

Dall'Adamello alla Groenlandia e ritorno: effetti del cambiamento climatico sull'idrologia montana

Prof. Roberto Ranzi

Con il contributo di Giovanna Grossi e Paolo Colosio

Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica
Università degli Studi di Brescia

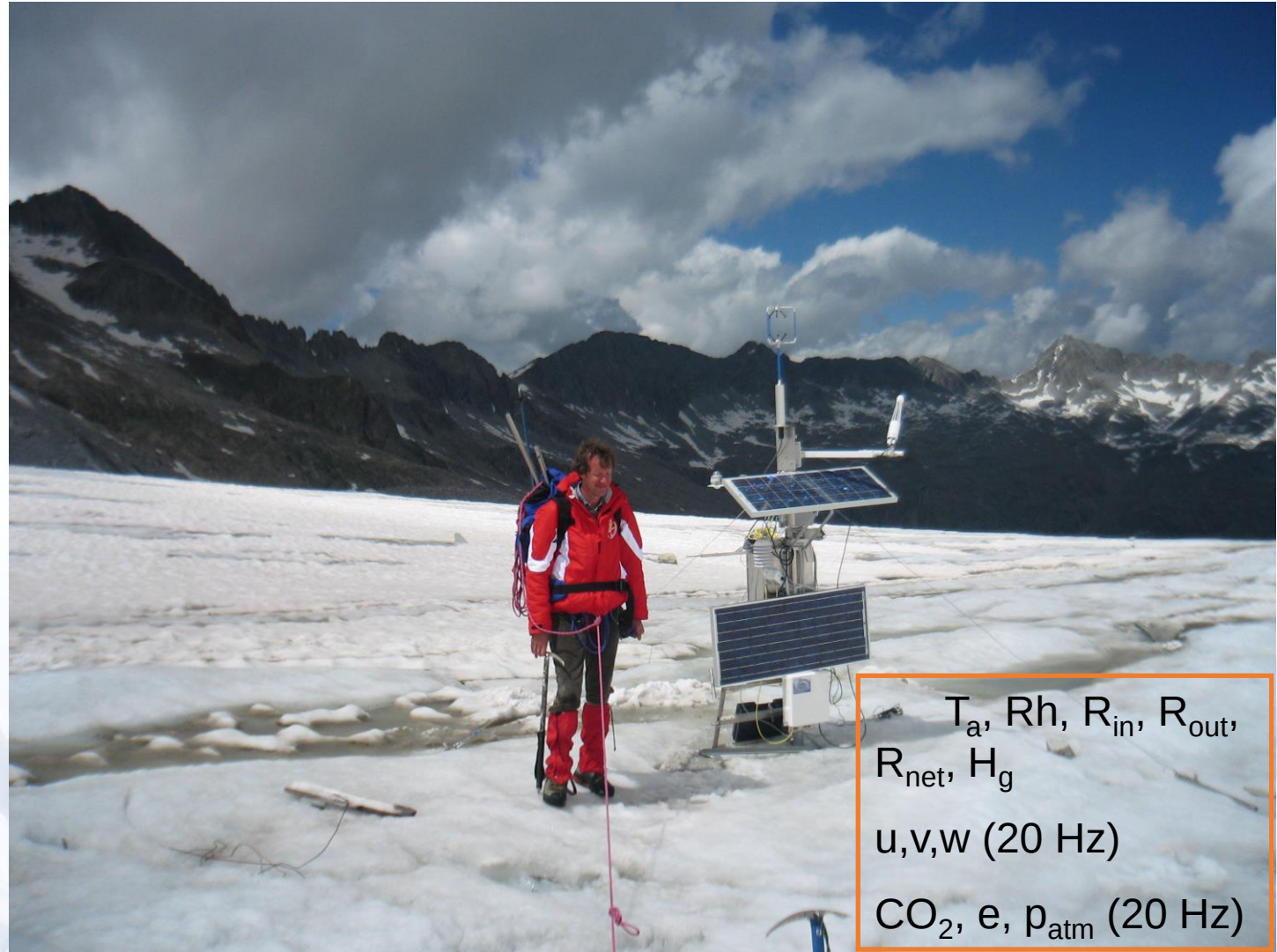
*Hanno contribuito alla ricerca anche il Prof. Marco Tedesco,
Columbia University e X. Fattweis, University of Liege*

Lamont-Doherty Earth Observatory
COLUMBIA UNIVERSITY | EARTH INSTITUTE



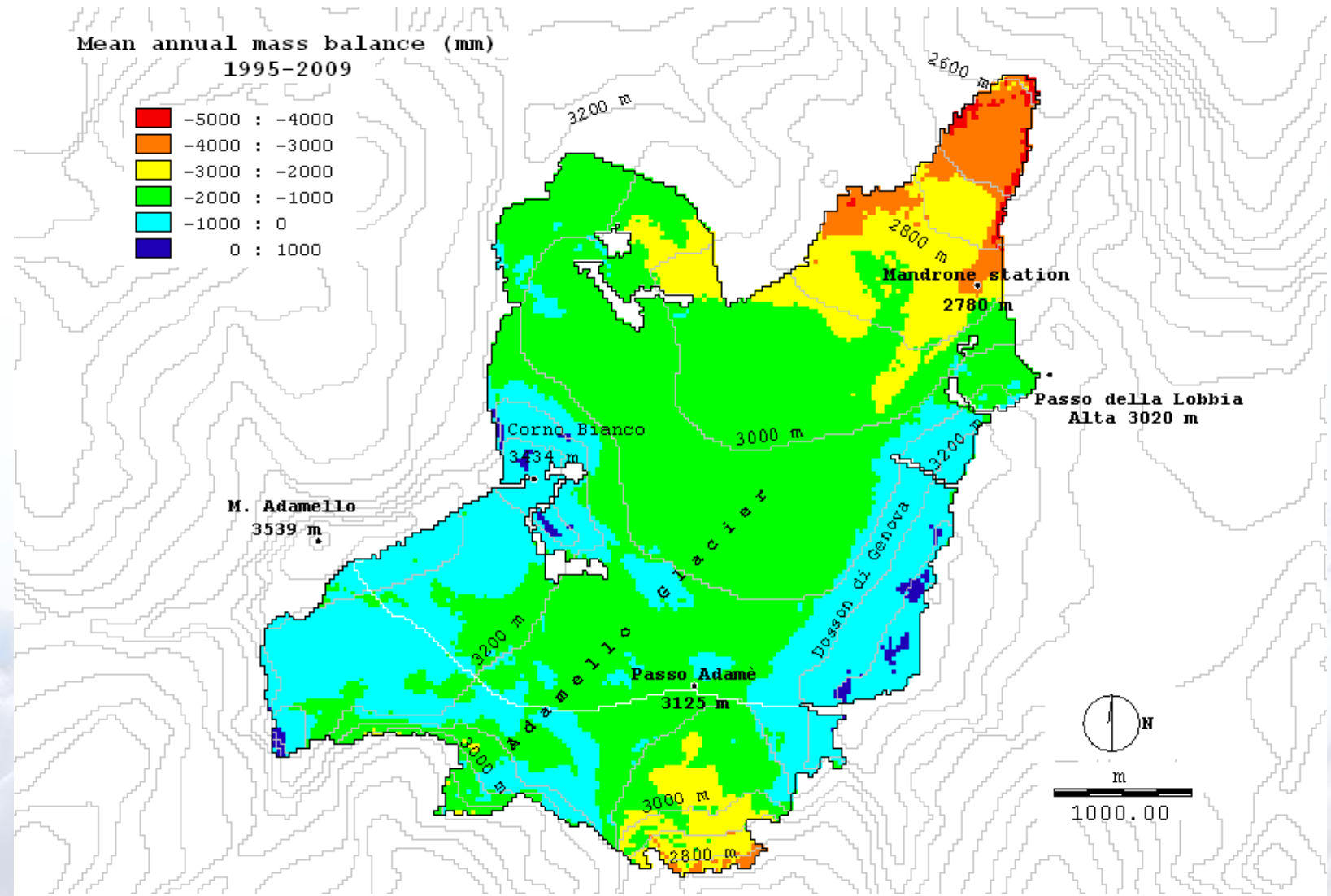
Stazione meteorologica tradizionale e una stazione eddy correlation sul Ghiacciaio del Mandrone nel 2008 con misure ad alta frequenza (20 Hz) di umidità, temperatura, concentrazione CO_2 e velocità del vento

per la stima dei flussi di evaporazione, di scambio turbolento e CO_2

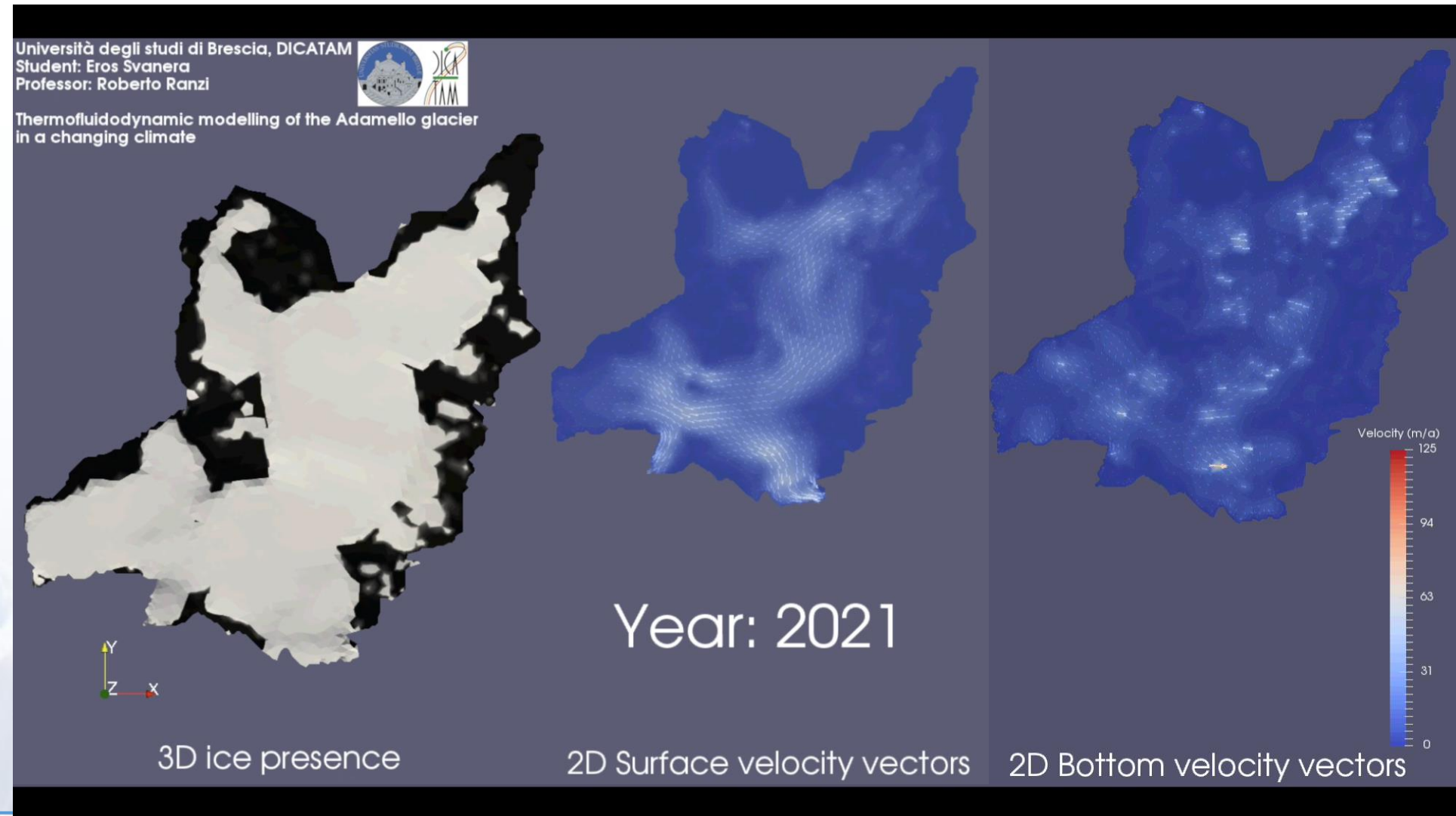


$T_a, R_h, R_{in}, R_{out},$
 R_{net}, H_g
 u, v, w (20 Hz)
 CO_2, e, p_{atm} (20 Hz)

Hanno
permesso di
valutare il
bilancio di
massa con una
perdita netta
media di 1500
mm/anno di
equivalente in
acqua (1995-
2009



Modello
matematico
termofluido-
dinamico per
simulare
l'evoluzione
del ghiacciaio
anche in
futuro



Previsione della scomparsa verso fine secolo se gli scenari climatici saranno confermati

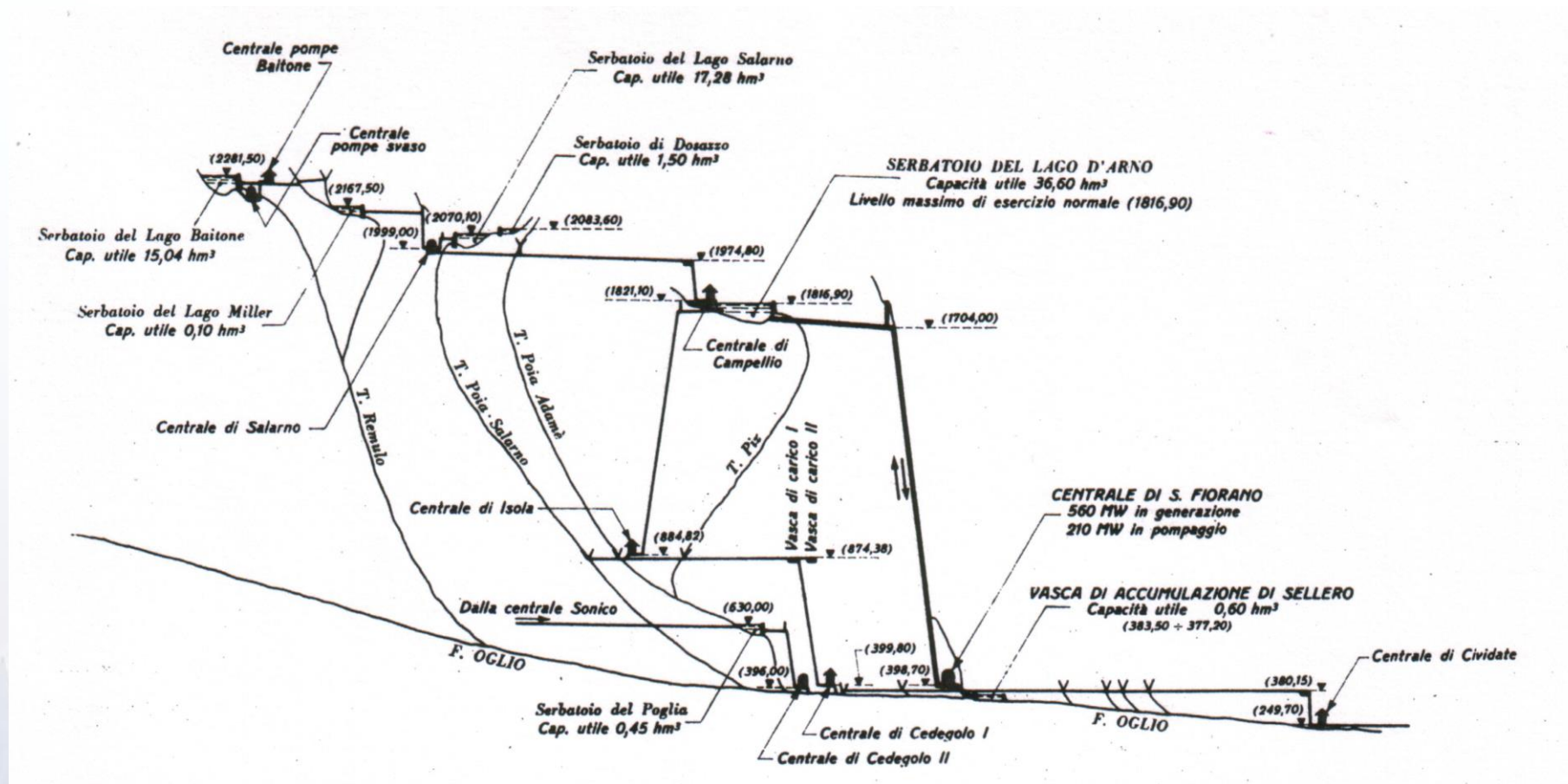


cortesia Amerigo Lendvai Servizio Glaciologico Lombardo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA

E impatti sulla distribuzione nel tempo dei deflussi che alimentano impianti idroelettrici



Impianto di S.Fiorano: $Q \approx 45 \text{ m}^3/\text{s}$ turbine; $Q \approx 13.5 \text{ m}^3/\text{s}$ pompe),
Potenza installata: $P = 560 \text{ MW}$ (turbine) and 210 MW (pompe). Energia generata 452 GWh/anno

Studi sull'Adamello: palestra per approfondimenti sulla Groenlandia e impatto globale del Cambiamento climatico sull'innalzamento degli oceani



Le ricerche sul ritiro del Ghiacciaio dell'Adamello avviate nel 2000 dall'Università di Brescia hanno allargato i propri orizzonti per giungere a studiare i ghiacciai della Groenlandia. Da una collaborazione con la Columbia University è risultato uno studio, in stampa sulla rivista The Cryosphere, che dimostra come l'allarme degli scienziati per gli effetti del riscaldamento globale non sia esagerato. Se, alla scala locale, abbiamo previsto che il Ghiacciaio dell'Adamello possa scomparire entro la fine del secolo, ancora più preoccupanti sono le osservazioni satellitari sulla Groenlandia. Nell'Artico, infatti, negli ultimi decenni si è misurato un aumento delle temperature più marcato rispetto alla media globale. Qui, l'acqua allo stato solido si divide tra il ghiaccio marino della banchisa e quello continentale che forma la calotta di ghiaccio della Groenlandia.

LA BANCHISA ARTICA, uno strato di acqua marina ghiacciata con spessore massimo di alcuni metri, sta costantemente riducendo la propria estensione dal 1978, anno di inizio delle misurazioni satellitari con radiometri a microonde. La riduzione della superficie di ghiaccio marino ha un forte impatto sul bilancio energetico del pianeta, aumentando l'energia assorbita dalla Terra e di conseguenza la temperatura media. Questo processo è uno dei cosiddetti feedback climatici positivi (ma con effetti negativi): l'aumento delle temperature comporta una riduzione della superficie della banchisa artica che induce un aumento delle temperature globali.

La Groenlandia ospita la più grande massa glacializzata dell'emisfero boreale, seconda alla calotta dell'Antartide. In Groenlandia il ghiaccio raggiunge spessori fino a oltre 3000 m. La superficie glacializzata della Groenlandia raggiunge 1.800.000 km², immagazzinando un volume d'acqua di quasi 3 milioni di km³. Tale volume di ghiaccio sarebbe in grado di innalzare il livello medio degli oceani di 7 m se fondesse completamente. Bisogna infatti sapere che più di due terzi dell'acqua dolce del pianeta si trova in forma di ghiaccio nelle grandi calotte della Groenlandia e dell'Antartide.

Secondo un'analisi di dati gravimetrici ottenuti tramite la missione satellitare GRACE, che fornisce misure del campo gravitazionale terrestre, la Groenlandia ha perso circa 281 miliardi di tonnellate di ghiaccio ogni anno tra il 2002 ed il 2016. Questo tasso di fusione corrisponde ad un aumento del livello medio dei mari pari a circa 8 mm ogni dieci anni. Allo stato attuale quindi la perdita di massa glacializzata della calotta groenlandese contribuisce a circa

https://www.cai.it/wp-content/uploads/2021/06/A_CAI_129_2021__.pdf

Colosio, P., Tedesco, M., Ranzi, R., & Fettweis, X.: Surface melting over the Greenland ice sheet derived from enhanced resolution passive microwave brightness temperatures (1979–2019), *The Cryosphere*, 15, 2021, <https://doi.org/10.5194/tc-15-2623-2021>,

Sistemi satellitari con radiometri a microonde passivi

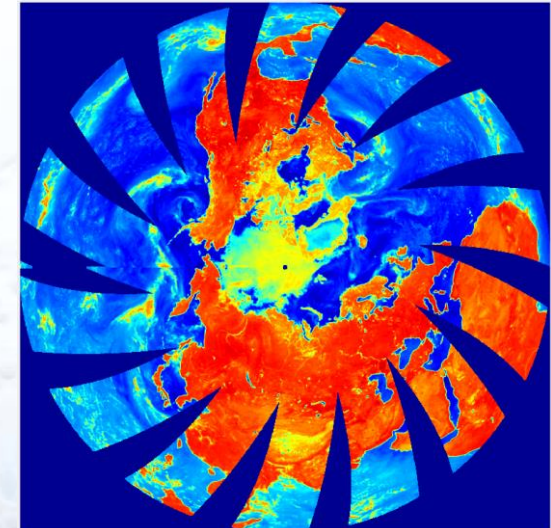
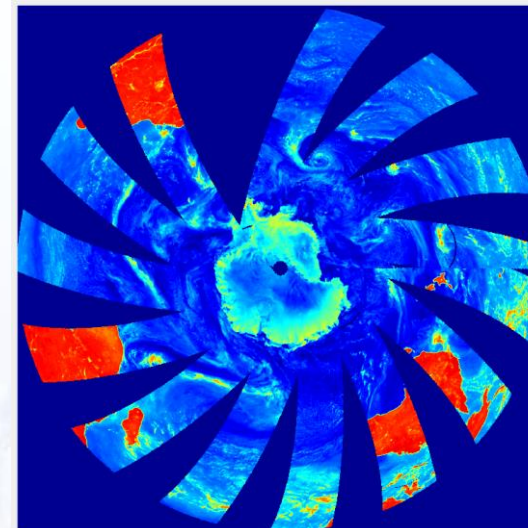
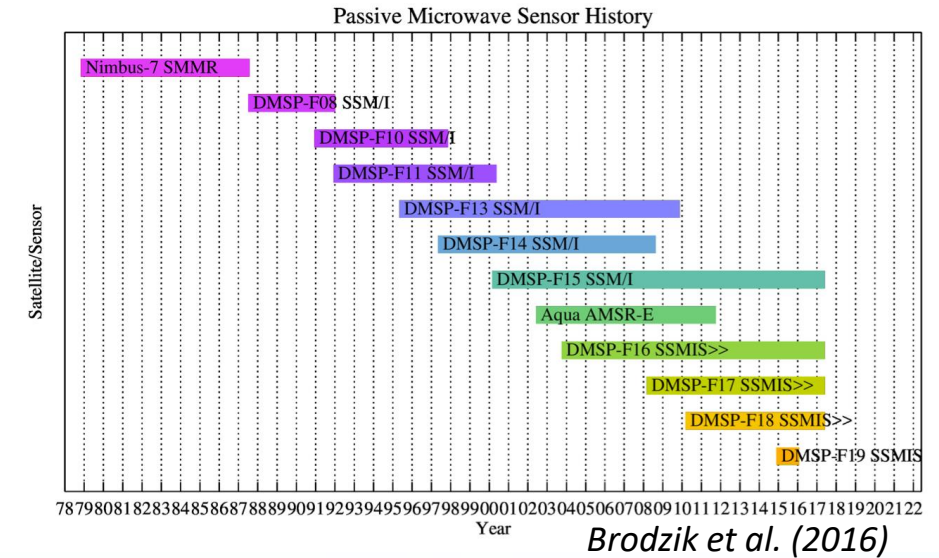
Pro:

- Copertura temporale
- Risoluzione temporale
- Copertura spaziale

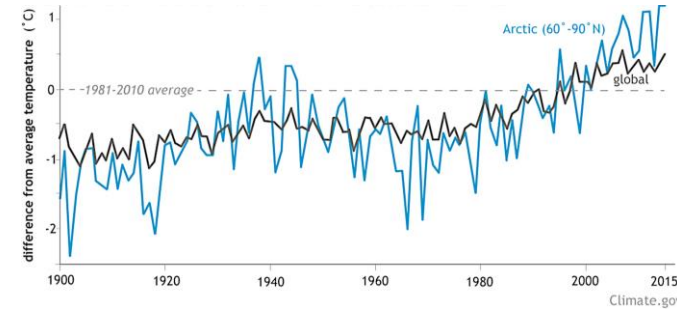
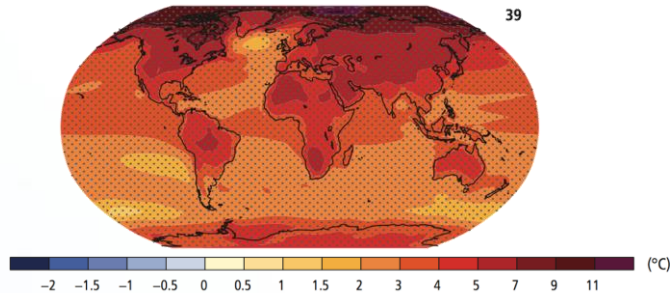
La più lunga serie temporale di dati su larga scala
(1979-2019)

Limite:

- Bassa risoluzione spaziale (25 km at 37 GHz)

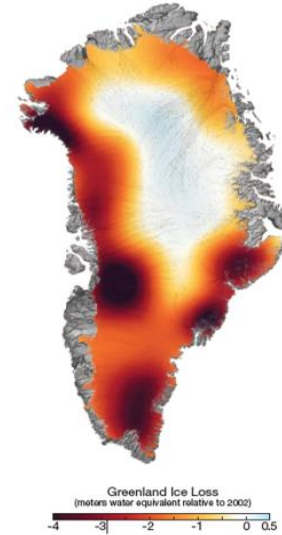
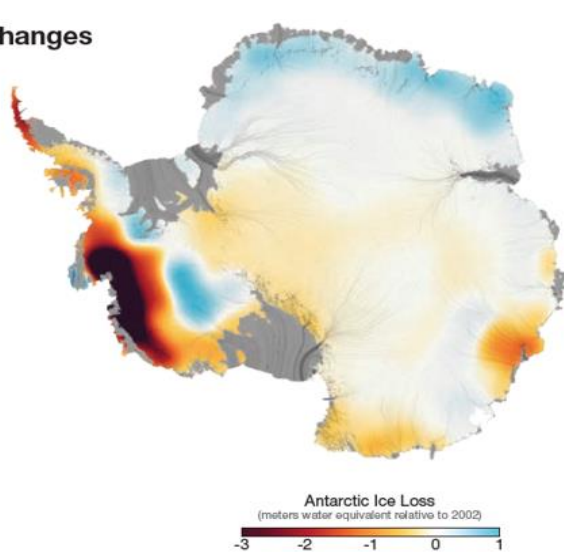
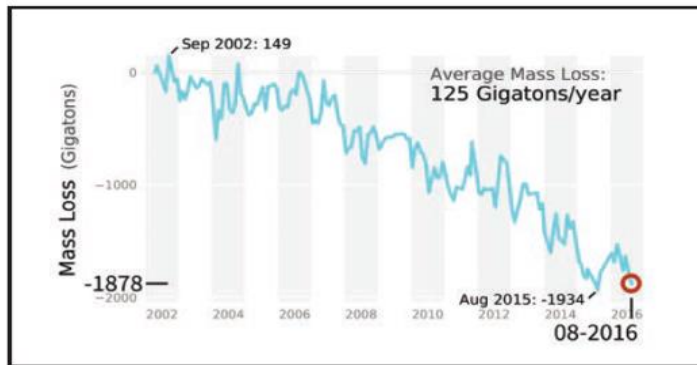


Aumento della temperatura e le calotte di ghiaccio di Groenlandia ed Antartide

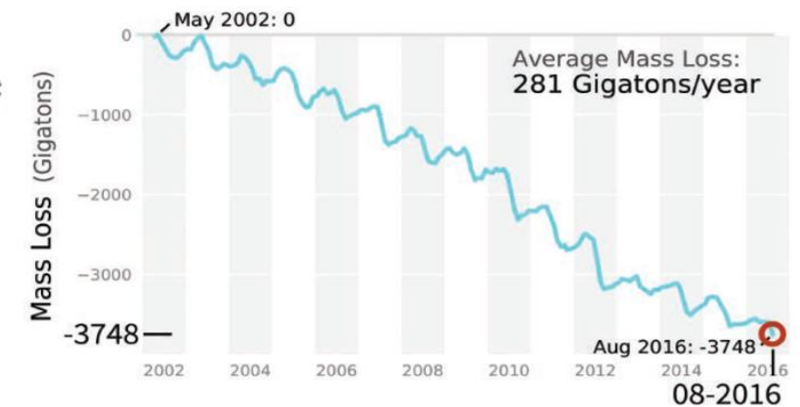


- Groenlandia ed Antartide stanno perdendo grandi volumi di ghiaccio, la Groenlandia $-281 \text{ Mm}^3/\text{a}$ (2002-2016)
- La velocità superficiale dei ghiacciai in Groenlandia è raddoppiata negli ultimi 30 anni
- L'innalzamento del livello degli oceani ha raggiunto un tasso di $+3.3 \text{ mm/anno}$ (1993-2020) (NASA, The Earth Obs.)

GRACE Observations of Antarctic Ice Mass Changes



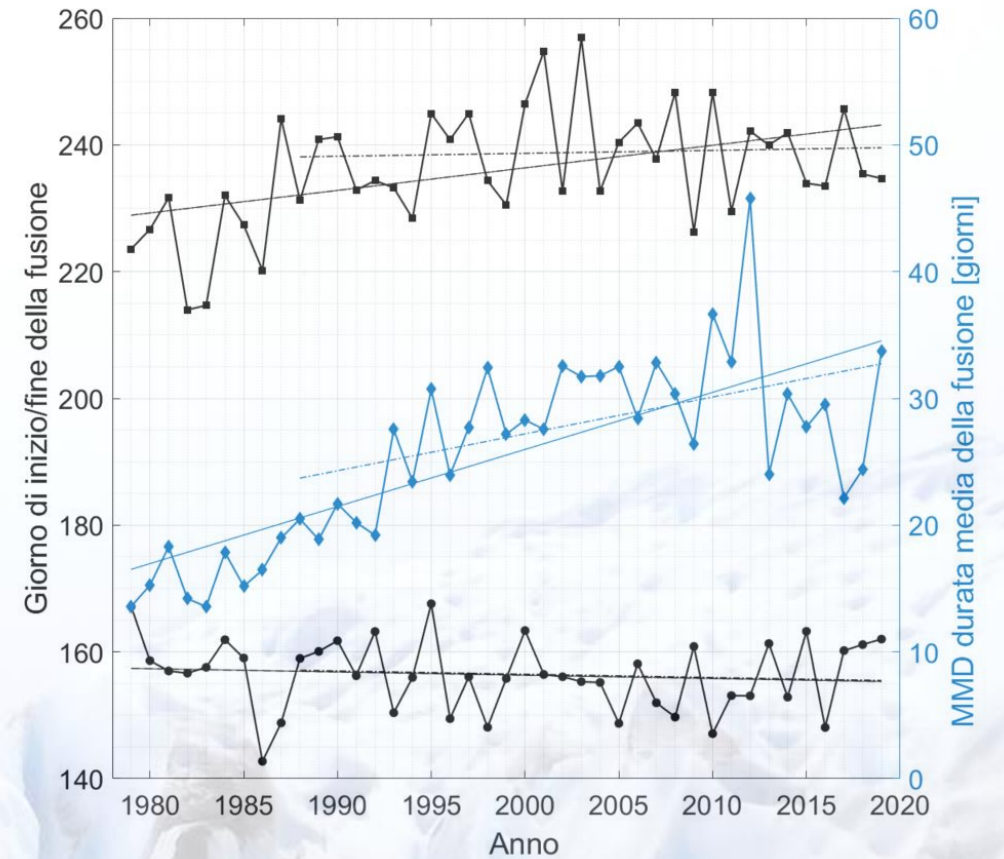
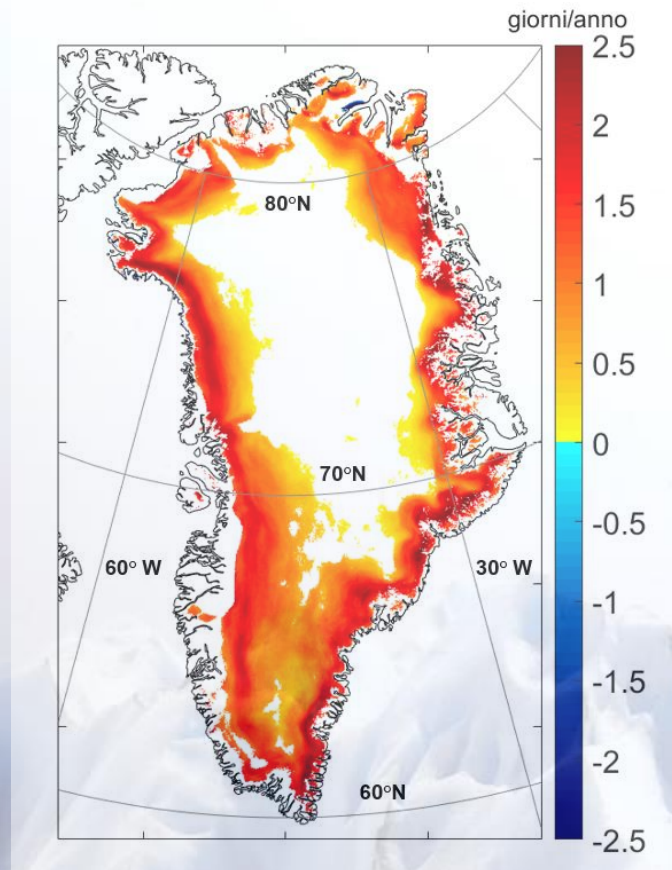
GRACE Observations of Greenland Ice Mass Changes



Indici di fusione

Scala locale (pixel-by-pixel):

- Data di inizio della fusione (MOD); Data di fine della fusione (MED); Durata della fusione (MD)



..and more to come

In corso progetto con Regione Lombardia e CNR-IRPI sugli effetti del riscaldamento climatico sulla fusione del permafrost e l'innescò di colate detritiche

e progetto scientifico artistico PSAG: Preserving the Sound of Alpine Glaciers



Grazie per l'attenzione

La temperatura di brillantezza misurata dai satelliti con radiometri passivi

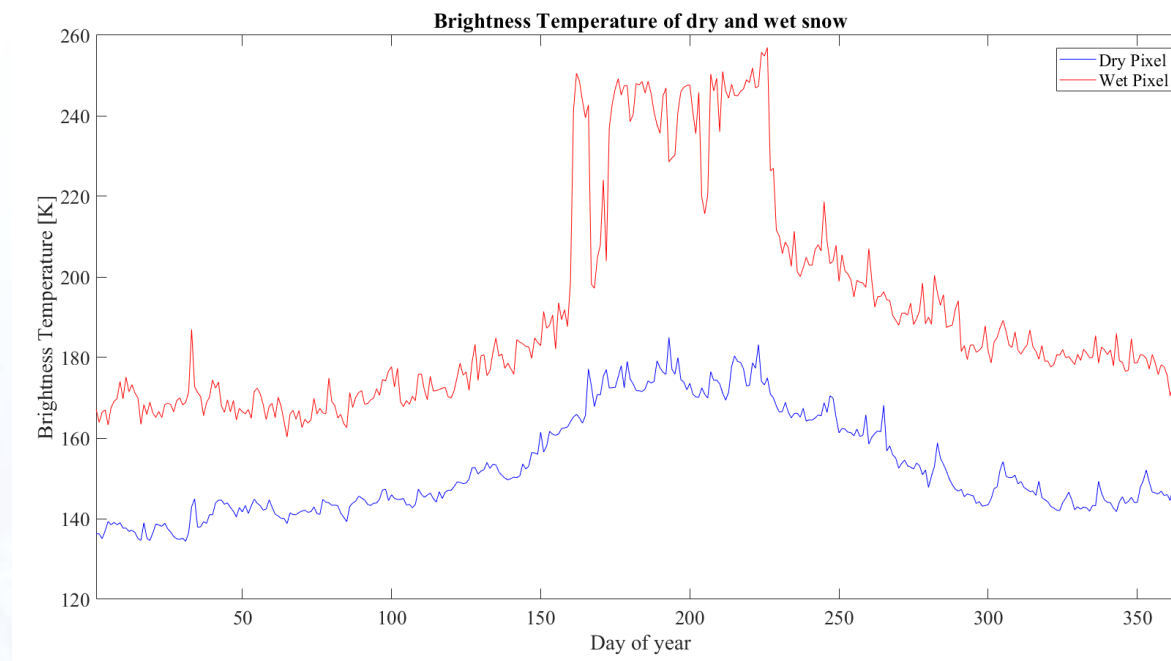
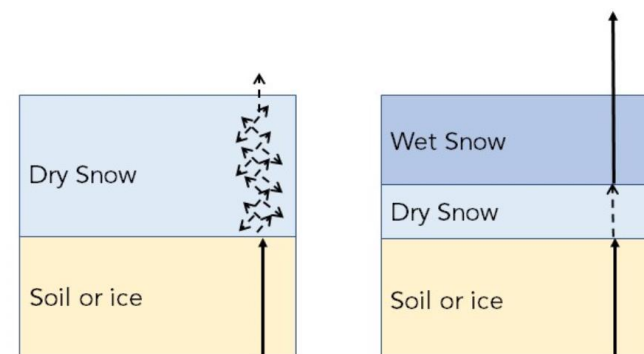
Temperatura di brillantezza: temperatura di un corpo nero che emette la stessa energia del corpo grigio telerilevato in una specifica banda spettrale → [300 MHz,300GHz]

PMW → **Rayleigh Jeans:** $T_b = \epsilon T$

Neve secca: lo scattering volumetrico (parte reale) è dominante rispetto l'assorbimento (parte immaginaria) riducendo l'energia emessa.

Neve bagnata: la presenza di acqua liquida nel manto nevoso riduce lo scattering ed aumenta l'assorbimento e ri-emissione. Valori di T_b più alti.

È possibile classificare aree e giorni in cui è presente neve bagnata al suolo.



CONCLUSIONI

La durata della fusione superficiale in Groenlandia è aumentata di 4.5 (2.5) giorni ogni dieci anni nel periodo 1979-2019. Il trend è di 2.9 giorni a decade nel periodo 1988-2019.

L'estensione massima della fusione superficiale interessa un'area in aumento del 6.9% (3.6%) ogni dieci anni rispetto all'intera superficie della Groenlandia, corrispondente a circa 12'400 km² ogni anno nel periodo 1979-2019 (1988-2019)

La perdita di massa osservata dai satelliti dell'esperimento GRACE corrisponde a 8 mm di aumento del livello del mare per decade per la fusione della Groenlandia che contribuisce per circa 1/5 all'aumento del livello degli oceani.

Sensibilizzare i cittadini e la politica per incentivare azioni di adattamento e mitigazione è quindi un dovere.