

Il permafrost alpino: un elemento chiave nell'ecologia delle acque alpine nell'attuale contesto di deglaciazione

Monica Tolotti¹, Maria Cristina Bruno¹, Walter Bertoldi², Stefano Brighenti¹⁻²,

1 - IASMA Research and Innovation Centre, Edmund Mach Foundation, Via Mach 1, I – 38010 S. Michele all'Adige
email: monica.tolotti@fmach.it

2 - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica (DICAM), Università di Trento

Deglaciazione alpina

scioglimento **ghiacciai**
+
degradazione **permafrost**



Mer de Glace (F)
giugno 2018

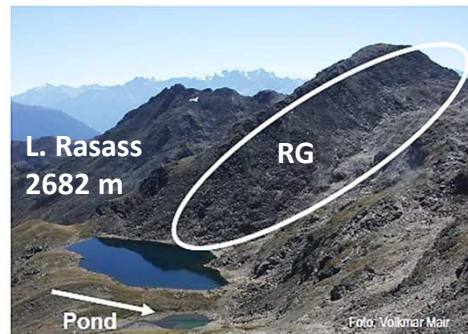
Dinamiche, entità e effetti dello scioglimento del permafrost = tema di ricerca “caldo”

in relazione alle implicazioni del riscaldamento globale per l'ambiente alpino, le sue risorse naturali e le realtà socio-economiche

Rock glaciers e acque d'alta quota

I pochi studi sugli **effetti** dello scioglimento dei RG su idrologia e **idrochimica** di acque adiacenti (e.g. Williams et al. 2006, Krainer et al. 2007, Thies et al. 2007, Baron et al. 2009,; Thies et al. 2013) indicano:

- **aumento** della **concentrazione ionica**



L. Rasass , Sud Tirolo
1990



25 $\mu\text{S cm}^{-1}$



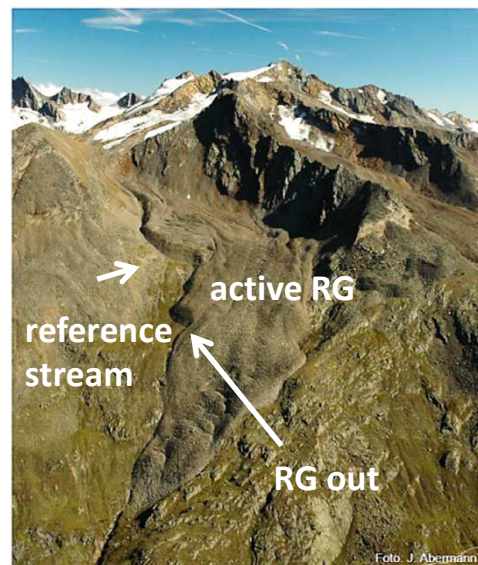
2005



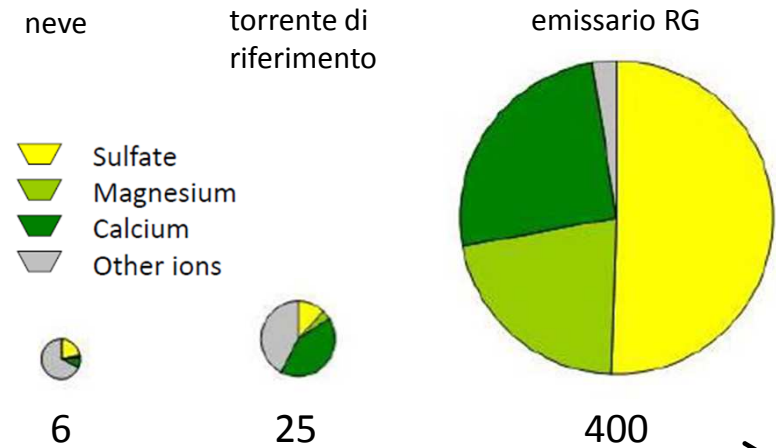
450 $\mu\text{S cm}^{-1}$

Thies et al. 2007

- variazioni della **composizione ionica**, in particolare in casi di **acid rock drainage (ADR)**



Hochebenkar, N-Tirolo, A

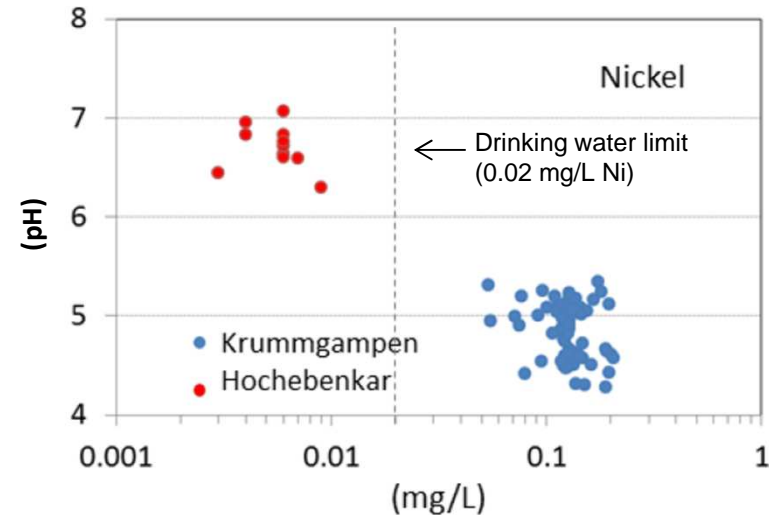
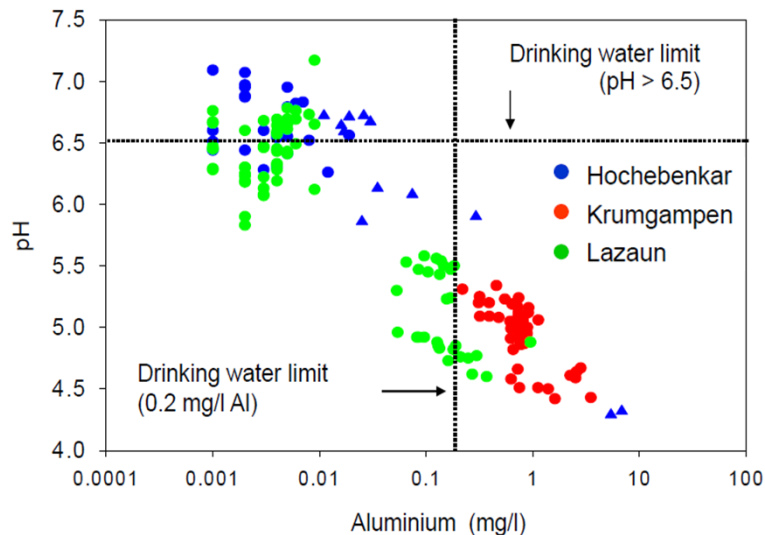


Electrical conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$)

Workshop PNS , S. Antonio Valfurva, 18 ottobre 2019

Rock glaciers e acque d'alta quota – metalli pesanti

Indagini stagionali → elevati livelli di **elementi in traccia** in emissari di RG (es. Ni, Zn, Al) che possono superare i **limiti EU per le acque potabili** (Dir. 98/83/EC)



Nickus et al., 2015

L'**origine** di tali elementi non è completamente risolta:

- **Erosione e dissoluzione** di superfici rocciose esposte di recente (*Williamms et al. 2006*), **acid rock drainage** (*Runnells et al. 1992, Nordstrom et al. 2011*)
- **Dissoluzione/concentrazione** legate alle fasi di gelo/disgelo all'interno dei RG in regime di base flow (*Thies et al. 2007*)
- Solubilizzazione di Ca, Mg, Fe, Mn da parte di **batteri chemolithotrofici** (*Sonnleitner et al. 2011, Boyd et al. 2014*)

Rock glaciers e acque d'alta quota – biota

Scarse conoscenze sugli effetti dei soluti sul **biota** di acque influenzate da RG

- **acque correnti** in N-Tirolo (A) *Thies et al., 2013*

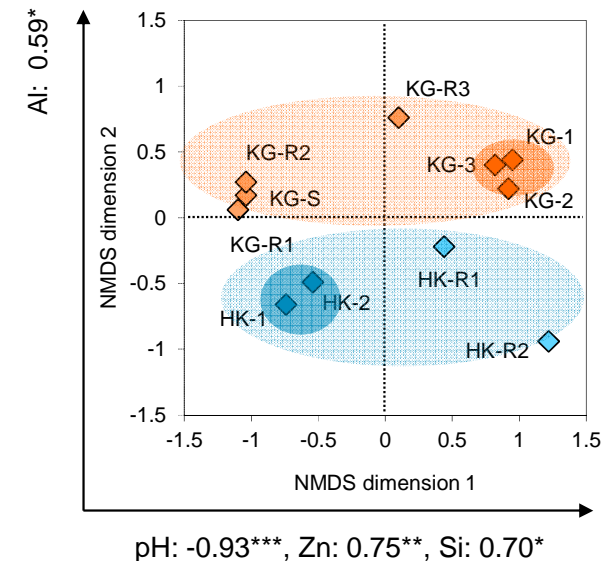


Evidence of rock glacier melt impacts on water chemistry and diatoms in high mountain streams

Hansjörg Thies ^{a,*}, Ulrike Nickus ^b, Monica Tolotti ^c, Richard Tessadri ^d, Karl Krainer ^a

Non influenzati da RG: diatomee alpine, circumneutrali o acidofile, tipiche di acque scarsamente mineralizzate

Emissari di RG: biodiversità variabile, dominanza di taxa acidofili o acido-bionti, e tolleranti



Il progetto PERMAQUA (2011-2015)

«Permafrost e il suo effetto sul bilancio idrico e sull'ecologia delle acque in alta montagna»

Interreg IV Italy-Austria

www.permaqua.eu



WP2 - Permafrost e *bilancio idrico*

Diffusione, modellazione in sottobacini campione (Solda Madritsch, Senales Grawand), stima rischio idrogeologico, idrologia e bilancio idrico, direttive tecniche e legali per le amministrazioni provinciali.

WP3 - Proprietà *fisico chimiche* di rock glacier e suoli di permafrost

Rilievi geomorfologici, sedimentologici e geofisici, carotaggi di rock glacier, monitoraggio temperatura interna, ioni e metalli pesanti di carote

WP IV: *Ecologia* di acque correnti e laghi in aree influenzate da permafrost

Chimica, elementi in traccia, plancton, benthos di acque correnti. sorgenti e laghi influenzati e non da rock glaciers

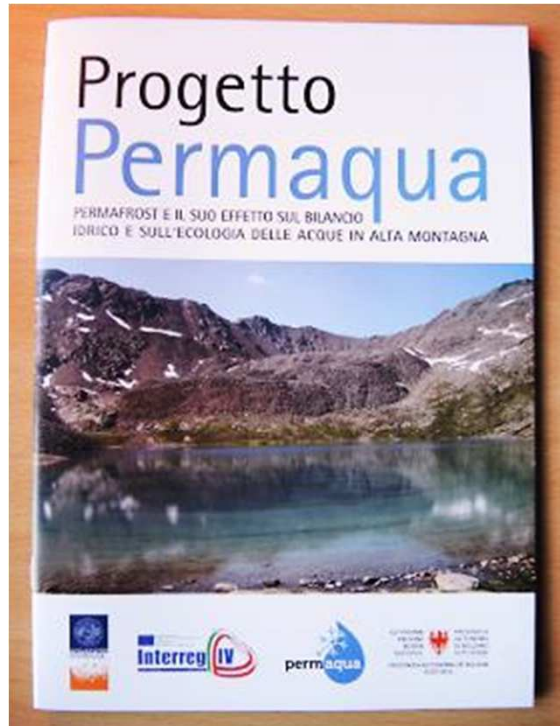
WP V: Rock glaciers, sedimenti lacustri e torbieri come *archivi climatici*

Studio sedimenti lacustri e di torbiera per la ricostruzione ecologica dalla fine della Piccola Età Glaciale (~1850 AD) per comprendere i possibili effetti al lungo termine dello scioglimento dei rock glaciers su chimica e biologia delle acque d'alta quota

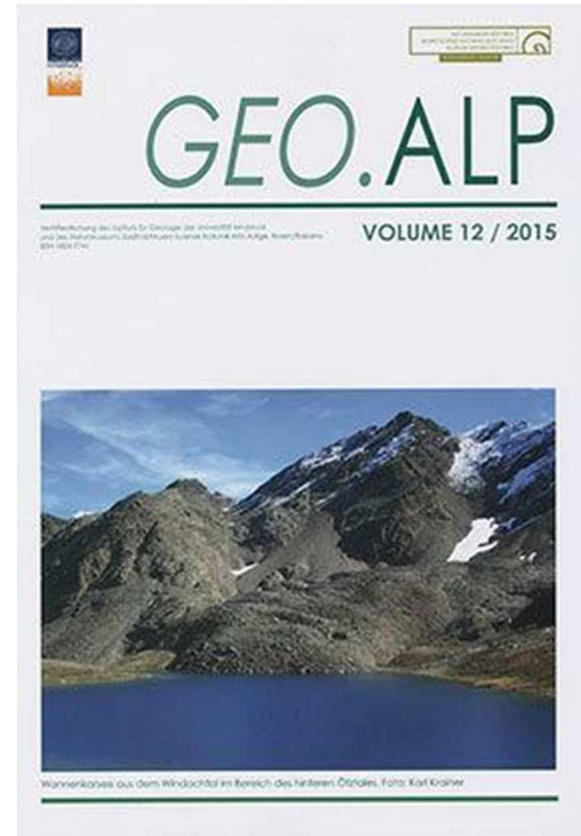
PERMAQUA project: products

Interreg IV Italy-Austria
(2011-2015)

www.permaqua.eu



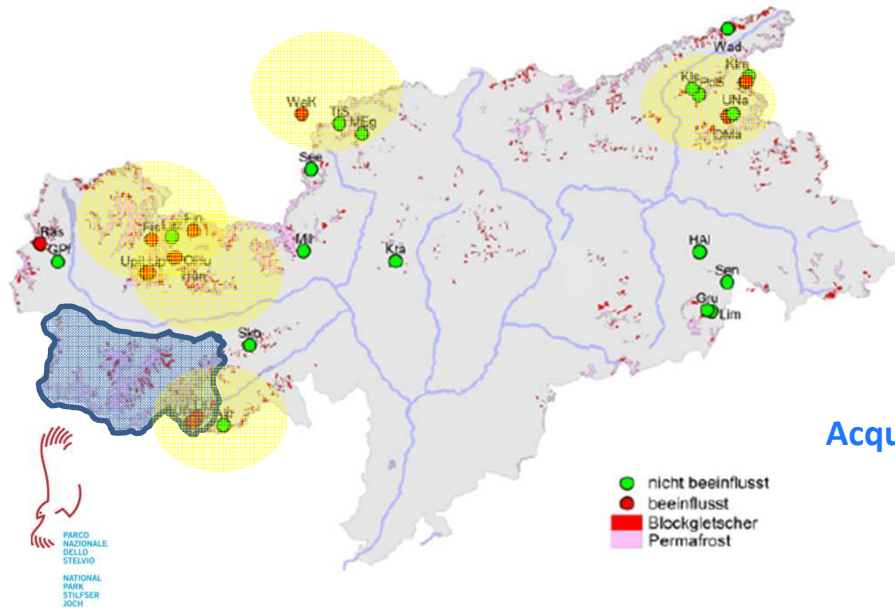
www.permaqua.eu



[Geo.Alp – Universität Innsbruck](http://www.uibk.ac.at/geologie/geoalp/index.html)

<https://www.uibk.ac.at/geologie/geoalp/index.html>

Il progetto PERMAQUA (2011-2015)



5 sottobacini
 Val Mazia
 Val Senales
 Ötztal (A)
 Val di Riva
 Val d'Ultimo

Acque di riferimento



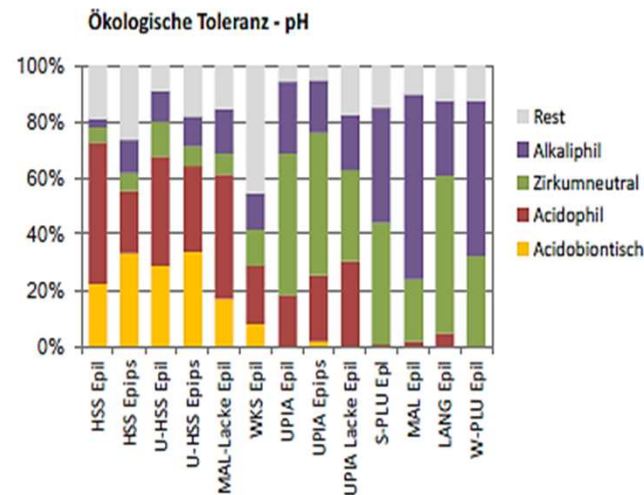
Abb 2: Blockgletscherbach, im Hintergrund der Blockgletscher Rossbänk (Ulten)

Fitobenthos (diatomee)

composizione specifica alpina (dominata da rotiferi, chironomidi, oligocheti), ma...
 abbondanza e diversità minori in laghi influenzati da rock glaciers

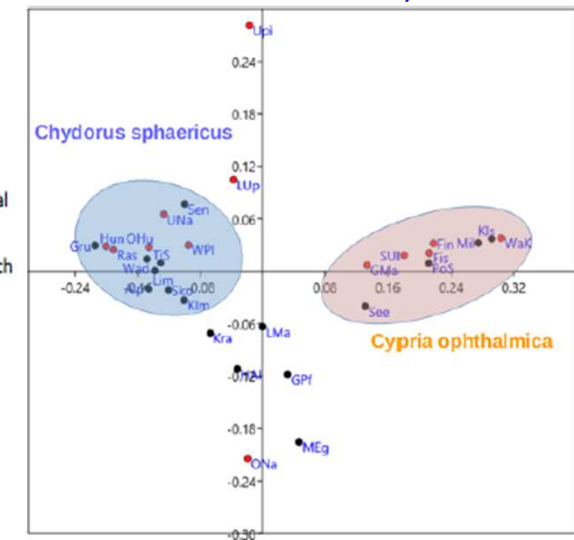


Wilder Pludersee, Ultental (I)



Thaler et al. 2015

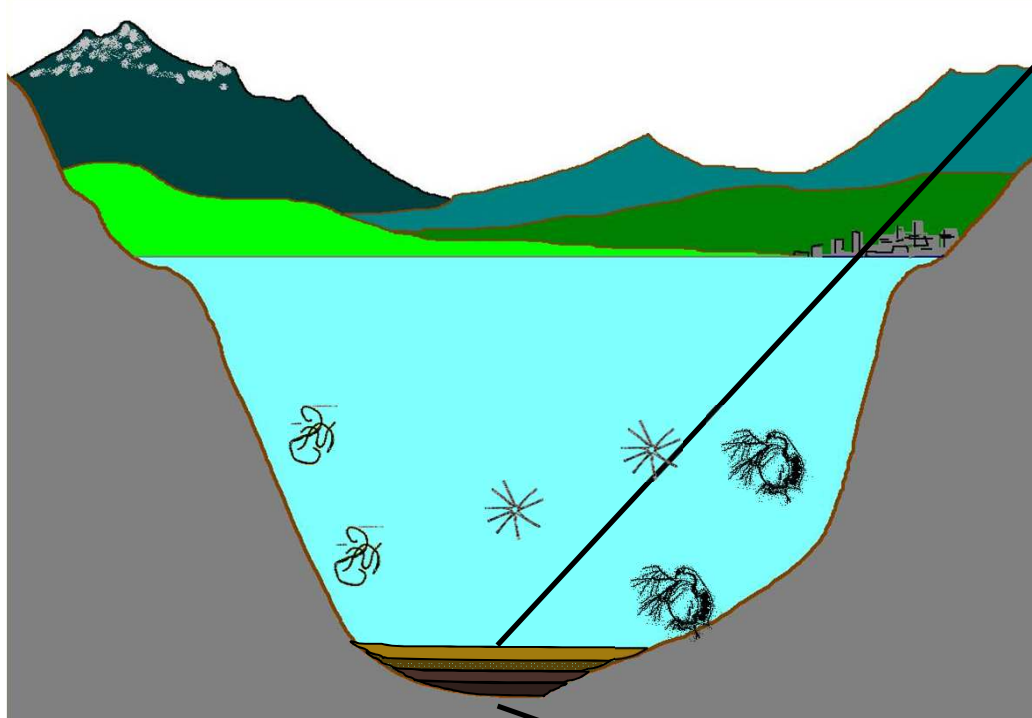
Zooplankton (cladoceri)



Workshop PNS, S. Antonio Valfurva, 18 ottobre 2019

Paleolimnologia

= studio dei sedimenti lacustri per la ricostruzione dell'evoluzione ambientale ed ecologica a scala temporale di secoli o millenni



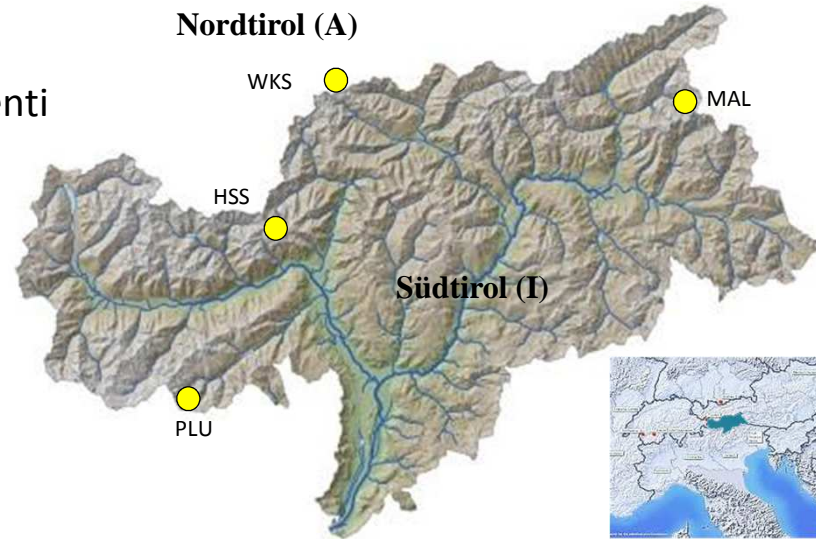
Molti eventi fisici, chimici e biologici lasciano resti e tracce che stratificano sul fondo dei laghi giorno dopo giorno formando i sedimenti.

Studiare i sedimenti lacustri significa accedere all'archivio storico dei laghi

Permaqua project – lake sediments

4 laghi:

- $\geq \sim 2500$ m a.s.l.
- ghiacciai nel bacino assenti
- vegetazione sparsa
- no pesci



litologia cristallina:

paragneiss,
micaschisti, quarziti

Bacino piccolo, **no RG**,
permafrost diffuso

CE media: $185 \mu\text{S cm}^{-1}$
pH: 4.6-6.2
TP medio: 5 mg L^{-1}

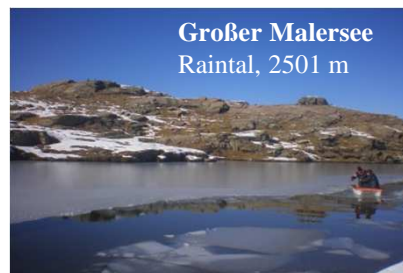


RG inattivo incom-
bente su una sponda

CE media: $510 \mu\text{S cm}^{-1}$
pH: 7.3-7.8
TP medio: $5 \mu\text{g L}^{-1}$

Deglaciato, **no RG**,
permafrost diffuso

CE media: $182 \mu\text{S cm}^{-1}$
pH: 7.2-7.6
TP medio: $5 \mu\text{g L}^{-1}$



RG attivo
terminante nel lago

CE media: $167 \mu\text{S cm}^{-1}$
pH: 6.3 TP
medio: $<2 \mu\text{g L}^{-1}$

Tolotti et al., 2015

Permaqua sedimenti lacustri – approccio multiproxy

✓ **datazione radiometrica:** ^{210}Pb , ^{137}Cs , ^{14}C (AMS), tasso di sedimentazione

✓ **litologia:** aspetto, densità, contenuto in acqua e sostanza organica

✓ **geochimica:** elementi in traccia (X-ray fluorescence spectroscopy)

$\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ su sostanza organica totale

✓ **biologia:** diatomee (recostruzione pH e TP lacustre) e stomatocisti subfossili,

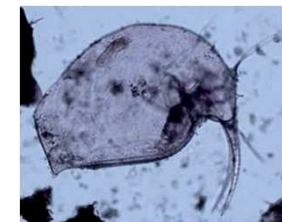
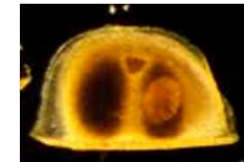
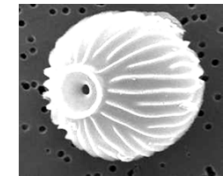
cladoceri subfossili



Carote: 13 - 60 cm,

sezioni contigue di 0.5-1.0 cm

Cronologia: ~ 350 – 8000 anni (cal.)



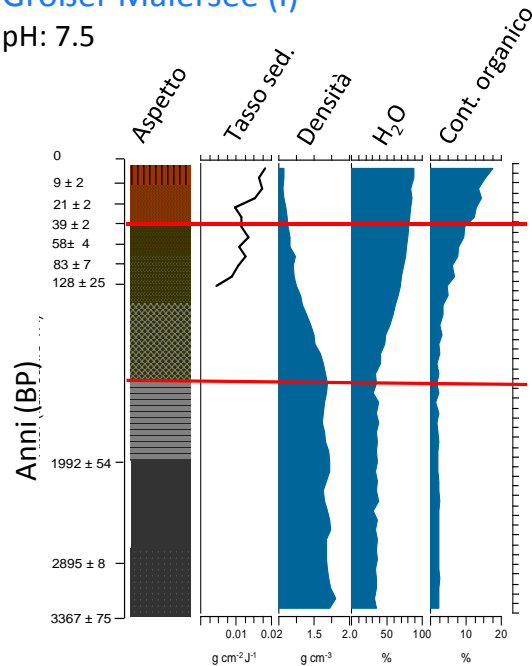
Permaqua sedimenti lacustri

- maggiori cambiamenti dopo la fine della Piccola Età Glaciale (~150-100 anni)
- trend di aumento metalli negli ultimi decenni



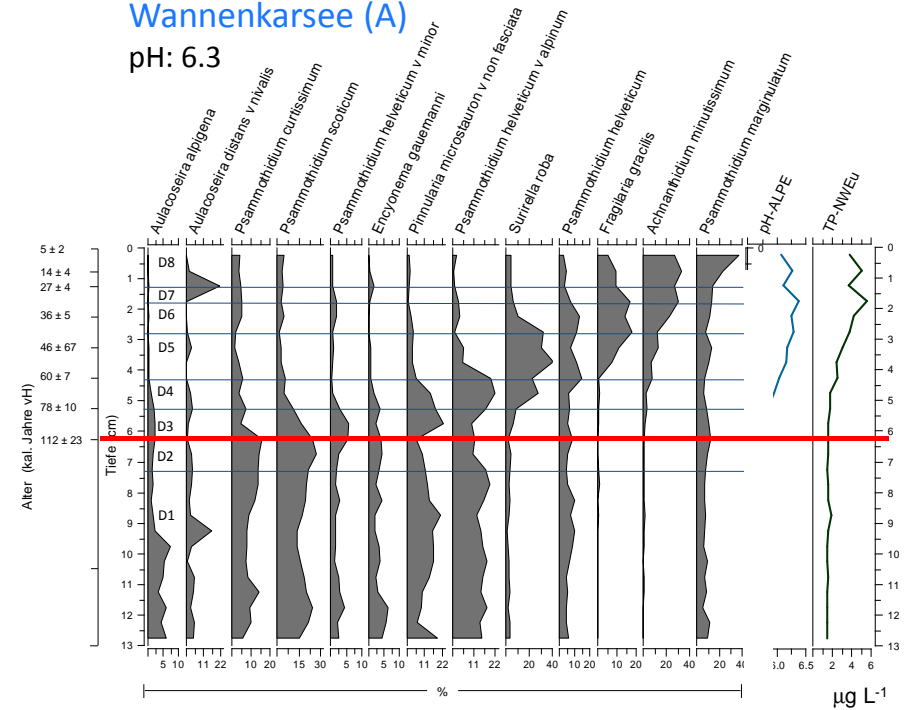
Großer Malersee (I)

pH: 7.5



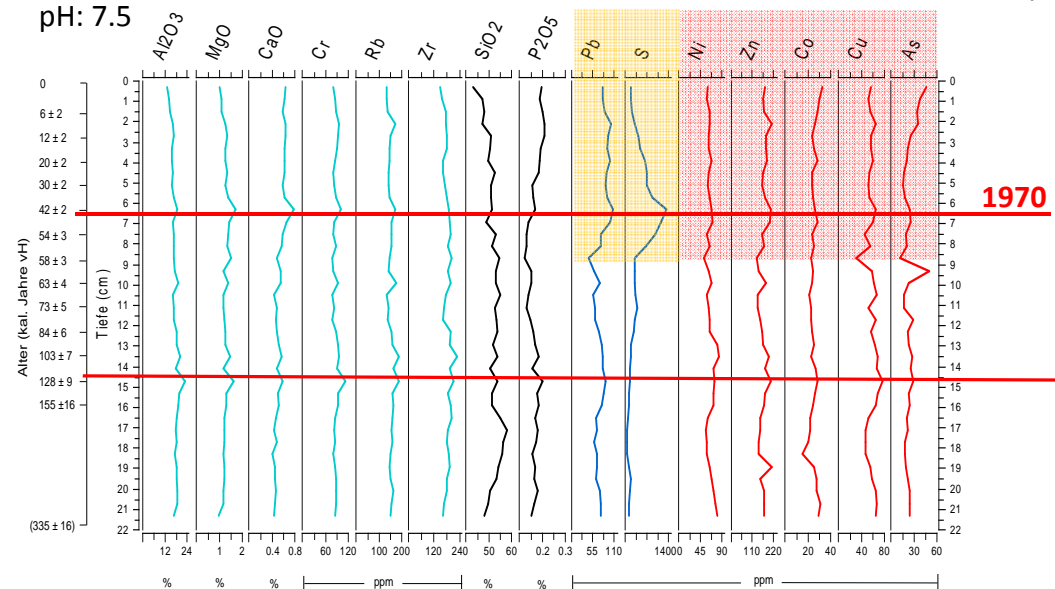
Wannenkarsee (A)

pH: 6.3



Wilder Pludersee (I)

pH: 7.5



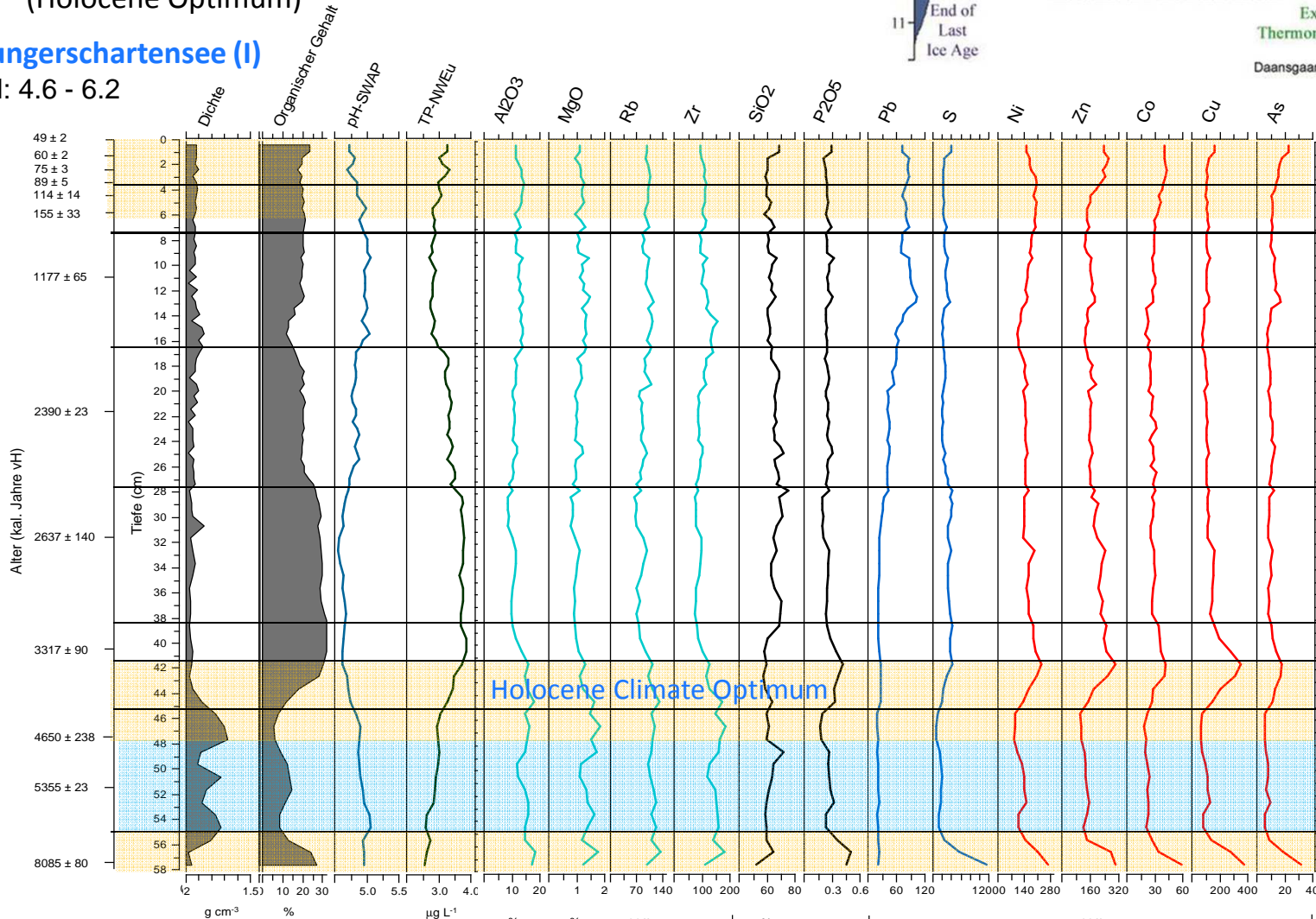
Tolotti et al., 2015

Evoluzione a lungo termine

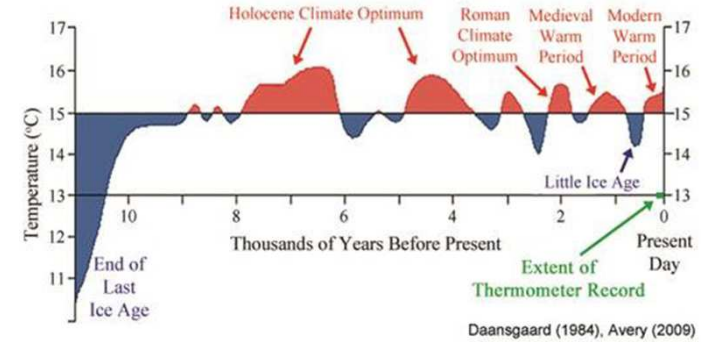
- condizioni acide e aumento degli elementi in traccia anche in passato
- fasi di maggiore riscaldamento durante Olocene (Holocene Optimum)

Hungerschartensee (I)

pH: 4.6 - 6.2



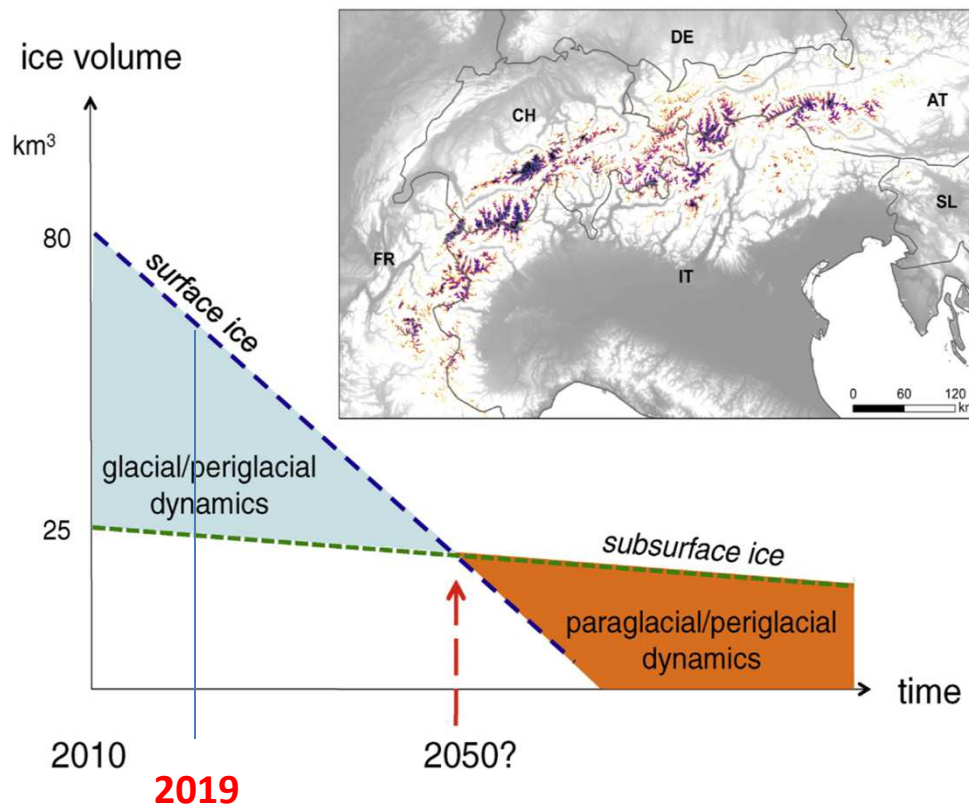
Temperatures of the Last 10,000 Years
(Ice core data from Crete site in central Greenland)



Deglaciazione alpina e permafrost

Deglaciazione alpina → scioglimento dei **ghiacciai**
degradazione del **permafrost**

... **tempi diversi**



Attuali caratteristiche fisiche, chimiche ed ecologiche delle acque di testa alpine dominate da **dinamiche superficiali** (ghiacciai)...

... ma è previsto che il **ghiaccio sottosuperficiale** (rock glaciers) diventerà dominante dopo il 2050

Haerberli et al., 2016

Deglaciazione alpina e permafrost



Erasmus Mundus
Joint Doctorate Programme

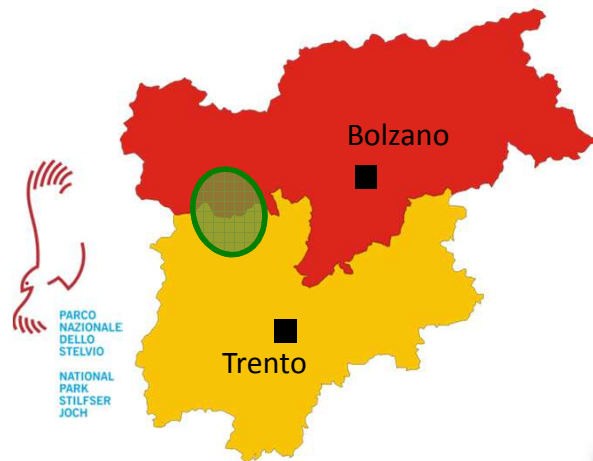
Science for Management of
Rivers and their Tidal systems



UNIVERSITY
OF TRENTO - Italy
Department of Civil, Environmental,
and Mechanical Engineering

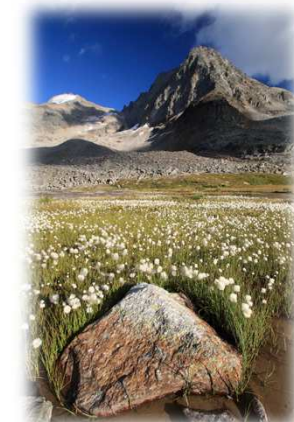


Ecological shifts of stream ecosystems in deglaciating Alpine areas: present and past conditions and future predictions

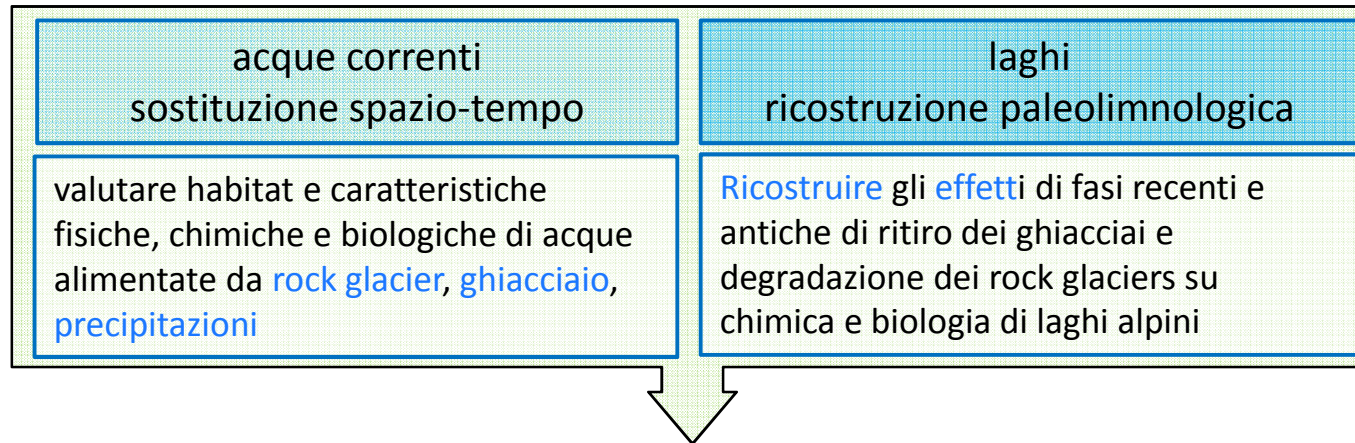


Val Solda e Valle Zay
Val de la Mare

Brighenti et al., 2019. STOTEN
DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.221



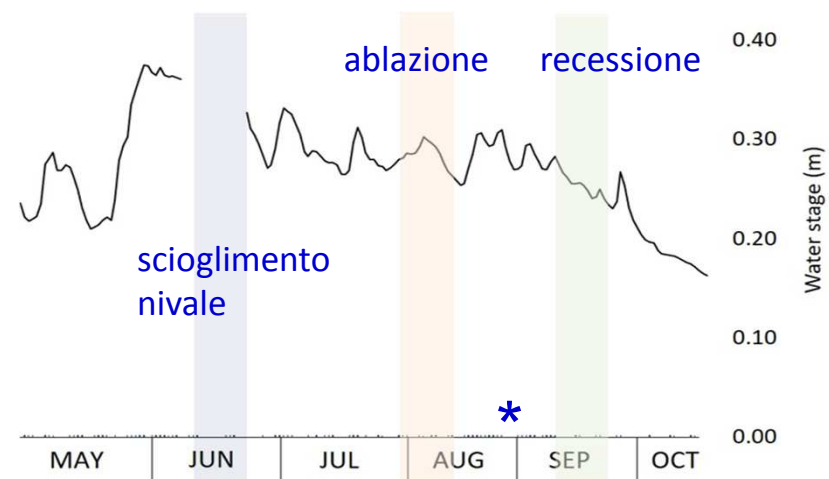
Integrating research activity



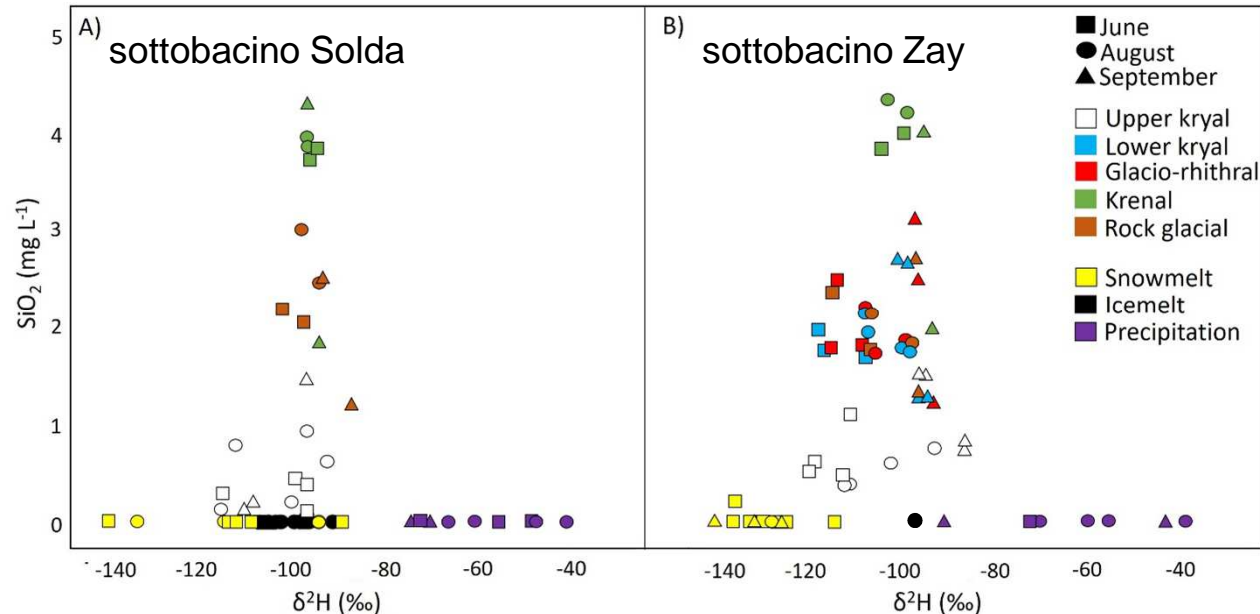
Esplorare il **ruolo ecologico** dei **rockglaciers** nell'attuale contesto di deglaciazione alpina e prevedere **trend ecologici futuri** per le acque d'alta quota

2017 – 2018: campionamenti stagionali

- idrologia
- chimica
- benthos (batteri, diatomee, macrozoobenthos)
- reti trofiche
- * raccolta sedimenti



Firma isotopica dell'origine dell'acqua (Val Solda)

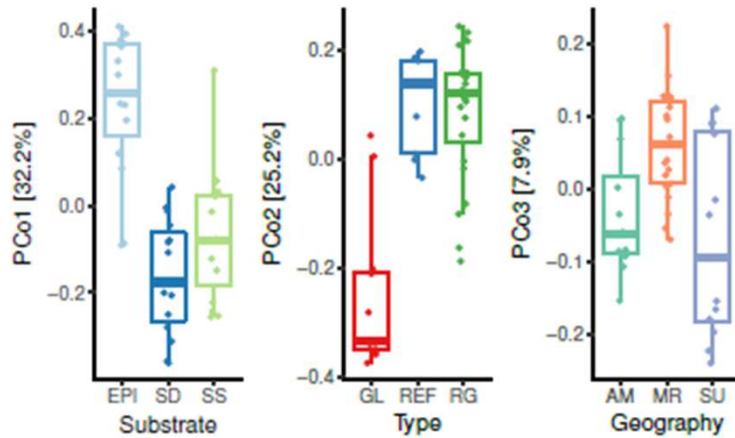
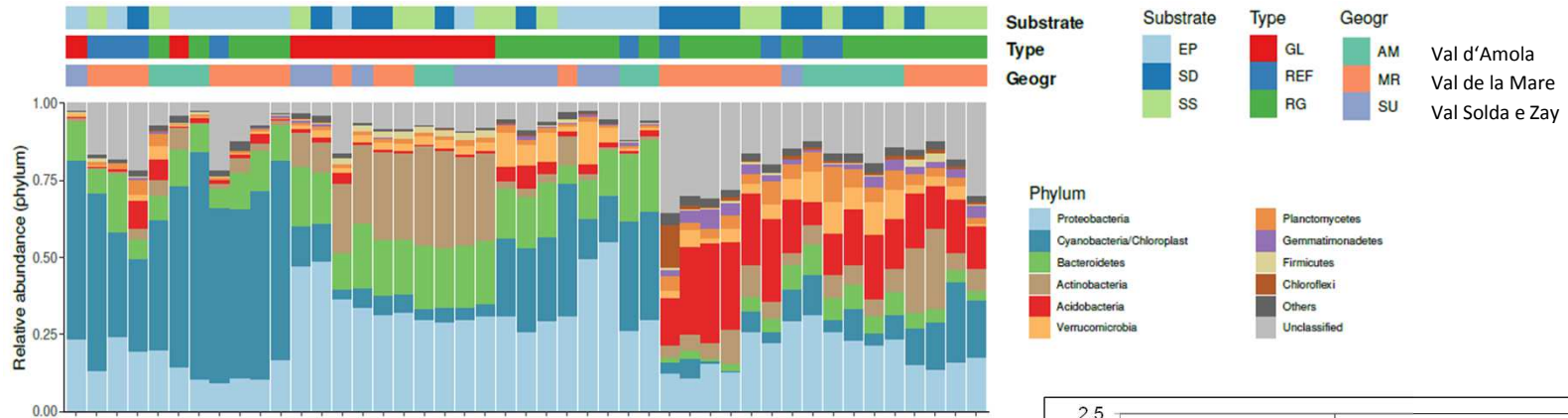


Mixing space di $\delta^2\text{H}$ and SiO_2
(= proxy di contributo sotterraneo, *Brown et al. 2003*)
comprendente campioni dai potenziali componenti della portata, i.e. neve, ghiaccio, precipitazioni

- Arricchimento isotopico da giugno a settembre → riduzione dello scioglimento nivale
- Scioglimento di neve e ghiaccio (- 105.5 to -89.5 ‰) → ruolo dominante come end member di acque isotopicamente impoverite
- Precipitazioni → ruolo marginale come end member di acque isotopicamente arricchite

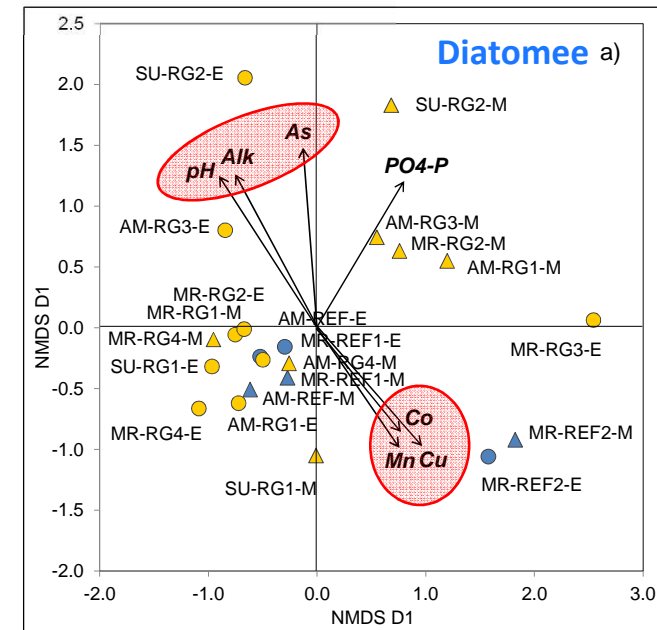
Diversità bentonica in acque correnti

Batteri (meta-barcoding, eDNA)



diversità β

Differenze significative tra substrati, tipi di acqua, sottobacini



pH e metalli = driver ecologici

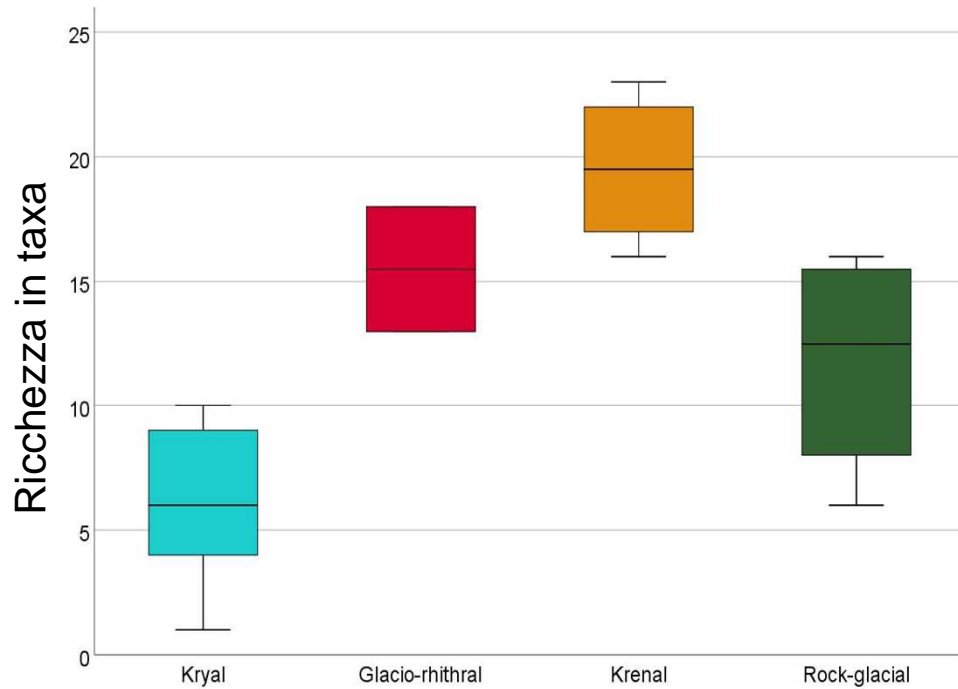
Rotta et al., 2018

Tolotti et al., 2018; Tolotti et al., in prep

Workshop PNS, S. Antonio Valfurva, 18 ottobre 2019

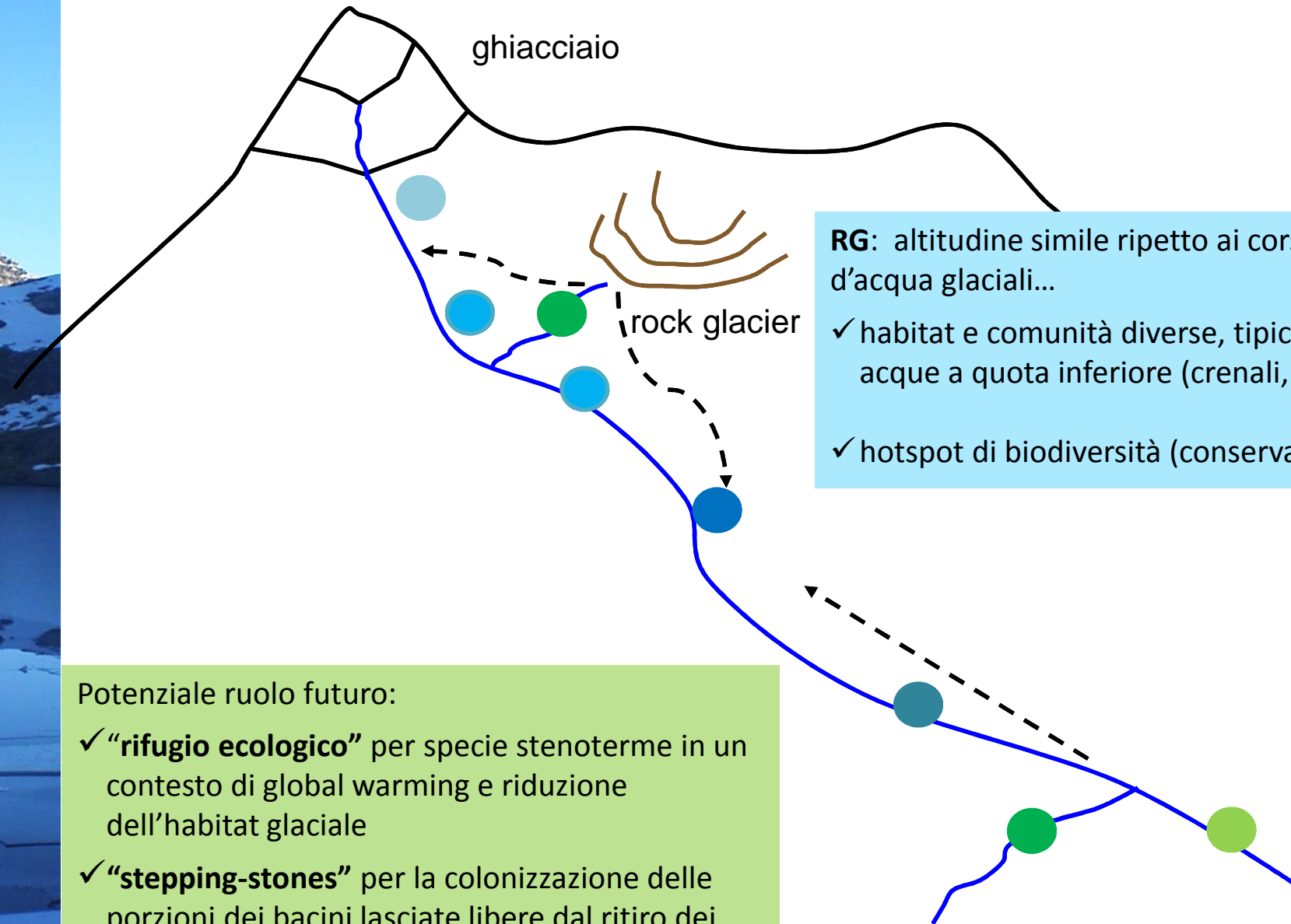
Diversità bentonica in acque correnti

Macrozoobenthos



Brighenti et al., Freshwater Biology, submitted

Potenziale ruolo ecologico dei rock glaciers



... verso il futuro e oltre...



Geomorfologia: contenuto in ghiaccio di rock glacier attivi, inattivi fossili

Idrologia: ruolo degli elementi peri- e paraglaciali e del regime delle precipitazioni

Biodiversità: da sottobacino a scale più ampie (incl. approcci biomolecolari, eDNA)

Processi:

- reti trofiche (da gruppi tassonomici a comunità....in progress)
- metalli pesanti (origine, bilancio, quantificazione impatti su qualità acqua)



Libera Università di Bolzano



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Amministrazione
Provincia Bolzano

Geologia e prove materiali



Istituto di Ricerca sulle Acque
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
Verbania-Pallanza



Institute of Geological Sciences
Polish Academy of Sciences



Provincia
Autonoma
di Trento



Grazie per l'attenzione

monica.tolotti@fmach.it
cristina.bruno@fmach.it
stefano.brighenti@unitn.it

Ringraziamo:

EU-Interreg-Projekt PERMAQUA: A. Scapin Biologisches Labor, Leifers.

SMART Erasmus Mundus: F. Rotta, F. Bressan, T. Holtz, C. Vulcano, S. Andrissi, M. Obrelli, M. Zannoni

Fondazione E. Mach: M. Milan, M Tarter, A. Zampedri, A. Boscaini

LUB: F. Comiti, M. Engel; UniPV: R. Seppi

Ensis Ltd, University College London UK (datazioni radiometriche)

Ecoresearch Gmbh, Bolzano (analisi metalli pesanti)