

Rendiconto nivometrico 2022-2023 in Piemonte e Valle d'Aosta. Le evoluzioni previsionali e i dati raccolti in 40 anni di AINEVA

I progressi delle previsioni invernali

Mauro Valt
ARPA VENETO Centro Valanghe di Arabba



Torino, 17 novembre 2023

Premessa

La previsione valanghe richiede informazioni sullo stato del manto nevoso del passato, del presente e del futuro.

Questo include anche la conoscenza delle caratteristiche microstrutturali e meccaniche del profilo verticale del manto nevoso (analisi distruttive e non ripetitive)

...



...

I previsori del pericolo di valanghe sono tradizionalmente concentrati sulle osservazioni sul campo delle condizioni della neve, nonostante la significativa variabilità spaziale delle condizioni della neve e la potenziale non rappresentatività delle singole osservazioni.



...

...

Previsioni errate possono causare costi, in quanto i mancati allarmi possono causare danni a persone o infrastrutture e i falsi allarmi possono causare perdite economiche dovute a chiusure o evacuazioni non necessarie.



La previsione valanghe

Ancor oggi la previsione del pericolo di valanghe si basa quanto descritto ancora nel 1980 da Edward LaChapelle..



QUALI SONO STATI I PROGRESSI NEGLI ULTIMI ANNI?

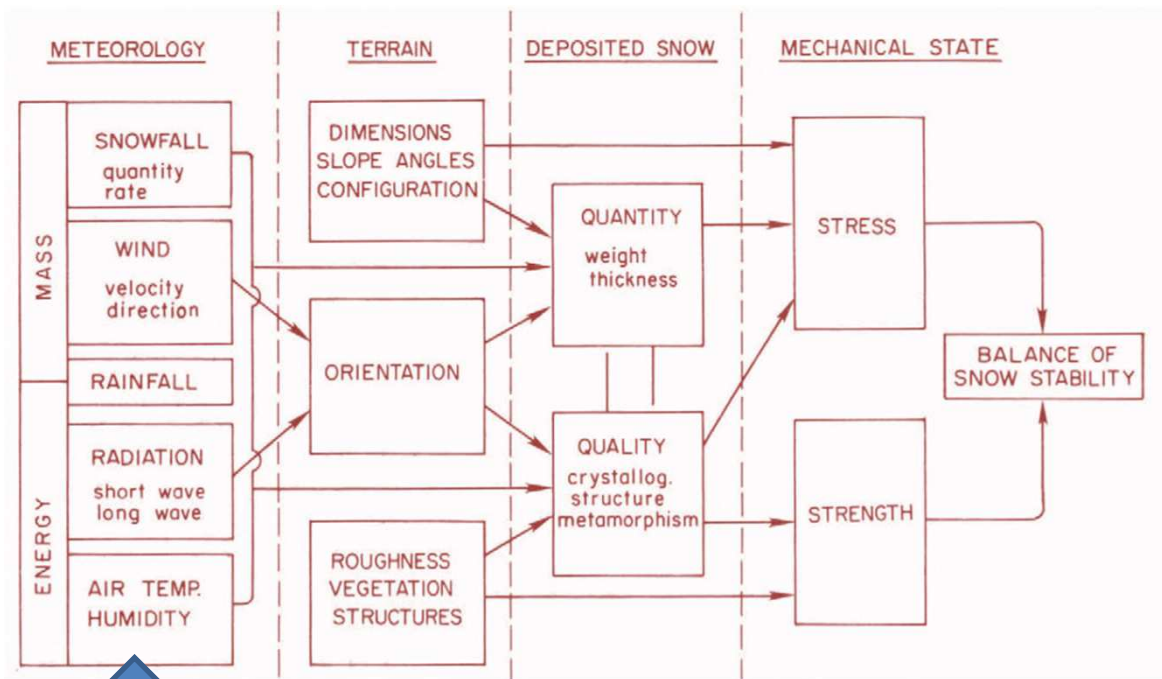
Journal of Glaciology, Vol. 26, No. 94, 1980

THE FUNDAMENTAL PROCESSES IN CONVENTIONAL AVALANCHE FORECASTING

By EDWARD R. LACHAPELLE

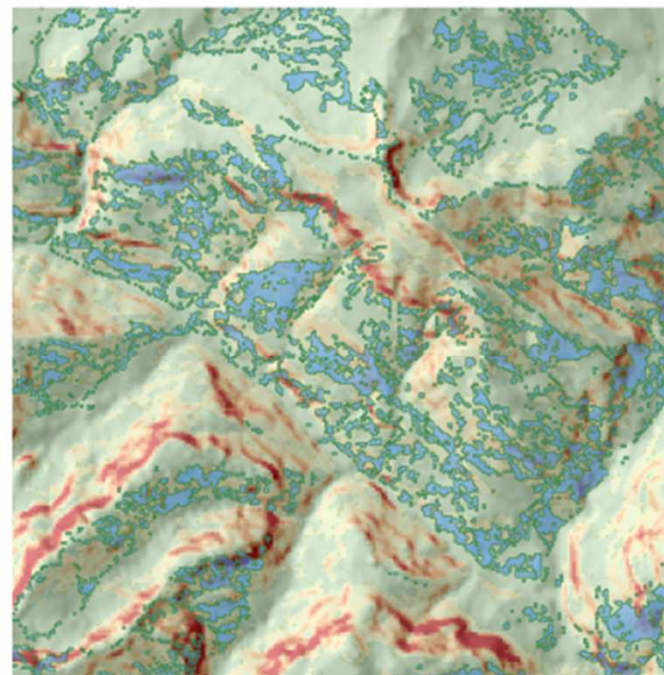
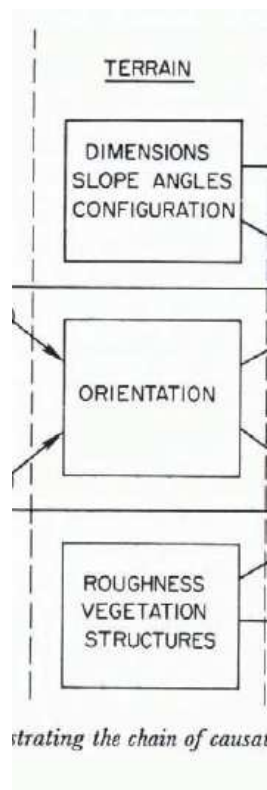
(Geophysics Program and Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, Seattle, Washington 98195, U.S.A.)

<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-glaciology/article/fundamental-processes-in-conventional-avalanche-forecasting/E5FCD7C5383FAF839493CD4A4804AAB4>



ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
Torino 17 novembre 2023

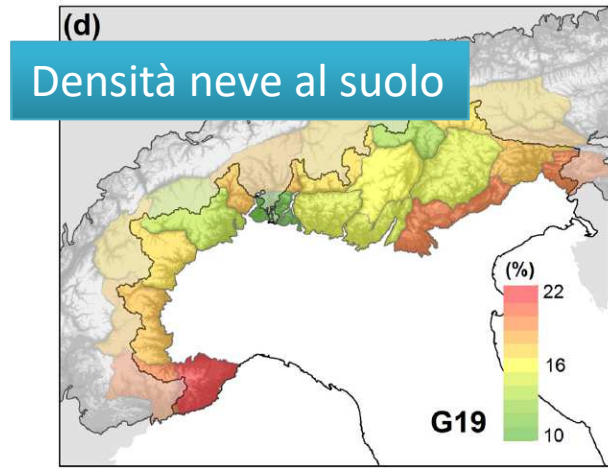
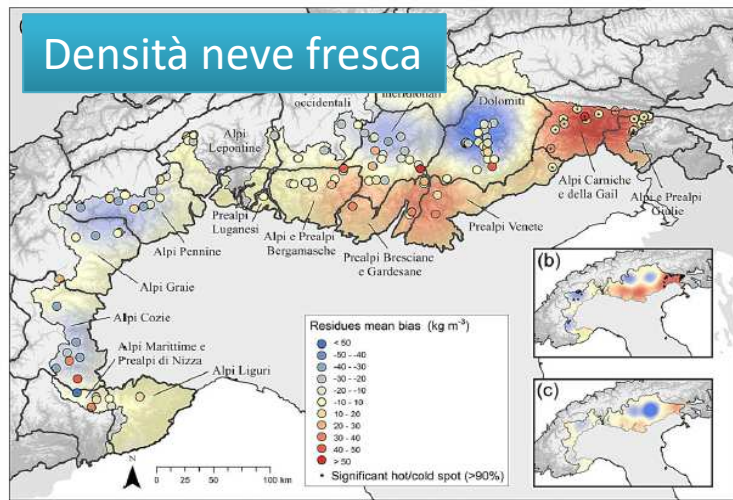
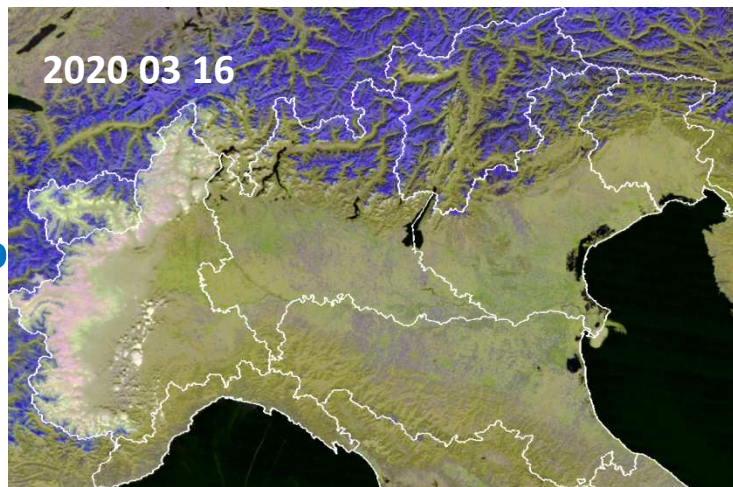
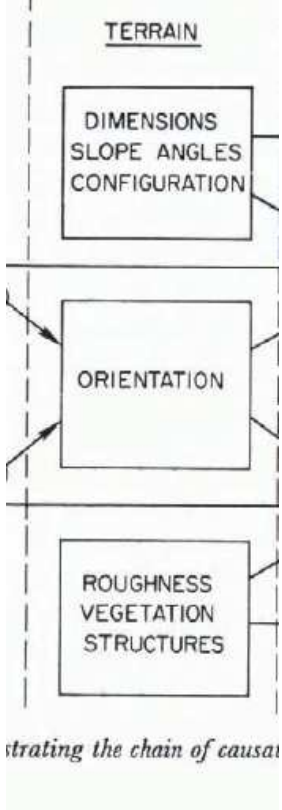
La conoscenza del proprio territorio è MIGLIORATA



Oggi giorno è facile con i GIS determinare le aree potenzialmente da valanga, ma non è sufficiente

ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
Torino 17 novembre 2023

Conoscenza del proprio territorio è migliorata anche in modo scientifico



Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Italian Alps

Nicolas Guyennon^a, Mauro Valt^{b,c,*}, Franco Salerno^d, Anna Bruna Petrangeli^e, Emanuele Romano^f

^a National Research Council, High Research Institute, 38100-CN, Trento, Italy
^b CNR IRST, 38010-Carne Rotonde, Bolzano, Italy
^c ANRVA, Via del Alpe 27, Trento, Italy
^d National Research Council, High Research Institute, 38100-CN, Trento, Italy

Received: 8 March 2018 | Accepted: 20 July 2018
 DOI: 10.1002/hyp.13249

RESEARCH ARTICLE

Recent snow cover variability in the Italian Alps

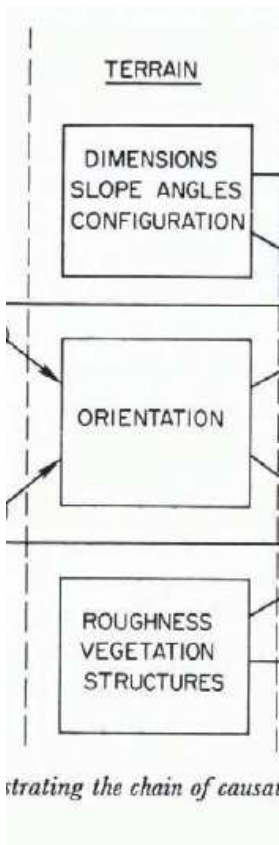
M. Valt^a, P. Cianfarra^b

^a ANRVA, Trento (Italy), ANRVA Centro Valanga di Analese, Italy
^b Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze Geologiche, Roma, Italy

- Predicting new snow density in the Italian Alps: A variability analysis based on 10 years of measurements
- <https://doi.org/10.1002/hyp.13249> ^{eli2}
 - <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2019.10285>
 - <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2010.08.008>
 - <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128532>

FIGURE 8 (a) Kernel density map and hotspot analysis of mean monthly of each station. (b) and (c) present the kernel density map and significant hot or cold spot for relatively high ($T_{\text{mean}} > -2^\circ\text{C}$) and low ($T_{\text{mean}} \leq -2^\circ\text{C}$) temperature, respectively

Però occorre essere pronti ai cambiamenti



TEMPESTA VAIA

individuazione delle aree da valanga con le immagini Sentinel-2

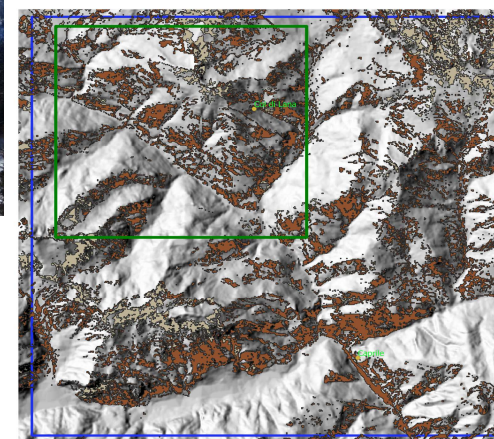
Mauro Valt
 ARPAV Veneto - Centro Valanghe di Arabba, via Pradat 5 - Arabba, 32020 Livinallongo del Col di Lana (BL) - Italy

Rosamaria Salvatori
 CNR, IIA - Institute of Atmospheric Pollution Research, Via Sabazia km 29, 300 C.P. 10, 00016 Monterotondo (Roma), Italy

Roberto Salzano
 CNR, IIA - Institute of Atmospheric Pollution Research, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI) Italy

Gianni Marigo
 ARPAV Veneto - Centro Valanghe di Arabba, via Pradat 5 - Arabba, 32020 Livinallongo del Col di Lana (BL) - Italy

L'Italia, fra il 27 e il 30 di ottobre 2018, è stata interessata da una profonda depressione atmosferica denominata "Vaia" che ha generato violentissime raffiche di vento, mareggiate e piogge alluvionali soprattutto sulle Alpi Orientali dove sono stati misurati anche più



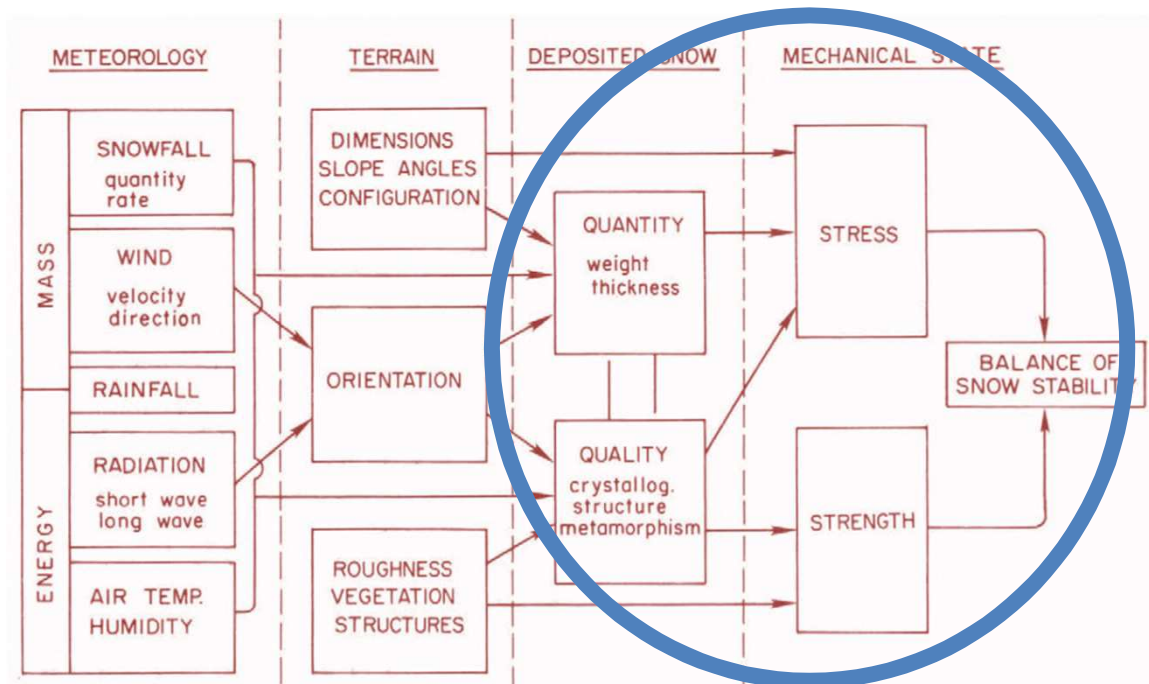
https://aineva.it/wp-content/uploads/Pubblicazioni/Rivista93/NV93_4.pdf

ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
 Torino 17 novembre 2023



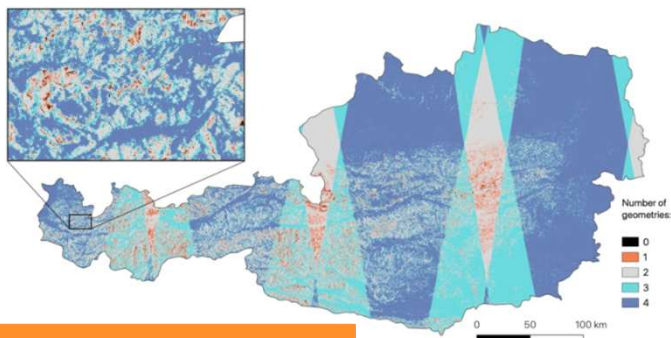
La conoscenza della stabilità del manto nevoso è migliorata ma non alla stessa velocità degli altri parametri

La parte più difficile da comprendere è **la stabilità** del manto nevoso (prove distruttive non ripetibili)



Fra scienza e operatività (alcuni esempi)

Automated snow avalanche
monitoring for Austria: State of the
art and roadmap for future work



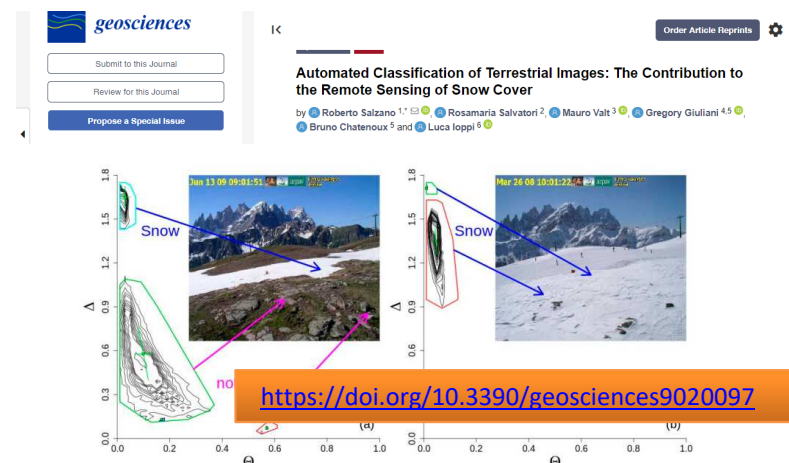
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsen.2023.1156519/full>

COSMO-SkyMed Image Investigation of Snow Features in Alpine Environment

by Simonetta Paloscia ^{1,*} Simone Pettinato ¹ Emanuele Santi ¹ and Mauro Valt ²

<https://www.mdpi.com/1424-8220/17/1/84>

ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
Torino 17 novembre 2023



On the Relationship Between Stickiness in DMRT Theory and Physical Parameters of Snowpack: Theoretical Formulation and Experimental Validation With SNOWPACK Snow Model and X-Band SAR Data

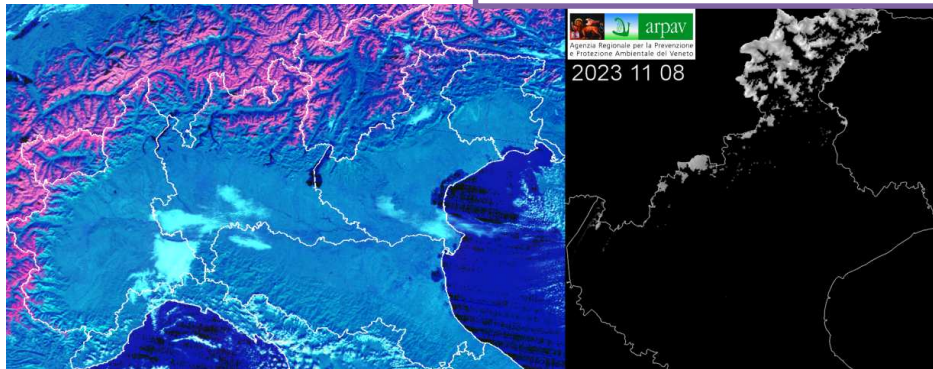
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9868152>

Performance of manual and automatic detection of dry snow avalanches in Sentinel-1 SAR images

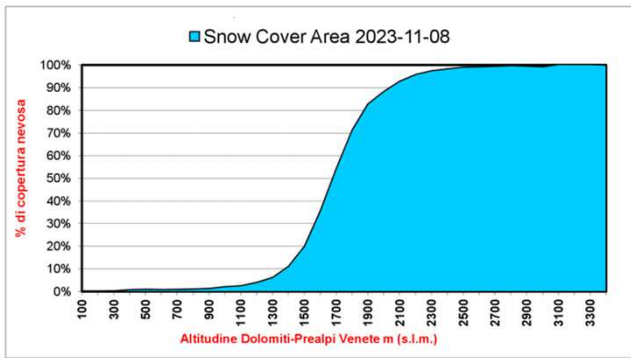
<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2022.103549>

Fra scienza e operatività (alcuni esempi)

SCA Snow Cover Area

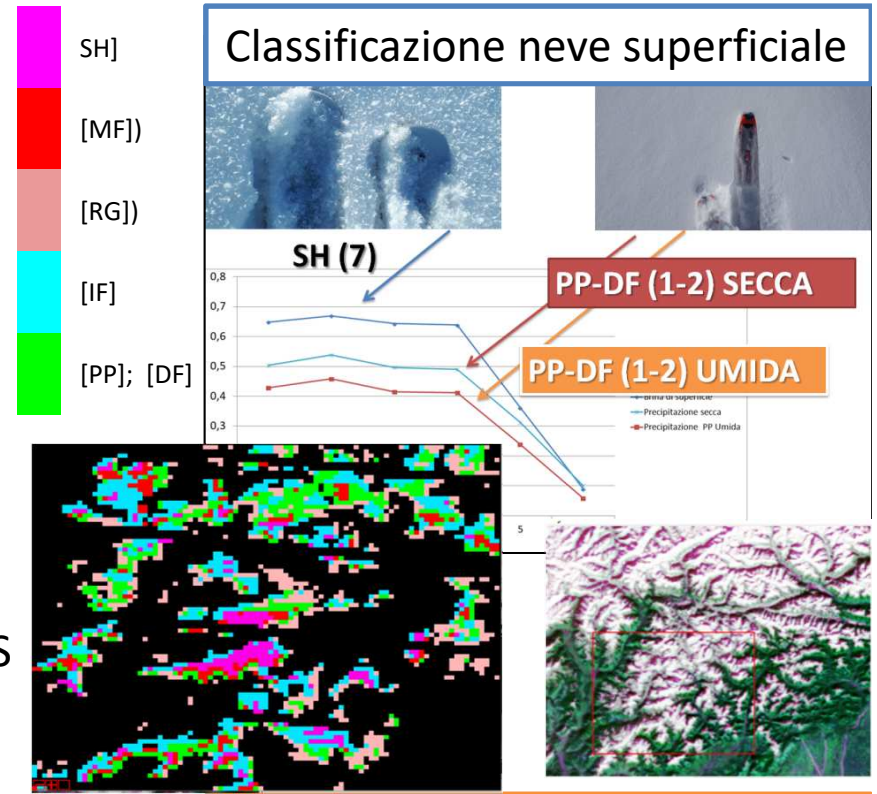


DOI: [10.13140/RG.2.1.1183.8565](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1183.8565)



IMMAGINI MODIS MOD02HKM. 3 ore dopo sono elaborate

ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt-- Torino 17 novembre 2023



<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020EGUGA..22.9411V/abstract>

<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2019/EGU2019-6452.pdf>

Modelli del manto nevoso

CROCUS sviluppato in France (Brun et al., 1989, 1992; Vionnet et al., 2012)

SNOWPACK Sviluppato in Switzerland (Lehning et al., 1999; Bartelt and Lehning, 2002; Lehning et al., 2002a, 2002b).

SNOWGRID Il modello di copertura nevosa a base fisica e distribuita spazialmente (Olefs et al., 2013) è stato sviluppato principalmente presso il Zentralanstalt di Meteorologia e Geodinamica (ZAMG, Austria).

se NORGE è un modello di manto nevoso a singolo strato che simula diverse variabili legate alla neve utilizzando un approccio di tipo approccio di tipo degreeday

Application of physical snowpack models in support of operational avalanche hazard forecasting: A status report on current implementations and prospects for the future

Samuel Morin^{a,*}, Simon Horton^{b,c}, Frank Techel^{d,e}, Mathias Bavay^d, Cécile Coléou^f, Charles Fierz^d, Andreas Gobiet^g, Pascal Hagenmuller^a, Matthieu Lafaysse^a, Matjaž Ližar^h, Christoph Mittererⁱ, Fabiano Montiⁱ, Karsten Müller^j, Marc Olefs^g, John S. Snook^k, Alec van Herwijnen^d, Vincent Vionnet^{a,l}

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165232X19302071>

The present article contributes to bridging the gap between the research community, which has devoted significant efforts to the development of snowpack modelling chains and proposed visualization of output data, and operational avalanche forecasting centers, which have gathered experience and expressed challenges about the use of such models. This article describes the snowpack models used operationally,



PREVISIONE VALANGHE OPERATIVITA'

La modellistica è importante poiché costituisce un supporto oggettivo al previsore valanghe che deve, fra le molte variabili, scegliere quelle che sono più importanti nel contesto previsionale.

Il lavoro del previsore valanghe, scientifico che sa e sa stare sulla neve, è di fondamentale importanza specie nei **momenti decisionali di emergenza quando la velocità di decisione è fondamentale** per la pubblica incolumità.

<https://snowpack.slf.ch/>

SNOWPACK, è il modello che negli ultimi 10 anni si è maggiormente sviluppato e che, nella sua versione distribuita da Alpsolut, meglio simula le nevi italiane.

La neve si risolve con equazioni uguali ma, la tipologia di clima (mediterraneo e non continentale come a Davos), di strumenti di misura, la metodologia di installazione delle stazioni, hanno le loro influenze sulle performance di ogni modello

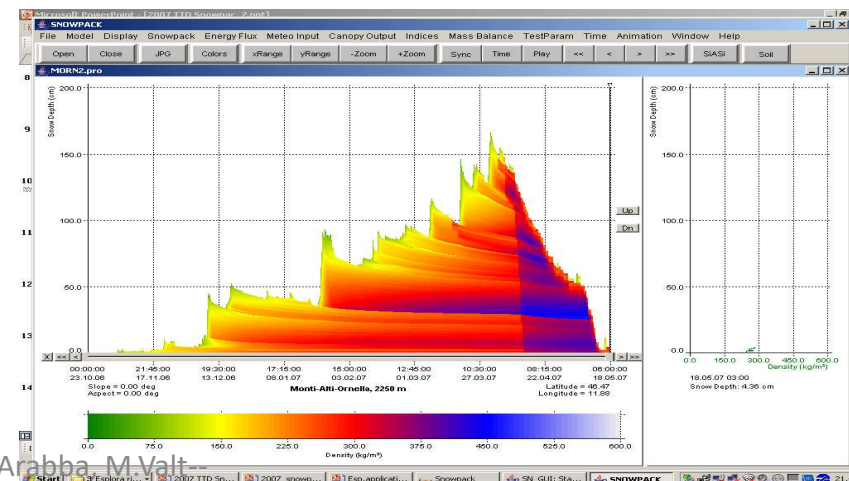
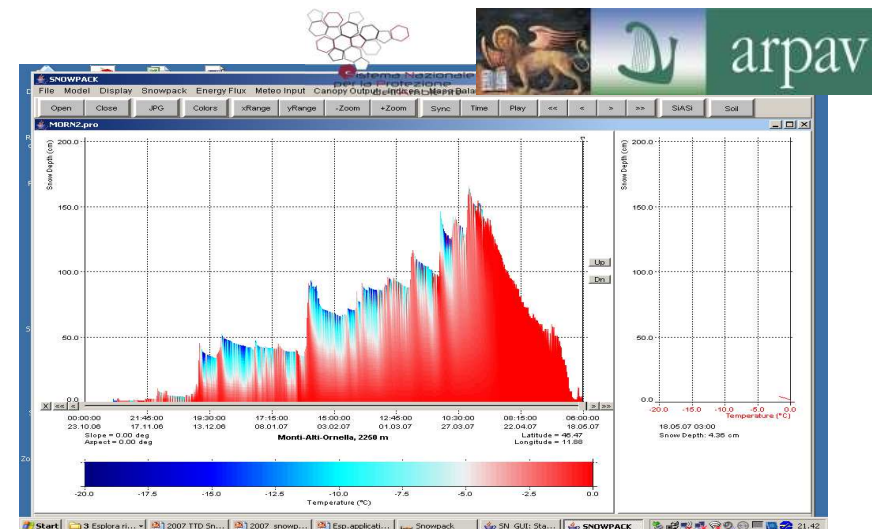
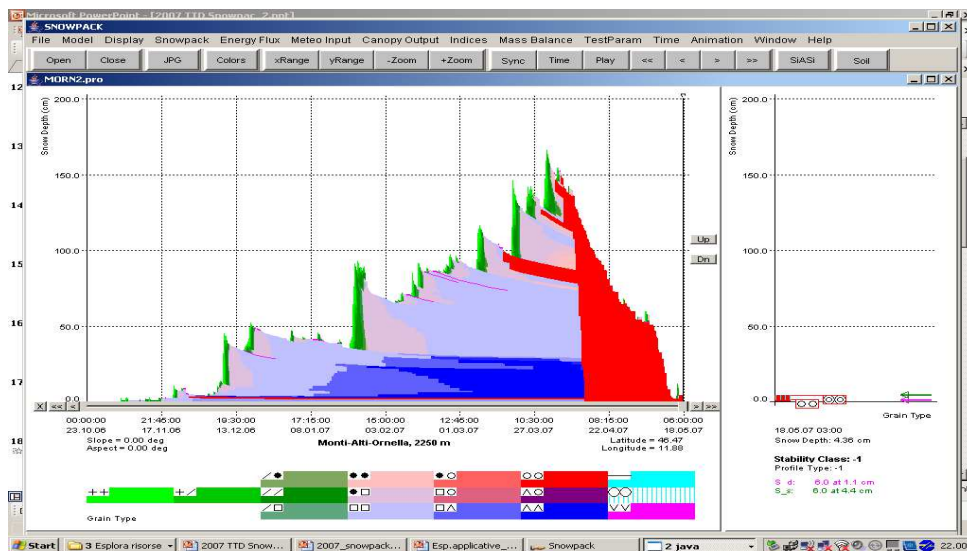
Dati di input

- velocità del vento (m/s)
- velocità del vento-raffiche (m/s)
- direzione del vento (0-360°)
- temperatura dell'aria (°C)
- umidità relativa (%)
- altezza della neve (cm)
- temperatura superficiale della neve (°C)
- temperatura dell'interfaccia neve - terreno (°C)
- radiazione solare ad onde corte incidente e/o riflessa (W/m²)
- precipitazione (mm/h).



La qualità del dato di input condiziona i risultati
SNOWPACK si affida internamente alla libreria
di pre-elaborazione dei dati meteorologici MeteolO

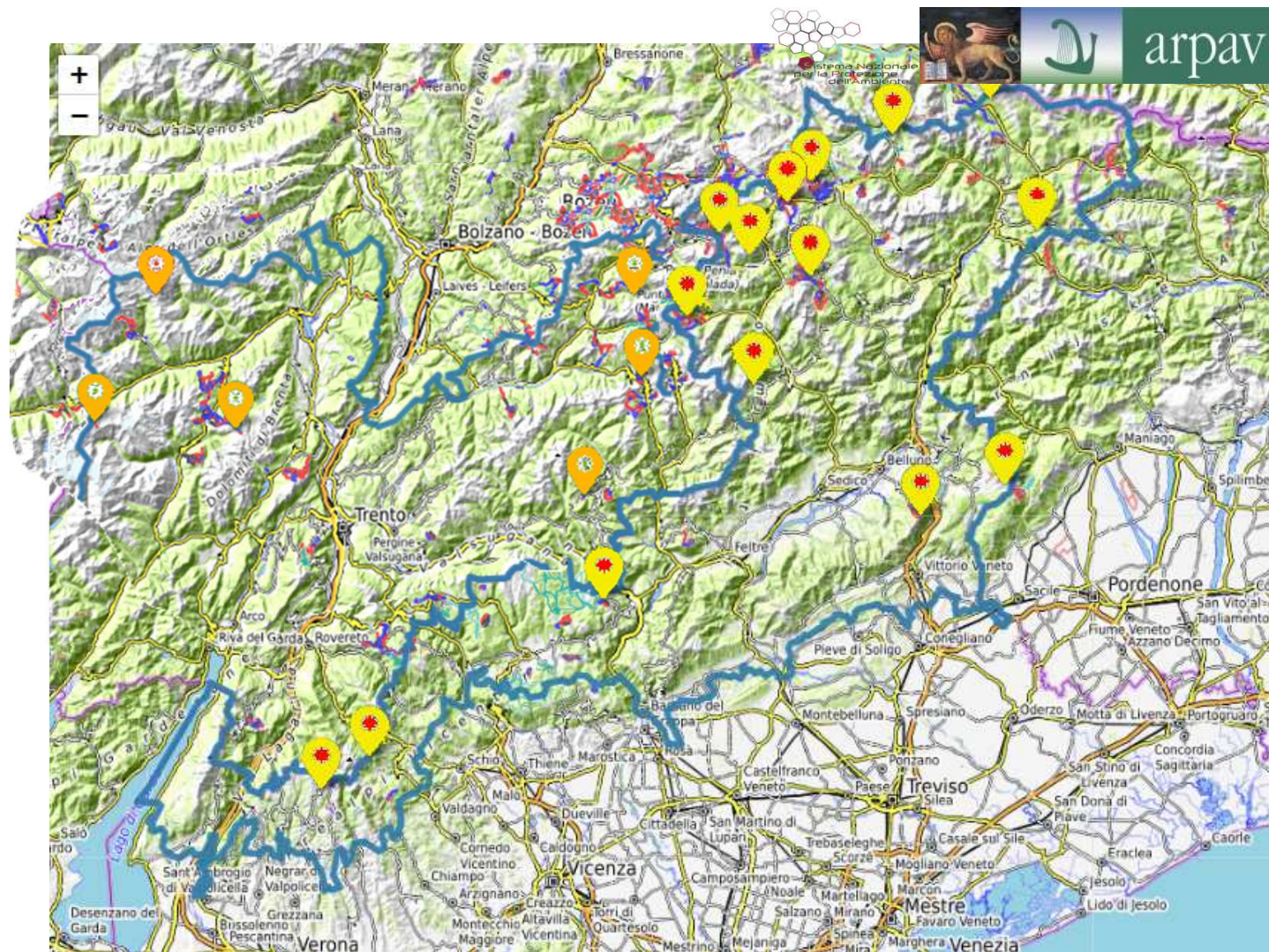
Temperatura della neve, stratigrafia, densità



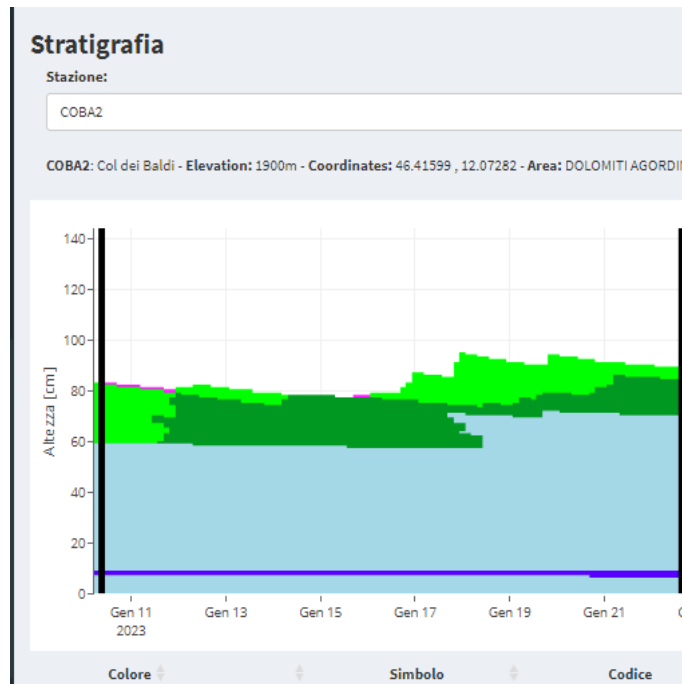
ARPAV-Centro Valanghe Arabba - M. Valt
Torino 17 novembre 2023

SnowPack

Rete del Veneto
Ree del Trentino

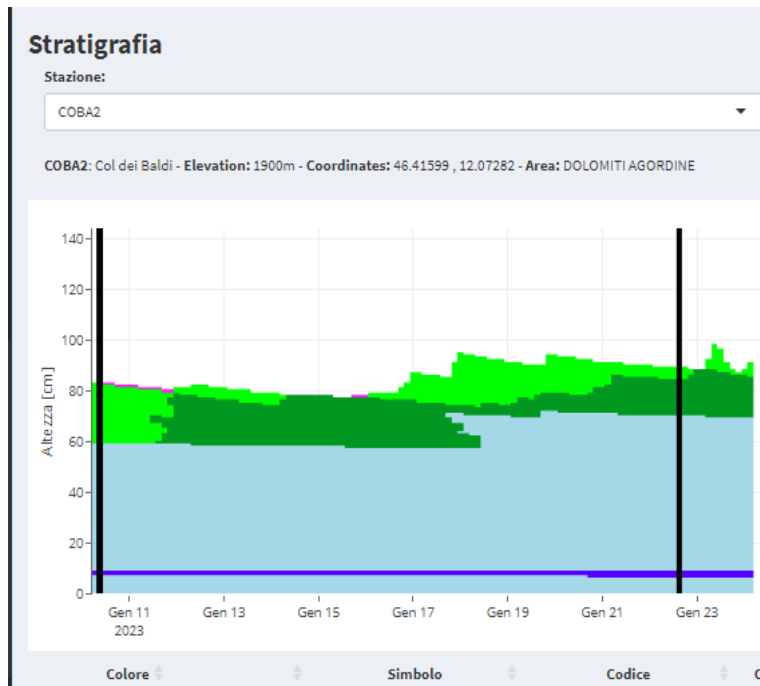


SIMULAZIONI IN NOWCASTING



- La simulazione in nowcasting è l'applicazione classica del modello e il processo è il seguente:
- i dati misurati sul campo sono trasmessi ai server di calcolo
- quindi sono filtrati tramite un sistema di algoritmi scelti specificatamente per le tipologie dei dati di input
- sono calcolate le interpolazioni temporali in modo da prevenire eventuali interruzioni delle serie di dati
- sono generati eventuali parametri mancanti
- sono calcolate le simulazioni del manto nevoso e dei parametri nivo-meteorologici
- le elaborazioni sono restituite sia sul dashboard che con i file *.pro e *.met

SIMULAZIONI IN FORECASTING



- Il modello SNOWPACK è utilizzato anche per simulare l'evoluzione della stratigrafia in modalità previsionale.
- L'impostazione classica della catena di simulazione prevede la realizzazione di un sistema completamente indipendente da quello impostato per le simulazioni in nowcasting.
- La catena previsionale utilizza come input i dati meteorologici ed è inizializzata dall'ultima stratigrafia disponibile prodotta dalla catena nowcasting.
- Sostanzialmente, l'ultima simulazione del manto nevoso disponibile per i dati misurati è fatta evolvere nel tempo in funzione delle condizioni meteorologiche previste (dati di COSMO 2, 5).
- Questa modalità di simulazione produce simulazioni per l'esatta posizione della stazione e/o lungo i pendii virtuali.

SIMULAZIONI IN FORECASTING

- Il modello SNOWPACK è utilizzato anche per simulare l'evoluzione della stratigrafia in modalità previsionale.

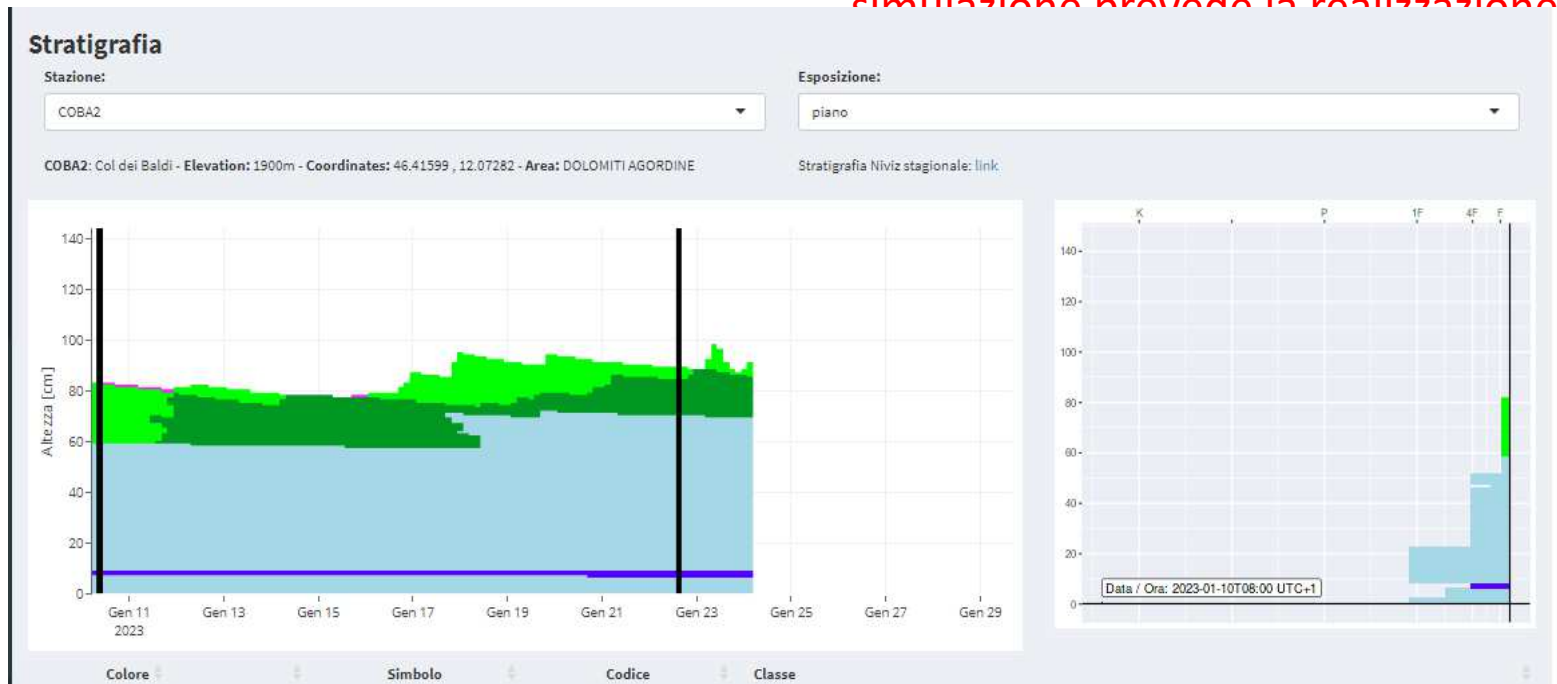
- L'impostazione classica della catena di simulazione prevede la realizzazione di un

da quello sting.

input i dati clima catena

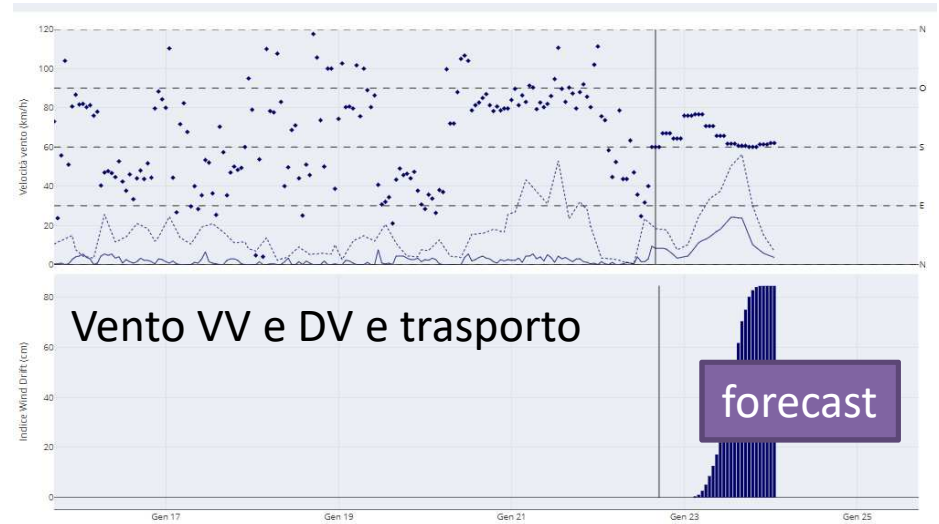
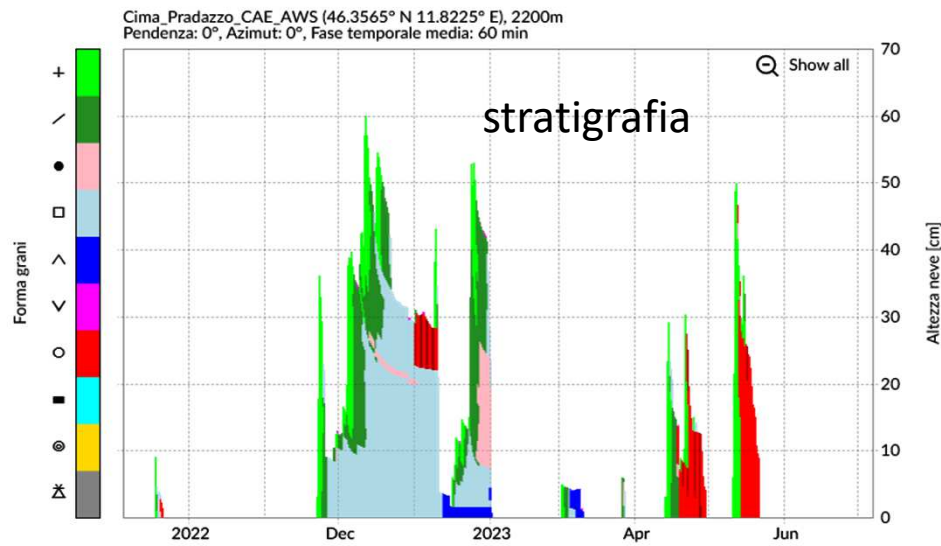
del manto è fatta condizioni (NO 2, 5).

ice a stazione



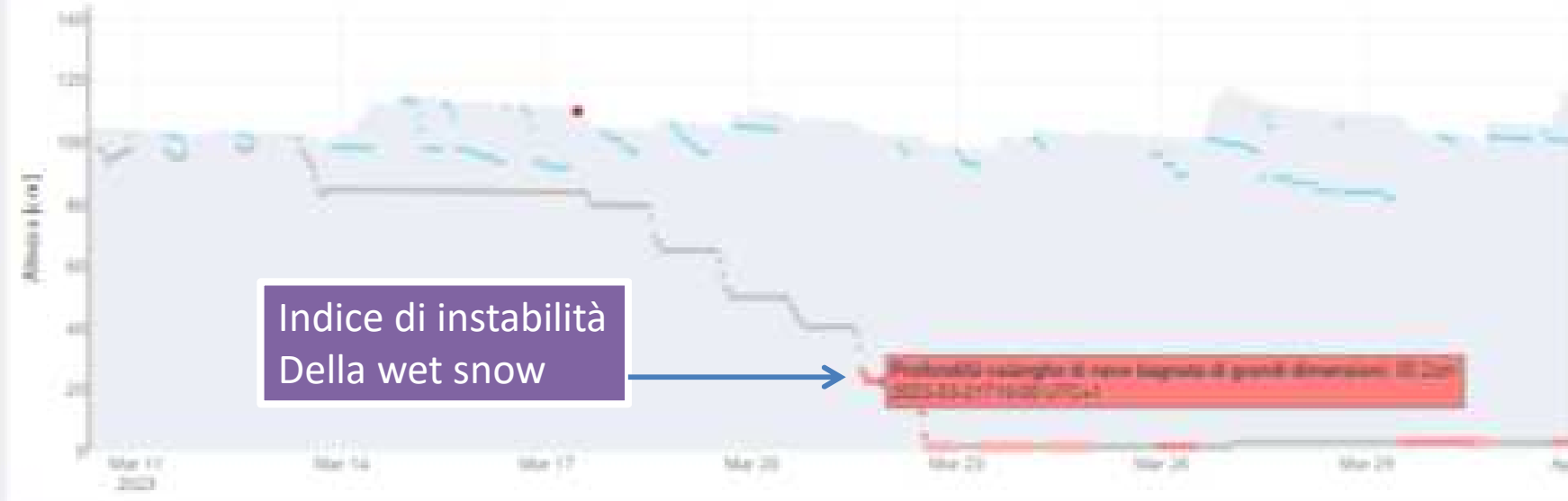
ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
Torino 17 novembre 2023

SNOWPACK alcuni output



ARPAV-Centro Valanghe
Torino 17 noverr

INDICE INSTABILITA' DELLA NEVE BAGNATA

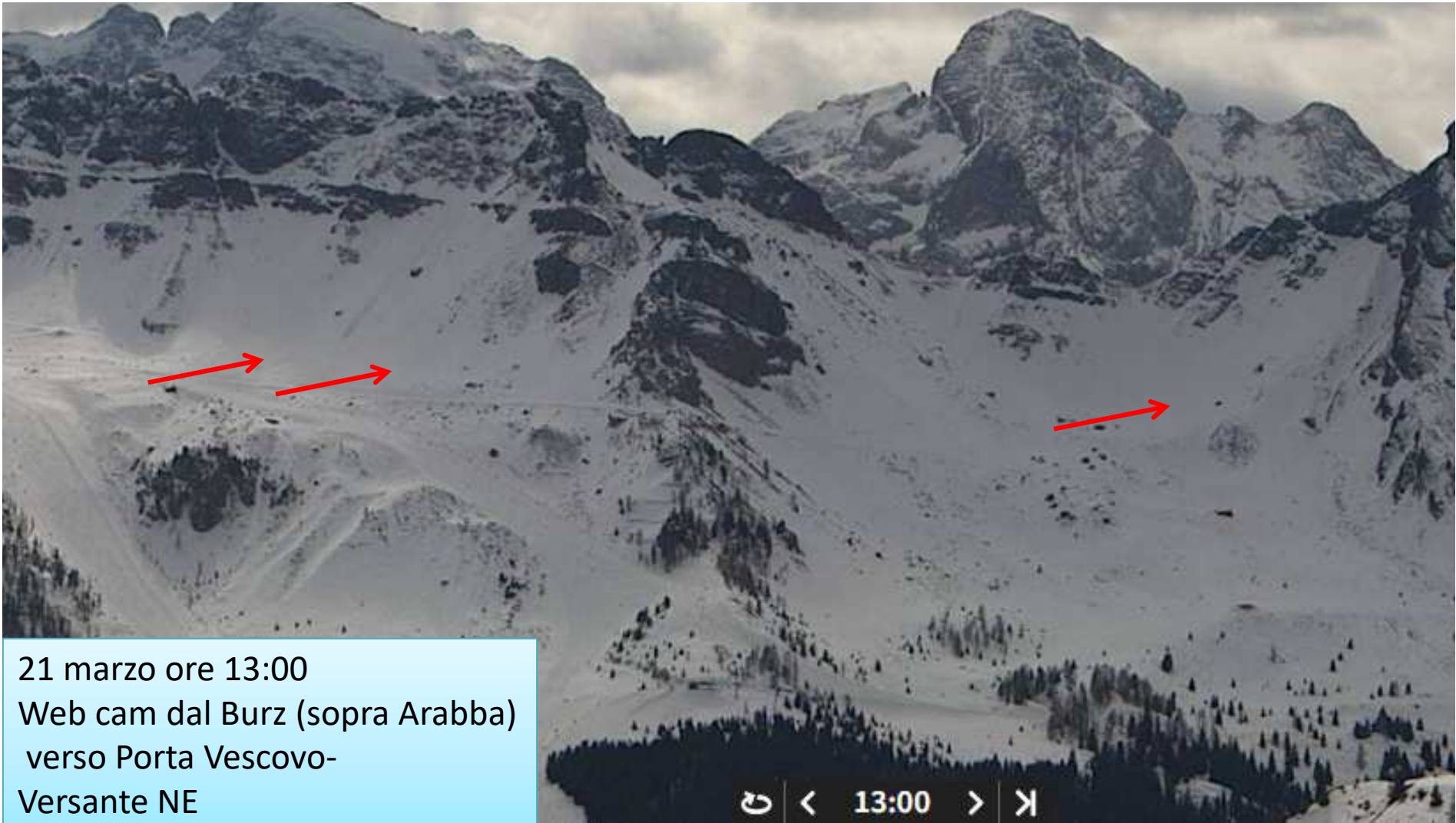


Indice di instabilità Della wet snow

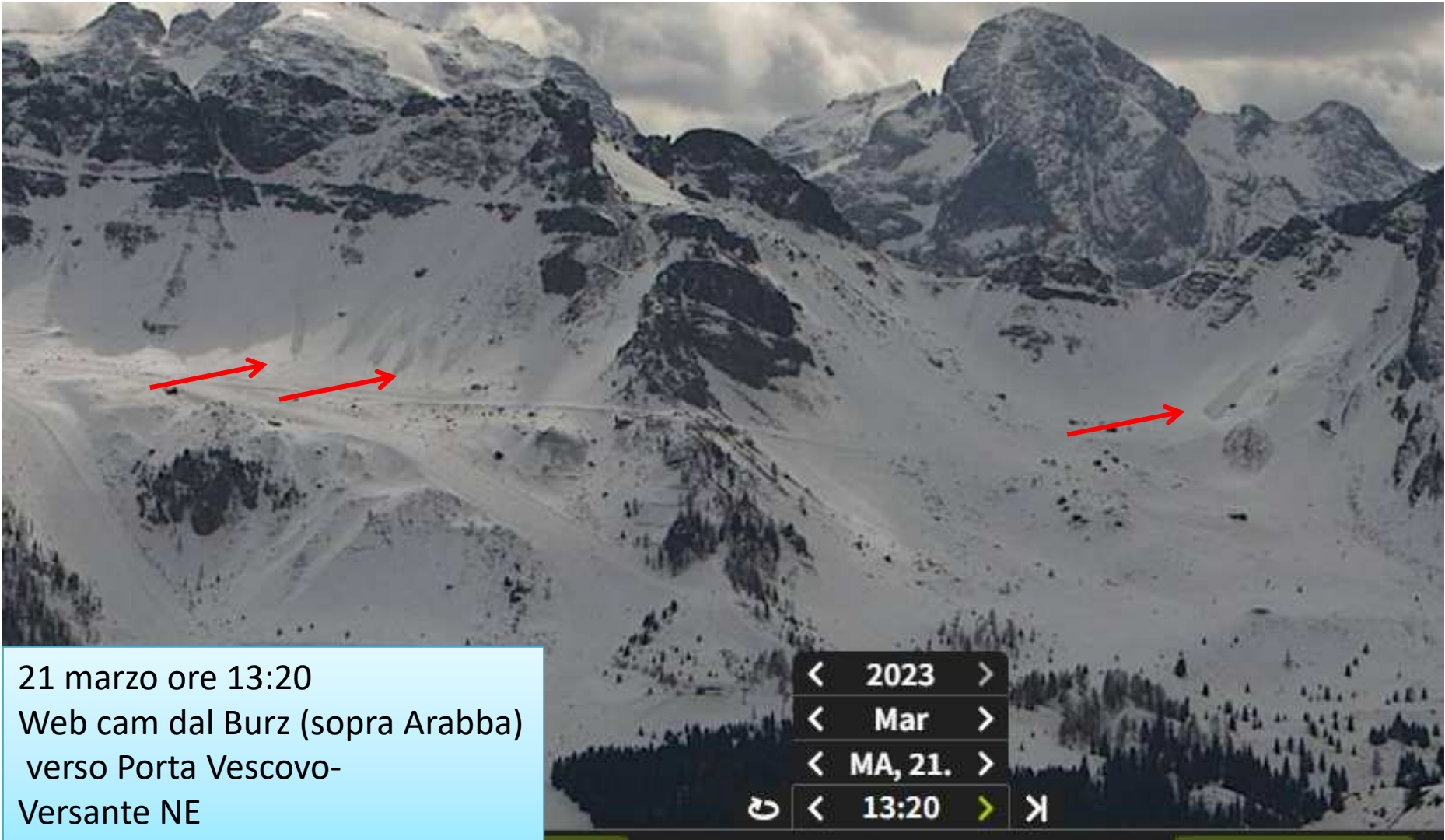
Indice di instabilità della neve bagnata di grandi dimensioni di 200-300 cm di altezza

Classe	Descrizione
■	Area instabile di neve bagnata
■	Instabile di neve bagnata
■	Instabile di neve bagnata di grandi dimensioni
■	Instabile di neve bagnata di fondo
■	Spessore di ghiaccio superficiale

Scusate per la pessima definizione



21 marzo ore 13:00
Web cam dal Burz (sopra Arabba)
verso Porta Vescovo-
Versante NE



21 marzo ore 13:20
Web cam dal Burz (sopra Arabba)
verso Porta Vescovo-
Versante NE

< 2023 >

< Mar >

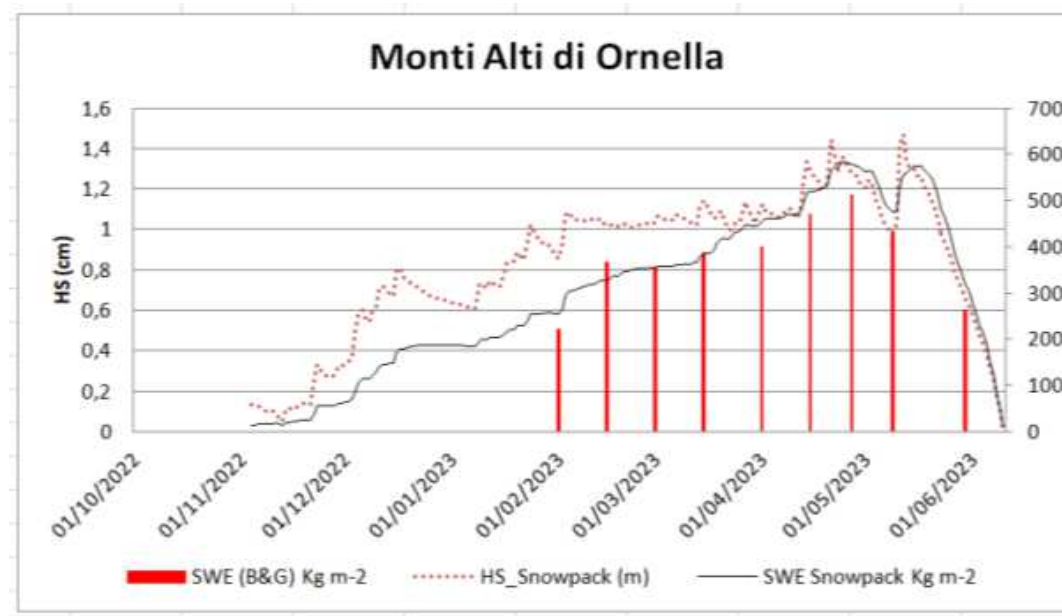
< MA, 21. >

↻ < 13:20 > ✕

SWE DENSITA'

Il modello simula molto bene i valori di SWE del manto nevoso.

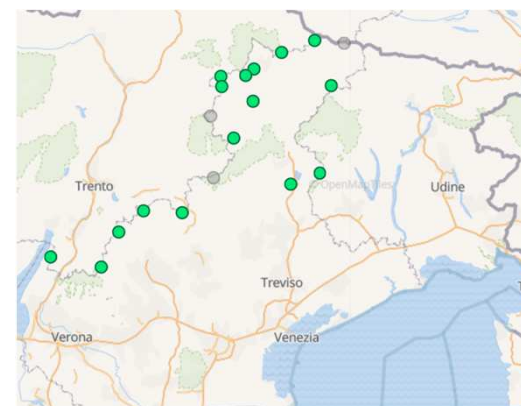
Nel grafico sono riportati i valori di SWE in mm misurati con la metodologia Berni Giancanelli (carotaggio dell'intero manto nevoso) e quelli simulati dal modello.



Verifiche incrociate con altri sensori
Campbell raggi gamma
Rete sensori CRNS (Cosmic Ray Neutron Sensing)

https://aineva.it/wp-content/uploads/Pubblicazioni/Rivista95/NV95_2.pdf

ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
Torino 17 novembre 2023



Spazializzazione del dato simulato



Snow cover models evaluation



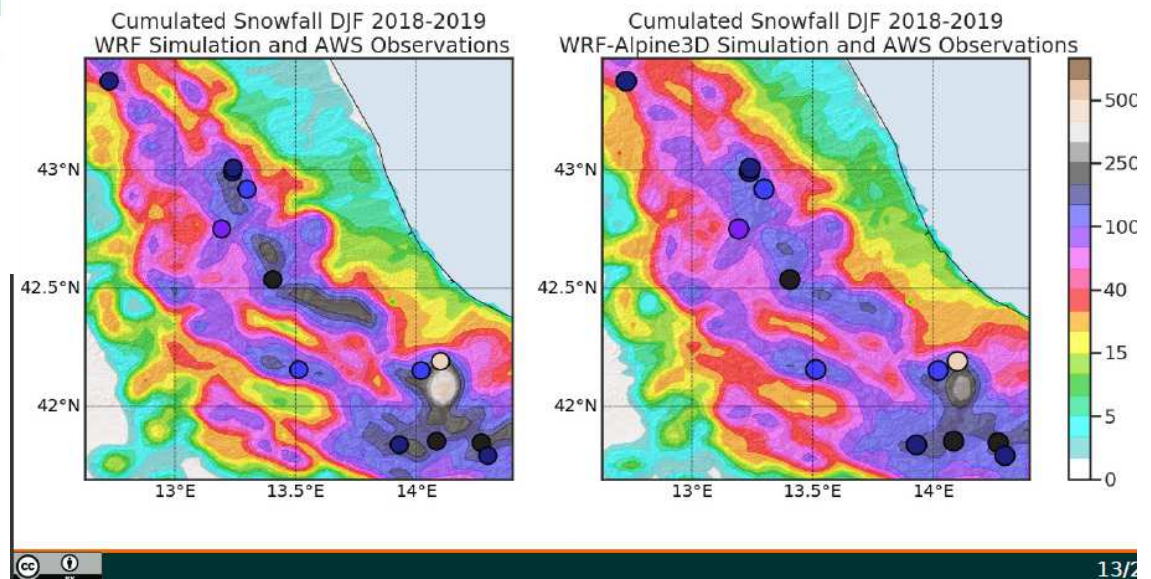
Snowpack modelling in Central Italy: analysis and comparison of high-resolution WRF-driven Noah LSM and Alpine3D simulations

Edoardo Raparelli
edoardo.raparelli@uniroma1.it

University of Roma Sapienza
Center of Excellence CETEMPS



<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020EGUGA..2219408R/abstract>



ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
Torino 17 novembre 2023

Futuro

Cold Regions Science and Technology 170 (2020) 102910



Contents lists available at ScienceDirect

Cold Regions Science and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/coldregions



Application of physical snowpack models in support of operational avalanche hazard forecasting: A status report on current implementations and prospects for the future



Samuel Morin^{a,*}, Simon Horton^{b,c}, Frank Techel^{d,e}, Mathias Bavay^d, Cécile Coléou^f, Charles Fierz^g, Andreas Gobiet^h, Pascal Hagenmüller^h, Matthieu Lafaysseⁱ, Matjaž Ližar^h, Christoph Mitterer^j, Fabiano Monti^k, Karsten Müller^l, Marc Olefs^h, John S. Snook^h, Alec van Herwijnen^d, Vincent Vionnet^{a,1}

^a Univ. Grenoble Alpes, Université de Toulouse, Méteo-France, CNRS, CNRM, Centre d'Etudes de la Neige, 38000 Grenoble, France

^b Simon Fraser University, Burnaby, BC, Canada

^c Avalanche Canada, Revelstoke, Canada

^d WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Switzerland

^e University of Zurich, Switzerland

^f Méteo-France, DiOP/Cellule Montagne Nivologie, 38000 Grenoble, France

^g Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG, Vienna, Austria

^h National Meteorological Service of Slovenia, Slovenia

ⁱ AlpSobat, Livigno, Italy

^j Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Oslo 0368, Norway

^k Colorado Avalanche Information Center (CAIC), Boulder, CO, USA

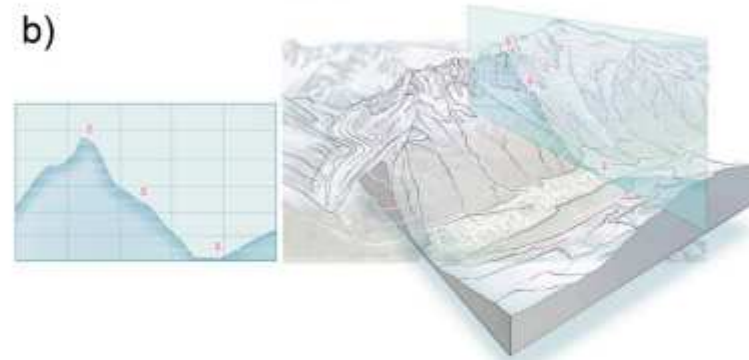
^l Centre for Hydrology, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165232X19302071?via%3Dihub>

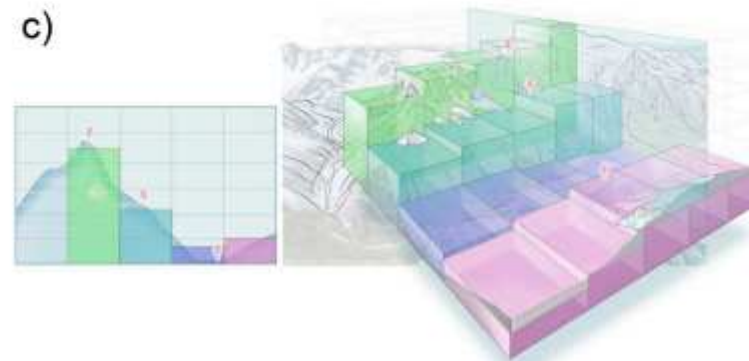
a)



b)



c)



ARPAV-Centro Valang
Torino 17 novembre 2023

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 22, 2031–2056, 2022
https://doi.org/10.5194/nhess-22-2031-2022
© Author(s) 2022. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Natural Hazards
and Earth System
Sciences



Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland

Cristina Pérez-Guillén¹, Frank Techel¹, Martin Hendrick¹, Michele Volpi², Alec van Herwijnen¹, Tasko Oleviski², Guillaume Obozinski², Fernando Pérez-Cruz^{2,3}, and Jürg Schweizer¹

¹WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Switzerland

²Swiss Data Science Center, ETH Zurich and EPFL, Zurich, Switzerland

³Department of Computer Science, ETH Zurich, Zurich, Switzerland

Correspondence: Cristina Pérez-Guillén (cristina.perez@slf.ch)

Received: 11 November 2021 – Discussion started: 22 November 2021

Revised: 14 April 2022 – Accepted: 14 April 2022 – Published: 14 June 2022

Abstract. Even today, the assessment of avalanche danger is by and large a subjective yet data-based decision-making process. Human experts analyse heterogeneous data volumes, diverse in scale, and conclude on the avalanche scenario based on their experience. Nowadays, modern machine

similar to the agreement rate between forecast and nowcast assessments of the current experience-based Swiss avalanche forecasts (which is estimated to be 76 %). The models performed consistently well throughout the Swiss Alps, thus in different climatic regions, albeit with some regional differ-

<https://nhess.copernicus.org/articles/22/2031/2022/>

ARPAV-Centro Valanghe Arabba, M.Valt--
Torino 17 novembre 2023

SNOWPACK model in avalanche warning in Switzerland

Nowcast

>120 automated weather stations
at elevations of potential starting zones

SNOWPACK model
- flat study plot
- four virtual aspects (N, E, S, W – 38°)

Forecast

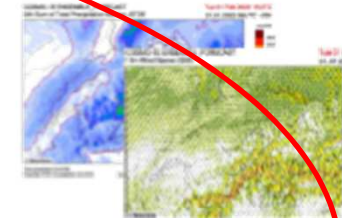
NWP COSMO 1 km – up to 33 hours ahead
- downscaled to location of AWS

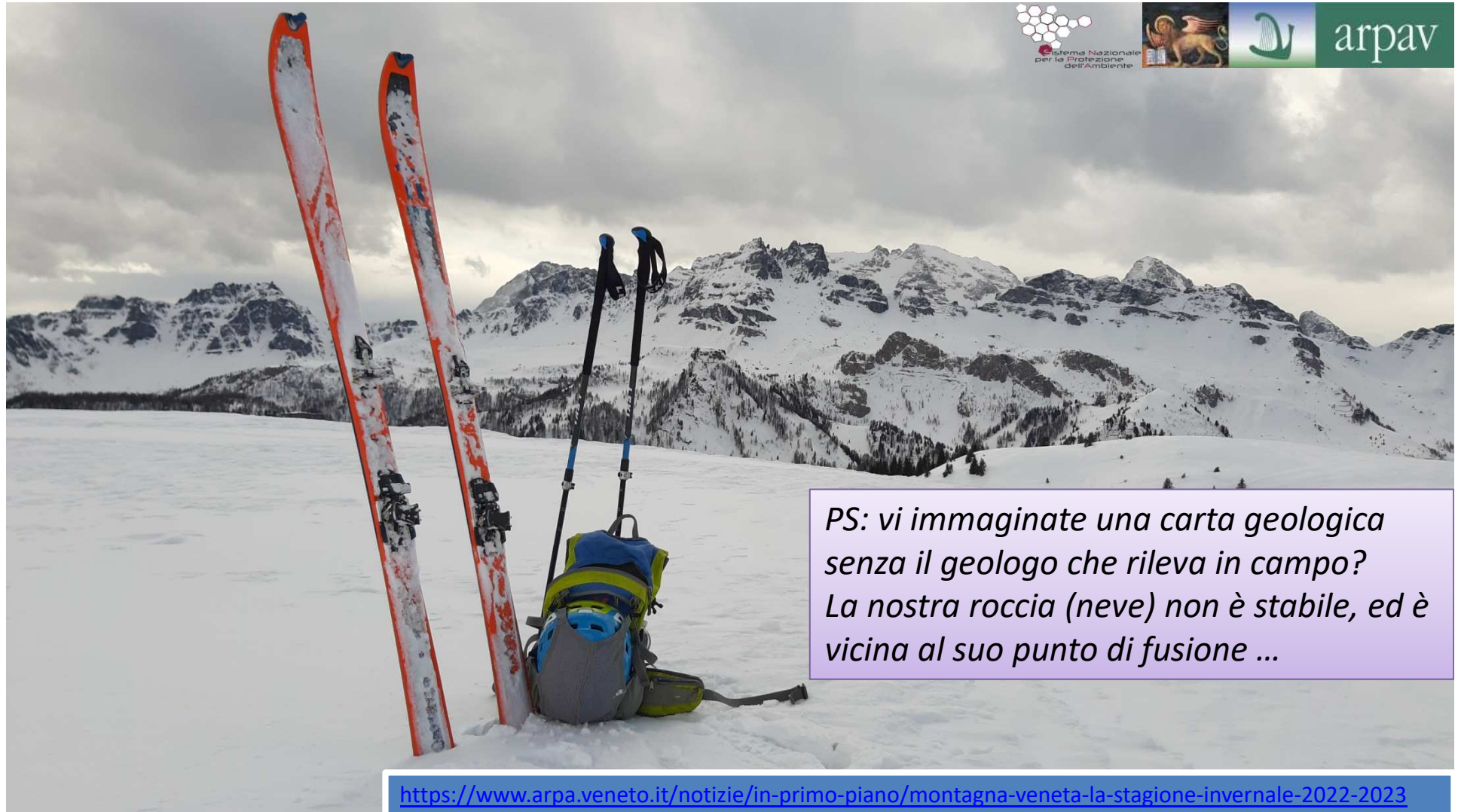
SNOWPACK model
- flat study plot
- four virtual aspects (N, E, S, W – 38°)

Combine SNOWPACK simulations with machine learning models
- to help interpreting SNOWPACK output
- to predict parameters relevant for forecasting.

Futuro machine learning-

Anche in italia





*PS: vi immaginate una carta geologica
senza il geologo che rileva in campo?
La nostra roccia (neve) non è stabile, ed è
vicina al suo punto di fusione ...*



Grazie per l'attenzione

- Di Mauro Valt
- Arpa Veneto- Centro Valanghe di Arabba
- Mauro.valt@arpa.veneto.it