del Regno erano stati oggetto di ispezione e che in seguito a ciò si reputava utile fissare alcune norme. Tra queste, ad esempio, la necessità – banale eppure fondamentale – di tenere gli strumenti di rilevazione *tutti esposti in eguali condizioni rispetto all'ambiente*, o ancora l'obbligo di tenere scoperto l'evaporimetro e di collocarlo lontano dallo psicrometro *onde l'acqua evaporata non alteri sensibilmente lo stato igrometrico dell'aria intorno al termometro bagnato*.²⁸ Anche la compilazione dei dati era soggetta a una metodologia precisa, ma non sappiamo quanto fosse rispettata, soprattutto nei piccoli osservatori di montagna come doveva essere quello dello Stelvio.²⁹ Ad ogni modo, dai Bollettini compilati in Alta Valle veniamo a conoscenza di interessanti informazioni; ad esempio sappiamo che tra l'ultima decade di dicembre e la prima di gennaio 1887 allo Stelvio furono misurati 87 cm di neve e la temperatura minima raggiunta fu di $-24,02^{\circ}$: *Da questo prospetto risulta come la quantità di neve caduta non è punto insolita, siccome non è neanche straordinaria la minima temperatura osservata e siamo ben lontani dai freddi del 1879-80 e dalle nevicate del gennaio 1885, in cui appunto caddero quelle enormi e numerose valanghe che arrecarono tanti disastri di case e di persone. Di valanghe non se ne sono avute che nella strada dello Stelvio, nei monti del Bergamasco ed in qualche altra località*. Per il mese di febbraio 1890, invece, i Bollettini ci informano che non si ebbero nevicate, che *i giorni sereni furono 18, i quasi sereni 3, i quasi coperti 4 e i coperti 3* e che il termometro segnò la minima di $-26,9^{\circ}$. Alcuni Bollettini si limitavano al resoconto mensile, altri ragguaglia-

vano su ampie porzioni di tempo, come accadde con il *Riassunto delle osservazioni meteorologiche a Bormio negli anni 1895 sino e compreso il 1903 (escluso il 1901)*, che conteneva la "Media di otto anni" della temperatura minima e massima, dell'umidità, dei giorni sereni, dei giorni misti e dei giorni coperti, nonché la media dei giorni più freddi, dei giorni di pioggia, di neve e dei giorni senza umidità ed infine anche la media dei giorni con e senza nebbia!³⁰ Il Bollettino così concludeva: *Da questi dati si può desumere che il clima invernale di Bormio è sano, il che lo rende particolarmente favorevole per gli sport invernali giacché da dicembre sino in aprile si può utilizzare il ghiaccio per il pattinaggio e probabilmente pure costruire i Runs per le corse di slitte. Da questi fatti deriva una base solida per la stagione invernale per Bormio, in quanto oggi viene sempre più riconosciuto che il clima invernale delle regioni alpine è assai utile per gente debole, convalescente, anemica, nervosa ecc. e che la cura del clima invernale alpestre, combinata cogli sports, è di grande importanza.* Ultima stupefacente annotazione, che in questi nostri asciu-

ti inverni risuona quasi come qualcosa di inverosimile: *Neve caduta, dalla fine di settembre al 31 dicembre, metri 7.40.* Anche il Donegani riportò qualche annotazione meteorologica sulla strada dello Stelvio, desunta in parte dalle rilevazioni meteo effettuate dagli Austriaci alla IV cantoniera nella prima metà dell'Ottocento.³¹ L'archivio comunale di Bormio conserva anche il registro dell'Osservatorio Meteorologico dei Bagni di Bormio con le rilevazioni effettuate tra il 1893 e il 1905. Dalla lettura si può tranquillamente affermare che i fenomeni temporaleschi molto violenti accadevano anche in quell'epoca, dal momento che questi venivano regolarmente annotati, così come fu rilevata anche una forte scossa di terremoto il giorno 4 settembre 1897 alle ore 3.40. Altri dati interessanti: la temperatura massima di 31° registrata il 3 luglio 1905; l'agosto freddissimo del 1894, con una media di 8.7° nella I decade, di 7.51 nella II decade e addirittura 11,8° nella III decade; il caldo ottobre 1896, con 15,5° di massima e l'altrettanto caldo novembre del 1897, con una media di 15,7° di massima registrata nella II decade; il termometro

segnò anche temperature decisamente fuori misura anche il 30 giugno 1897, con 28,8° di massima, o il ferragosto del 1903, quando il termometro segnò 4,4 di minima per due giorni di fila, o ancora il 3 ottobre 1902 con 19,6° di massima, per concludere con *l'orribile primavera* del 1902: a maggio per sei giorni la minima andò sotto lo zero termico e la temperatura media minima fu di 3,4° nella prima decade, così come a giugno le temperature minime oscillarono tra i 2° e gli 8°...possiamo ben affermare, quindi, che gli sbalzi di clima non siano affatto una novità del mondo moderno!

IN PROVINCIA

(Nostra corrispondenza)

Osservatorio dello Stelvio
1° febbraio.

Il mese di Gennaio allo Stelvio.

Giorni perfettamente sereni 17, quasi sereni 7, coperti 2, quasi coperti 5. Vento dominante Nord Est. La temperatura del mese fu rigidissima nella 1ª decade; la minima segnava centigradi 21.3 sotto zero il giorno 9, 25.6 il giorno 10 e 20.3 il giorno 11.

Dogana.

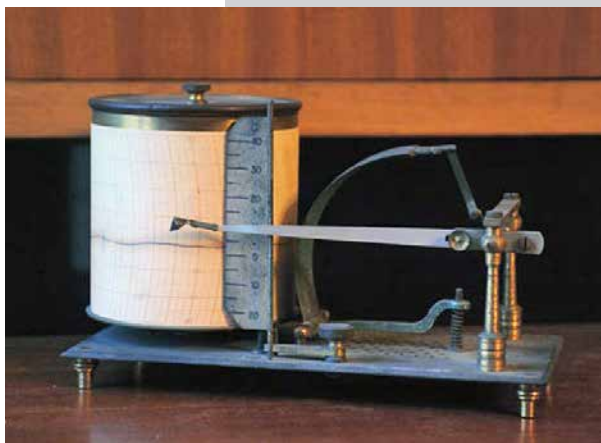
Uscirono dallo Stato: Ettolitri 114 di vino e 112 sacchi tra castagno, farina e riso.

GIORNI	VENTO						STATO DEL CIELO												OZONO		PIOGGIA		GIORNI									
	E. est.		S. pom.		S. pom.		9 ant.			3 pom.			9 pom.			MEDI	Nette	Giorno	Quant. in millim.	Durata in ore	Altezza in metri	S. ant.										
	Direz.		Direz.		Direz.		NUVOLA		METEORE	NUVOLA		METEORE	NUVOLA		METEORE																	
	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.		Quant.	Qualit.		Quant.	Qualit.	Quant.									Qualit.	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.	Quant.	Qualit.		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	S	4	M	8	M												1							
2	0	0	0	0	0	0	0	0	M	8	M	10	M												2							
3	0	0	0	0	0	0	0	0	N	10	N	10	N												3							
4	0	0	0	0	0	0	0	0	N	10	N	8	M												4							
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												5							
6	0	0	0	0	0	0	0	0	S	8	S	6	S												6							
7	0	0	0	0	0	0	0	0	S	4	S	4	N												7							
8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	N	8	S	8	M											8							
9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	M	8	M	8	M											9							
10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	N	10	N	10	N											10							

Osservazione: Alle ore 3 e 40^{min.} il giorno 4 un scosso terremoto forte

Articolo tratto da
La Valtellina del 8
febbraio 1896.

Pagina del Registro
dell'Osservatorio
Meteorologico dei
Bagni di Bormio
relativo alla
prima decade del
settembre 1897.



Barometro utilizzato nell'Osservatorio Meteorologico dell'Accademia Olimpica di Vicenza tra fine Ottocento e inizio Novecento.

Legenda delle fonti

Laddove non specificato le citazioni si riferiscono ad articoli di giornali dell'epoca consultati presso la Biblioteca Civica Pio Rajna di Sondrio

- ¹ Luigi Torelli (1810 – 1887) fu uno dei più importanti uomini politici italiani, che ebbe molta parte in tutte le vicende del Risorgimento (suo il famoso gesto di issare il tricolore sulla Madonnina del Duomo di Milano durante le Cinque Giornate del 1848) ed anche dopo l'unificazione d'Italia (eletto due volte ministro di agricoltura e commercio e nominato Prefetto di importanti città italiane). Fece sentire il suo peso anche in Valtellina, dove fu Governatore dal 1859 al 1861. Uomo coltissimo in molte discipline, ci ha lasciato trattati e disquisizioni che delineano con estrema chiarezza i problemi dell'Italia e della Valtellina dell'epoca.
- ² Guida alla Valtellina ed alle sue acque minerali pubblicata per cura del Club Alpino Italiano Sezione Valtellinese, II edizione 1884, rist. an. 1987, p. 352.
- ³ Francesco Maria Denza (1834 – 1894) fu uno dei più brillanti scienziati ottocenteschi, sebbene il suo nome sia oggi sconosciuto ai più. Grande studioso dei fenomeni meteorologici, egli può essere considerato uno dei padri fondatori della meteorologia italiana, alla quale dedicò tutta la sua vita. Al Collegio Reale di Moncalieri, di cui fu docente, creò un primo laboratorio meteorologico, che da lì in avanti diventò il punto di riferimento per tutte le sperimentazioni ed osservazioni in campo meteorologico. Fondatore della Società Meteorologica Italiana, Direttore della Specola Vaticana e dell'Osservatorio di Moncalieri, rappresentante di alcune società alpinistiche e membro di oltre cento accademie italiane ed estere. Per approfondire la sua figura si veda il contributo di P. DOMENICO FRIGERIO – G. DI NAPOLI – L. MERCALLI, "Nimbus" n. 5 (1994), pp. 11-20, tratto dal sito <http://www.nimbus.it/articoli/anticasmi.htm>.
- ⁴ Bollettino del CAI, Torino 1874, p. 324.
- ⁵ Nell'elenco pubblicato sul Bollettino del CAI l'Osservatorio dello Stelvio risulta posizionato a 2543 m s.l.m., mentre quello del Colle di Valdobbio a 2548 m s.l.m., anche se dalle attuali misurazioni il Colle di Valdobbio viene indicato a quota 2480.
- ⁶ In questo elenco viene menzionata anche la Stazione Meteorologica di Bormio, presumibilmente eretta ai Bagni Nuovi.
- ⁷ Il gesuita Angelo Secchi (1818 – 1878) fu uno dei più importanti astrofisici della storia ed è considerato uno dei fondatori della meteorologia italiana. Conduceva le sue ricerche dall'Osservatorio da lui creato all'interno del Collegio Romano, di cui era direttore e dal quale pubblicava regolarmente dei Bollettini Meteorologici. www.gesuiti.it
- ⁸ P. DOMENICO FRIGERIO – G. DI NAPOLI – L. MERCALLI, "Nimbus" cit.
- ⁹ Discorso di inaugurazione dell'Osservatorio dello Stelvio.
- ¹⁰ L. IAFRATE, Verso un ufficio meteorologico centrale anche in Italia, in <http://cma.entecra.it/PreScen/Italiauff2.htm>.
- ¹¹ L. IAFRATE, cit.
- ¹² Alcune singole stazioni di montagna, infatti, erano state dichiarate di interesse generale per la meteorologia mondiale ed entrarono a far parte di una rete meteorologica internazionale. Oltre allo Stelvio vi erano compresi anche l'Osservatorio del colle di Valdobbio e del Piccolo San Bernardo. M.S. DE ROSSI, *Bullettino del vulcanismo italiano*, anno V, fasc. I-V (gennaio-maggio 1878).
- ¹³ In effetti nel maggio 1873 il Ministero dell'Agricoltura e Commercio comunicò che *in seguito ad accordi presi tra questo Ministero e quello dei Lavori Pubblici è stata concessa la Franchigia postale a favore degli Osservatorii meteorologici per le corrispondenze che occorresse scambiare tra loro, precisando però che tale esenzione era limitata ai pieghi e lettere sotto fascia, che abbiano l'indirizzo all'Osservatorio meteorologico destinatario non al nome della persona che lo dirige e la cui fascia sia munita del bollo dell'Osservatorio mittente*. Si veda *Epistolario meteorologico*. Craveri, Denza e altri a cura di E. MOLINARO, Associazione Naturalistica Piemontese, Memorie vol. IV (1995), p. 75-76.
- ¹⁴ Giovanni Donegani precisa: *Alla quarta Casa cantoniera situata al giogo di Santa Maria, si tenne esatta nota delle principali variazioni atmosferiche col termometro di Réaumur, posto a tramontana pel corso del decennio dall'anno 1824 al 1833 inclusivo*. G. DONEGANI, *Guida allo Stelvio*, ristampa dell'edizione del 1842, pp. 43 e 44.
- ¹⁵ Bollettino del CAI, Torino 1874, p. 341.
- ¹⁶ Bollettino del CAI, Torino 1874, pp. 340-343.
- ¹⁷ Dagli articoli di giornali si evince che all'interno dell'Osservatorio vi fossero le opere di p. Angelo Secchi ed inoltre numerose pubblicazioni in rapporto alla Meteorologia fatte dal Ministero d'Agricoltura Industria e Commercio e dal medesimo donate a tale scopo, tra cui l'intera raccolta degli Atti della Meteorologia Italiana (20 volumi). Vi erano

probabilmente anche opuscoli donati da padre Denza, al quale il Torelli si era rivolto per chiedere qualche duplicato di opuscolo da regalare all'Osservatorio, siccome avviene talvolta che i viaggiatori rimangano colà sequestrati dal tempo Archivio SMI, www.nimbus.it.

¹⁸ Bollettino del CAI, Torino 1874, p. 343.

¹⁹ Così scrisse Padre Denza a padre Secchi proprio durante i giorni di permanenza all'osservatorio dello Stelvio: *L'Osservatorio dello Stelvio è già bene organizzato e le osservazioni sono incominciate (...) ieraltro nevicava lassù; il minimo termometrico era più 0,8°, il barometro segnava 567 mm.* Testo inedito gentilmente messo a disposizione dal dr. Daniele Cat Berro della SMI Società Meteorologica Italiana Onlus, in Archivio SMI, www.nimbus.it.

²⁰ Archivio SMI, www.nimbus.it.

²¹ Quella di Bormio fu affidata all'arciprete Tommaso Valenti. Quella termo-pluviometrica di Tirano all'ingegnere Luigi Andres. Bollettino del CAI, Torino 1874, p. 343. Anche all'interno del complesso sanatoriale Morelli esisteva un osservatorio meteorologico (cfr. in questo stesso volume G. MENINI, *L'aria pura e i sanatori di Sondalo*).

²² La data del 1876 resta dubbiosa. Infatti ho reperito due informazioni contraddittorie circa l'anno di inaugurazione dell'osservatorio ai Bagni: un articolo di padre Denza pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale riporta il 1876, una sua corrispondenza con il custode Gritti, invece, anticipava di due anni l'apertura di questo gabinetto meteorologico. Si confronti Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia n. 166 (1876, martedì 18 luglio) e l'Archivio SMI, www.nimbus.it.

²³ Una corrispondenza del Gritti a padre Denza ci informa che l'Osservatorio meteorologico ai Bagni Nuovi di Bormio constava di: 1° *raccoglitore col suo vaso cilindrico e col suo imbuto di forma circolare in ottimo stato*; 2° *misuratore di vetro*; 3° *istruzioni a stampa per le osservazioni pluviometriche*; 4° *n. 10 tabelle mensili per le registrazioni delle osservazioni*. Archivio SMI, www.nimbus.it

²⁴ M.S. DE ROSSI, *Bullettino del vulcanismo italiana*, anno V, fasc. I-V (gennaio-maggio 1878).

²⁵ Il Torelli, molto assennatamente, affermava: *Alla mancanza di fasto da parte nostra supplirà la natura colla imponente grandiosità.*

²⁶ La scultura in gesso fu poi riprodotta in marmo a spese del Presidente del CAI conte Luigi Torelli.

²⁷ Salvatore Pisani (1859 – 1920), originario della Calabria, era all'epoca studente di scultura a Brera e da due anni nostro caro ospite in autunno presso il comm. Torelli, che ne fu mecenate e protettore. Molte delle sue opere si ritrovano nei cimiteri di Sondrio, Tirano, Chiavenna e Morbegno; è suo il monumento ai Caduti del Risorgimento in piazza della stazione a Sondrio, quello di Emilio Visconti Venosta nel Municipio di Grosio, di Romualdo Bonfadini nella sala del Consiglio provinciale e i busti dei fratelli Visconti Venosta conservati nella villa-museo di Grosio. Non pochi suoi lavori sono conservati in collezioni private. Fonte: www.altareziainews.it.

²⁸ Queste le raccomandazioni inserite nella circolare del Ministero: 1. *L'evaporimetro si dovrà tenere sempre scoperto e collocato nella finestra meteorica, dove stanno i termografi e lo psicometro, onde l'acqua evaporata non alteri sensibilmente lo stato igrometrico dell'aria intorno al termometro bagnato. Ove la finestra meteorica fosse piccola in modo che la troppa vicinanza dell'evaporimetro potesse nuocere all'esattezza delle osservazioni psicometriche, converrà collocare l'evaporimetro in altra finestra vicina alla prima ed egualmente esposta*; 2. *Ove non vi sia un termometro apposito per la temperatura dell'aria, il termometro asciutto dello psicometro si leggerà prima di dar moto al ventilatore ed all'ora prescritta per l'osservazione; e questa lettura si noterà nella colonna intestata Temperatura dell'aria. Si leggeranno poi entrambi i termometri durante la ventilazione, onde avere i dati necessari per calcolare lo stato igrometrico*; 3. *Tutte le osservazioni si registreranno nella apposita scheda precisamente come si praticava prima della ispezione; cosicchè i dati forniti da ciascun osservatorio siano sempre comparabili esattamente con quelli degli anni precedenti.* Altre prescrizioni suggerivano la costruzione di una gabbia a persiane davanti alla finestra meteorica, ampia e rivolta al nord, nella quale possano essere convenientemente collocati gli apparecchi destinati ad indicare la temperatura e l'umidità dell'aria. Si veda *Epistolario meteorologico*. Craveri, Denza e altri a cura di E. MOLINARO, Associazione Naturalistica Piemontese, Memorie vol. IV (1995), p. 103-104.

²⁹ **AVVERTENZE SUL MODO DI SCRIVERE LE OSSERVAZIONI SULLE SCHEDE.** 1° *Si procuri d'indicare sempre, il più esattamente che è possibile, il tempo in cui è avvenuto il*

fatto, indicando, se si può, l'ora del principio, della fine ed anche la durata. 2. *Dei temporali si accenni se furon accompagnati da lampi, da pioggia, da tuono e da grandine, indicare, nel caso di grandine, qual parte del Comune è stata colpita; e riferire, quando si abbiano notizie, dei comuni vicini.* 3. *Indicare se furon rotti i vetri, atterrate piante; se caddero fulmini, descrivere i loro effetti. Se vi furono inondazioni e straripamenti, ed in generale dare tutte le indicazioni che servono a caratterizzare meglio il fatto avvenuto.* 4. *La direzione del vento è pure da notare con attenzione: quando non si voglia far uso della solita rosa dei venti, si potrà benissimo indicare la direzione per messo di qualche città o luogo giacente in quella direzione. Questo modo anzi in molti casi può essere tanto sicuro e tanto comodo quanto quello di dare i punti della rosa.* 5. *Quegli osservatori che possederanno qualche strumento meteorologico, e avran ottenuto dai medesimi qualche indicazione, sono pregati di non ometterla.* 6. *Si pregano i Signori Corrispondenti di distinguere sempre accuratamente nella descrizione le cose da loro vedute da quelle di cui danno notizie dietro sola testimonianza d'altri.* 7. *Scritta la relazione, si spedisca la cartolina colla maggior sollecitudine possibile.* Si veda *Epistolario meteorologico*. Craveri, Denza e altri a cura di E. MOLINARO, Associazione Naturalistica Piemontese, Memorie vol. IV (1995), p. 113.

³⁰ Stranamente tale Bollettino venne fornito dal sig. R. Bavier, banchiere di San Maurizio, che probabilmente fece un compendio dei dati forniti mensilmente dall'Osservatorio.

³¹ G. DONEGANI, cit., pp. 45 e segg.







GLACIOLOGIA

2

Dinamiche
Glacio-idrologiche recenti
e relazioni con il clima

Un caso di studio
nelle Alpi Lombarde

DINAMICHE

un caso di studio nelle Alpi Lombarde

GLACIO

IDROLOGICHE

RECENTI e

RELAZIONI

con il CLIMA

Daniele Bocchiola^{1,2}
**Soncini, A.¹, Azzoni, R.S.³,
 Smiraglia, C.³, Diolaiuti, G.^{2,3}**

¹ Politecnico di Milano,
 Dip. ICA, L. da Vinci, 32, Milano
 daniele.bocchiola@polimi.it

² Comitato EVK2CNR,
 S. Bernardino 145, Bergamo

³ Università di Milano
 Dip. Scienze della Terra "A. Desio",
 Mangiagalli 34, Milano

RECENT HYDROGLACIOLOGICAL DYNAMICS IN RESPONSE TO CLIMATE

A case study in the alps of Lombardy, Italy

We present here results from a recent six years (2009-2014) field campaign aimed at monitoring the cryospheric evolution and hydrological cycle of the Dosdè catchment

(17 km², average altitude 2858 m a.s.l., outlet 2133 m a.s.l.), in the Italian Alps, nesting 1.90 km² of glaciers of the Piazzzi-Campo group, among the largest in Lombardy. We gathered extensive field data including weather, snow and ice ablation, distributed snow depth and density, ice thickness from geo-radar surveys, snow covered area from Landsat, and hydrological fluxes at basin closure. We set up a glacio-hydrological model, providing in output full account of glaciers' cover and flow, ice and snow ablation, and discharge at catchment outlet. Using historical (1996-2008) mass balances obtained through glaciological approach for Dosdè East glacier (0.81 km²), together with our model estimates, we carried out a trend analysis of mass balances.

During six years we estimated an average ice mass loss nearby -1.76E⁸ mEyr⁻¹, i.e. -20% against volume in 2009. During 1996-2014 average mass loss of Dosdè East was -1.13 m, with a decreasing (i.e. with more mass loss) trend [-0.04 m³a⁻¹], likely indicating an acceleration of ice mass loss in the last 20 years. During 1996-2014 mass balances display a significant correlation against Spring temperature and precipitation, and particularly against Spring and Fall snow depth.

Si presentano qui i risultati di uno studio recente in alta Val Viola Bormina durante il 2009-2014. Si sono studiate in particolare le dinamiche glacio-idrologiche del bacino del torrente Dosdè (17 km², quota media 2858, sezione di chiusura a 2133 m.s.l.m), che include 1,90 km² di copertura glaciale, appartenente al gruppo Piazzzi-Campo, fra i maggiori in Lombardia. Si sono raccolti dati di clima, di fusione nivale e glaciale, di spessore e densità nivale, di spessore glaciale tramite rilievi geo-radar, di copertura nivale tramite Landsat, di flusso idrologico in una stazione idrometrica posta nella sezione di chiusura. Si sono simulate le dinamiche dei ghiacciai inclusi nel bacino, il bilancio di massa relativo, nonché il bilancio idrologico del bacino stesso. Utilizzando poi i bilanci di massa storici (1996-2008), ottenuti tramite metodo glaciologico per il ghiacciaio del Dosdè Est (0,81 km²) maggiormente studiato, insieme alle nostre stime per il 2009-2014, abbiamo condotto un'analisi di tendenza dei bilanci di massa di tale ghiacciaio. Nei sei anni studiati, la perdita volumetrica per i ghiacciai contenuti nel torrente Dosdè è stata di -1,76E⁸ m³a⁻¹, i.e. -20% del volume nel 2009. Nel periodo 1996-2014 la perdita media annua stimata per il Dosdè Est è stata di -1,13m, con un trend di diminuzione (i.e. con maggiore perdita di massa) pari a -0,04 m³a⁻¹, indicativo di una accelerazione della perdita di volume glaciale negli ultimi vent'anni. I bilanci massa annuali durante il 1996-2014 mostrano evidente (e significativa) correlazione con le temperature e precipitazioni primaverili ed in particolare con il manto nivale autunnale e primaverile.



INTRODUZIONE

Lo studio dell'evoluzione nel tempo della criosfera ha assunto negli ultimi anni importanza sempre crescente all'interno della comunità scientifica. Nelle aree montane, la coltre nivale stagionale, e la copertura glaciale permanente assumono enorme importanza dal punto di vista ambientale, paesaggistico, geologico ed idrologico (Viganò *et al.*, 2015).

L'evidenza recente dell'intensificarsi dei cambiamenti climatici, largamente riconosciuta e riassunta nei report dell'IPCC (AR5 IPCC, 2013), porta a ritenere probabile un impatto rilevante sulle dinamiche idrologiche delle aree di alta quota, dove la copertura nivale stagionale e le aree glaciali permanenti si contrarranno a scala mondiale (Barnett *et al.*, 2005; Minora *et al.*, 2016).

Se da un lato l'evidente fase di ritiro dei ghiacciai e la forte relazione con lo sviluppo dell'attività turistica nelle zone

interessate rendono la tematica di enorme interesse per il pubblico, dall'altro la necessità di comprendere e modellare la risorsa idrica derivante dalla fusione nivo-glaciale ad alta quota, rende necessario lo studio quantitativo della dinamica della criosfera e dei relativi contributi idrologici (Bocchiola *et al.*, 2010; Minora *et al.*, 2015).

In Italia, i ghiacciai alpini racchiudono ca. $1,3 \text{ E}^9 \text{ m}^3$ di acqua (Smiraglia *et al.*, 2003) e sono soggetti a rapida diminuzione (Smiraglia e Diolaiuti, 2015; Smiraglia *et al.*, 2015). L'importanza di tali risorse glaciali si è osservata di recente durante le estati secche, p.es. nell'anno 2003, quando il contributo della fusione glaciale ha mantenuto i deflussi del Po a livelli sostenibili.

In letteratura è noto come i ghiacciai montani siano dei buoni indicatori della variabilità climatica, poiché cambiamenti nel clima causano variazioni nella geometria e nella dinamica di tali apparati (D'Agata *et al.*, 2014). Lo studio degli impatti causati da variazioni climatiche sui corpi glaciali è possibile tramite lo sviluppo di modelli matematici, in grado di riprodurre i complessi fenomeni fisici che regolano le dinamiche glaciali (Soncini *et al.*, 2016).

Di particolare interesse è poi lo studio della potenziale evoluzione futura delle coltri glaciali, in risposta a scenari di cambiamento climatico (p.es. Garavaglia *et al.*, 2014).

Tuttavia, data l'enorme complessità delle dinamiche nivo-glaciali ed idrologiche nelle aree di alta quota, studi di campo sono necessari per la comprensione dei fenomeni più importanti ivi coinvolti e per la seguente parametrizzazione dei modelli glacio-idrologici. Tali fenomeni, o componenti, si possono in breve riassumere come i) il regime di precipitazione ad alta quota, ii) le dinamiche di accumulo e fusione nivale, iii) le dinamiche di accumulo e fusione glaciale, iv) gli spessori e le dinamiche di flusso glaciali e v) la risposta idrologica dei bacini fluviali. In tal senso, la carenza di dati accurati e continui, giustificata

dalla complessa situazione ambientale e climatica, rende spesso la modellazione glacio-idrologica in queste aree estremamente semplificativa e non realistica, rendendo così poco realistiche, anche le proiezioni future, già intrinsecamente affette da larga incertezza. In tal senso si vogliono presentare qui i risultati di uno studio di campo intensivo condotto nel periodo 2009-2014, atto a i) valutare con dati ed osservazioni di prima mano le dinamiche di un bacino fluviale alpino di alta quota e ii) modellare le dinamiche glacio-idrologiche di tale bacino in maniera accurata in relazione a tutte le componenti coinvolte, iii) valutare la dinamica glaciale recente in risposta alle fluttuazioni del clima. Lo studio riguarda il bacino del torrente glaciale Dosdè (17 km^2), nell'alta Val Viola Bormina, Alpi Retiche. Tale bacino ospita i ghiacciai del gruppo Piazzi Campo (Diolaiuti *et al.*, 2008; 2011), per un totale di $1,90 \text{ km}^2$ di area glacializzata. Il bacino Dosdè è fortemente paradigmatico delle recenti evoluzioni del glacialismo italiano (Maragno *et al.*, 2009; Diolaiuti *et al.*, 2012a; D'Agata *et al.*, 2014), e del potenziale contributo idrologico dei bacini montani (Bocchiola *et al.*, 2010). Durante il periodo 2009-2014, gli autori dello studio hanno condotto studi di campo nell'area, atti a valutare l'andamento delle varie componenti indicate qui sopra, per costruire un quadro conoscitivo dell'area e proporre una modellazione consistente di tutti i fenomeni esplorati. Scopo finale è la costruzione di uno strumento atto all'analisi della risposta dei bacini di alta quota alle variazioni climatiche, che consenta altresì la costruzione di scenari credibili di evoluzione glacio-idrologica in risposta agli scenari di cambiamento climatico disponibili. Si vuole inoltre evidenziare i trend recenti di variazione di massa dei ghiacciai presenti nel bacino e le relazioni con le variazioni climatiche. L'articolo è organizzato come segue. Nella sezione 2 si introduce il caso di studio. Nella sezione 3, si riportano i dettagli delle nostre campagne in sito e della tipologia e consistenza



della base di dati raccolta. Nella sezione 4, si riportano le metodologie utilizzate per la modellazione delle dinamiche glacio-idrologiche e per la valutazione dei trend glaciologici. Nella sezione 5 si riportano i risultati principali, commentati poi nella sezione 6. Si riporta ivi un confronto con le dinamiche di ghiacciai alpini monitorati tramite metodo glacio-logico, a scopo di confronto. Si illustra inoltre uno schema di portabilità per il modello glacio-idrologico. Si forniscono poi delle conclusioni e si valutano potenziali sviluppi futuri.

CASO DI STUDIO

Il bacino qui studiato è quello del torrente Dosdè, chiuso al rifugio Federico in Dosdè (Fig. 1), che copre 17 km² nelle Alpi Retiche della Lombardia, in provincia di Sondrio. Il clima dell'area è continentale alpino, con inverni freddi ed estati moderatamente calde, condizioni generali di cielo sereno, soprattutto in inverno. Le precipitazioni nivali sono frequenti tra ottobre e maggio, con copertura nivale persistente fino a luglio alle quote più elevate. I massimi di precipitazione sono alla fine dell'estate, con un minimo invernale. Il deflusso fluviale dipende largamente dalla fusione nivale e glaciale in estate, con contributi pluviali autunnali. Alla stazione meteorologica posta in prossimità del rifugio Federico in Dosdè (2000 m.s.l.m.) prossima alla sezione di chiusura, la temperatura media annuale (2010-2014) è +1,9 °C, con precipitazione annuale ca. 1020 mm. L'area include alcuni ghiacciai del gruppo Piazzzi-Campo, uno dei sei gruppi glaciali principali della regione Lombardia (Diolaiuti *et al.*, 2012a), in particolare i ghiacciai del gruppo Dosdè-Piazzzi (Diolaiuti *et al.*, 2011).

Il ghiacciaio Dosdè Est (0,81 km²) è il più grande nel bacino, che comprende 1,90 km² di superficie glaciale, dei 3.80 km² del gruppo Dosdè-Piazzzi. Il ghiacciaio Dosdè East è stato utilizzato come *test site* per l'utilizzo di teli isolanti atti a ridurre la fusione nivo-glaciale estiva (Diolaiuti *et al.*, 2008; Mosconi *et*

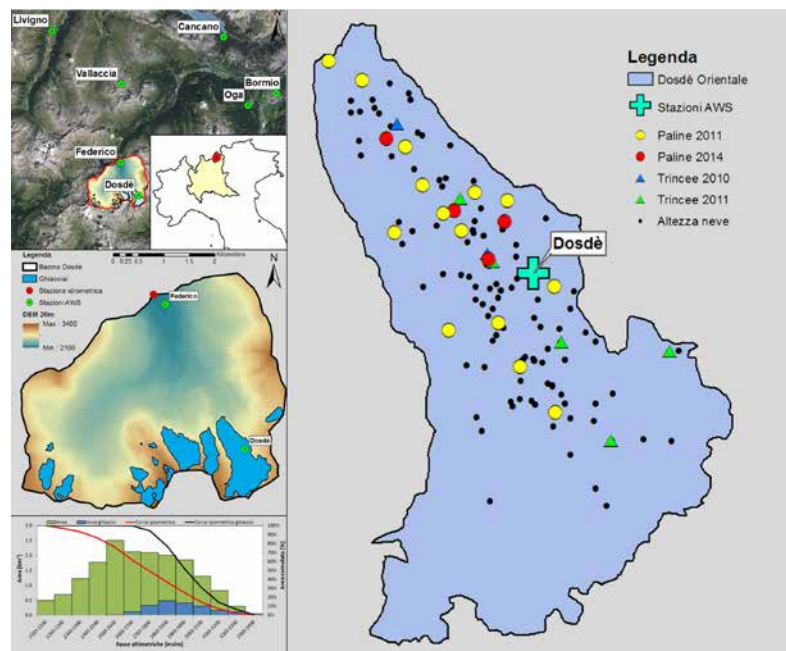


Fig. 1 - Caso di studio, bacino del torrente Dosdè chiuso al rifugio Federico. Si riporta anche la base di dati disponibile, inclusiva di stazioni meteorologiche, idrometro e dati ottenuti tramite rilievi di campo.

al., 2012; Senese *et al.*, 2013). Diolaiuti *et al.* (2011) riportano che i ghiacciai del gruppo Dosdè-Piazzzi ricoprivano un'area di 8,21 km² nel 1954, 6,53 km² nel 1981, 5,55 km² nel 1991, 4,10 km² nel 1999 e 3,77 km² nel 2003 (Diolaiuti *et al.*, 2011, Figg. 1, 2). Il ciclo idrologico in bacini di alta quota nell'alta Valtellina, fortemente sensibile ai cambiamenti climatici è poco monitorato, se non per la presenza della rete Idrostelvio, installata e gestita dagli autori nel Parco dello Stelvio, a partire dal 2010 (Bonato, 2015). E' quindi interessante proporre qui uno studio sulle dinamiche glacio-idrologiche del bacino del Dosdè, fortemente paradigmatico del comportamento dei bacini alpini lombardi.

DATI E STUDI DI CAMPO

Nella tabella di Fig. 2 si riporta un riassunto della base dati raccolta ed utilizzata. Si è utilizzato un DTM (20m) della Regione Lombardia. Il bacino del Dosdè ed i ghiacciai ivi inclusi (in particolare il Dosdè Est, e.g. Diolaiuti *et al.*, 2011) sono stati studiati in maniera intensiva nell'ultimo decennio. Vi sono nel bacino due stazioni meteorologiche (AWS, *Automatic Weather Stations*, AWS1, 2133 m s.l.m., installata nel 2009, AWS2, 2850 m s.l.m., installata nel 2007). Le stazioni AWS misurano la temperatura

dell'aria, radiazione solare, pressione dell'aria (solo AWS2) e precipitazione (AWS1 precipitazione, senza riscaldamento). Si sono raccolti dati aggiuntivi provenienti da stazioni a quote inferiori di proprietà di ARPA Lombardia, quali temperature, precipitazione, spessore del manto nivale. Si sono poi utilizzati dati telerilevati per valutare la copertura nivale per validare il modello. Le aree di copertura nivale (*Snow Covered Areas*, SCAs) sono state valutate tramite il metodo dell'indice NDSI (Riggs *et al.*, 1994), utilizzando 27 immagini Landsat® per il periodo 2009-2014 (soprattutto durante la primavera e l'estate, quando la dinamica del manto nivale è maggiormente importante). Nel luglio 2009 è stata installata nelle vicinanze del rifugio Federico in Dosdè una stazione idrometrica (2127 m s.l.m.) per la misurazione dei flussi idrologici (ossia del livello del torrente fluviale, da utilizzare tramite una curva di deflusso, aggiornata ogni anno nel periodo 2009-2014, tranne che nel 2012). Dal 2009 in poi, rilievi di campo stagionali sono stati condotti in primavera ed estate. Durante tali rilievi si sono condotti i) lo scarico dei dati delle stazioni AWS, ii) la valutazione dell'ablazione glaciale per alcune paline (14 nel 2011 e 4 nel 2014) sul ghiacciaio Dosdè orientale, iii) lo scavo di trincee nivali (profondità e densità della neve, 2 nel

GLACIOLOGIA

2010 e 5 nel 2011) sul ghiacciaio Dosdè Est per la stima dell'equivalente idrico nivale SWE (*Snow Water Equivalent*), iv) la misura di profondità del manto nivale distribuito sul ghiacciaio (35 punti nel 2010, 66 nel 2011). Nell'estate del 2009 si è condotta una misura dello spessore di ghiaccio tramite metodo Georadar GPR su alcuni transetti del ghiacciaio Dosdè Est.

METODI

Temperatura e precipitazione

Utilizzando i dati disponibili delle stazioni AWS (AWS1, AWS2 all'interno del bacino, più le AWSs ARPA in Tabella 1) abbiamo stimato verticale il tasso di variazione verticale *lapse rate* di temperatura e precipitazione per l'area. Si sono utilizzati *lapse rates* mensili di temperatura, compresi tra $-8\text{ }^{\circ}\text{Ckm}^{-1}$ nel mese di luglio e $-4,9\text{ }^{\circ}\text{Ckm}^{-1}$ nel mese di dicembre. Il tasso di variazione osservato per la precipitazione totale è sostanzialmente omogeneo mensilmente, quindi si è utilizzata una media annuale, pari a $+23\text{ mmkm}^{-1}$, senza modifiche sostanziali con l'altitudine (fino a 2850 m.s.l.m., AWS2). La precipitazione totale è stata

calcolata nelle 5 stazioni (tabella Fig. 2) includendo le nevicate (con densità della neve fresca $\rho_n = 120\text{ kgm}^{-2}$, Bocchiola e Rosso, 2007).

Per modellare la fusione di neve e ghiaccio sull'area glaciale, abbiamo corretto la temperatura giornaliera considerando lo strato limite catabatico KBL (*Katabatic Boundary Layer*, Carturan et al., 2014).

Bilanci di massa e dipendenza dalle variabili climatiche

Utilizzando i risultati del modello glacio-idrologico (BOX 1) si sono valutati i bilanci di massa ΔM per i ghiacciai considerati (i.e. il bilancio complessivo, espresso in mm di equivalente idrico, risultante dalla somma algebrica di accumulo nivale e fusione nivo-glaciale), mediati sui ghiacciai considerati (i.e. valore medio sulle celle coperte di ghiaccio). In particolare, si sono considerati i valori del bilancio di massa medio per il ghiacciaio del Dosdè orientale per il periodo 2009-2014, che sono stati utilizzati per integrare la serie dei bilanci precedentemente condotti per tale ghiacciaio con metodo glaciologico (tramite misure di accumulo/ablazione alle paline più regressione lineare con la quota) per il periodo 1996-2008. Si è poi condotta un'analisi di regressione lineare sulla serie così ottenuta di valori ΔM per il periodo 1996-2014, allo scopo di valutare l'eventuale variazione dei tassi di perdita della massa glaciale. Allo scopo poi di valutare la dipendenza delle dinamiche di ritiro glaciale dalle variabili meteorologiche, si è condotta un'analisi di correlazione dei valori ΔM rispetto a valori stagionali delle variabili più note in letteratura per la loro influenza su tali dinamiche. In particolare, si sono considerate le temperature T, le precipitazioni P e lo spessore del manto nivale HS. Volendo utilizzare l'informazione climatica per località il più possibile vicine (e quindi maggiormente significative) all'area in esame, con dati disponibili risalenti almeno al 1996 (primo anno in cui i bilanci di massa sono disponibili per il Dosdè), la scelta è ricaduta sulla

stazione di Oga (2295 m s.l.m., Fig. 1). In tale stazione, distante in linea d'aria non più di 10 km dal ghiacciaio Dosdè Est è stato possibile reperire (nel data base del Programma di Tutela e Uso delle Acque, PTUA 2006) dati relativi alle tre variabili dette a partire dal 1995 e fino al 2002 (quest'ultimo con alcuni dati mancanti) in forma di medie mensili, dalle quali è stato possibile ricavare le medie annuali e stagionali. Tali dati sono poi stati integrati con la base ARPA disponibile, per ottenere serie climatiche per il periodo 1995-2014. Si è poi condotta un'analisi di correlazione tra ΔM ed i valori annuali e stagionali delle variabili T, P e HS. Per le variabili (e le stagioni) che indicassero una dipendenza significativa si è poi condotta un'analisi di tendenza, atta a valutare se potenziali variazioni climatiche recenti abbiano potuto influire sulle dinamiche glaciali.

RISULTATI

Fusione nivo-glaciale

Nella tabella di Fig. 3 si riportano i risultati relative alla modellazione della fusione nivo-glaciale. La calibrazione del modello di fusione nivale è stata condotta utilizzando i valori di HS giornalieri (2004-2014) raccolti alle tre stazioni in Fig. 2. L'errore sistematico, *Bias* di stima per la fusione nivale in fase di calibrazione varia come $+2\% < \text{Bias} < +5,9\%$ per le tre stazioni, con $R^2 = 0,41-0,88$ (con Oga e Vallaccia assai migliori di Cancano, comunque più lontano dal bacino, globalmente $\text{Bias} = +2\%$, and $R^2 = 0,69$). In Tabella 2 si riporta la validazione rispetto ai valori di SWE cumulo primaverile per gli anni 2010 e 2011. L'errore sistematico è pari a $\text{Bias} = -6\%$, con $R^2 = 0,42$, accettabile data la nota variabilità spaziale del manto nivale e la difficoltà di simulazione di tale grandezza. Riguardo alla fusione glaciale (Fig. 3), in fase di calibrazione (ossia di calcolo dei parametri del modello tramite adattamento ai valori di fusione osservata alle paline) si ha $\text{Bias} = +6\%$, $R^2 = 0,72$, mentre in fase di validazione (tramite calcolo della fusione nelle celle corrispondenti

Fig. 2 - Base di dati disponibile. T temperatura, P precipitazione, HS altezza del manto nivale, S radiazione solare, L livello idrico in alveo, M_i fusione glaciale, ρ_n densità della neve fresca, ρ_s densità del manto nivale, SCA area coperta da neve.

Fig. 3 - Statistiche di adattamento del modello glacio-idrologico.

Stazione	Altitudine (m s.l.m.)	Variabili	Periodo
Rifugio Federico	2133	T, P, S	2009-2014
Dosdè Est	2850	T, P, S	2009-2014
Oga	2295	T, P, HS	2009-2014
Bormio	1125	T, P, HS	2009-2014
Vallaccia	2655	T, P, HS	2009-2014
Cancano	1930	T, P, HS	2009-2014
Livigno	2250	T, P, HS	2009-2014
Dosdè idrometro	2127	L	2009-2014
7 paline	2600-2900	M _i	2011-2014
101 punti	2600-3000	HS	Primavera Estate 2010, 2011
3 trincee nivali	2600-2800	ρ_s	Maggio 2010, Giugno 2011
Landsat	-	SCA	Aprile 2010 - Settembre 2014

© AINEVA

ADATTAMENTO MODELLO				
Variabile	Unità	Descrizione	Bias (%)	R ² (.)
M _i	[mmd ⁻¹]	Ablazione glaciale, calibrazione	+6.0%	0.72
M _i	[mmd ⁻¹]	Ablazione glaciale, validazione a celle	+2.2%	0.49
M _s	[mmd ⁻¹]	Fusione nivale, calibrazione	+2.0%	0.69
SWE	[mm]	SWE a fine inverno (101 punti), validazione	-6.14%	0.42
Q	[m ³ s ⁻¹]	Portata, calibrazione	-1.88%	0.92
Q	[m ³ s ⁻¹]	Portata, validazione	-0.44%	0.94

© AINEVA

alla posizione delle paline utilizzando il modello glacio-idrologico completo), si ottiene un $Bias = +2,2\%$, con $R^2 = 0,49$, comunque buono. Un'analisi dell'andamento delle coperture nivali stagionali simulate dal modello, confrontate con i risultati ottenuti dall'analisi dei dati MODIS (non riportata qui per brevità) ha fornito altresì buoni risultati, in particolare nel periodo primaverile, critico per le dinamiche di formazione del deflusso da fusione nivale.

Modellazione idrologica

La Fig. 4 mostra l'adattamento del modello idrologico in termini di flussi in alveo (dettagliato in Tabella 2), di grande importanza per valutare il grado di bontà della modellazione in termini di risorsa idrica complessiva. In validazione (2010-2011), la descrizione dei deflussi giornalieri fornisce $Bias = 1,8\%$, con $R^2 = 0,92$, con valori in fase di validazione (2013-2014), di $Bias = +0,44\%$, con $R^2 = 0,94$, notevoli data la complessità dell'area in esame. Non si è considerato, se non a livello indicativo, l'anno di installazione 2009 poiché i) l'installazione, condotta a luglio fornisce una visione parziale dei fenomeni di deflusso, ii) la valutazione preliminare della scala dei deflussi ha fornito indicazioni non pienamente consistenti (con valori sempre troppo bassi). Modifiche successive hanno consentito di fornire stime più accurate dei deflussi, anche nella stagione di fusione nivale, con inizio assunto per convenzione nel giorno 1° aprile (Bocchiola and Gropelli, 2010). Nel 2012 la stazione ha subito danni e non si sono potute misurare le portate. I nostri risultati mostrano chiaramente come lo sforzo modellistico condotto porti ad una buona rappresentazione delle dinamiche idro-glaciologiche in quest'area di alta quota. Tale circostanza sembra indicare come uno sforzo sperimentale ben indirizzato possa portare ad una buona comprensione delle dinamiche di produzione della risorsa idrica, anche in zone di complessa topografia come quella qui studiata. La Fig. 5 mostra il

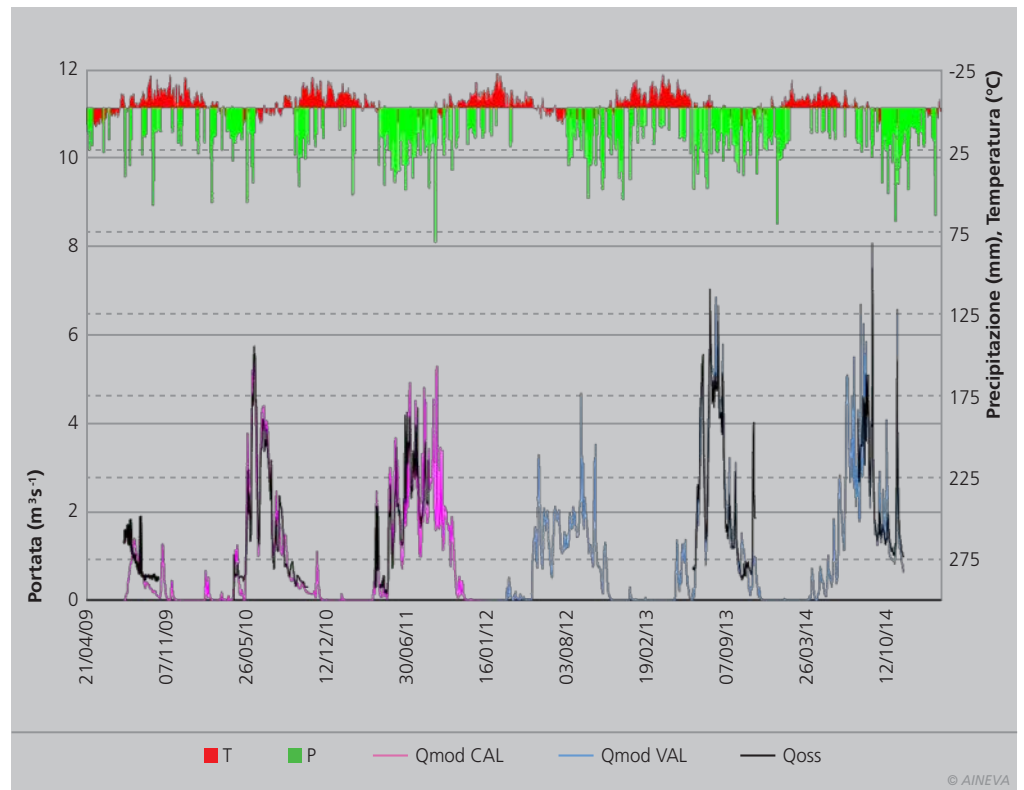


Fig. 4 - Modellazione glacio-idrologica del bacino del torrente Dosdè. Portate giornaliere osservate e simulate. Calibrazione (CAL) e validazione (VAL). Si riportano anche le temperature e precipitazioni alla stazione Federico Dosdè (asse y di destra, valori rovesciati).

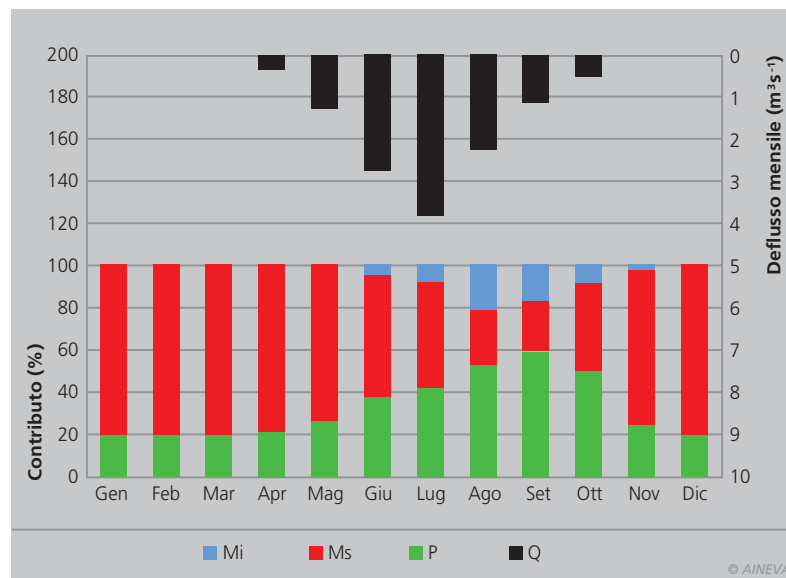


Fig. 5 - Componenti medi (2009-2014) di deflusso (fusione nivale M_s e glaciale M_i , precipitazione P) a scala mensile. Deflussi medi mensili Q nell'asse y di destra, valori rovesciati.

contributo stimato (ma rappresentativo, visto il buon adattamento del modello in termini di fusione nivo-glaciale) dei differenti processi fisici (fusione nivale, glaciale e pioggia più deflusso di base) alla formazione dei deflussi in alveo, riassunta a scala mensile.

Nel periodo 2009-2014, la portata media è stata $E[Q] = 1,04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, con un contributo medio di fusione nivale (s) e glaciale (i) $E[Q_s] = 0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, i.e. il 48%, and $E[Q_i] = 0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, i.e., 10%.

La fusione nivale è massima in maggio (ca. 74%), la fusione glaciale in agosto,

con un contributo del 21%. Annualmente, la pioggia contribuisce per ca. $0,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, i.e. per il 42%, mentre durante i mesi estivi tale contributo sale fino al 59%, in settembre.

Di conseguenza, è possibile dire che la fusione nivale rappresenta il contributo più importante a scala annuale e soprattutto nei mesi primaverili, mentre il flusso da fusione glaciale e da precipitazione liquida diventano preponderanti durante la stagione estiva, similmente a quanto accade in bacini glaciali Andini e Himalayani.

Fig. 6 - Bilanci di massa annuali e cumulati relative al ghiacciaio Dosdè East nel periodo 1996-2008, condotti con metodo glaciologico e 2009-2014, condotti tramite modello glacio-idrologico. Si riportano per confronto i bilanci relativi ai ghiacciai vicini dello Sforzellina e Suretta, condotti con metodo glaciologico (Smiraglia, comunicazione personale).

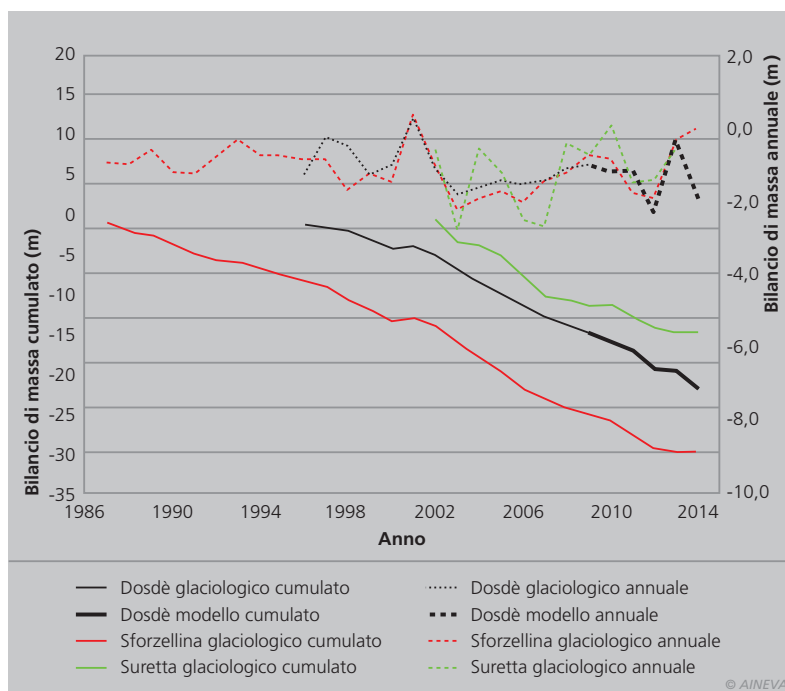
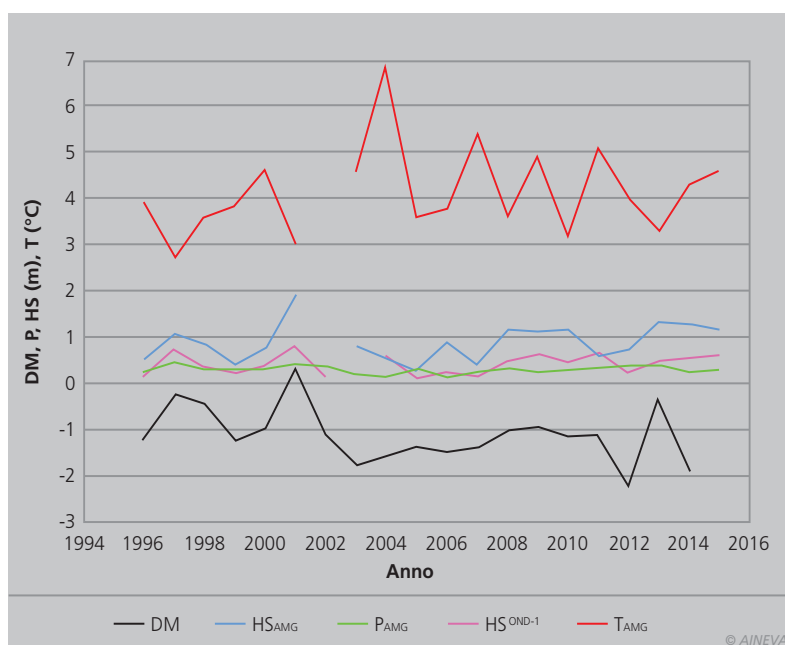


Fig. 7 - Analisi di correlazione tra bilanci di massa annuali e variabili climatiche (1995-2015). Fusione glaciale M_i stimata dal modello riportata per il periodo 2009-2014.



Bilanci di massa glaciale, analisi di correlazione e tendenze

La Figura 4 mostra i bilanci di massa glaciale (metri di equivalente idrico, m.w.e.) per il Dosdè Est calcolati tramite il modello glacio-idrologico (periodo 2009-2014) e tramite metodo glaciologico (i.e. tramite misure di accumulo/ablazione alle paline più regressione lineare con la quota, 1996-2008). Come si osserva, i valori mostrano, pur nella variabilità annuale, una sostanziale consistenza. La perdita di massa media è stimata in $E[\Delta M] = -1,13$ m.w.e., con valore positivo (pari a $\Delta M = +0,3$ m.w.e.) solo per

l'anno 2001. In Tabella 3, si riporta la tendenza valutata tramite regressione lineare del valore ΔM . Come si osserva, vi è una diminuzione pari a $-0,04$ m anno⁻¹, ossia una perdita ogni anno maggiore di 4 cm. Benché tale valore non sia statisticamente significativo (al 5%, $pval = 0,11$), anche data la brevità della serie, l'evidenza mostra una situazione di perdita quantomeno costante (se non accelerata) di massa per il ghiacciaio, con un cumulato di $-21,5$ m.w.e. nel periodo studiato, sintomo chiaro di un forte recesso dell'apparato glaciale. In Fig. 6 si riportano, a titolo di esempio, i

valori del bilancio di massa glaciologico relativi a due ghiacciai vicini (Sforzellina, Suretta), che come si osserva si mostrano sostanzialmente concordi, almeno in termini di tendenza annua, con quelli del ghiacciaio Dosdè. L'analisi di correlazione riportata in Fig. 3 (e Fig. 7) mostra una correlazione significativa del bilancio annuale ΔM con quattro gruppi di variabili stagionali, in particolare con le temperature primaverili T_{AMG} (con segno negativo, come appare logico) le precipitazioni liquide primaverili P_{AMG} e lo spessore del manto nivale nell'autunno precedente HS_{OND-1} e primaverili HS_{AMG} (questi ultimi tutti con segno positivo, anche questo apparentemente sensato, soprattutto se si assume che precipitazioni liquide primaverili ad Oga possano rappresentare un indicatore di precipitazioni anche nivali sul ghiacciaio). Un'analisi di regressione della variabile ΔM rispetto ad ognuna delle variabili dette fornisce una dipendenza significativa, ad indicare come ognuna delle variabili potrebbe essere utilizzata come un predittore per l'andamento annuale del bilancio di massa, benché con valore esplicativo limitato (come testimoniato dai bassi valori dell'indice R^2). Una regressione di tipo *stepwise* (ossia con ordinamento delle variabili dipendenti in funzione dell'effettiva crescita del potere esplicativo) condotta sulle quattro variabili segnalate mostra come in effetti l'utilizzo di una sola variabile (in particolare HS_{AMG}) sia nei fatti sufficiente a proporre un modello regressivo che sfrutti l'intero patrimonio informativo delle grandezze considerate. In altre parole, il modello più significativo è quello che si può ottenere tramite l'utilizzo della variabile HS_{AMG} e l'introduzione di altre variabili non consente un guadagno significativo di informazione. Tale circostanza deriva verosimilmente dall'elevata e significativa correlazione tra le variabili selezionate, mostrata nella tabella di Fig. 8. Ad esempio, il valore di spessore nivale medio a fine stagione invernale HS_{AMG} è significativamente correlato a quello autunnale HS_{OND-1} ,

così come alla temperatura primaverile T_{AMG} . Quest'ultima è a sua volta correlata con le precipitazioni P_{AMG} , ossia le temperature diminuiscono in presenza di nuvolosità e precipitazione. Tale circostanza suggerisce un meccanismo di dipendenza (i.e. correlazione) tra ΔM e P_{AMG} , cioè una potenziale attenuazione della fusione glaciale in risposta alla presenza di precipitazioni, che abbassano la temperatura. Un'analisi di tendenza (1995-2015) condotta sulle variabili predittive ottenute mostra risultati inattesi. Le temperature primaverili sono infatti decrescenti ($-0,31\text{ }^{\circ}\text{C anno}^{-1}$), con un aumento delle precipitazioni ($+4\text{E}^{-3}\text{ mm anno}^{-1}$) ed aumento dello spessore nivale autunnale ($+9\text{E}^{-3}\text{ cm anno}^{-1}$) e primaverile ($+1,6\text{E}^{-2}\text{ cm anno}^{-1}$), essendo tuttavia non significative le tendenze osservate.

DISCUSSIONE

Confronto con alcuni studi recenti

I risultati qui proposti presentano alcuni spunti di interesse. Studi recenti condotti nelle Alpi italiane hanno fornito informazioni relative alle dinamiche glacio-idrologiche di alcuni bacini ad alimentazione nivo-glaciale. Ad esempio, Bocchiola et al. (2010) hanno sviluppato un modello idrologico atto a valutare il deflusso giornaliero durante la stagione di fusione (2006-2009) per il bacino Pantano (11 km^2), compreso nel gruppo dell'Adamello (si veda e.g. Maragno et al., 2009), 32 km a sud del ghiacciaio Dosdè. Nel bacino sono inclusi il ghiacciaio del Venerocolo (coperto di detrito), ed il ghiacciaio dell'Avio (bianco) per $2,14\text{ km}^2$ di superficie glaciale. La fusione stimata dagli autori per il periodo 2006-2008 è stata di ca. $-2,2\text{ m.w.e.}$ Qui la fusione glaciale media (2009-2014) è stata di $-1,53\text{ m.w.e.}$ Grossi et al. (2013) hanno studiato la sensibilità in presenza di variazioni climatiche del ghiacciaio del Mandrone (ca. 12 km^2) nel gruppo dell'Adamello. Gli autori forniscono un valore stimato del bilancio di massa per il 1995-2004 nell'ordine di $-1,44\text{ m.w.e.}$, con un picco negativo nel 2003 ($-3,05\text{ m.w.e.}$). Gli

autori riportano anche i bilanci di massa stimati (1995-2009) per il ghiacciaio Presena (vicino all'Adamello, ca. $0,95\text{ km}^2$, Figura 1 in Grossi et al., 2013), con circa $-1,50\text{ m.w.e.}$ all'anno ($-3,09\text{ m.w.e.}$ nel 2008), e per il ghiacciaio Caresèr (ca. $2,8\text{ km}^2$, 15 km a Nord dell'Adamello, Grossi et al., 2013), con $-1,69\text{ m.w.e.}$ all'anno (e $-3,32\text{ m.w.e.}$ nel 2003). Qui, per il 1996-2008, si sono stimati $-1,06\text{ m.w.e.}$ per anno, con valori positivi ($+0,3\text{ m.w.e.}$) solo nel 2001 (osservati anche sul Mandrone, Tabella 6 in Grossi et al., 2013) e perdite massime nel 2003, i.e. $-1,8\text{ m.w.e.}$ Durante il 2013-2014, il bilancio di massa medio stimato è di $-1,30\text{ m.w.e.}$ per anno, con un minimo di perdita di $-0,31\text{ m.w.e.}$ nel 2013. Nel 2013, sulla base tanto delle osservazioni,

quanto della simulazione modellistica, si è verificata una maggiore persistenza del manto nivale al suolo nella stagione primaverile ed estiva, con conseguente diminuzione della fusione glaciale (non mostrata qui per brevità). Garavaglia et al. (2014) hanno studiato l'evoluzione recente (1929-1981, 1981-2007) e potenziale futura (fino al 2100) dei bilanci di massa e del flusso glaciale per il ghiacciaio dei Forni, che si estende per $11,4\text{ km}^2$ nel gruppo dell'Ortles Cevedale in Valtellina, ca. 30 km a est del ghiacciaio Dosdè (si veda p.es. D'Agata et al., 2014). Durante il 1981-2007, il bilancio di massa medio stimato è stato di $-0,97\text{ m.w.e.}$ annui, con massima perdita nel 2003, i.e. $-6,36\text{ m.w.e.}$ Diolaiuti (2001), Cannone et al. (2008), e di recente Smiraglia (2015,



Fig. 8 - Analisi di tendenza e correlazione. In grassetto valori significativi ($\alpha = 95\%$).

CORRELAZIONI					
	HS_{AMG}	T_{AMG}	P_{AMG}	HS_{OND-1}	DM
HS_{AMG}	1	-0.47	0.36	0.71	0.56
T_{AMG}	-0.47	1	-0.59	-0.03	-0.49
P_{AMG}	0.36	-0.59	1	0.38	0.58
HS_{OND-1}	0.71	-0.03	0.38	1	0.57
Regressioni					
	Pendenza	Errore standard	pval	R2	AIC di Akaike
HS_{AMG}	0.009	0.003	0.02	0.31	-20.16
T_{AMG}	-0.308	0.137	0.04	0.24	-18.4
P_{AMG}	0.004	0.001	0.01	0.33	-20.8
HS_{OND-1}	0.016	0.006	0.02	0.33	-19.42
Tendenze					
	HS_{AMG}	T_{AMG}	P_{AMG}	HS_{OND-1}	DM
Pendenza	1.82	0.05	-0.63	0.22	-0.04
pval	0.22	0.22	0.84	0.26	0.11
Regressione stepwise					
	Valore	Errore standard	pval	R2	AIC di Akaike
Int	-1.839	0.305	10?	-	-
HS_{AMG}	0.009	0.003	0.02	0.33	-19.42

© AINEVA



comunicazione personale) hanno valutato il bilancio di massa dello Sforzellina (riportato qui in Fig. 6), di 0,36 km² nel gruppo dell'Ortles-Cevedale group (D'A-gata *et al.*, 2014), 22 km a sud-est del ghiacciaio del Dosdè. Nel periodo 1987-2014 il bilancio di massa stimato è stato di -1,06 m.w.e annui (con picco negativo di -2,2 m.w.e nel 2003). Nel periodo 2009-2014 si stima $M = -0,89$ m.w.e. Il ghiacciaio del Suretta (di 0,18 km², 70 km a nord-ovest del Dosdè) presenta una media (2002-2013) di -1,21 m.w.e., con un picco di perdita di -2,80 m.w.e. nel 2003 (Figura 4). Diolaiuti *et al.* (2012a) hanno studiato le variazioni recenti di circa 250 ghiacciai lombardi utilizzando dati di estensione areale per il 1991, 1999 e 2003. Le Alpi e Prealpi lombarde sono divise nello studio in sei gruppi principali, inclusivi del gruppo Piazzzi-Campo qui

investigato. Gli autori dello studio quantificano la perdita di superficie glaciale nell'area in ca. 25 km² (da 117 km² a 92 km², i.e. -1,92 km²anno⁻¹). Nel gruppo Piazzzi Campo, gli autori evidenziano (Tabella 5 in Diolaiuti *et al.*, 2012a) una crescita significativa della temperatura (nella stazione di Bormio, 1225 m s.l.m.) in Primavera (AMG, 1976-2005, +0,09 °C anno⁻¹), con una diminuzione significativa della copertura nivale (spessore al 1° aprile, 1985-2005, Livigno San Rocco, 1875 m s.l.m., $DHS_1/[HS_1]$, -6,5% anno⁻¹). Gli autori di quello studio hanno anche analizzato la perdita di area relativa DA/A_0 rispetto all'area iniziale A_0 . Nell'area Piazzzi Campo si è osservata la massima dipendenza tra DA/A_0 a A_0 (i.e. il massimo valore assoluto dell'esponente, negativo dell'equazione che esprime la proporzionalità tra i due termini DA/A_0 a A_0 , i.e. = -0,201), ad indicare un'attitudine dei ghiacciai di dimensioni minori a perdere area più rapidamente. Gli autori evidenziano inoltre come nelle aree ove la variazione (crescita) delle temperature è minore in valore assoluto, si osservano valori dell'esponente maggiori in valore assoluto (Figura 13 in Diolaiuti *et al.*, 2012). In tal senso i ghiacciai del gruppo Piazzzi-Campo sono quelli che mostrano una crescita delle temperature minore nell'area investigata, con la minima perdita areale. Si osserva inoltre che i ghiacciai del gruppo Piazzzi-Campo sono in prevalenza esposti a nord, circostanza che verosimilmente ne ha rallentato la fusione negli ultimi tre decenni. In tal senso, sembra corretto il risultato che i ghiacciai contenuti nel bacino del Dosdè, in particolare il Dosdè Est, presentino un bilancio di massa lievemente meno sfavorevole rispetto ai ghiacciai di altri gruppi lombardi, quali l'Adamello e l'Ortles Cevedale.

Evoluzione delle coperture glaciali e dipendenza dal clima

Le analisi di tendenza qui proposte hanno mostrato variazioni non significative di tutte le variabili considerate nel periodo 1995-2015. Studi recenti condot-

ti nell'area (e.g. Diolaiuti *et al.*, 2012a) hanno mostrato come detto variazioni significative delle temperature primaverili (in crescita, 1976-2005) e delle coperture nivali primaverili (in diminuzione, 1985-2005). In tal senso, i risultati qui presentati potrebbero rispecchiare un rallentamento di tali trend durante il periodo investigato qui (1995-2015), oppure l'utilizzo di una serie troppo corta. In particolare per quanto riguarda la copertura nivale (primaverile ed estiva) i nostri risultati indicherebbero una crescita (benché, è opportuno ripeterlo, non significativa), in forte controtendenza con molti studi condotti sulle Alpi relativi ai primi anni 2000 (e.g. Diolaiuti *et al.*, 2012b). Sembra quindi necessario integrare l'analisi con dati nivometrici recenti relativi all'arco alpino, per valutare la consistenza di tali ritrovamenti. Il valore comunque negativo dei bilanci di massa stimato qui per l'intero periodo di studio, confrontato con l'andamento delle variabili climatiche ad esso correlate, porta ad una conclusione di interesse. In particolare, la costante perdita di massa glaciale, anche in presenza di una situazione climatica stazionaria indicherebbe una sostanziale situazione di disequilibrio (i.e. di costante decrescita nelle attuali condizioni climatiche) delle masse glaciali dell'area, ossia una situazione di transizione destinata a terminare con la fusione della intera massa glaciale, o al più con la riduzione fino ad occupare le quote più alte. A titolo indicativo, le mappe di fusione glaciale prodotte dal modello (2009-2014, non mostrate per brevità) riportano valori di fusione assai rilevanti (fino a ca. 6 m anno⁻¹ negli anni più sfavorevoli, e.g. 2012 e 2014) nelle parti più basse del ghiacciaio (lingua di fusione, del Dosdè Est, intorno ai 2700 m s.l.m.). Negli anni più favorevoli (e.g. 2009 e 2013) solo le parti più ad alta quota (sopra i 2900 m s.l.m. ca.) hanno subito fusione prossima allo zero. Lo spessore medio delle aree glaciali, stimato al 2009 come detto, risulta pari a 20 m ca. La fusione glaciale M_i (differente dal bilancio di massa per

il termine di accumulo nivale) media sull'area glaciale simulata dal modello per il periodo 2009-2014 fornisce un valore medio pari a $0,81 \text{ m anno}^{-1}$, variabile nel periodo ed ovviamente minore negli anni con maggiore copertura nivale (e temperature inferiori). Ipotizzando un valore medio pari a quello indicato per il prossimo futuro, in condizioni di clima stazionario e trascurando in prima approssimazione la dinamica di flusso glaciale, l'intero spessore glaciale sarebbe fuso in ca. 25 anni. In tal senso sembra di grande interesse la valutazione di scenari climatici e glacio-idrologici per l'area in esame.

Utilizzo del modello in siti montani

Il modello glacio-idrologico qui proposto è semi-distribuito e di implementazione relativamente semplice e permette di simulare lunghi periodi temporali, con onere computazionale relativamente basso, essendo tuttavia in grado di rappresentare in maniera sostanzialmente corretta le tendenze di fusione nivoglaciale, di flusso glaciale e di deflusso in alveo. Tale circostanza lo rende adatto ad esempio a simulazioni di impatto dei cambiamenti climatici tramite scenari IPCC. Il modello può essere utilizzato in bacini montani con caratteristiche simili al Dosdè qui studiato, posto che vi sia una ragionevole base di dati disponibile. In primo luogo è necessario un modello digitale delle quote DEM, inclusivo della copertura glaciale ove presente (si osservi che la copertura glaciale può essere valutata tramite immagini di varia origine, quali ortofoto o immagini satellitari, immagini da drone, e.g. Fugazza et al., 2015). I dati climatici necessari sono in sostanza minimali, in particolare servono informazioni sulle temperature e precipitazioni (possibilmente totali, ossia inclusive delle precipitazioni nivali), alle quote più alte possibili, oppure una loro estrapolazione affidabile. L'uso di dati da stazioni supra-glaciali, reso qui possibile in seguito a campagne glaciali intensive, benché utile, non è necessario in senso stretto. Stime dell'accumulo nivale (i.e.

spessore nivale e densità) primaverile in sito, utili alla validazione del modello, sono auspicabili benché di non facile raccolta. È altresì importante la presenza di dati di spessore nivale in continuo, oramai resi disponibili da ARPA. Tali valori di spessore del manto, associati a stime delle densità stagionali (e.g. Bocchiola, 2010), o meglio a misure di densità *spot* permettono la valutazione dei fattori di fusione nivale, estremamente importanti in queste aree. La valutazione indiretta delle dinamiche della copertura nivale può essere condotta utilizzando sensori remoti atti alla valutazione della copertura areale SCA (e.g. Bocchiola et al., 2011), che tuttavia non consentono di elaborare stime di accumulo nivale al suolo. La fusione glaciale rappresenta un'importante variabile di misura ed andrebbe valutata direttamente sul campo (e.g. Bocchiola et al., 2010; Minora et al., 2015). In molti casi tale fusione viene valutata tramite analisi dell'idrogramma (ove disponibile) ed adattamento dei volumi, di solito svolti insieme ad una analisi di sensitività (Ragettli et al., 2015). L'uso di valori di letteratura, in particolare se disponibili in ghiacciai vicini, può aiutare a restringere l'incertezza. Lo spessore glaciale può essere valutata, ove serva, tramite inversione dell'Equazione (5) (BOX 1), nell'ipotesi di sforzo basale noto (e.g. Baumann e Winkler, 2010). Misure di flussi idrologici alla sezione di chiusura non sono disponibili normalmente in aree di alta quota quali quella qui studiata. L'installazione e gestione di stazioni idrometriche in aree montane è oggettivamente complessa, date le condizioni climatiche, il trasporto solido spesso associato ai torrenti di alta quota, la necessità di ricalibrare le scale di deflusso (si veda per una discussione su tale tematica, e.g. Bocchiola et al., 2016). In tal senso, è auspicabile lo svolgimento in futuro di più studi indirizzati a valutare i deflussi in alvei fluviali alpini. Anche in assenza di misure atte alla calibrazione/validazione del modello tuttavia, è possibile fornire stime di primo tentativo dei deflussi in alveo, in

particolare ove gli *input* più importanti (i.e. fusione nivoglaciale, precipitazioni liquide in quota) siano stati valutati in maniera ragionevolmente affidabile e la parametrizzazione del modello (in particolare, il termine W_{Max} nell'Eq. 3, BOX1) sia condotta in maniera ragionata, ad esempio sulla base di studi in bacini contigui o comunque simili.

CONCLUSIONI

I risultati di una campagna durata 6 anni ed ancora in corso di svolgimento che qui riportiamo mostrano come sia possibile utilizzare modelli relativamente semplici, ma fisicamente basati e calibrati utilizzando dati di campo, per riprodurre ed eventualmente proiettare nel futuro le dinamiche di bacini alpini di alta quota. Il caso di studio del torrente Dosdè è fortemente paradigmatico delle dinamiche glaciali recenti nelle Alpi. È chiaro dai nostri risultati che il bilancio di massa dei ghiacciai considerati è fortemente negativo, a sottolineare una costante perdita. L'analisi di correlazione condotta mostra come l'andamento del bilancio di massa sia in sostanza legato in maniera significativa al clima medio stagionale, in particolari primaverile, con il massimo potere esplicativo fornito dallo spessore del manto nivale. Anche in condizioni climatiche stazionarie, quali sembrano emergere dalla nostra analisi condotta sul periodo 1995-2015 (per il quale erano disponibili i bilanci di massa stimati per il ghiacciaio Dosdè Est), gli apparati glaciali mostrano una sostanziale dinamica di fusione, verosimilmente destinata a ridurre tali apparati in maniera cospicua. Per valutare le dinamiche degli apparati glaciali nei prossimi decenni è comunque necessario condurre simulazioni modellistiche, sulla base degli scenari forniti dall'IPCC. Il modello glacio-idrologico proposto rappresenta in tal senso uno strumento affidabile, da utilizzare per i) comprendere le recenti modifiche dei regimi idrologici nei bacini alpini (e montani in genere) e valutarne le connessioni con i cambiamenti climatici, e ii) valutare la dinamica futura di tali bacini.



BOX 1

Modellazione glacio-idrologica

L'ablazione del ghiaccio (pulito, i.e. in assenza di copertura di detrito) e della neve è stata modellata utilizzando un approccio del tipo gradi-giorno modificato (enhanced degree-day approach, Soncini et al., 2017), basato sulla misura di radiazione solare e temperatura dell'aria.

$$M_{i,s} = (TMF_{i,s} (T - T_{th}) RMF_{i,s} (1 - \alpha_{i,s}) G) \text{ if } T \geq T_{th}$$

$$M_{i,s} = 0 \quad \text{if } T < T_{th} \quad (1)$$

Qui $M_{i,s}$ [mm d⁻¹] è la fusione glaciale (*i*) o nivale (*s*) in una cella, $TMF_{i,s}$ [mm d⁻¹ °C⁻¹] e $RMF_{i,s}$ [mm d⁻¹ W⁻¹ m²] sono i fattori di fusione di temperatura e radiazione per ghiaccio o neve, $\alpha_{i,s}$ è l'albedo, o riflettività di ghiaccio/neve (qui 0.3/0.7, valori medi osservati dai dati di radiazione solare). T_{th} è una soglia di temperatura per la fusione (qui si è utilizzato un valore di 0°C, dopo un'analisi del dato di ablazione). G [W m⁻²] è la radiazione solare globale teorica (di cielo pulito), corretta per gli effetti topografici. I fattori di fusione per la neve sono stati valutati tramite i dati di spessore nivale dalle tre stazioni di misura del manto disponibili con una base di dati sufficientemente completa (Oga, Vallaccia, Cancano, Figura 1) per il periodo 2004-2014. I fattori di fusione il ghiaccio sono stati valutati tramite i dati di ablazione alle paline installate durante due stagioni estive (2011, da luglio 1a ottobre e 2014, da fine agosto a ottobre). Si è poi utilizzato un modello glacio-idrologico semi-distribuito a celle (80 m), sviluppato al Politecnico di Milano, adatto alla modellazione di bacini di alta quota. Il modello simula la variazione del contenuto d'acqua del suolo (variabile di stato) in ogni cella W [mm] in due istanti consecutivi (t , $t+\Delta t$)

$$W^{t+\Delta t} = W^t + R\Delta t + M_s\Delta t + M_i\Delta t - ET\Delta t - Q_g\Delta t \quad (2)$$

Utilizzando un passo giornaliero, R [mm d⁻¹] è la pioggia, M_s [mm d⁻¹] la fusione nivale, M_i [mm d⁻¹] la fusione glaciale, ET [mm d⁻¹] è l'evapotraspirazione effettiva, Q_g [mm d⁻¹] la portata in alveo di origine sub-superficiale. Il deflusso in alveo di origine superficiale avviene in caso di saturazione del suolo

$$Q_s = W^{t+\Delta t} - W_{max} \text{ if } W^{t+\Delta t} > W_{max}$$

$$Q_s = 0 \quad Q_s = W^{t+\Delta t} - W_{max} \text{ if } W^{t+\Delta t} > W_{max} \quad (3)$$

con W_{max} [mm] massima capacità di accumulo nel suolo. L'evapotraspirazione potenziale (comunque non elevata, data l'alta quota) è calcolata secondo il metodo di Hargreaves, che richiede solo dati di temperatura. Il modello consente altresì di simulare la dinamica glaciale, tramite il calcolo della velocità di flusso, assunta proporzionale allo sforzo al fondo, o basale (*basal shear stress*) elevata ad un esponente n , secondo la legge di Glen ($n = 3$). Se il *basal shear stress* τ_b [Pa] è noto o stimato si può calcolare la velocità di flusso come

$$V_{ice,i} = K_d \tau_{b,i}^n h_{ice,i} + K_s \frac{\tau_{b,i}^n}{h_{ice,i}} \quad (4)$$

con $h_{ice,i}$ [m] spessore del ghiaccio nella cella i -esima e K_s [m⁻³ yr⁻¹], K_d [m⁻¹ yr⁻¹] parametri atti a quantificare lo scivolamento basale *basal sliding*, e la deformazione interna *internal deformation*. Il *basal shear* τ_b si può esprimere come

$$\tau_{b,i} = \rho_i g h_{ice,i} \sin \alpha_i \quad (5)$$

dove ρ_i è la densità del ghiaccio [kg m⁻³], g l'accelerazione di gravità [9.81 m s⁻²] e α_i la pendenza locale. La stima dello spessore glaciale è stata condotta tramite l'utilizzo dei dati di campo GPR del 2009 sul ghiacciaio Dosdè Est (Figura 1). Invertendo l'Eq. (5) abbiamo valutato il valore b fornito in funzione degli spessori (GPR) in ogni cella del modello. Questi valori per lo più si avvicinano a $b = 80$ KPa (consistentemente con e.g. Baumann and Winkler, 2010). Riportando tale valore di b sui ghiacciai del bacino, abbiamo stimato lo spessore glaciale nelle aree non misurate nella campagna GPR.

Bibliografia

- Barnett, T. P., Adam, J. C., Lettenmaier, D. P. (2005). "Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions". *Nature*, 438(17), 303-309.
- Baumann, S., and Winkler, S. (2010). "Parameterization of glacier inventory data from Jotunheimen/Norway in comparison to the European Alps and the Southern Alps of New Zealand". *Erdkunde*, 64, 2,155-177, 2010.
- Bocchiola, D. (2010). "Regional estimation of Snow Water Equivalent using Kriging: a preliminary study within the Italian Alps". *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 33, 3-14.
- Bocchiola, D., Diolaiuti, G. (2010). "Evidence of climatic trends in the Adamello glacier of Italy". *Theor. App. Climat.*, 100(3), 351-369.
- Bocchiola, D., Mihalcea, C., Diolaiuti, G., Mosconi, B., Smiraglia, C., Rosso, R. (2010). "Flow prediction in high altitude ungauged basins: a case study in the Italian Alps (Pantano Basin, Adamello Group)". *Adv. Wat. Resour.*, 33, 1224-1234.
- Bocchiola, D., Rosso, R. (2007). "The distribution of daily Snow Water Equivalent in the Central Italian Alps". *Adv. Wat. Resour.*, 30, 135-147, 2007.
- Bocchiola, D., Senese, A., Mihalcea, C., Mosconi, B., D'Agata, C., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2015). "An ablation model for debris covered ice: the case study of Venerocolo Glacier (Italian Alps)". *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 38(2), 113-128.
- Bocchiola, D. (2014). "Long term (1921-2011) changes of Alpine catchments regime in Northern Italy". *Adv. Wat. Resour.*, 70, 51-64.
- Bonato, M. (2015). "Bilancio idrologico del Parco dello Stelvio: un'analisi preliminare". Tesi di Laurea Triennale, 23 pp. Matr. 788721. Relatore D. Bocchiola.
- Cannone, N., Diolaiuti, G., Guglielmin, M., Smiraglia, C. (2008). "Accelerating climate change impacts on Alpine glacier forefield ecosystems in the European Alps". *Ecological Applications*, 18(3), 637-648.
- Carturan, L., Cazorzi, F., De Blasi, F., Dalla Fontana, G. (2014). "Air temperature variability over three glaciers in the Ortles-Cevedale (Italian Alps): effects of glacier disintegration, intercomparison of calculation methods, and impacts on mass balance modeling". *The Cryosphere Discuss.*, 8, 6147-6192.
- D'Agata, C., Bocchiola, D., Maragno, D., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2014). "Glacier shrinkage driven by climate change in The Ortles-Cevedale group (Stelvio National Park, Lombardy, Italian Alps) during half a century (1954-2007)". *Theoretical Applied Climatology*, 116, 1-2, 169-190.
- Diolaiuti, G.A., Smiraglia C., Meraldi E. (2008). "Strategie di protezione "attiva" dei ghiacciai: prime applicazioni italiane e risultati". [Strategies for the active protection of glaciers: first applications and results]. *Neve e Valanghe*, 65.
- Diolaiuti, G.A., Bocchiola, D., D'agata, C., Smiraglia, C. (2012a). "Evidence of climate change impact upon glaciers' recession within the Italian alps: the case of Lombardy glaciers". *Theoretical and Applied Climatology*, 109(3-4), 429-445.
- Diolaiuti, G.A., Bocchiola, D., Vagliasindi, M., D'agata, C., Smiraglia, C. (2012b). "The 1975-2005 glacier changes in Aosta Valley (Italy) and the relations with climate evolution". *Progress in Physical Geography*, 36(6), 764-785.
- Diolaiuti, G.A., Citterio, M., Carnielli, T., D'Agata, C., Kirkbride, M., Smiraglia, C. (2006). "Rates, processes and morphology of fresh-water calving at Miage Glacier (Italian Alps)". *Hydrological Processes*, 20, 2233-2244.
- Diolaiuti, G.A., Maragno, D., D'Agata, C., Smiraglia, C., Bocchiola, D. (2011). "Glacier retreat and climate change: Documenting the last 50 years of Alpine glacier history from area and geometry changes of Dosdè Piazzi glaciers (Lombardy Alps, Italy)". *Progress in Physical Geography*, 35(2), 161-182.
- Fugazza, D., Senese, A., Azzoni, R.S., Smiraglia, C., Cernuschi, M., Severi, D., Diolaiuti, G.A. (2015). "High-resolution mapping of glacier surface features. The UAV survey of the Forni glacier (Stelvio National Park, Italy)". *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 38, 25-33.
- Garavaglia, R., Marzorati, A., Confortola, G., Cola, G., Bocchiola, D., Manzata, E., Senese, A., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2014). "Evoluzione del ghiacciaio dei Forni" [Evolution of Forni Glacier]. *Neve e Valanghe*, 81, 60-67.
- Grossi, G., Caronna, P., Ranzi, R. (2013). "Hydrologic vulnerability to climate change of the Mandrone glacier (Adamello-Presanella group, Italian Alps)". *Adv. Water Resour.*, 55, 190-203.
- Maragno, D., Diolaiuti, G.A., D'agata, C., Mihalcea, C., Bocchiola, D., Bianchi Janetti, E., Riccardi, A., Smiraglia, C. (2009). "New evidence from Italy (Adamello Group, Lombardy) for analysing the ongoing decline of Alpine glaciers". *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 32, 31-39.
- Minora, U., Senese, A., Bocchiola, D., Soncini, A., D'agata, C., Ambrosini, R., Mayer, C., Lambrecht, A., Vuillermoz, E., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2015). "A simple model to evaluate ice melt over the ablation area of glaciers in the Central Karakoram National Park, Pakistan". *Ann Glaciol.*, 56(70), 202-216.
- Minora, U., D. Bocchiola, C. D'Agata, D. Maragno, C. Mayer, A. Lambrecht, E. Vuillermoz, A. Senese, C. Compostella, C. Smiraglia, G. Diolaiuti (2016). "Glacier area stability in the Central Karakoram National Park (Pakistan) in 2001-2010: The "Karakoram Anomaly" in the spotlight". *Progress in Physical Geography*, doi: 10.1177/0309133316643926.
- Mosconi, B., Diolaiuti, G.A., Maragno, D., Meraldi, E., Smiraglia, C. (2010). "Strategies to reduce snow and ice ablation: investigations at the Dosdè East glacier (Lombardy Alps)". Poster e Abstract, 14th Alpine Glaciology Meeting, Milano, 25-26 March 2010. <http://users.unimi.it/glaciol/14agm/mosconi.pdf>.
- Ragettli, S., Pellicciotti, F., Immerzeel, W.W., Miles, E.S., Petersen, L., Heynen, M., Shea, J.M., Stumm, D., Joshi S., Shrestha, A. (2015). "Unraveling the hydrology of a Himalayan basin through integration of high resolution in situ data and remote sensing with an advanced simulation model". *Adv. Wat. Resour.*, 78, 94-111.
- Senese, A., Azzoni, R.S., Mosconi, B., Maragno, D., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2013). "Sperimentazione di nuovi geotessili per la riduzione della fusione glaciale: risultati dal ghiacciaio del Presena nell'estate 2012". [Use of new geo-textiles for reduction of glacial fusion: results from the Presane glacier in summer 2012]. *Neve e Valanghe*, 80, 60-71. In Italian with abstract in English.
- Smiraglia, C., D'Agata C., Diolaiuti G.A. (2003). "I ghiacciai del bacino del Po e la loro risorsa idrica". [Po basin glaciers and water resources therein] In: *Un Po di acque. DIABASIS: Reggio Emilia*; 53-68. In Italian.
- Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2015). "Il nuovo catasto dei ghiacciai italiani". Ed. by EVK2CNR, Bergamo, Italia, 400 pp. ISBN: 9788894090802.
- Smiraglia, C., Azzoni, R.S., D'Agata, C., Maragno, D., Fugazza, D., Diolaiuti, G.A. (2015). "The evolution of the Italian glaciers from the previous data base to the new Italian inventory. Preliminary considerations and results". *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 38(1), 79-87.
- Soncini, A., Bocchiola, D., Confortola, G., Minora, U., Vuillermoz, E., Salerno, F., Viviano, G., Shrestha, D., Senese, A., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. (2016). "Future hydrological regimes and glacier cover in the Everest region: the case study of the Dudh Koshi basin". *Sci. Tot. Environ. STOTEN*, 565, 1084-1101.
- Soncini, A., Bocchiola, D., Azzoni, R.S., Diolaiuti, G. (2017). A methodology for monitoring and modeling of high altitude Alpine catchments, *Progress in Physical Geography*, 41, 4, 393-420, 2017.
- Viganò, G., Confortola, G., Fornaroli, R., Canobbio, S., Mezzanotte, V., Bocchiola, D. (2015). "Future climate change may affect habitat in Alpine streams: a case study in Italy". *ASCE J. Hydrol. Eng.* 21(2), 04015063/1-14.

