

# I cambiamenti climatici in ambiente alpino: il progetto ClimADA



**Antonio Ballarin Denti**  
*Chairman, Scientific Committee*  
*Fondazione Lombardia per l'Ambiente*

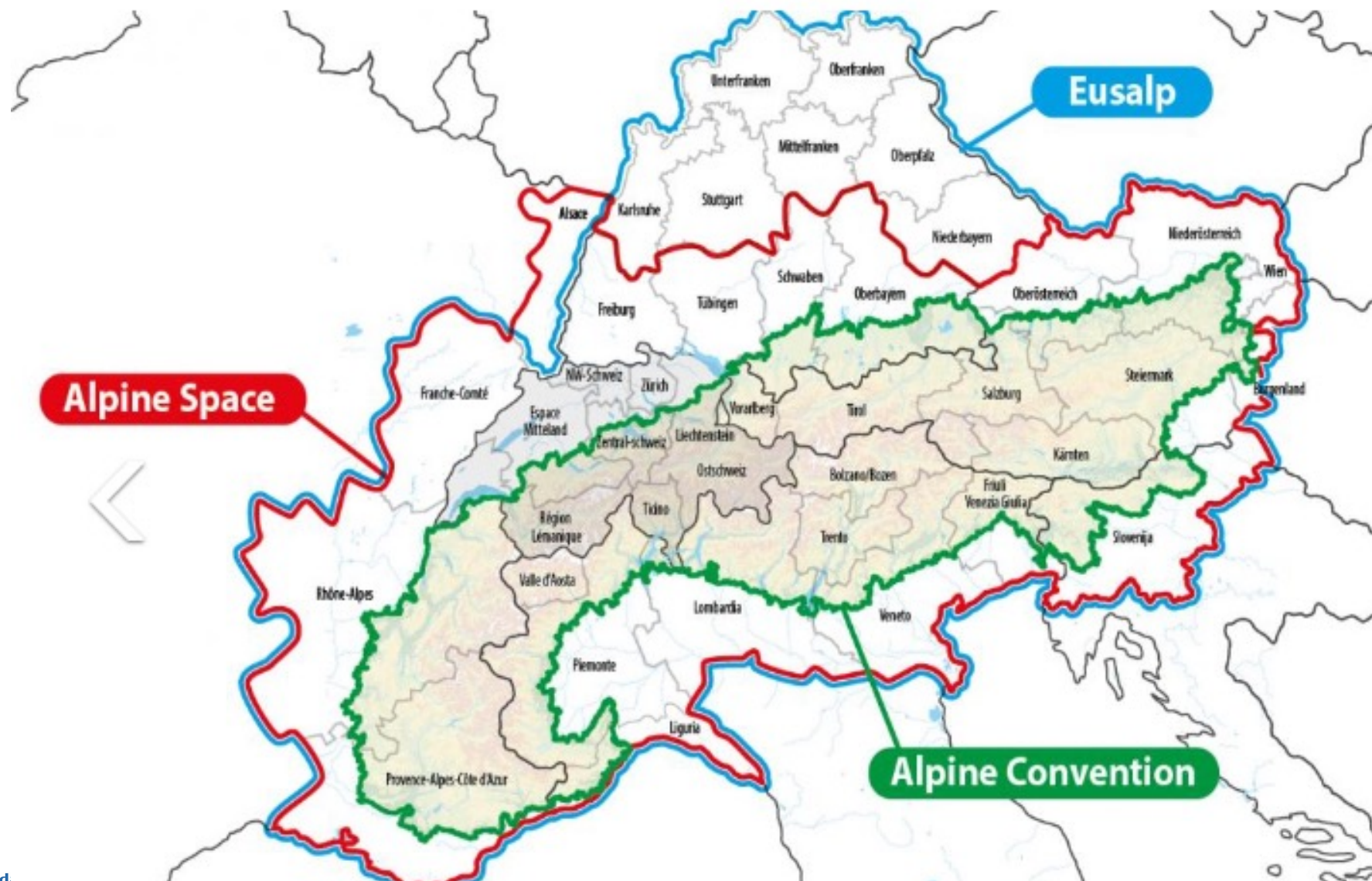


22/07/2  
2

1

<http://www.climada.eu/>

# Il territorio alpino



# Le Alpi

Area: 190.959 km<sup>2</sup>

30.000 specie animali

13.000 specie vegetali

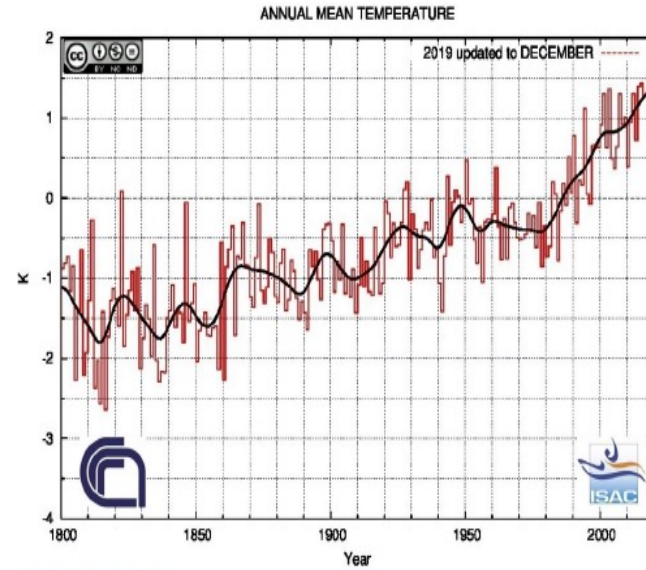
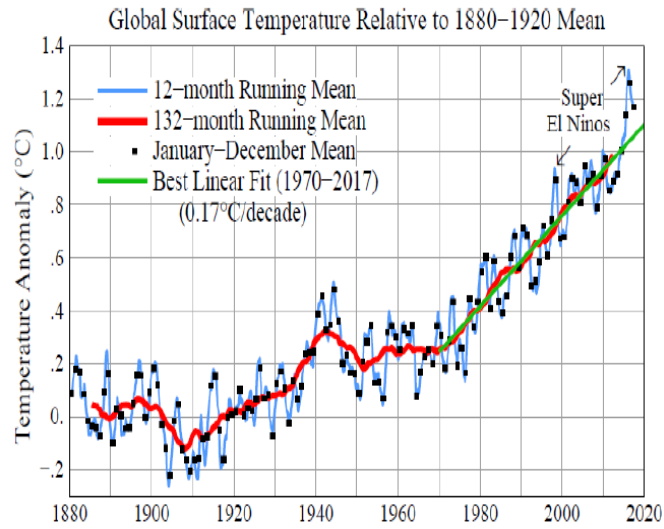
14 milioni di abitanti

5.867 comuni

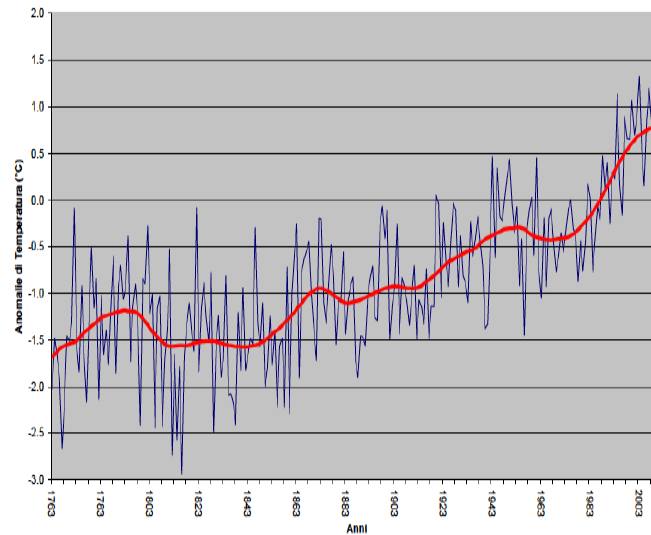
100 milioni di turisti l'anno



# Il cambiamento climatico: aumento della temperatura media



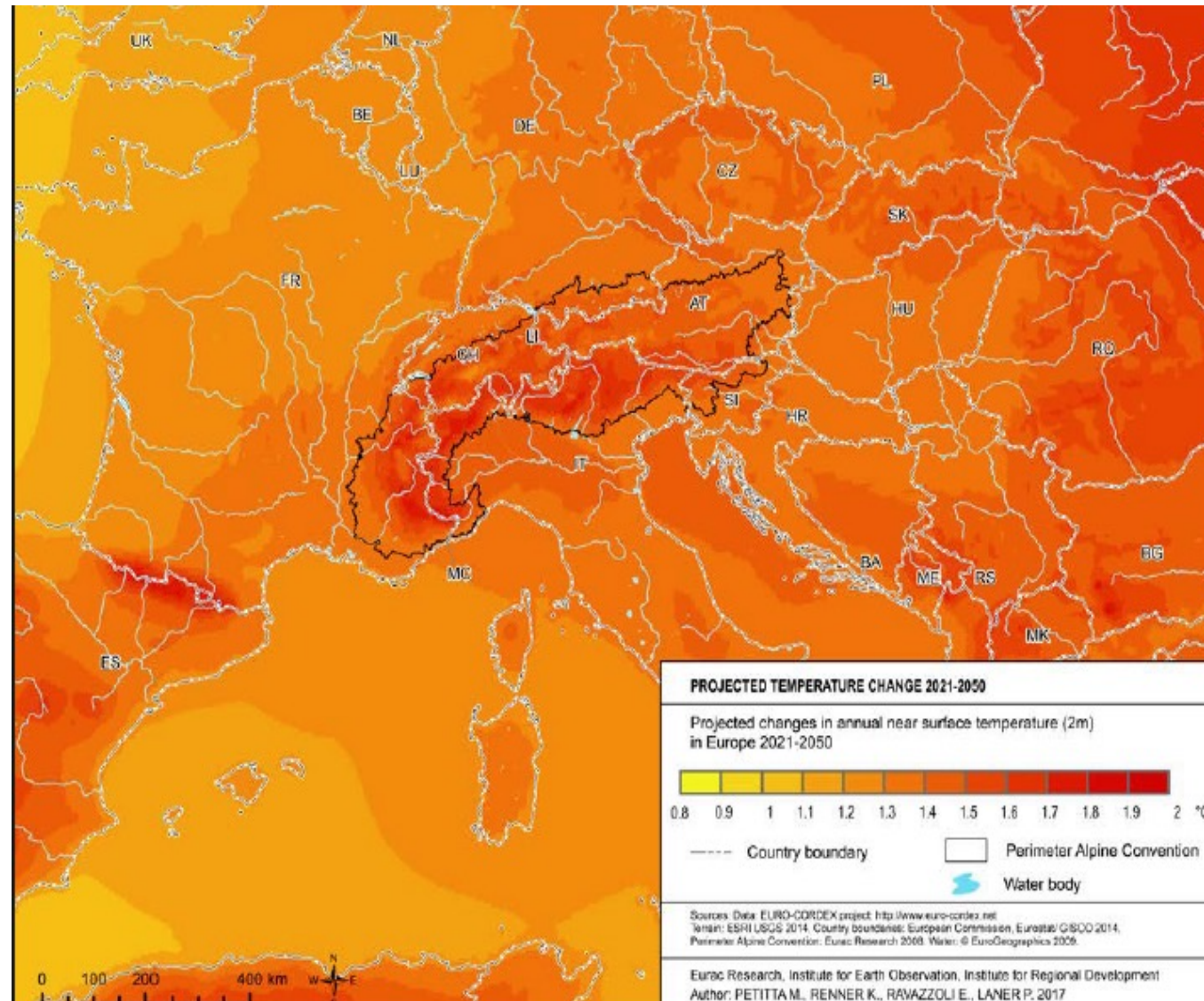
Globale



Italia

Lombardia

# Variazione attese di temperatura 2021-2050 (scenario RCP 4.5)



# Rischi naturali e cambiamento climatico in ambiente alpino



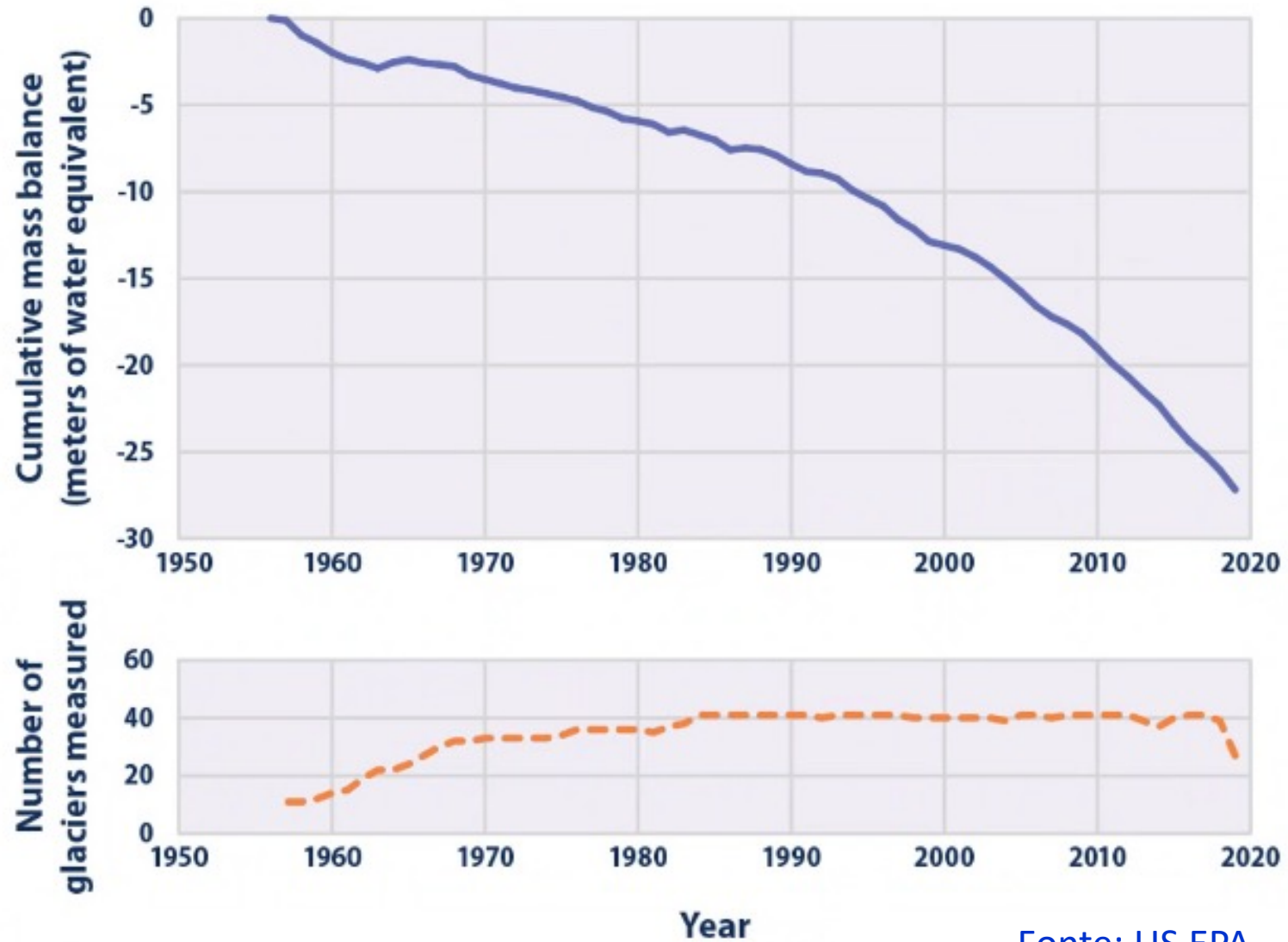
- Alluvioni
- Valanghe
- Erosione e frane
- Incendi boschivi
- Scioglimento dei ghiacciai e del permafrost



# L'impatto del cambiamento climatico sulle aree alpine

- **Aumenti di temperature sensibilmente più elevati** (oltre 2 volte la media globale)
- **Alterazione del regime delle precipitazioni** : criticità stagionali
- **Alterazioni del sistema idrologico** : variazioni di portata, alluvioni, siccità, cambiamento dell'innevamento etc. e relativi impatti sociali ed economici
- **Pressioni sul sistema geo-morfologico** : erosione, instabilità, frane, etc
- **Aumento di incidenza di eventi estremi** : impatto su salute e rischi naturali
- **Conflitti per l'uso di risorse** (es. acqua): agricoltura, turismo, idroelettrico ...
- **Effetti sulla salute, sul benessere umano e sull'economia locale.**

# Cambiamento climatico e bilancio di massa dei ghiacciai nel mondo

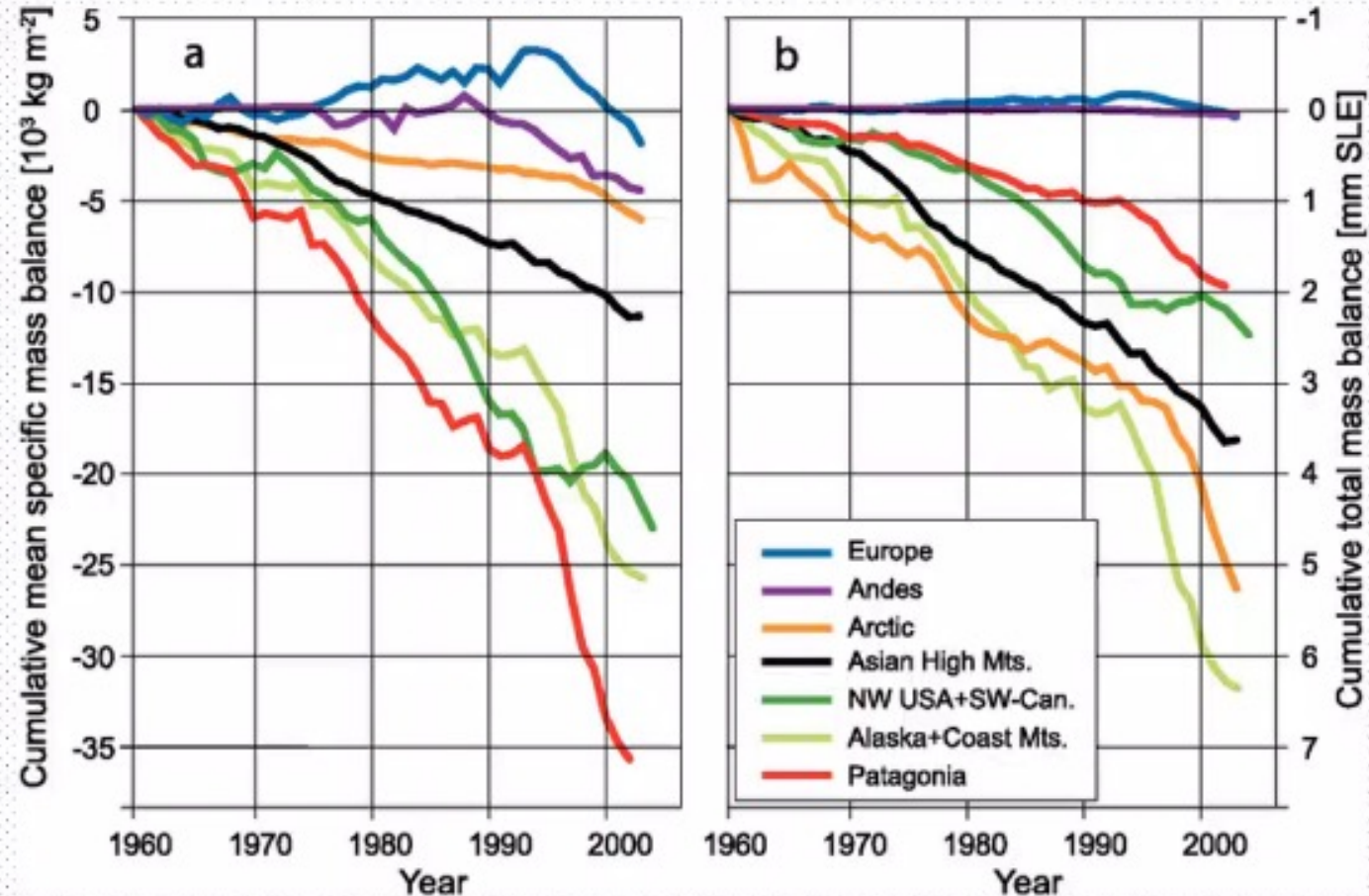


Fonte: US EPA

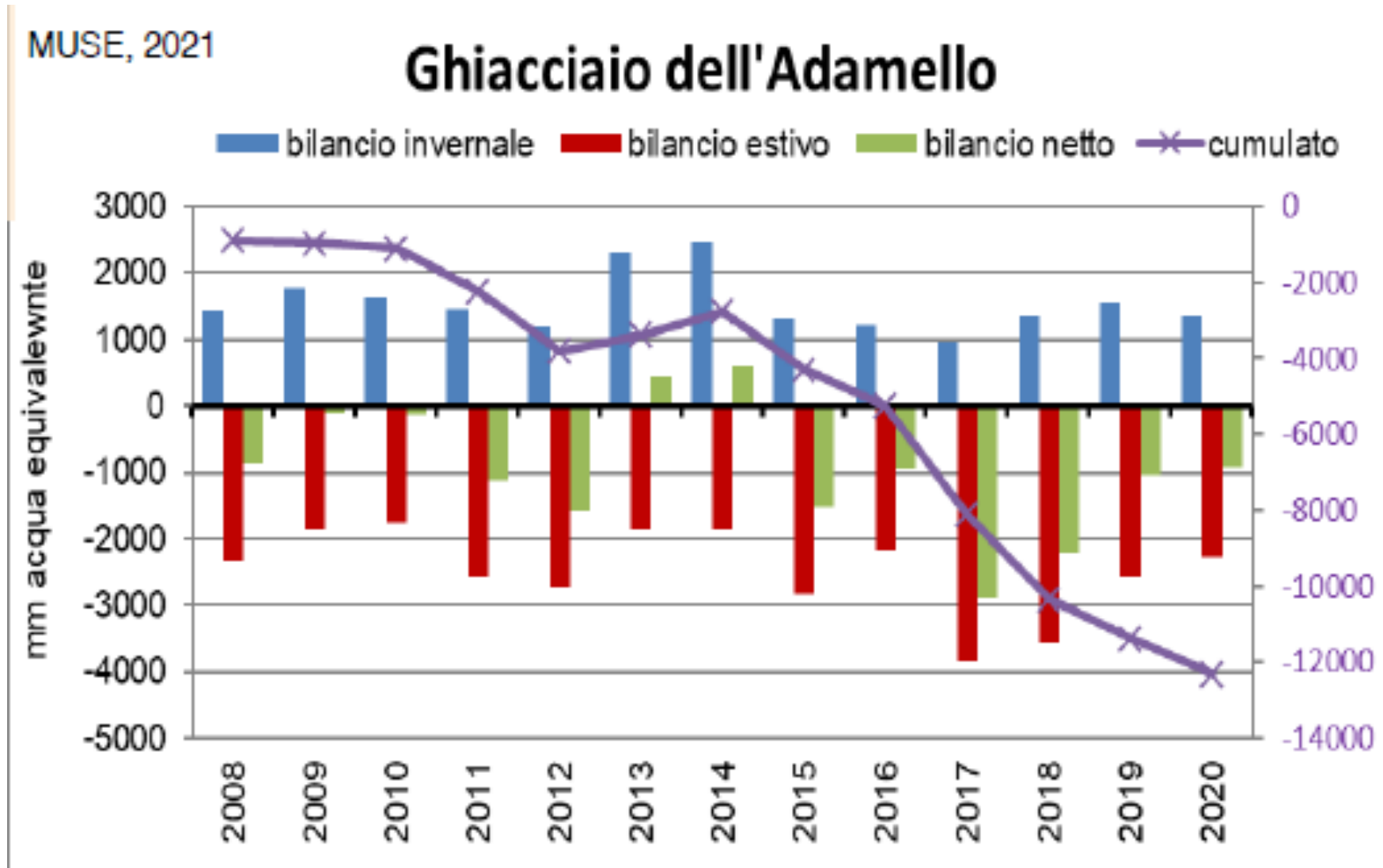


# Bilanci di massa cumulativi e contributo all'innalzamento del livello dei mari

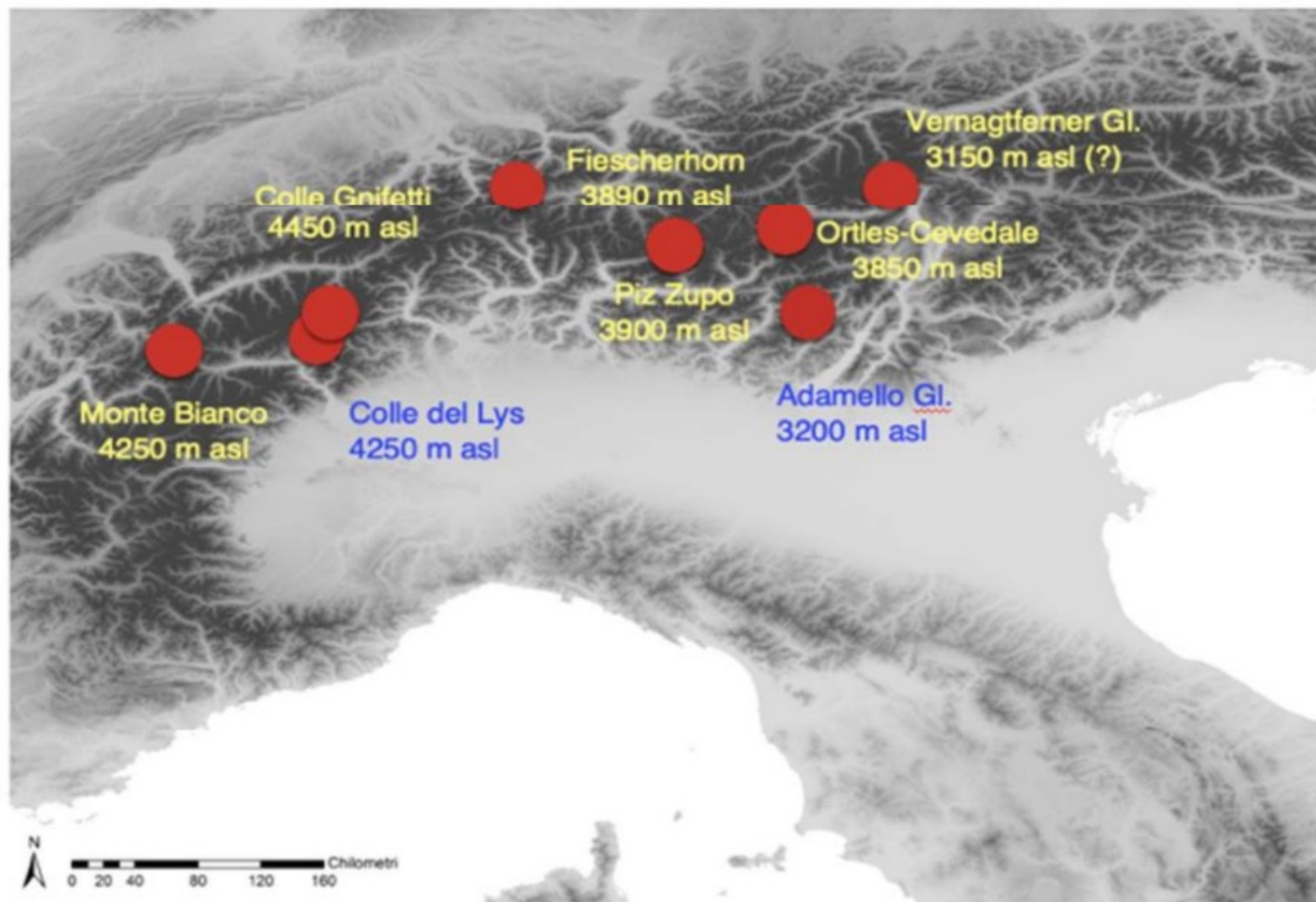
## Glaciers and ice caps



# Il ghiacciaio dell'Adamello: un paradigma di criticità ambientale



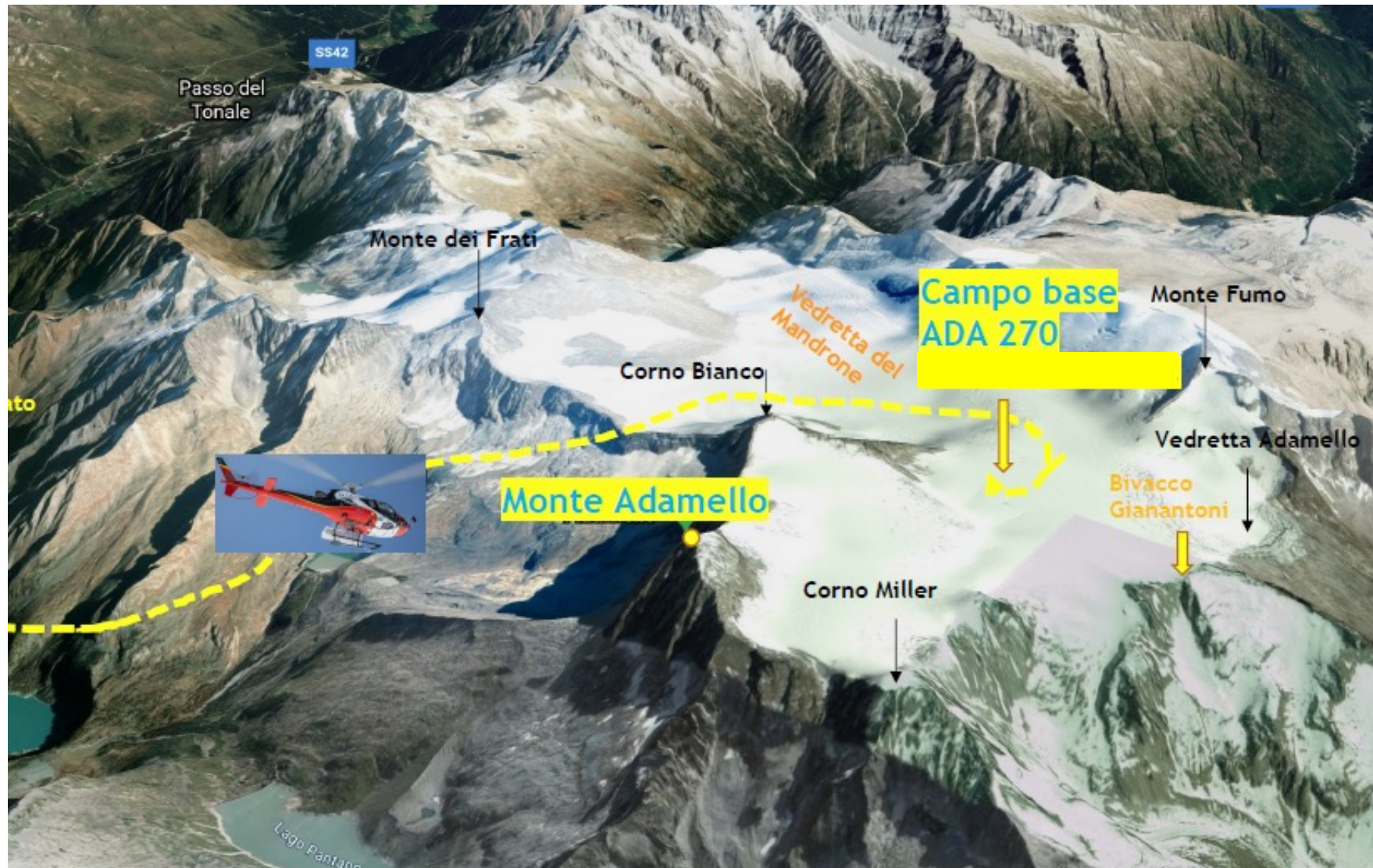
# Le perforazioni di ghiacciai alpini



# Il progetto ADA270



# ADA 270: il sito di perforazione



# ADA270: il campo base

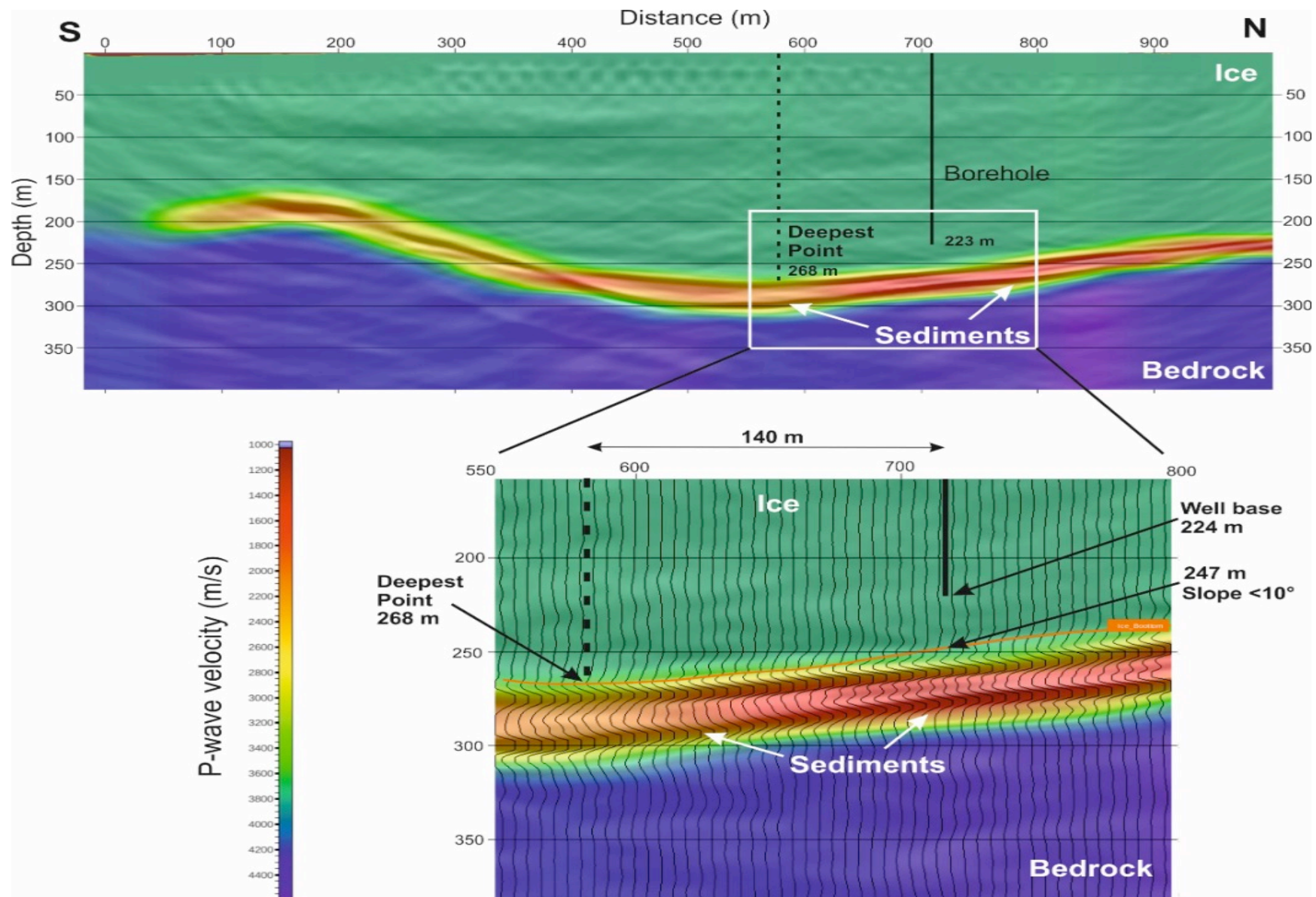


# Le indagini geofisiche preliminari: Mappa del rilievo sismico



From: S. Picotti et al.; Istituto nazionale di oceanografia e geofisica sperimentale

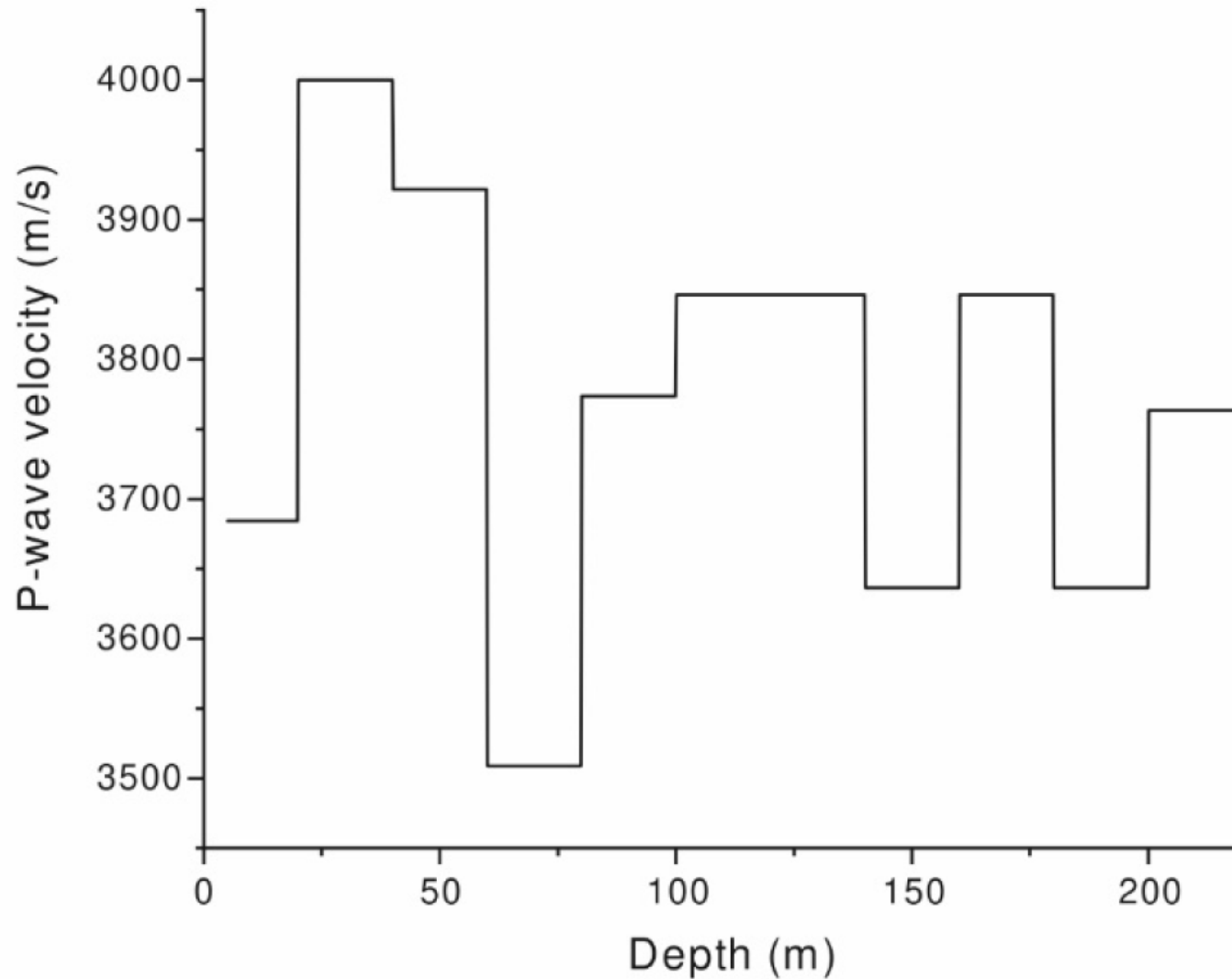
# Sezione N-S (campo di velocità onde P)



From: S. Picotti et al.; Istituto nazionale di oceanografia e geofisica sperimentale



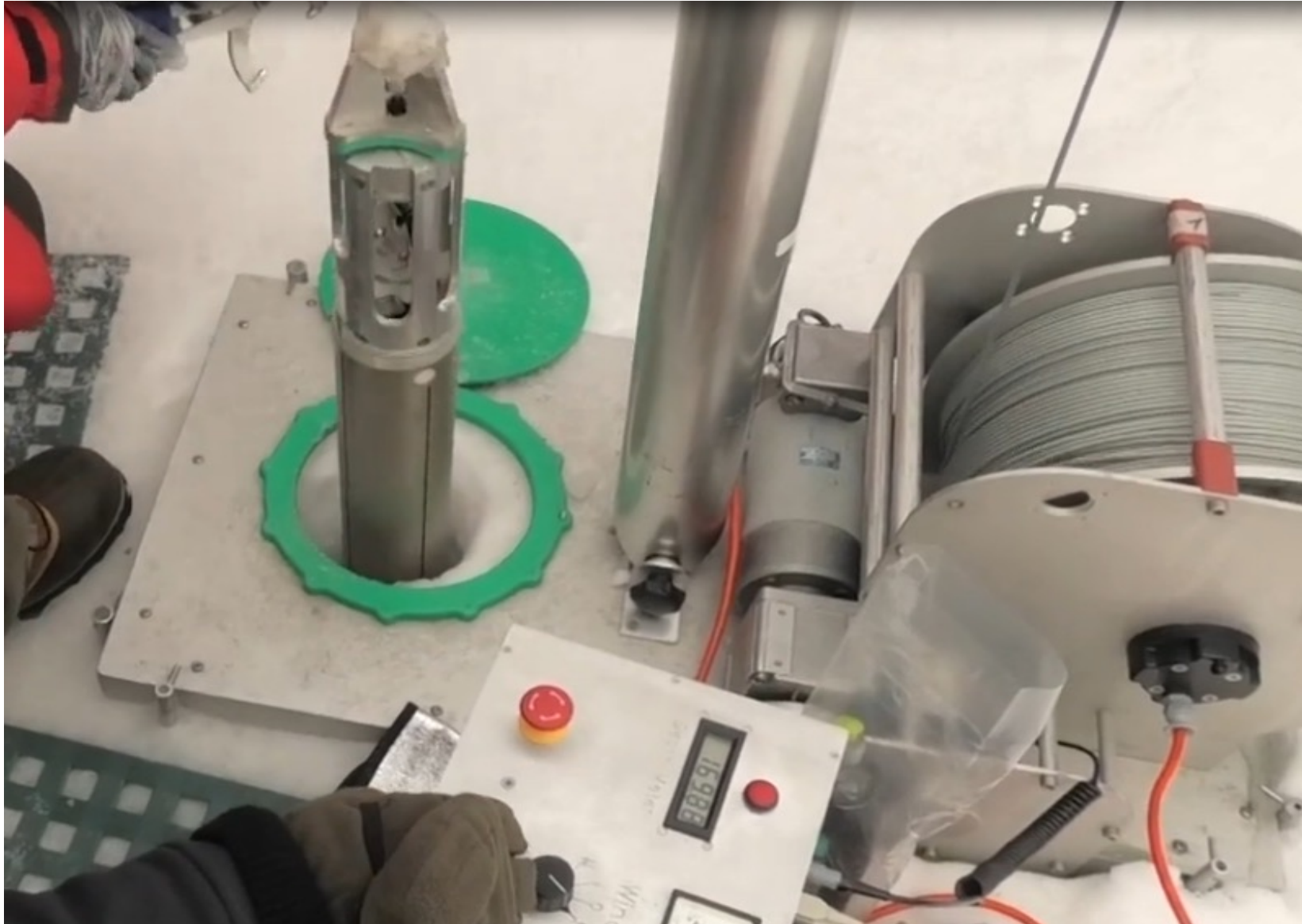
# Profilo verticale delle velocità di propagazione dell'onda P



## La perforazione del ghiacciaio



## L'inserimento della sonda di perforazione



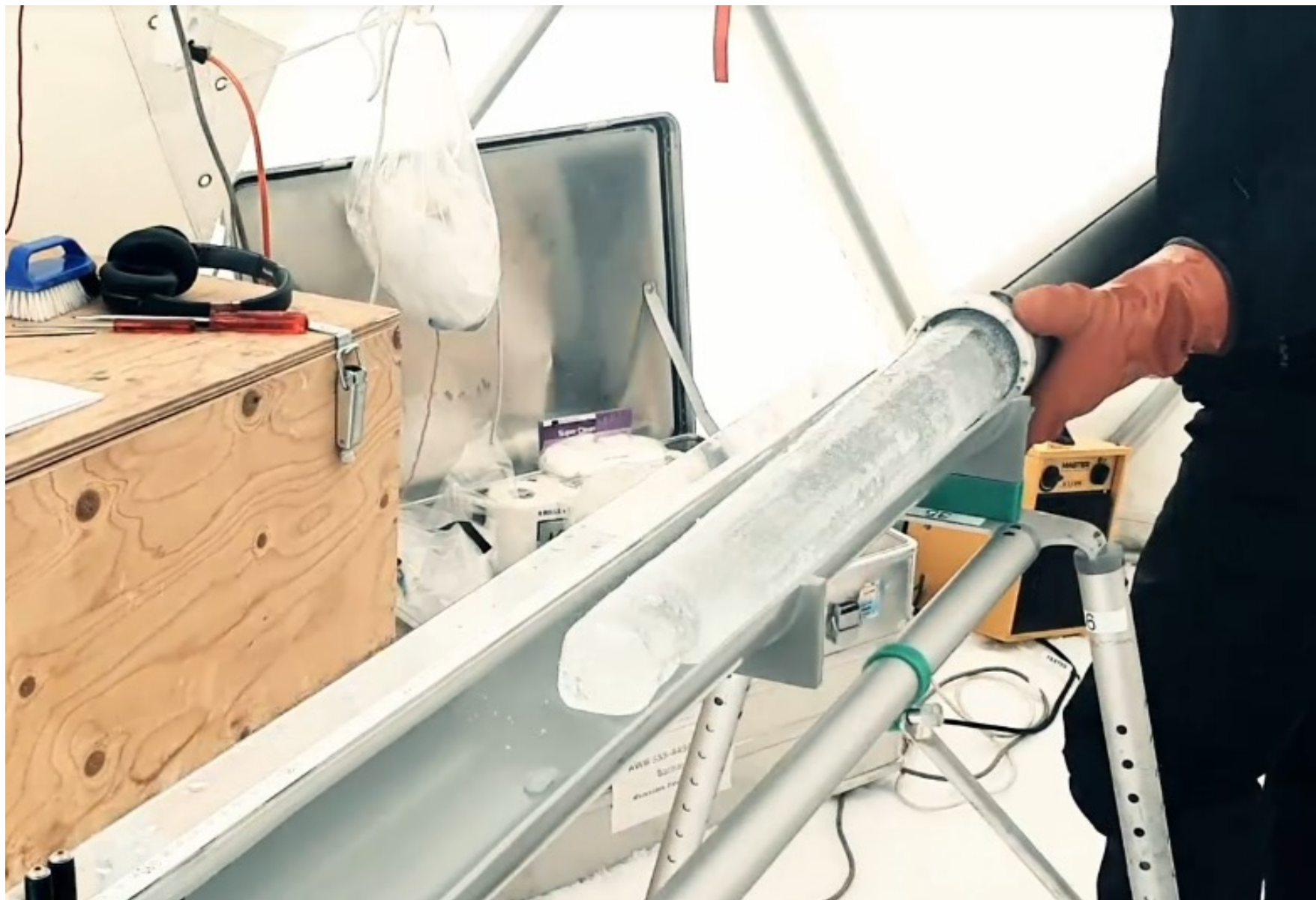
## Il canale di estrazione delle carote



## L'estrazione delle carote



## La carota esce dalla sonda



## Lo stoccaggio della carota

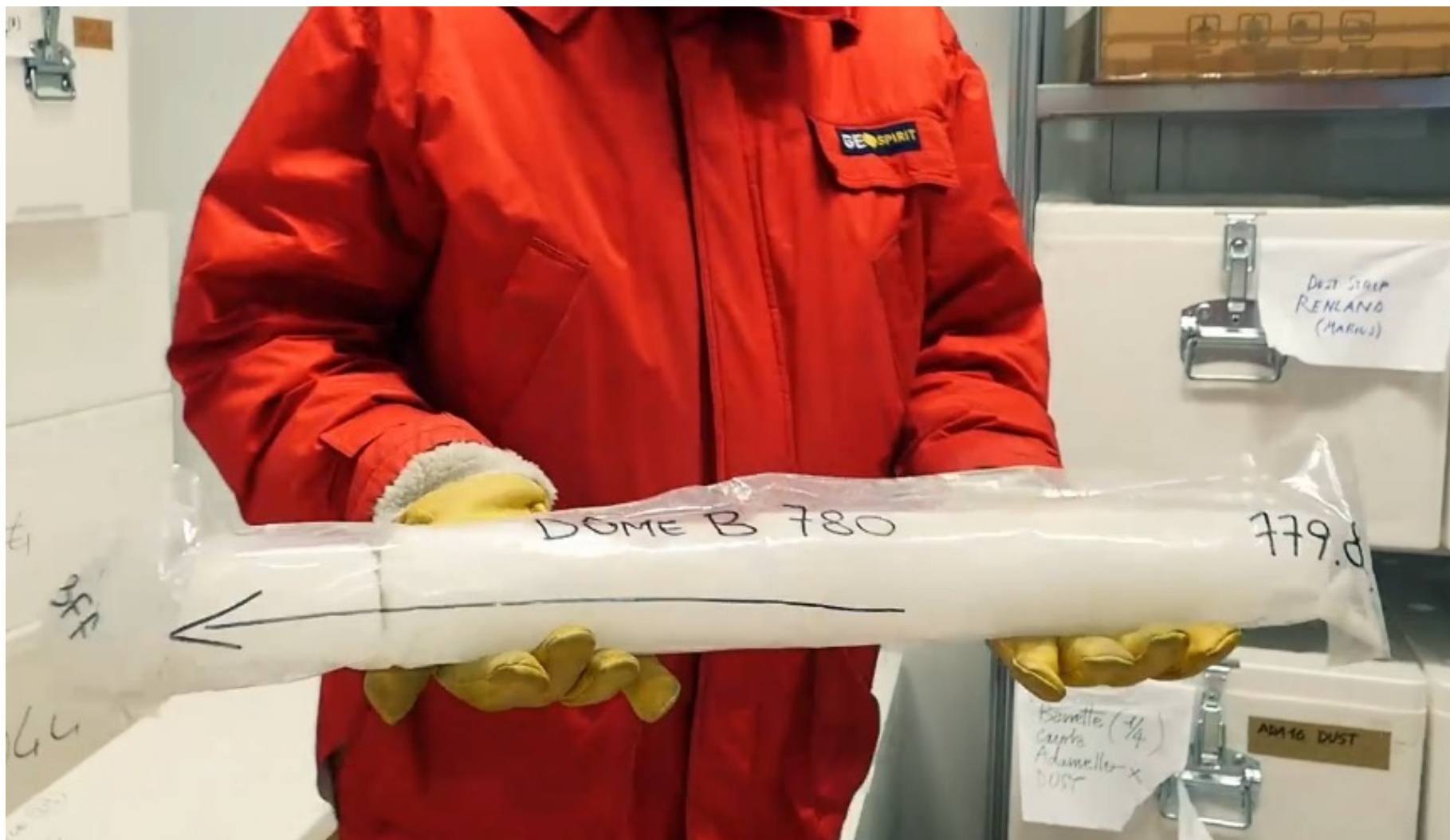


## Il trasporto delle carote





## Le carote nella nuova casa: il Bicocca EuroCold Lab



## Il progetto CLIMADA: obiettivi

- **La ricostruzione dell'evoluzione climatica**
- **La ricostruzione degli impatti antropici e naturali**
- **La dinamica delle specie vegetali.**
- **Il monitoraggio della dinamica del ghiacciaio**
- **La previsione dell'evoluzione del ghiacciaio**
- **Il monitoraggio della sicurezza ambientale**
- **La comunicazione e disseminazione dei risultati**

# Il progetto CLIMADA: attività (WPs)

## **WP 1: Coordinamento**

*Fondazione Lombardia per l'Ambiente*

## **WP 2: Ricostruzione climatico - ambientale della carota ADA270**

*Valter Maggi, Università degli Studi di Milano Bicocca*

## **WP 3: Ricostruzione dell'evoluzione ambientale e dell'uso del territorio**

*Valter Maggi, Università degli Studi di Milano Bicocca*

## **WP 4: Monitoraggio con fibra ottica del Ghiacciaio dell'Adamello**

*Mario Martinelli, Paolo Martelli, Politecnico di Milano*

## **WP 5: Modellazione del ghiacciaio dell'Adamello**

*Roberto Ranzi, Università di Brescia*

## **WP 6: Disseminazione dei risultati e impatto sulle comunità locali**

*Anna Maria Bonettini, Comunità Montana di Valle Camonica-Parco dell'Adamello*

# Servizi ecosistemici e ghiacciai

## PROVISIONING SERVICES:

food, fresh water, fuel,  
wood, fiber,  
biochemicals, genetic  
resources

## REGULATING SERVICES:

climate, flood, disease  
& water regulation,  
water purification,  
pollination

## CULTURAL SERVICES:

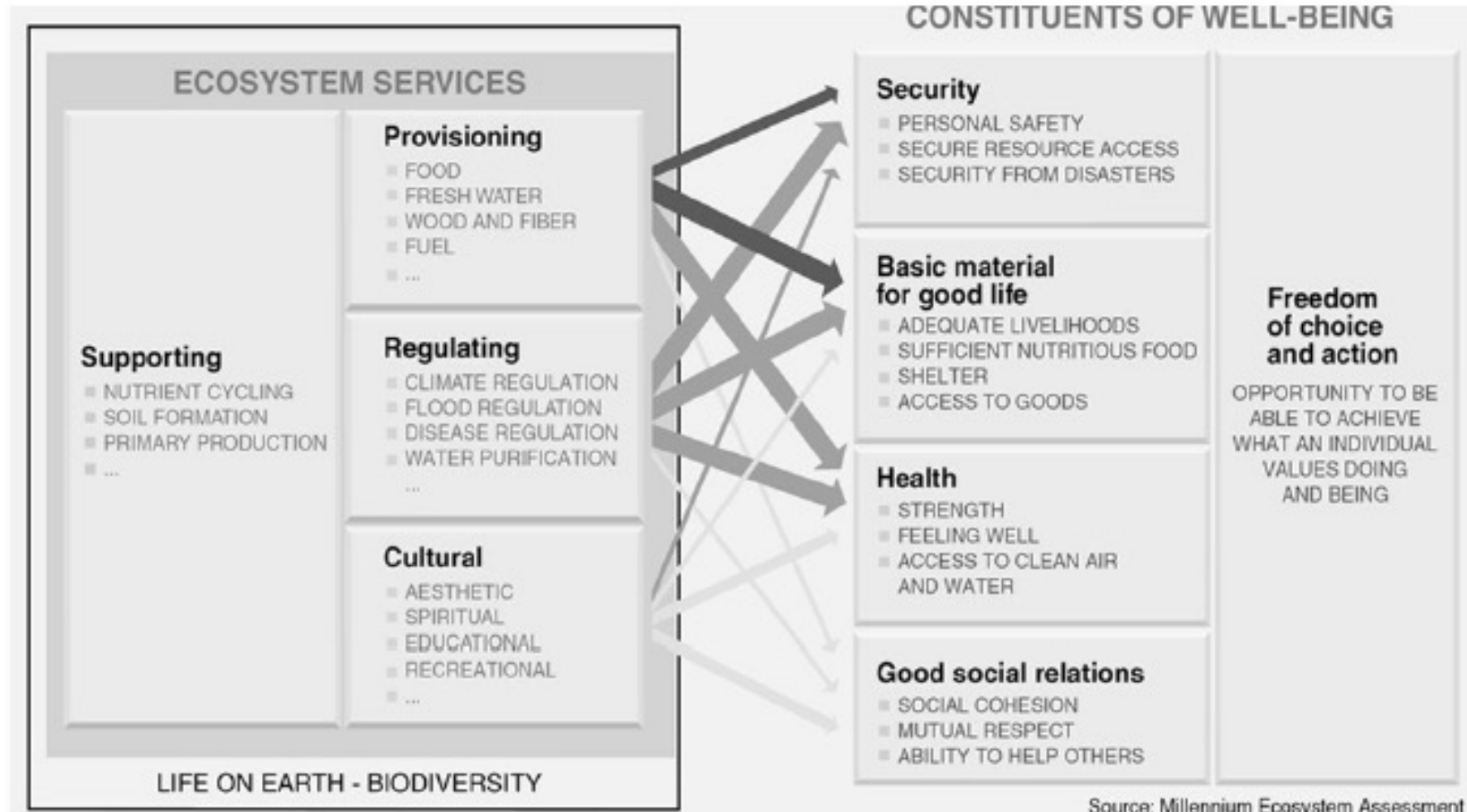
spiritual, religious,  
recreation, ecotourism,  
aesthetic, inspirational,  
educational, sense of  
place, cultural heritage

## SUPPORTING SERVICES:

(Ecosystem functions)

nutrient cycling, evolution, soil formation, spatial  
structure, primary production

# Servizi ecosistemici e benessere

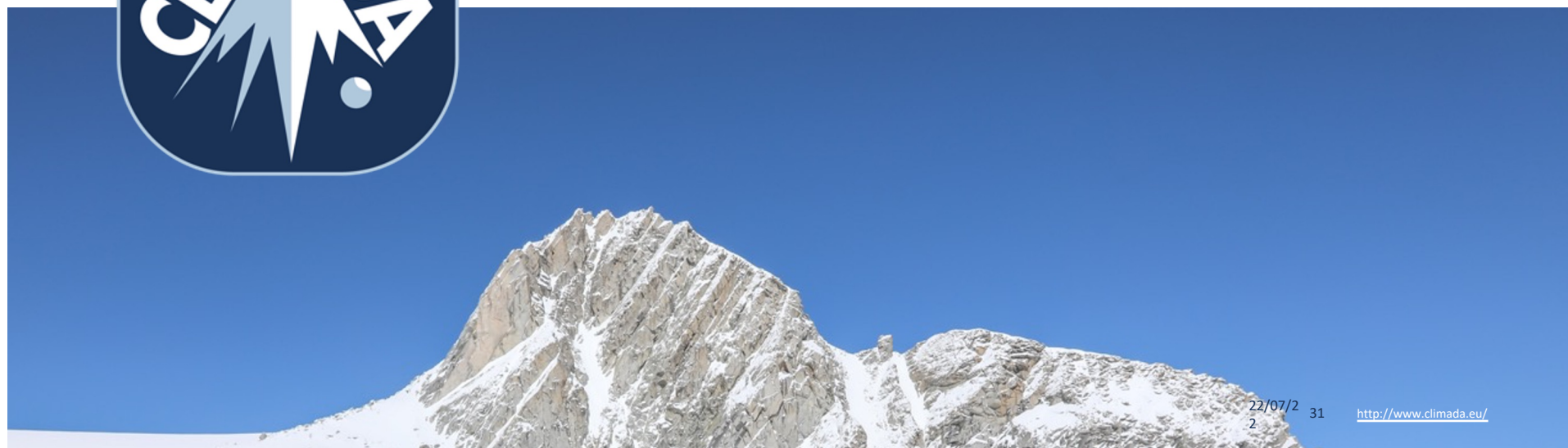


## Conclusioni

- L'impatto del cambiamento climatico sui ghiacciai alpini è evidente, di crescente intensità e probabilmente irreversibile.
- Le conseguenze dirette sono un'accesa instabilità dei versanti e una ridotta disponibilità idrica in termini di volume e di capacità di modulazione dei flussi idrici.
- Le conseguenze indirette sono gli impatti sul capitale naturale e sui relativi servizi ecosistemici.
- Occorre agire su questi ultimi in termini di politiche di adattamento nel quadro di un più coraggioso impegno per il contrasto al cambiamento climatico.



## *Praeteritum futurum docet*



22/07/2012 31

<http://www.climada.eu/>

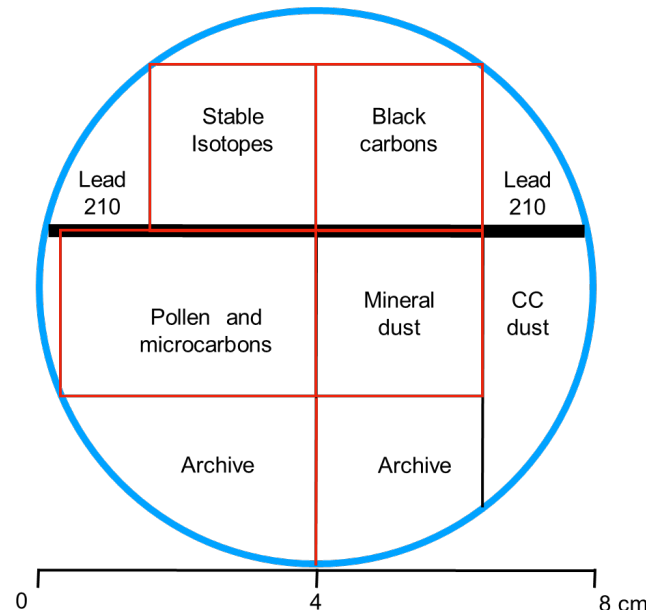
# Ricostruzione climatico-ambientale della carota ADA270 I primi risultati dall'EuroCold Lab

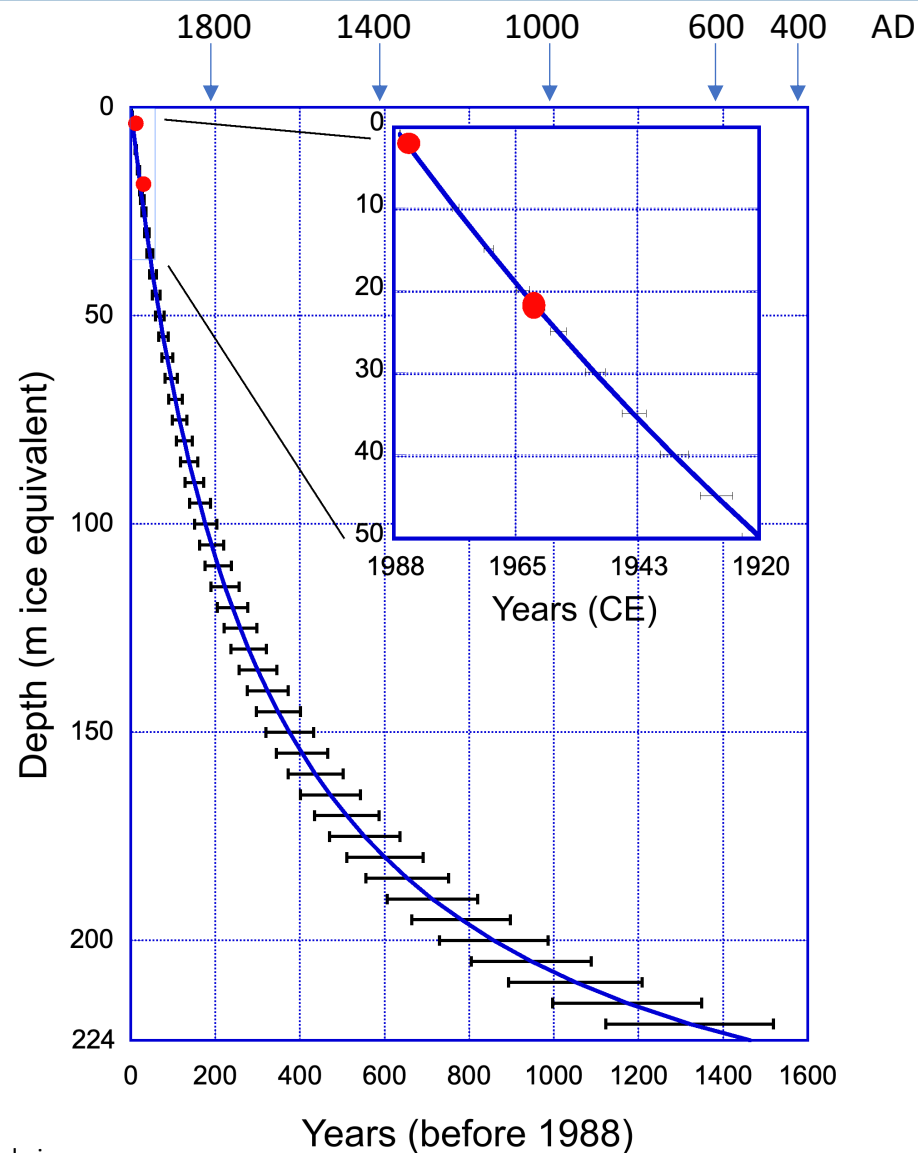


CLIMADA UNIMIB Team



- Lo studio della carota di ghiaccio si concentrerà quindi su **4 livelli** di particolare importanza per la ricostruzione del passato:
  - 1) Periodo industriale** che permetterà di comprendere a pieno l'impatto dell'uomo sul settore centrale delle Alpi, oltre che a definire chiaramente l'impatto del riscaldamento climatico sull'ablazione della superficie.
  - La **Prima Guerra Mondiale**, combattuta in modo molto cruento sull'Adamello, rappresenta sicuramente un periodo di particolare importanza sia come valutazione dell'impatto delle situazioni belliche in aree montane, ma anche come marker che è possibile trovare in altri ghiacciaia dell'arco alpino, potenzialmente perforabili.
  - La parte della **Piccola Età Glaciale**, preindustriale, che rappresenta un punto di controllo importante sul successivo periodo industriale, ed un livello di particolare importanza sulla comprensione delle modifiche ambientali avvenute dopo il medioevo.
  - La parte **basale** della carota e sua **datazione**, indicativamente gli ultimi 30 m di carota (che però possono variare in funzione della datazione che verrà effettuata) per comprendere l'evoluzione climatico-ambientale di quel periodo (stimato essere intorno a 1000 anni dal presente) oltre che verificare il rapporto
- Le **carote ADA270** sono state tagliate seguendo un piano che consentirà di svolgere numerose analisi integrate e lasciare una porzione in archivio per le prossime generazioni.





Maggi et al., in prep.

## Nuovo modello età-profondità

- La datazione della carota di ghiaccio avverrà anche attraverso la **datazione al radiocarbonio** della **sostanza organica** visibile e alla ricerca dei livelli di Cesio riferiti al 1963 ed al 1986.
- La stima preliminare dell'età al 224 m è del **520 CE**.
- Confronto dati della carota ADA16 e ADA270 osserviamo la perdita di circa 5 m di ghiaccio, equivalente a circa 5,5 anni.
- Quindi il ghiaccio in superficie nella primavera del 2021 nel punto di perforazione ADA270 è stimato essere relativo a **nevicata del 1988 (+/-1 anno)**.

## Personale e attività avviate o in programma:

- Completamento della taratura del sistema PADI (cfa) e **analisi iperspettrale delle carote fino a 70 m.**
  - **1 Assegno di Ricerca su progetto GLID della Presidenza del Consiglio dei Ministri – PADI (1/2)**
  - **1 Tesi di Laurea Magistrale in Fisica (UNIMIB) - Hyperice**
  - Tecnico UNIMIB
- Controllo, su campioni discreti, dei rapporti isotopici ( $d^{18}O$ ,  $dD$ ) per la calibrazione del sistema di campionamento in continuo PADI. Saranno prelevati una serie campioni dai 4 livelli di studio definiti nel progetto, per misure in spettrometria di massa presso Paul Scherrer Institute (CH). **Iniziate le analisi dei campioni**
  - **1 Post Doc di 1 anno su finanziamenti Paul Scherer Institute (CH).**
- Misure delle polveri fini atmosferiche in campioni discreti (da 300 a 500 campioni) con lo strumento Beckmann Coulter Counter Multisizer 4° per il controllo e la calibrazioni delle misure effettuate con il sistema di analisi in continuo PADI.
  - **1 Assegno di Ricerca su progetto GLID della Presidenza del Consiglio dei Ministri – PADI (1/2)**
  - **1 Dottorato di Ricerca in Scienze Polari (UNIMIB) - Hyperice**
  - **1 Tesi di Laurea triennale in Scienze Ambientali (UNIMIB) – Hyperice**
  - Tecnico UNIMIB
- Preparazione dei campioni di pollini e di resti vegetali per i 4 periodi definiti dal progetto
  - **1 Assegno di ricerca su fondi CLIMADA a partire dal 1 Ottobre 2022 – WP3**
- Estrazione e preparazione di campioni di livelli visibili (eventi vulcanici, eventi sahariani, eventi di grandi incendi, **datazioni radiocarbonio**). Misure di Cesio, Trizio e Piombo per datazione e definizione dei fenomeni di percolazione di materiale particolato e liquido sull'Adamello.
  - Tecnico UNIMIB
  - **1 Assegno di ricerca su fondi CLIMADA a partire dal 1 Dicembre 2022 – WP2**



## PROGRAMMA RELAZIONI UNIMIB:

- **Segnali chimici in ghiaccio temperato: cosa ci insegna la carota dell'Adamello**  
Dr. Giovanni Baccolo (PSI – CH)
- **Misure di trizio sulla carota ADA270**  
Dr.ssa Elena di Stefano (UNIMIB-CLIMADA)
- **Continuous flow analysis of dust optical properties in Alpine ice cores**  
Dr. Llorenç Cremonesi (UNIMIB-DARA)
- **Hyperspectral and XRD analysis on the 224 m ice core drilled on the Adamello glacier for the ClimADA Project**  
Dr.ssa Deborah Fiorini (UNIMIB)
- **Multi-proxy palaeoenvironmental reconstruction of selected intervals of the ADA 270 ice core.**  
Dr.ssa Clara Mangili (UNIMIB-CLIMADA)



# Ricostruzione climatico-ambientale della carota ADA270 I primi risultati dall'EuroCold Lab



## Grazie per l'attenzione

PAUL SCHERRER INSTITUT



Giovanni Baccolo :: Ice Core Research Group :: Paul Scherrer Institute

## *Segnali chimici in ghiaccio temperato: cosa ci insegna la carota di ghiaccio dell'Adamello*

ADA270 meeting – May 23<sup>th</sup> 2022

# Ghiaccio temperato vs. Ghiaccio Freddo

*due mondi diversi*

redrawn from **C.S. Benson (1960)**

**Adamello ice core  
drilling site**

FIRN LINE

SATURATION LINE

DRY SNOW LINE

**ideal ice core  
drilling site**

SUMMER SURFACE  
OF REFERENCE YEAR

SOAKED FACIES

PERCOLATION FACIES

DRY-SNOW FACIES

ABLATION  
FACIES

GLACIER ICE

SUMMER SURFACE OF  
THE PREVIOUS YEAR

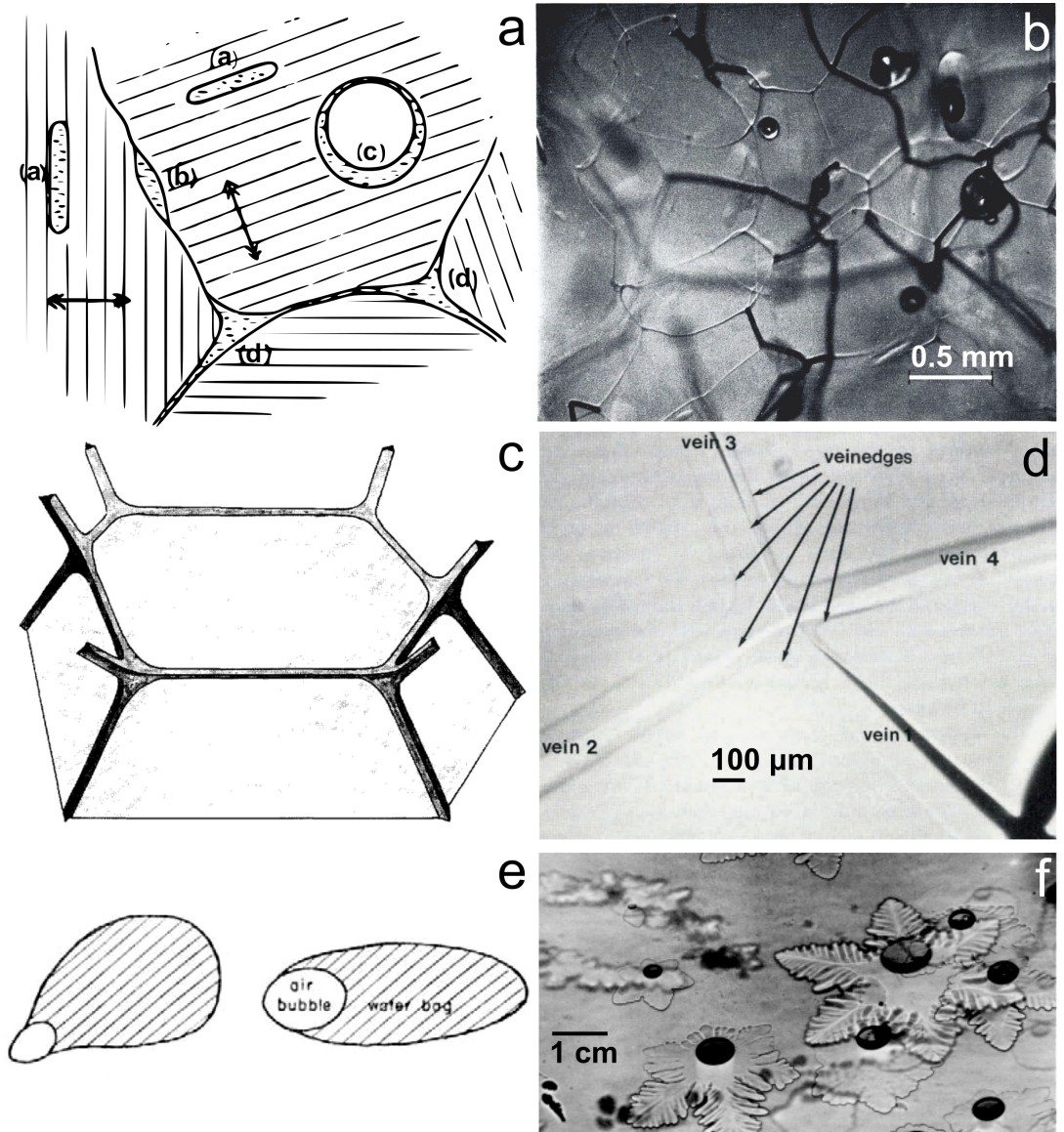
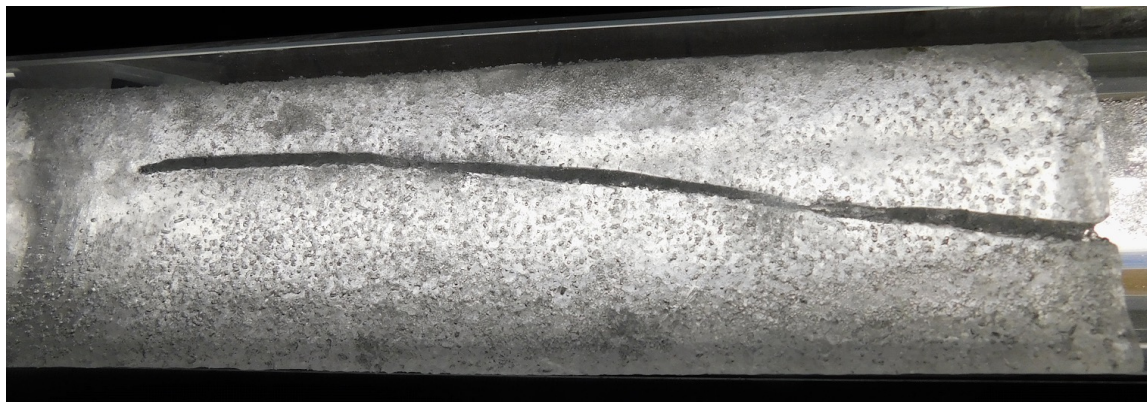
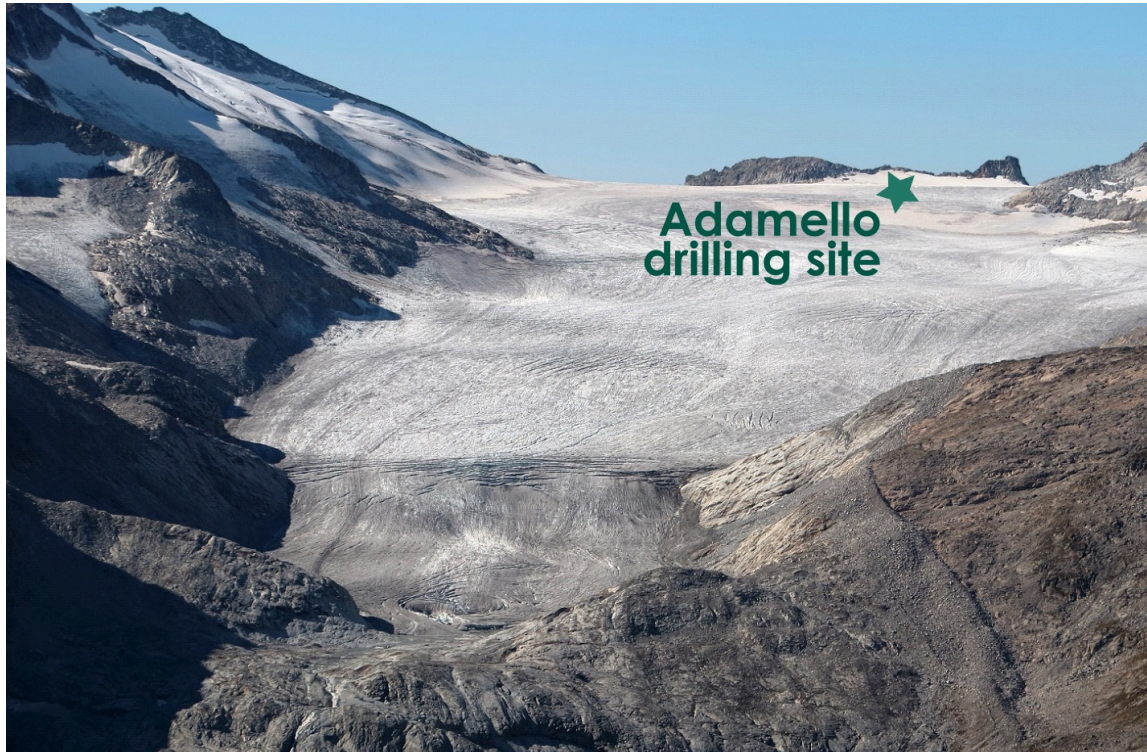
## Ghiaccio freddo

- Ha una temperatura al di sotto del punto di fusione
- Il ghiaccio si forma per ricristallizzazione fredda del nevato
- Incollato alla roccia, il ghiacciaio si muove per pura deformazione plastica
- Conserva i segnali chimici e fisici

## Ghiaccio temperato (caldo)

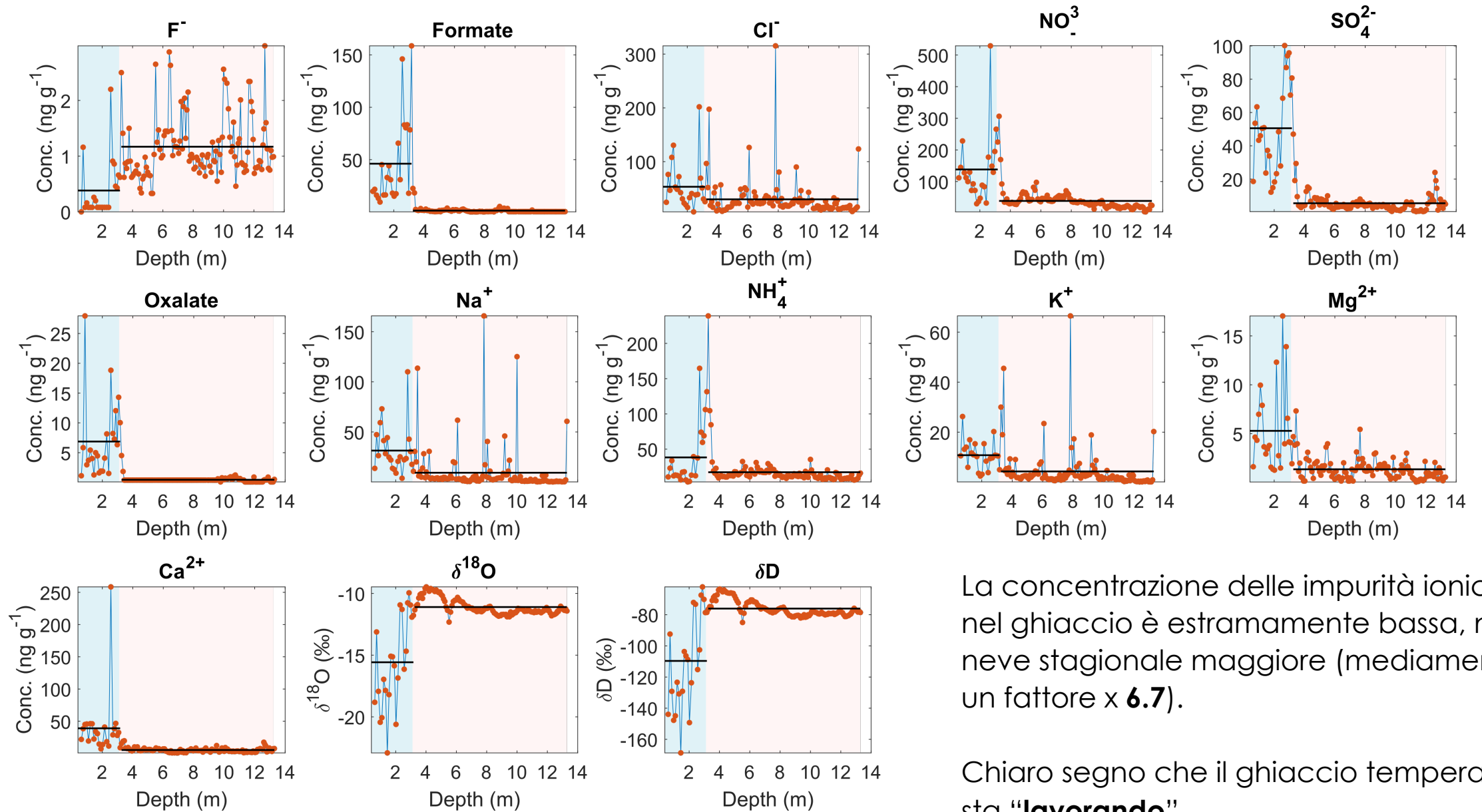
- Al punto di fusione: fase solida e liquida esistono insieme in equilibrio termodinamico
- Il ghiaccio si forma per rigelo dell'acqua di fusione (accretion ice)
- Il ghiaccio scorre sulla roccia
- I segnali chimici e fisici sono parzialmente degradati dalla presenza di acqua liquida

# Ghiaccio temperato, fusione e acqua





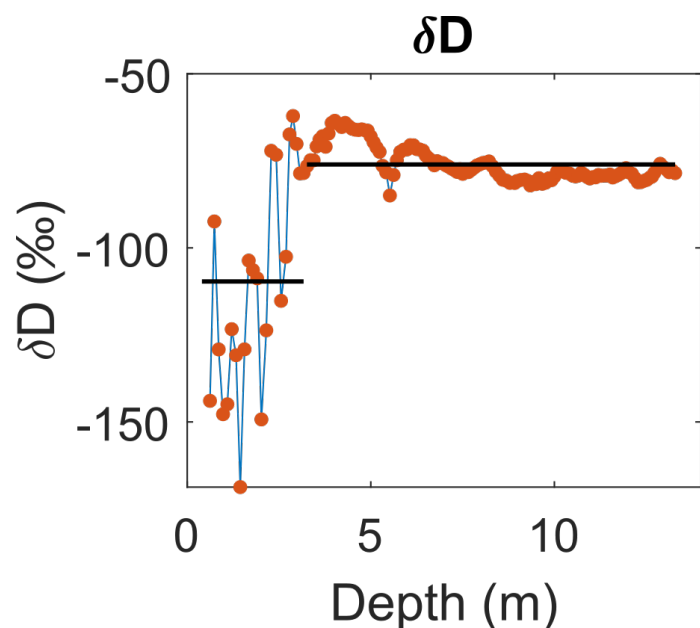
# Glaciochimica: la superficie



La concentrazione delle impurità ioniche nel ghiaccio è estremamente bassa, nella neve stagionale maggiore (mediamente di un fattore x **6.7**).

Chiaro segno che il ghiaccio temperato sta "**lavorando**"

# Isotopi stabili



Gli isotopi stabili dell'acqua sono un proxy per la temperatura e/o le sorgenti di umidità.

Il segnale, almeno nella parte superficiale della carota **NON** è conservato.

Ciò è in accordo con le caratteristiche glaciologiche del sito, dove il ghiaccio si formava per accrezione e non per ricristallizzazione.

Lo scarto tra il valore isotopico della neve fresca stagionale e quello del ghiaccio superficiale (~35‰), suggerisce che all'epoca di formazione del ghiaccio, **l'85% della deposizione nevosa fosse persa per fusione e ruscellamento.**

$$\delta D = \delta D_0 + \epsilon \ln F$$

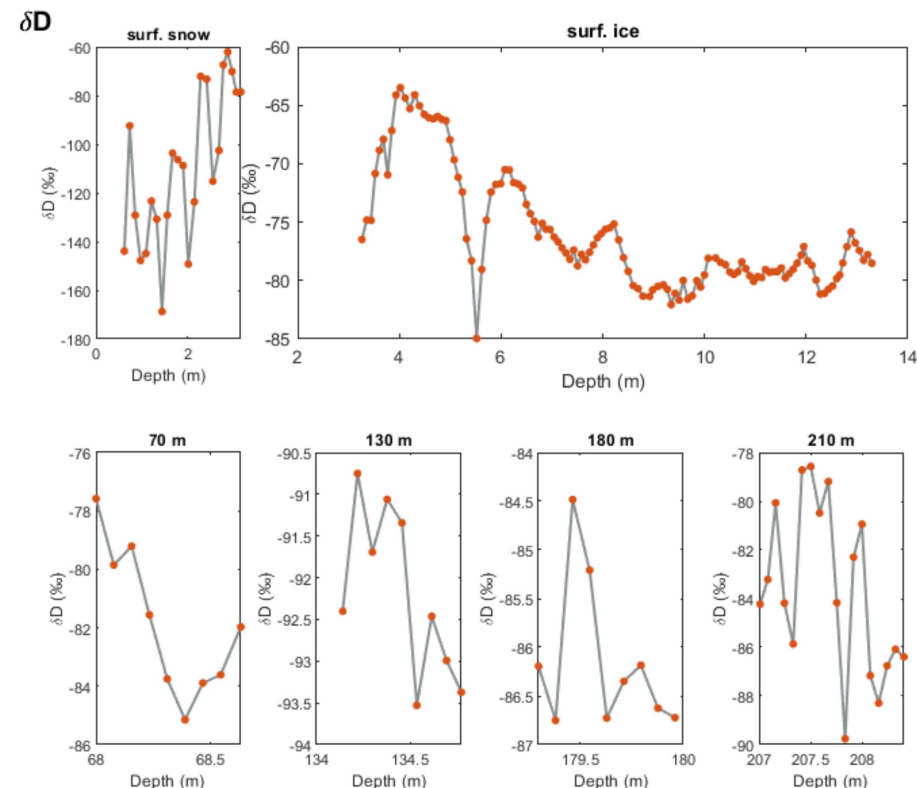
$\delta D$  = composizione isotopica deuterio oss.

$\delta D_0$  = comp. isot. Iniziale

$\epsilon$  = costante di frazionamento

$F$  = perdita di massa nevosa per fusion

Modello elaborato da Grabczak et al. 1983

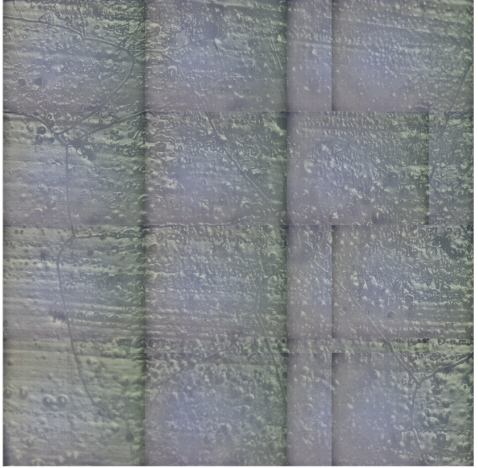
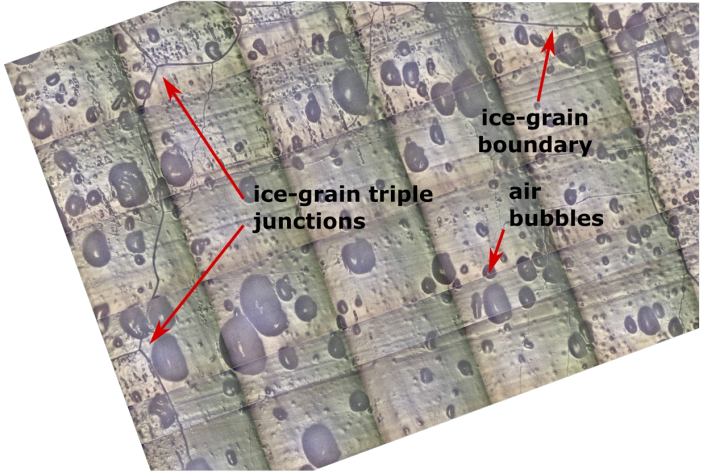


## Valori medi δD:

- neve invernale: **-110‰**
- ghiaccio superficie (primi 13 metri): **-75 ‰**
- 70m: **-82‰**
- 130m: **-92‰**
- 180m: **-86‰**
- 210m: **-84‰**

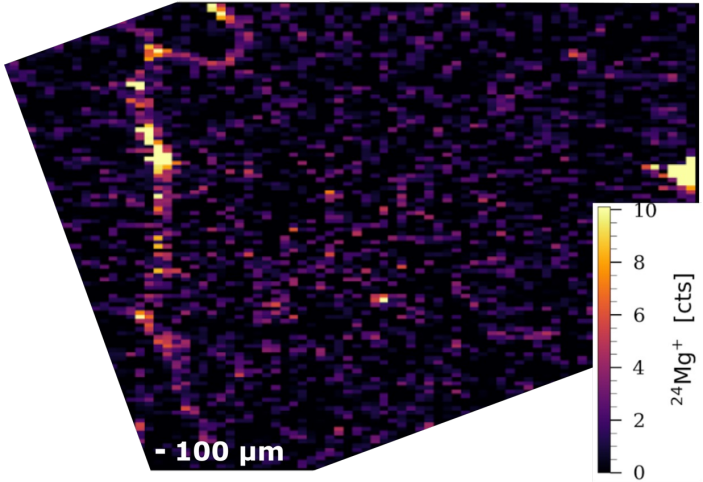
# Laser Ablation: “vedere” le impurità

Misure effettuate in collaborazione con l'Università di Venezia (Dr. Pascal Bohleber)

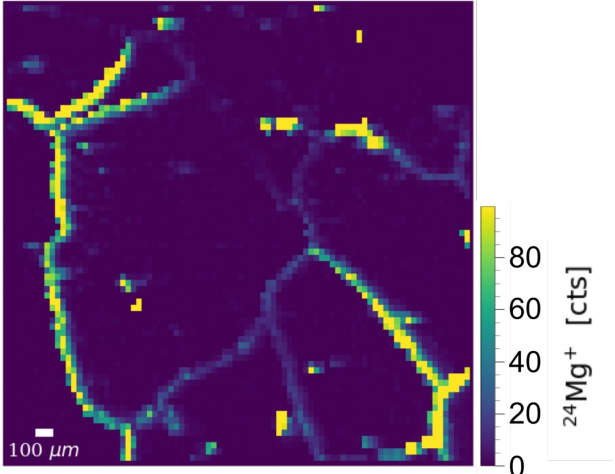


Questa tecnica permette di mappare la distribuzione delle impurità presenti nel ghiaccio.

La differenza tra ghiaccio caldo (Adamello) e freddo (Colle Gnifetti) è evidente.

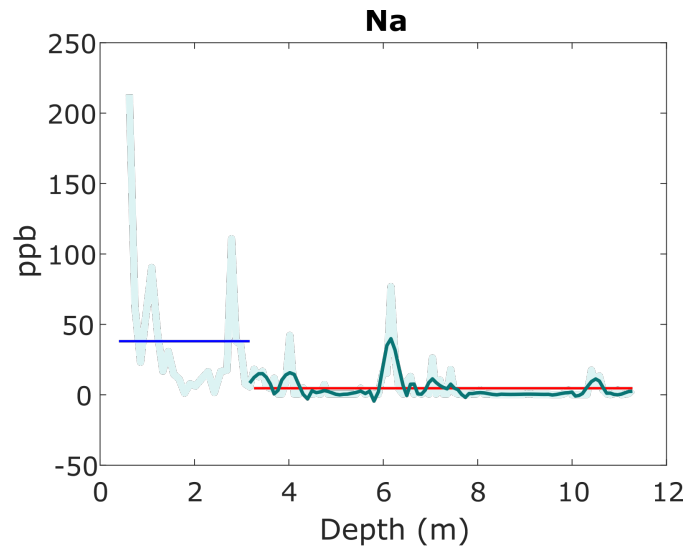


**Adamello ice core (134 m deep)**



**Colle Gnifetti ice core (Monte Rosa, 61 m deep)**

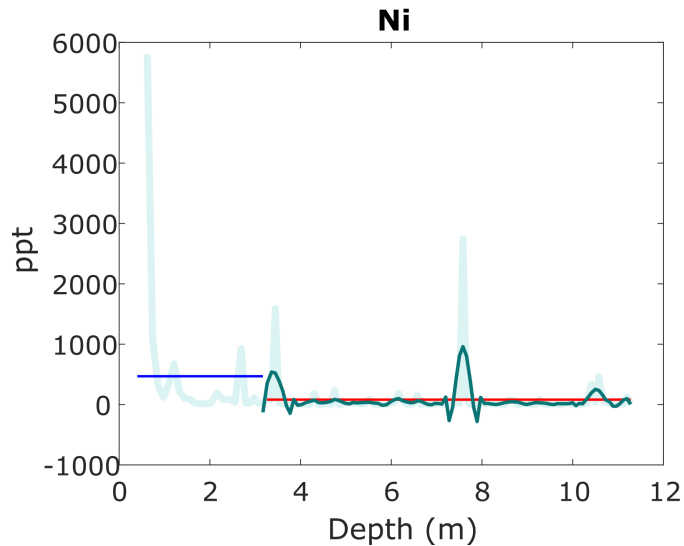
# Risultati preliminari sugli elementi in traccia



## Sodio:

conferma i dati ionici,  
gli elementi solubili  
sono persi

$$\text{Conc}_{\text{snow}} > \text{Conc}_{\text{ice}}$$

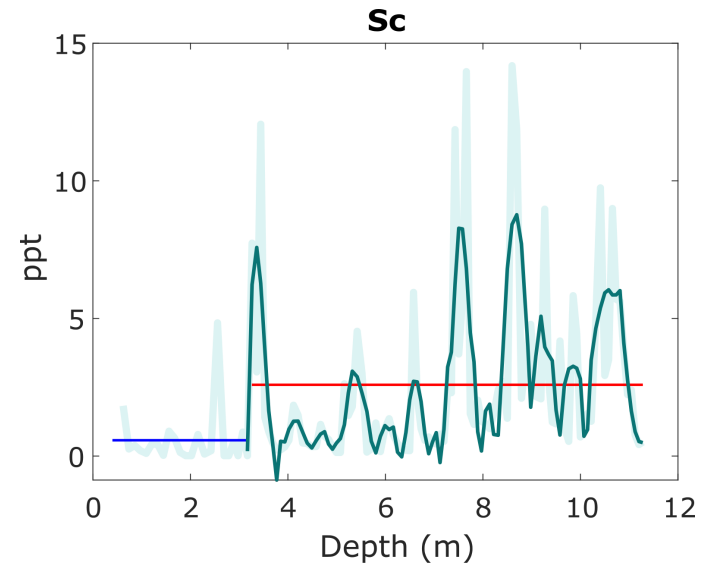


## Nichel:

Presente solo durante  
gli eventi di  
deposizione più intensi

$$\text{Conc}_{\text{snow}} \sim \text{Conc}_{\text{ice}}$$

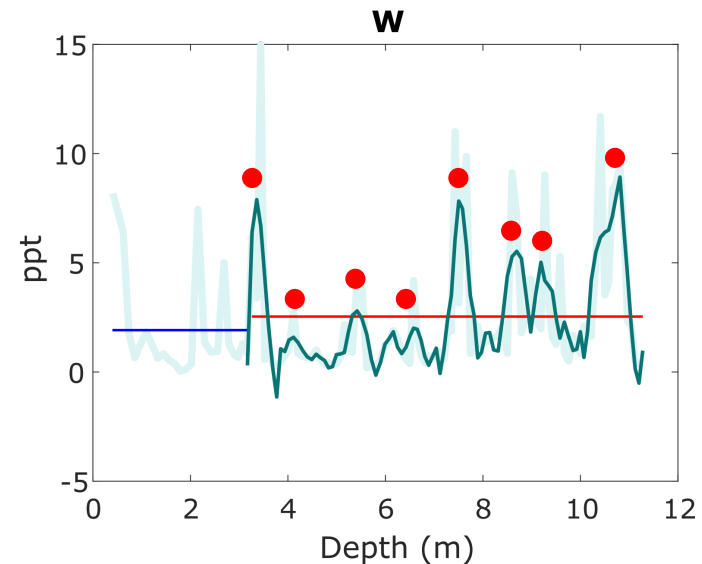
Assente nella maggior parte dei  
campioni



## Scandio:

Buon marker cristale,  
concentrazione  
conservata

$$\text{Conc}_{\text{ice}} > \text{Conc}_{\text{snow}}$$



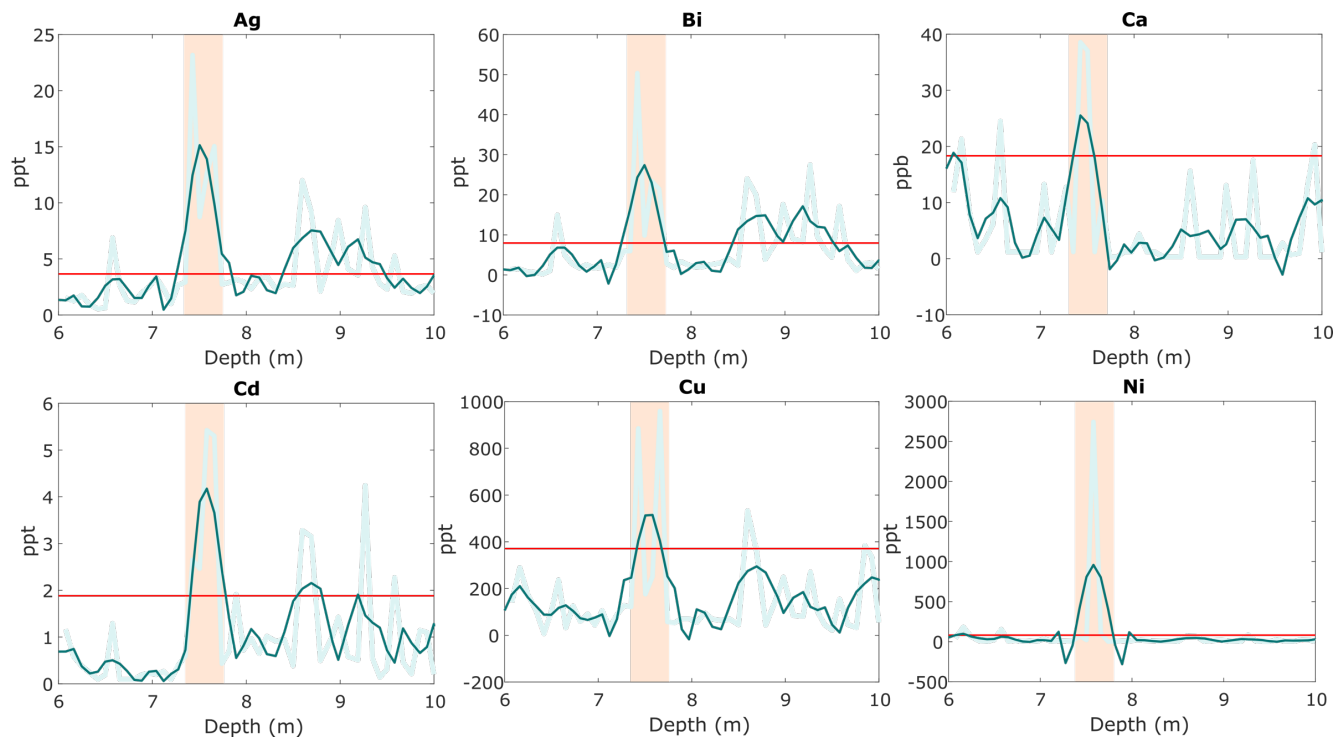
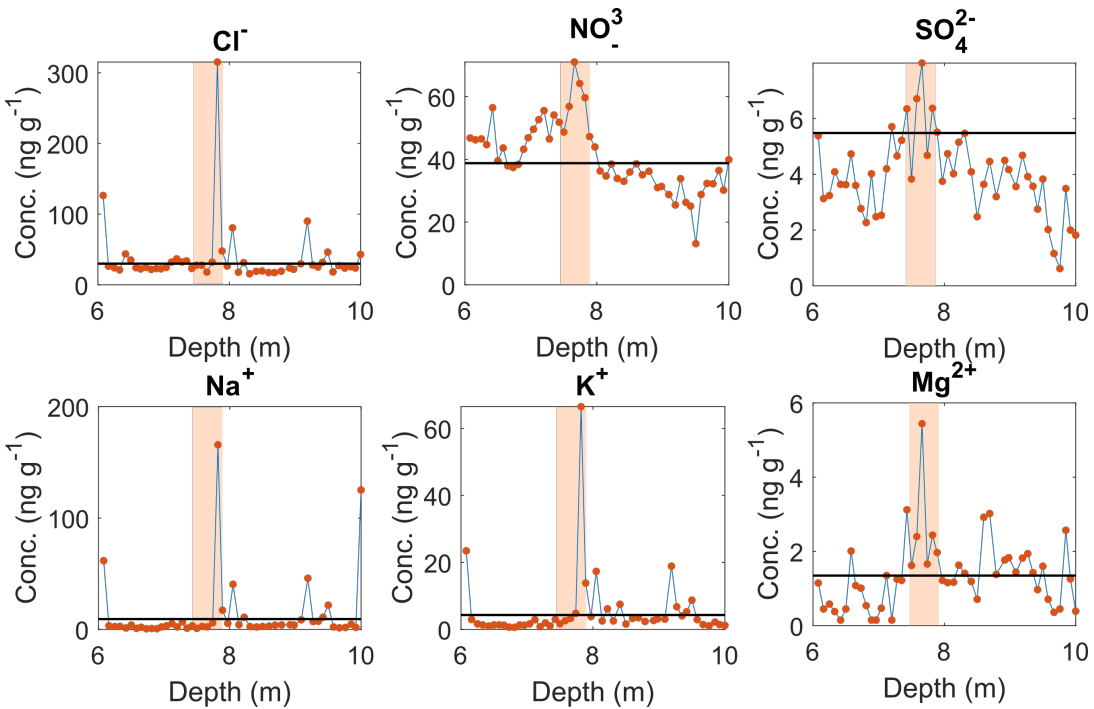
## Tungsteno:

Un altro esempio di  
marker cristale,  
potenziale candidato  
per annual layer  
counting?

$$\text{Conc}_{\text{snow}} \sim \text{Conc}_{\text{ice}}$$

# Firme Sahariane

Nella parte ionica il segnale geochimico associate alle Sahariane è solo parzialmente preservato.



Migliore la conservazione degli elementi in traccia. Più che gli elementi cristallini, i migliori marker di questi eventi sembrano i metalli pesanti, suggerendo che i plume in arrivo dal Nord-Africa interagiscono con masse d'aria inquinate prima di raggiungere le Alpi.

## Lavori in corso e futuri

- Proseguire le misure glacio-chimiche
- Misurare il Black Carbon
- Datazioni al  $^{14}\text{C}$ , sia su macroframmenti vegetali che su particolato carbonioso
- Ricerca del segnale WW1 utilizzando i metalli pesanti



## Hanno contribuito al lavoro:

- Giovanni Baccolo
- Sabine Bruetsch-Sutter
- Sandra Brügger
- Tatjana Münster
- Pascal Bohleber

## Un ringraziamento a:

- Elena Di Stefano e Claudio Artoni
- Margit Schwikowksi, Anja Eichler e Theo Jenk



# Misure di Trizio sulla carota di ghiaccio ADA270



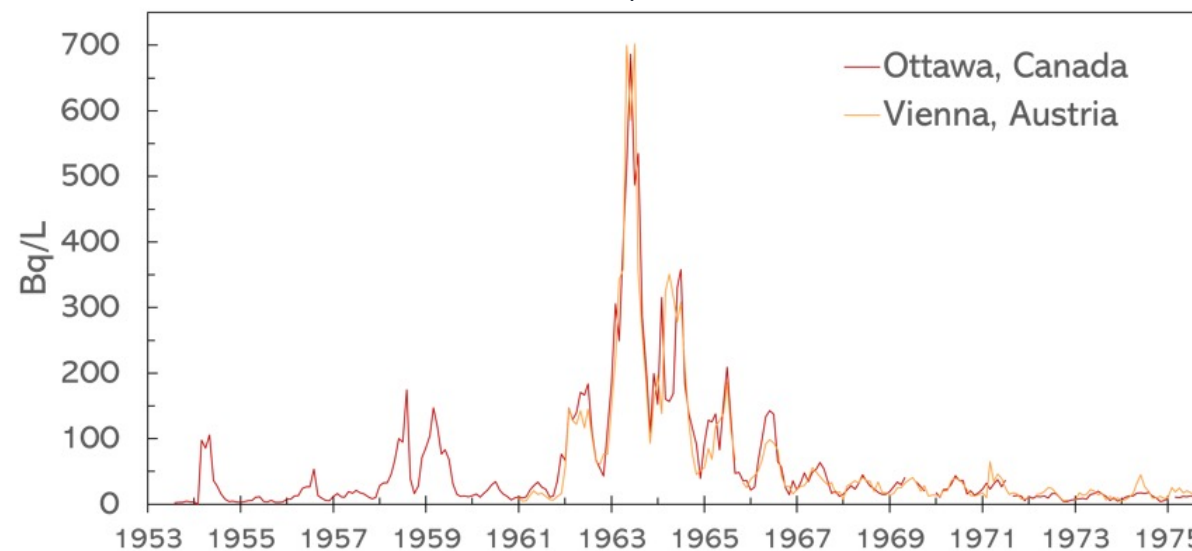




## Orizzonte temporale radioattivo per datare le carote di ghiaccio

→ 1963 : messa al bando parziale dei test nucleari

Trizio rilevato nelle Precipitazioni 1953-1977

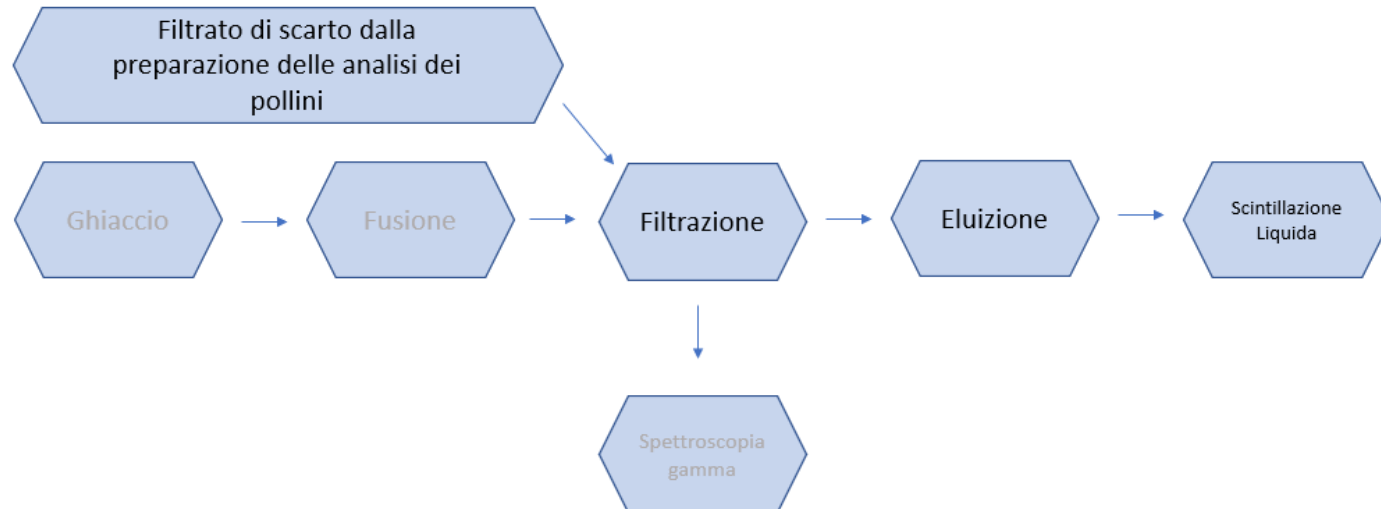


Radionuclidi rilevabili:  $^{137}\text{Cs}$  (particolato) e  $^3\text{H}$  (acqua)



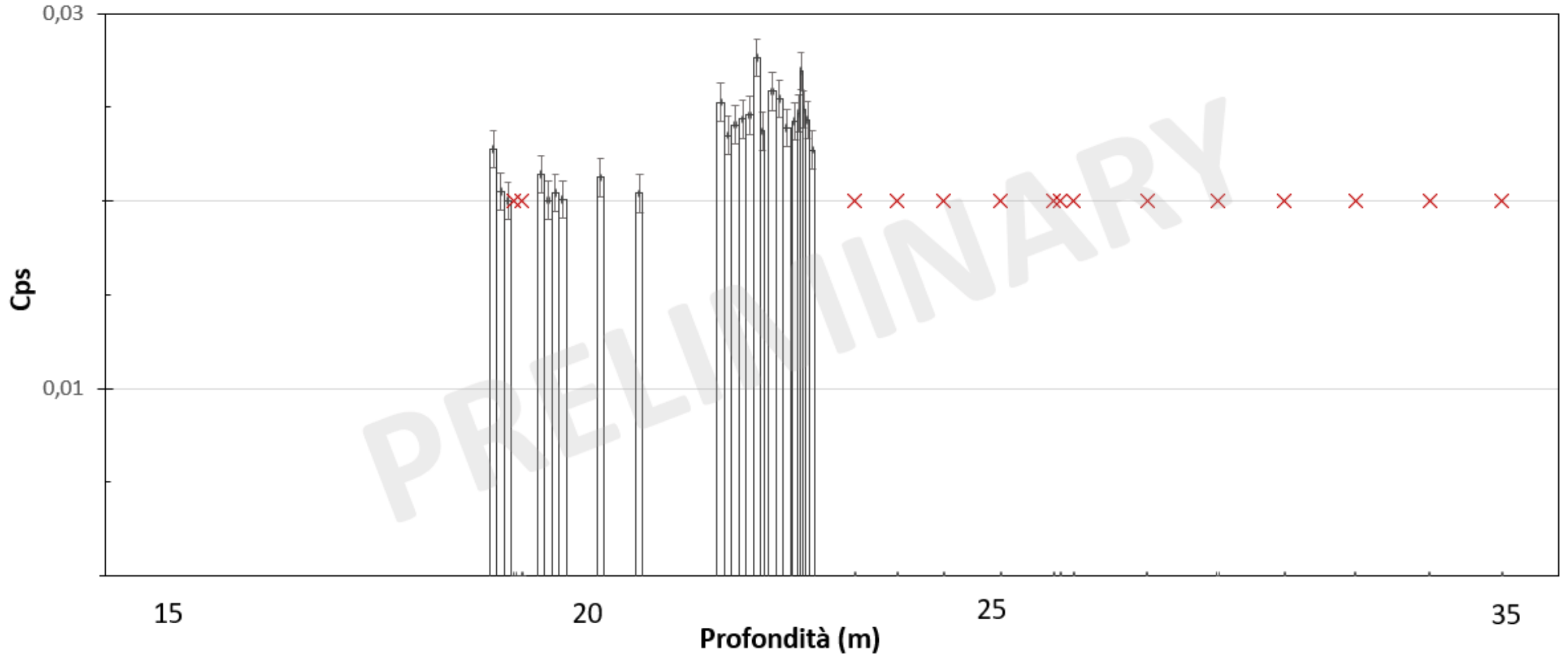
Vantaggio delle misure di radioattività: non c'è contaminazione

↓  
Possibilità di usare scarti di altre analisi



## Scintillazione Liquida

- Quantulus (Perkin Elmer)
- Efficienza ~ 30%
- Ogni campione misura per circa 16 ore
- Detection Limit 1.5 Bq/L



# Continuous flow analysis of dust optical properties in Alpine ice cores

Llorenç Cremonesi <sup>1</sup>, Luca Teruzzi <sup>2</sup>, Claudio Artoni <sup>1</sup>, Claudia Ravasio <sup>1</sup>, Mirko Siano <sup>2</sup>,  
Elena Di Stefano <sup>1</sup>, Barbara Delmonte <sup>1</sup>, Marco A. C. Potenza <sup>3</sup>, and Valter Maggi <sup>1</sup>



<sup>1</sup> Università di Milano-Bicocca, DISAT, Milan, Italy

<sup>2</sup> Università degli studi di Milano, Physics Department, Milan, Italy

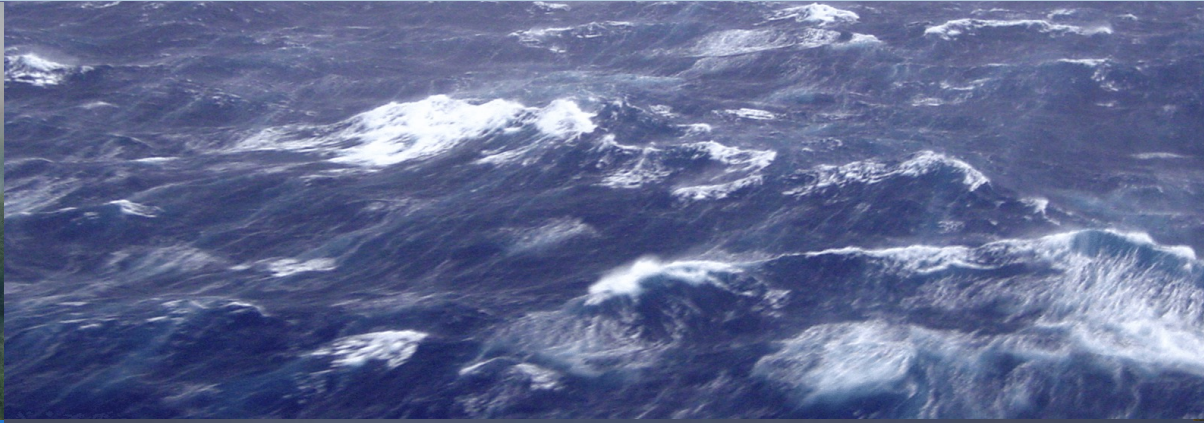
<sup>3</sup> Università degli studi di Milano, Physics Department and CIMaIna, Milan, Italy

(Rayleigh)

(Lorenz–Mie + multiple scattering)

(Tyndall)

# A variety of sources





- particles at the wavelength scale interact strongly with light
- contribution to radiative transfer (planetary albedo)
- condensation nuclei for water droplets (clouds)
- enhancement of melting in the cryosphere
- stored in glaciers (information from the past)



Aerosols (insoluble)  
deposited in snow

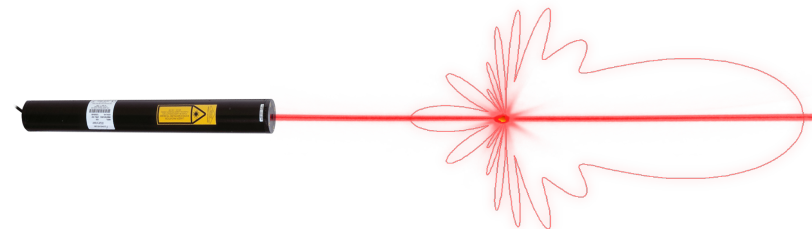


- mineral dust (Saharan)
- black/brown carbon soot
- microplastics
- ...



Continuous flow analysis  
high-resolution sampling of insoluble contents

optical methods (light scattering)



particle-by-particle characterisation

- ✓ fast (statistical analysis)
- ✓ non-invasive
- ✓ very low concentrations
- ✓ multiparametric model-independent measurements
- ✓ no calibration

retrieve optical properties for radiative transfer models  
effect on the cryosphere as a threat to glaciers

Delmonte B et al (2020) 30.4 : 546-558; Potenza MAC et al (2016) Sci rep 6.1:1



# Continuous flow analysis: overview



depth encoder,  
flow rate,  
temperatures

Customised Abakus

Digital Holography

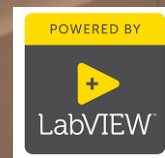
Single-particle Extinction and Scattering

debubbler

discrete sampling (20–30 ml)  
for Coulter counter  
(auto-sampler not shown)

melting core (webcam)  
cold room @  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

melter head controller



concentration , optical properties, size distribution, particle aspect ratio  
+ discrete sampling for volumetric sizing

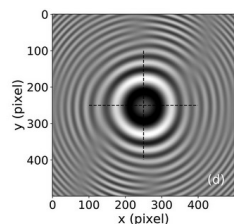


Single-Particle Extinction and Scattering (SPES):  
extinction cross-section, optical thickness  
(interferometric forward-scattering)

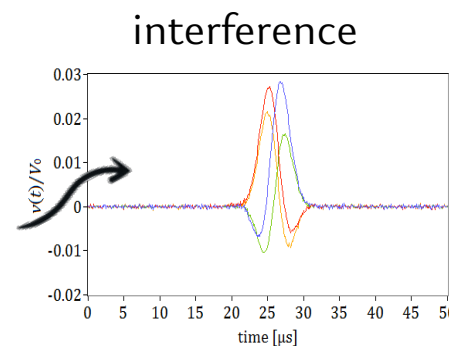
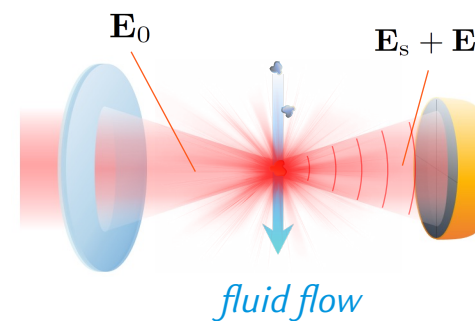


Now with custom inversion!

Abakus :  
particle sizing from large-angle light scattering  
we can customise the size inversion according to  
the refractive index of the particles



In-line digital holography (in progress):  
extinction cross-section and particle 'shadow'  
for particles > 1 μm



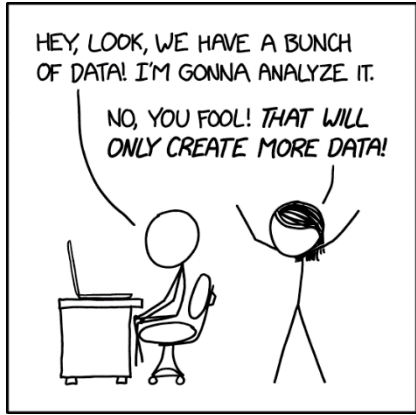
$$\mathbf{E}_s(r, \theta = 0) = S(0) \frac{e^{ikz - ikr}}{ikr} \mathbf{E}_0$$

extinction cross-section

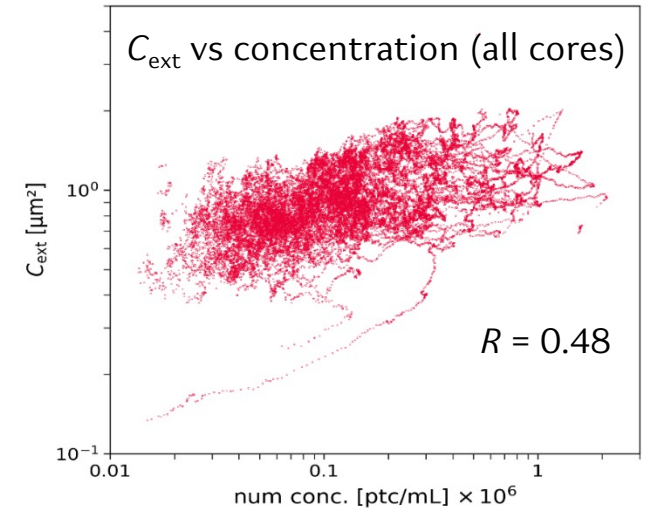
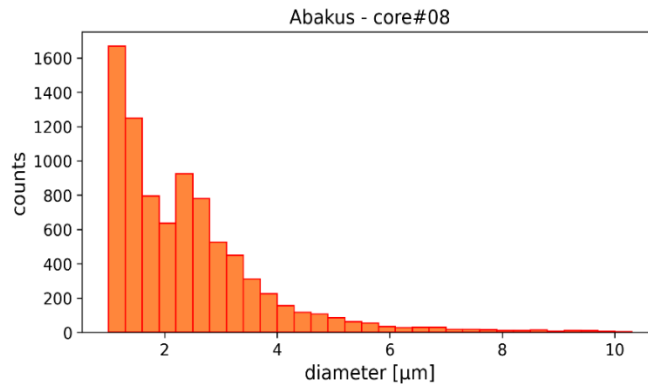
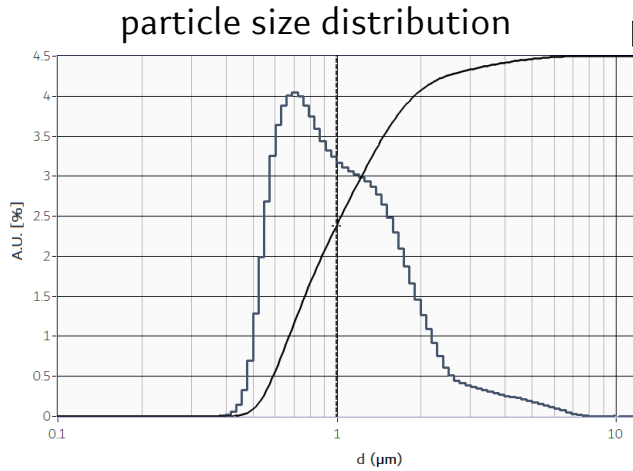
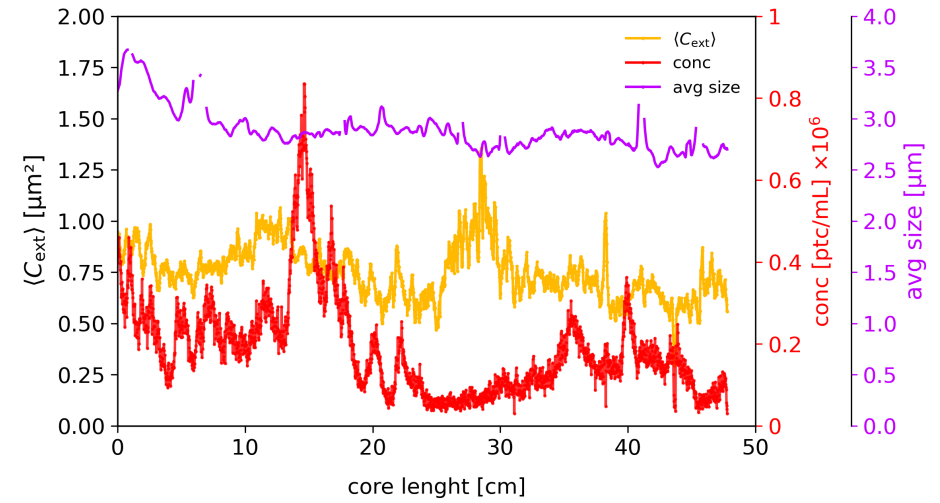
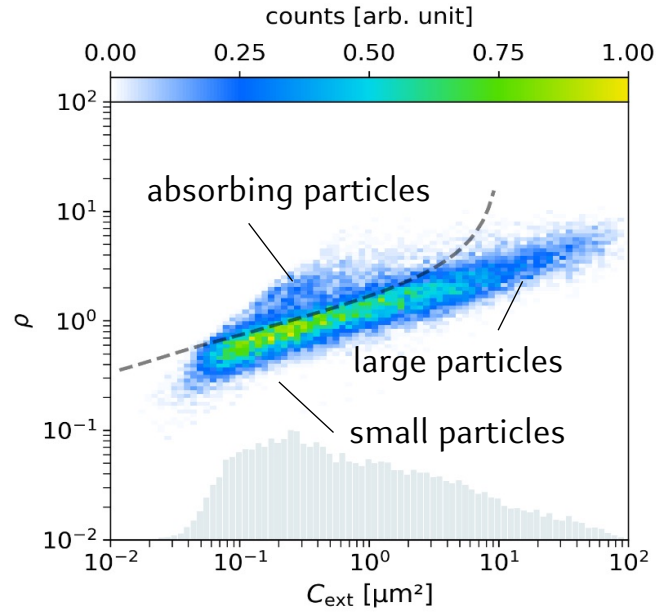
$$C_{\text{ext}} = \frac{4\pi}{k^2} \Re S(0)$$

particle optical thickness  
related to shape and refractive index

$$\rho = 2 \frac{\Re S(0)}{\Im S(0)} \sim k\tau(n - n_0)$$

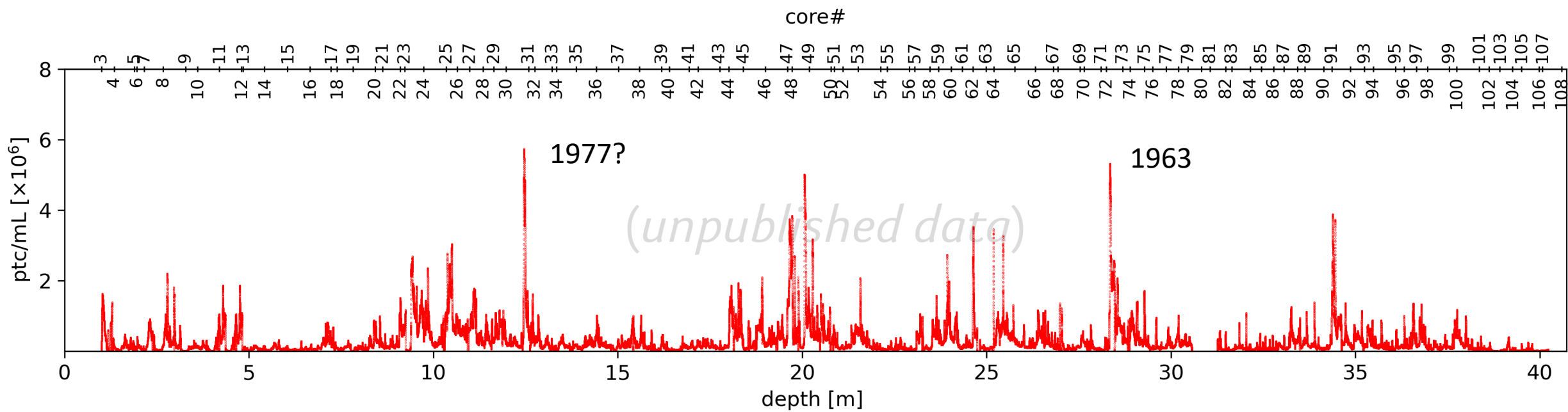


(which is still unpublished, by the way)



Potenza MAC et al (2022) JQSRT 278: 108028

## ADA16 - particle concentration



Festi D et al (2021) Cryosph 15.8: 4135-4143

The system proved to be efficient and robust with both Alpine and polar ice cores (more than 40 m altogether)

We integrated the monitoring of the system parameters in a logging software and developed the data analysis software

Current melting rate is ~1.2 cm/min (2.1 mL/min), with 2–3 mm resolution, Particle concentration ranges from  $10^2$  to  $10^7$  ptc/mL

Alpine cores are considerably contaminated: many of the particles we found accelerate glacier degradation

The ongoing data analysis is focused on the main peaks and the  $C_{ext}$  - concentration relationship as a proxy for Saharan events

The data from ADA16 will be used as a time reference for the ADA270 cores (analysis is in process)

Particles contribute to the total aerosol single-scattering albedo (SSA) and asymmetry parameter ( $\gamma$ ) in proportion to their  $C_{ext}$  (the focus on “large” particles is especially relevant)

We successfully tested digital holography with discrete samples, further steps are required to incorporate it in the cfa line

*We thank Andrea Passerini, Marco Pallavera, and Tiziano Sanvito for their valuable technical support, our partners, and you all for your kind attention!*



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO

# Hyperspectral and XRD analyses on the 224 m ice core drilled on the Adamello glacier for the ClimADA Project



**Dr. Deborah Fiorini**

PhD student in Polar Sciences

## Hyperspectral analysis

### Why optical properties?

The mineral dust influences global climate both directly (radiative properties) and indirectly (cloud formation)

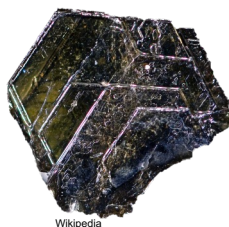
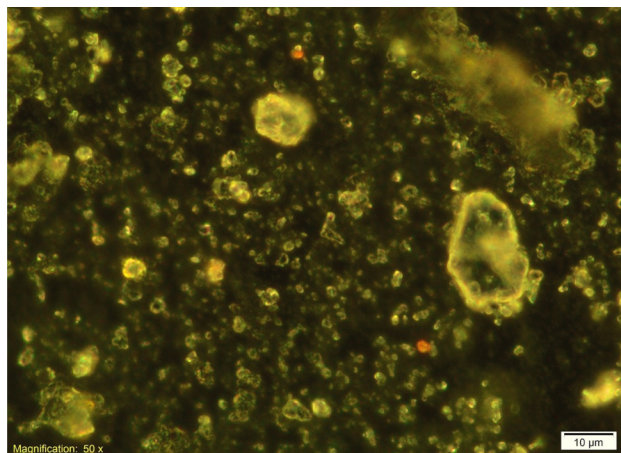
The mineral dust settles on glaciers surfaces

Impurities vary the capability of ice to reflect the solar radiation (Albedo)

A major portion of the electromagnetic radiation is absorbed



*Glaciers melting rate increases*



Wikipedia



Wikipedia



Wikipedia

## X-Ray Diffraction (XRD) analysis

### Why identify minerals?

The dust has various mineralogical composition depending on formation sites

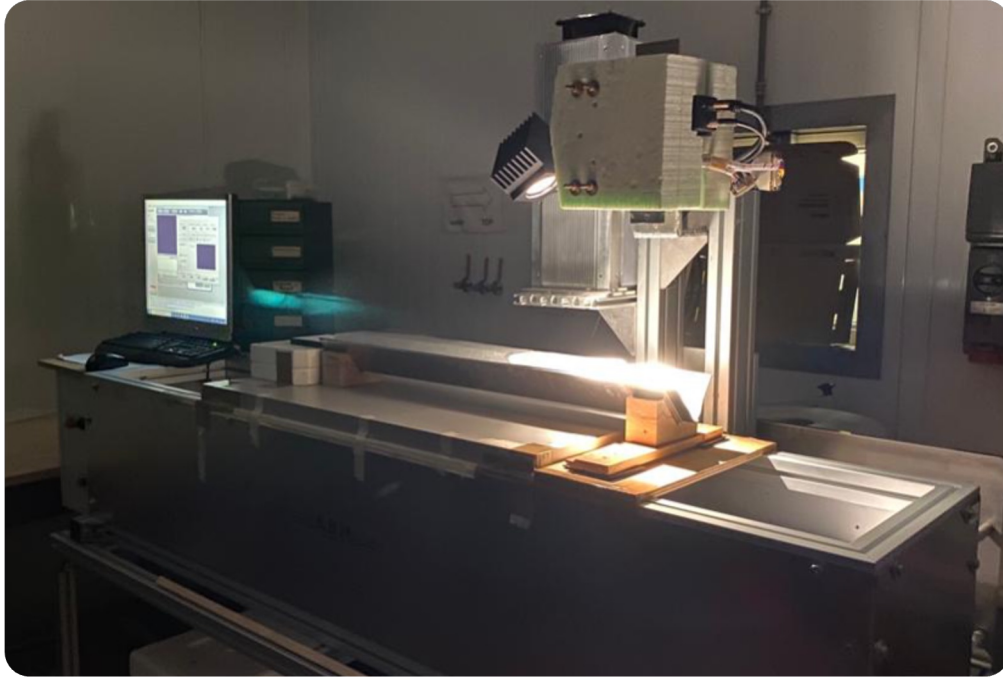
Different minerals have different optical properties

Different regions worldwide have a different rocks and mineralogical composition

Minerals identification allow to identify where the dust comes from



*Track back dust sources understanding old atmospheric patterns*



Hyperspectral camera

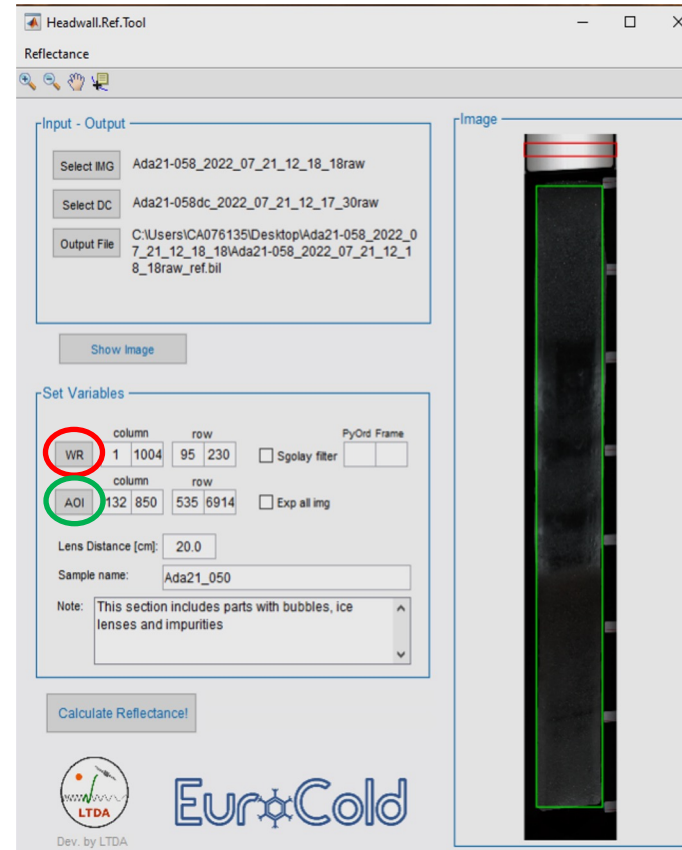


400 – 1000 nm  
(VIS-NIR)

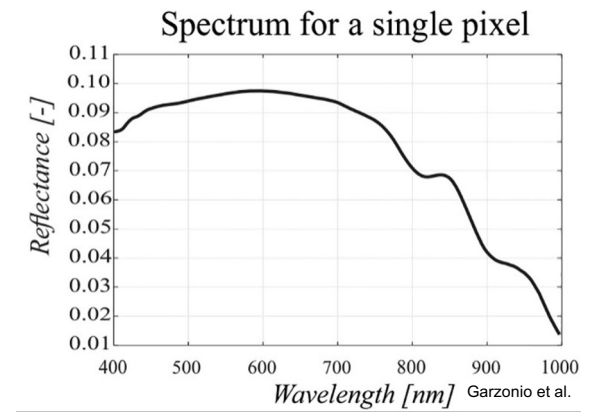
Proper illumination



Halogen lamp

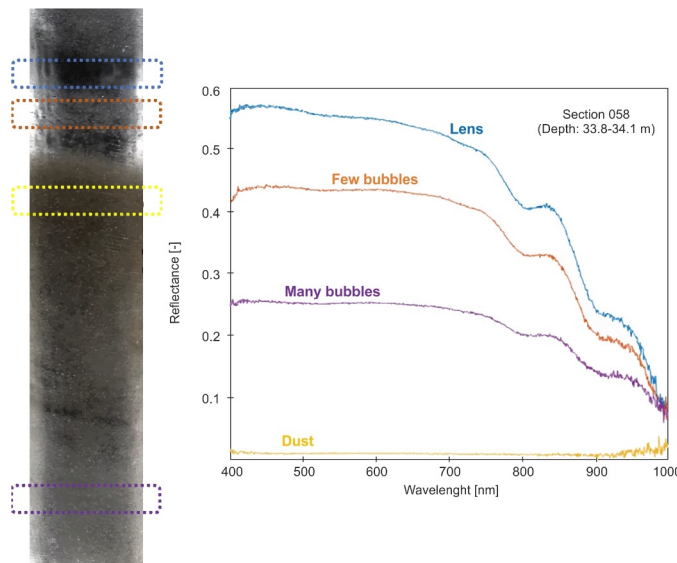
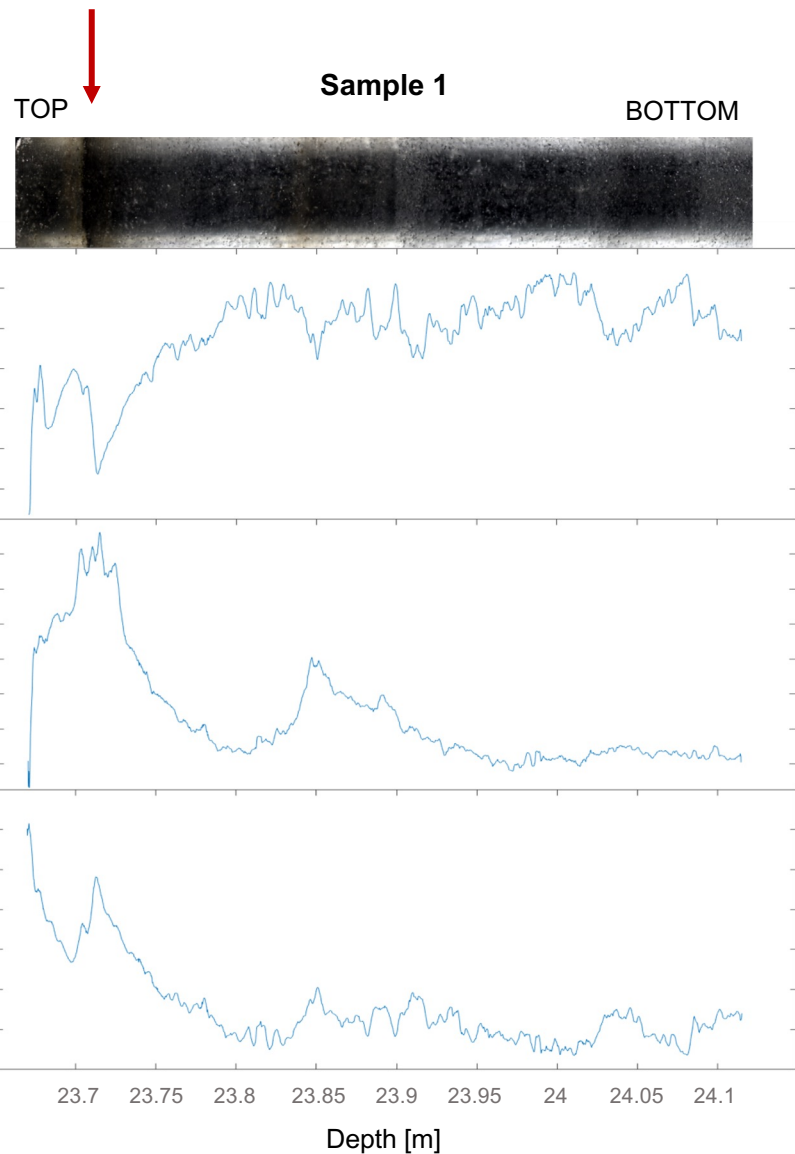


$$\text{REF} = \frac{\text{reflected radiant power}}{\text{incident radiant power}}$$



Reflectance for a 2 cm width pixel strip centred along the ice-core (pixel range 15-35)



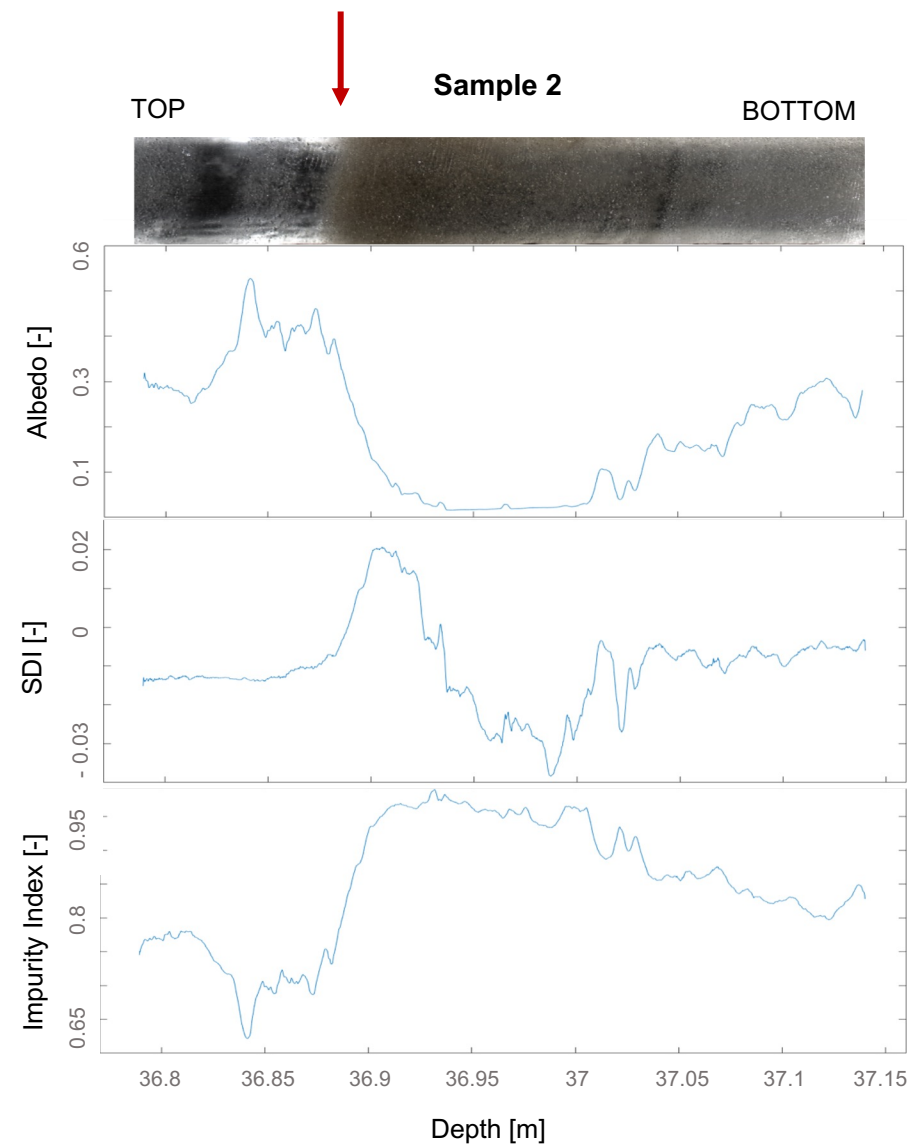


Reflectance curve for all single pixel

3 optical descriptors

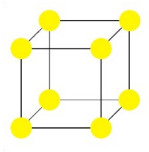
Continuous record trough the ice core

**SDI peaks are used to select samples for the XRD analysis**

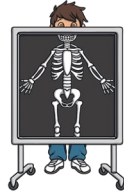


# X-ray Diffraction (XRD) principles

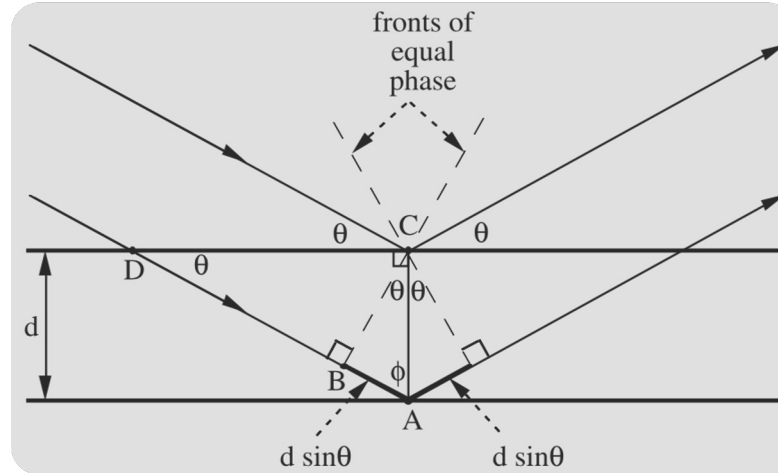
Crystalline lattice →



X-ray source →



Scattering detector →



B. Fultz, J. Howe, TEM and Diffractometry of Materials © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

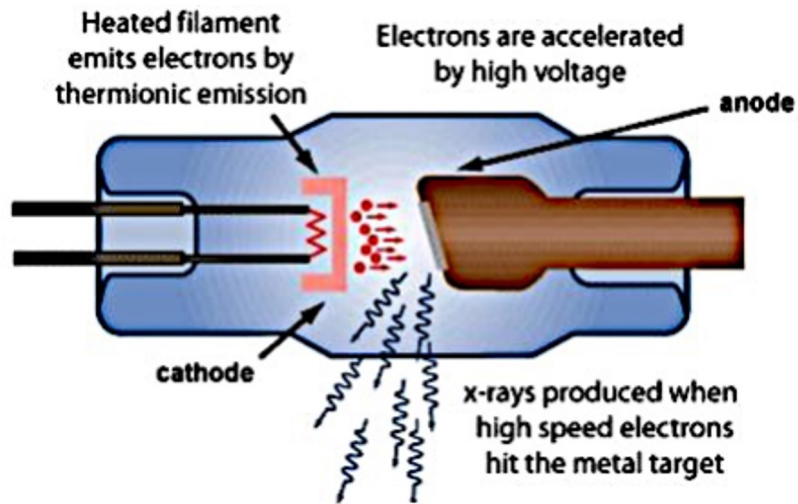
Each crystalline structure has a repetition in space

Diffraction of monochromatic X-rays by the crystal lattice (coherent scattering by multiple atoms)

Fingerprint of materials: the direction of diffraction

Peaks position and intensity in the XRD pattern are related to

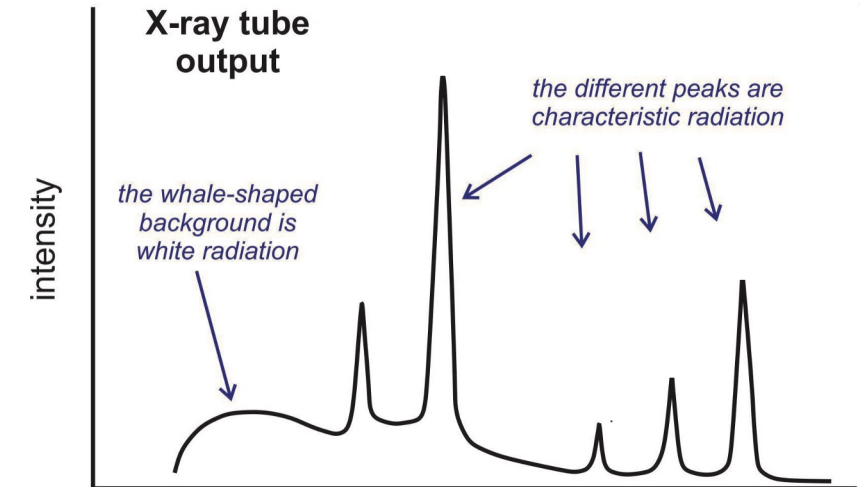
"Search-match" qualitative procedure



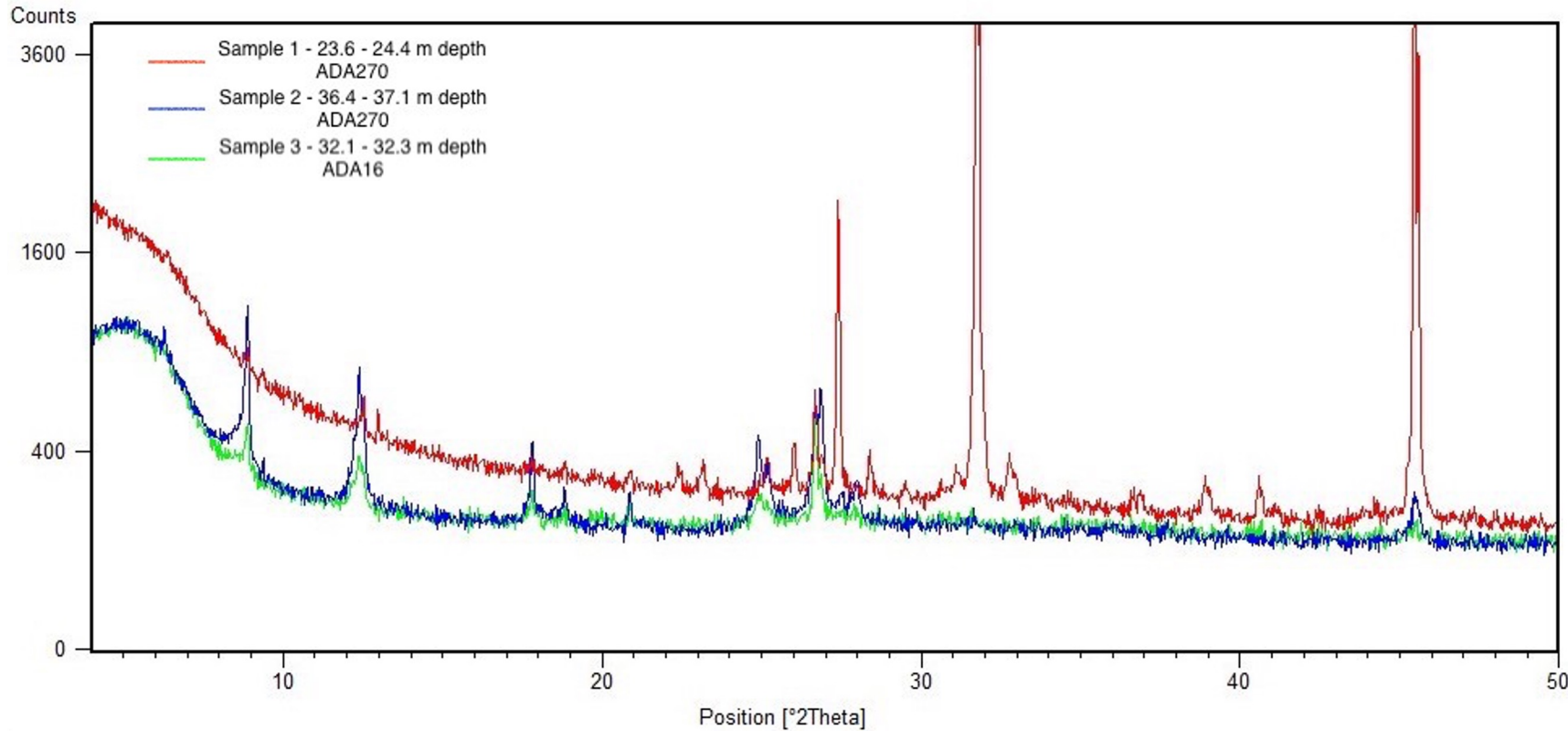
<https://opengeology.org/Mineralogy/12-x-ray-diffraction-and-mineral-analysis/>

Bragg's Law

$$2d \sin(\theta) = \lambda$$



<https://opengeology.org/Mineralogy/12-x-ray-diffraction-and-mineral-analysis/>

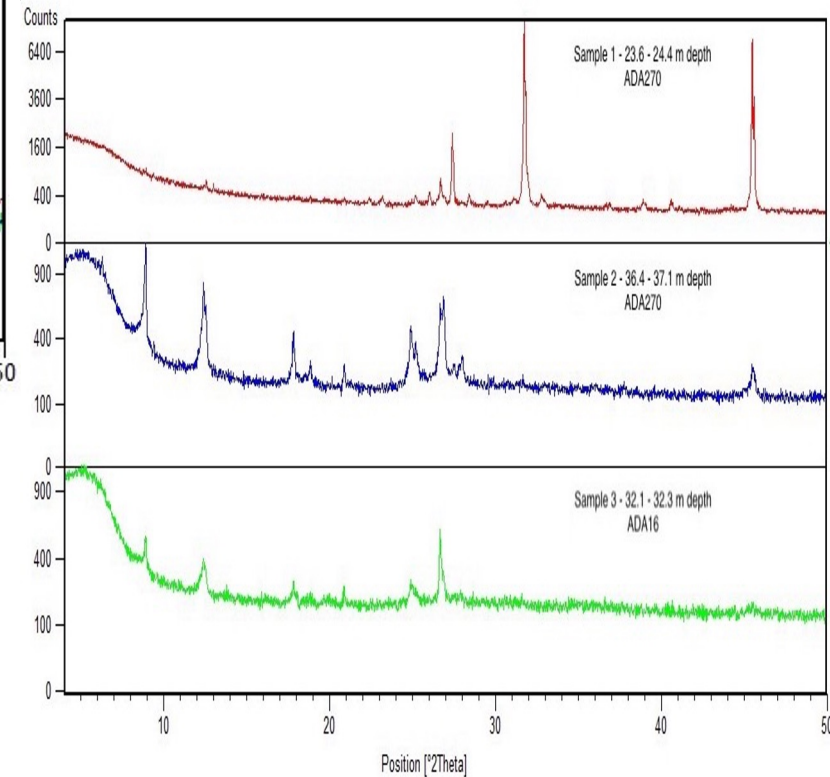


1

Many different peaks positions are present

Sample 1 and Sample 2 has similar spectra

Peaks have different shapes and positions



Peaks width

Peaks intensity

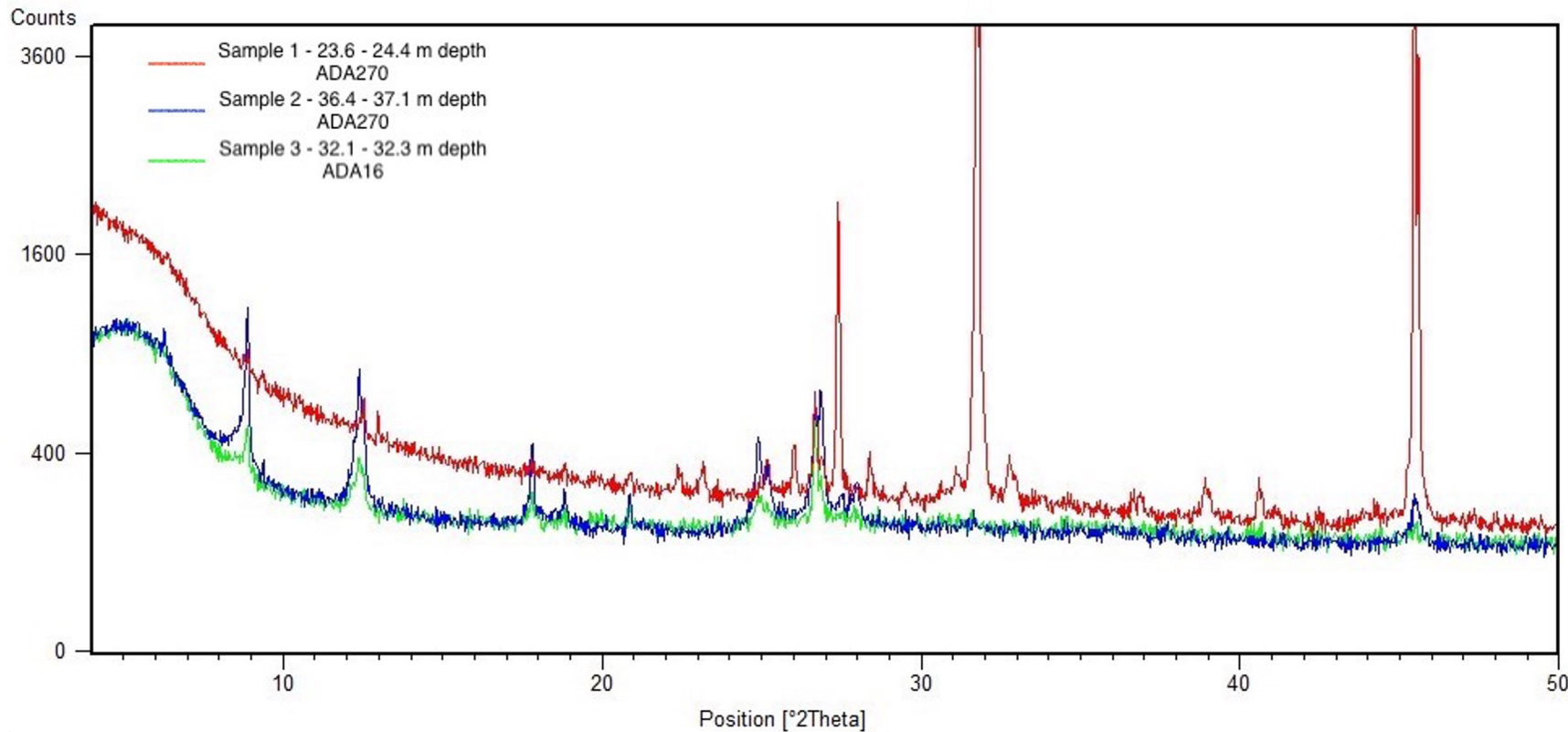
Mineral group and polymorph's

Peaks position

Periodicity (sharp peaks) and defects (broadened peaks)

Lattice impurity and concentration

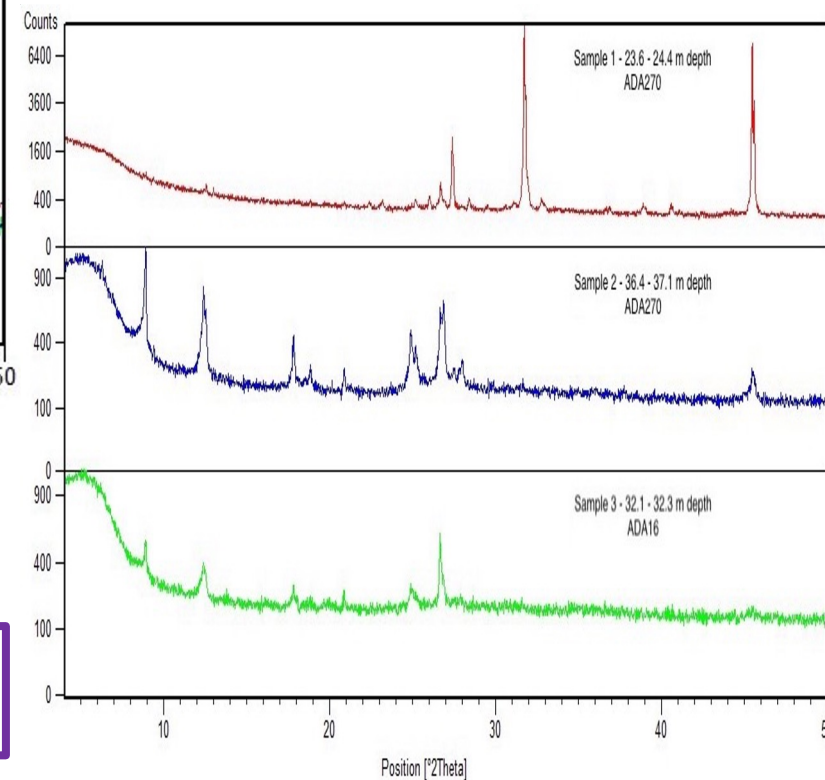
# X-ray Diffraction (XRD) data



2

3 peaks are more intense and sharp

Some peaks are wider



Peaks width

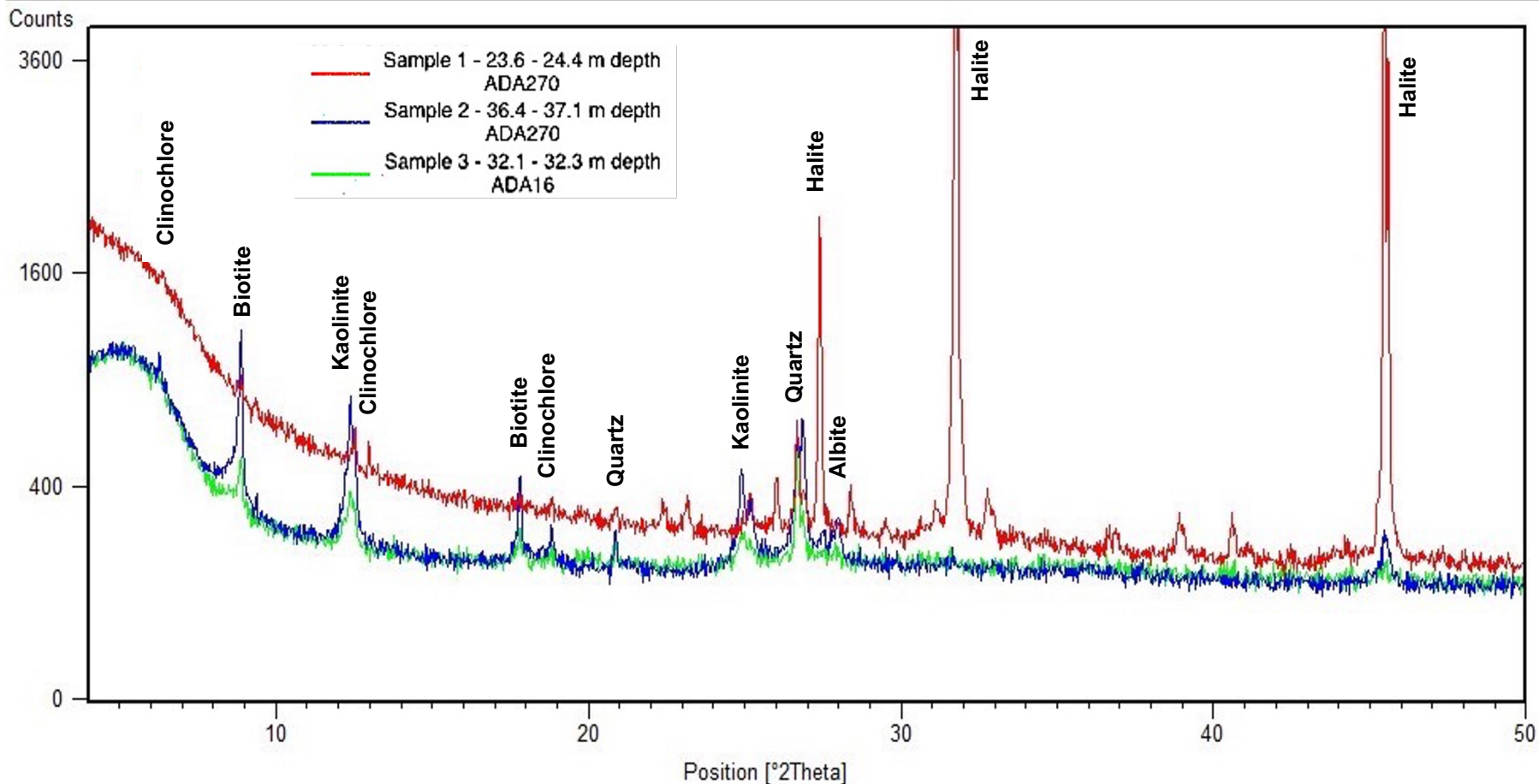
Peaks intensity

Mineral group and polymorph's

Peaks position

Periodicity (sharp peaks) and defects (broadened peaks)

Lattice impurity and concentration



3  
Different peaks are related to different minerals

Minerals



4

**Quartz, Clinocllore, Albite and Biotite:** abundant ad common rock forming minerals

**Kaolinite:** Western Saharan marker

---

**Palygorskite and high carbonate content:** Northern and North-West Saharan marker (not found)



**What about the future?**

Make comparisons with other Alpine ice cores

Find the 1977 great Saharan dust transport in the ADA270 ice core

Analysis considering Scanning Electron Microscopy (SEM) measurements

Identify reflectance curves footprints related to mineral groups unifying XRD and Hyperspectral data

Thanks for your attention

# Multi-proxy palaeoenvironmental reconstruction of selected intervals of the ADA 270 ice core

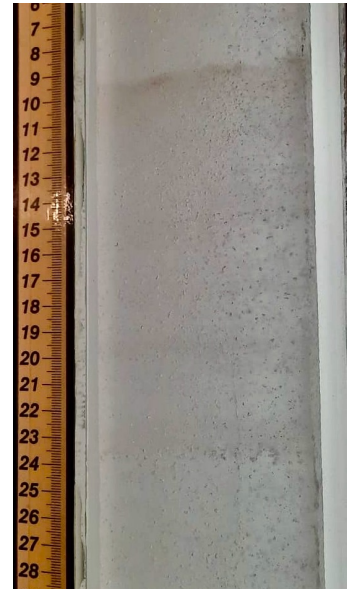
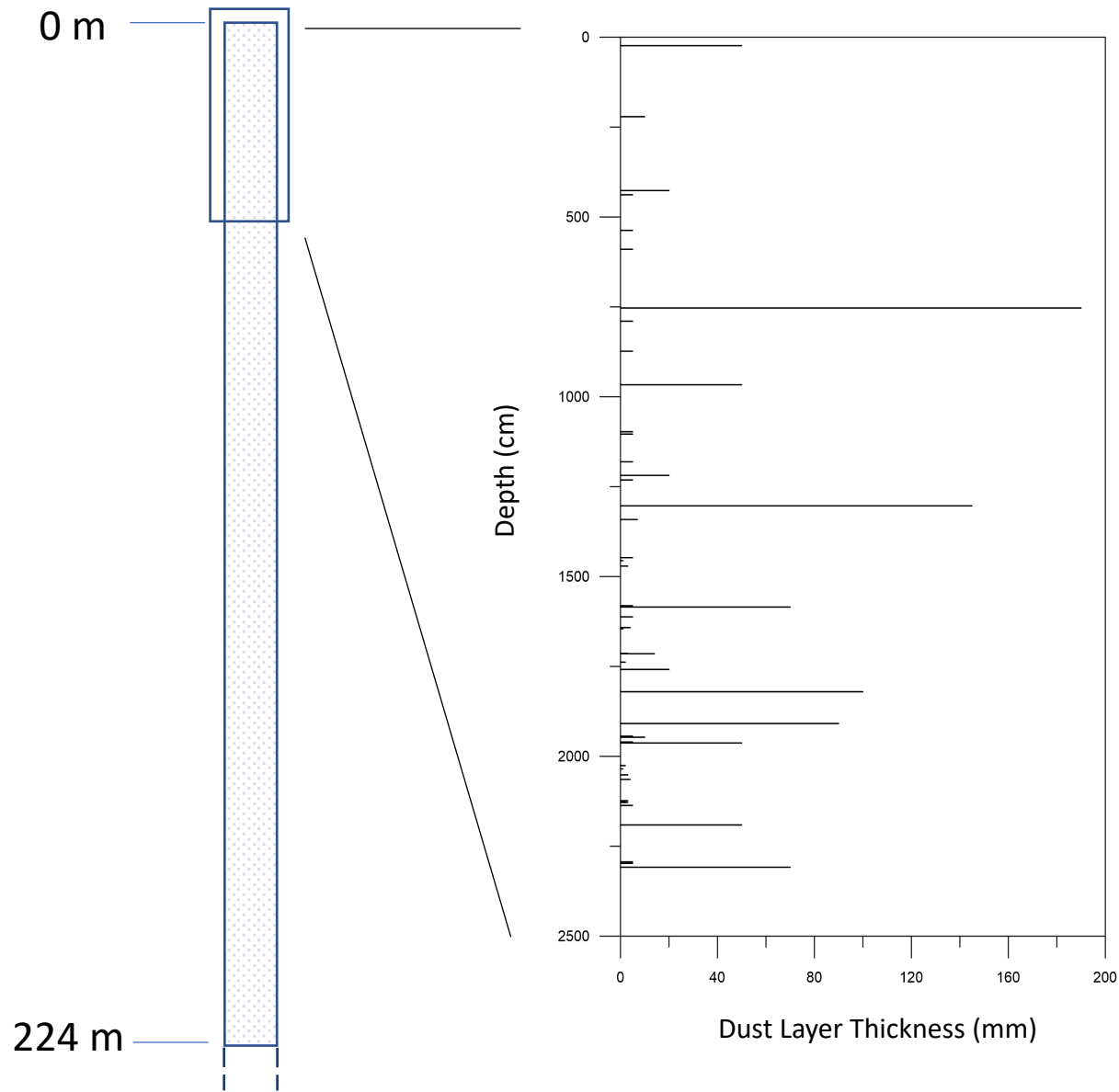


C. Mangili<sup>1</sup>, R. Pini<sup>2</sup>, C. Artoni<sup>1</sup>, B. Delmonte<sup>1</sup>, E. Di Stefano<sup>1</sup>, D. Fiorini<sup>1</sup>, B. Leoni<sup>1</sup>,  
E. Malinverno<sup>1</sup>, V. Maggi<sup>1</sup>

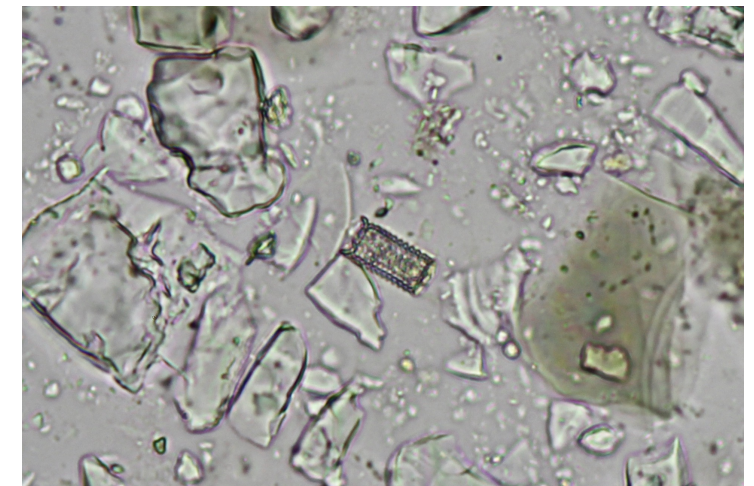
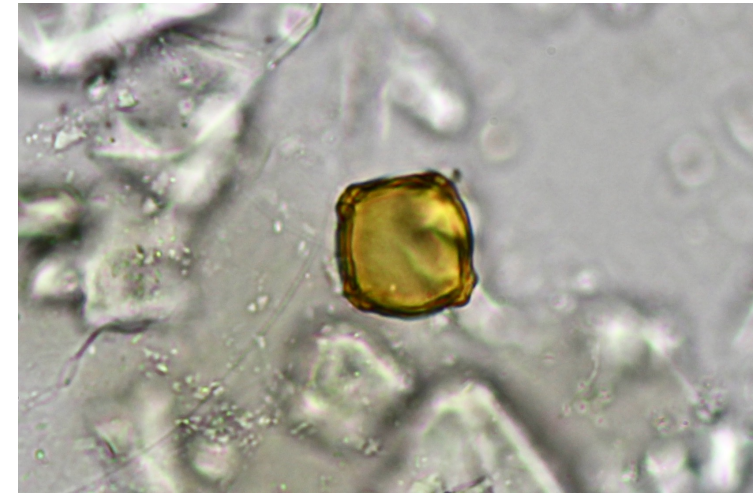
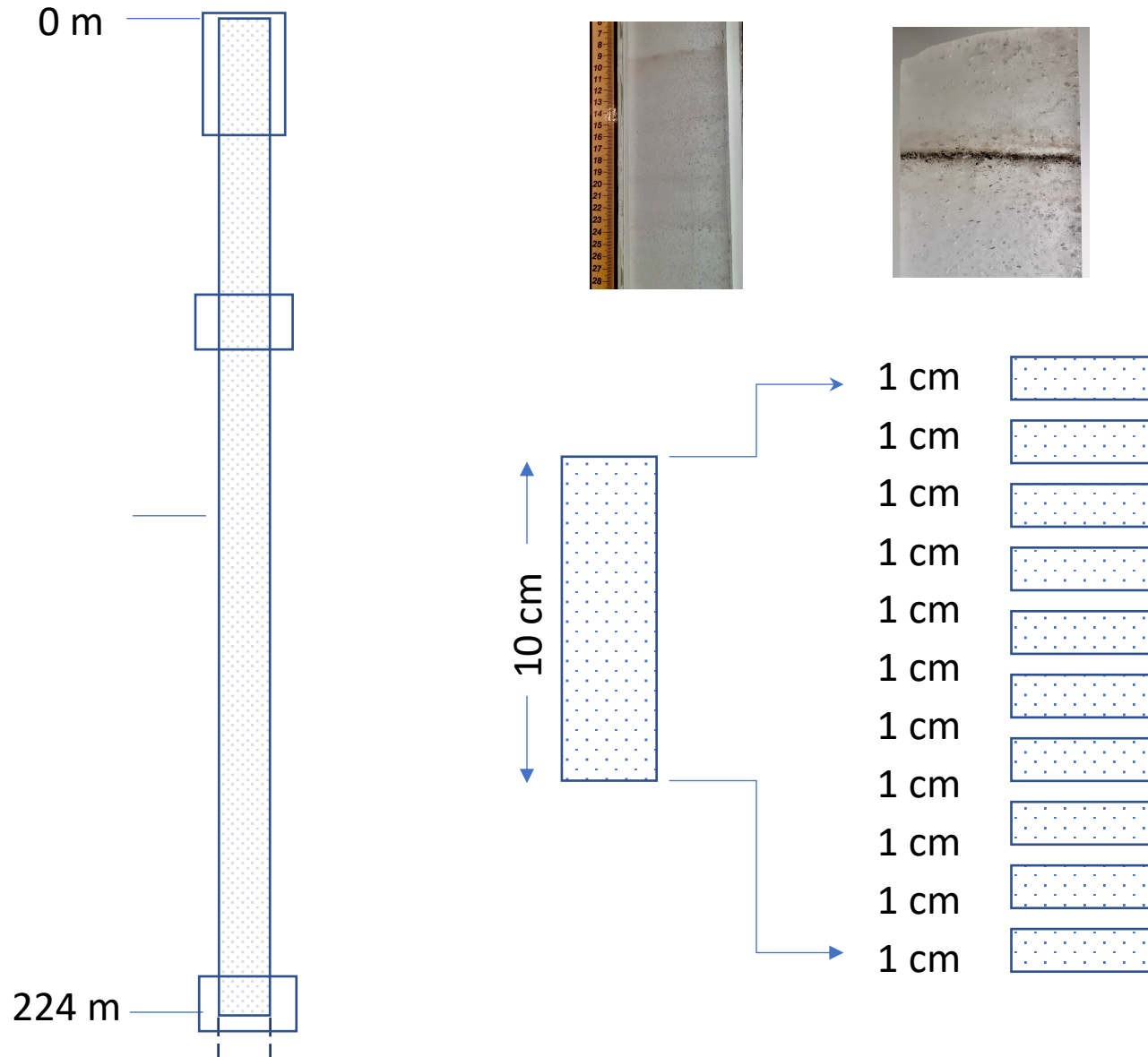
<sup>1</sup> Università Bicocca, <sup>2</sup> C.N.R. Milan



# Dust Layers



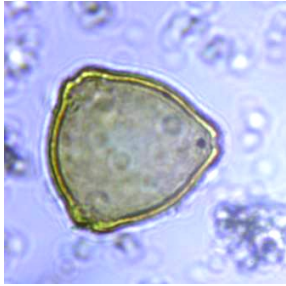
# Stratigraphy and sampling resolution



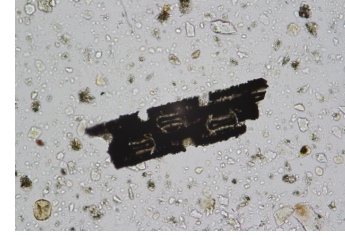
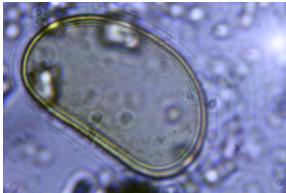
# Proxies



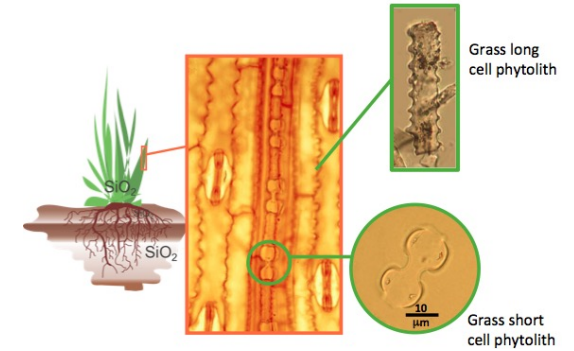
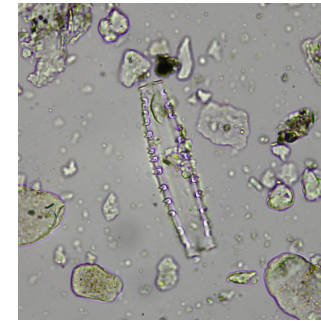
<https://www.agraria.org/coltivazioniarboree/nocciolo.htm>



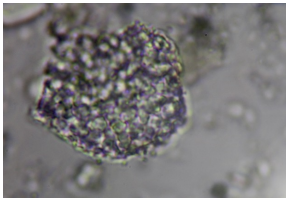
<https://www.edendeifiori.it/54/felce.php>



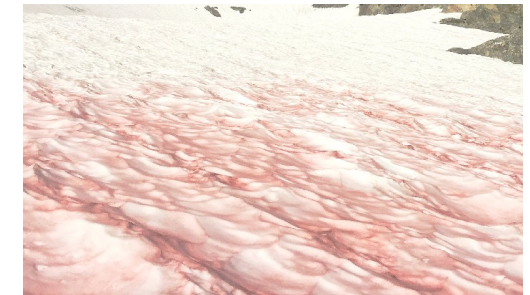
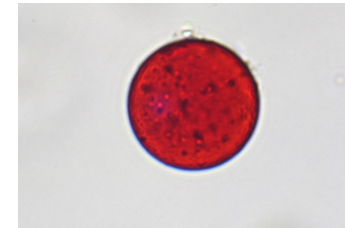
<https://www.theatlantic.com/photo/2022/07/photos-wildfires-rage-across-southwestern-europe/670553/>. Thibaud Moritz / AFP / Getty



Mike Doukas – USGS



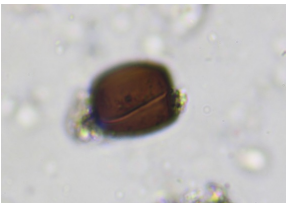
<https://www.dolomitiaparkhotelmolveno.it/lago-mandrone.html>

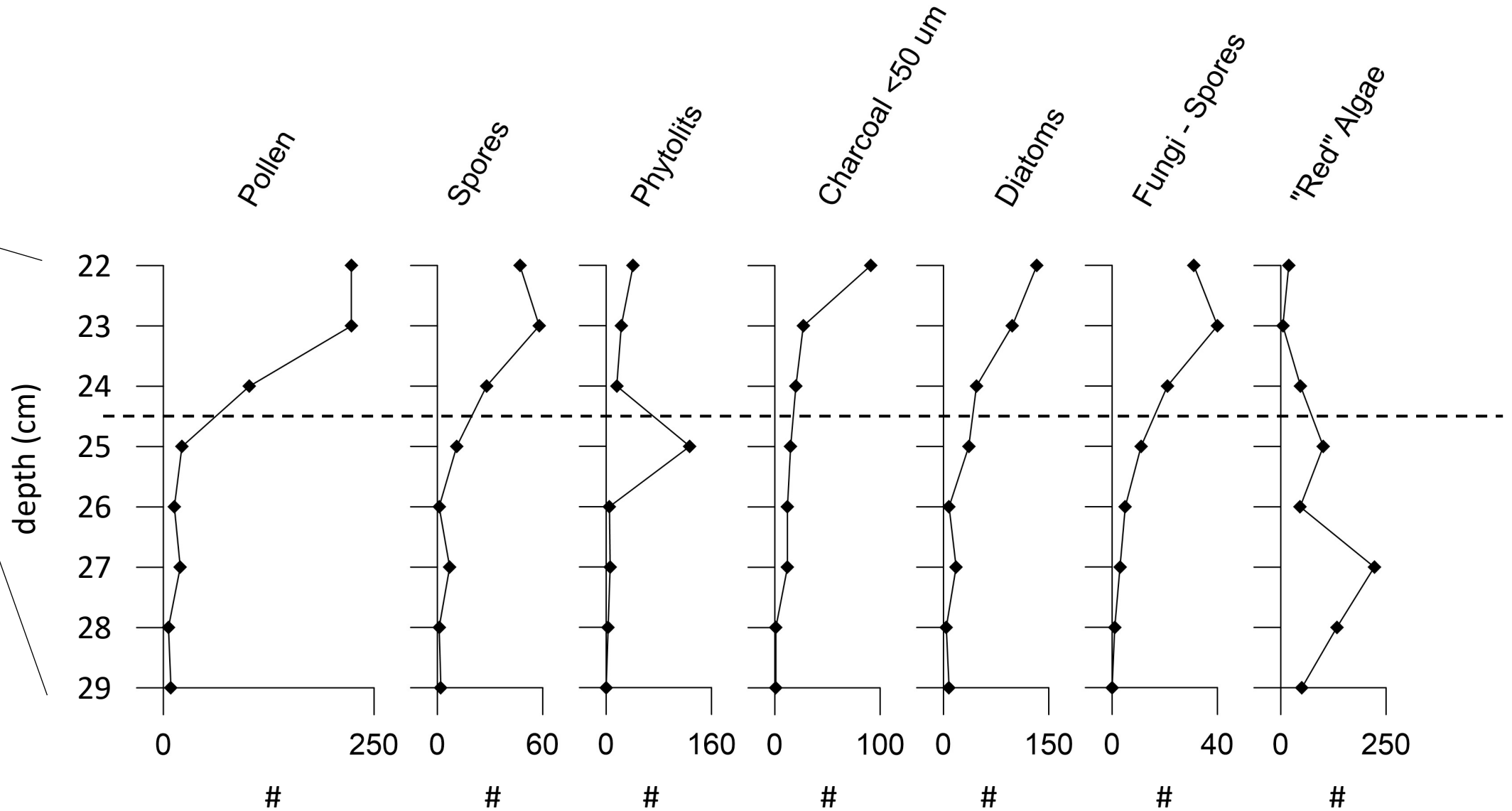
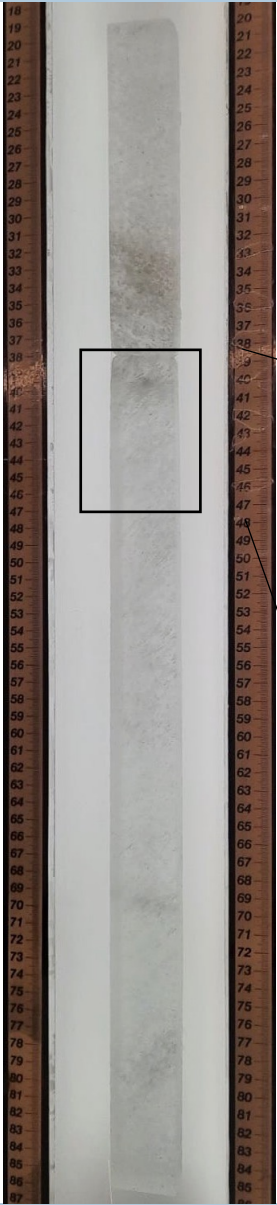


<https://www.theweathernetwork.com/en/news/nature/habitats/watermelon-snow-shows-up-on-italian-alps>

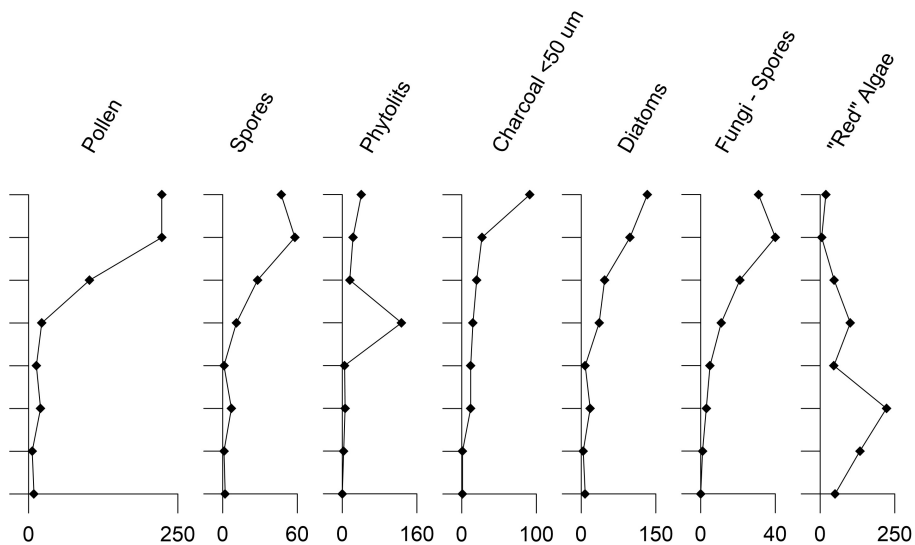


<http://lombardia.stelviopark.it/portfolio/items/cervo-vs-camoscio-competizione-interspecifica/>





## KARTE DER ADAMELLO-UND PRESANELLA-GRUPPE



Herausgegeben v. Deutschen u. Oesterreichischen Alpen Verein.  
(1903).

## Remarks

- Ice preserved remains of numerous proxies that allow reconstructing palaeoenvironmental and palaeoclimatic conditions at sub-annual resolution;
- Some proxies are present throughout the core, from top to bottom;

## Next Steps

- Continue analyses on the intervals so far considered;
- Enhance the historical analysis of the WWI period;
- Analyse the time interval of the LIA.

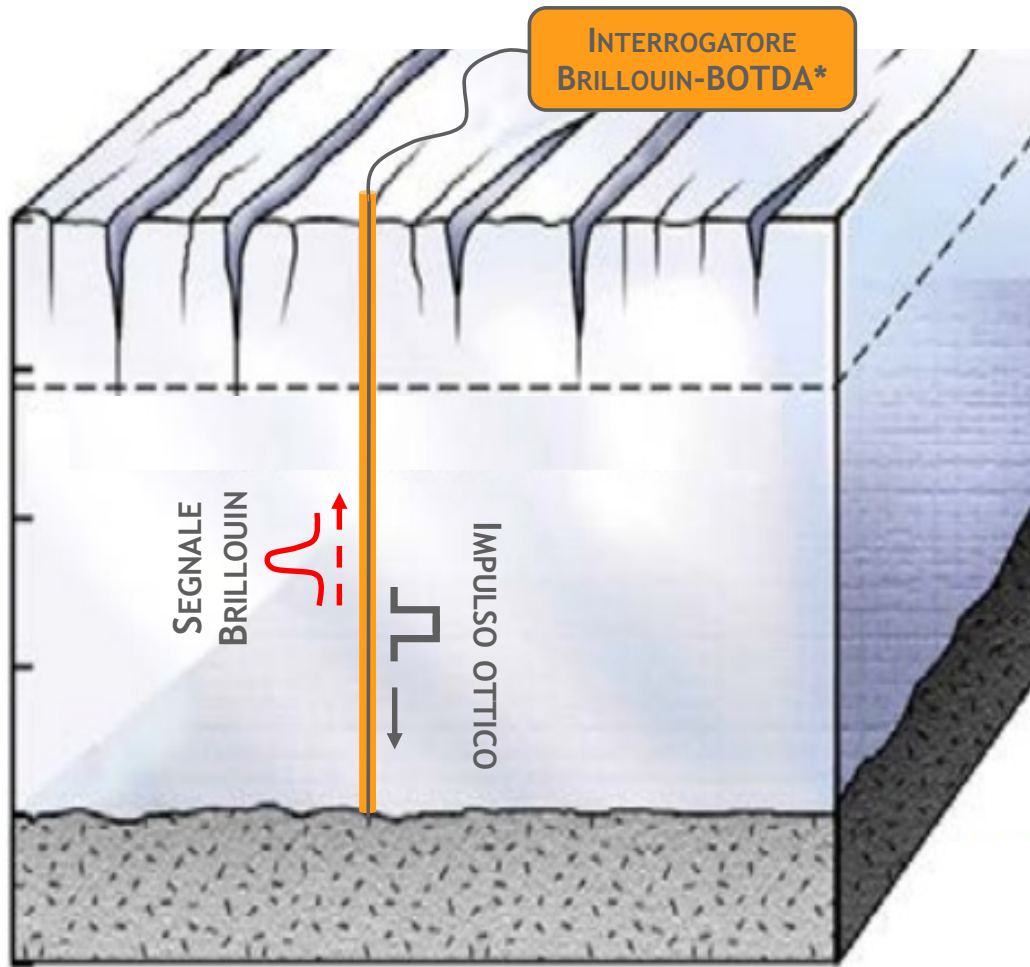


# SISTEMA DI MONITORAGGIO DEL GHIACCIAIO DELL'ADAMELLO CON SENSORI A FIBRA OTTICA

NEL PROGETTO ADA270 COHAERENTIA E' STATA INCARICATA DELL'INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO IN FIBRA OTTICA ALL'INTERNO DELLA PERFORAZIONE LASCIATA "LIBERA" DOPO IL CAROTAGGIO DEL GHIACCIAIO.

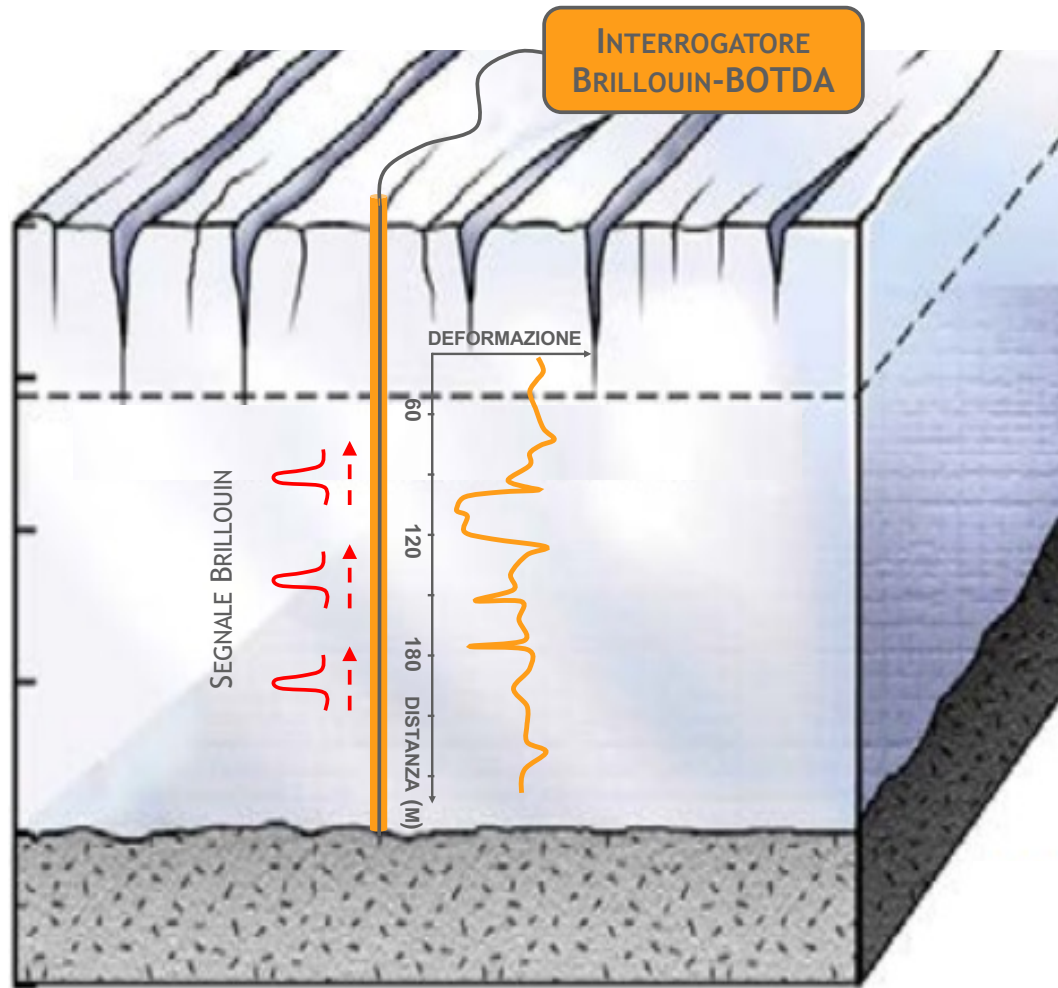
**OBIETTIVO:** RICOSTRUIRE L'INTERO PROFILO DI TEMPERATURA E DI DEFORMAZIONE DEL GHIACCIAIO LUNGO LA PERFORAZIONE CON UNA RISOLUZIONE SPAZIALE DEL METRO E ANALIZZARNE L'EVOLUZIONE NEL TEMPO.





UN IMPULSO OTTICO E' LANCIATO IN FIBRA GENERANDO IN CIASCUN PUNTO UN SEGNALE DI **BACKSCATTERING** (RETRODIFFUSO) **BRILLOUIN**, LE CUI PROPRIETA' OTTICHE DIPENDONO DALLA TEMPERATURA E DALLA DEFORMAZIONE LOCALE DELLA FIBRA.

\*BOTDA: BRILLOUIN OPTICAL TIME DOMAIN ANALYSIS



ESSENDO IL TEMPO DI ARRIVO DEL SEGNALE RETRODIFFUSO BRILLOUIN CORRELATO ALLA SUA POSIZIONE LUNGO LA FIBRA, E' POSSIBILE RICOSTRUIRE L'INTERO PROFILO DI TEMPERATURA E DI DEFORMAZIONE CON RISOLUZIONE SPAZIALE DEL METRO LUNGO DIVERSI KM DI FIBRA OTTICA.

\*BOTDA: BRILLOUIN OPTICAL TIME DOMAIN ANALYSIS



STESURA DEI CAVI OTTICI DA  
INSERIRE NELLA PERFORAZIONE  
PER LA MISURA DISTRIBUITA DI  
STRAIN E DI TEMPERATURA.



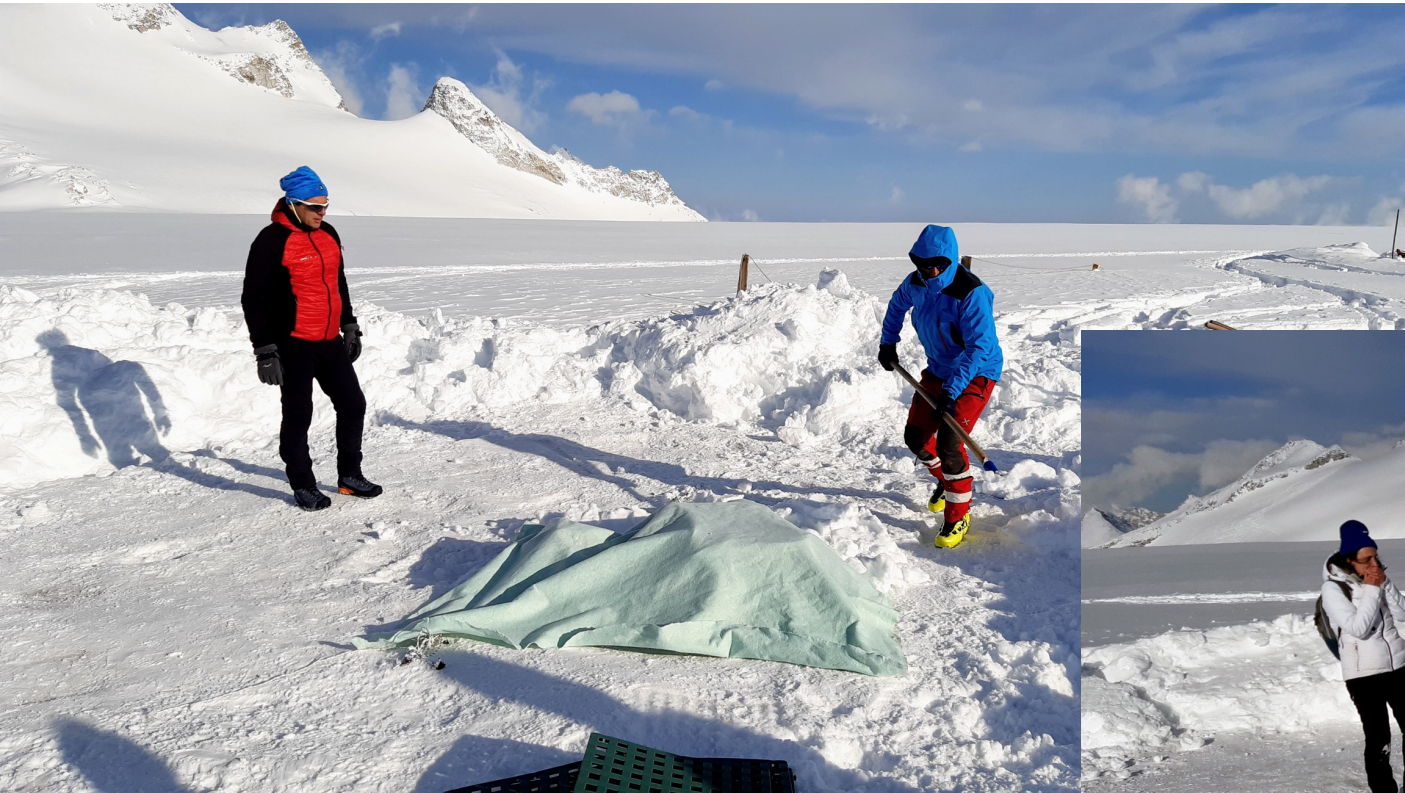
TORPEDINE REALIZZATO PER ANCORARE LE FUNI SU CUI SCARICARE LA TENSIONE NELLA FASE DI DISCESA E NON DANNEGGIARE I CAVI OTTICI.





USCITA DELLA FIBRA DAL FORO DI PERFORAZIONE  
E SISTEMAZIONE DELLA JUNCTION BOX DOVE  
VERRA' POI PERIODICAMENTE COLLEGATO  
L'INTERROGATORE BRILLOUIN.

# RICOPERTURA DELLA PERFORAZIONE









APERTURA DELLA JUNCTION BOX E TEST INIZIALI  
PER MISURARE LE PERDITE OTTICHE LUNGO I  
CAVI E VERIFICARNE L'INTEGRITA'.





**COLLEGAMENTO DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO  
DISTRIBUITO BOTDA AI CAVI INSTALLATI NELLA  
PERFORAZIONE PER MISURARNE IL PROFILO DI  
TEMPERATURA E DI DEFORMAZIONE**

AGOSTO 2022



AGOSTO 2021

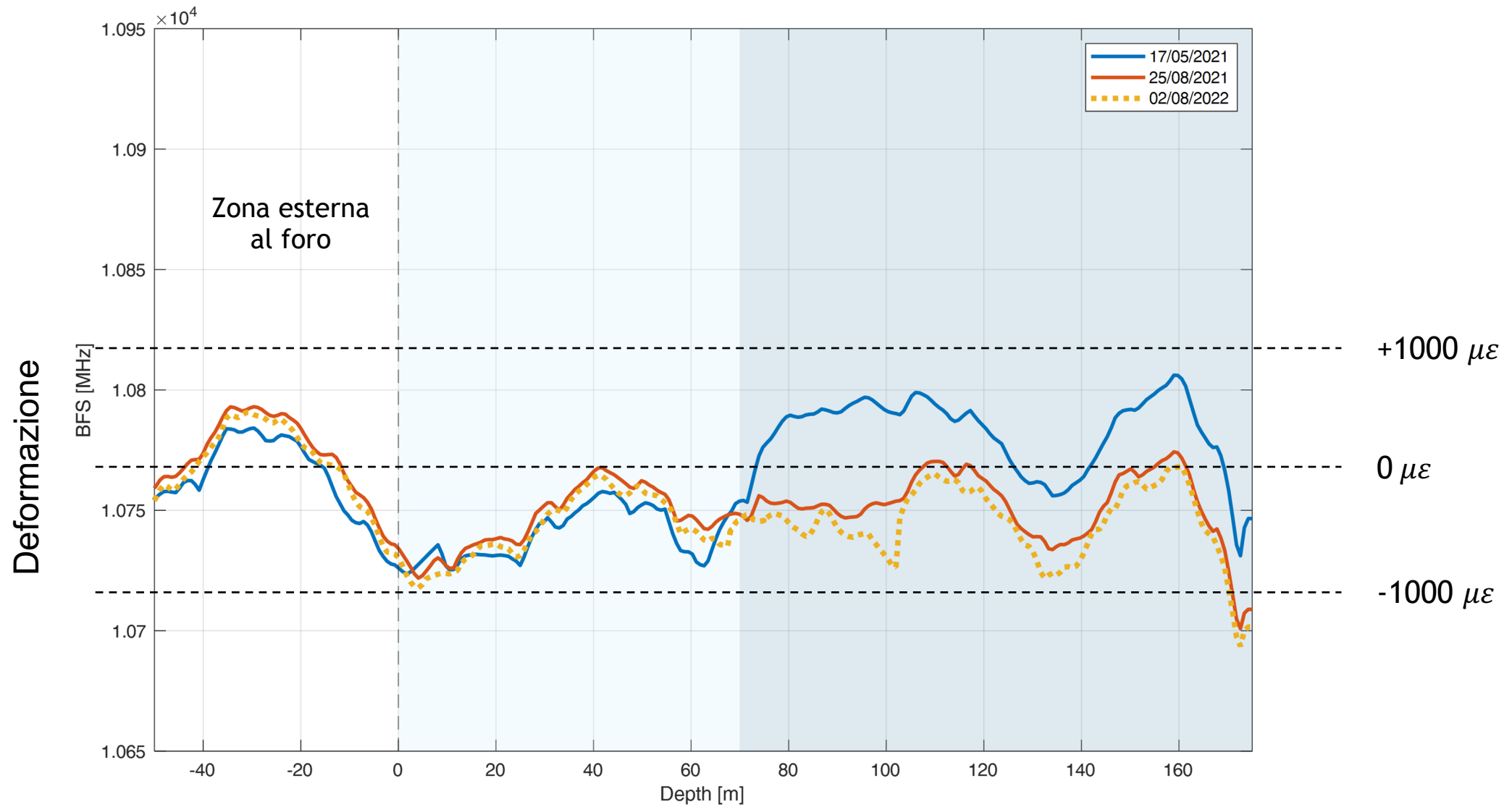


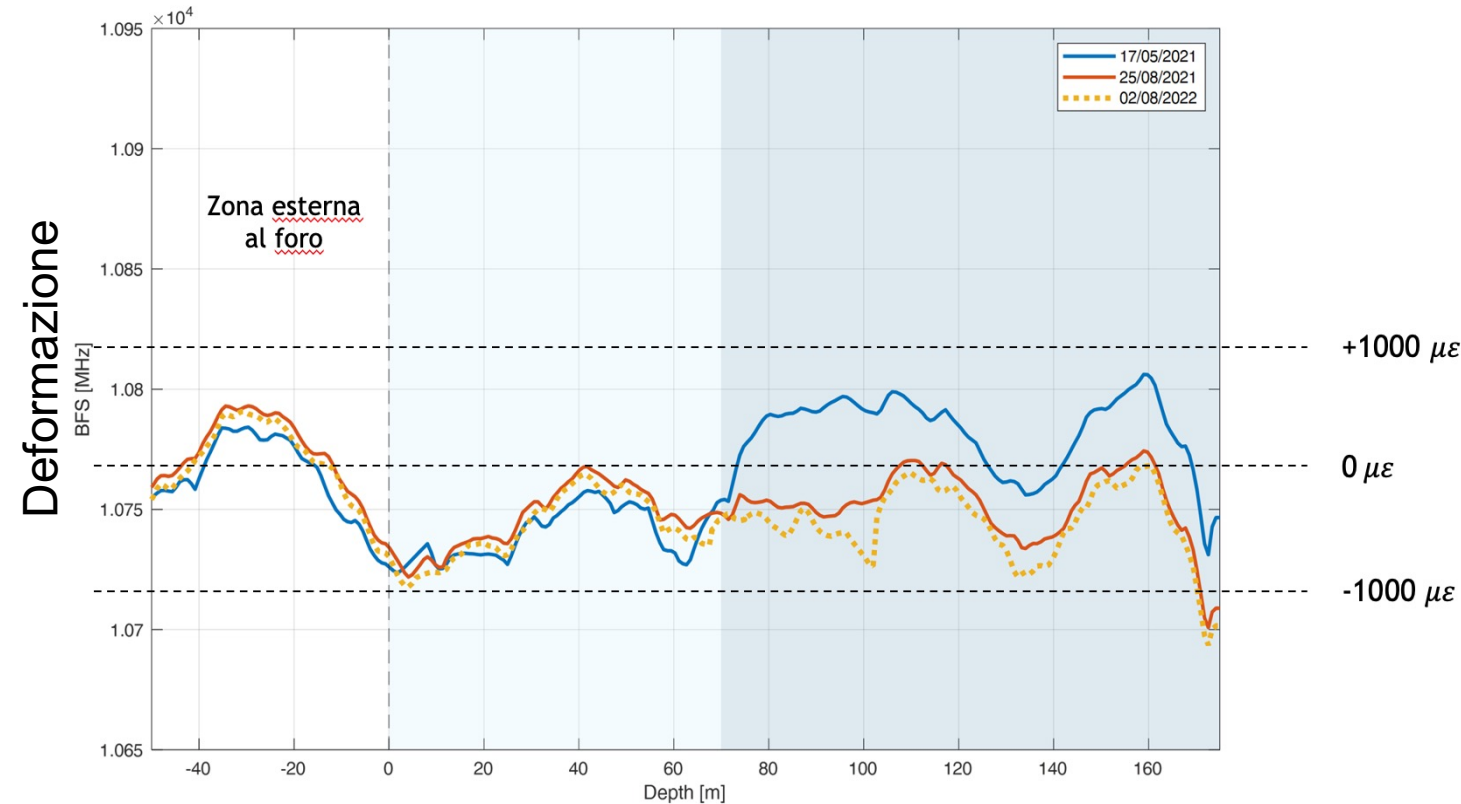
NOVEMBRE 2022



AGOSTO 2022





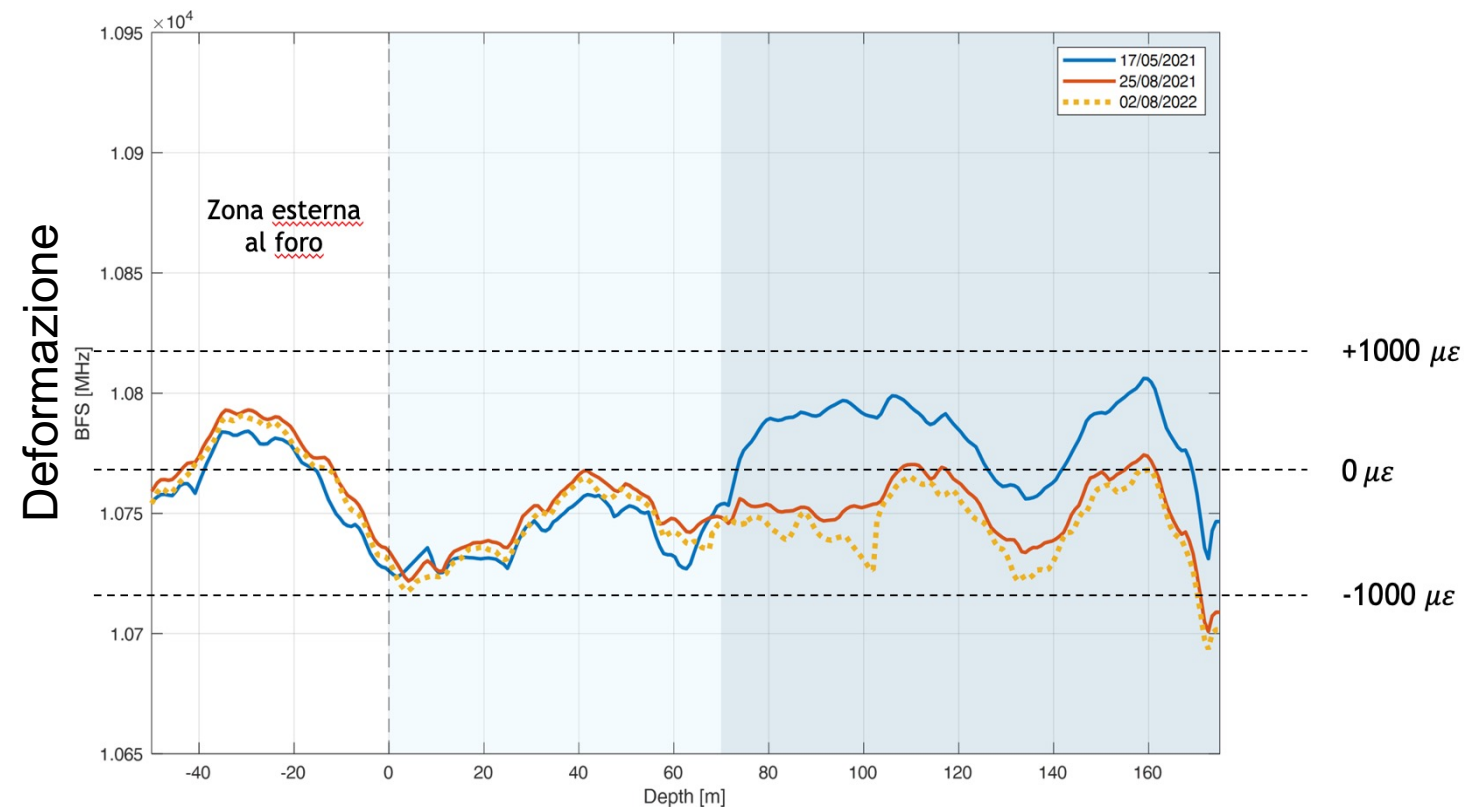


**MAGGIO 2021:** FORTE **COMPRESSIONE** TRA INGRESSO E 70 M DI PROFONDITA'; STATO **TENSIONALE** DAI 70 M FINO ALLA FINE.

**IPOTESI 1:** 2 ZONE A DIFFERENTE VELOCITA' ALL'INTERNO DEL GHIACCIAIO.

**AGOSTO 2021:** PROFILE COMPRESSIVO ABBASTANZA REGOLARE LUNGO IL FORO.

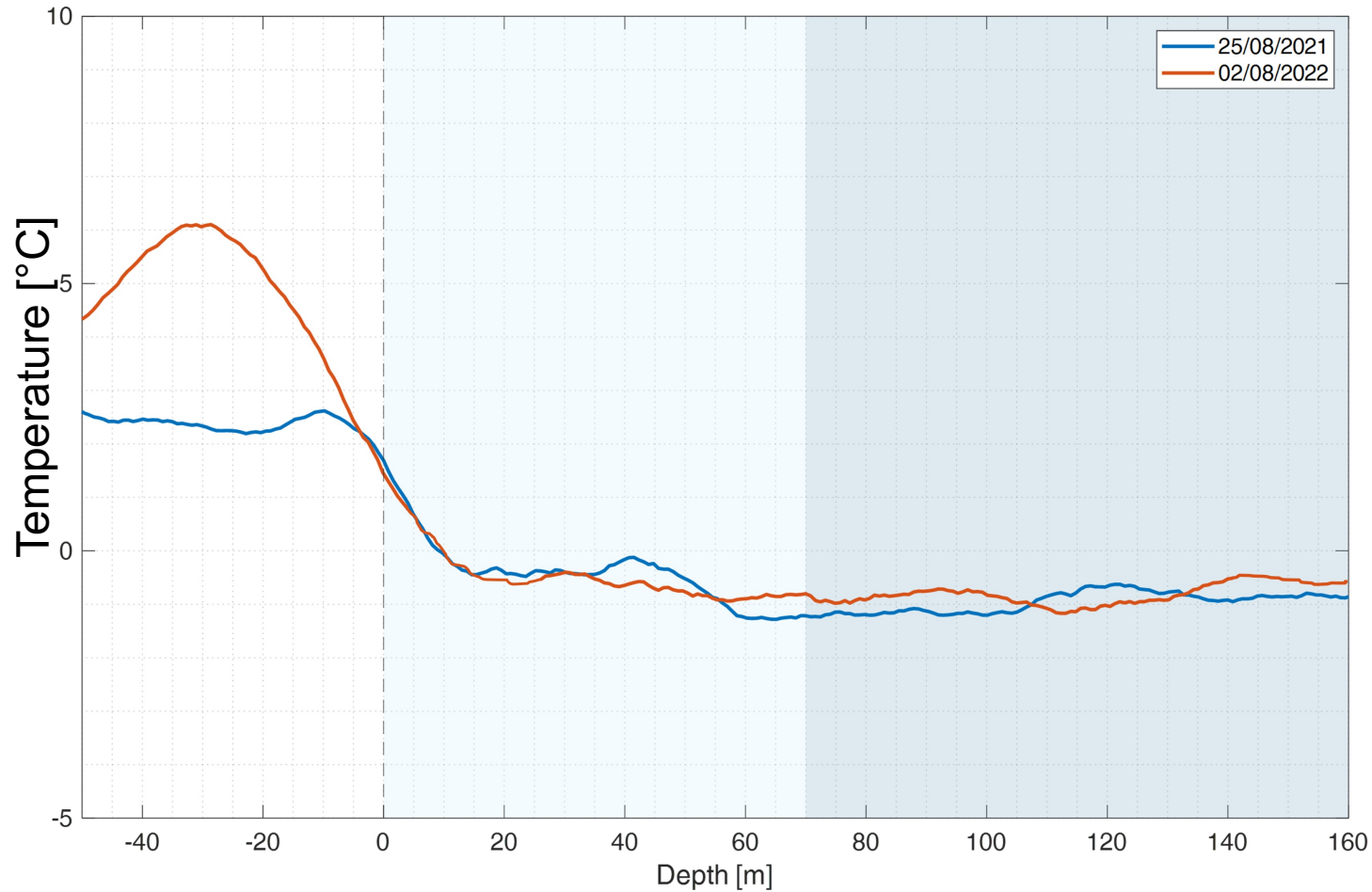
PARTE FINALE, NEI MESI SUCCESSIVI HA ACCUMULATO UN COMPRESSIONE SIMILE A QUELLA DELLA PARTE INIZIALE.



**AGOSTO 2022:** LA SITUAZIONE SEMBRA IN GENERALE STABILIZZATA.

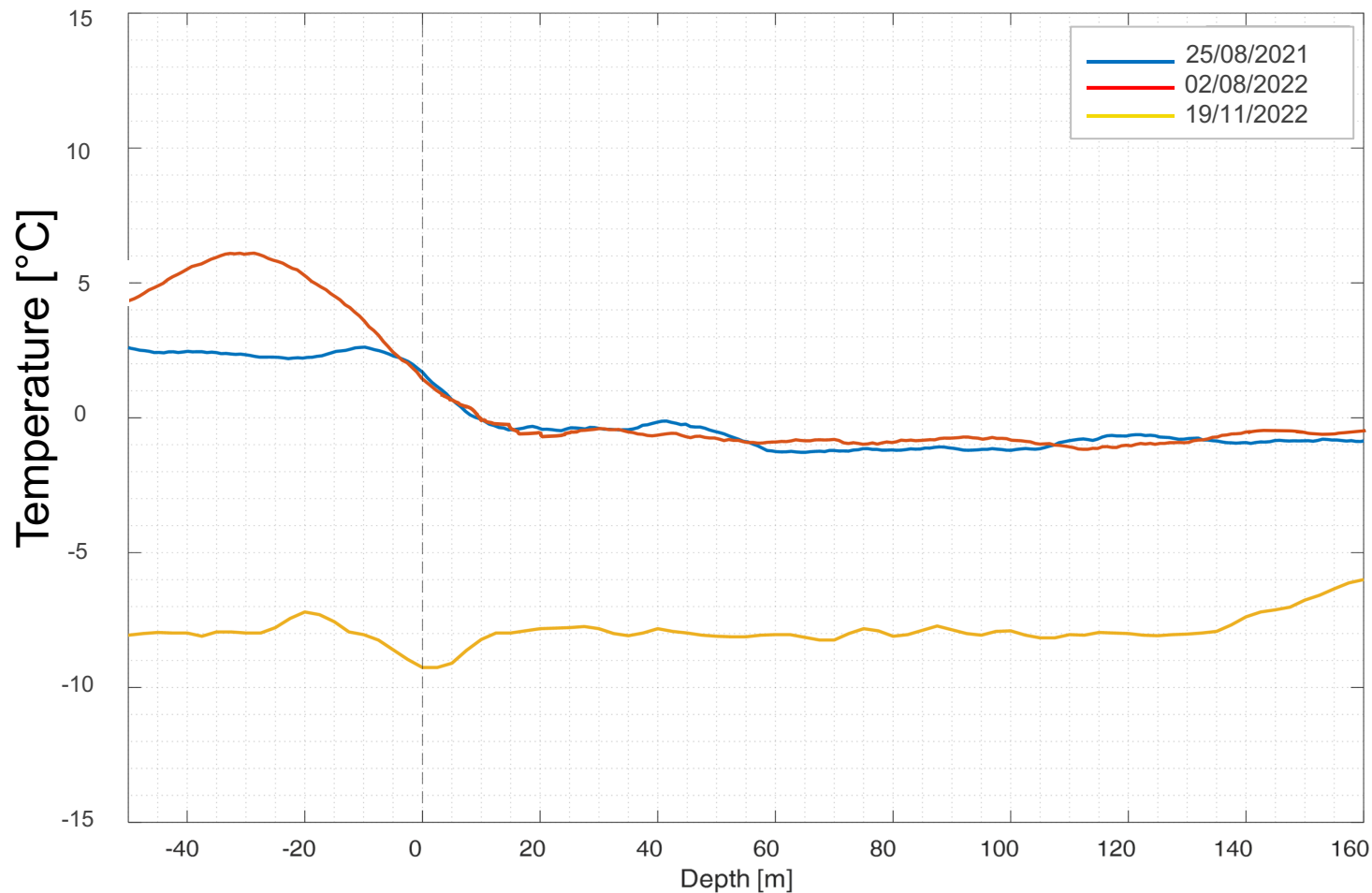
## IPOTESI 2:

- MAGGIO 2021 - PROCESSO DI SOLIDIFICAZIONE PIÙ VELOCE NELLA PARTE SUPERFICIALE DEL FORO A CAUSA DELLE BASSE TEMPERATURE IN SUPERFICIE.
- AGOSTO 2021 - **COMPLETAMENTO SOLIDIFICAZIONE:** ANCHE PARTE FINALE È SOTTOPOSTA AD UNO STATO COMPRESSIVO.



**PROFILI DI TEMPERATURA:** MISURATI A DISTANZA DI UN ANNO, MOSTRANO UN RANGE DI VALORI NON INFERIORI A  $-1.5$  °C, CONFERMANDO CHE I GHIACCIAI ALPINI HANNO TIPICAMENTE TEMPERATURE DI POCHI GRADI AL DI SOTTO DELLO ZERO.





## PROFILI DI TEMPERATURA:

MISURA EFFETTUATA IN NOVEMBRE A  
DISTANZA DI 3 MESI

TEMPERATURE ALL'INTERNO DEL GHIACCIAIO  
SONO BEN INFERORI, INTORNO A  $-8^{\circ}\text{C}$ .

- IL SISTEMA DI MONITORAGGIO BASATO SU SENSORI A FIBRA OTTICA HA PERMESSO DI RICOSTRUIRE IL **PROFILO SPAZIALE DELLA TEMPERATURA E DELLO STATO DEFORMATIVO** LUNGO LA VERTICALE DEL FORO ALL'INTERNO DEL GHIACCIAIO.
- LE MISURE DI TEMPERATURA CONFERMANO CHE DURANTE I PERIODI ESTIVI LE TEMPERATURE INTERNE DEL GHIACCIAIO SONO **PROSSIME AGLI 0°C**, MENTRE TENDONO AD ABBASSARSI NEI PERIODI INVERNALI.
- I PROFILI DI DEFORMAZIONE ALL'INTERNO DEL GHIACCIAIO HANNO APERTO DUE POSSIBILI IPOTESI, OVVERO CHE LA PERFORAZIONE SI TROVI IN UN PUNTO DEL GHIACCIAIO CON **VELOCITA' QUASI NULLA**, OPPURE CHE ESISTA UNO **SCORRIMENTO RELATIVO PERIODICO** TRA DUE SEZIONI DEL GHIACCIAIO CHE ANDRA' CONFERMATO A BREVE CON LA PROSSIMA MISSIONE.



ADA270 © JuriBa



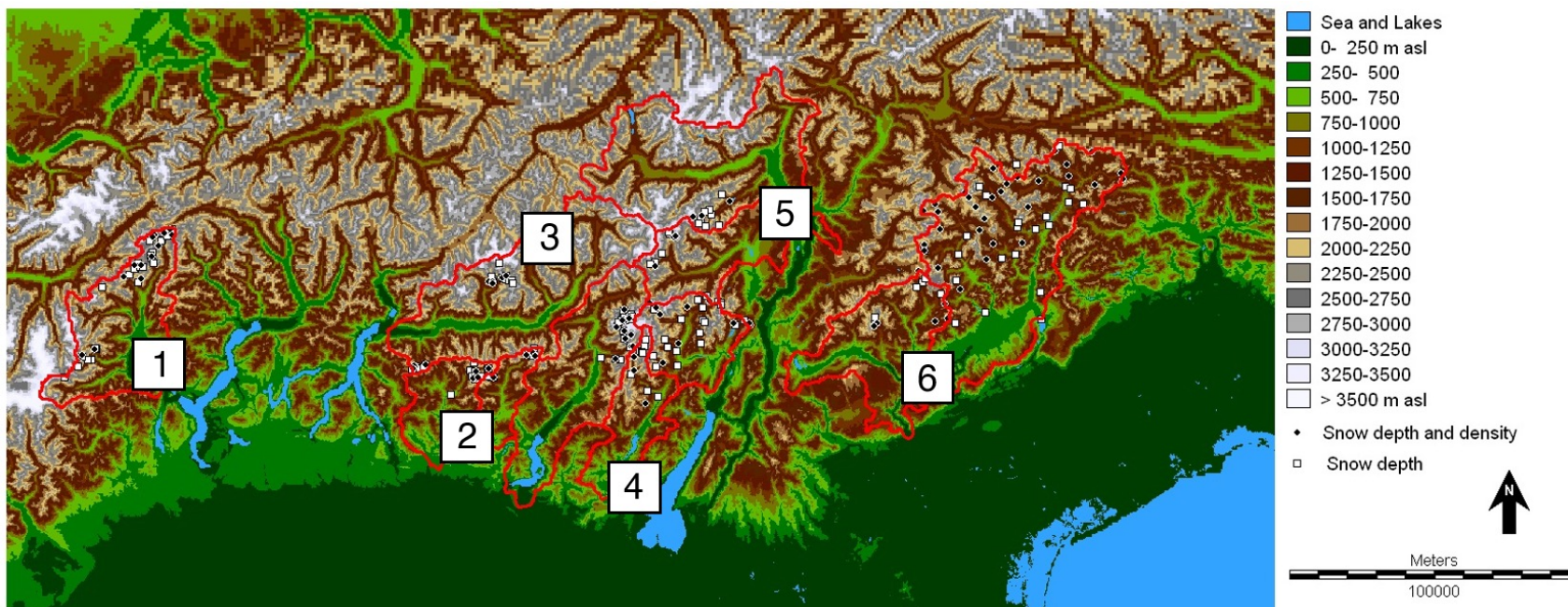
# Impatto del cambiamento climatico sulla Criosfera: dall'Adamello alla Groenlandia

Paolo Colosio, *Università degli Studi di Brescia*

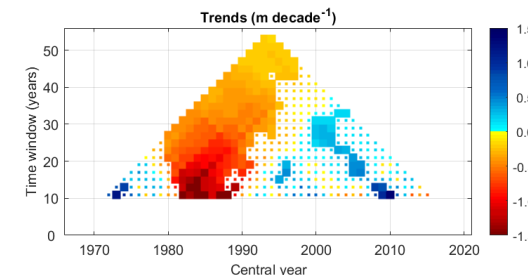
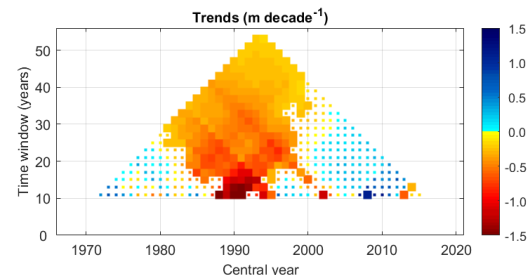
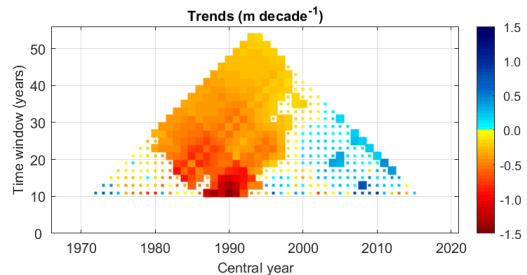
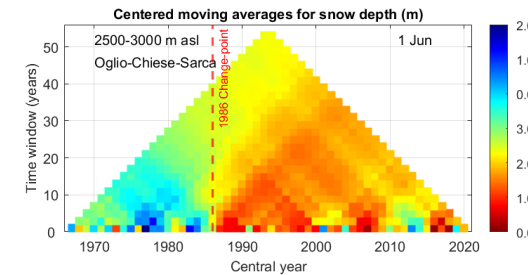
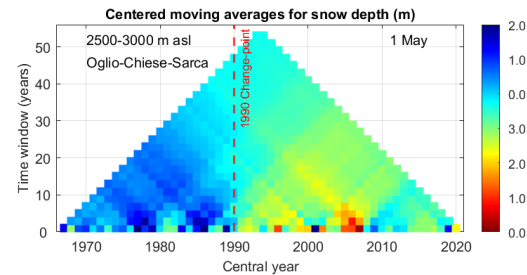
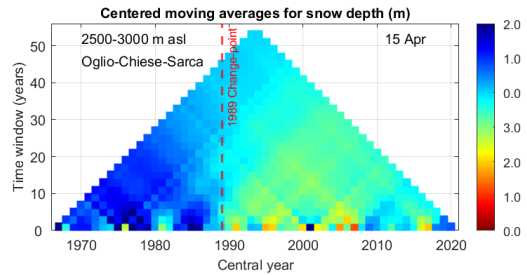
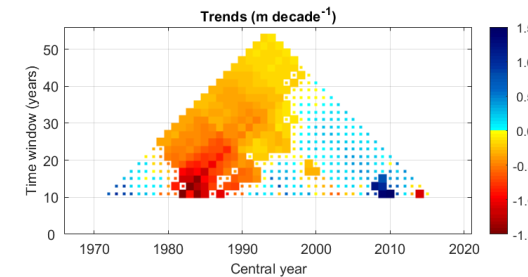
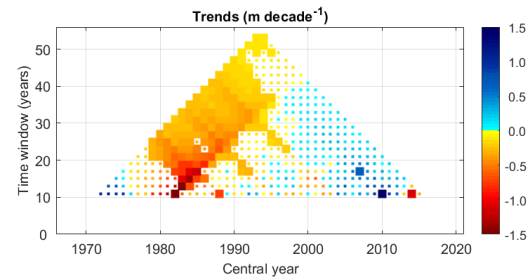
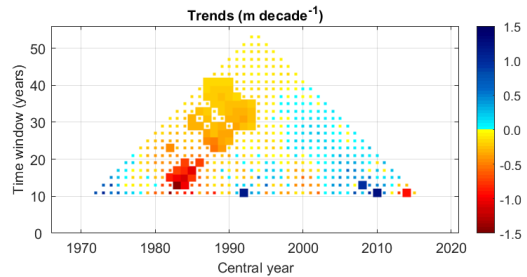
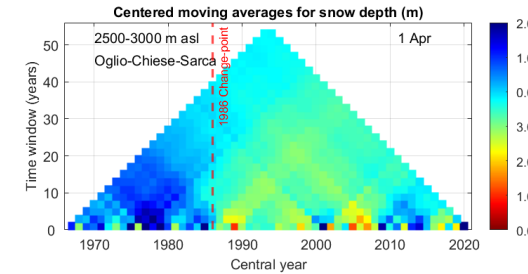
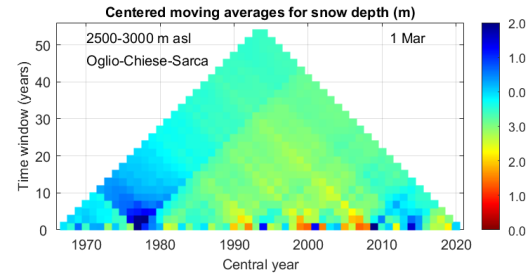
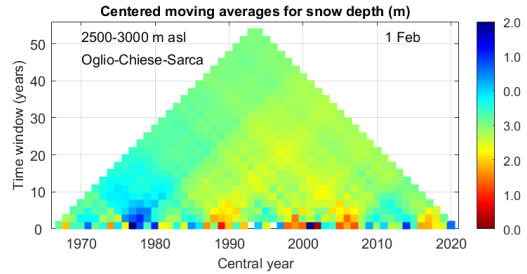
*con il contributo di Roberto Ranzi, Giovanna Grossi*

- ❑ Per lo studio della criosfera e la sua evoluzione in un contesto di cambiamento climatico i tre principali strumenti a nostra disposizione sono:
  - 1) Misurazioni in sito
  - 2) Modelli
  - 3) Osservazioni satellitari
  
- ❑ Attività di ricerca del gruppo dell'Università degli Studi di Brescia, coordinato dal Professor Ranzi
  - 1) Variabilità e trend dell'altezza del manto nevoso e SWE
  - 2) Modellazione del bilancio di massa e del ritiro del ghiacciaio dell'Adamello
  - 3) Mappatura ed analisi di lungo periodo della fusione superficiale in Groenlandia

- ❑ Dal 1967 l'ENEL misura altezza e densità del manto nevoso nei principali bacini di interesse per la produzione idroelettrica
- ❑ Misure effettuate in punti ragionevolmente fissi e sempre nelle date 1 Febbraio, 1 Marzo, 1 Aprile, 15 Aprile, 1 Maggio e 1 Giugno
- ❑ Dati aggregati per bacino e per fasce altitudinali di 500 m
- ❑ I bacini di Oglio, Chiese e Sarca raggruppati in un solo macrobacino

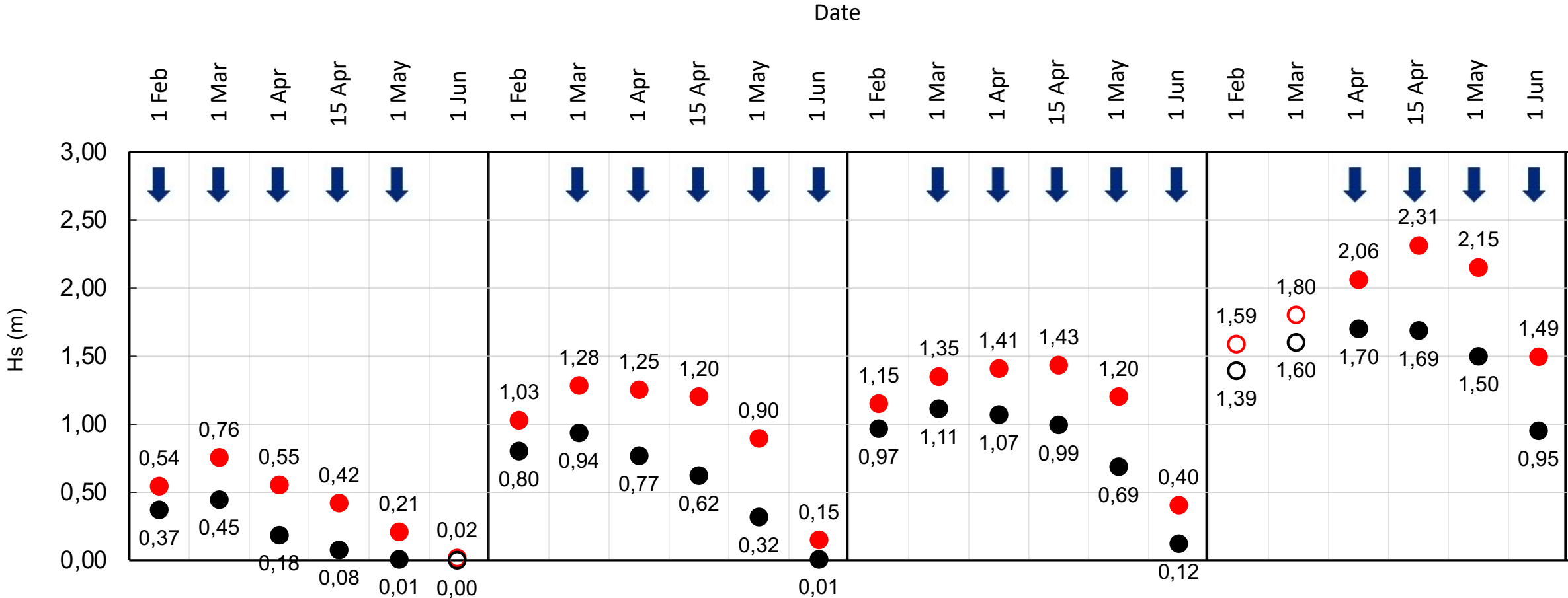


# Medie e trend mobili su finestre temporali variabili



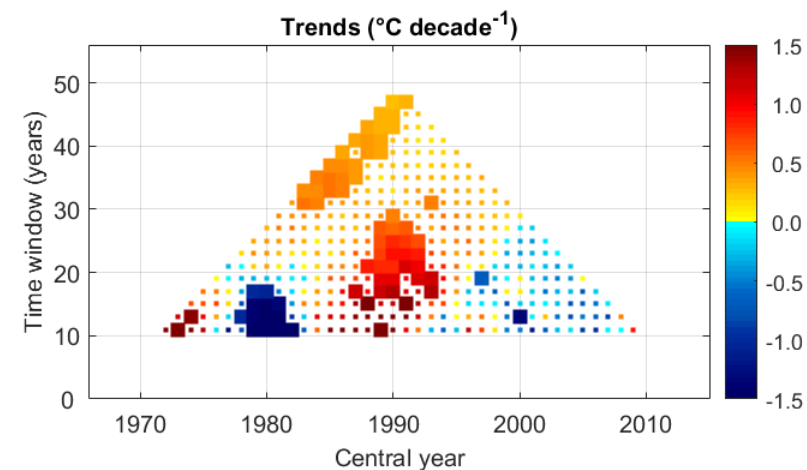
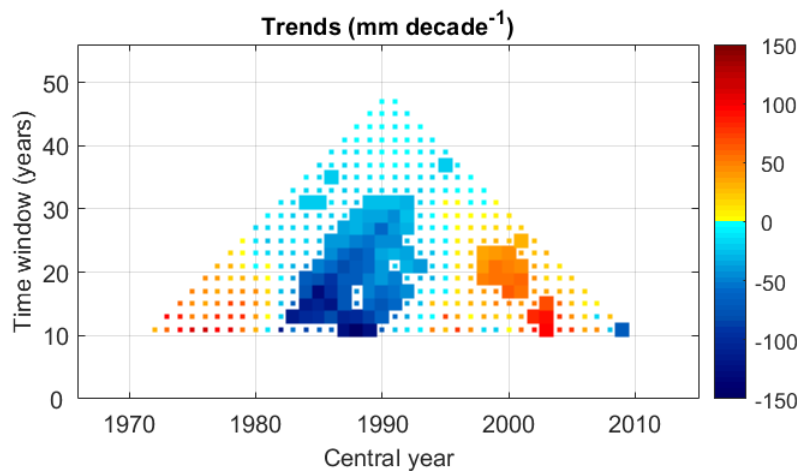
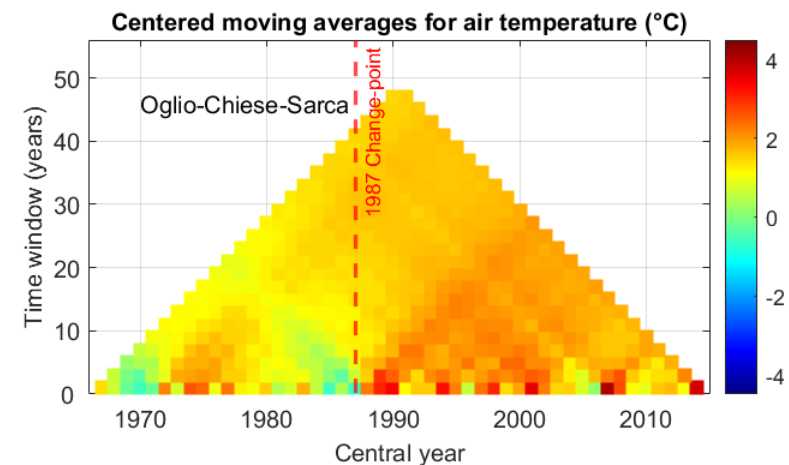
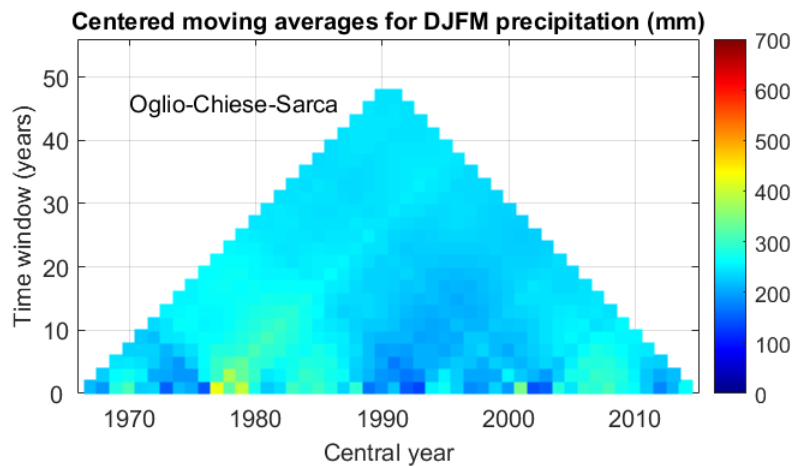
# Altezza media del manto nevoso nei periodi 1967-1993 e 1994-2020

- ☐ L'altezza media del manto nevoso è diminuita nella seconda metà del periodo di osservazione
- ☐ Il giorno di massima altezza del manto nevoso è osservato prima alle quote più alte
- ☐ La neve scompare prima alle quote più basse nella seconda metà del periodo di osservazione



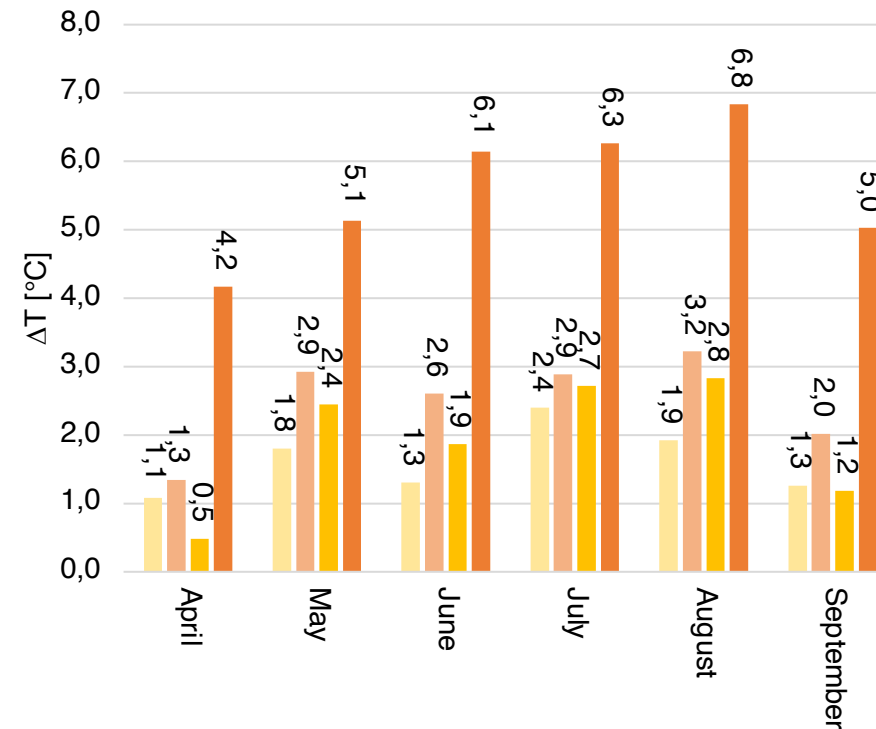
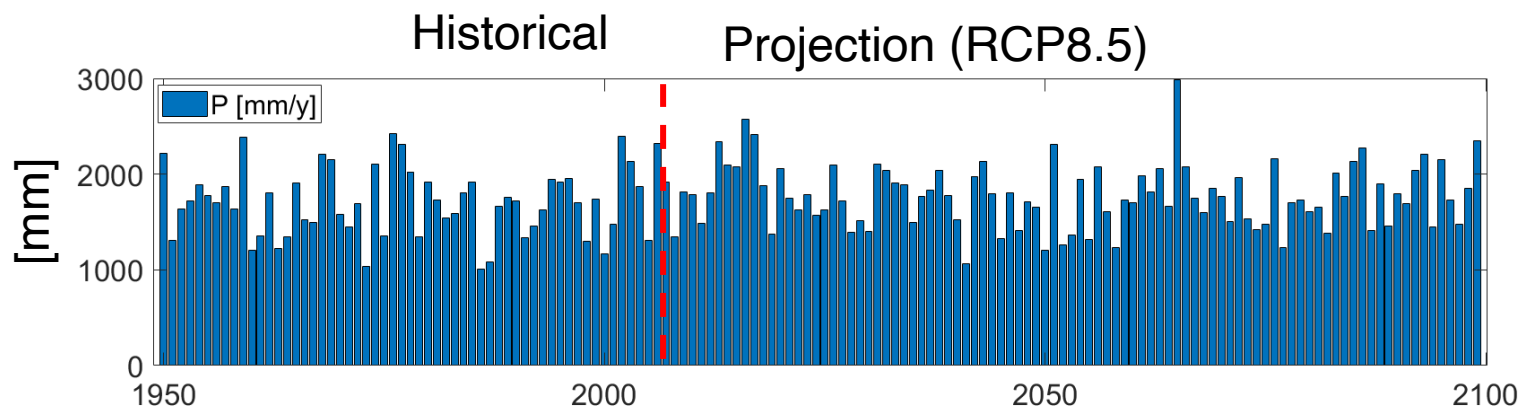


- ❑ La cumulata di precipitazione invernale non mostra tendenze di lungo periodo ma una pulsazione asciutta tra il 1980 ed il 1990, a seguito di un periodo di precipitazioni abbondanti
- ❑ La temperatura media mostra trend di lungo periodo e change-point statisticamente significativo



# Scenari futuri di temperatura e precipitazione

- Secondo le simulazioni dei modelli climatici basati sugli scenari emissivi futuri, le temperature medie nel bacino dell'Oglio aumenteranno tra 1.1 e 2.4 °C (1.3 e 2.9 °C) entro il 2050 secondo lo scenario RCP2.6 (RCP8.5) e tra 0.5 e 2.8°C (4.2 e 6.8 °C) entro il 2100
- I dati dei modelli climatici regionali di temperatura e precipitazione ci consentono di valutare l'evoluzione del ghiacciaio dell'Adamello
- Dati da RCM RACMO (P) e da GCM MIROC (T)



■ SSP 2.6 Parigi 2050    ■ SSP 8.5 BAU 2050  
■ SSP 2.6 Parigi 2090    ■ SSP 8.5 BAU 2090

Il modello PDSLIM per il calcolo del bilancio di massa del ghiacciaio

- ❑ Il modello PDSLIM consente di simulare il bilancio energetico ed il bilancio di massa del ghiacciaio
- ❑ Bilancio di massa invernale (1 Ottobre – 31 Marzo) stimato tramite interpolazione dello SWE
- ❑ Bilancio di massa estivo (1 Aprile – 30 Settembre) risolvendo bilancio di energia e di massa

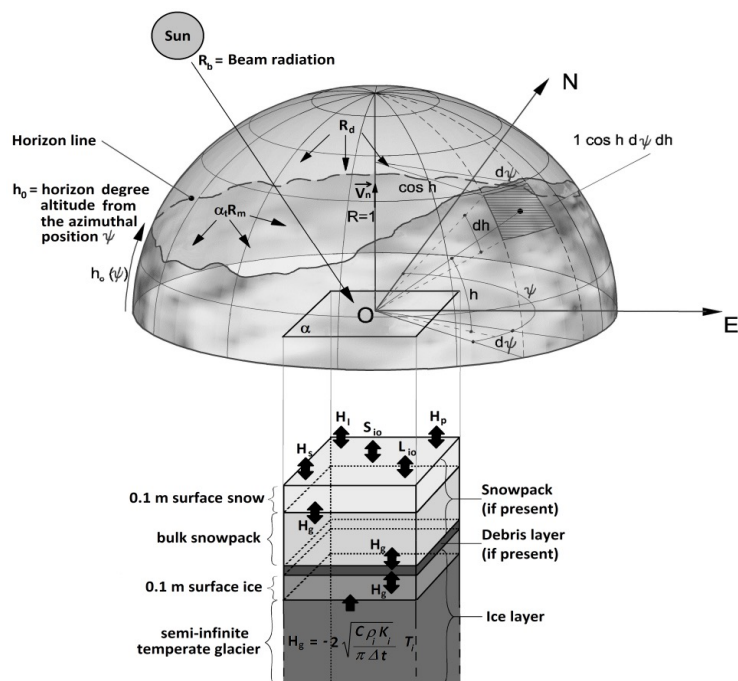
## BILANCIO DI MASSA

$$B = B_w + B_s$$

$B$  = Bilancio di massa annuale

$B_w$  = Bilancio di massa invernale

$B_s$  = Bilancio di massa estivo



## BILANCIO ENERGETICO

$$H_m + H_c = S_{i0} + L_{i0} + H_p + H_g + H_l + H_s$$

$S_{i0} + L_{i0}$  = Flusso da scambio termico radiativo netto

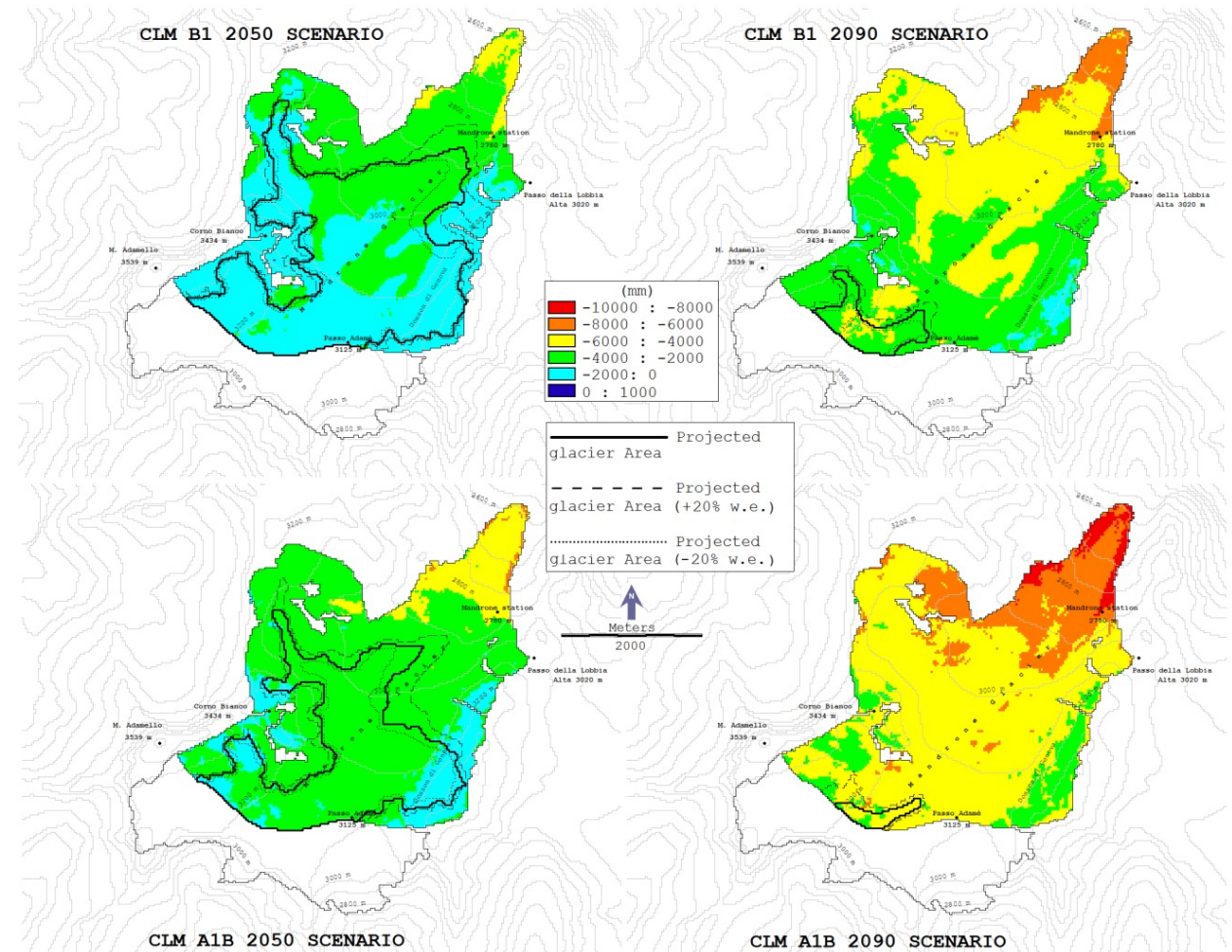
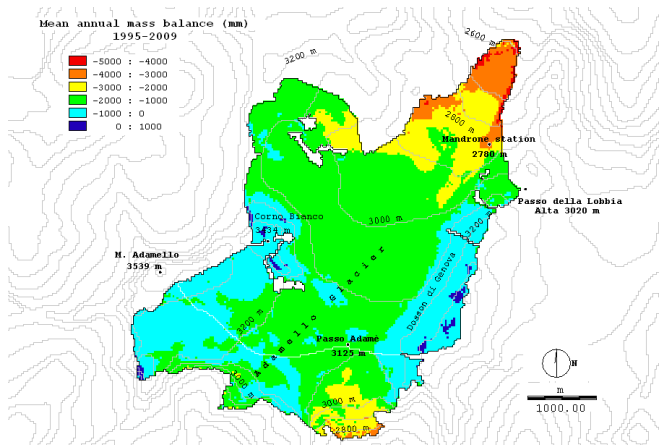
$H_g$  = Flusso di calore da scambio termico con il terreno

$H_l$  = Flusso da scambio termico convettivo di calore latente

$H_s$  = Flusso da scambio termico convettivo di calore sensibile

$H_p$  = Flusso di calore advettivo derivante dalle precipitazioni

- ❑ Modello verificato con misure ablatometriche in situ
- ❑ Le proiezioni al 2050 prevedono una riduzione tra il 45% ed il 65%
- ❑ Le proiezioni al 2090 stimano un'ulteriore perdita di massa o la quasi totale scomparsa nel caso peggiore



	LON	LAT	Elevation	P	T	DV	VV	RST	PA	U
<b>Capanna Presena</b>	10.57871	46.22882	2715	2010-2022	2010-2022	2010-2022	2010-2022	2010-2022	2010-2022	2010-2022
<b>Cima Presena</b>	10.58345	46.21996	3015	-	2010-2022	2010-2022	2010-2022	2010-2022	2017-2022	-
<b>Pantano d'Avio</b>	10.47283	46.17701	2180	2010-2022	2010-2022	2013-2022	2010-2022	2010-2022	-	2012-2022
<b>Venerocolo</b> <b>SGL e</b> <b>Meteopassione</b>	10.51980	46.18270	3323	-	09/2020-02/2022	-	-	-	-	-
<b>Monte dei Frati</b> <b>SGL e</b> <b>Meteopassione</b>	10.51547	46.18742	3230	-	2010-2022	-	-	-	-	2006-2022

GCM	Type	Model or Gridded Dataset	Temporal Resolution	Temporal Coverage	Variables	IPCC Report	Spatial resolution	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
MOHC-HadGEM2-ES	RCM	REMO2015	1d	1950-2099	pr, tas	5	0.11 degrees	x	x	x
MOHC-HadGEM2-ES	RCM	RACMO22E	1d	1950-2099	pr, tas	5	0.11 degrees	x	x	x
MOHC-HadGEM2-ES	RCM	RegCM4-6	1d	1970-2099	pr, tas	5	0.11 degrees	x		x
MOHC-HadGEM2-ES	RCM	ALADIN63	1d	1951-2099	pr, tas	5	0.11 degrees			x
MOHC-HadGEM2-ES	RCM	HadREM3-GA7-05	1d	1951-2099	pr, tas	5	0.11 degrees	x		x
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	RCM	RegCM4-6	1h	1950-2100	pr	5	0.11 degrees			x
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	RCM	REMO2015	1h	1950-2100	pr, tas	5	0.11 degrees	x		x
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	RCM	ALADIN63	1h	1950-2100	pr	5	0.11 degrees	x	x	x
CNRM-CERFACS-CNRM-CM6	RCM	HadREM3-GA7-05	1h	1950-20100	pr	5	0.11 degrees			x

- ❑ Modello termofluidodinamico che simula l'evoluzione della superficie libera del ghiacciaio ed i campi di velocità
- ❑ Software open-source che risolve tramite il metodo degli elementi finiti (FEM)
- ❑ Inizializzazione e verifica del modello con misure di deformazione alle fibre ottiche e nuovi scenari climatici

Evoluzione della superficie libera  $z_s = z_s(x, y, t)$

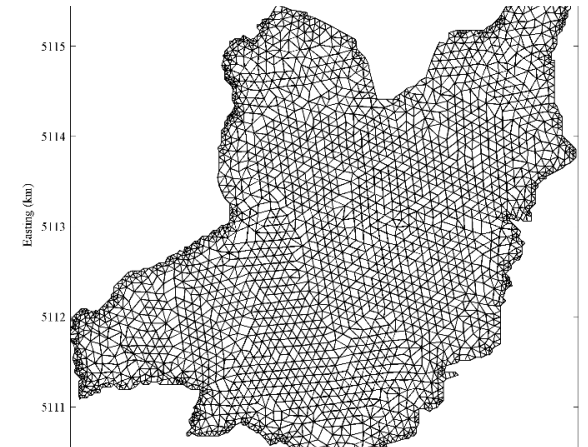
$$\frac{\partial z_s}{\partial t} + u_s \frac{\partial z_s}{\partial x} + v_s \frac{\partial z_s}{\partial y} - w_s = a_s$$

$a_s$  è l'accumulo/ablazione espresso inizialmente in m/stagione (bilancio di massa stagionale) e quindi convertito in m/s

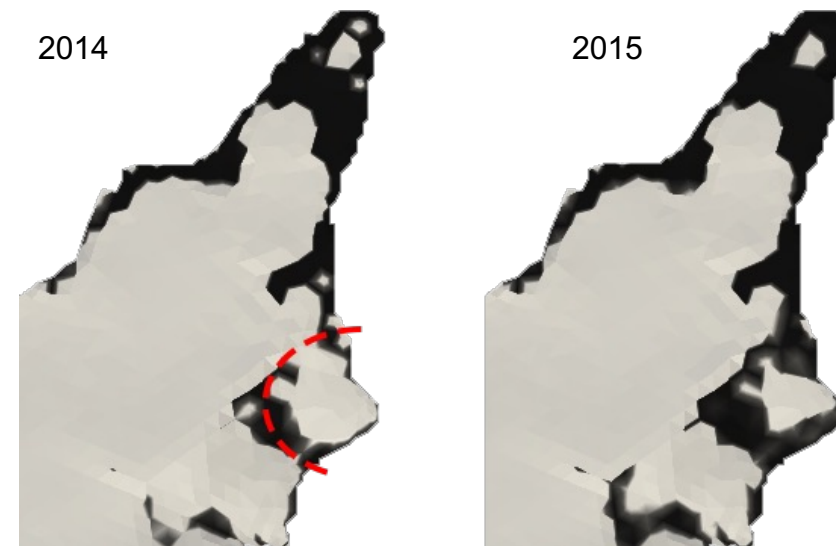
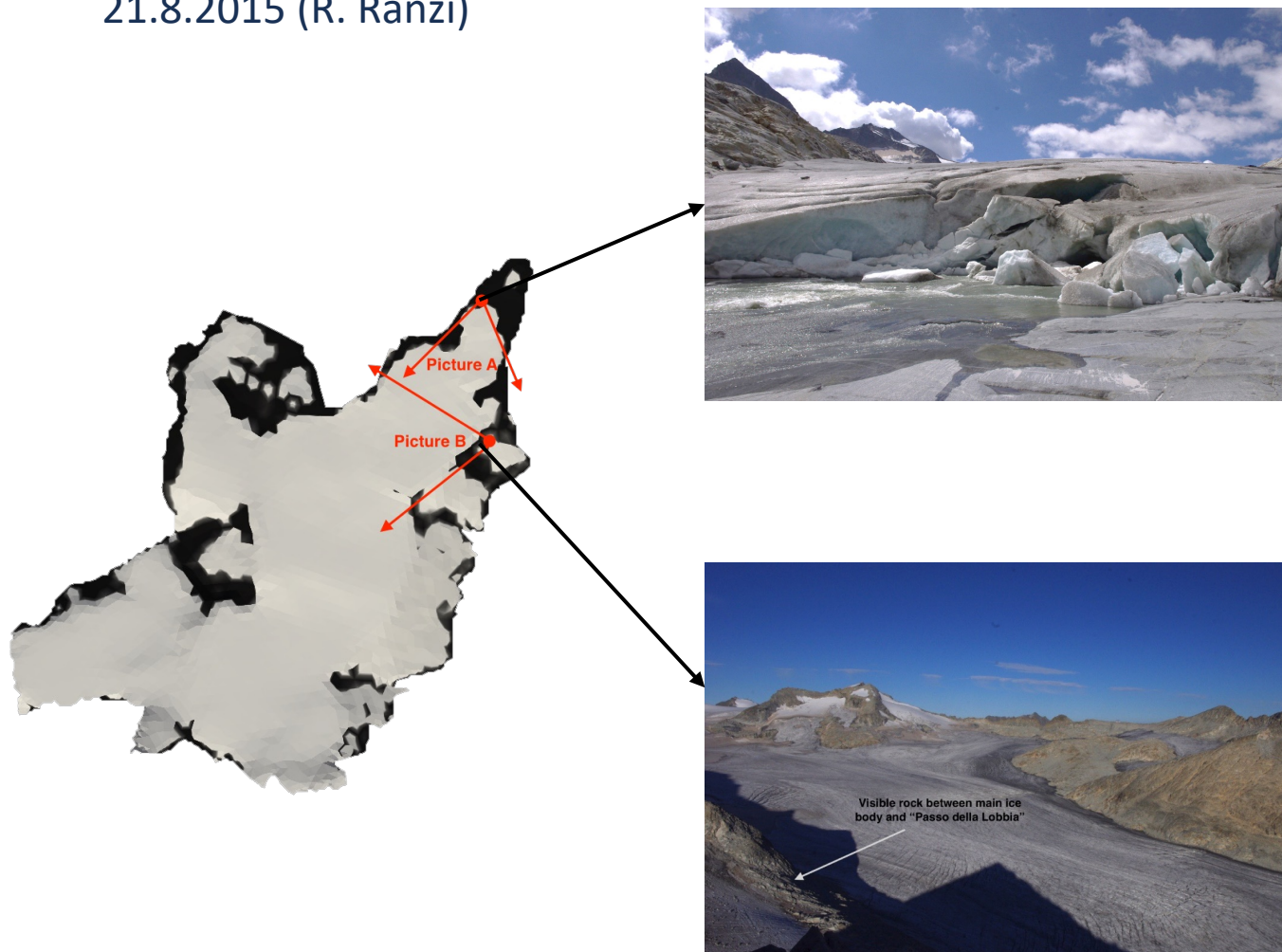
Condizione da rispettare

$$z_s(x, y, t) \geq z_b(x, y) \quad \forall x, y, t$$

$z_b$  è la superficie della bedrock assunta rigida e impenetrabile

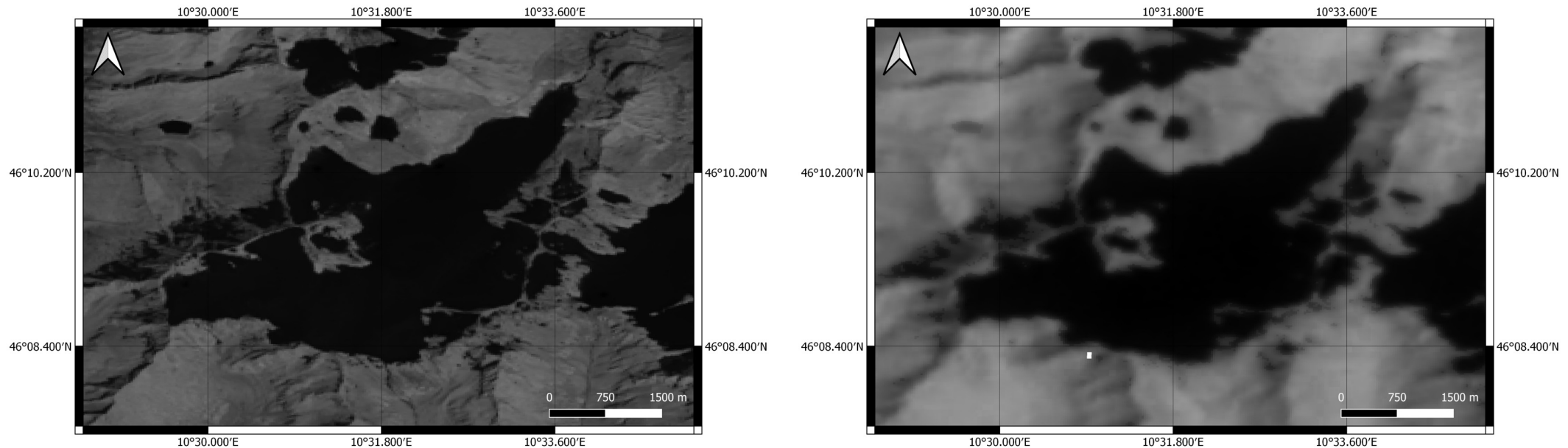


- ❑ Il ritiro della lingua della Vedretta del Mandrone verso la Val di Genova è ben riprodotto – Foto del 21.08 2015 (R. Ranzi)
- ❑ Vista da Passo della Lobbia, la separazione della lingua da Passo della Lobbia è confermata – Foto del 21.8.2015 (R. Ranzi)



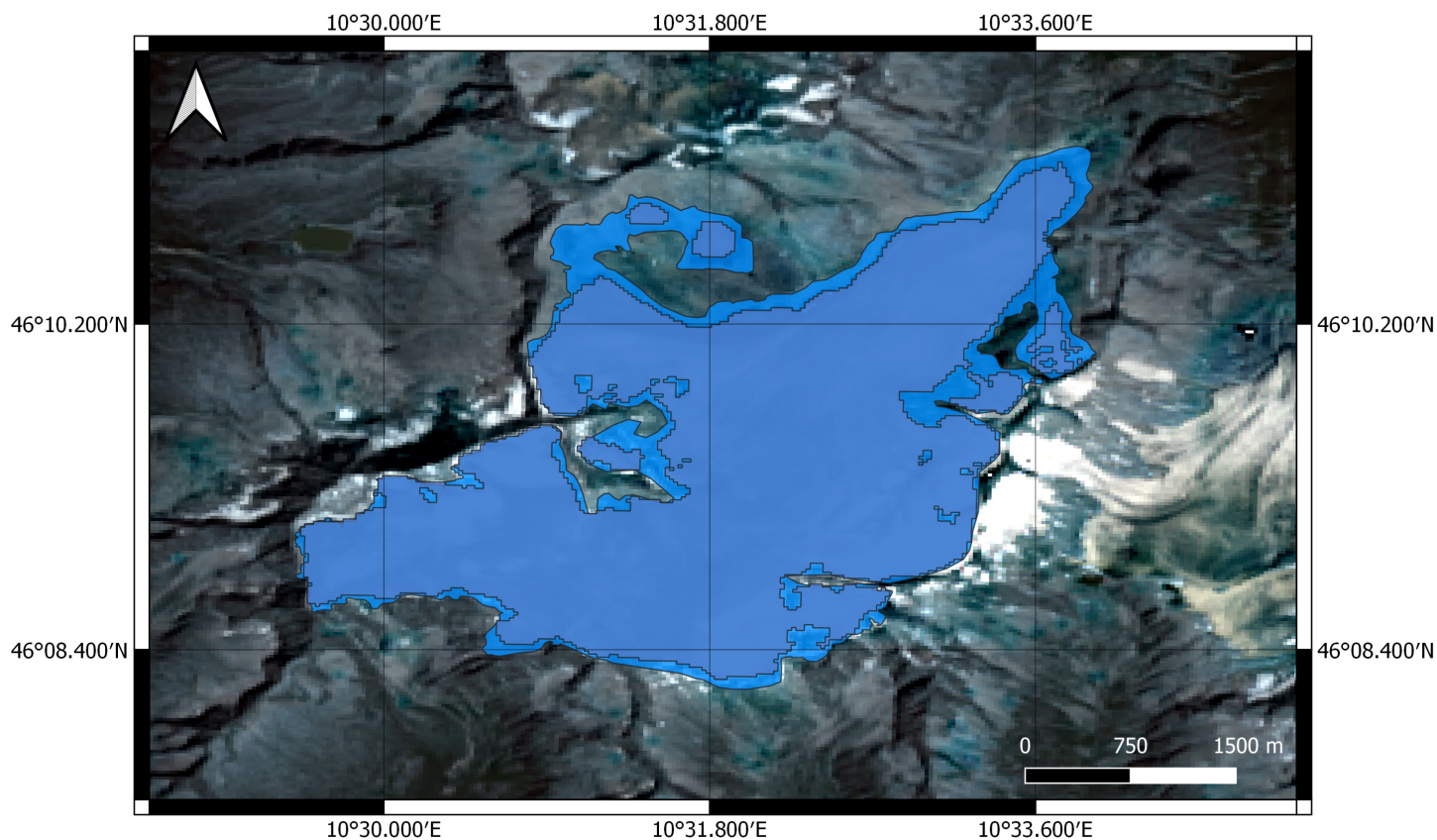


- Le immagini satellitari possono essere utilizzate come verifica dei modelli o come fonte di informazione
- Combinazione di SWIR (high-resolution) e TIR (lower resolution)



# Il ritiro del ghiacciaio dell'Adamello visto dai satelliti

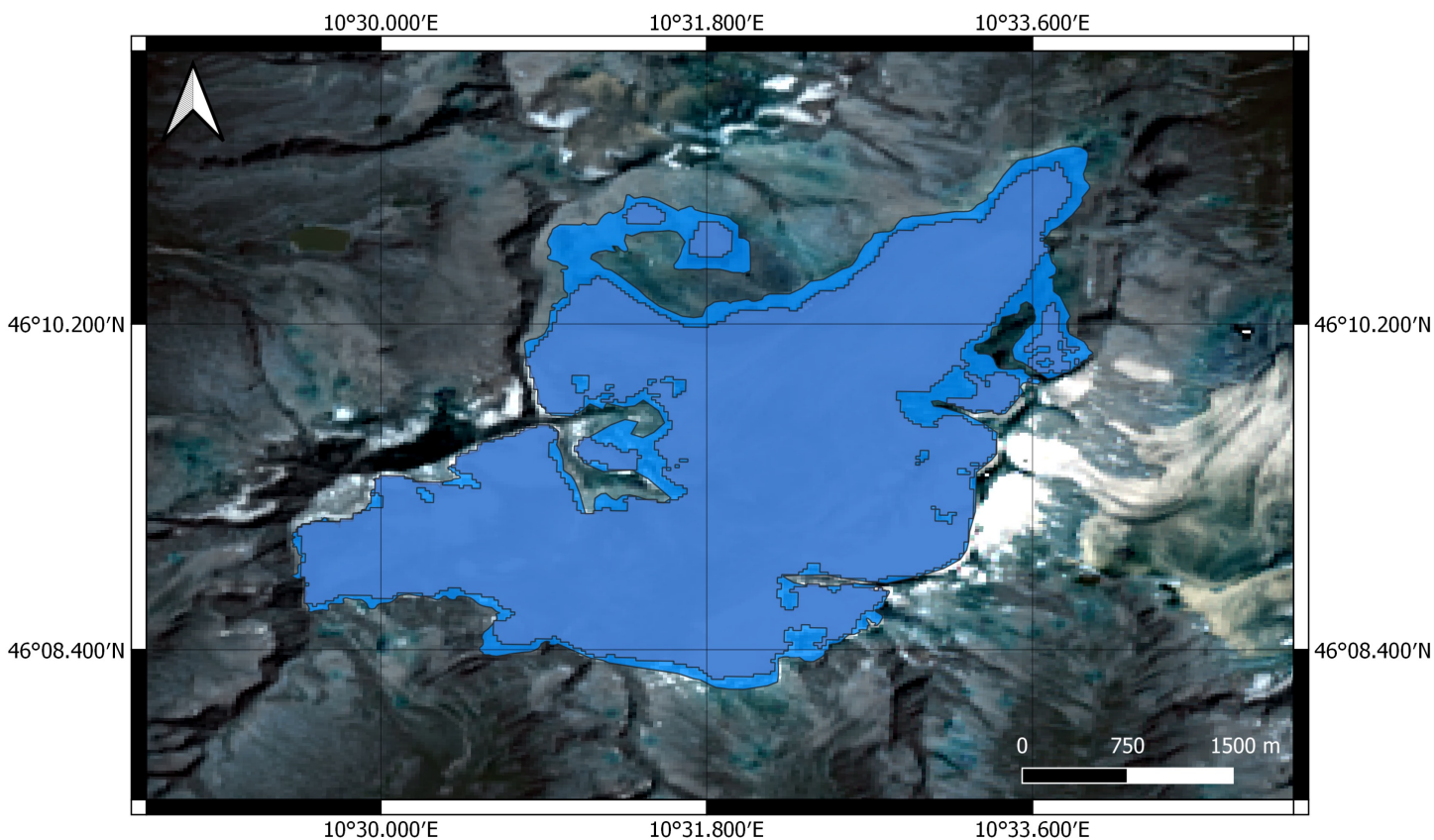
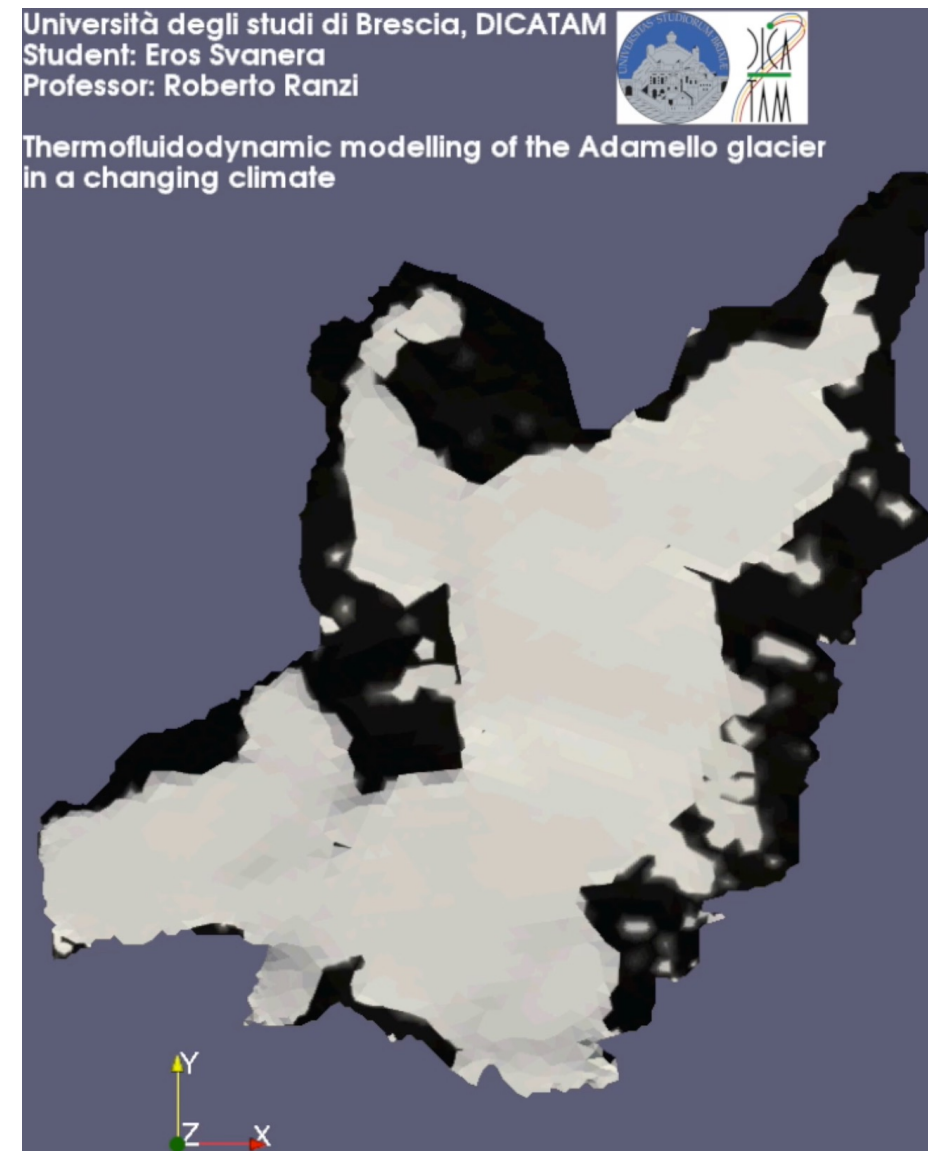
L'estensione del ghiacciaio si è ridotta del 16.5% tra il 2007 ed il 2022



Data	Satellite	Area [km <sup>2</sup> ]
2007/08/25	Aster	15.7
2022/07/02	Landsat	13.1

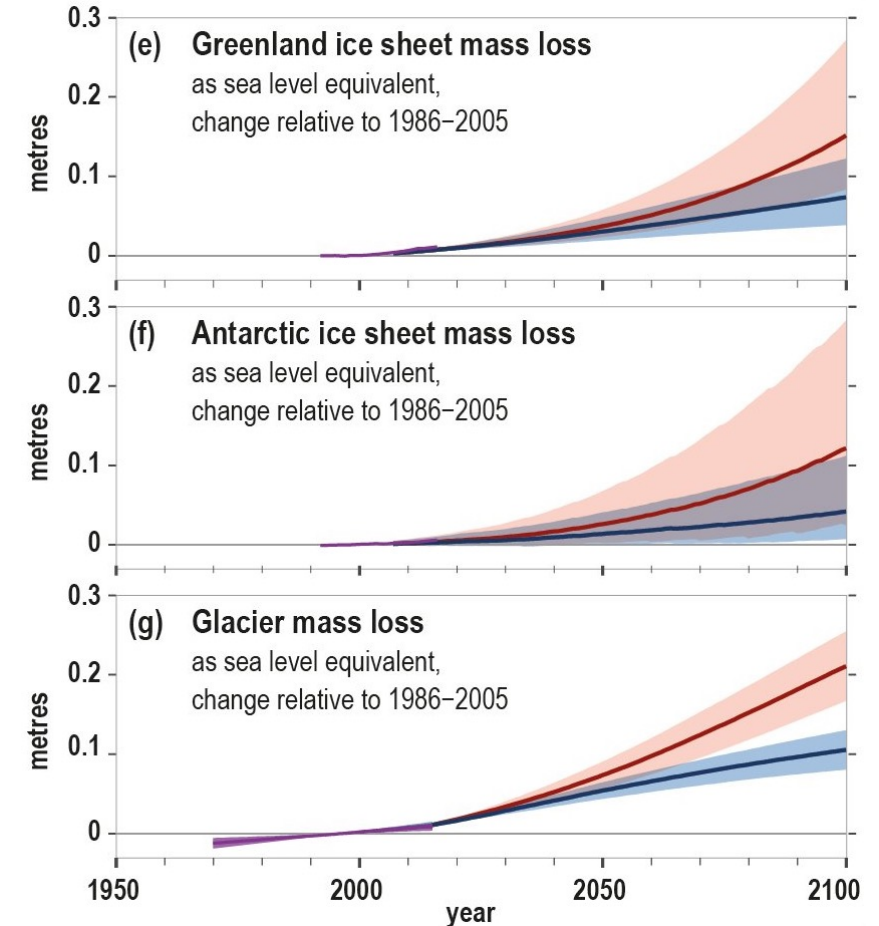
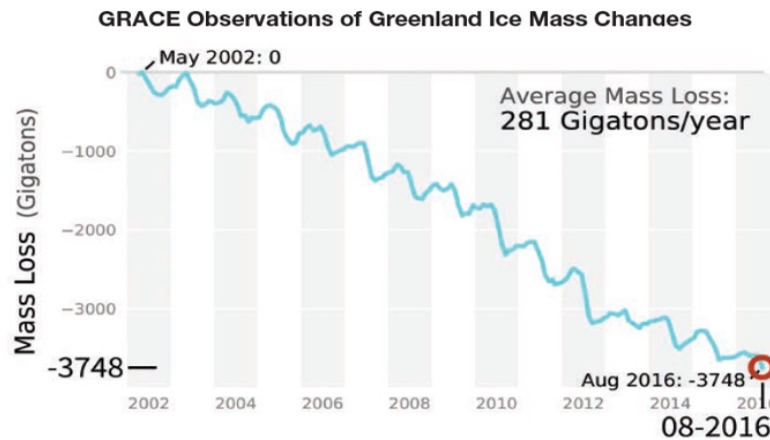
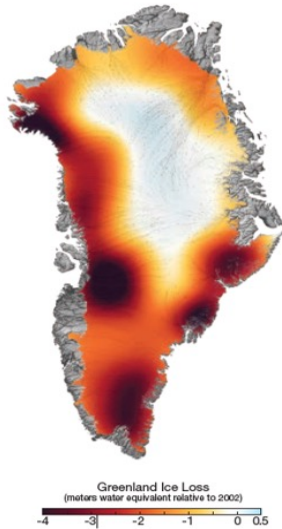
# Il ritiro del ghiacciaio dell'Adamello visto dai satelliti

Il modello termofluidodinamico prevede bene il ritiro, sovrastimando ne l'entità in alcune aree e sottostimandola in altre

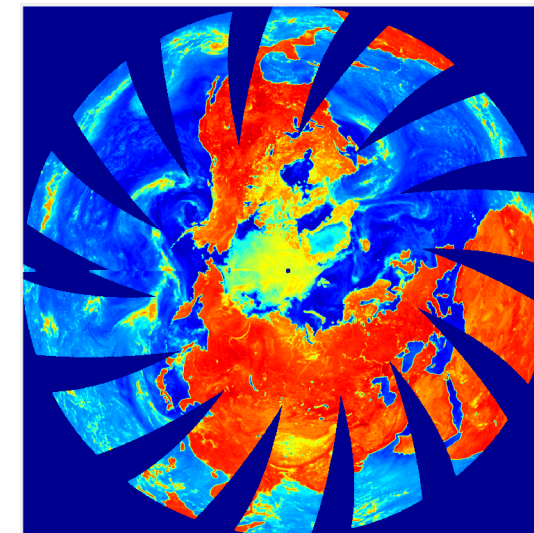


- ❑ Il ritiro dei ghiacciai alpini è una sentinella del cambiamento climatico
- ❑ Il processo di ritiro avviene a più larga scala nell'Artico

	Greenland	Antarctica
<b>Mass loss trend [Gt/y]</b>	281	125
<b>Volume loss [km<sup>3</sup>]</b>	4088.58	2048.65
<b>SLE [mm]</b>	11.30	5.66
<b>Record period GRACE [months]</b>	172	172
<b>SLR [mm/month]</b>	0.07	0.03
<b>SLR [mm/year]</b>	0.79	0.40
<b>SLR [mm/decade]</b>	7.9	4

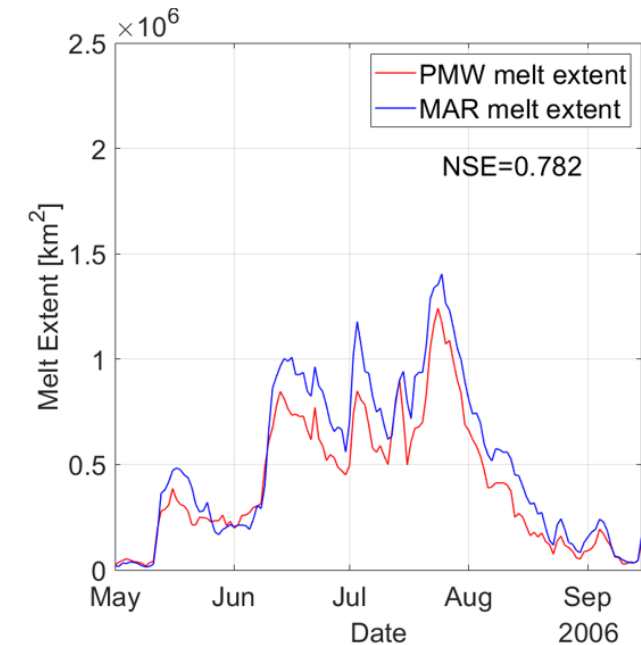
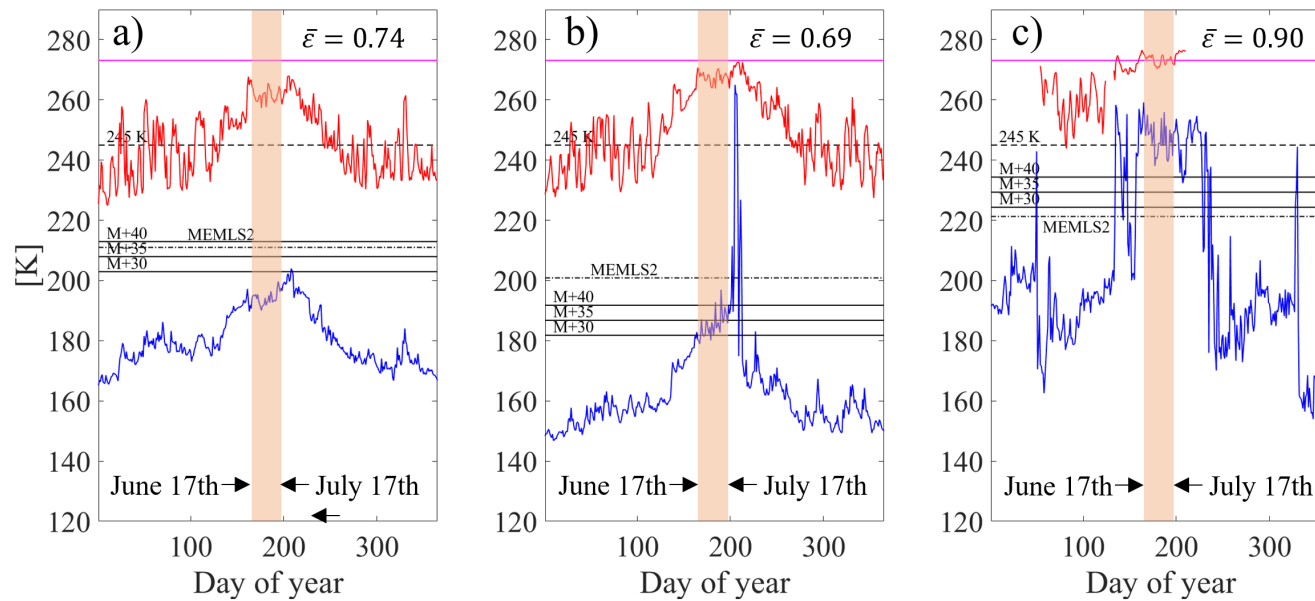


- ❑ I sensori a microonde passive sono sensibili alla presenza di acqua nel manto nevoso
- ❑ I dati satellitari sono disponibili da 1979 ad oggi, un'immagine per giorno
- ❑ Dati raccolti da diversi sensori, necessità di intercalibrazione

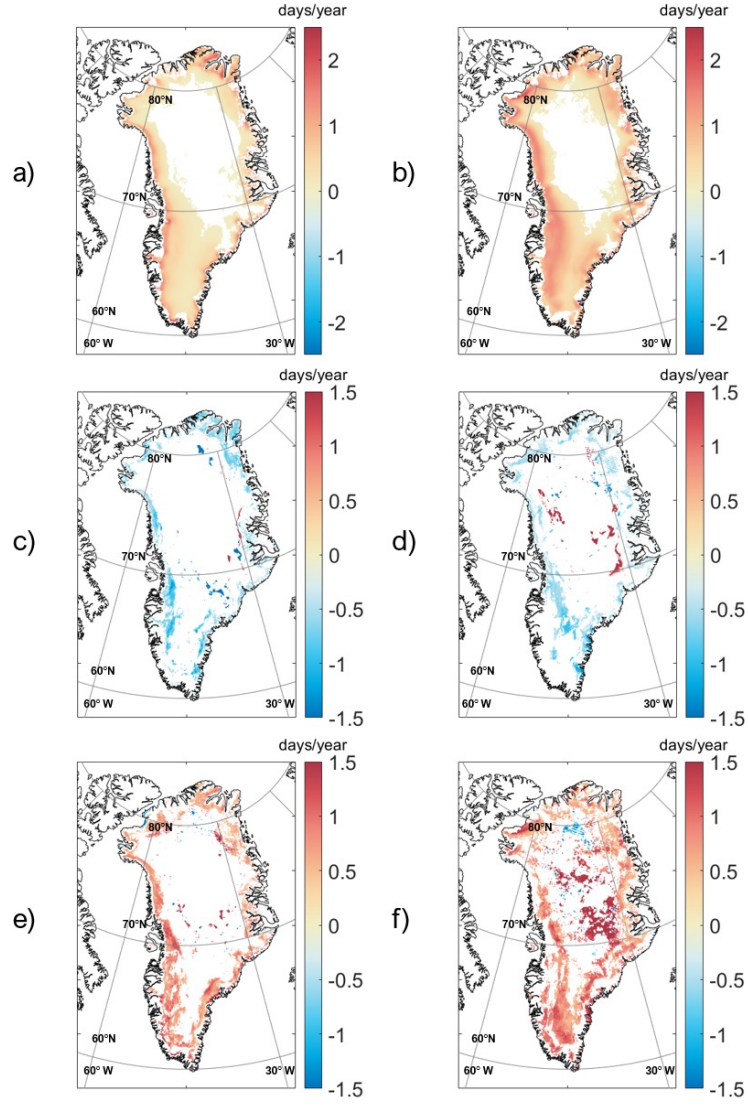
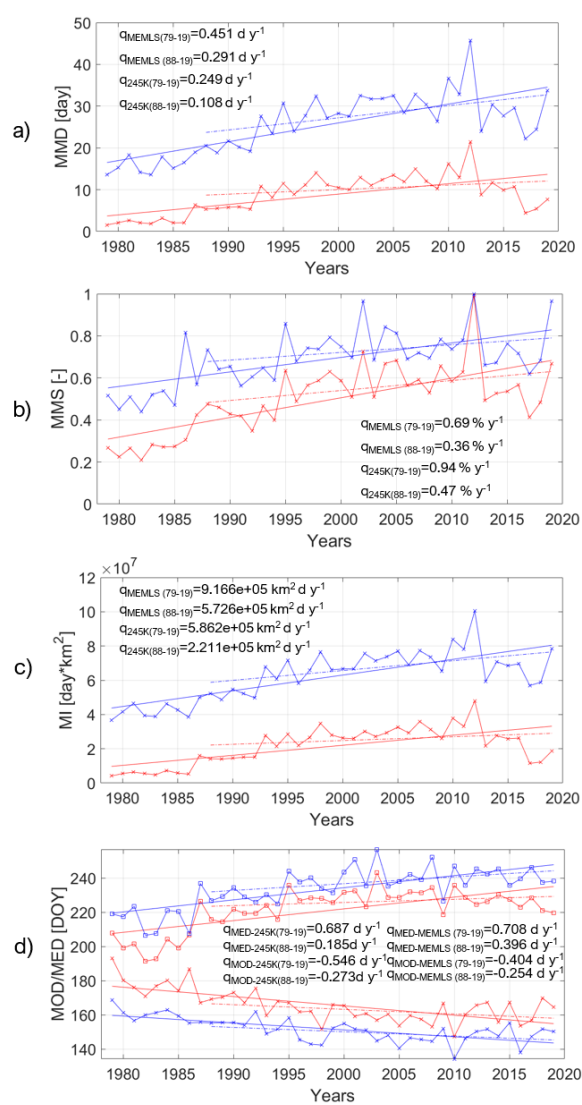


	SMMR	SSM/I (F08)	SSM/I (F11)	SSM/I (F13)	SSM/I (F17)
<b>Platform</b>	NIMBUS-7	DMSP-F08	DMSP-F11	DMSP-F13	DMSP-F17
<b>Temporal coverage</b>	1978.10.26-1987.8.20	1987.7.9-1991.12.30	1991.12.3-1995.9.30	1995.5.3-2009.4.1	2006.11.4-operating
<b>Frequency (GHz)</b>	37	37	37	37	37
<b>IFOV (Ka band) [Km2]</b>	27*18	37*28	37*28	37*28	37*28
<b>Incidence Angle</b>	50.2°	53.1°	53.1°	53.1°	53.1°
<b>Swath width [km]</b>	780	1400	1400	1400	1700
<b>Data acquisition</b>	Alternate days	Daily	Daily	Daily	Daily
<b>Ascending Equator Crossing Time</b>	24:00	18:17	18:25	17:43	18:33
<b>Descending Equator Crossing Time</b>	12:00	06:10	05:00	05:51	07:08

- ❑ Applicazione di un algoritmo di classificazione basato su superamento di soglia
- ❑ Soglia calcolata come aumento della temperatura di brillantezza rispetto alle condizioni di neve asciutta
- ❑ Verifica tramite il confronto con dati di temperatura misurata e simulazioni di contenuto in acqua liquida tramite il modello regionale MAR
- ❑ Calcolo indici di fusione superficiale



# Trend di fusione superficiale



$$\mu_{MOD}^{trend} = -0.40 (0.25) \frac{\text{days}}{\text{year}}$$

$$\mu_{MED}^{trend} = 0.70 (0.39) \frac{\text{days}}{\text{year}}$$

$$\mu_{MMS}^{trend} = 0.69 (0.36) \% / \text{year}$$

$$\mu_{MD}^{trend} = 0.45 (0.29) \frac{\text{days}}{\text{year}}$$



Grazie per l'attenzione.

Paolo Colosio, *Università degli Studi di Brescia*

*con il contributo di Roberto Ranzi, Giovanna Grossi*



# Progetto ClimADA

**WP6: Disseminazione dei risultati e impatto sulle comunità locali**

Parco dell'Adamello in convenzione con Servizio Glaciologico Lombardo - SGL



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BRESCIA



Con il contributo di

Fondazione  
**CARIPLO**



# Work Packages di progetto

- **WP 1 – COORDINAMENTO** (*Fondazione Lombardia per l'Ambiente*)
- **WP 2 – Ricostruzione climatico - ambientale della carota ADA270** (*Università degli Studi di Milano Bicocca*)
- **WP 3 – Ricostruzione dell'evoluzione ambientale e dell'uso del territorio nelle Alpi Lombarde e Centrali** (*Università degli Studi di Milano Bicocca*)
- **WP 4 – Monitoraggio con fibra ottica del Ghiacciaio dell'Adamello** (*Politecnico di Milano*)
- **WP 5 - Modellazione del ghiacciaio dell'Adamello** (*Università di Brescia*)
- **WP 6 - Disseminazione dei risultati e impatto sulle comunità locali**

## WP 6 - Disseminazione dei risultati e impatto sulle comunità locali

€ 30.000

(senza rendicontazione di spese di personale dipendente del Parco)

Produzione di materiale divulgativo e multimediale	Comunità Montana di Valle Camonica	4.150,00
Esperti tecnici ambientali, glaciologi, guide alpine per attività di comunicazione, formazione e divulgazione	Comunità Montana di Valle Camonica	25.850,00

# Risultati attesi dal WP6

- D6.1)** Coinvolgimento diretto di cittadini e altri portatori di interesse sull'emergenza del cambiamento climatico e del riscaldamento globale
- D6.2)** Coinvolgimento emotivo di alunni e studenti sulla comprensione delle problematiche ambientali in atto e sull'adozione di comportamenti virtuosi che inducano un cambiamento nelle abitudini quotidiane
- D6.3)** Formazione di cittadini locali nelle attività pratiche sul campo di avvicinamento alla glaciologia per successiva disseminazione delle conoscenze acquisite
- D6.4)** Formazione di docenti di scuole di diverso ordine e grado per successiva trasmissione agli studenti in base ai diversi POF
- D6.5)** Formazione di figure qualificate in materia glaciologica per successiva disseminazione delle conoscenze acquisite
- D6.6)** Sensibilizzazione dell'opinione pubblica sulla crisi climatica mediante strategie comunicative innovative ed emotivamente coinvolgenti
- D6.7)** Disseminazione dei risultati raggiunti dal progetto nella prima annualità presso enti istituzionali, comunità scientifica e società civile attraverso un convegno nazionale
- D6.8)** Disseminazione dei risultati finali del progetto presso enti istituzionali, comunità scientifica, società civile attraverso un convegno finale internazionale
- D6.9)** Promozione delle acquisizioni scientifiche di ClimADA attraverso almeno tre workshop accademici
- D6.10)** Produzione di articoli e pubblicazioni scientifiche

# *WP 6 - Disseminazione dei risultati e impatto sulle comunità locali*

**6.1 Conferenze: in corso**

**6.2 Attività didattica: in corso**

**6.3 Attività sul campo: in corso**

**6.4 Formazione dei formatori: terminata**

**6.5 Corso per operatori glaciologici: estate 2023**

**6.6 Realizzazione di materiale di divulgazione glaciologica con dati e immagini del**

**Gruppo dell'Adamello (settore lombardo): in corso**

La maggior parte delle attività del WP6 è affidata, mediante convenzione,  
alla **ODV**

**Servizio Glaciologico Lombardo - SGL**

## 6.1 Conferenze

23/07/2022 – Paisco Loveno, Rifugio Torsoleto

27/07/2022 – Ponte di Legno, sede Unione Comuni Alta Valle Camonica

27/08/2022 – Vezza d'Oglio, Centro Eventi Adamello

01/10/2022 – Cevo, Casa del Parco dell'Adamello

17/12/2022 – Lovere, Auditorium comunale

29/12/2022 – Vezza d'Oglio, Torre Federici



**23.07.2022** ore 20:30  
 RIFUGIO TORSOLETTO - Palico Loveno (BS)  
 Relatori: Amerigo Lendvai e Paolo Pagliardi



Lo studio dell'archivio climatico custodito nella carota di ghiaccio estratta dal Piano di Neve nel 2021 e le attività di monitoraggio delle variazioni recenti del più grande ghiacciaio delle Alpi italiane

**27.07.2022** —ore 20:45—  
 Ponte di Legno (BS) —Sala dell'Unione dei Comuni, Via Salimmo 6  
 Relatore: Amerigo Lendvai



Lo studio dell'archivio climatico custodito nella carota di ghiaccio estratta dal Piano di Neve nel 2021 e le attività di monitoraggio delle variazioni recenti del più grande ghiacciaio delle Alpi italiane

**27.08.2022** ore 20:45  
 Vezza d'Oglio (BS) — Centro Eventi Adamello  
 Relatore: Paolo Gallo



**16:30 - 17:30. Conversazione. Saper leggere il cambiamento climatico con Daniela Car (ferri) (scienze)**

**18:00 - 20:00. Conferenza. Ritorno in un ghiacciaio. Il progetto ClimADA. Interventi di Paolo Gallo (Servizio Glaciologico Lombardo-SGL), Lino Zari (geometra) (RAI, divulgatori)**

**21:30 - 22:30. Presentazione. The Climate Reality persona e storia che proteggono il Pianeta. Con: Tamilla Toralillo (The Climate Reality APS)**



Lo studio dell'archivio climatico custodito nella carota di ghiaccio estratta dal Piano di Neve nel 2021 e le attività di monitoraggio delle variazioni recenti del più grande ghiacciaio delle Alpi italiane

**17.12.2022** ore 20:30  
 LOVERE (BG) — Auditorium comunale, Via Marconi n. 19  
 Relatore: Amerigo Lendvai



Lo studio dell'archivio climatico custodito nella carota di ghiaccio estratta dal Piano di Neve nel 2021 e le attività di monitoraggio delle variazioni recenti del più grande ghiacciaio delle Alpi italiane

**29.12.2022** ore 20:30  
 Vezza d'Oglio (BS) — Torre Federica, Via XX Settembre n. 8  
 Relatore: Paolo Gallo





## 6.2 Attività didattica

**Lezioni in classe presso scuole della Valle Camonica: iscritti n. 659 studenti**

**14/12/2022 Gianico (n. 73 alunni) e Berzo Demo, Cevo e Cedegolo (65 alunni)**

**10/01/2023 Breno, Liceo Golgi Aula Magna (270 alunni)**

**15/03/2023 IIS Olivelli Putelli Darfo B.T. (108 alunni)**

**23/03/2023 I.C. Darfo 1 (75 alunni)**

**18/04/2023 I.C. Darfo 1 (155 alunni)**

**19/05/2023 Corteno Golgi (xxx alunni)**



### CRIOCONITE

- Vivaci, attivi, brevi, ogni anno.
- Insoliti, rari, benigni.
- Colorati, neri e rossi.

Ghiacciai in estensione e crisi delle biodiversità  
Lombardi e alpini: monitoraggio in stile Alps.  
Iniziati proprio dall'Unione Europea

Figure 11: Rappresentazione schematica degli stadi di un ghiacciaio in fase di ritiro. I ghiacciai sono divisi in tre stadi: "Ghiacciaio in fase di ritiro", "Ghiacciaio in fase di avanzamento" e "Ghiacciaio in fase di equilibrio".

### Il monitoraggio glaciologico in Lombardia

### Lo studio delle variazioni storiche dei ghiacciai: la teoria applicata

A CURA DI MICHELE DI BIASE - SGL

### Ghiacciaio del Lupo

bilancio di massa  
2022

### Anomalia altezza neve (media dei 7 siti campione SGL)

Snow depth (HS) anomaly (%)  
Altezza neve (HS) - anomalia (%)

average media 2003-2021

Educazione climatica al Liceo Golgi

https://www.liceogolgi.edu.it/2023/01/18/educazione-climatica-al-liceo-golgi/

Ministero dell'Istruzione Accedi

Polo liceale  
**Camillo Golgi**  
Breno (BS)

Cerca Seguici su:

Scuola Servizi Novità Didattica PON 2014-2020

Home / 2023 / Gennaio / 18 / Articoli / Educazione climatica al Liceo Golgi

# Educazione climatica al Liceo Golgi

Esperti in più campi raccontano le ricerche climatiche del progetto "ClimAda" sul Pian di Neve.

09:48  
30/03/2023

<https://www.liceogolgi.edu.it/2023/01/18/educazione-climatica-al-liceo-golgi/>

progetto escursione in ghiacciaio sett 2023 (Visualizzazione protetta) - Word

Riferimenti Lettere Revisione Visualizza Guida Acrobat Cosa vuoi fare?

tronica possono contenere virus. A meno che non sia necessario modificare l'allegato, è consigliabile restare in Visualizzazione protetta.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

**OGGETTO: Sondaggio di interesse per escursione di due giorni, nel mese di settembre 2023, aperta agli alunni delle attuali CLASSI TERZE E QUARTE, di tutti gli indirizzi del liceo Golgi, in ambiente periglaciale fino al ghiacciaio del Pian di Neve in Adamello.**

Come anticipato durante il convegno "Gli effetti della crisi climatica sulle Alpi e sul Ghiacciaio dell'Adamello" il nostro istituto intende proporre un'uscita didattica di 2 giorni in ambiente periglaciale. Tale iniziativa si svolge in collaborazione con il Parco dell'Adamello-Comunità Montana di Valle Camonica e Servizio Glaciologico Lombardo (SGL), nell'ambito del progetto "ClimADA".

Durante l'escursione gli esperti del Parco dell'Adamello e del SGL approfondiranno i temi relativi al progetto ClimADA, alla glaciologia, alla geomorfologia e alla flora e fauna alpina. Agli esperti si affiancherà anche un guida alpina.

La proposta è rivolta agli studenti interessati all'iniziativa che abbiano già un minimo di dimestichezza con le escursioni in montagna e attrezzatura adeguata per l'alta quota. L'iniziativa verrà confermata al raggiungimento del numero minimo di 15 studenti, fino al numero massimo di **30 studenti**.

**Al fine di procedere con l'organizzazione si richiede di segnalare il proprio interesse attraverso il seguente modulo forms entro il 30 aprile.** Farà fede l'ordine di adesione. [Inserire link](#)

Programma di massima:

1° giorno:

- partenza da Breno alle ore 10.00 con pullman fino al lago d'Avio
- camminata (di circa 2,5 ore, dislivello 650 mt) fino al rifugio Garibaldi (pranzo al sacco portato da casa, cena e pernottamento in rifugio);

2° giorno:

- colazione in rifugio e partenza per l'escursione in ambiente periglaciale (di circa 2,30 ore, dislivello 600 mt) con arrivo al ghiacciaio. (pranzo al sacco preparato dal rifugio).
- Rientro a piedi fino al lago d'Avio e ritorno a Breno in pullman in serata.

**Materiale necessario:** zaino, scarponi da trekking/alpinismo, pile pesante, giacca a vento, guanti, berretta, occhiali da sole, sacco lenzuolo/sacco a pelo, ramponi/ramponcini, pranzo al sacco solo per il primo giorno.

Imp

📅 Firefox Clim... 🌐 Chrome 📄 X 📄 W Doc... 📄 W tabe... 📄 W pro... 📅 202... 📧 Post... 🔔 1 pr... 📧 Edu...

## Uscita di due giorni per studenti del Liceo «Camillo Golgi» di Breno con pernottamento presso il Rifugio Garibaldi al Lago Venerocolo (Val d'Avio):

- 14-15 settembre 2023
- 30 studenti + 10 accompagnatori

## 6.3 Attività sul campo

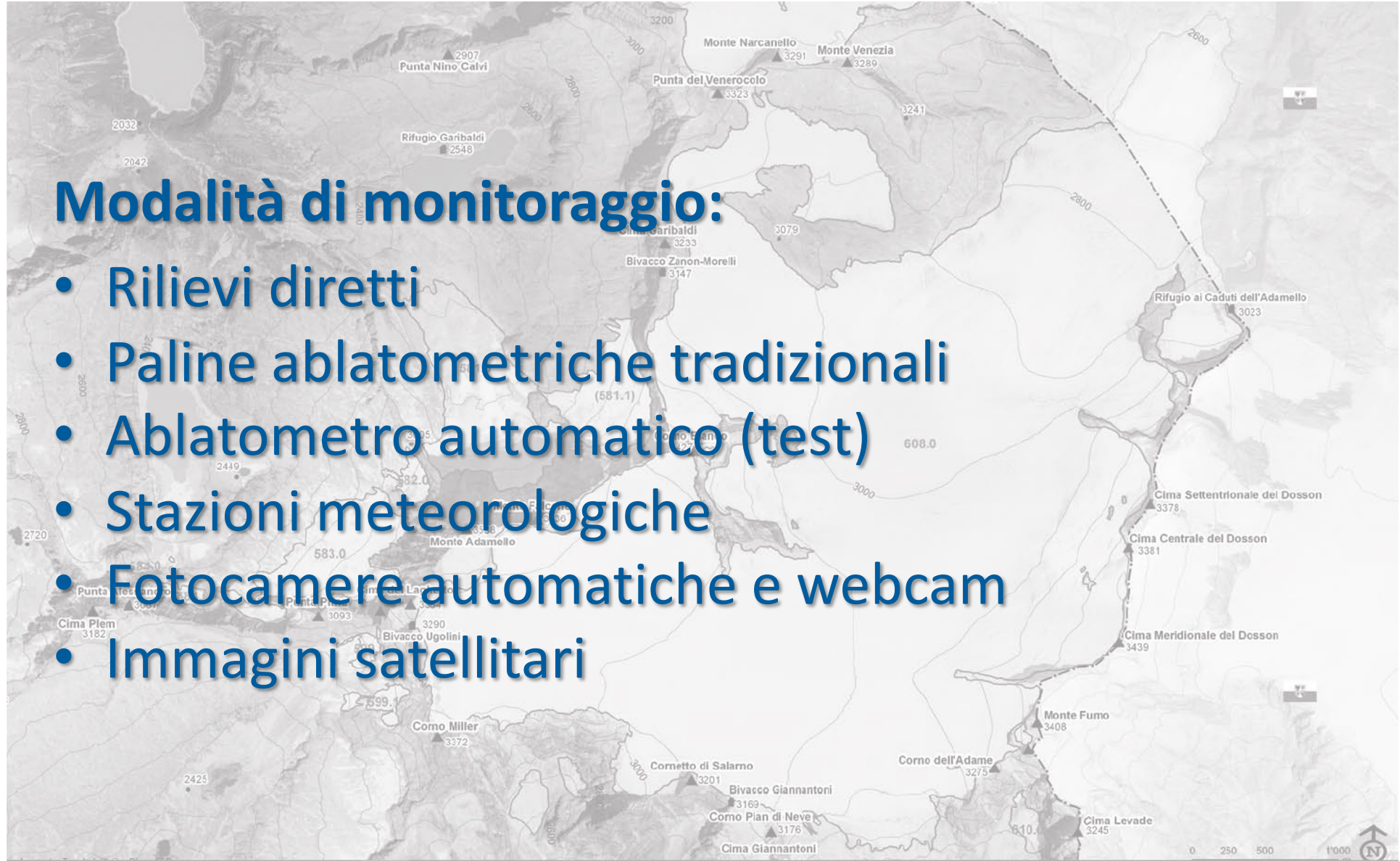
### Attività SGL sul campo – anno 2022:

- Adamello da Salarno 22/05/2022
- Pisgana ovest da Val d'Avio 03/06/2022
- Mandrone Pian di Neve 25 e 26/06/2022
- Pisgana ovest da Avio 02/07/2022
- Adamello – Pian di Neve 31/07/2022
- Adamello da Salarno 12 e 13/08/2022
- Adamello da Mandrone 20/08/2022
- Pisgana ovest da Avio 25/08/2022
- Pisgana ovest da Sozzine 18/09/2022
- Adamello -Tonale 23/09/2022
- Venerocolo e Avio centrale 18/09/2022 (Rilievo fotoglaciologico sul campo)
- Attrezzatura/Sonda a vapore (Rilievi e monitoraggio glaciologico sul campo)

## 6.3 Attività sul campo

### Modalità di monitoraggio:

- Rilievi diretti
- Paline ablatometriche tradizionali
- Ablatometro automatico (test)
- Stazioni meteorologiche
- Fotocamere automatiche e webcam
- Immagini satellitari



## 6.3 Attività sul campo

### Relazione di campagna glaciologica:

<b>608.0</b>	<b>Adamello</b>	Date: <b>2022.05.22, 2022.06.25, 2022.07.31, 2022.08.13, 2022.08.20, 2022.08.25, 2022.09.23</b>	Operatori: A. Lendvai, A. Scaltriti, G. Prandi, P. Pagliardi, S. Cola, N. Marchio, E. Triglia, P. Federici, S. Benigni, C. Ferrari, C. Colombi, E. Valcanover, R. Niccolini, E. Bertoni, S. Viali		
QMF: 2570	ELA: assente	AAR: 0	IBM annuale: <b>Decremento forte</b>	Rilievo precedente	<b>2021</b>

Al 22 Maggio la fusione nivale era già attiva anche alle quote più elevate del ghiacciaio, tant'è che sul Pian di Neve erano presenti laghetti sopragliaciali solitamente visibili tra fine giugno e inizio luglio. Uno di questi, in prossimità del sito del carotaggio ADA270, sotto il Corno Bianco, era lungo oltre 100m. In tale data è stato rilevato il bilancio di accumulo con trincea nivologica di 145 cm equivalenti a 565 mm di acqua.

Il 25 giugno la *snowline* stagionale era già risalita oltre i 3000 m e alla fronte del Mandrone risultavano persi già 275 cm di spessore e 130cm a quota 2830m.

Al 31 Luglio l'indice AAR era già pressoché nullo, con firn residuo delle stagioni 2020 e 2021 solo nelle zone più alte del Pian di Neve e sul Dosson di Genova; sul Pian di Neve le paline indicavano una fusione superficiale di 185cm.

Il 13 e il 20 agosto sono state razionalizzate le paline come da pianificazione condivisa con la PAT e la SAT, in particolare è stata installata una nuova palina sul pianoro a 3240m, e sono state reinfisse tutte le altre paline strettamente necessarie per la definizione di un bilancio di massa con metodo glaciologico.

L'accesso dal Passo Salarno per la prima volta risultava difficoltoso a causa dell'emersione di diversi metri di placche rocciose lisce o instabili, anche l'accumulo eolico solitamente presente a ridosso del bivacco Giannantonj era completamente dissipato.

Notevoli portate di acqua di fusione confluivano in un enorme inghiottitoio in prossimità dell'effluenza Salarno e i crepacci disposti sul cambio di pendenza tra i Corni di Salarno e il Corno Bianco apparivano molto più numerosi e profondi rispetto agli anni precedenti.

Ampie finestre rocciose si sono aperte sotto il Monte Falcone e diversi funghi di ghiaccio sono visibili sotto il Corno Bianco per effetto dei grossi massi crollati negli ultimi anni.

## 6.3 Attività sul campo

### Relazione di campagna glaciologica:

<b>608.0</b>	<b>Adamello</b>	Date: <b>2022.05.22, 2022.06.25, 2022.07.31, 2022.08.13, 2022.08.20, 2022.08.25, 2022.09.23</b>	Operatori: A. Lendvai, A. Scaltriti, G. Prandi, P. Pagliardi, S. Cola, N. Marchio, E. Triglia, P. Federici, S. Benigni, C. Ferrari, C. Colombi, E. Valcanover, R. Niccolini, E. Bertoni, S. Viali		
QMF: 2570	ELA: assente	AAR: 0	IBM annuale: <b>Decremento forte</b>	Rilievo precedente	<b>2021</b>

La porzione di ghiacciaio sul versante orientale del Corno Bianco è ormai distaccata di circa 100 metri dal corpo glaciale principale. Le due finestre rocciose apparse dopo il 2015 sul versante settentrionale affiorano sempre più.

Le tre placche residue del precedente bacino glaciale tra Passo Brizio, Punta del Venerocolo e Cima Venezia si stanno rapidamente riducendo e la più grande e orientale delle tre alimenta ora un discreto torrente ablatore effluente dal laghetto formatosi. In questa zona emergono numerosi reperti bellici, tra cui una linea di telegrafo e dei tronchi di larice tagliati grezzamente. Resiste l'esile collegamento della porzione di ghiacciaio sotto Cresta Croce, anche se dal punto di vista dinamico non c'è ovviamente alcun trasferimento di massa. La fronte del Mandrone appare in fortissima contrazione, con due grandissime voragini circolari collassate nel mese di settembre in sinistra idrografica; queste erano da oltre due anni preannunciate da evidenti crepacci concentrici. Il laghetto formatosi nella conca dove la fronte è arretrata presenta battente idrico molto ridotto perché, con portate di deflusso ridotte come quelle riscontrate al 23 Settembre, risulta in gran parte drenato e affiorano sedimenti limosi calpestabili. La fusione può considerarsi arrestata definitivamente sopra i 3000m con il rapido raffreddamento avvenuto il 17 Settembre, mentre alle quote inferiori dovrebbe essersi esaurita con le nevicate di fine settembre. La perdita di spessore superficiale rilevato dalle paline va dai 351 cm del Pian di Neve a quota 3110 fino ai 735 cm della fronte del Mandrone a quota 2570, con ottima correlazione altimetrica per le fasce intermedie. È verosimile quindi assumere un bilancio netto in perdita di oltre 4m di acqua equivalente.

L'indice AAR pari a zero e i valori di ablazione superficiale rilevati dalle paline non hanno precedenti nelle serie storiche dei rilievi sistematici dal 2007. L'unico probabile precedente analogo è individuabile nell'anno 2003.

A corredo, si segnala che le temperature medie rilevate nel trimestre estivo a Punta del Venerocolo (3320m) sono state pari a +4,5°C con uno scostamento positivo di oltre 1,6°C rispetto al già molto caldo trimestre estivo 2021 e con minime superiori allo zero per ben 44 giorni.

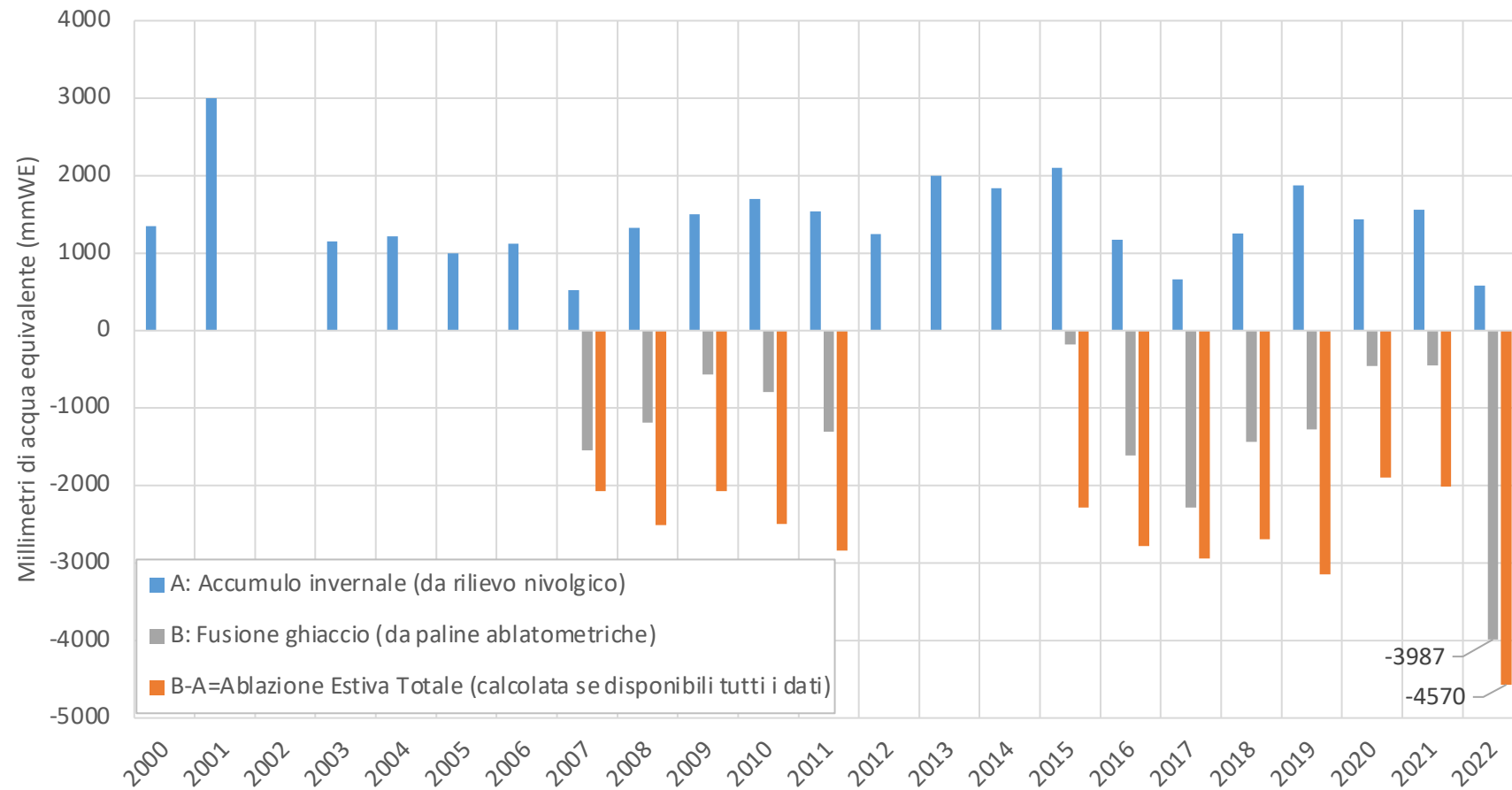




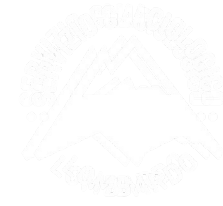
## 6.3 Attività sul campo



Pisgana Ovest - Bilanci glaciologici alla stazione di misura nei pressi del Passo Venerocolo (3130 m s.l.m.)



## 6.3 Attività sul campo



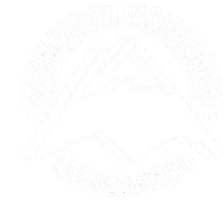
Cresta Croce

Dosson di Genova



Panorama dal Pian di Neve – 13/08/2022

## 6.3 Attività sul campo

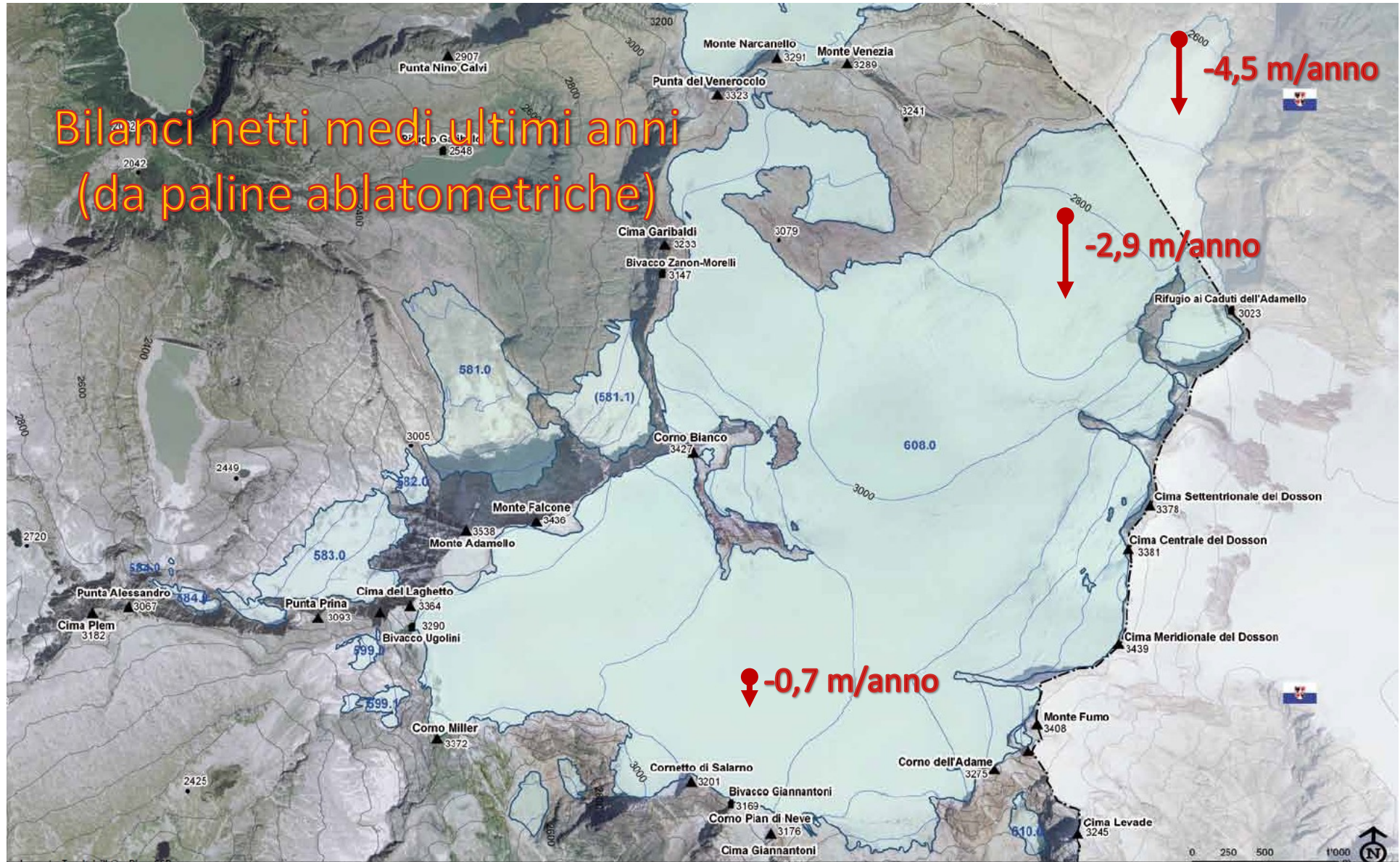


Dosson di Genova Corno Bianco  
Adamello

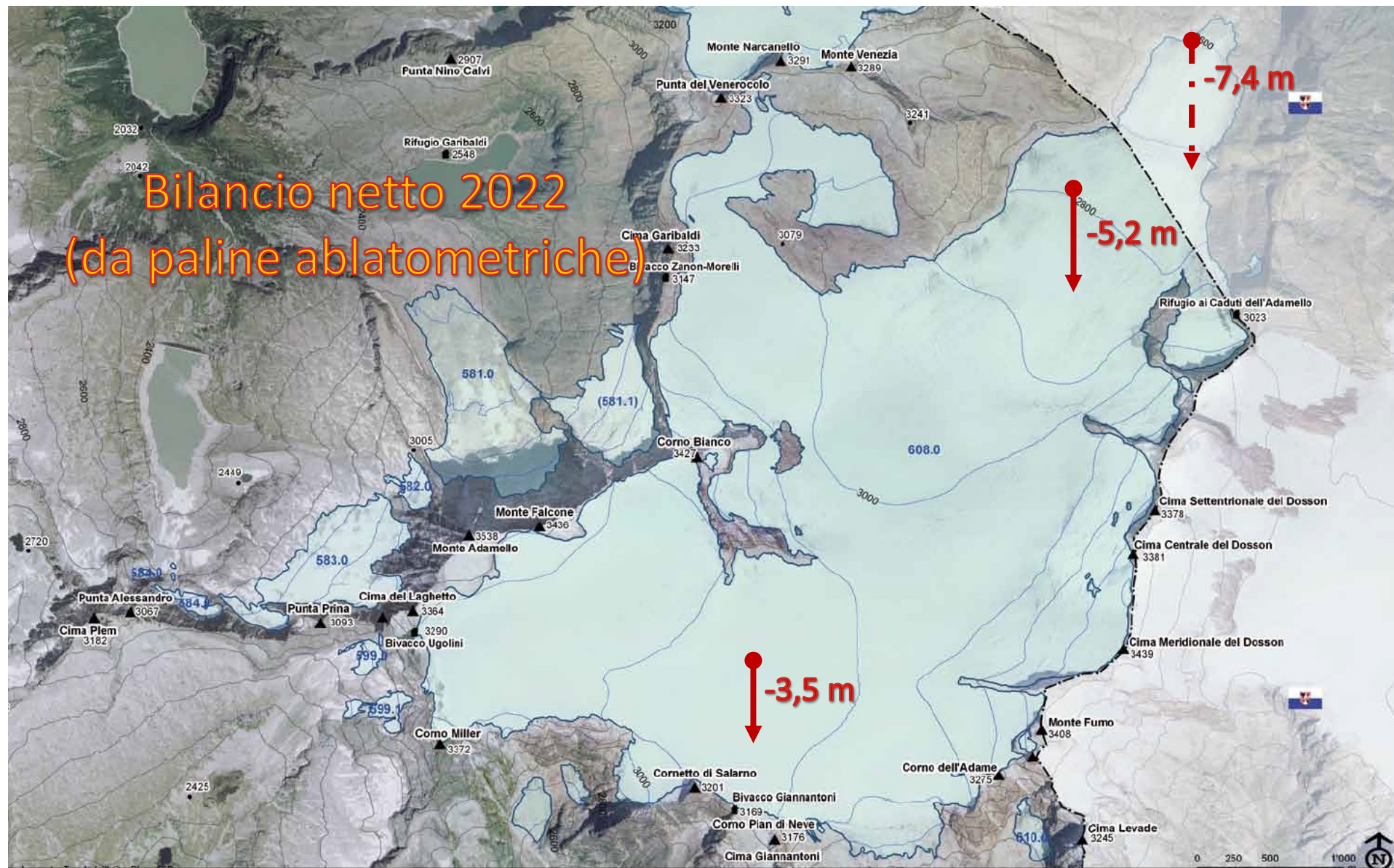


**Panorama da Punta Venerocolo – 25/08/2022**

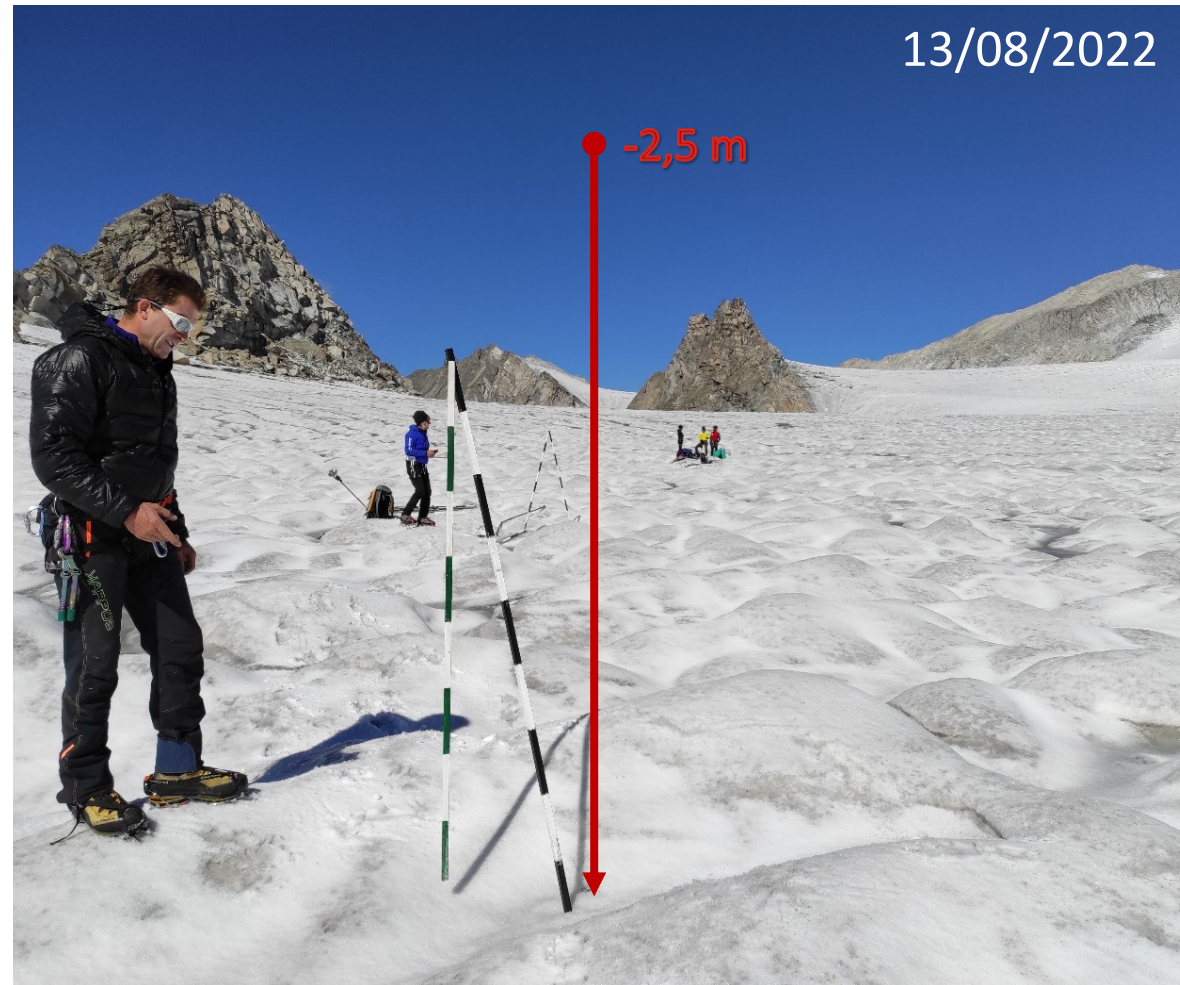
## 6.3 Attività sul campo



## 6.3 Attività sul campo

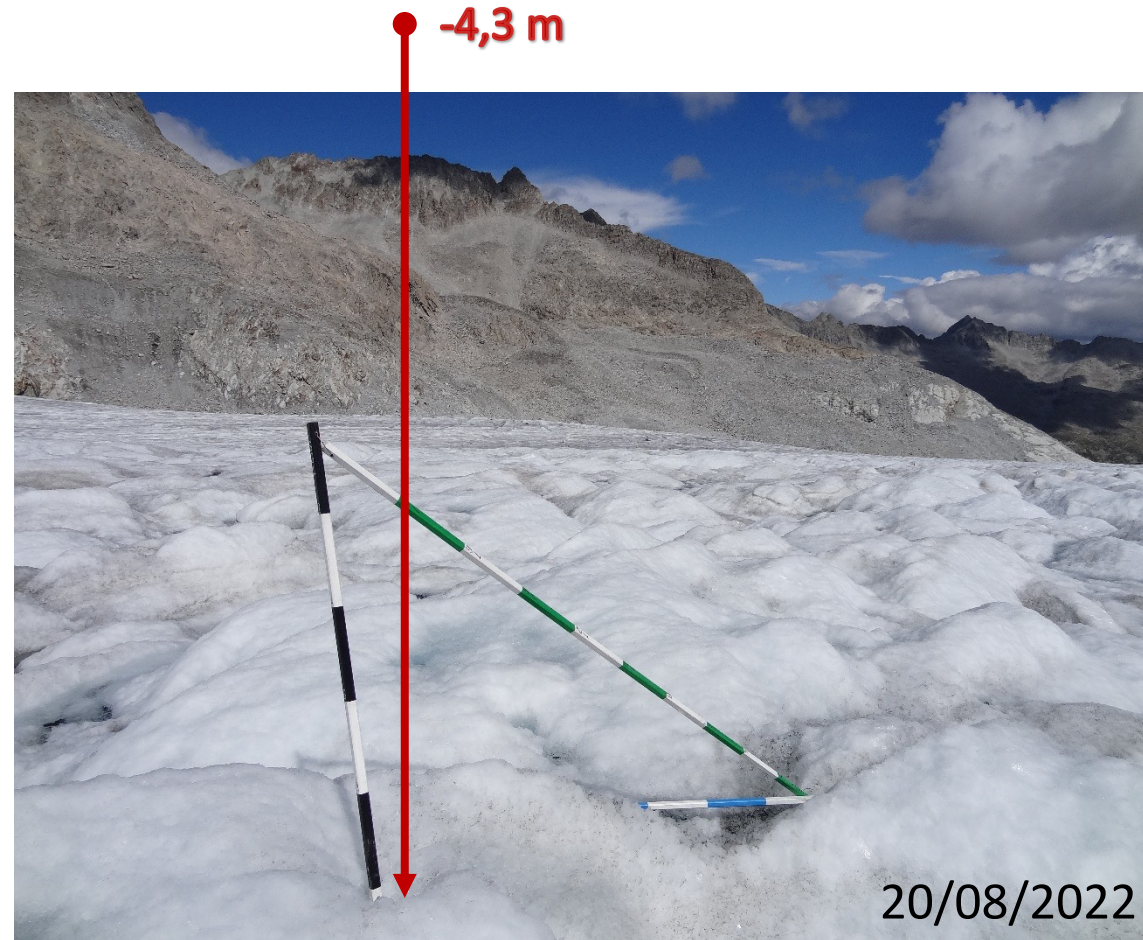


## 6.3 Attività sul campo



**Palina ablatometrica Passo Salarno – Pian di Neve (3130 m. slm.)**

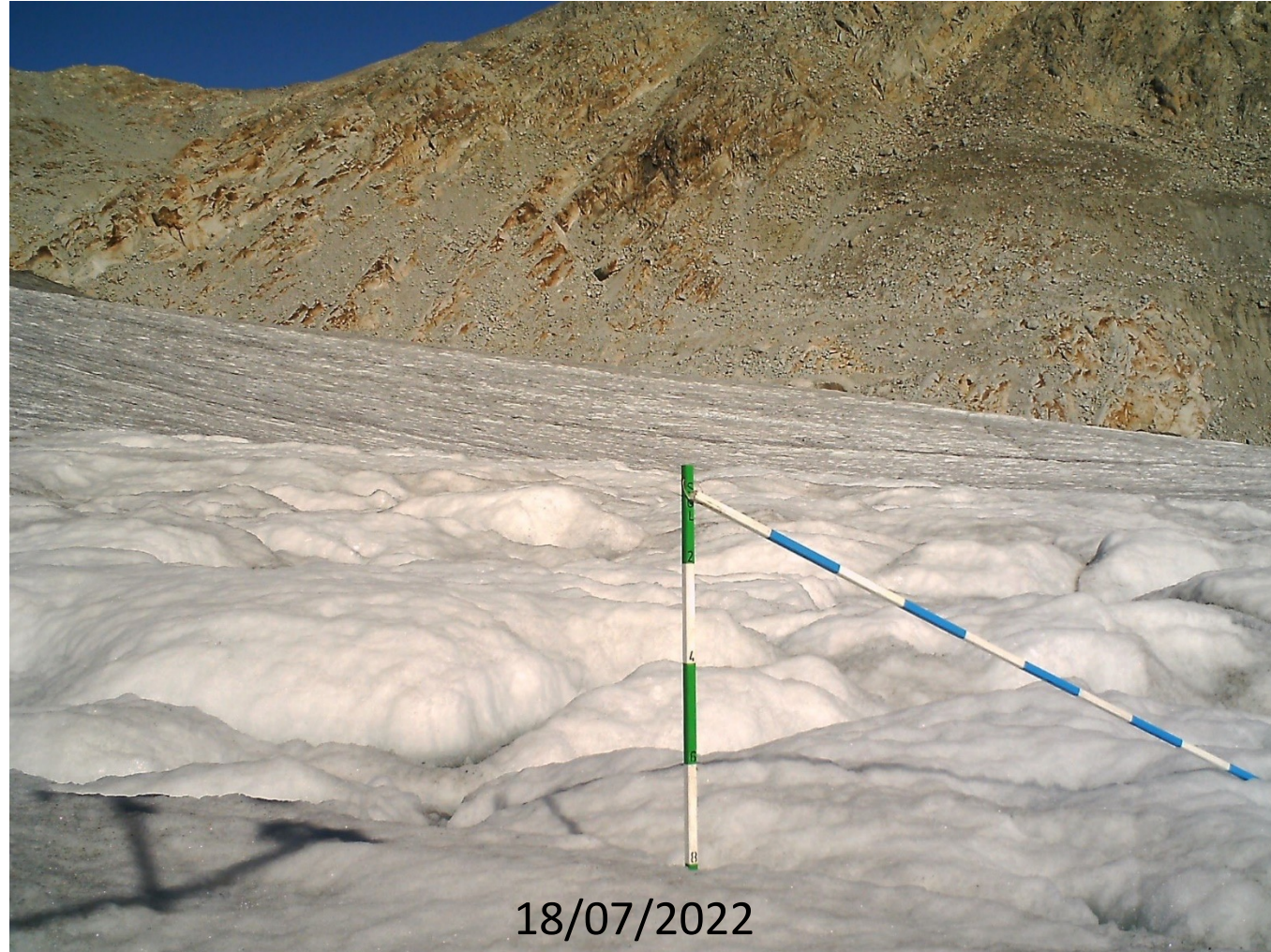
## 6.3 Attività sul campo



**Palina ablatometrica AWS – Mandrone (2830 m. slm.)**



## 6.3 Attività sul campo



**Palina ablatometrica AWS – Mandrone (2830 m. slm.)**

## 6.3 Attività sul campo



Sostituzione paline ablatometriche

## 6.3 Attività sul campo



**Sostituzione paline ablatometriche**

## 6.3 Attività sul campo



### Aggiornamento confronti fotografici



2005 → 2018 → 2022

## 6.3 Attività sul campo



### Aggiornamento confronti fotografici



## 6.3 Attività sul campo



### Aggiornamento confronti fotografici

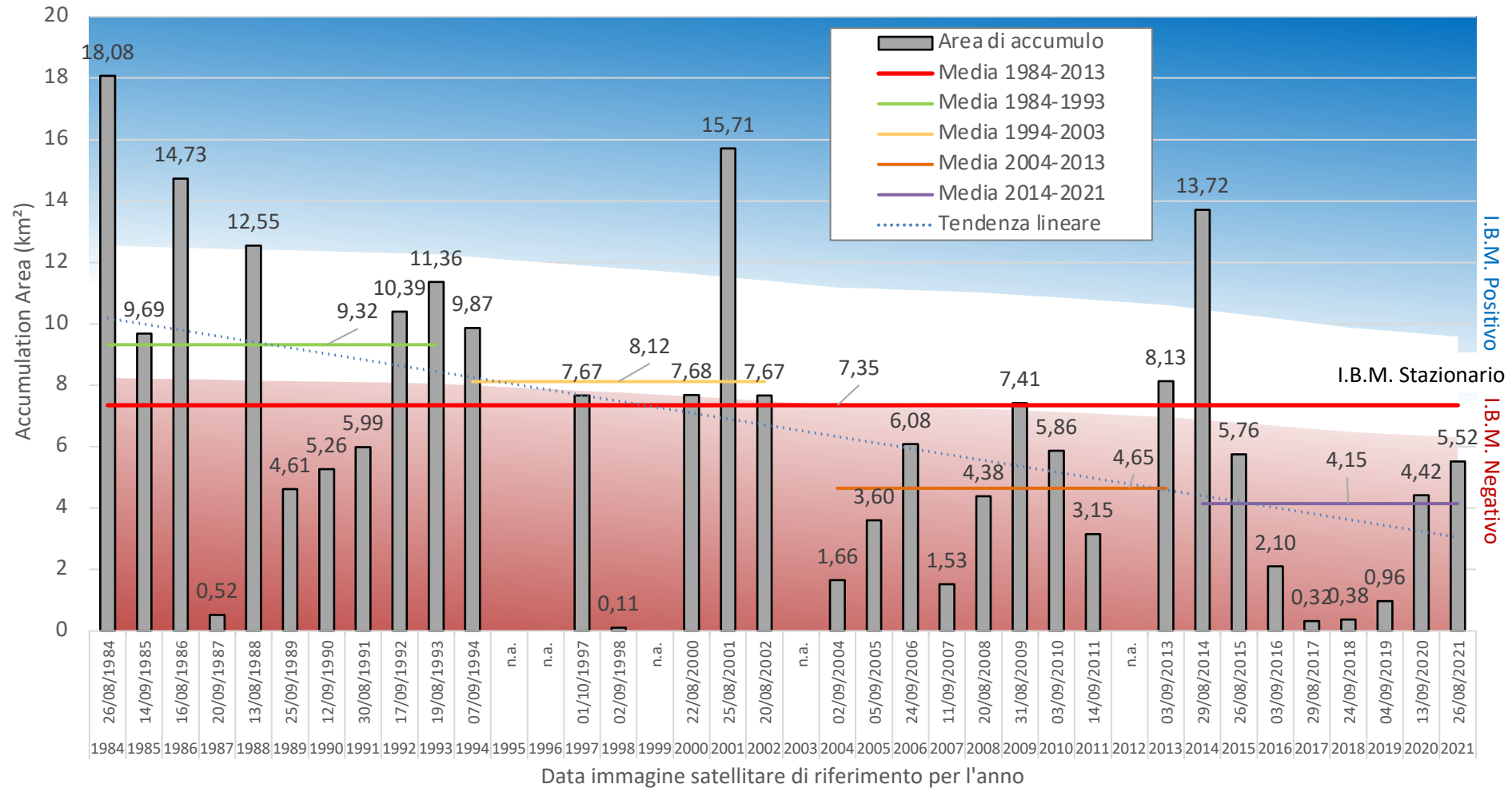


# Panoramica sui ghiacciai dell'Adamello

## Il Ghiacciaio dell'Adamello – Dati misurati



### STORICO DELLA SUPERFICIE COPERTA DI NEVE A FINE ESTATE E ANALISI



## 6.3 Attività sul campo

Gestione timelapse-camera

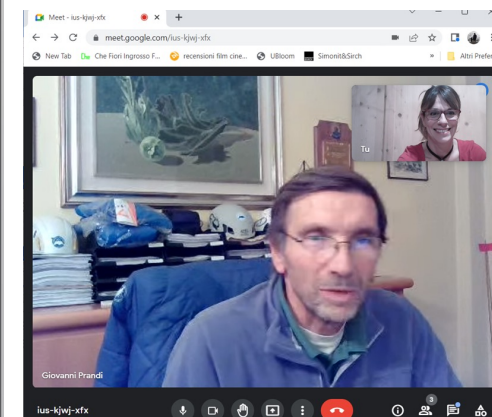
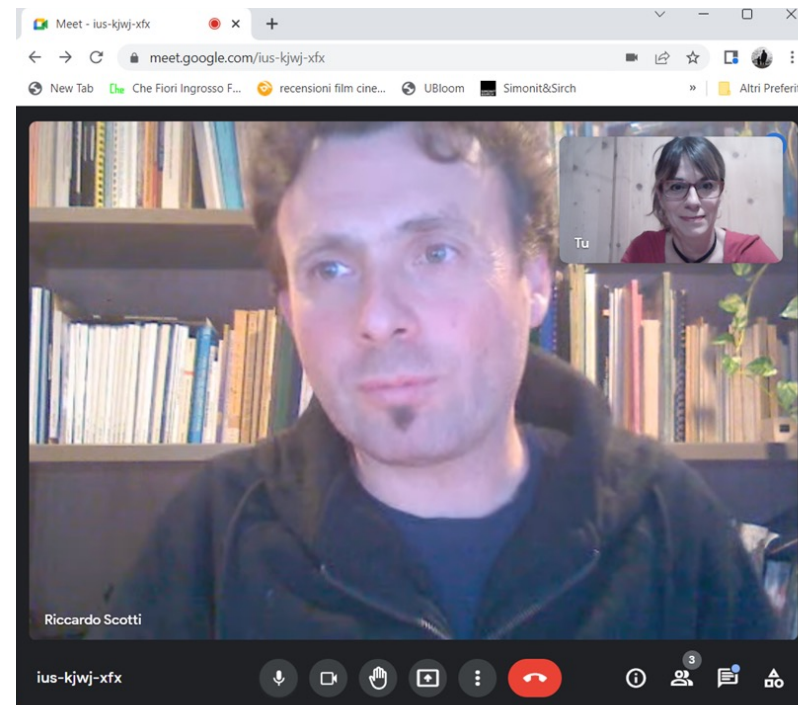
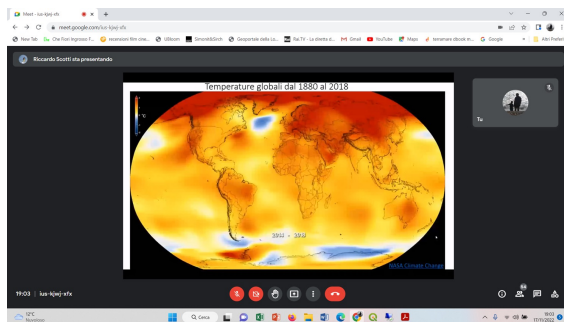
# GHIACCIAIO DELL'ADAMELLO effluenza del Mandrone





## 6.4 Formazione per formatori

17 e 24 novembre 2022: n. 49 docenti coinvolti



## 6.5 Corso per operatori glaciologici

- da realizzarsi nell'estate 2023
- 15 persone
- 3 Lezioni teoriche di sabato in giugno
- Un'uscita concomitante con nivologia? PISGANA (fine giugno?)
- Due uscite in estate: Pian di Neve da Salarno e Mandrone dal Tonale




- **PROGRAMMA INIZIATIVE LEGATE AL 40° DEL PARCO DELL'ADAMELLO**

3 – 4 agosto 2023

Cinema Alpi Temù  
Val d'Avio

Uscita con SGL alla scoperta del Ghiacciaio dell'Adamello (Pisgana/ basale Nord Adamello), in collaborazione con casa del Parco di Vezza d'Oglio. Serata di presentazione SGL/Maggioni Suono in estinzione (cinema Alpi Temù-€ 960,00)



# Presentazione svolta nell'ambito del WP6 del progetto ClimADA a cura di:

Anna Maria Bonettini - Parco dell'Adamello  
Giovanni Prandi – Servizio Glaciologico Lombardo  
Amerigo Lendvai – Servizio Glaciologico Lombardo  
Riccardo Scotti – Servizio Glaciologico Lombardo  
Paolo Gallo – Servizio Glaciologico Lombardo  
Michele Di Biase – Servizio Glaciologico Lombardo

Azioni svolte in collaborazione con

