Sala Monumentale della PCM – Galleria Sordi (Largo Chigi, 19)
Seminario di Studio
5 ottobre 2017

Montagne da ricercare
La ricerca per le montagne italiane

Le ricerche sulla montagna fisica
Progetto Glacio Var

Guglielmina A. Diolaiuti, Roberto S. Azzoni,
Davide Fugazza e Antonella Senese

Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali (ESP)

Università degli Studi di Milano

guglielmina.diolaiuti@unimi.it

Le ricerche sulla montagna fisica
Il Progetto Glacio Var

Il Progetto GlacioVar è stato ideato per fornire strumenti e soluzioni a supporto dello svolgimento delle funzioni di competenza del soppresso EIM e trasferite al DARAS, finalizzate alla conoscenza e gestione delle problematiche territoriali ed ambientali delle aree di montagna e alta montagna.

In particolare Glaciovar si focalizza sulle aree montane glacializzate, con riferimento alla valutazione del bilancio idrico stagionale e dei fenomeni di pericolosità e rischio ambientali, a partire da rilievi diretti (indagini di terreno) e indiretti (telerilevamento e fotogrammetria), fino all'elaborazione di scenari e modelli di risposta.

Il contributo dell'Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali- allo svolgimento del progetto "GlacioVar" si concretizza in attività finalizzate a conseguire una conoscenza più esaustiva e completa della dinamica criosferica alpina e una migliore valutazione di effetti ed impatti delle variazioni quantitative e qualitative di nevi e ghiacciai sull'ambiente montano di alta quota.

Le ricerche sulla montagna fisica
Il Progetto Glacio Var

Per contribuire concretamente alla conoscenza di come e quanto stanno cambiando le montagne italiane e di come questi cambiamenti si riflettano sulla disponibilità idrica, sulle condizioni paesaggistiche e ambientali e sui fenomeni di pericolosità e rischio i ricercatori dell'Università di Milano hanno sviluppato modelli fisicamente basati, caratterizzati da elevata replicabilità spaziale e temporale e disponibili in versione open source capaci di:

- descrivere la fusione glaciale in modo distribuito su ghiacciai caratterizzati da diverse condizioni superficiali e quantificare il deflusso di acqua derivante;
-descrivere la superficie dei ghiacciai e in particolare la loro capacità di riflettere o assorbire energia e quindi del fattore principale che regola la velocità e l'intensità della fusione superficiale;
-descrivere come i parametri meteorologici possano venire distribuiti realisticamente su terreni complessi come quelli montani a vantaggio dei modelli di fusione, di evoluzione dei fenomeni valanghivi, di dinamica dei versanti, etc…;

Inoltre i ricercatori dell'Università di Milano nell'ambito di GlacioVar hanno sviluppato innovative strategie di monitoraggio degli elementi fragili del paesaggio montano (ghiacciai, frane, etc..) tramite prototipi di droni e hanno valutato efficacia e applicabilità di queste strategie confrontando i risultati ottenuti con quelli derivanti da tecniche di rilevamento tradizionali (laser scanner, GNSS, etc..).

Le ricerche sulla montagna fisica
Il Progetto Glacio Var

I modelli e le strategie sviluppati sono stati ottenuti con il coinvolgimento di giovani promettenti ricercatori, che GlacioVar DARAS ha sostenuto nel periodo di vita del progetto, e grazie all'utilizzo di strumenti e sensori acquisiti con i finanziamenti a disposizione.

I risultati ottenuti sono confluiti in:

- pubblicazioni scientifiche di settore su riviste indicizzate internazionali;
- dati utilizzati per tesi di laurea e di dottorato;
- materiale divulgativo condiviso con le scuole secondarie di secondo grado coinvolte in progetti formativi con l'Università di Milano;
- materiale informatico open source pronto per la condivisione con la Comunità Scientifica (attuando quindi un MODEL SHARING oltre che un classico DATA SHARING)

Le ricerche sulla montagna fisica Progetto Glacio Var

Il progetto GlacioVar per l'Università di Milano
è stato coordinato da: prof Guglielmina Adele Diolaiuti (ESP),

ha visto la partecipazione dei giovani ricercatori:
PhD Roberto Sergio Azzoni, Dott. Davide Fugazza & PhD Antonella Senese (ESP)

Questi giovani promettenti hanno sviluppato la ricerca
grazie anche al supporto di ricercatori senior e tecnici altamente qualificati:
Prof Maurizio Maugeri (ESP)
PhD Carlo D'Agata (ESP)
PhD Andrea Tamburini (collaboratore ESP)
Prof Claudio Smiraglia (già DST UNIMI)
Prof Michele Zucali (DST UNIMI)
Prof Diego Gatta (DST UNIMI)
PhD Chiara Compostella (DST UNIMI)
Prof Marco Scaioni (Politecnico di Milano)
Prof Andrea Franzetti (Università Milano Bicocca)

Inoltre ha collaborato agli studi fornendo fotografie e materiale iconografico
Il fotografo ambientalista Fabiano Ventura (Associazione MacroMicro)

GLACIOVAR #UNIMI - LE RICERCHE SULLA MONTAGNA FISICA

L'alta montagna glacializzata italiana: un ambiente dinamico, in continua trasformazione, dove pericolosità e rischio si modificano rapidamente…….

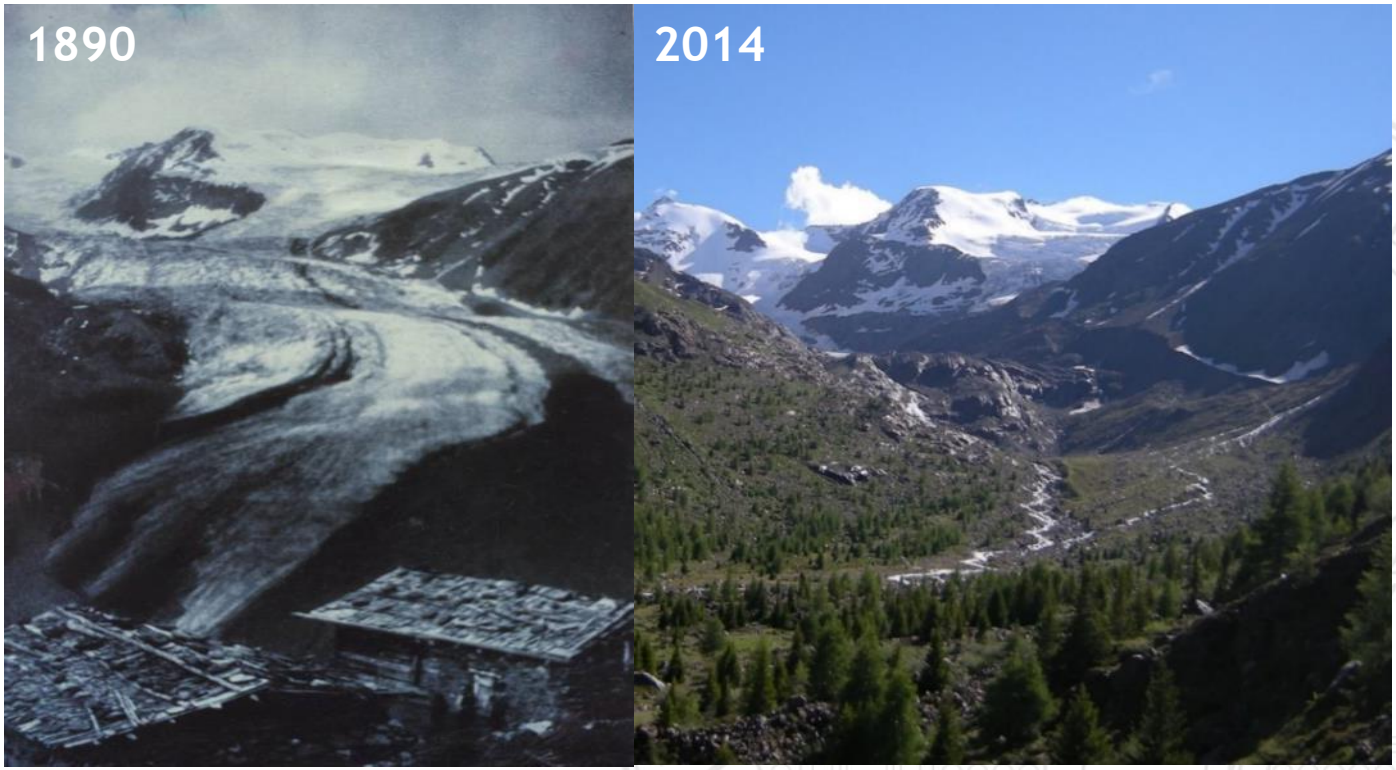
GLACIOVAR - LE RICERCHE SULLA MONTAGNA FISICA

Nell'ambito del colloquio di oggi verranno presentati i seguenti studi svolti dall'Università di Milano nell'ambito di GlacioVar:

- Applicazione di tecniche monitoraggio tramite APR per il rilevamento di elementi fragili e a rapida evoluzione del paesaggio dell'alta montagna glacializzata
- Analisi di dati remote sensing per la caratterizzazione superficiale dei ghiacciai montani
- Montagne sempre più calde, ghiacciai sempre più scuri
- Applicazione di un semplice modello energetico per il calcolo della fusione distribuita di ghiacciai montani

GHIACCIAI – UN AMBIENTE ESTREMAMENTE DINAMICO

Il cambiamento climatico sta causando una grande contrazione dei ghiacciai di tutto il mondo
-> I ghiacciai italiani hanno subito una riduzione areale di oltre il 30% negli ultimi 50 anni



I GHIACCIAI SONO UN AMBIENTE ESTREMAMENTE FRAGILE

Crolli e collassi sono sempre più frequenti sui ghiacciai alpini

-> scenario di rischio per i frequentatori dell'alta montagna
-> necessità di un monitoraggio di dettaglio e continuato nel tempo

I GHIACCIAI SONO UN AMBIENTE ESTREMAMENTE FRAGILE

Laghi effimeri, tasche d'acqua endoglaciali, cavità riempite di acqua di fusione si sviluppano e si ampliano…..

-> scenario di rischio per i frequentatori dell'alta montagna
-> necessità di un monitoraggio di dettaglio e continuato nel tempo

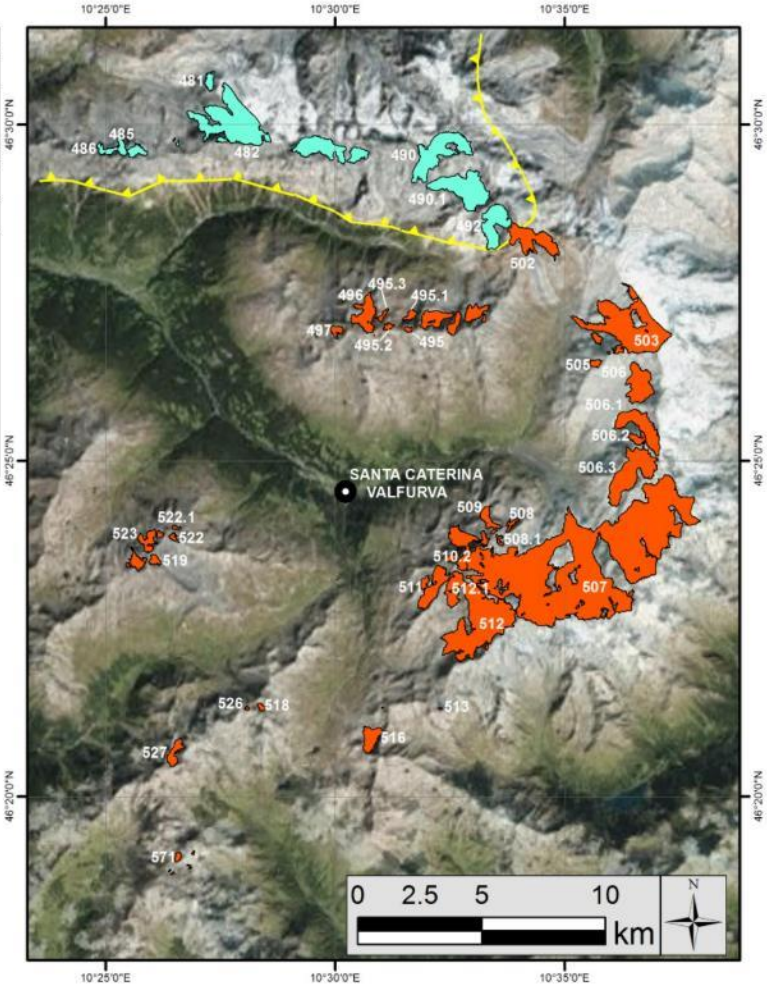
Un tentativo di risposta a queste emergenze ambientali:

GLI APR COME NUOVA TECNICA PER IL MONITORAGGIO DEI GHIACCIAI

Possono essere affidabili come tecniche tradizionali (ad es. Laser Scanner)?

- Primo test 2014
- Campagne di misura nel 2016 e nel 2017

AREA DI TEST – Gruppo Ortles-Cevedale, Parco dello Stelvio - Alta Valtellina (SO)



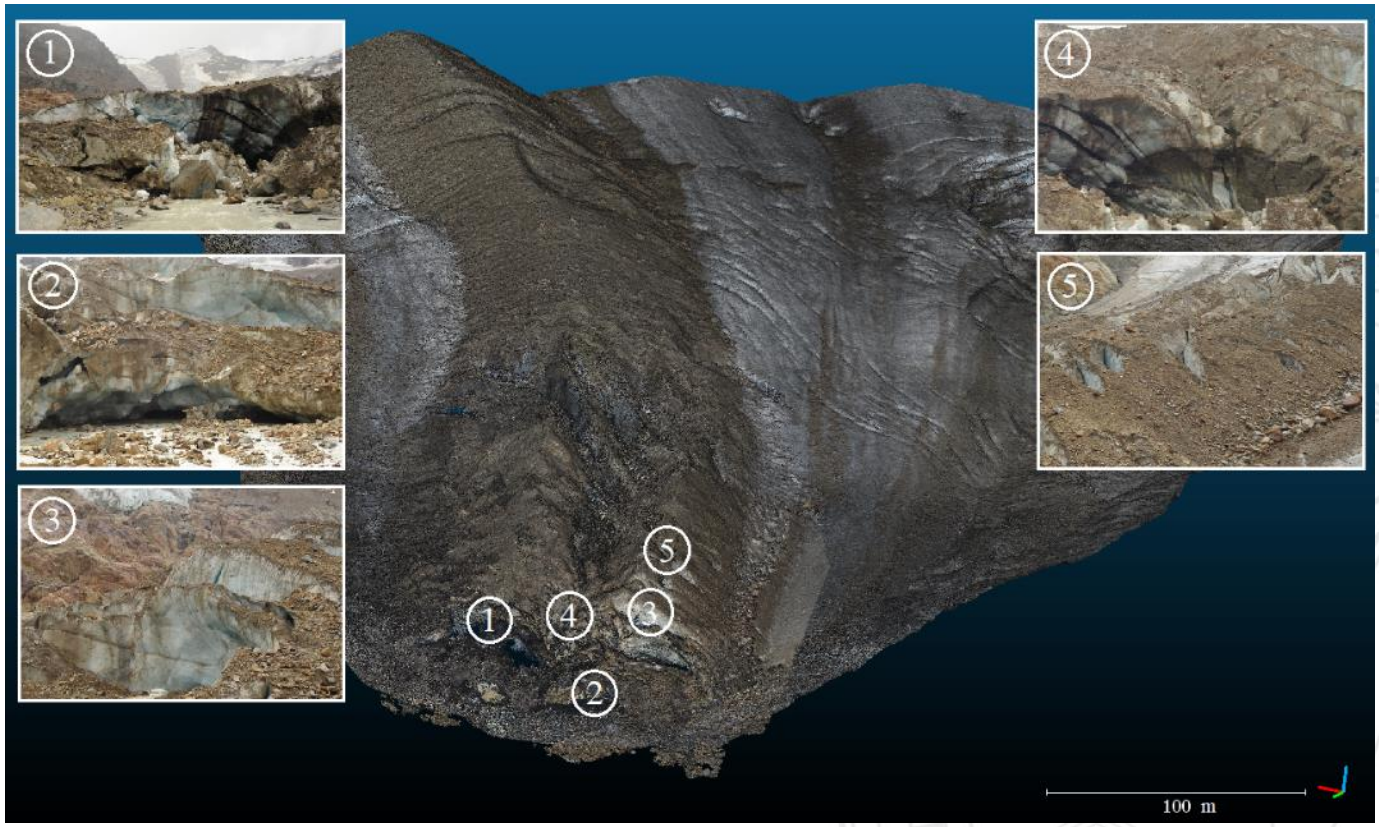
Ghiacciaio dei Forni

Area glacializzata
2003 →31.58 km^2
2012 →27.08 km^2

Intenso e continuo decremento!

Quanto è affidabile il metodo? Primo Test: CONFRONTO APR vs FOTOGRAMMETRIA CLOSE-RANGE vs LASER SCANNER

Analisi della ricostruzione 3D di aree campione

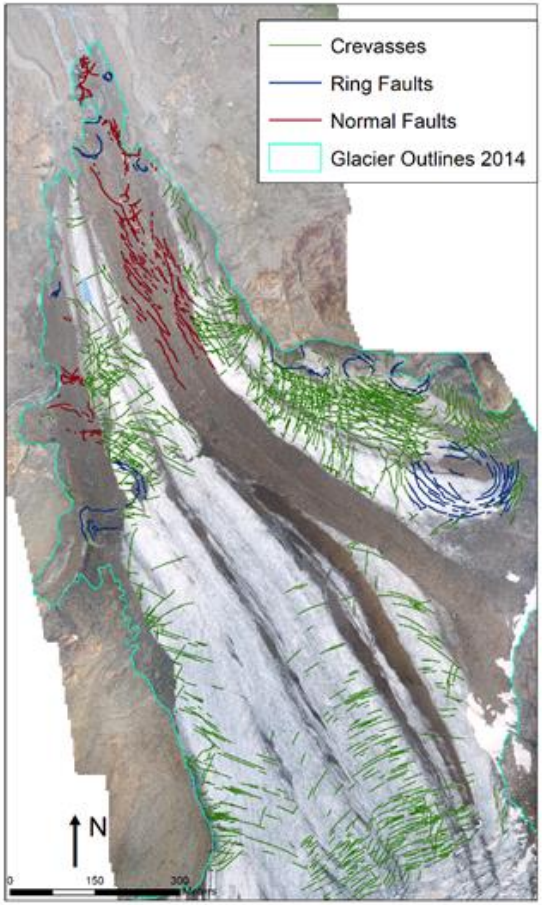


Differenza Max. Laser scanner - APR: 37 cm

Differenza Max. Fotogrammetria Close-Range - APR: 11 cm

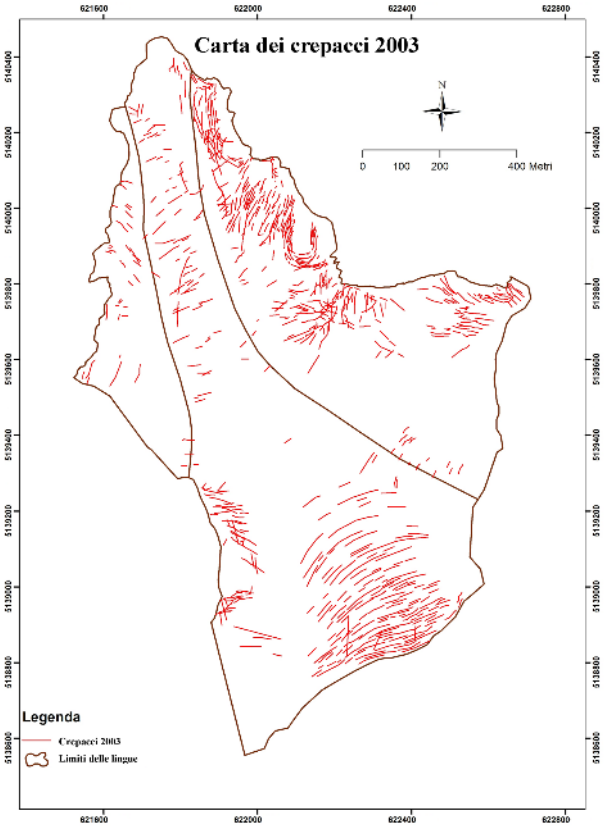
Il metodo è affidabile e presenta un'elevata replicabilità spaziale e temporale. Inoltre permette di rilevare aree instabili, difficilmente raggiungibili in sicurezza da un operatore!

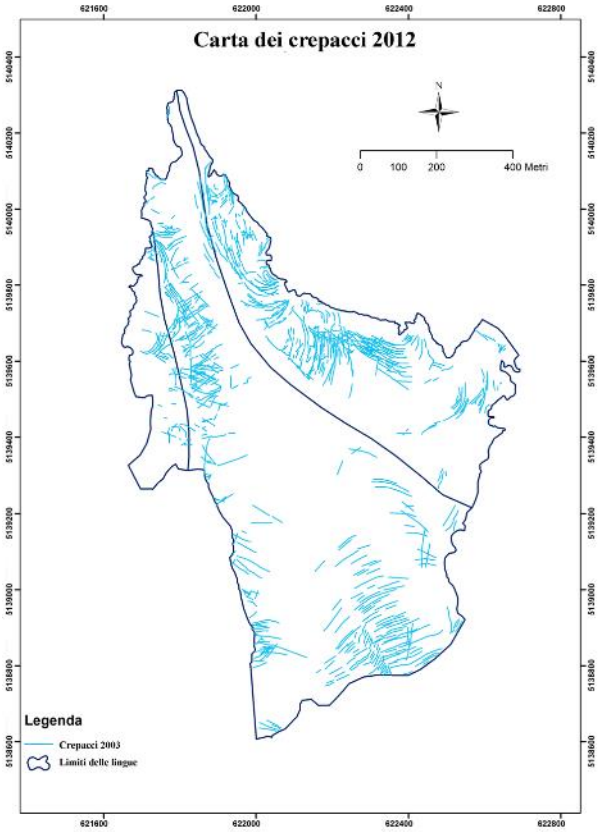
Secondo test:
MONITORAGGIO DA REMOTO DI CREPACCI E FATTORI DI RISCHIO GLACIALE

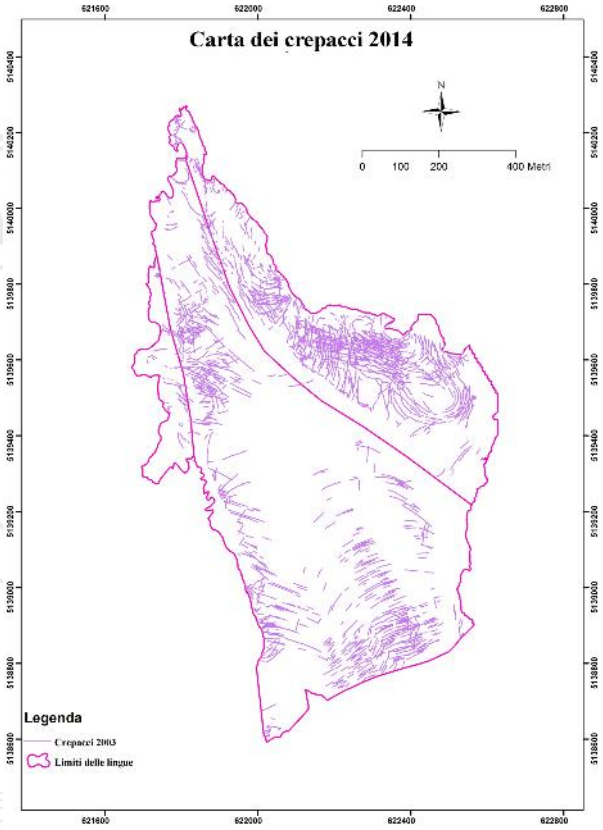


Principale risultato: Verificato aumento delle strutture di collasso e mappata loro estensione dal 2003 al 2016

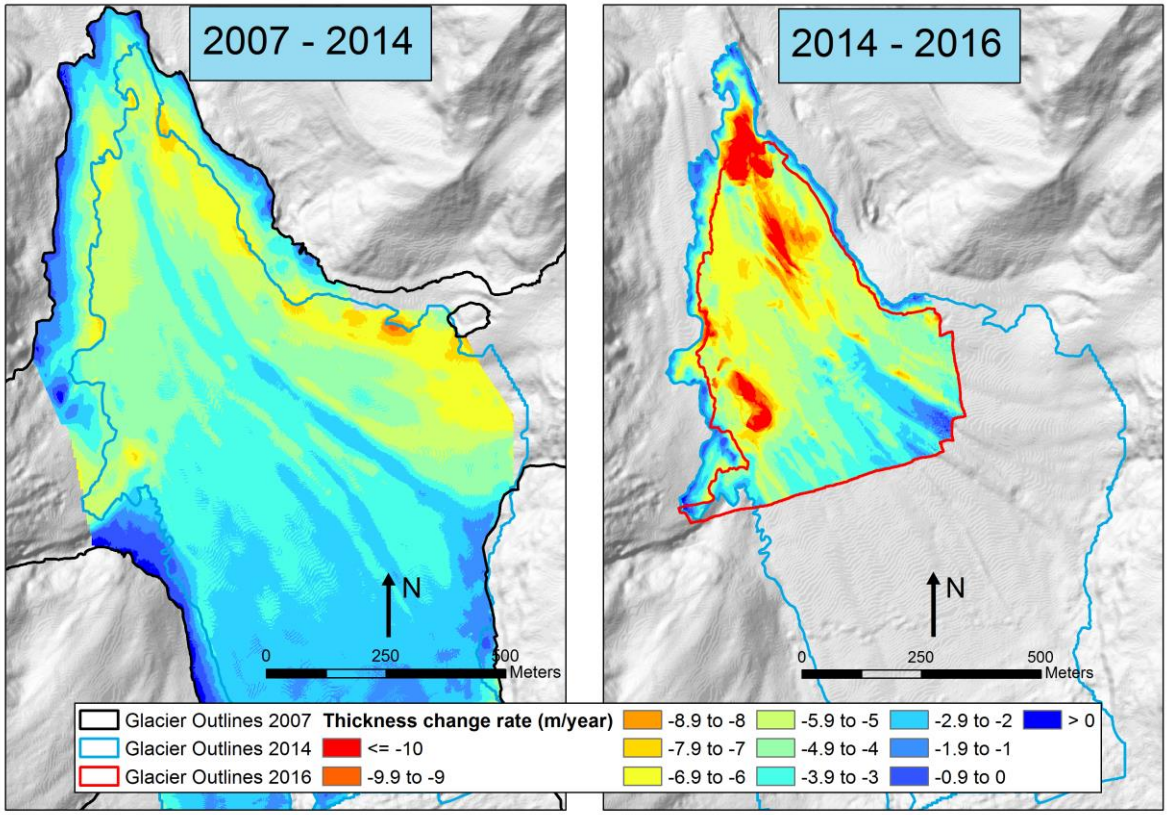
Mappatura dei crepacci da ortofoto aeree e da drone permettono di fornire carte dei crepacci aggiornate, utili per studi strutturali e per i frequentatori dell'alta montagna!







Terzo test: STUDIO DELLE VARIAZIONI DI SPESSORE E PERDITE VOLUMETRICHE DI UN GHIACCIAIO IN RAPIDA INVOLUZIONE



I risultati evidenziano :
-un aumento delle perdite legate alle zone di collasso

-la lingua del ghiacciaio dei Forni ha perso in media -5.20 m di ghiaccio all'anno dal 2014 al 2016

-questa perdita corrisponde a una contrazione di 3 milioni di m^3 di ghiaccio nei due anni.

ALTRE APPLICAZIONI APR IN CORSO E FUTURE - MONITORAGGIO DI EVENTI FRANOSI

Frana di Sommarovina (Chiavenna, SO)

Primo test eseguito nel 2016, secondo nel 2017

Secondo test per verificare spostamenti e calcolare volumi di materiale utilizzando un accessorio dell'APR sviluppato appositamente per rilievi di elementi verticali o a elevata inclinazione

ALTRE APPLICAZIONI APR IN CORSO E FUTURE - MONITORAGGIO DI EVENTI FRANOSI

Frana del Cengalo, area transfrontaliera Italia Svizzera

Come cambia la criosfera alpina? Una risposta da GlacioVar:

GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI

L'attuale fase di riscaldamento climatico ha portato a un cambiamento della «pelle» dei ghiacciai

- Incremento della copertura detritica superficiale a causa dell'incremento dell'instabilità dei versanti e dell'accentuarsi degli input di materiale fine in atmosfera (black carbon).

GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI

DETRITO SOPRAGLACIALE – PERCHE' E' IMPORTANTE?

Il detrito sopraglaciale influenza fortemente la fusione del ghiaccio

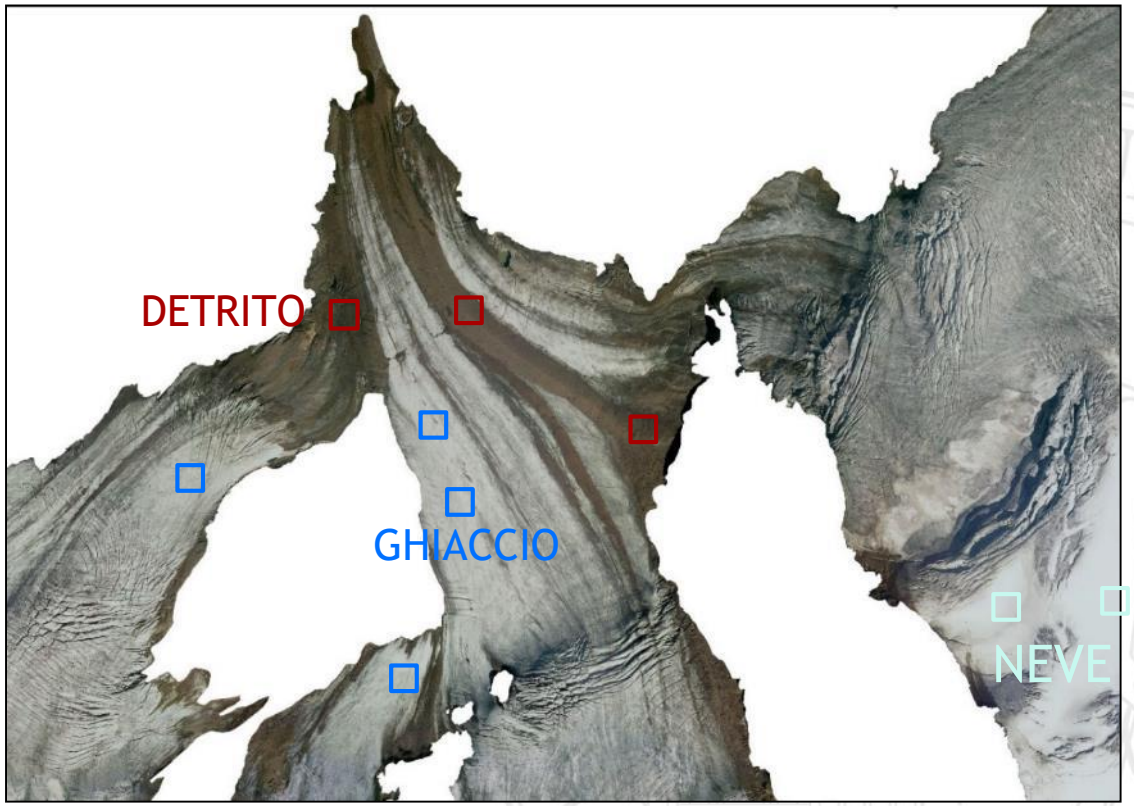
Se il detrito ha uno spessore elevato (> di un valore critico da determinare localmente), funge da isolante e previene la fusione del ghiaccio sottostante

Se il detrito è molto fine e non omogeneo, accentua la fusione del ghiaccio in quanto assorbe l'energia solare e trasmette il flusso di calore al ghiaccio

GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI

DETRITO SOPRAGLACIALE – QUANTIFICAZIONE A SCALA REGIONALE

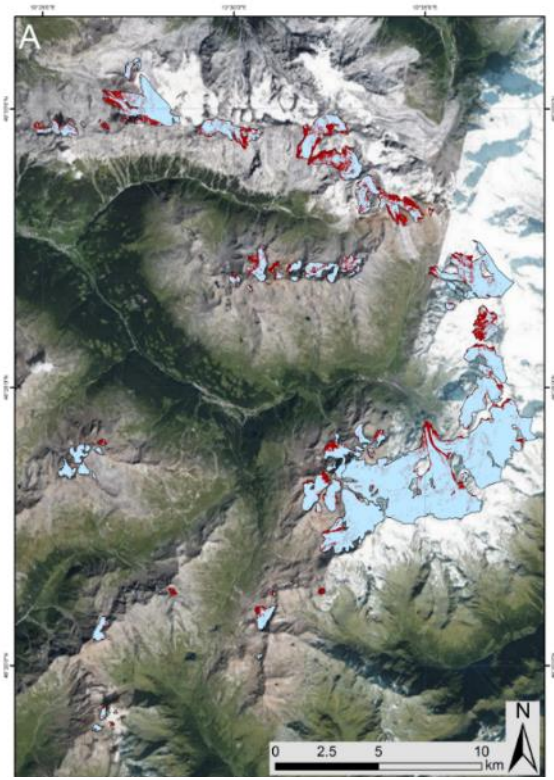
Obiettivo: quantificare l'evoluzione del detrito sopraglaciale in uno dei gruppi montuosi più rappresentativi delle Alpi Italiane per mezzo della classificazione automatica di ortofoto ad alta risoluzione (pixel < 0.5m x 0.5 m).



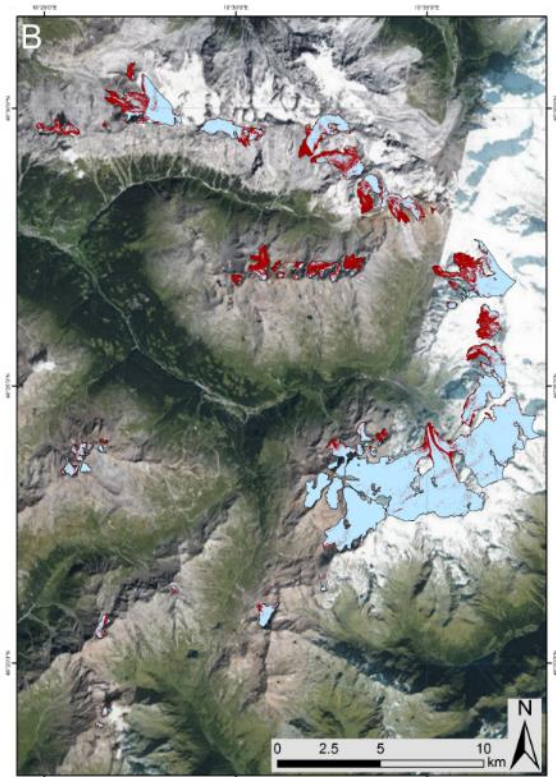
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI

DETRITO SOPRAGLACIALE – EVOLUZIONE A SCALA REGIONALE

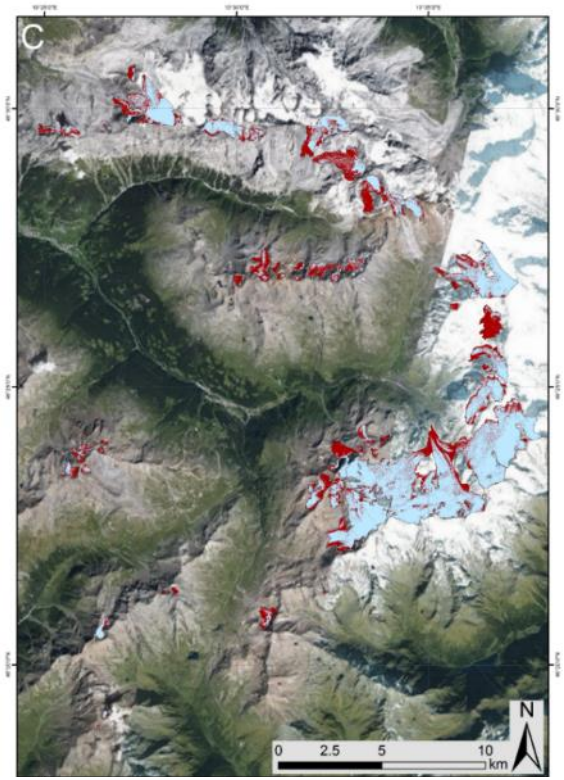
Risultato: notevole incremento della copertura detritica (dal 16.7% al 30.1% dell'area glaciale). Forte influenza sulla fusione glaciale.



2003 → 16.7%



2007 → 22.5%



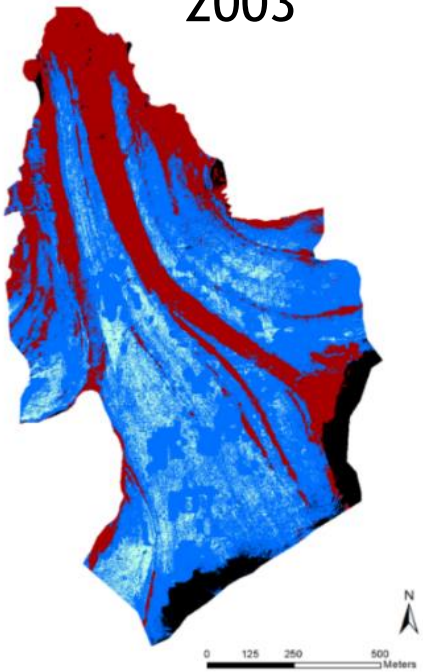
2012 → 30.1%

GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI

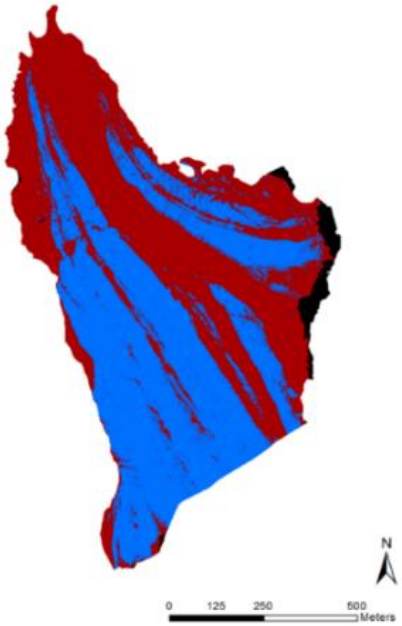
DETRITO SOPRAGLACIALE – EVOLUZIONE SULLA LINGUA DEL GHIACCIAIO TARGET

Notevole incremento della copertura detritica sulla lingua dei Forni. Forte influenza sulla fusione glaciale.

2003



2015

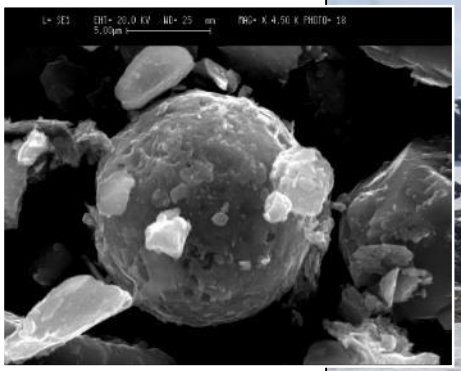


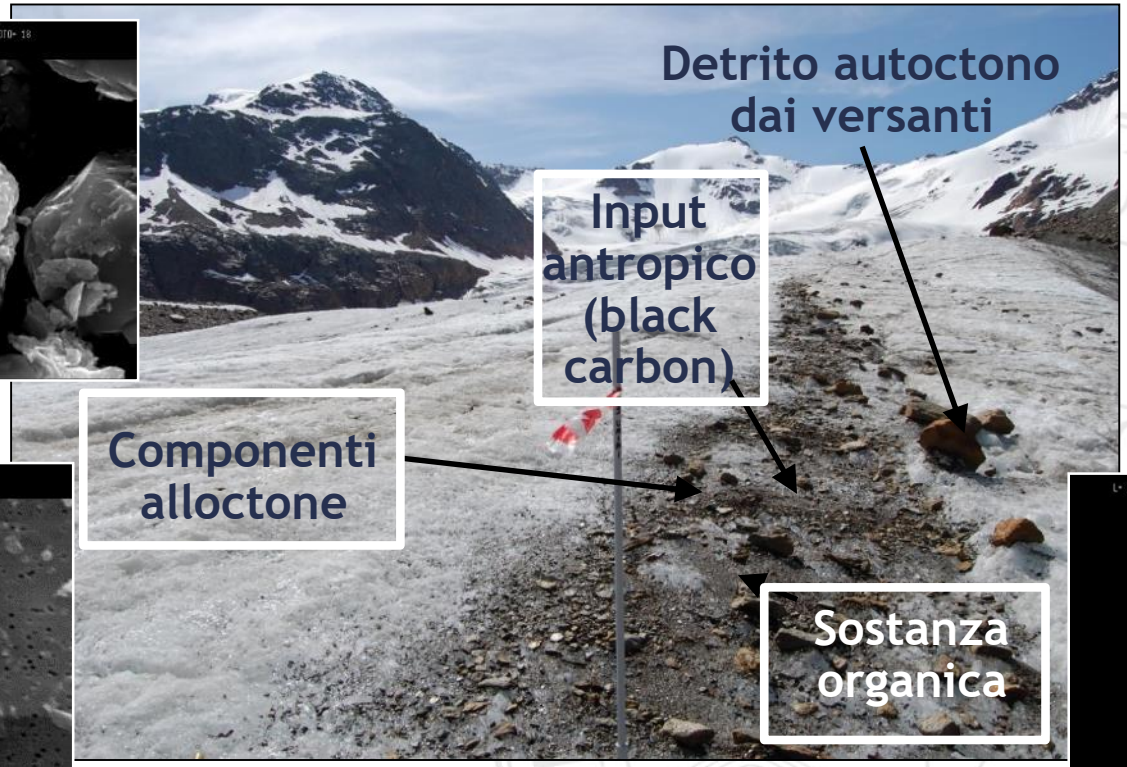
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI

DETRITO SOPRAGLACIALE – COMPOSIZIONE

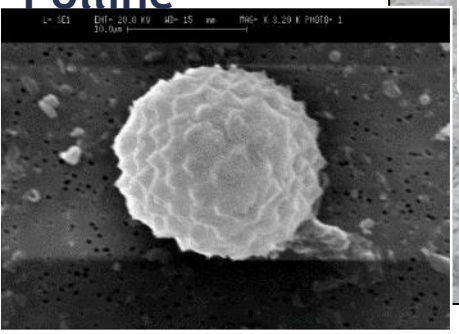
GlacioVar ha analizzato al SEM il detrito sopraglaciale che è risultato avere una composizione estremamente varia, sia da origine locale che antropica

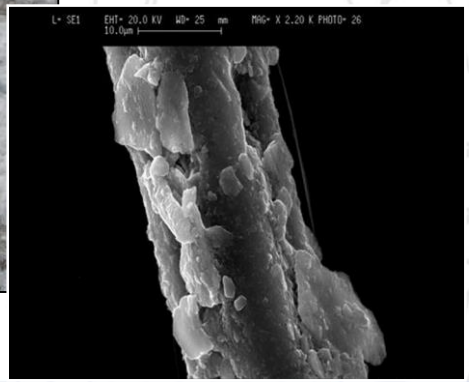
Cenosfera





Polline

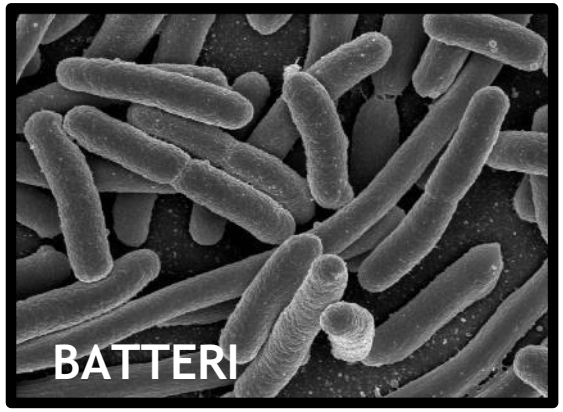


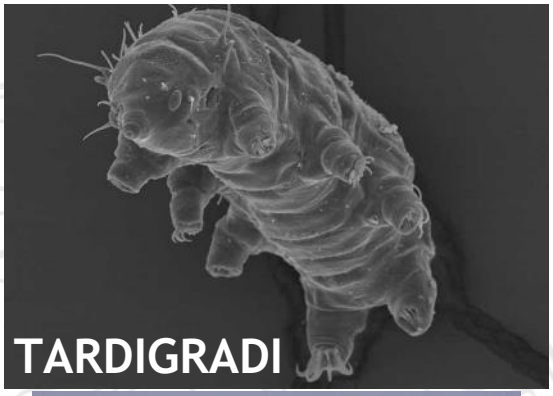


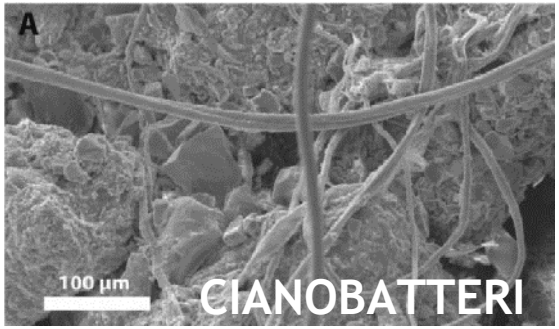
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI

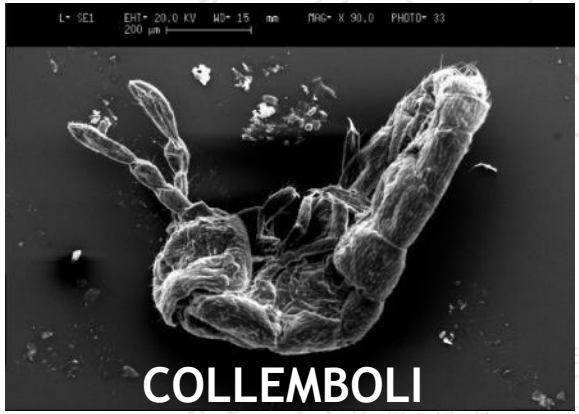
DETRITO SOPRAGLACIALE – BIOLOGIA

Il detrito sopraglaciale, in particolare la crioconite, è risultato un ambiente brulicante di vita.





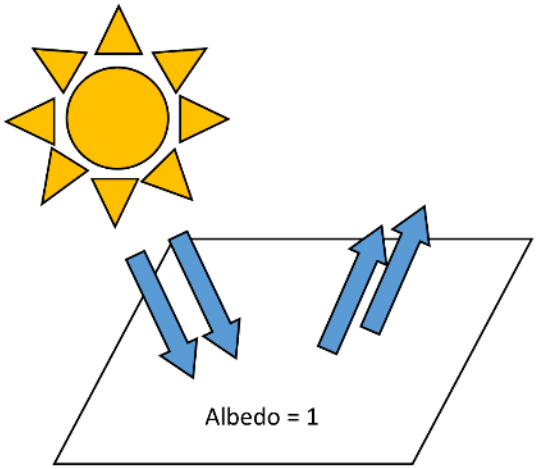


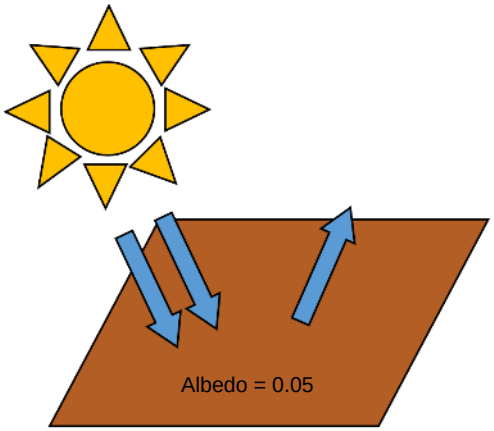


GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

ALBEDO - PERCHE' E' IMPORTANTE?

Indica quanta radiazione solare è riflessa da ghiaccio e neve
Importante per stimare la fusione del ghiaccio tramite modelli





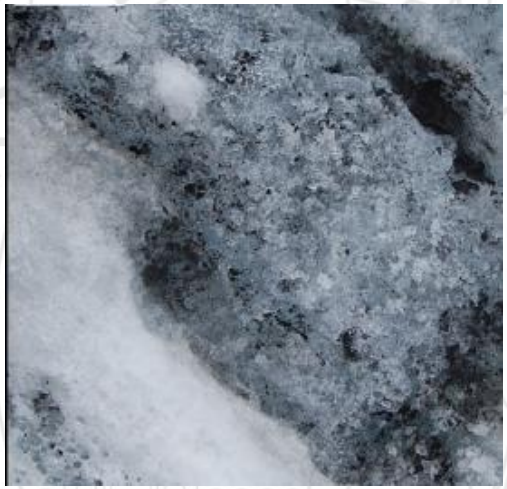
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

ALBEDO DEL GHIACCIO MISTO A DETRITO

0.15

0.23

0.06



0.15

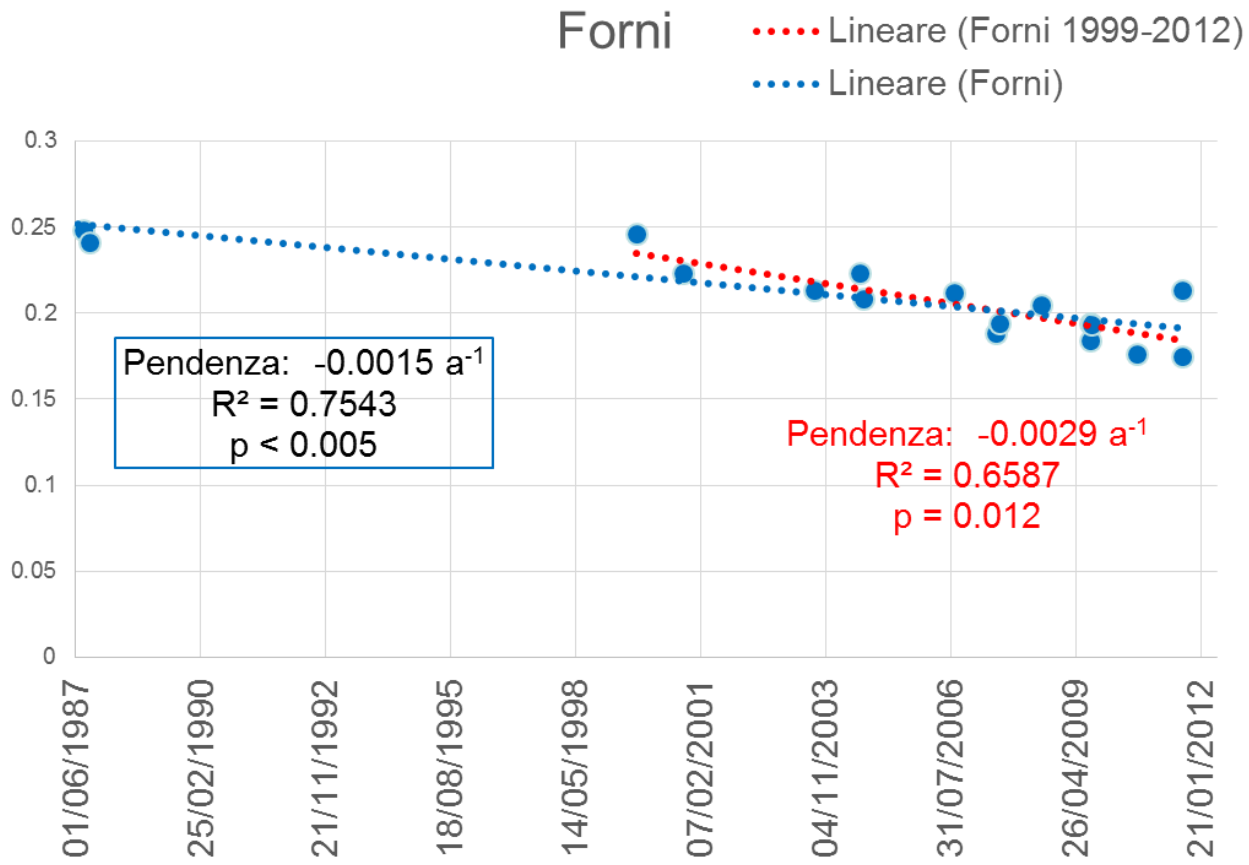
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

L'ANNERIMENTO DEI GHIACCIAI HA PORTATO AD UNA DIMINUZIONE DELL'ALBEDO?

- Calcolo dell'albedo utilizzando l'archivio di immagini satellitari Landsat 4-7, dal 1987 al 2012: è la prima volta che in Italia si studia un periodo così esteso da dati satellitari!!!
- Focus sulla lingua di ablazione dei ghiacciai dell'Ortles Cevedale
- Sviluppo di un programma open source basato su linguaggio Python e GRASS GIS pronto per il MODEL SHARING

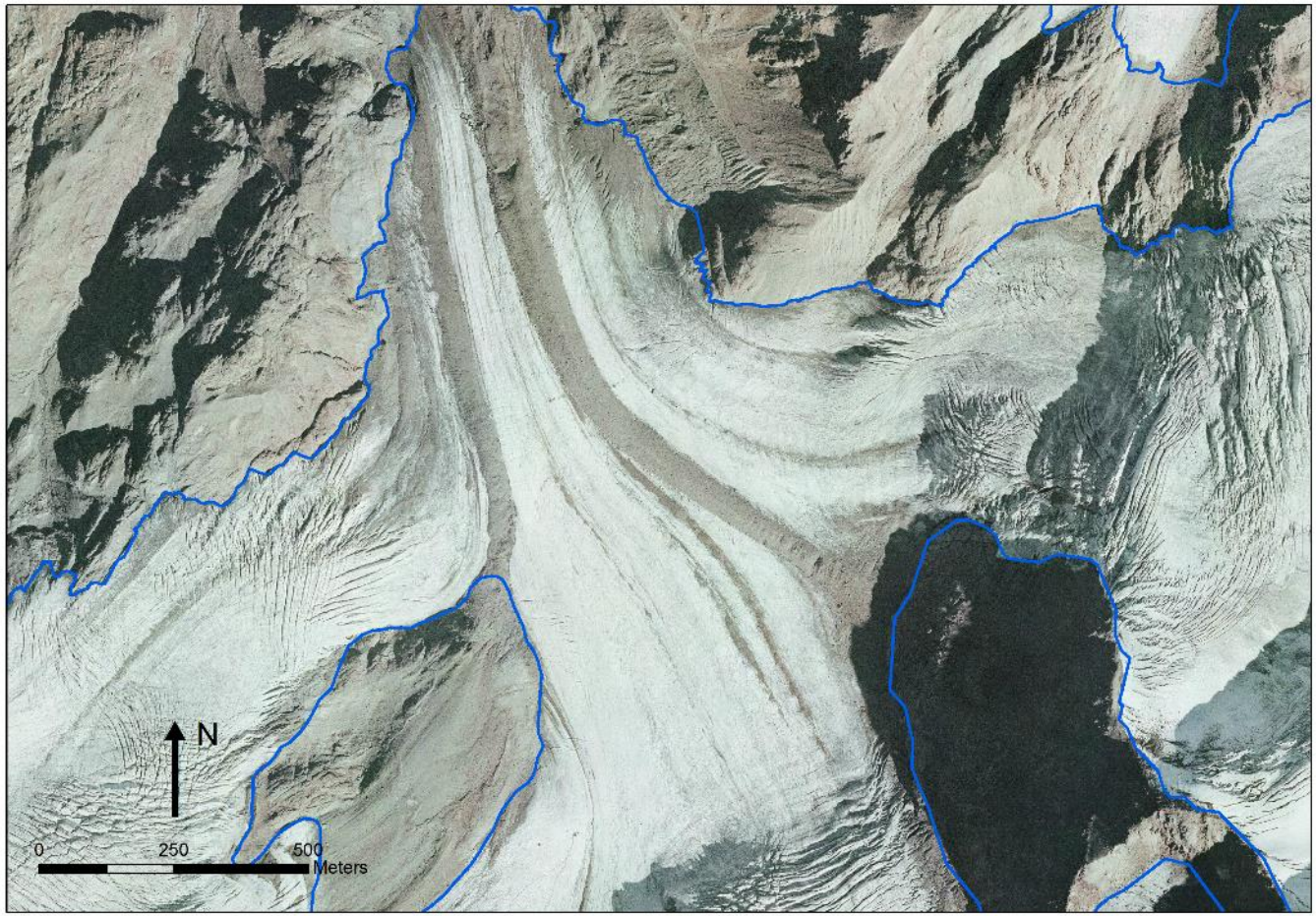
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



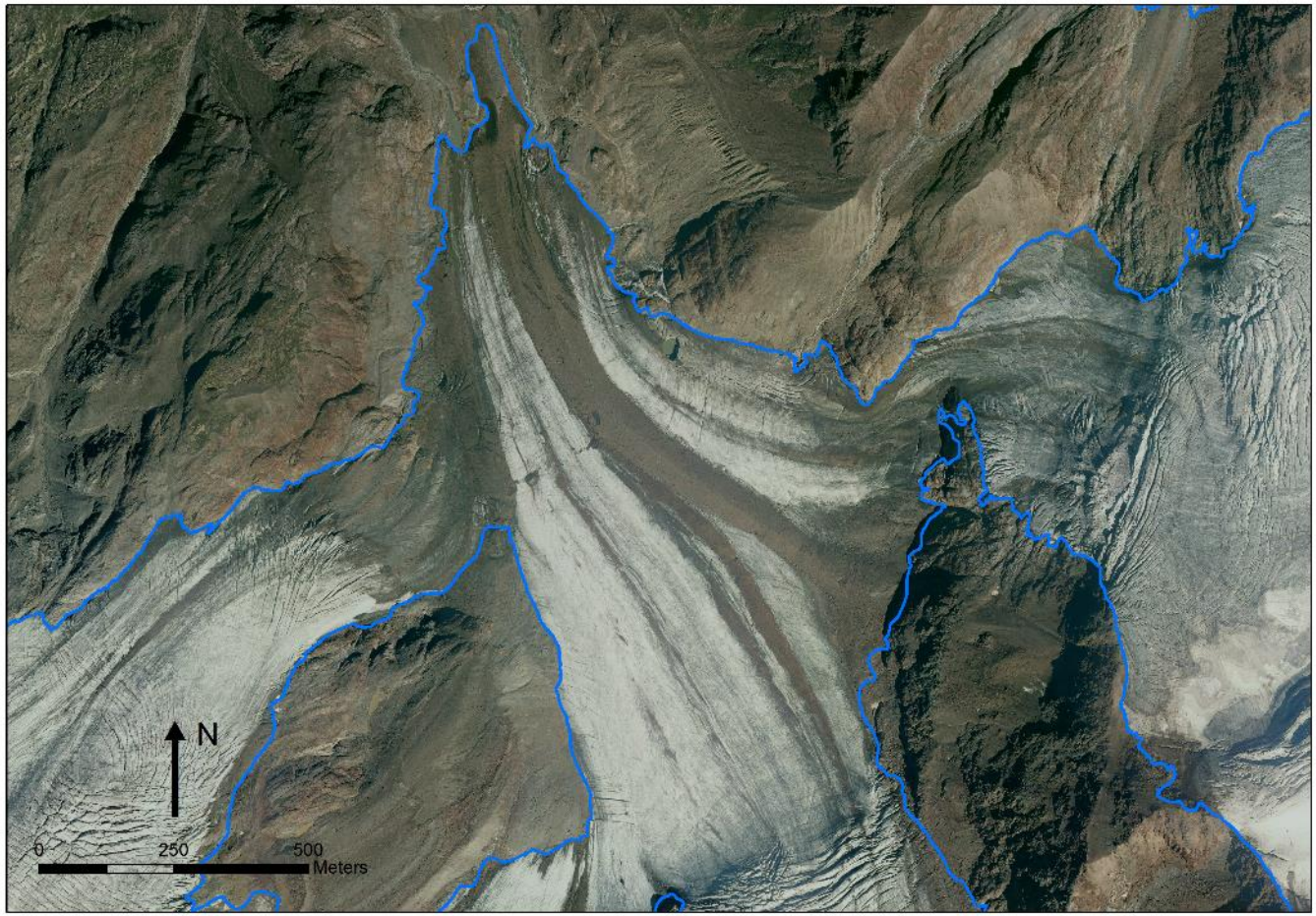
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



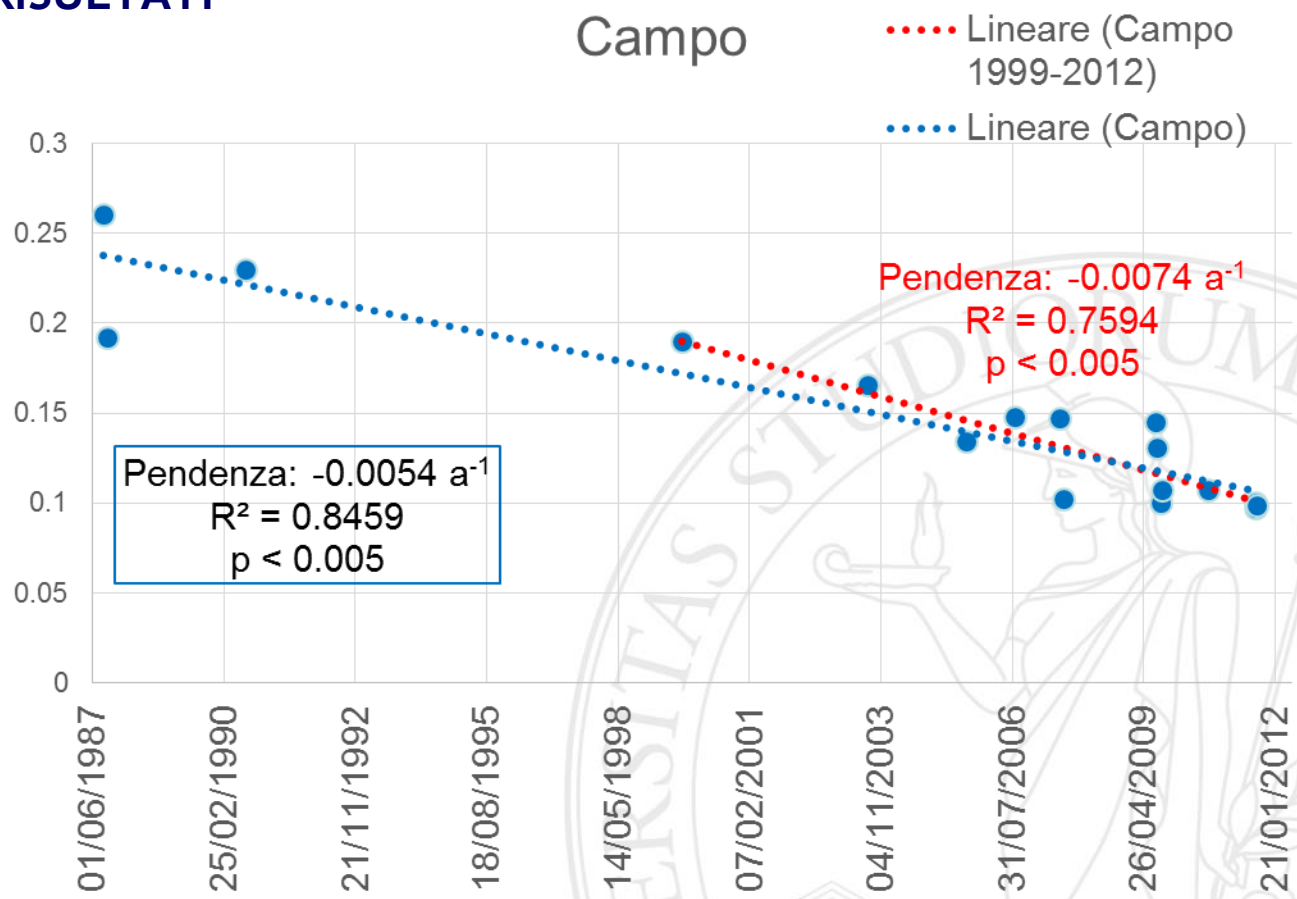
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



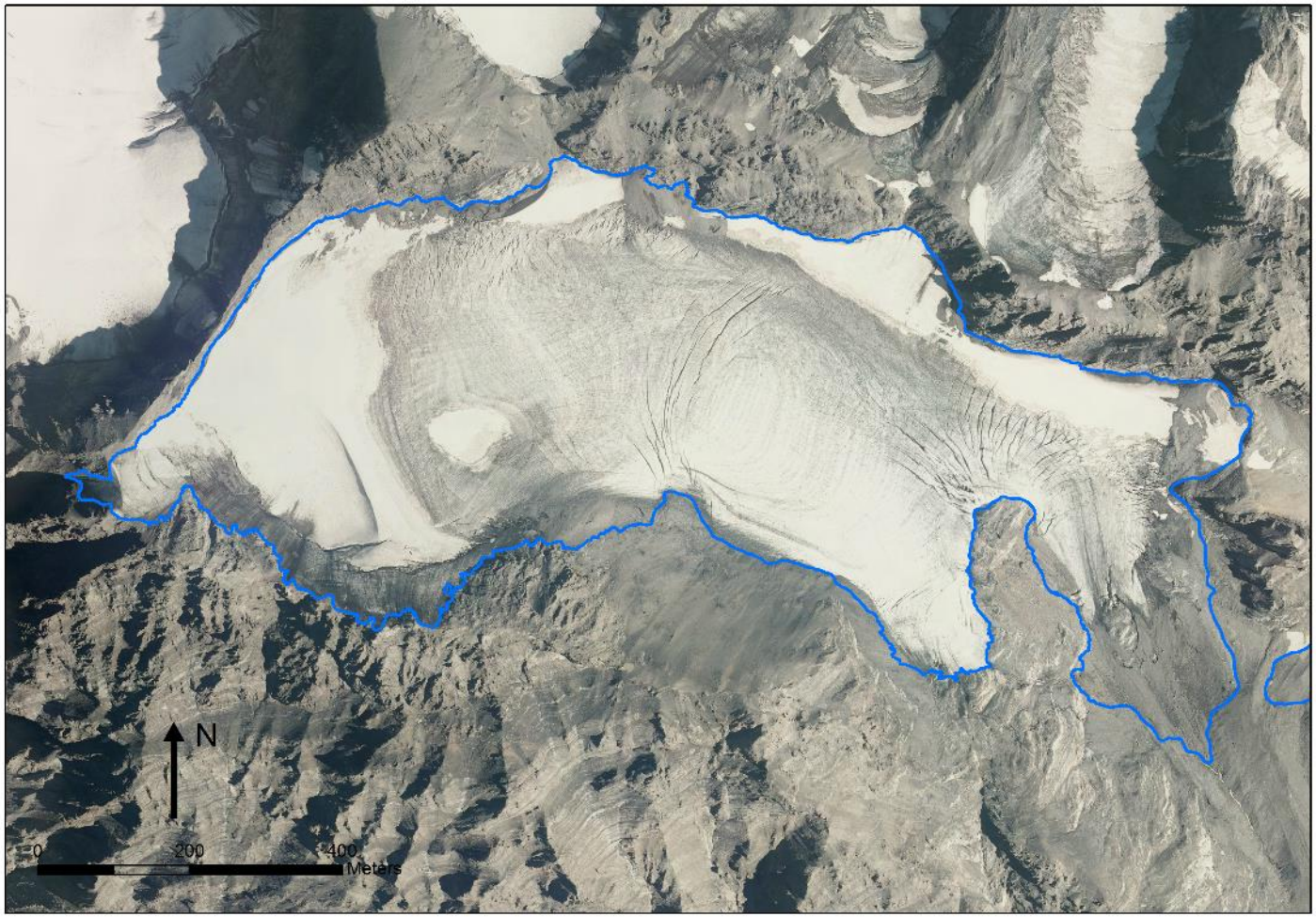
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



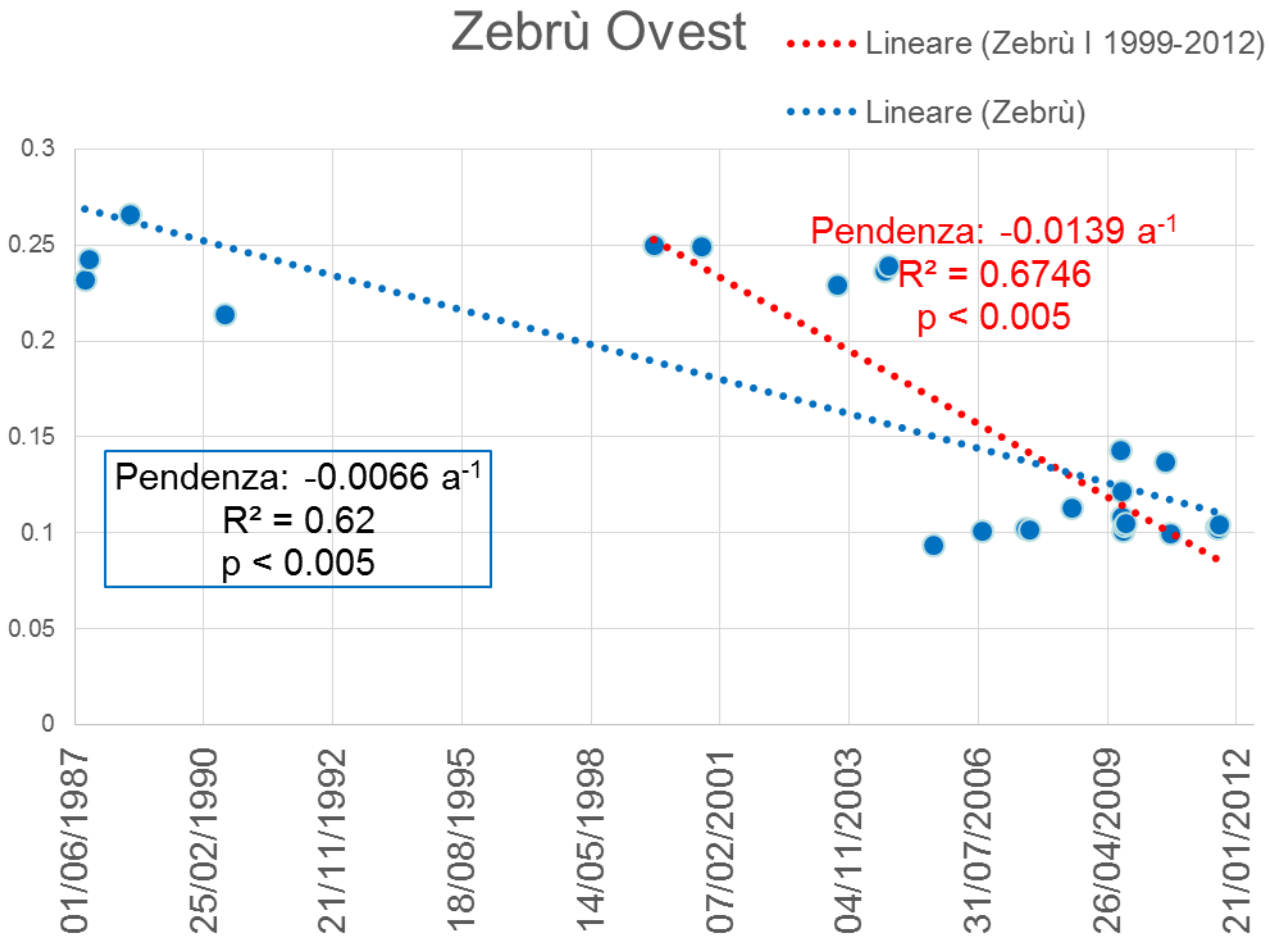
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



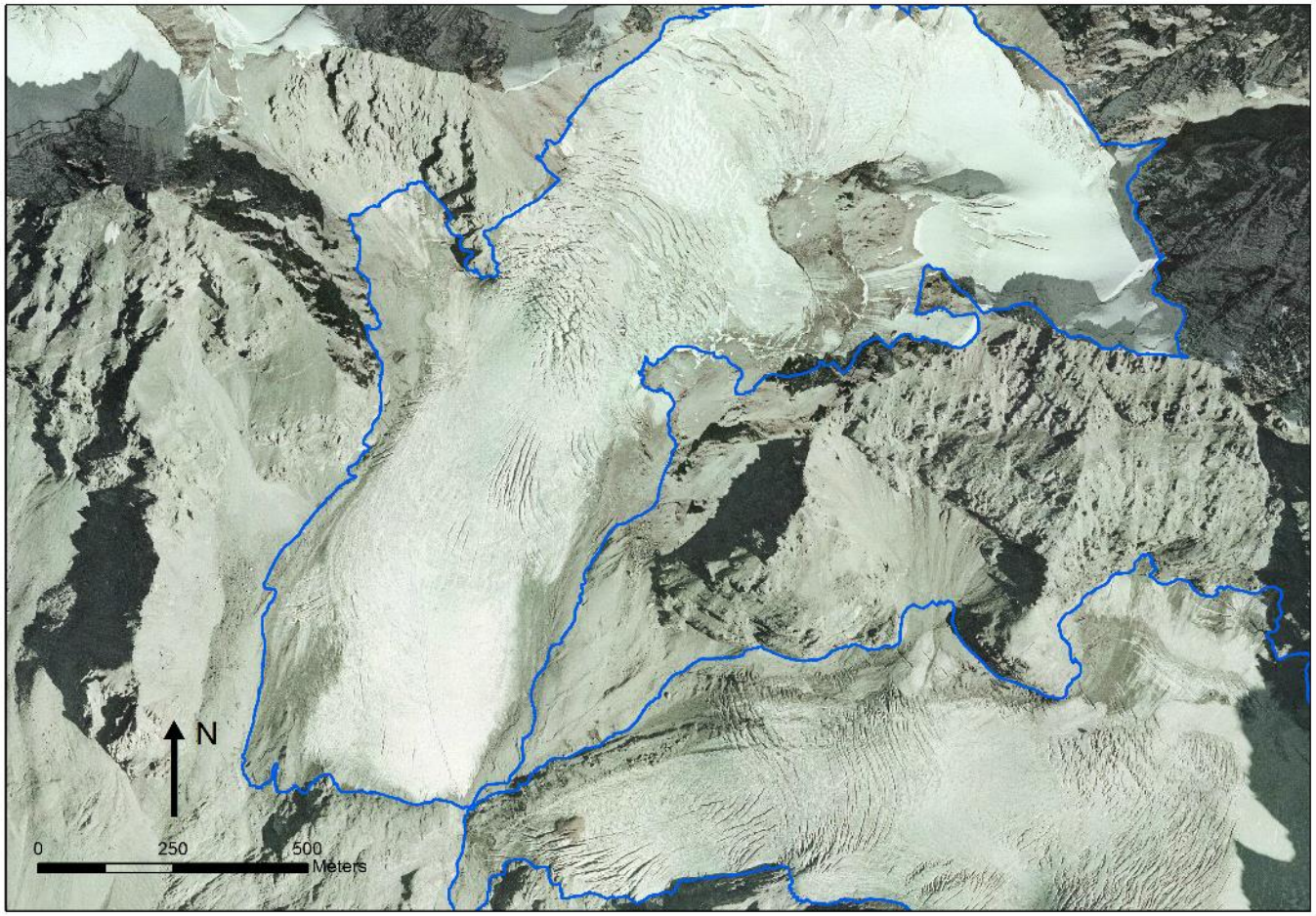
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



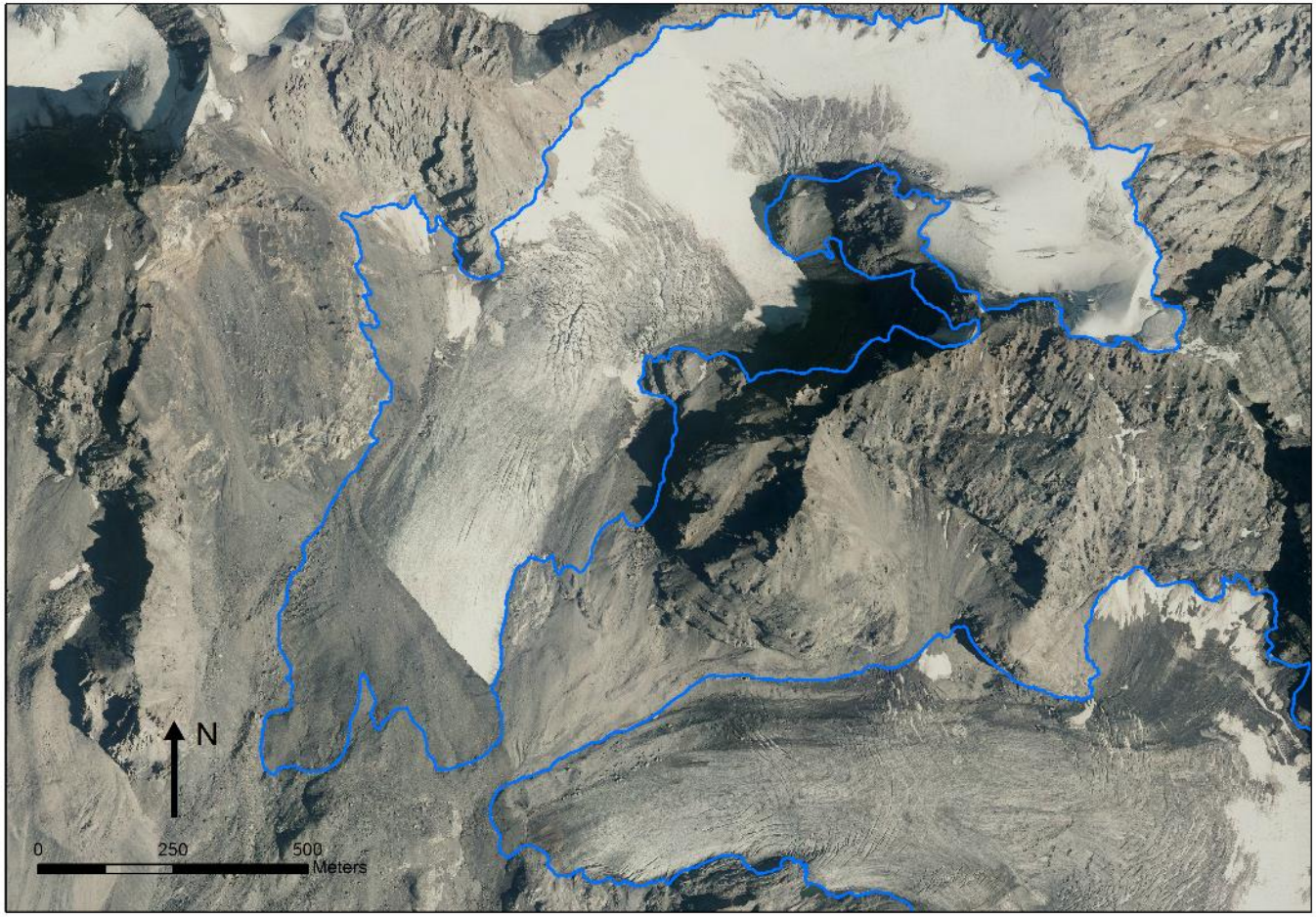
GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI



GHIACCIAI PIU' PICCOLI, GHIACCIAI PIU' NERI E SEMPRE MENO RIFLETTIVI!

IL DECREMENTO DI ALBEDO DEI GHIACCIAI DELL'ORTLES- CEVEDALE - ALCUNI RISULTATI

DALLE ALPI ITALIANE ALLE ANDE CILENE

DALLE ALPI ITALIANE ALLE ANDE CILENE!

I RICERCATORI GLACIOVAR HANNO SVILUPPATO UN MODELLO (OPEN SOURCE) PER QUANTIFICARE LA FUSIONE GLACIALE CHE TIENE CONTO SIA DELLA RADIAZIONE SOLARE REALISTICAMENTE DISTRIBUITA CHE DELL'ALBEDO SUPERFICIALE DA SATELLITE.

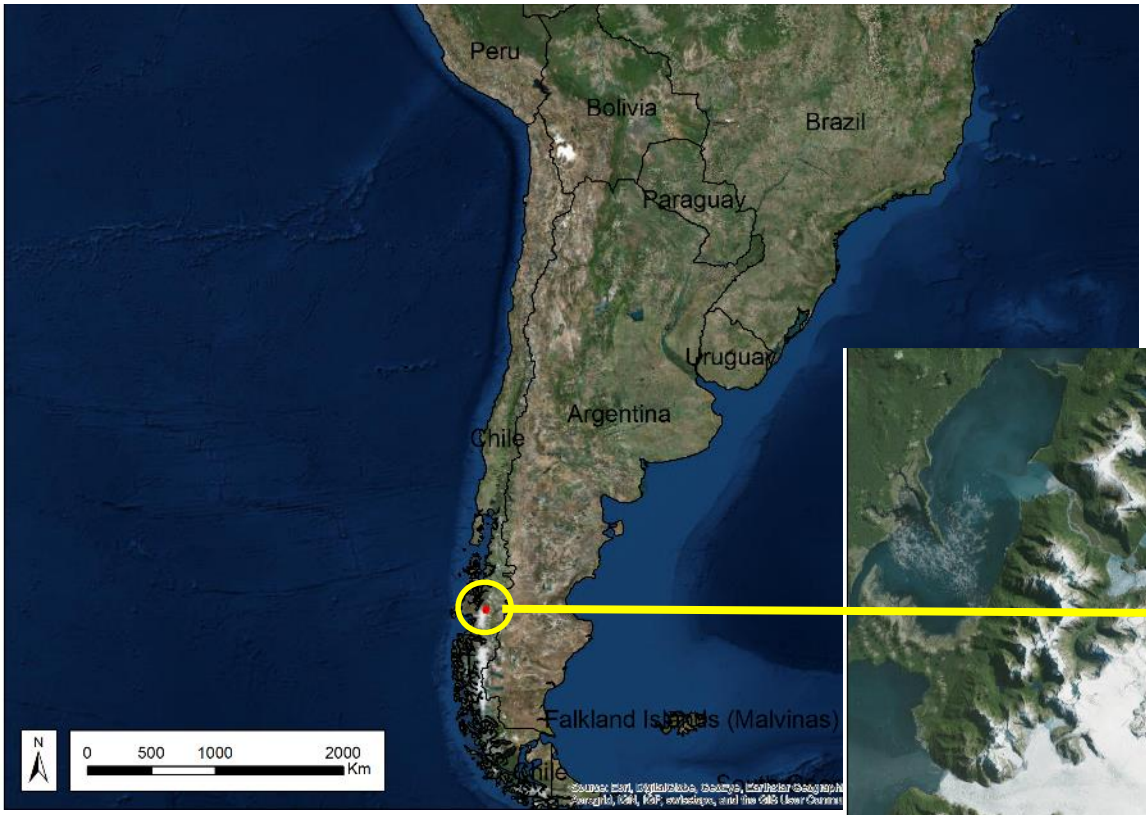
PER VERIFICARE L'APPLICABILITA' E LA PORTABILITA' DEL MODELLO I RICERCATORI GLACIOVAR HANNO VOLUTO TESTARLO IN CONDIZIONI DIVERSE DA QUELLE ALPINE, PER DIMENSIONI, ALTIMETRIA, GEOMETRIA GACIALE E CLIMATOLOGIA.

L'AREA SCELTA PER IL TEST E' UN GRANDE GHIACCIAIO PATAGONICO CILENO, L'EXPLORADORES, DOVE GIA' IN PASSATO I RICERCATORI DELL'UNIVERSITA' DI MILANO HANNO LAVORATO NELL'AMBITO DI PROGETTI DI COOPERAZIONE ITALIA- CILE.

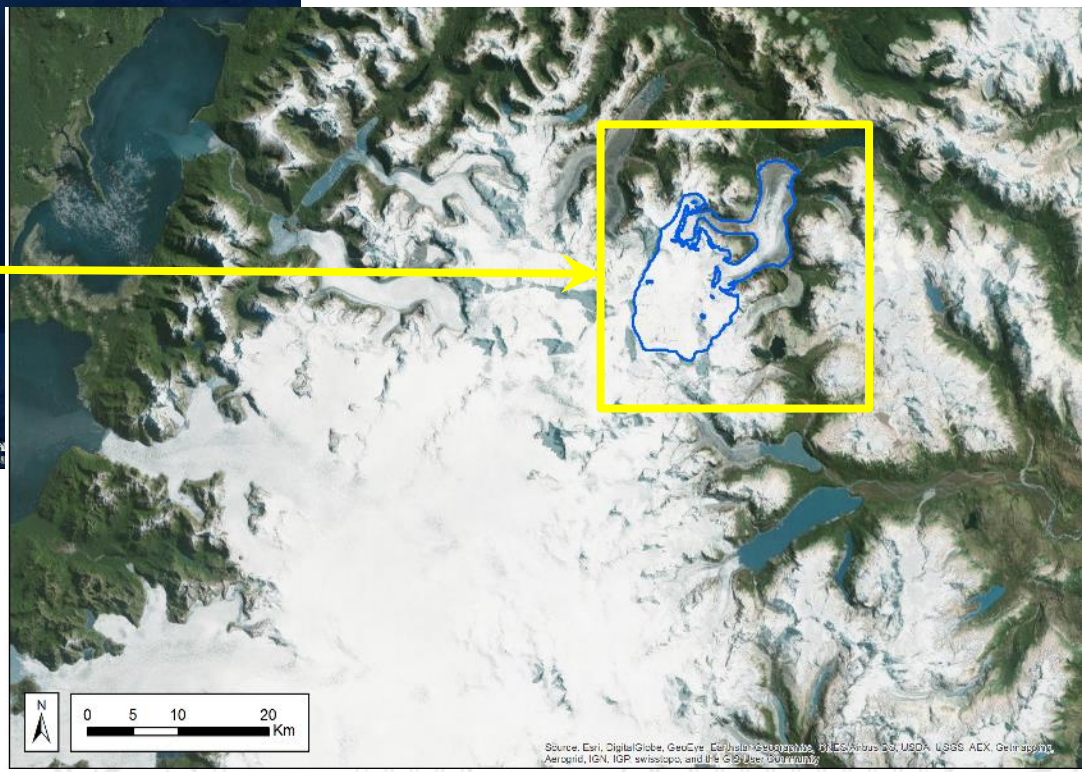
LA POSSIBILITA' DI NUOVI RILIEVI SU QUESTO GIGANTE PATAGONICO E' STATA OFFERTA DAL PROGETTO «SULLE TRACCE DEI GHIACCIAI» DEL FOTOGRAFO AMBIENTALISTA FABIANO VENTURA CHE HA PROPOSTO AI RICERCATORI GLACIOVAR DI ACCOMPAGNARLO NELLA MISSIONE PATAGONICA SVOLTA NELL'ESTATE AUSTRALE 2016.

LA PARTECIPAZIONE ALLA MISSIONE DEI RICERCATORI GLACIOVAR MILANESI E' STATA SOSTENUTA ECONOMICAMENTE DALL'UNIVERSITA' DI MILANO E SANPELLEGRINO SPA HA PERMESSO L'ACQUISTO DI STRUMENTAZIONE DA UTILIZZARE IN CAMPO.

DALLE ALPI ITALIANE ALLE ANDE CILENE



GHIACCIAIO EXPLORADORES
(Campo de Hielo Patagónico Norte)



GHIACCIAIO EXPLORADORES

Area: 95 Km^2

Lunghezza: 20.3 Km

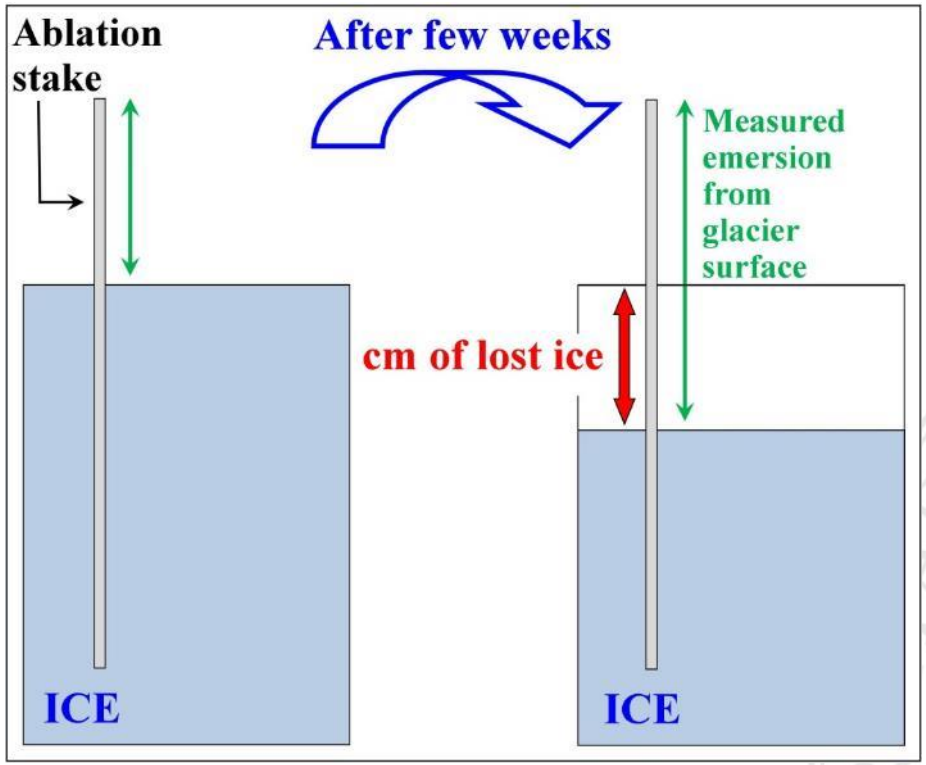
Esposizione prevalente lingua d'ablazione: Nord

Volume lingua d'ablazione: 12.9 km^3

I RICERCATORI GLACIOVAR CHE HANNO PRESO PARTE ALLA MISSIONE CILENA (MARZO 2016):

DAVIDE FUGAZZA, CHIARA COMPOSTELLA, MARCO CACCIANIGA, ANDREA TAMBURINI, GIANPIETRO VERZA

FUSIONE MISURATA DAL 21 AL 29 MARZO 2016

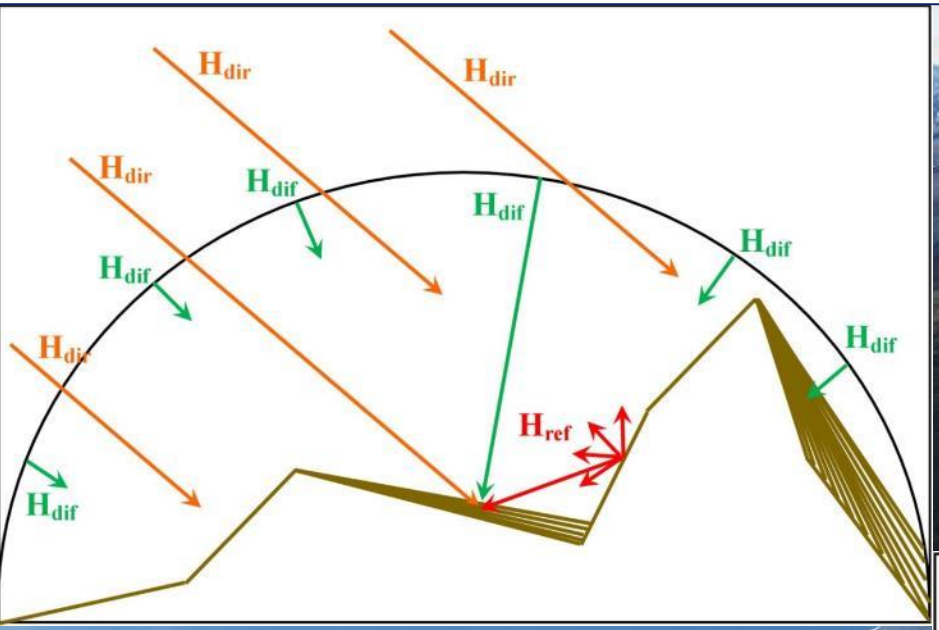


STIMA DELLA FUSIONE DI NEVE/GHIACCIO (M) ATTRAVERSO IL MODELLO GLACIOVAR

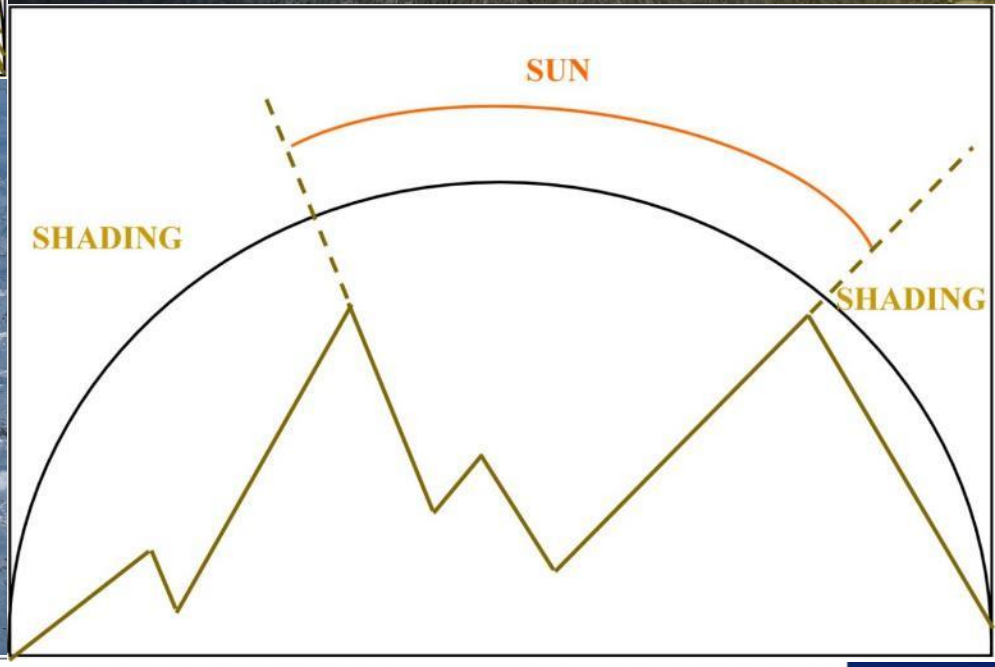
$$M = \begin{cases} MF \times \left(1 - \alpha_{NEVE/GHIACCIO}\right) \times SW_{in} \times T & T > 0 \\ 0 & T \leq 0 \end{cases}$$

MF = fattore di fusione
$\alpha_{neve/ghiaccio}$ = albedo o riflettività di neve o ghiaccio → Fugazza et al. (2016)
SW_{in} = radiazione solare in arrivo (W m^{-2}) → Senese et al. (2016)
T = temperatura dell'aria (°C) → Senese et al. (2014)

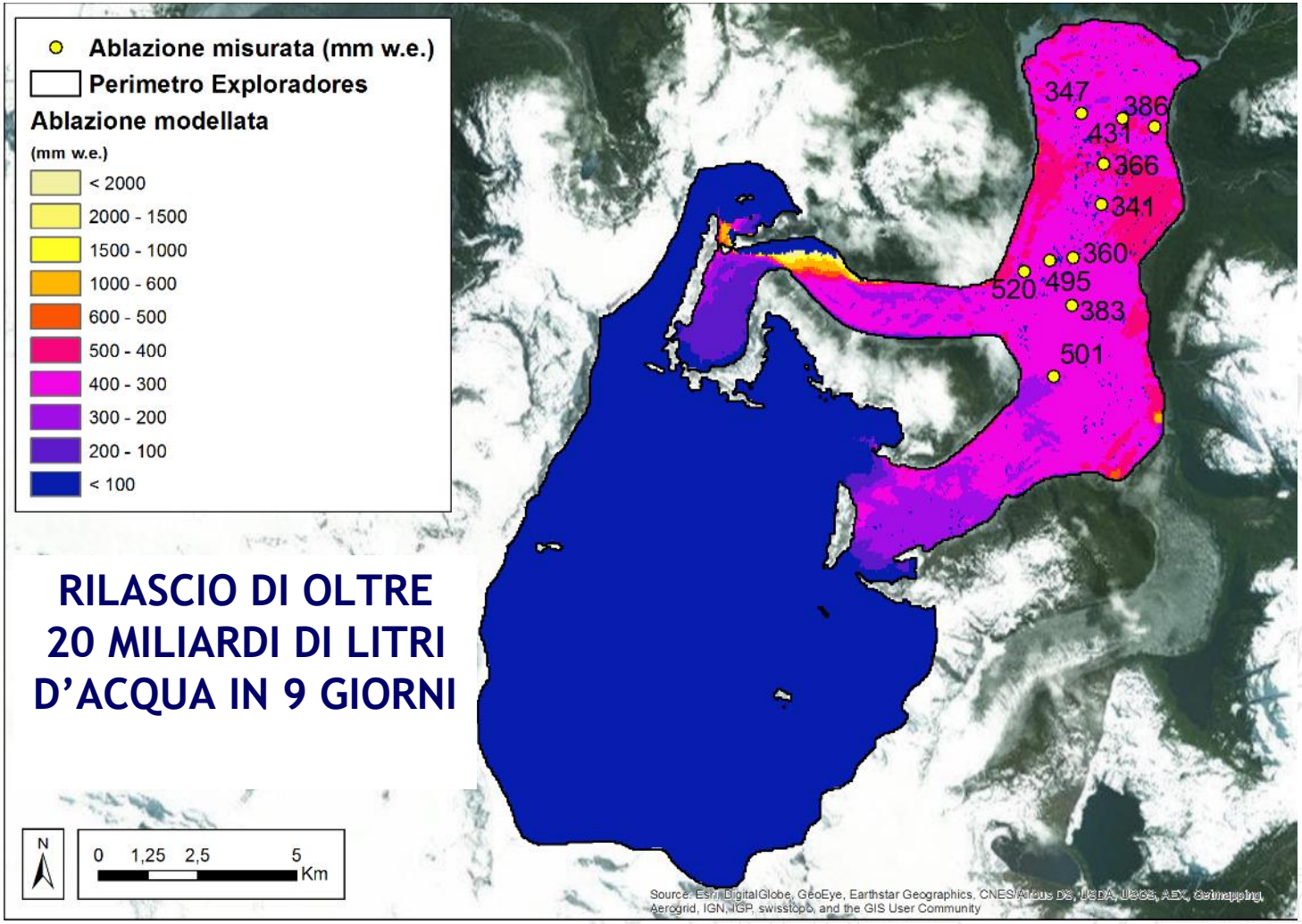
MODELLO CALIBRATO E TESTATO 12/02/2012 – 10/04/2012
MODELLO VALIDATO 21/03/2016 – 29/03/2016


H_{dir}
H_{dir}
H_{dir}
H_{dif}
H_{dif}
H_{dif}
H_{dif}
H_{dif}
H_{dif}
H_{dif}
H_{ref}

Distribuzione dell'energia con modello GlacioVar
che tiene conto di molteplici fattori


SUN
SHADING
SHADING

RISULTATI: FUSIONE MODELLATA DAL 21 AL 29 MARZO 2016



RILASCIO DI OLTRE 20 MILIARDI DI LITRI D'ACQUA IN 9 GIORNI

ARTICOLI FINORA PUBBLICATI E SOTTOMESSI NELL'AMBITO DEL PROGETTO GLACIOVAR DAI RICERCATORI DELL'UNIVERSITA DI MILANO

- ✓ Azzoni RS, Zerboni A, Pelfini M, Garzonio CA, Cioni R, Meraldi E, Smiraglia C, Diolaiuti GA (2017) Geomorphological map of Mount Ararat/Ağri Daği (Ağri Daği Milli Parki, Eastern Anatolia, Turkey). Journal of Maps, 13(2), 182-190.
- ✓ Azzoni R.S., Fugazza D., Zennaro M., Zucali M., D'Agata C., Maragno D., Cernuschi M., Smiraglia C. and Diolaiuti G.A. (in revision). Recent structural evolution of Forni Glacier tongue (Ortles-Cevedale Group, Central Italian Alps). Under revision on Journal of Maps.
- ✓ Azzoni RS, Fugazza D, D'Agata C, Carzaniga A, Diolaiuti GA (in revision) Evolution of debris cover on glaciers of Stelvio Park, Lombardy sector, from remote-sensing data. Under revision on Progress in Physical Geography.
- ✓ Fugazza D.; Scaioni, Corti, M., D'Agata C., Azzoni, R.S., Cernuschi, M., Smiraglia, C. and Diolaiuti, G.A. (2017) Combination of UAV & terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning to assess rapid glacier evolution and glacier hazards. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., https://doi.org/10.5194/nhess-2017-198, in review, 2017.
- ✓ Senese A., M. Maugeri, S. Ferrari, G. Confortola, A. Soncini, D. Bocchiola & G.A. Diolaiuti (2016)- Modelling shortwave and longwave downward radiation and air temperature driving ablation at the Forni Glacier (Stelvio National Park, Italy). Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 39 (2), DOI 10.4461/GFDQ. 2016.39.9.
- ✓ Senese A., Maragno D., Fugazza D., Soncini A., D'Agata C., Azzoni R.S., Minora U, Ul-Hassan R., Vuillermoz E., Asif Khan M., Rana A.S., Rasul G., Smiraglia C. and Diolaiuti G.A. (in revision). Inventory of glaciers and glacial lakes of the Central Karakoram National Park (CKNP - Pakistan). Under revision on Journal of Maps.
- ✓ Soncini A., Bocchiola D., Azzoni R.S. and Diolaiuti G (2017) - A methodology for monitoring and modeling of high altitude Alpine catchments. Progress in Physical Geography, 1-28

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

guglielmina.diolaiuti@unimi.it