



Torino, 07 Febbraio 2018

Rilievi geofisici (ERT, GPR, HVSR) di rock glacier nelle Alpi Marittime e Cozie

Adriano Ribolini¹, Simone Sartini²

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa

² So.Ge.T., Lucca

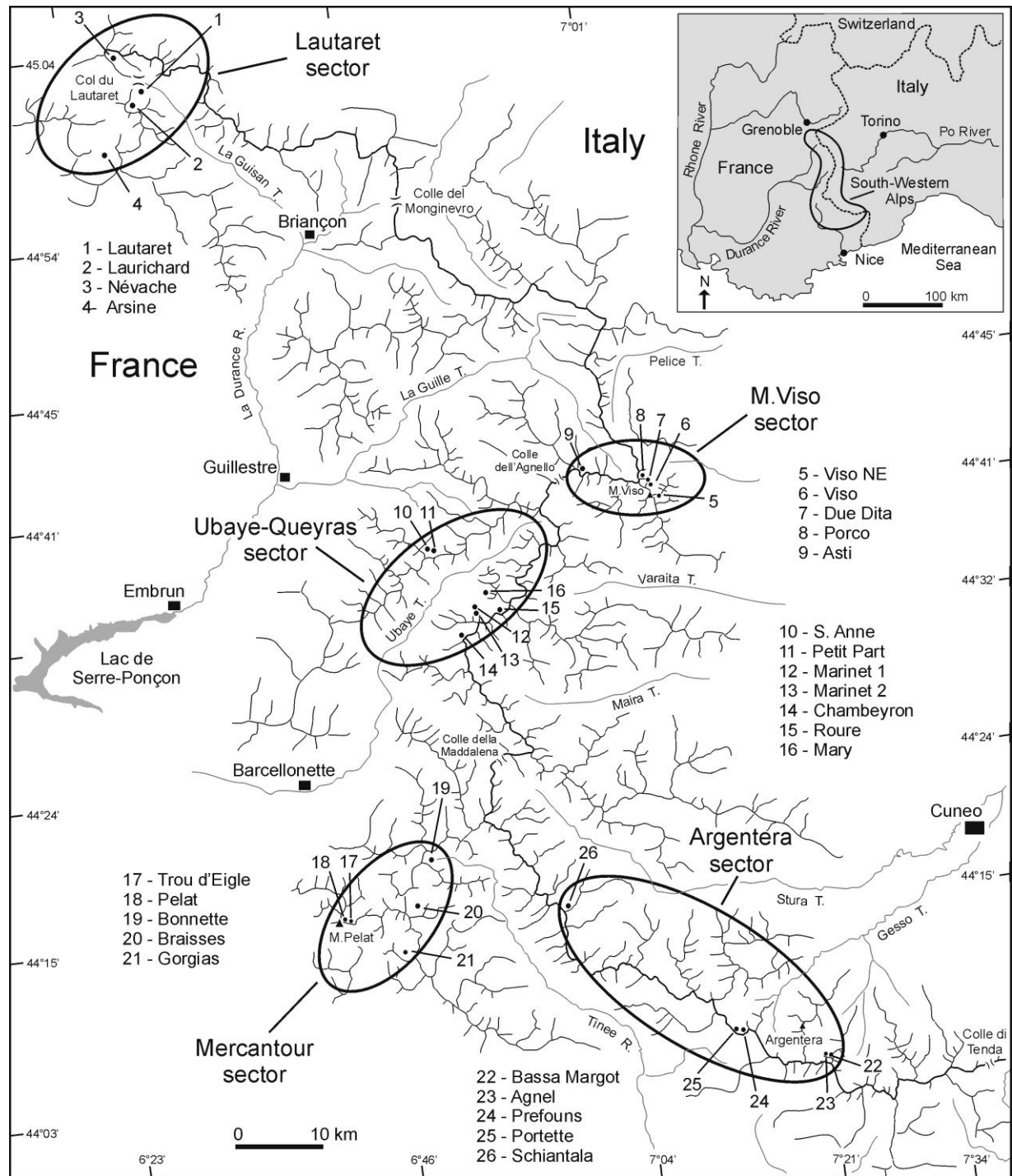
Scopo: illustrare recenti risultati delle indagini Ground Penetrating Radar (GPR) e Tomografia geoelettrica (ERT) nelle Alpi Marittime e Cozie, interpretati anche alla luce di esperienze pregresse in altre aree alpine. Primo risultato di indagine sismica passiva *horizontal-to-vertical component spectral ratio* (HVSR)

Agenda

- Dati pregressi
- Caratterizzazione dei siti
- Indagini GPR e ERT rock glacier Vej del Bouc (Alpi Marittime)
- Indagini ERT rock glacier Granero (Alpi Cozie)
- Calibrazione resistività vs dati di sottosuperficie
- Interpretazione
- HVSR rock glacier Granero (risultati preliminari e possibili sviluppi)
- Conclusioni e sviluppi futuri

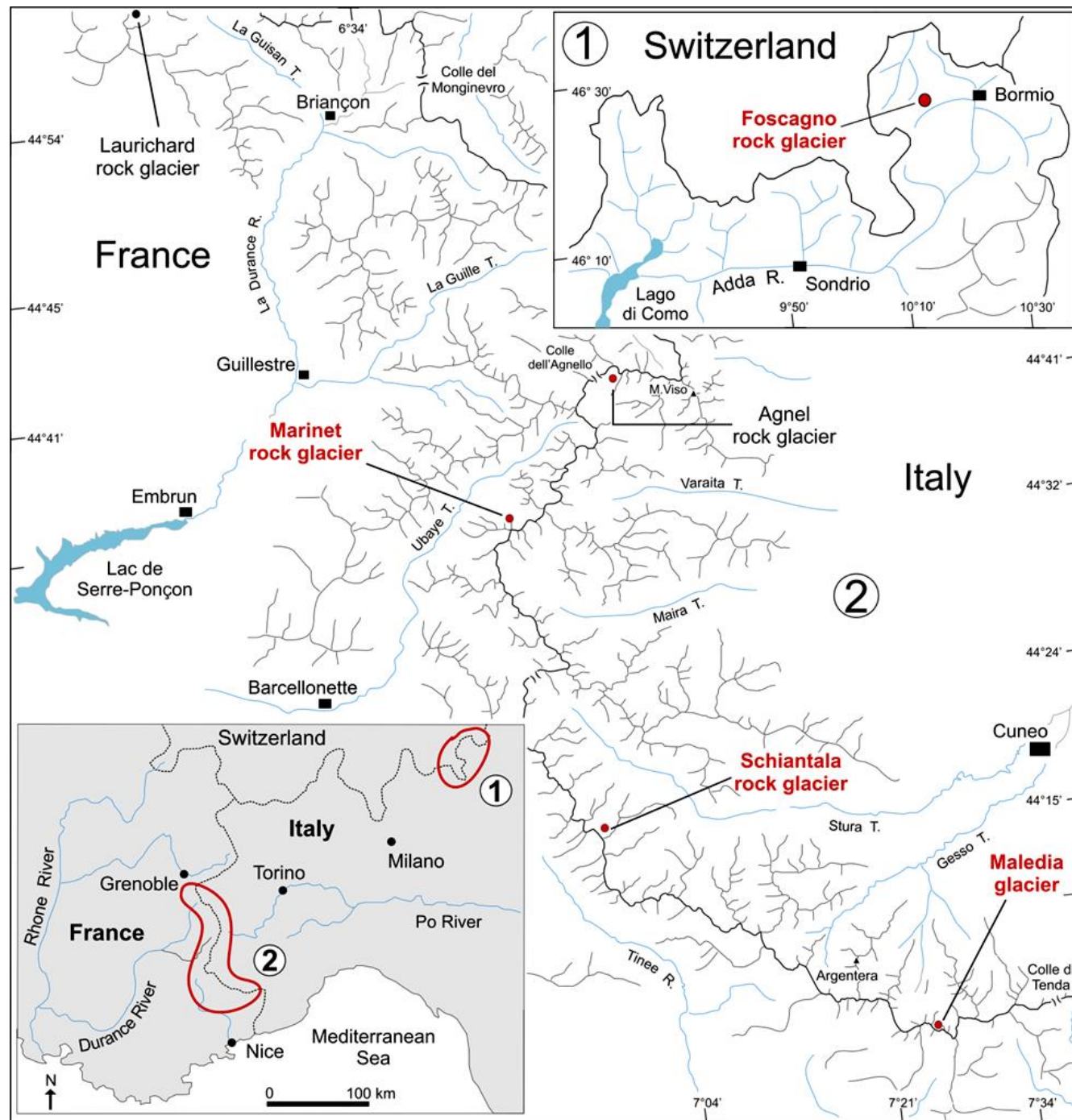
Situazione indagini geoelettriche (VES) nelle Alpi SW aggiornata al 2006

Ribolini & Fabre 2006 – PPP
 Ribolini & Fabre, 2007– ZfG

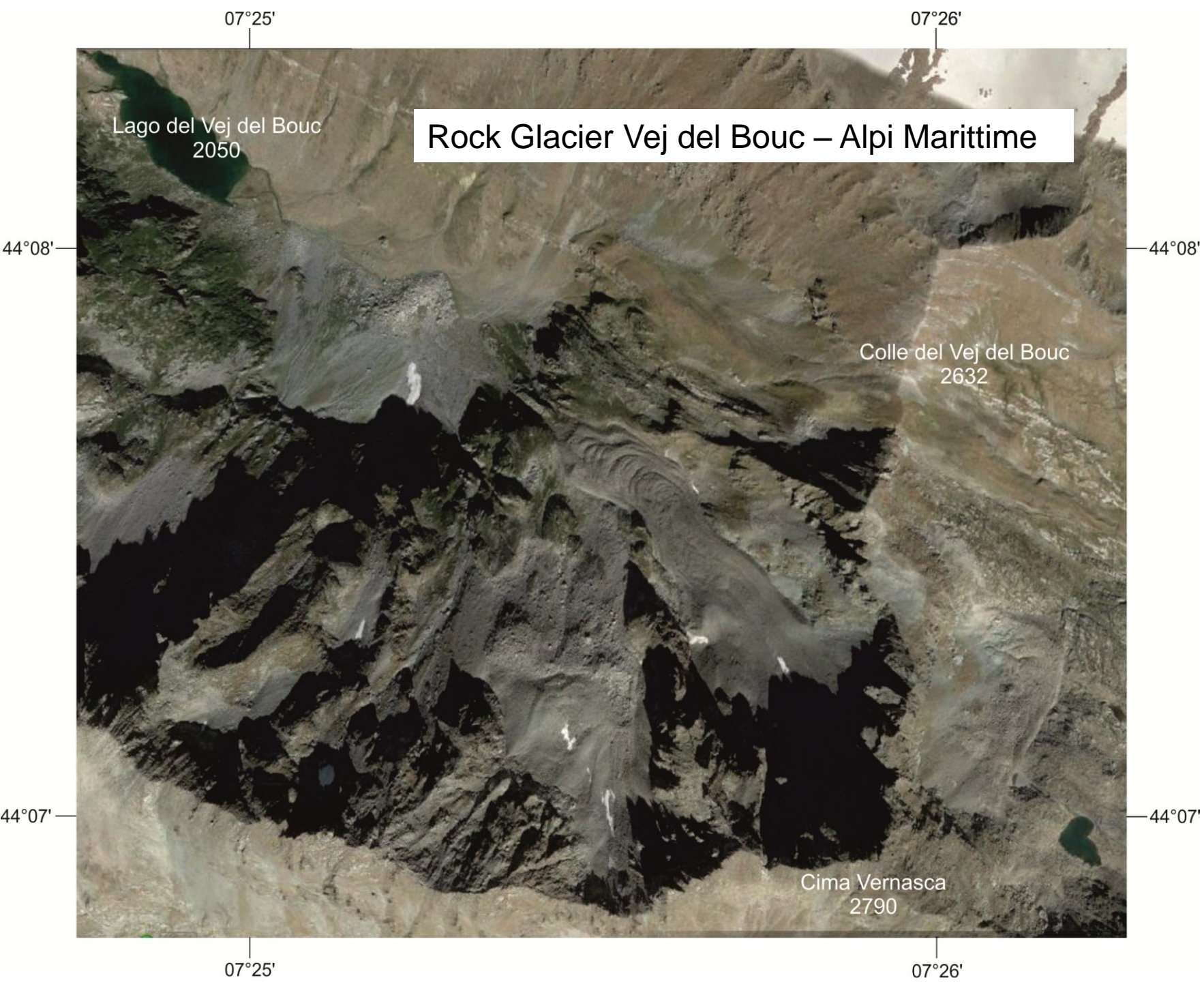


2007-2010
indagini ERT nei
settori:

- Lautaret
- Ubaye (Marinet)
- Argentera
(Schiantala, Maledia)



Ribolini & Fabre, 2007 - QR
Ribolini & al., 2010 - QSR



Rock Glacier Vej del Bouc – Alpi Marittime

Lago del Vej del Bouc
2050

Colle del Vej del Bouc
2632

Cima Vernasca
2790

07°25'

07°26'

44°08'

44°08'

44°07'

44°07'

07°25'

07°26'



— **GPR survey** (Maggio 2017)
1 profilo long. (526 m)
4 profili cross

GPR: IDS System, antenna 25 MHz, unshielded, continuous acquisition mode, step size 10 cm, 1025 sample/scan



— **ERT survey** (Agosto 2016)
1 profilo long. (265 m)

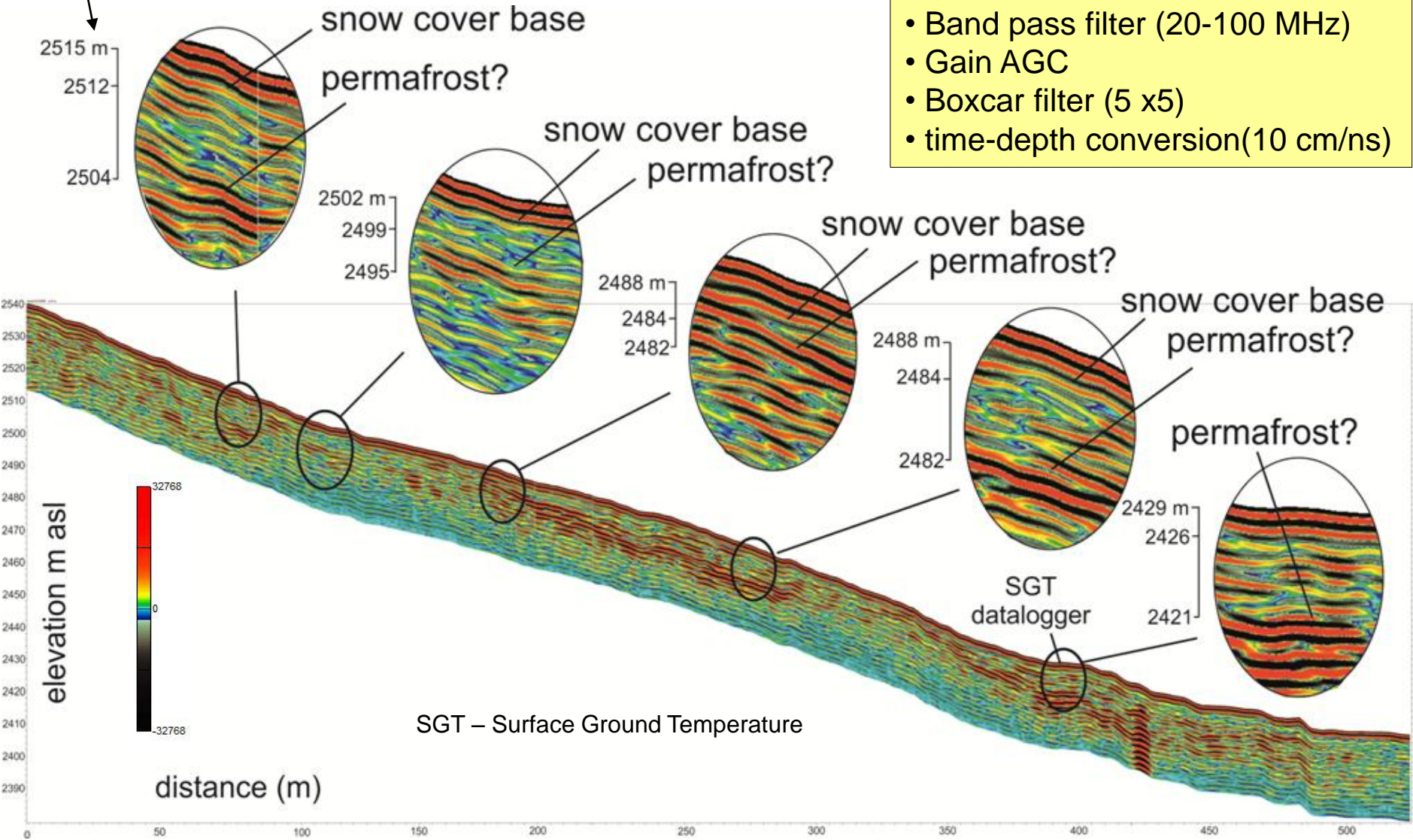


ERT: IRIS SYSCAL PRO Georesistivity Meter, 48 electrodes (spacing 3 m), electrode spread (array): Dipole–Dipole, Pole–Dipole

Rock glacier Vej del Bouc – GPR profile longitudinale

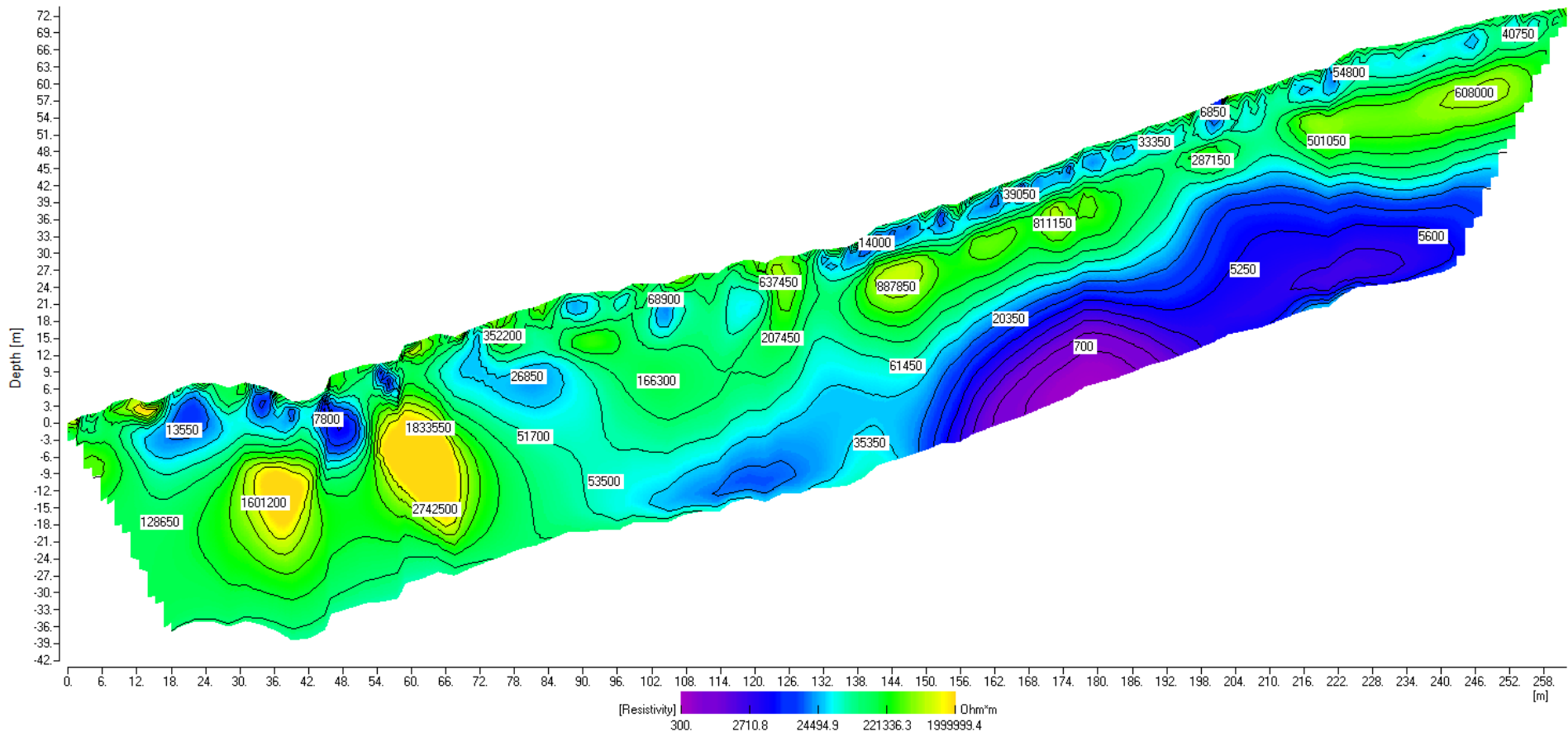
Se $V = 10 \text{ cm/ns}$

- Processing**
- De-trending
 - Time 0ns correction
 - Band pass filter (20-100 MHz)
 - Gain AGC
 - Boxcar filter (5 x5)
 - time-depth conversion(10 cm/ns)



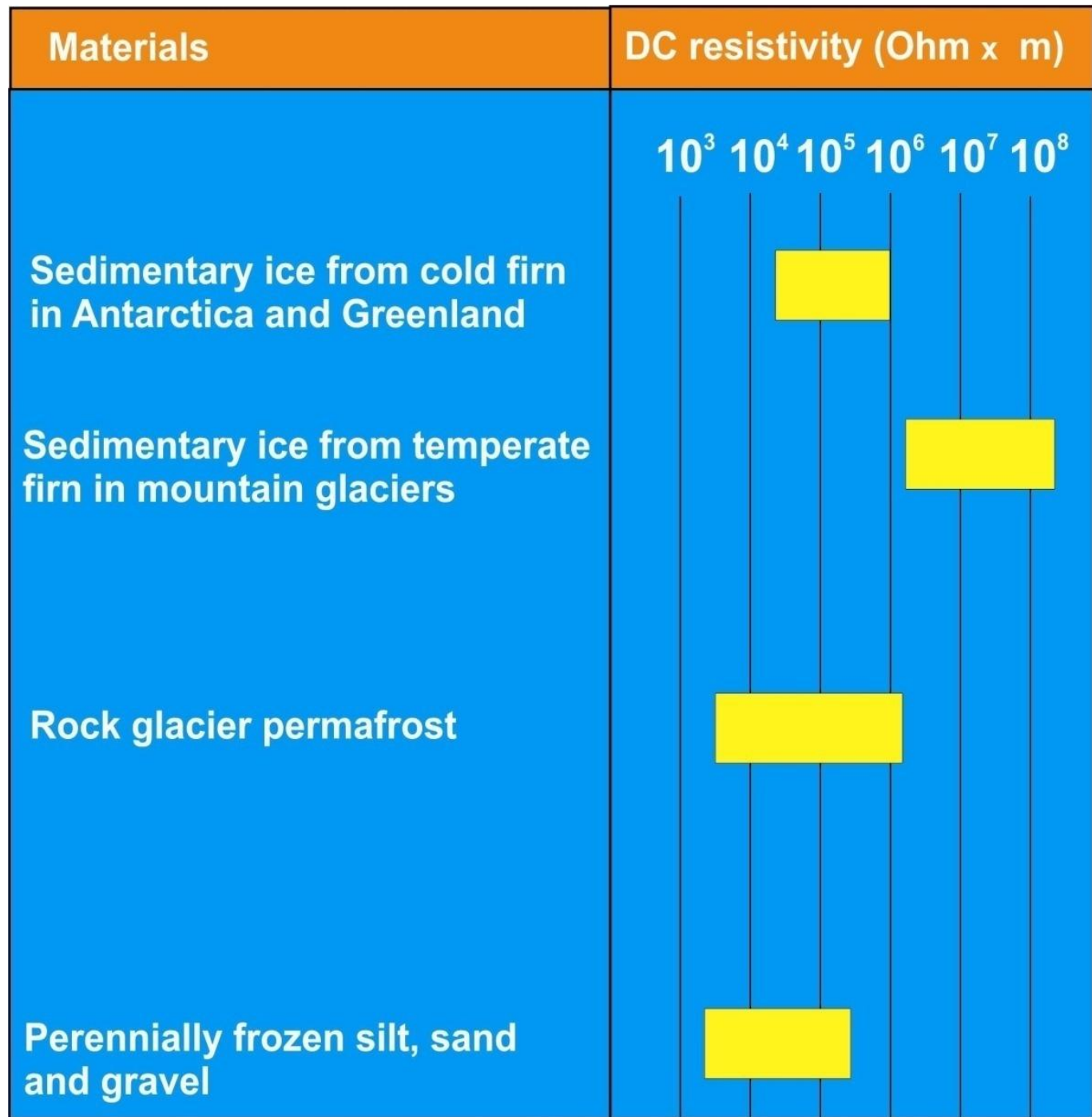
SGT – Surface Ground Temperature

Rock glacier Vej del Bouc - ERT profilo longitudinale

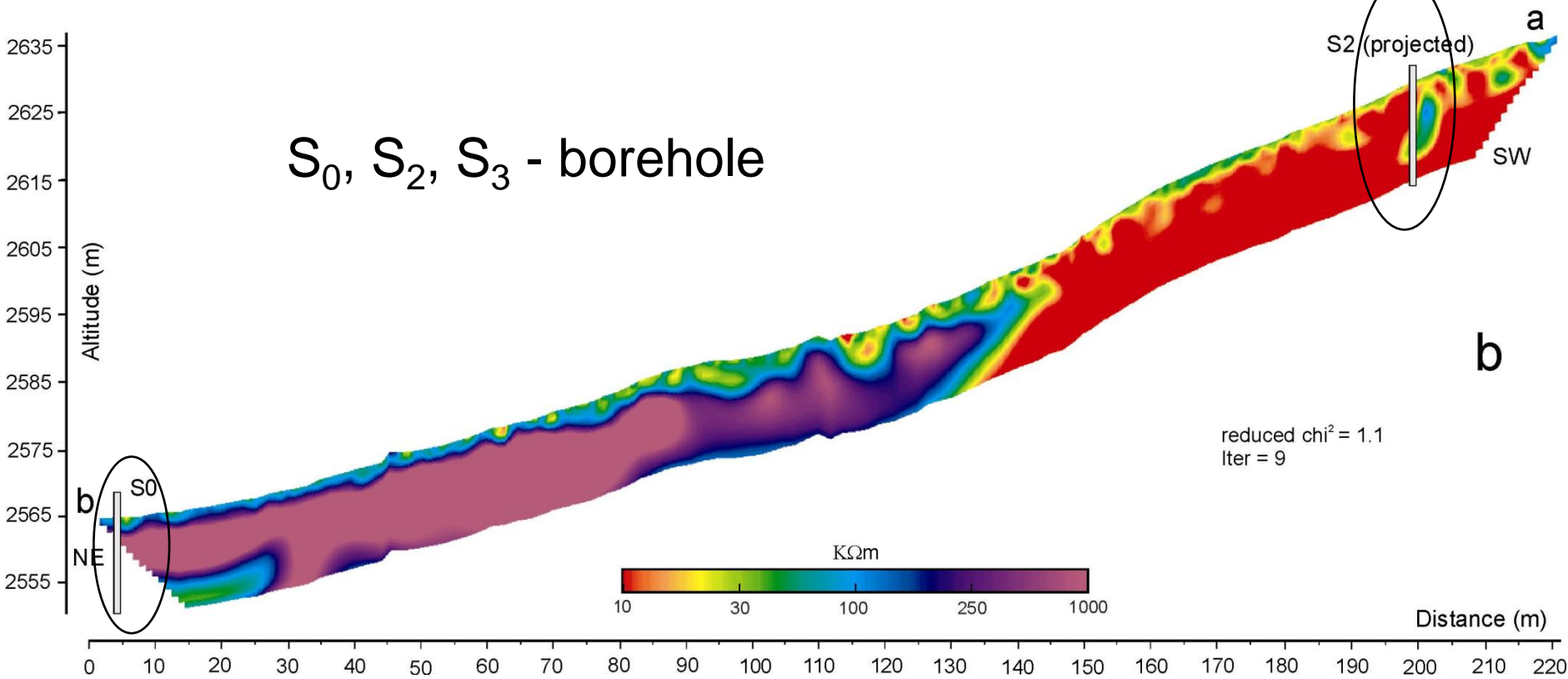
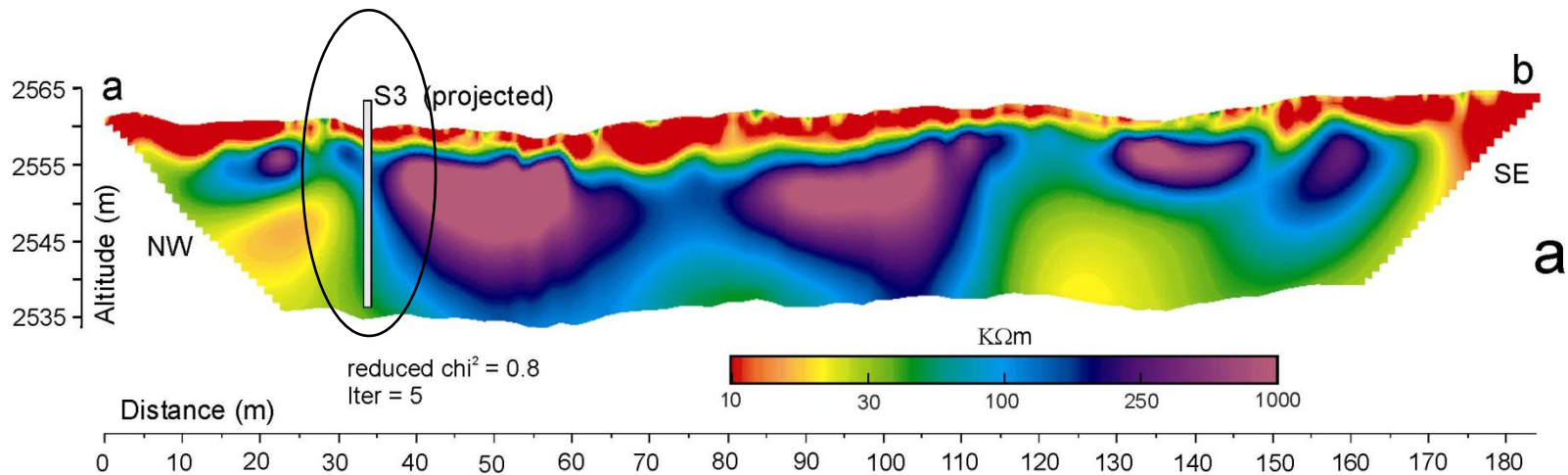


Prima dell'interpretazione è possibile effettuare una calibrazione resistività vs dati di sottosuperficie

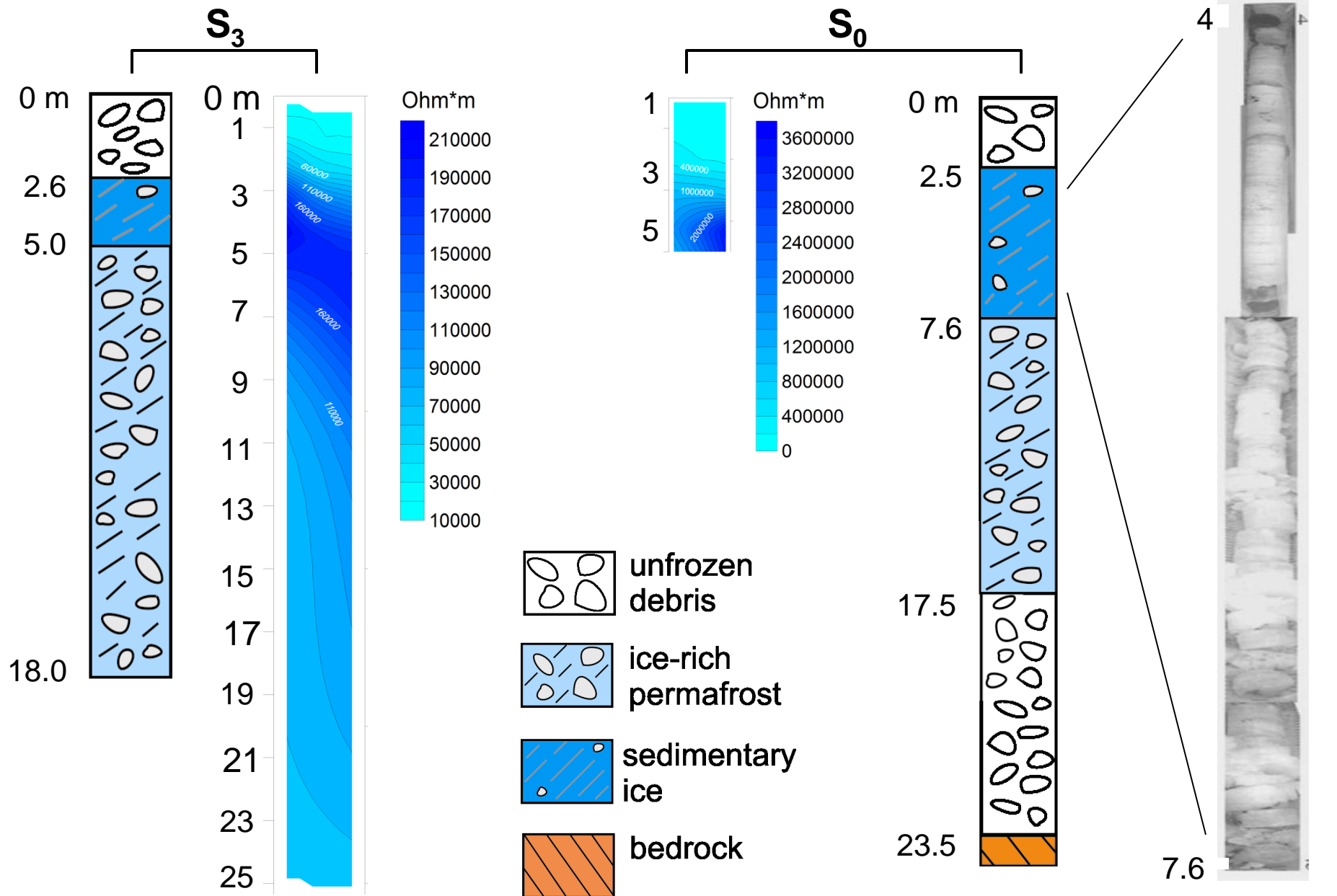
Haeberli and
Vonder Mühl,
1996, ZfG



Rock Glacier Foscagno – Alpi Centrali



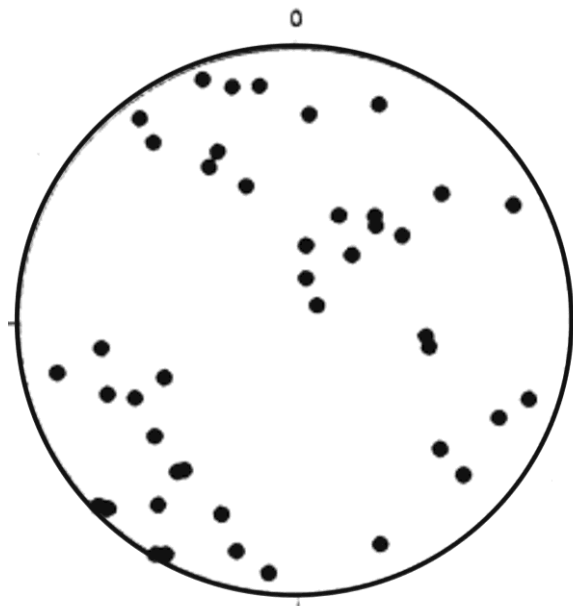
Resistività vs crio-stratigrafia



Rock glacier Schiantala (Alpi Marittime)

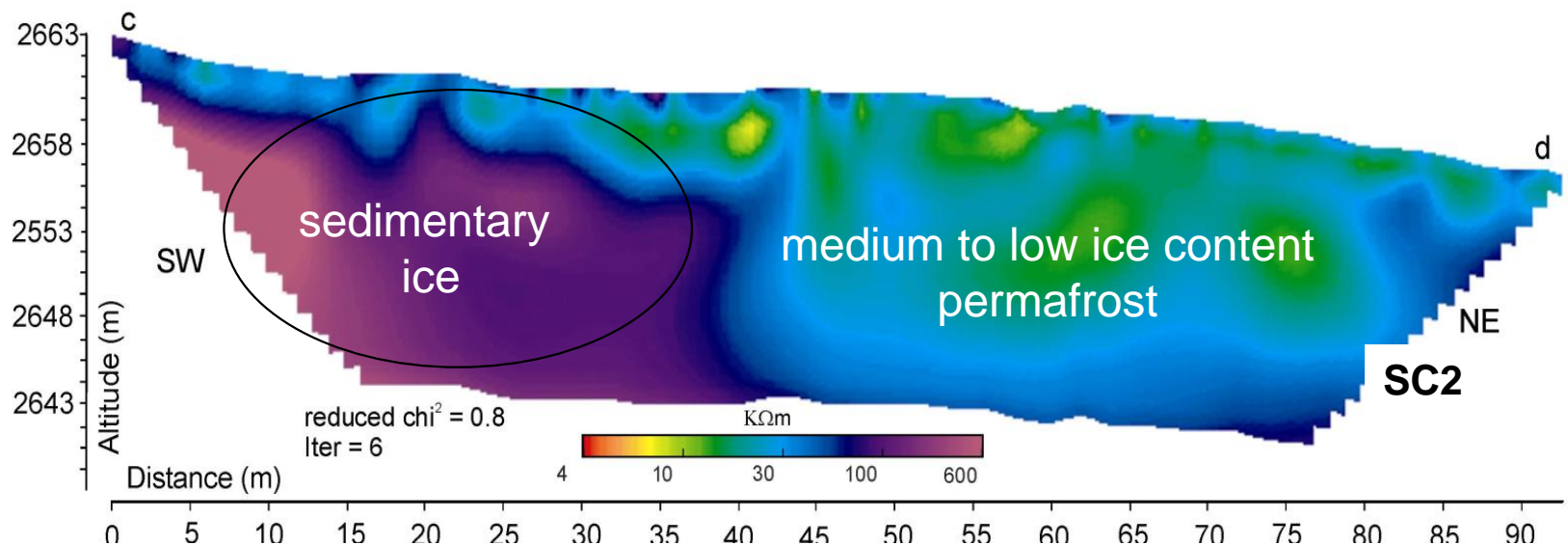
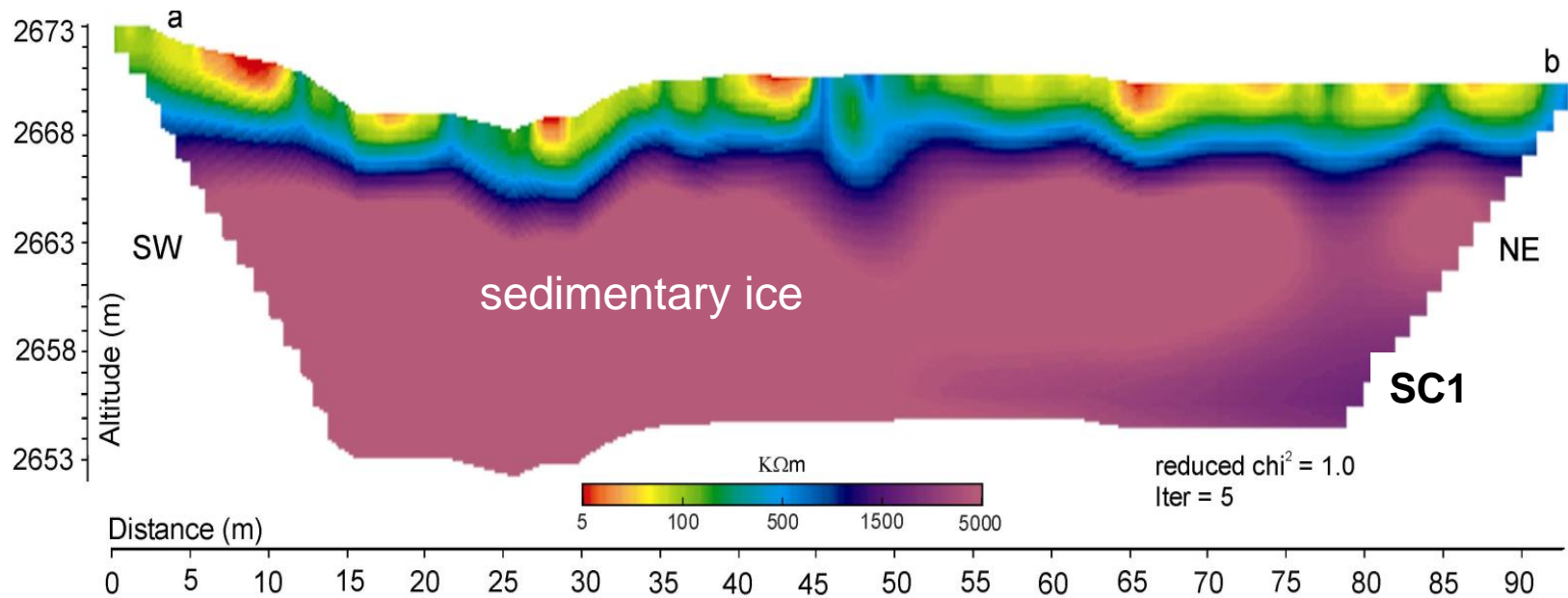


Thin section ice crystals



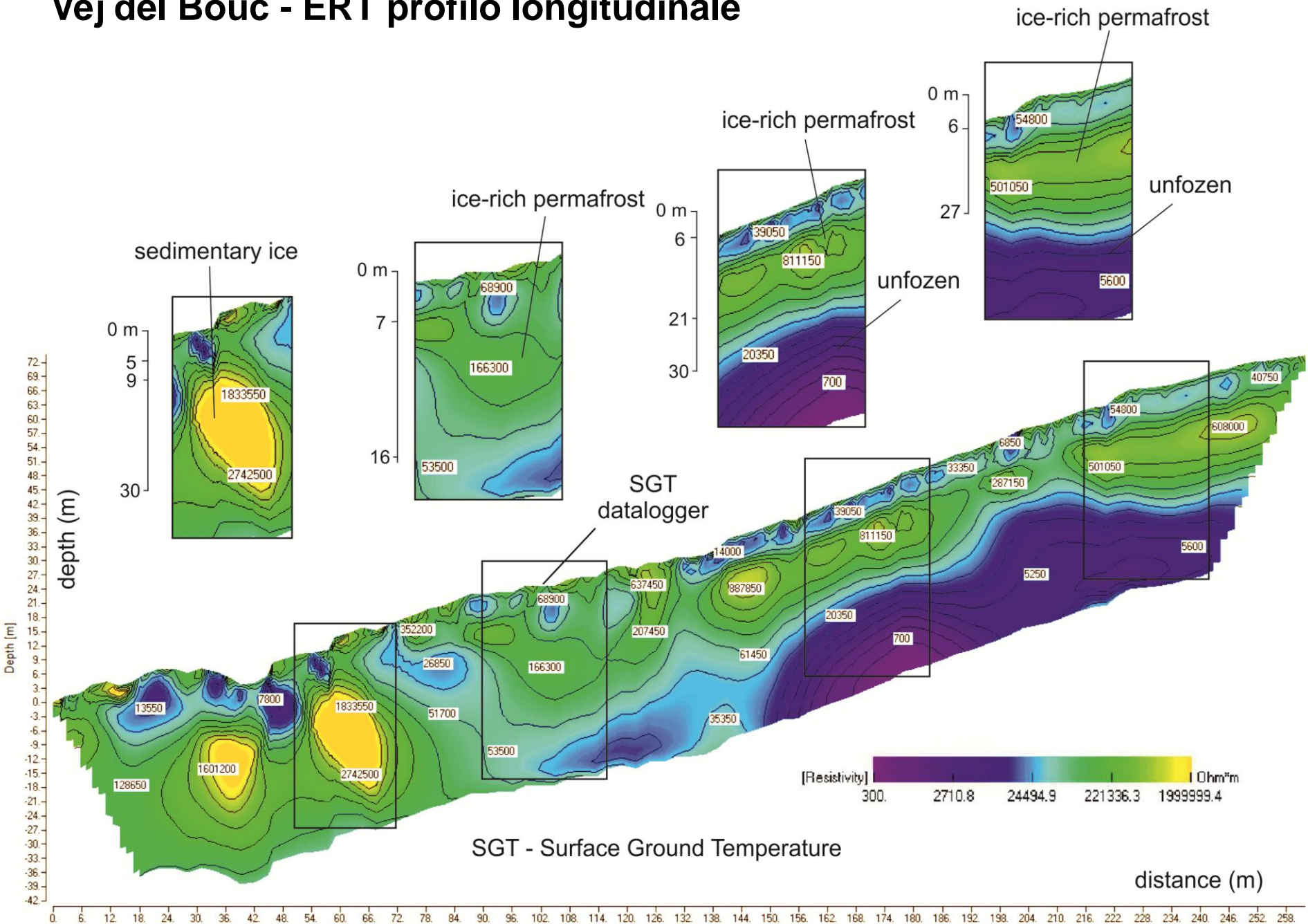
C axis poles at 245 cm depth

Rock glacier Schiantala (Alpi Marittime)



“...downvalley termination of the sedimentary ice intruded in the rock glacier”

Vej del Bouc - ERT profilo longitudinale



Rock Glacier Granero– Alpi Cozie

44°43'40"

44°43'40"

Lago Lungo
2370

44°43'00"

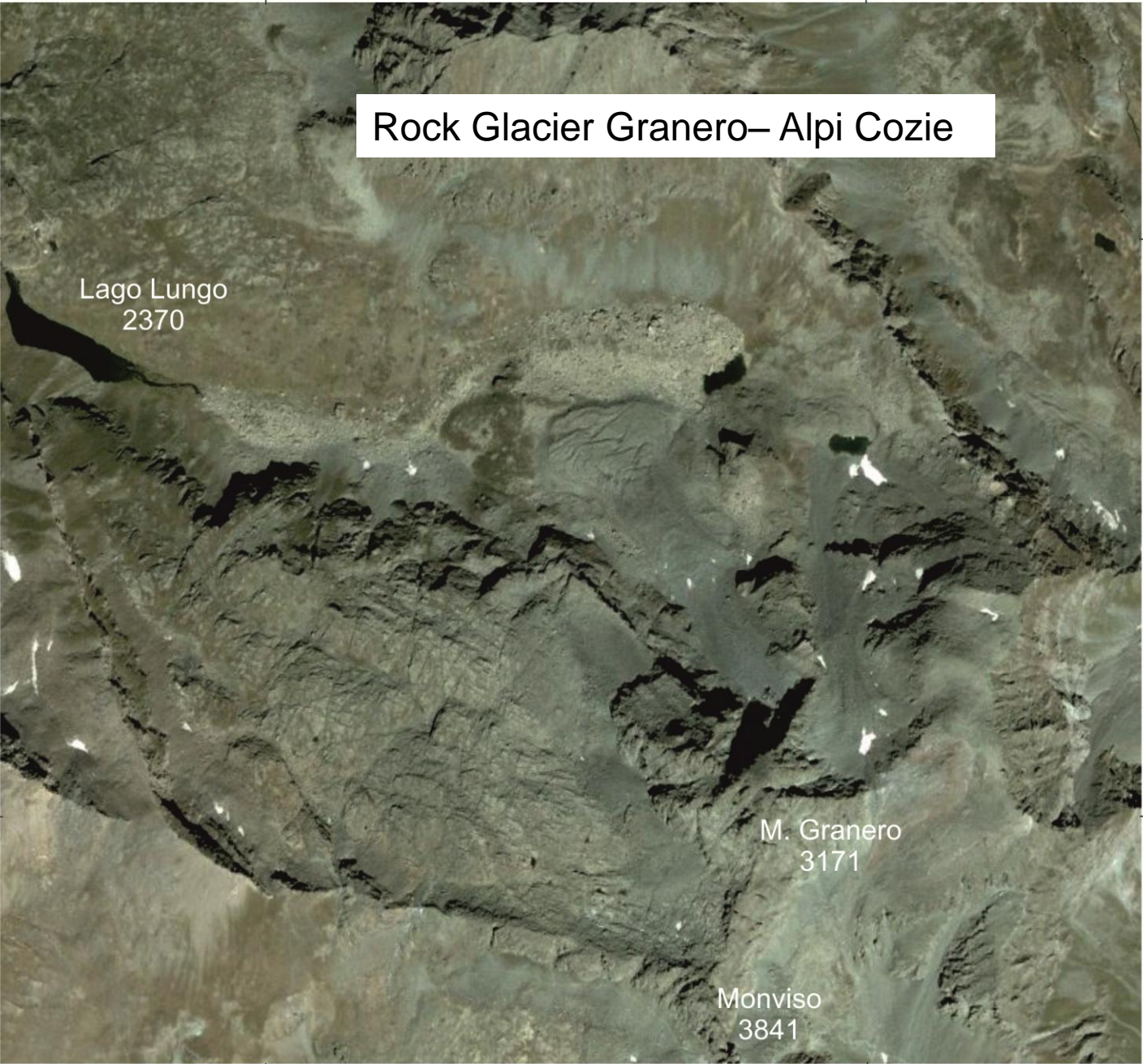
44°43'00"

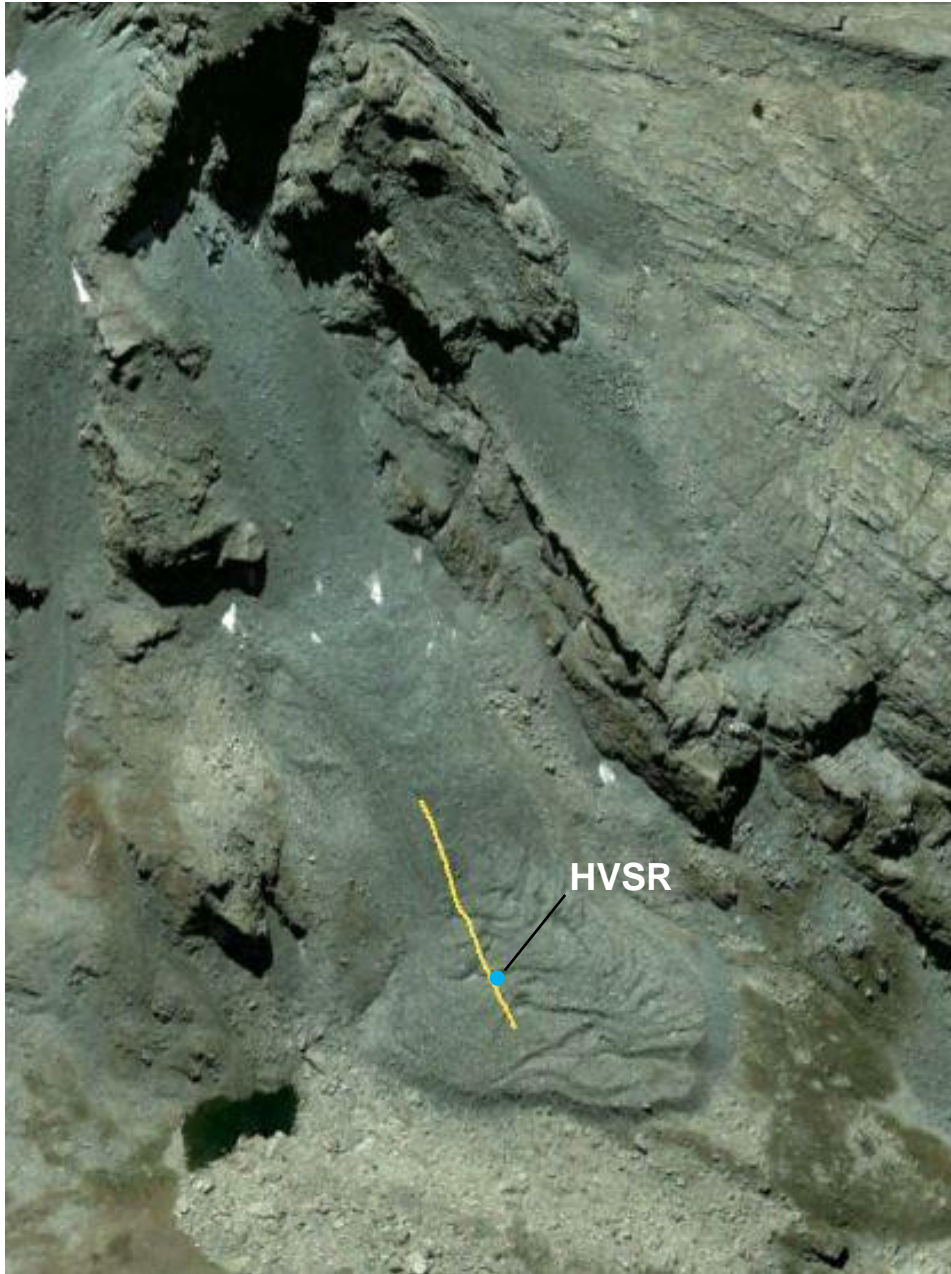
M. Granero
3171

Monviso
3841

07°03'07"

07°04'10"





— **ERT survey** (Agosto 2016)
1 profilo long. (220 m)

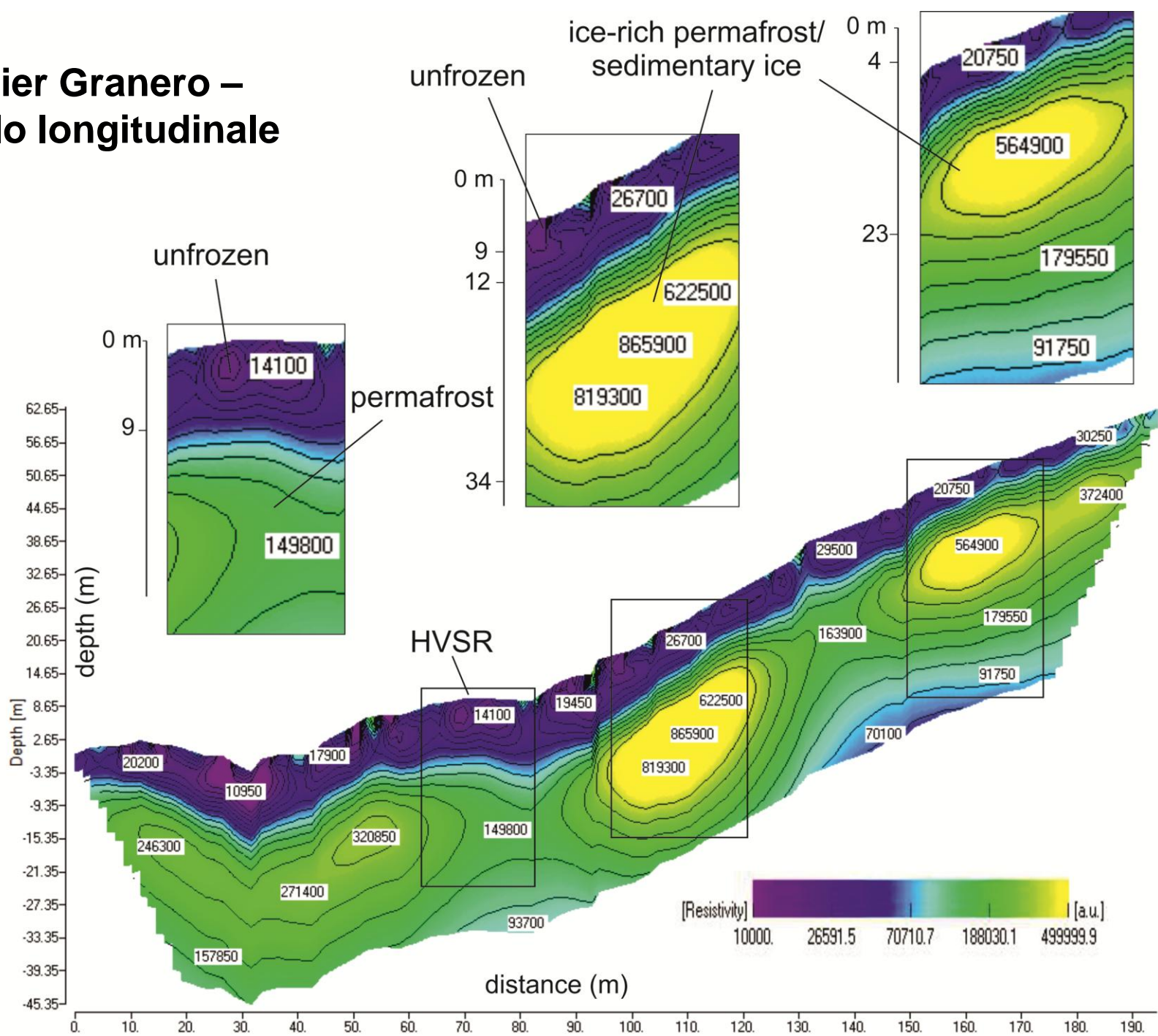
IRIS SYSCAL PRO Georesistivity Meter, 48 electrodes (spacing 3 m), electrode spread (array): Wenner, Dipole–Dipole, Pole–Dipole

● **HVSR survey** (Agosto 2016)

Tromografo TROMINO (Micromed), frequenza di campionamento 128 Hz, Tempo di misura 20 min (1200 sec). Software elaborazione: GRILLA™



Rock glacier Granero – ERT profilo longitudinale



HVSR - Horizontal to Vertical Spectral Ratio

Tecnica di sismica passiva che si basa sulla registrazione del “**rumore sismico**” (microtremore).

Impiega il rapporto fra le componenti verticali e orizzontali dello spettro (**H/V**) (Nakamura, 1989).

In presenza di forti contrasti di impedenza sismica nel sottosuolo la funzione H/V presenta dei massimi che corrispondono alla **frequenza di risonanza**. La frequenza di risonanza fornisce indicazioni sul rapporto fra la **velocità delle onde S** dello strato al tetto dello strato risonante e la profondità di quest'ultimo:

$$f_0 = V_s/4H$$

f_0 = frequenza di risonanza

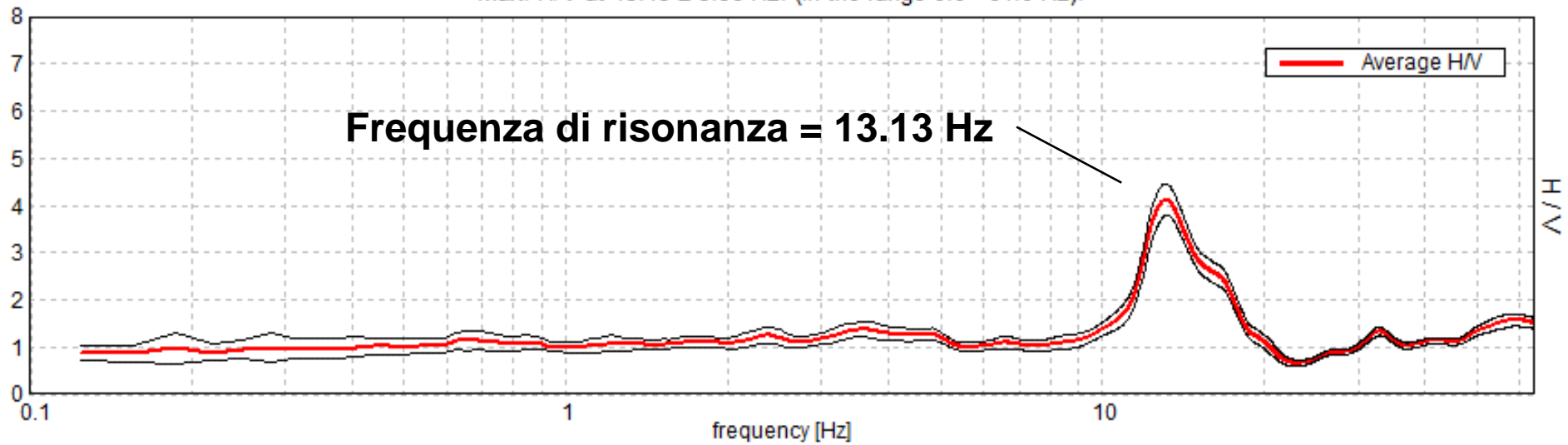
V_s = velocità onde S

H = profondità strato al di sopra
dello strato risonante

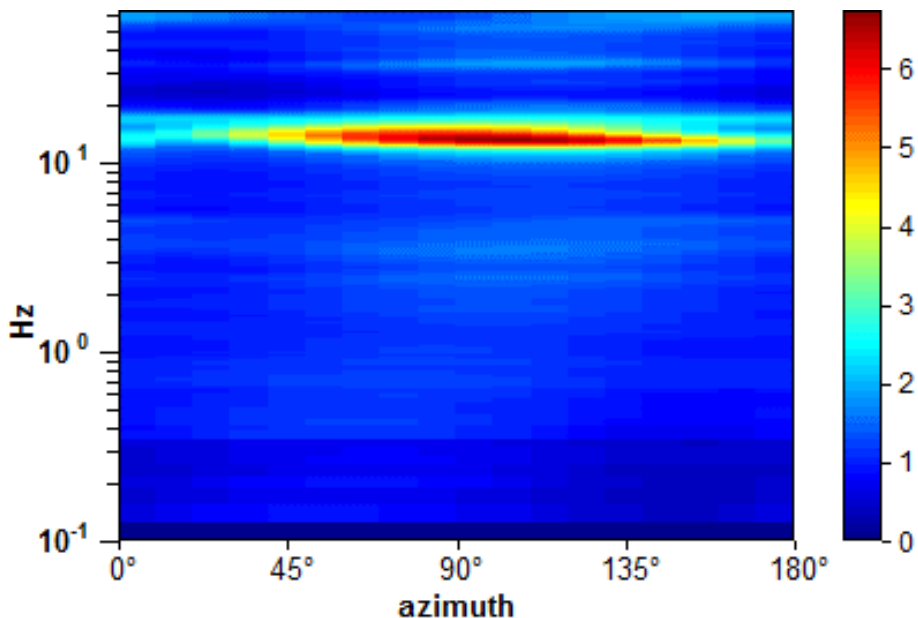
Rock glacier Granero –HVSR

Horizontal to vertical spectral ratio

Max. H/V at 13.13 ± 3.36 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

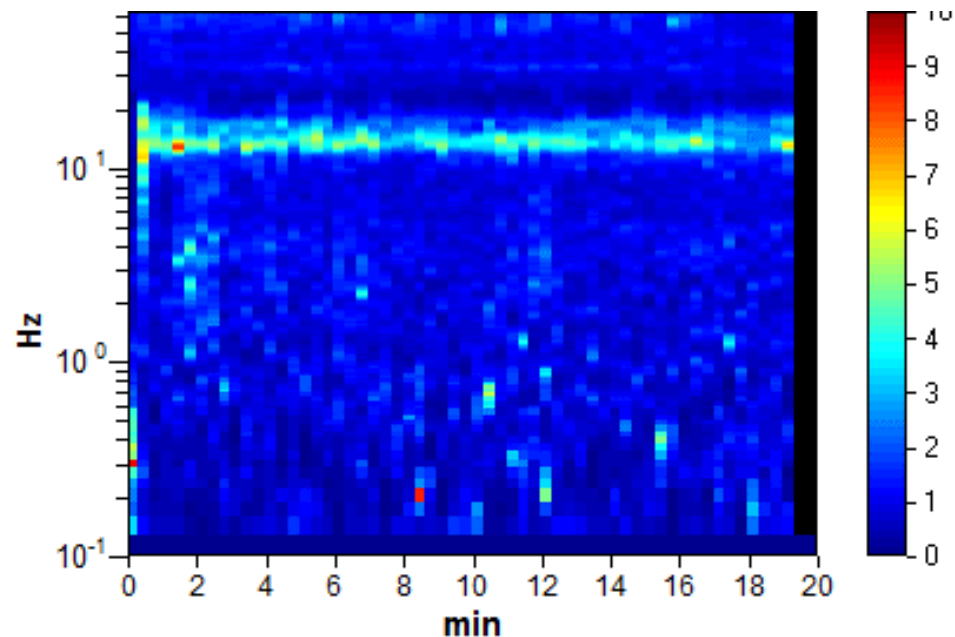


DIRECTIONAL H/V



I massimi H/V si distribuiscono su tutti gli azimuth. Non c'è direzionalità nel rumore registrato

H/V TIME HISTORY



La registrazione dei massimi di H/V è continua nel tempo di registrazione

H = 9

unfrozen

0 m

9

permafrost

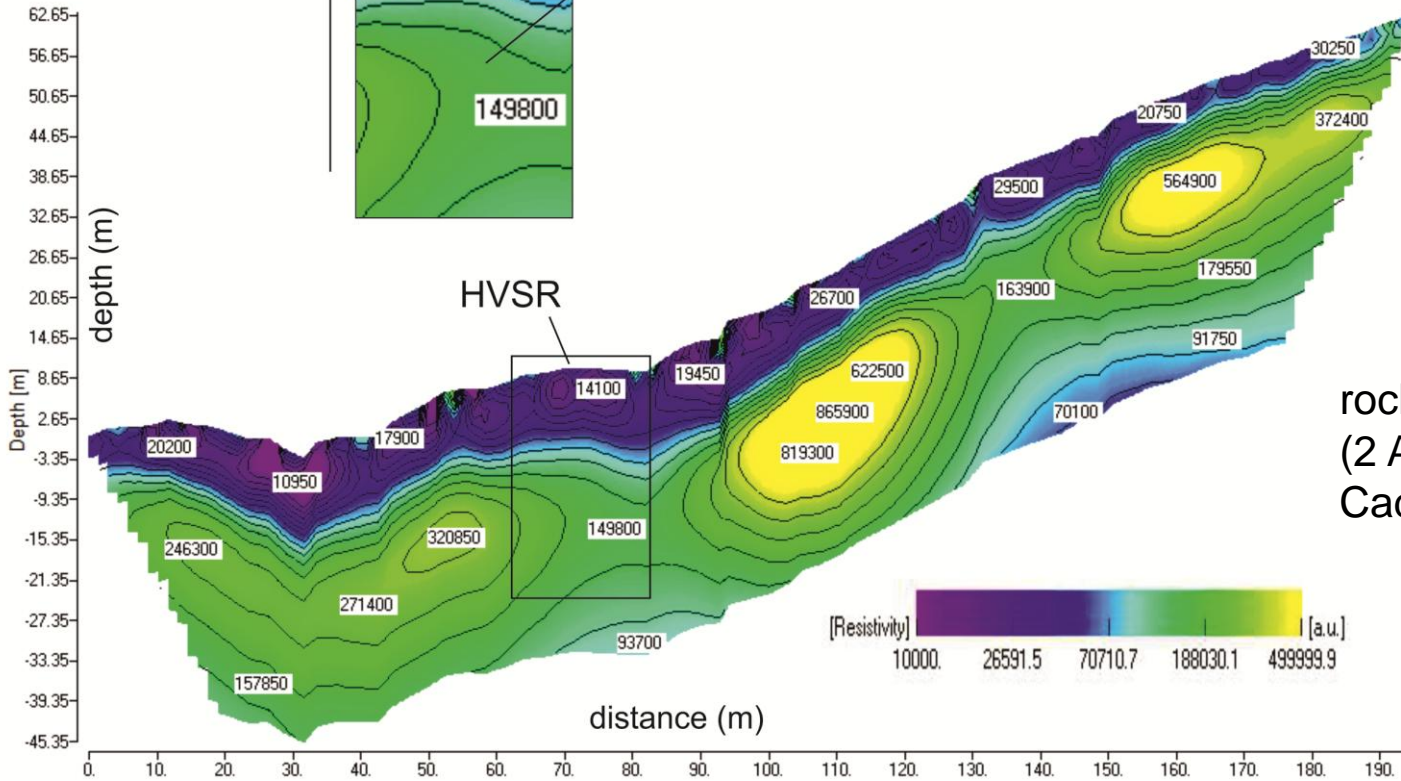
$$f_0 = V_s / 4H$$

$$f_0 = 13.13 \text{ Hz}$$

$$4H = 36 \text{ m}$$



$$V_s = 472.68 \text{ m/s}$$



rock glacier Bellecombes
(2 Alpes), V_s 200 m/s
Caded & Brenguier (2015)

Più misure lungo la linea ERT permettono di calcolare una V_s media, da usare per determinare lo spessore dello strato attivo in diversi punti del rock glacier

Conclusioni

- I **risultati geofisici** ottenuti sui rock glacier studiati hanno evidenziato l'esistenza di permafrost ricco in ghiaccio e possibili lenti di ghiaccio massivo (origine sedimentaria?)
- I risultati del rock glacier Vej del Bouc confermano l'esistenza di permafrost nelle Alpi Marittime, al margine meridionale della catena alpina
- **ERT** è il metodo più efficace nel rilevare l'esistenza di permafrost/lenti di ghiaccio massivo. Il **GPR** può rilevare stratificazioni interne al permafrost, oltre a determinare lo spessore dello strato attivo (è necessaria però un'analisi di V)
- **HVSR** può essere usato estensivamente per determinare lo spessore dello strato attivo, ma necessita di essere integrata con altre indagini

Sviluppi futuri

- Confrontare i risultati ottenuti con i dati fotogrammetrici per verificare lo stato di attività dei rock glacier
- Incrementare i punti di calibrazione resistività/GPR/HVSR con dati di sottosuolo
- Incrociare i dati ottenuti con quelli termici di superficie (**GST**) disponibili per il rock glacier Vej del Bouc, calcolando la variazione di spessore dello strato attivo attraverso le equazioni di conduzione del calore e la stima della diffusività termica

Grazie per l'attenzione

SINGLE COMPONENT SPECTRA

