



# Horské zalednění a změny přírodního prostředí v kvartéru

Zbyněk Engel

katedra fyzické geografie a geoekologie

# Katedra fyzické geografie a geoekologie, PŘF UK

- vznik 1991

## **Bakalářské studijní programy:**

- Aplikovaná geografie (Fyzická geografie a geoinformatika)
- Geografie – kartografie
- Geografie se zaměřením na vzdělávání

## **Magisterské studijní programy:**

- Fyzická geografie a geoekologie
- Krajina a společnost; Hydrologie a hydrogeologie

## **Doktorský studijní program:**

- Fyzická geografie a geoekologie

## **Vědecko-výzkumné zaměření:**

- Antropogenní procesy a jevy modelových lokalit a regionů.
- Fyzickogeografická hodnocení recentních procesů a jevů.
- Přírodní ohrožení a fyzickogeografické aspekty jejich rizik pro společnost.
- Vývoj přírodního prostředí a dynamika interakcí jeho složek.

## **Aktuálně řešené grantové projekty (GAČR):**

- Časová a prostorová dynamika hydrometeorologických extrémů v horských oblastech ČR
- Dálkové vazby – hlavní stavební kameny atmosférické cirkulace
- Snižuje rostoucí koncentrace CO<sub>2</sub> citlivost evropských temperátních jehličnatých lesů?
- Vliv sezónní sněhové pokrývky na letní minimální průtoky: důsledky klimatických změn na hydrologické sucho
- Vývoj strukturních půd a jejich paleogeografický význam pro rekonstrukci přírodních podmínek střední Evropy v kvartéru

# Doc. RNDR. Zbyněk Engel, Ph.D.

## **VŠ vzdělání:**

- Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, doktorské studium (2003), habilitační řízení (2017), obor fyzická geografie

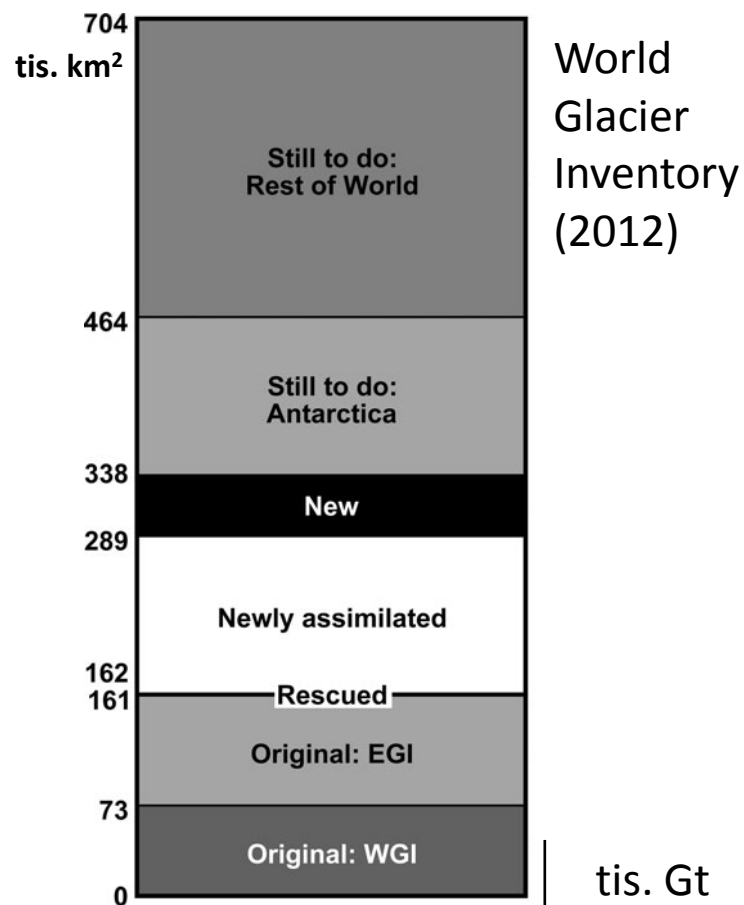
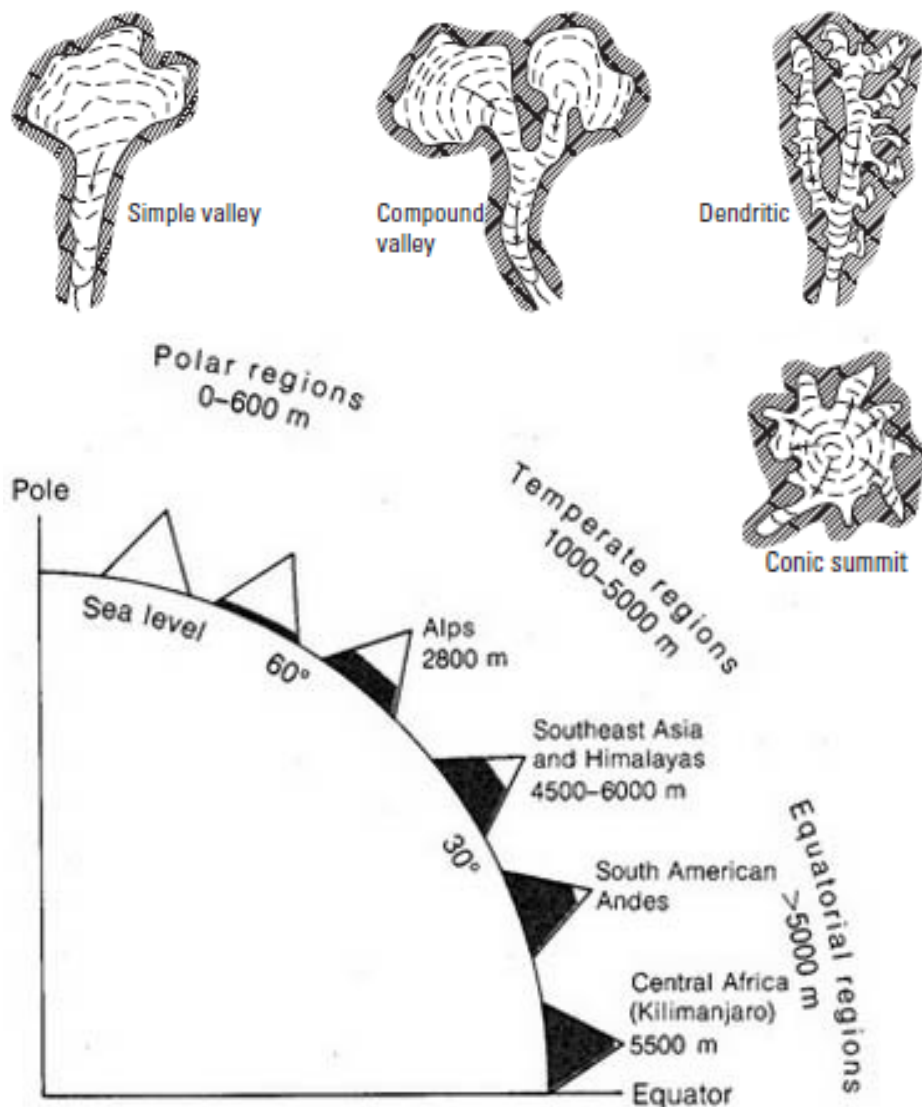
## **Profesní zkušenosti:**

- 2001-4: Výzkumné centrum dynamiky Země
- od r. 2004: Katedra fyzické geografie a geoekologie, PŘF UK
- 2010-14: Centrum polární ekologie, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- 2013-17: Grantová agentura ČR

## **Výzkumné zaměření:**

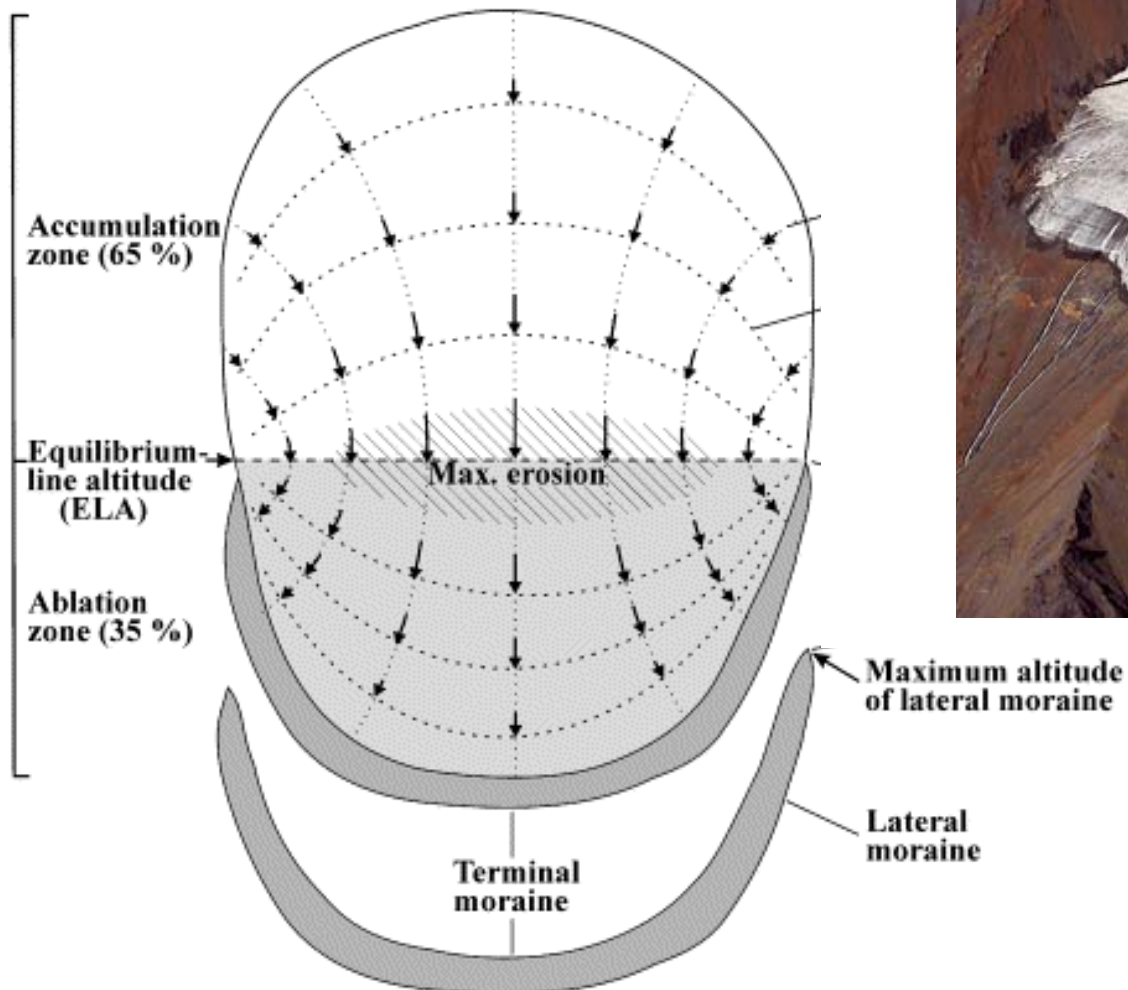
- vývoj reliéfu Českého masívu v kvartéru
- recentní změny zalednění horských a polárních oblastí (Andy, Ťan-Šan, Vysoké Tatry, ostrov Jamese Rosse, Svalbard)

# horské ledovce na Zemi

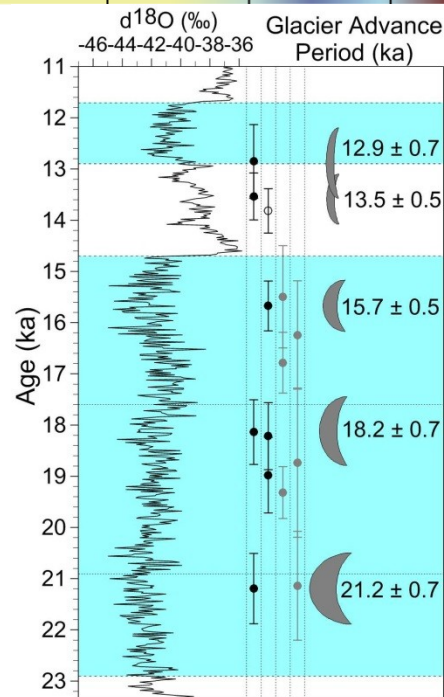
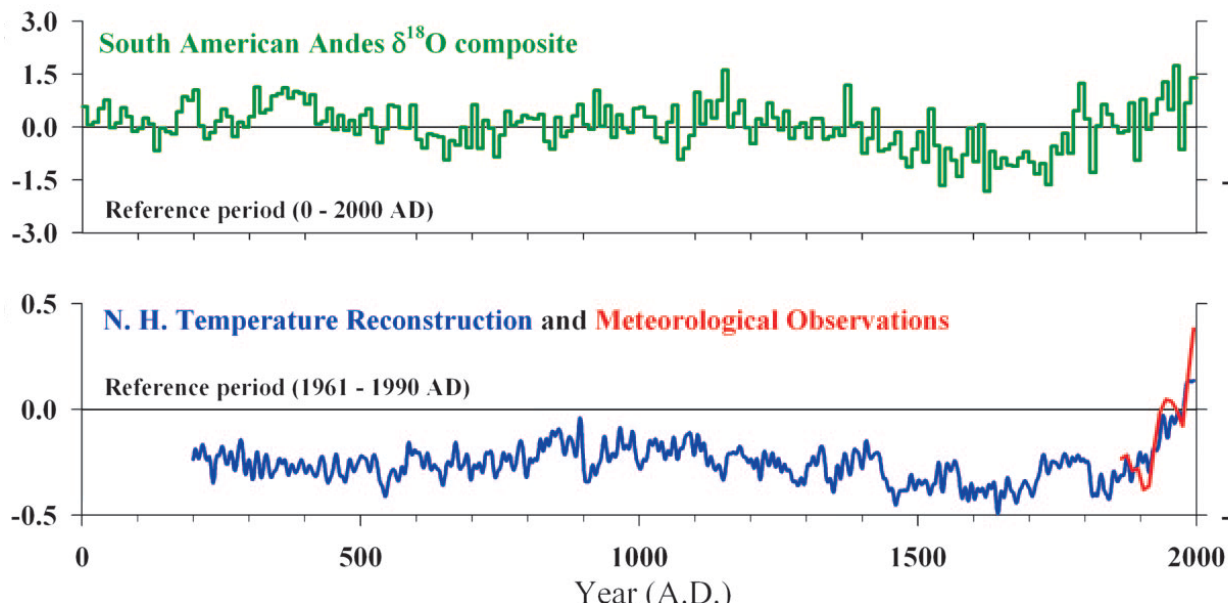
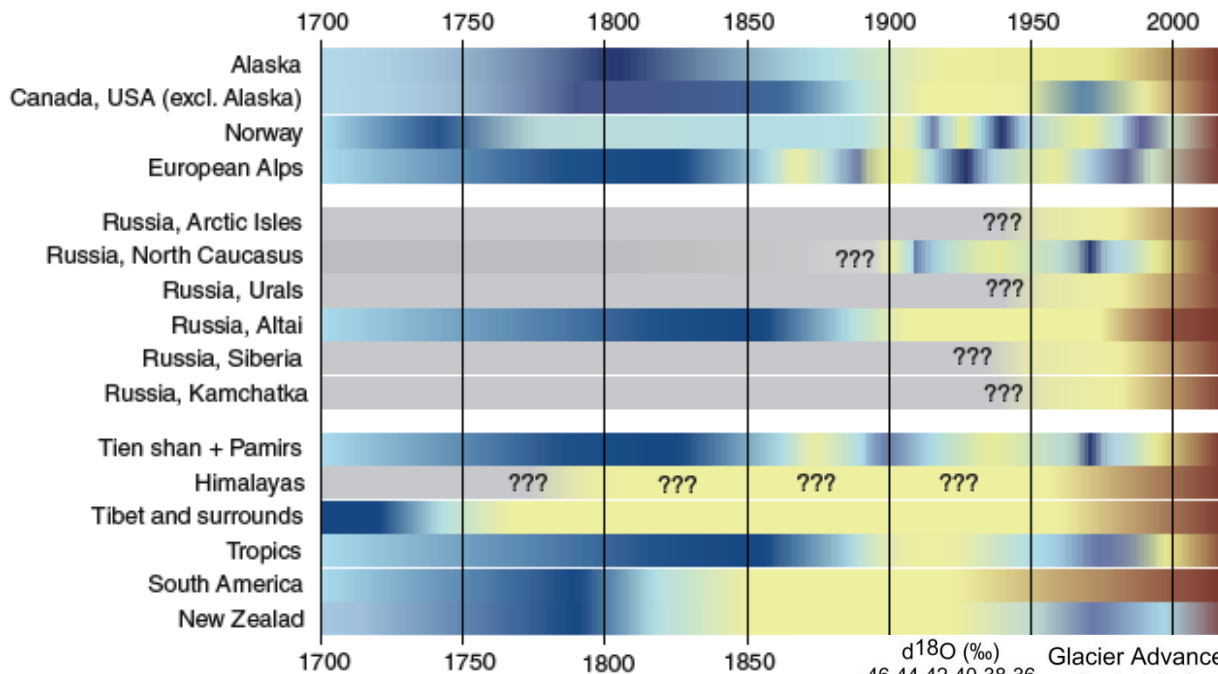
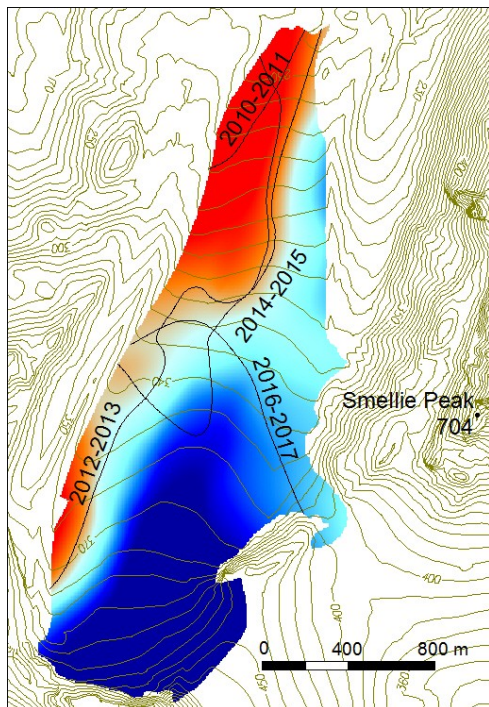


	tis. Gt
Marzeion & al. (2012)	169
Huss & Farinotti (2012)	153 ± 21
Grinsted (2013)	127 ± 25
Radić & al. (2014)	147

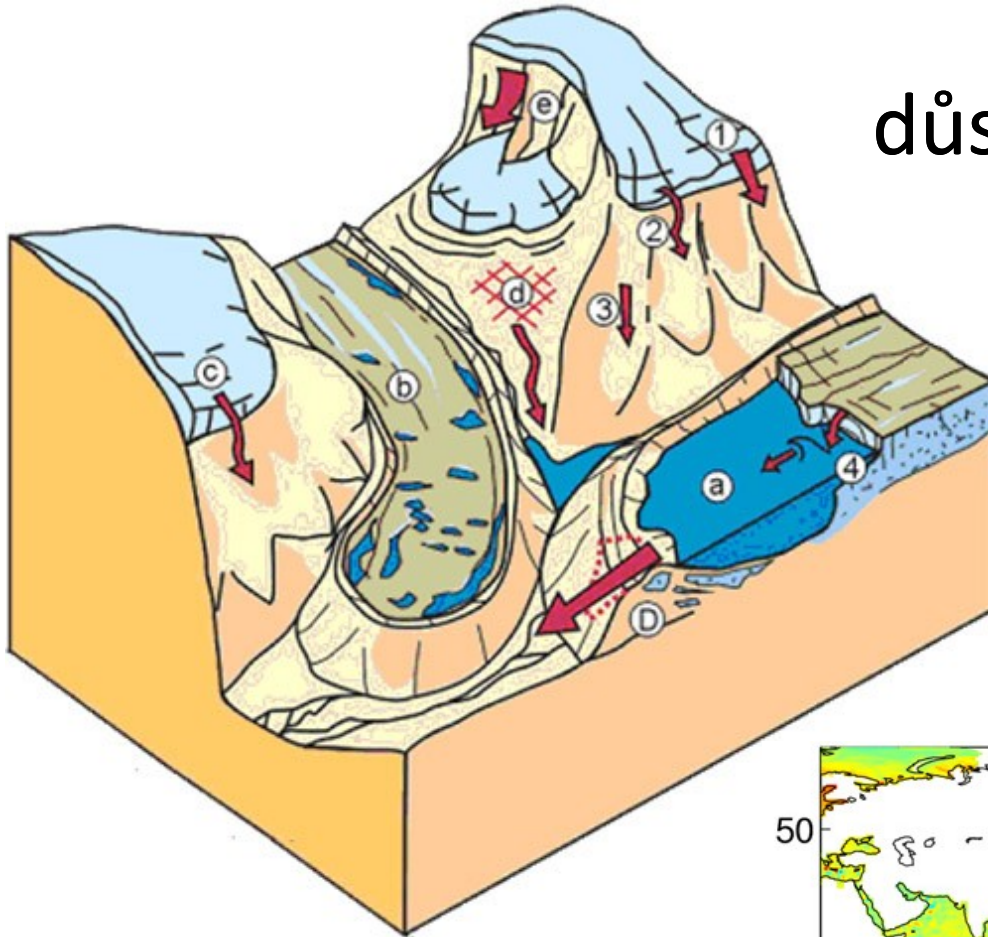
# bilance ledovcové hmoty



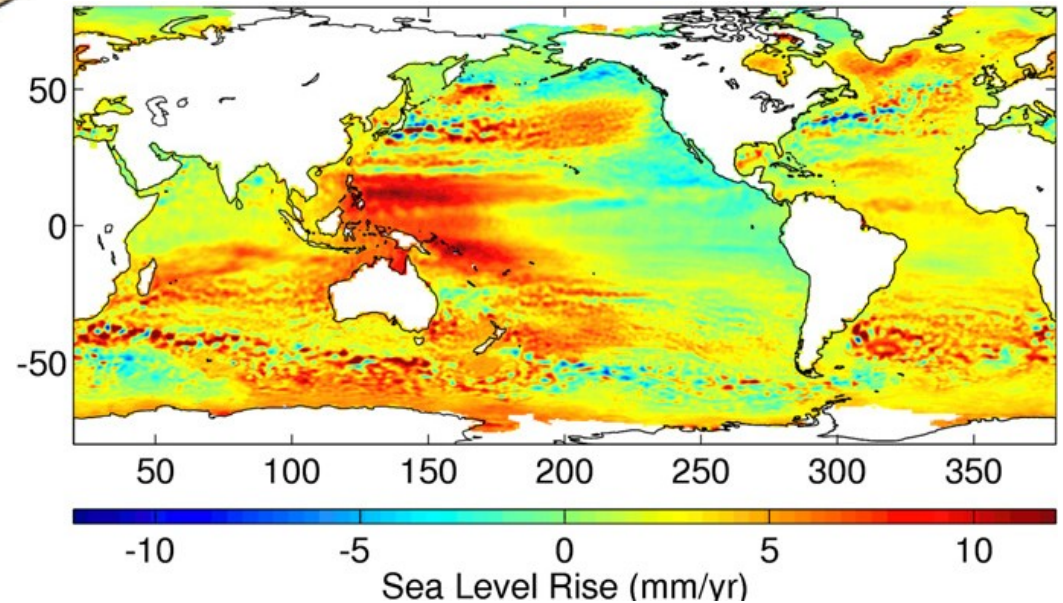
- rovnovážná linie
- délka ledovce



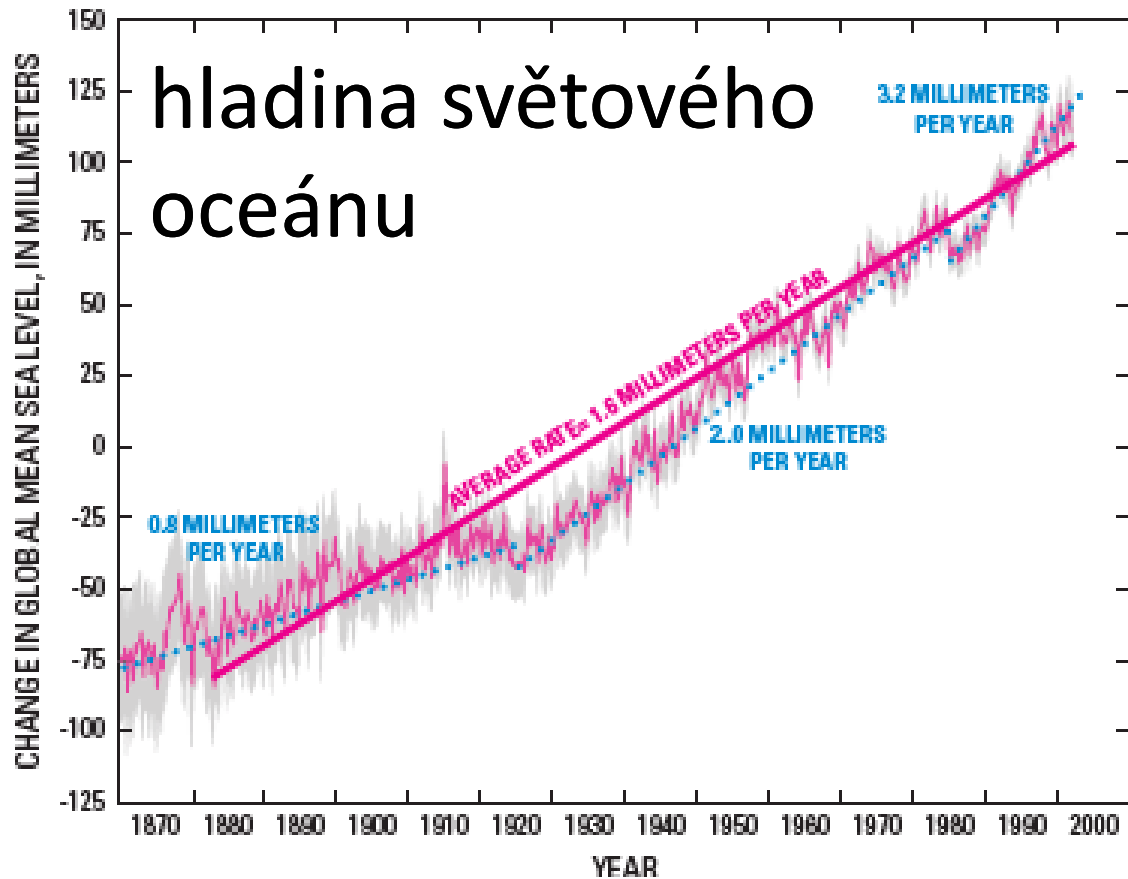
# důsledky tání ledovců



- hydrologické změny (přírodní zdroje)
- rizikové procesy
- světový oceán





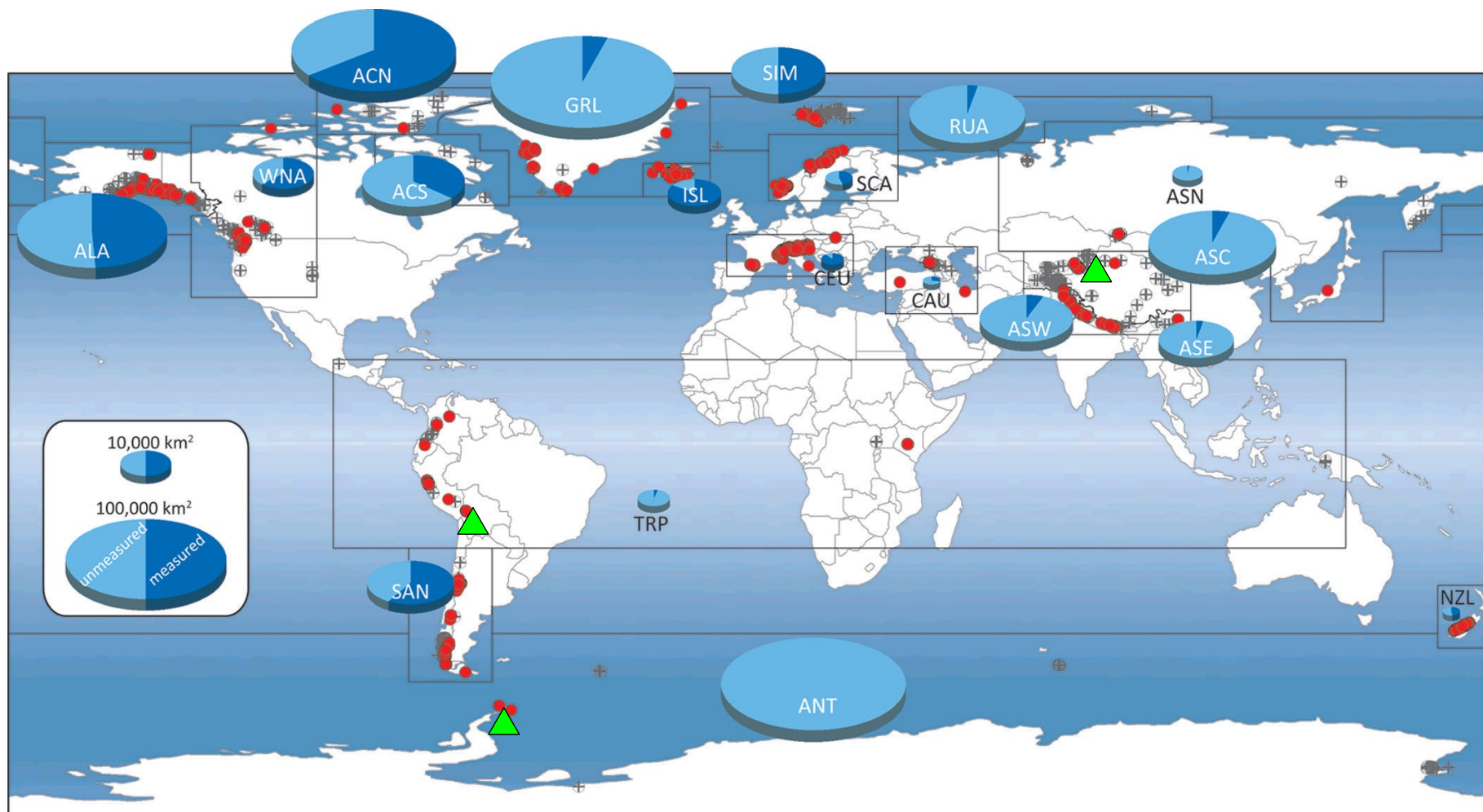


- nedostatečné zastoupení regionů, velkých ledovců
- neznámé velikostní rozdělení
- nepřesná rozloha, objem ledovců

Rate of rise in sea level  
(millimeters per year)

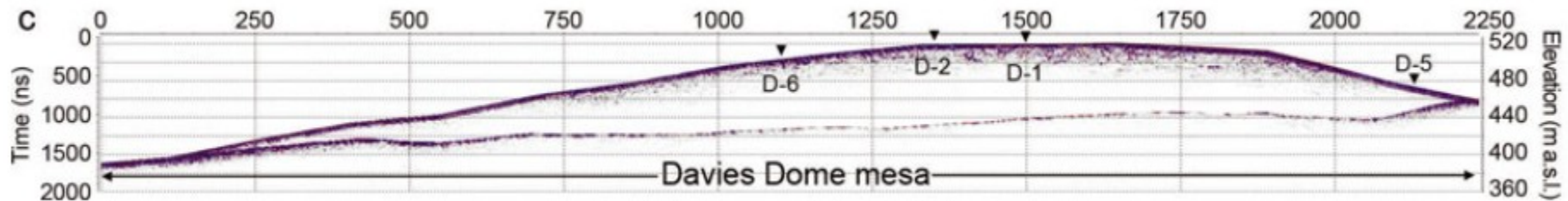
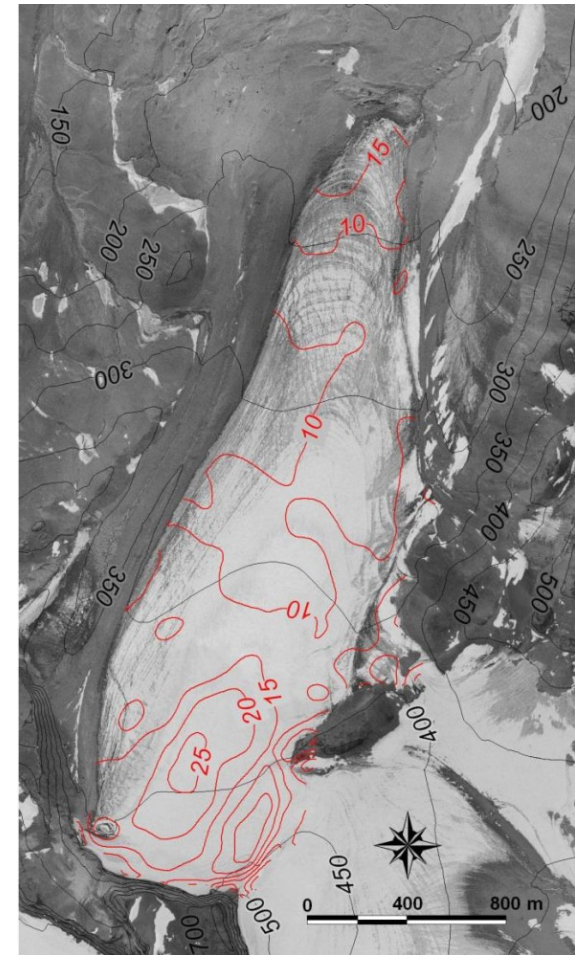
	1961–1993	1993–2003
Thermal expansion	0.42 ± 0.12	1.6 ± 0.5
Non-ice-sheet glaciers	0.50 ± 0.18	0.77 ± 0.22
Greenland ice sheet	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Antarctic ice sheet	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35

# Recentní změny ledovců a glaciálního reliéfu



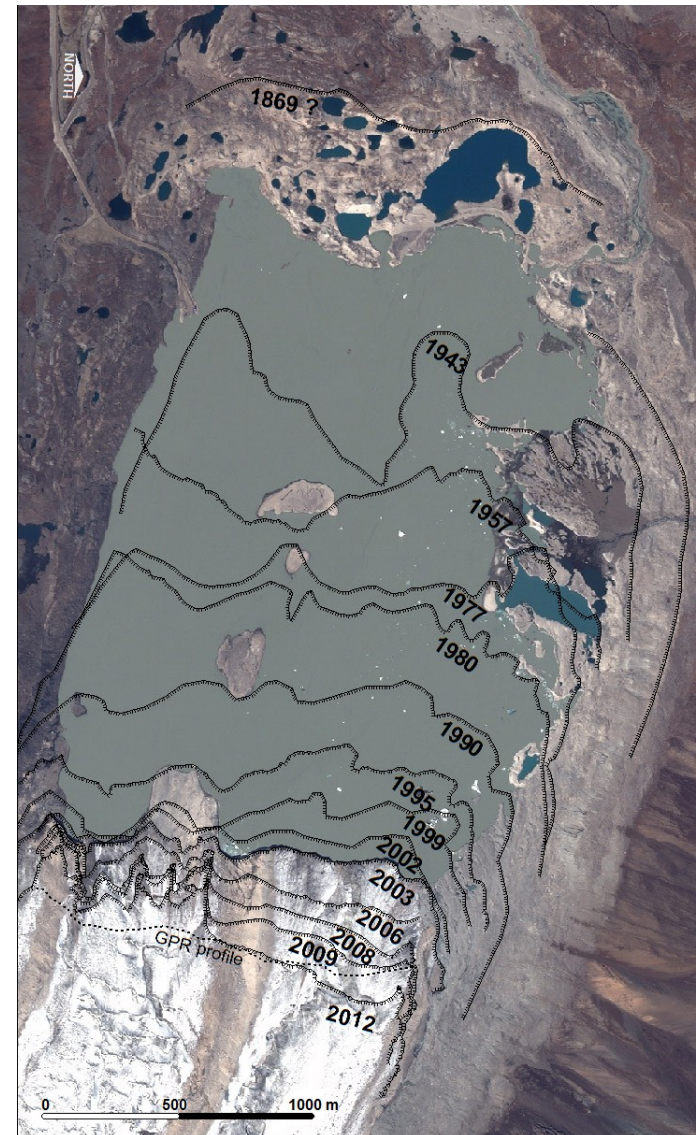
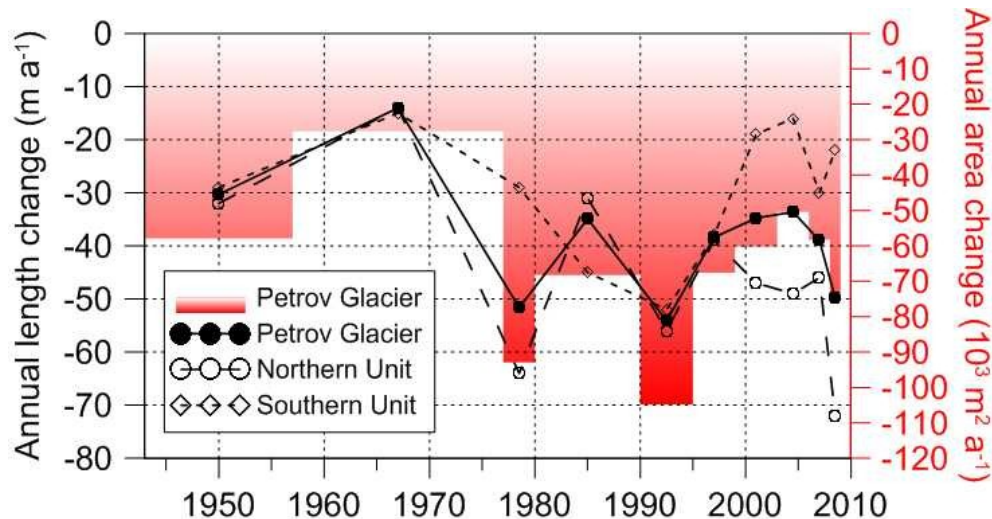
# Okrajová část Antarktidy

- nárůst teplot vzduchu od pol. 20. stol.:  $2,5^{\circ}\text{C}$  (Turner & al., 2005)
- Engel & al. (2012a):
  - prostorové modely ledovců a subglaciálního reliéfu
  - průměrný roční úbytek rozlohy ledovců 0,4–0,8% (1979–2006)
  - zánik ledovců za  $\sim 100\text{--}250$  let při zachování současného trendu



# Centrální Ťan-Šan

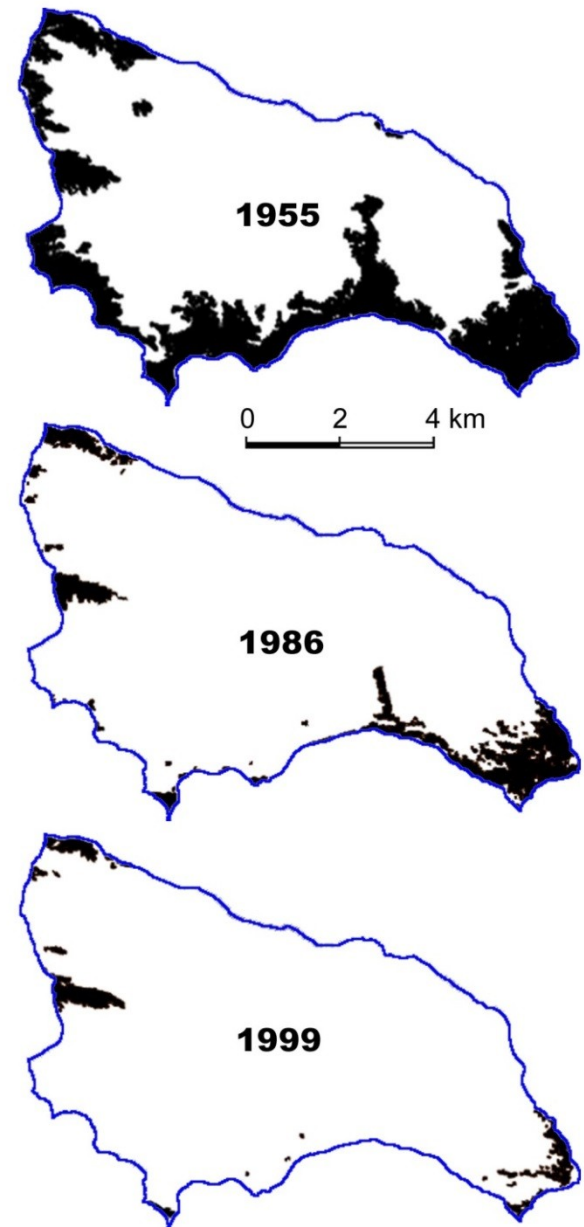
- nárůst letní teploty vzduchu od r. 1930:  $0,9^{\circ}\text{C}$  (Aizen & al., 2007)
- Engel & al. (2012b):
  - nejrychlejší ústup ledovce 1990–95
  - korelace změn délky s  $\Delta$  teplotou ablační sezóny (1930–1997)



# Tropické Andy

- nárůst letní teploty vzduchu od r. 1939: 0,7°C (Vuille & al., 2008)
- Janský & al. (2011):
  - 60% úbytek plochy svahových ledovců (1955–2000)
  - zánik ledovců na počátku 20. století
  - výskyt sněžníků nad hranicí 5400 m n.m.

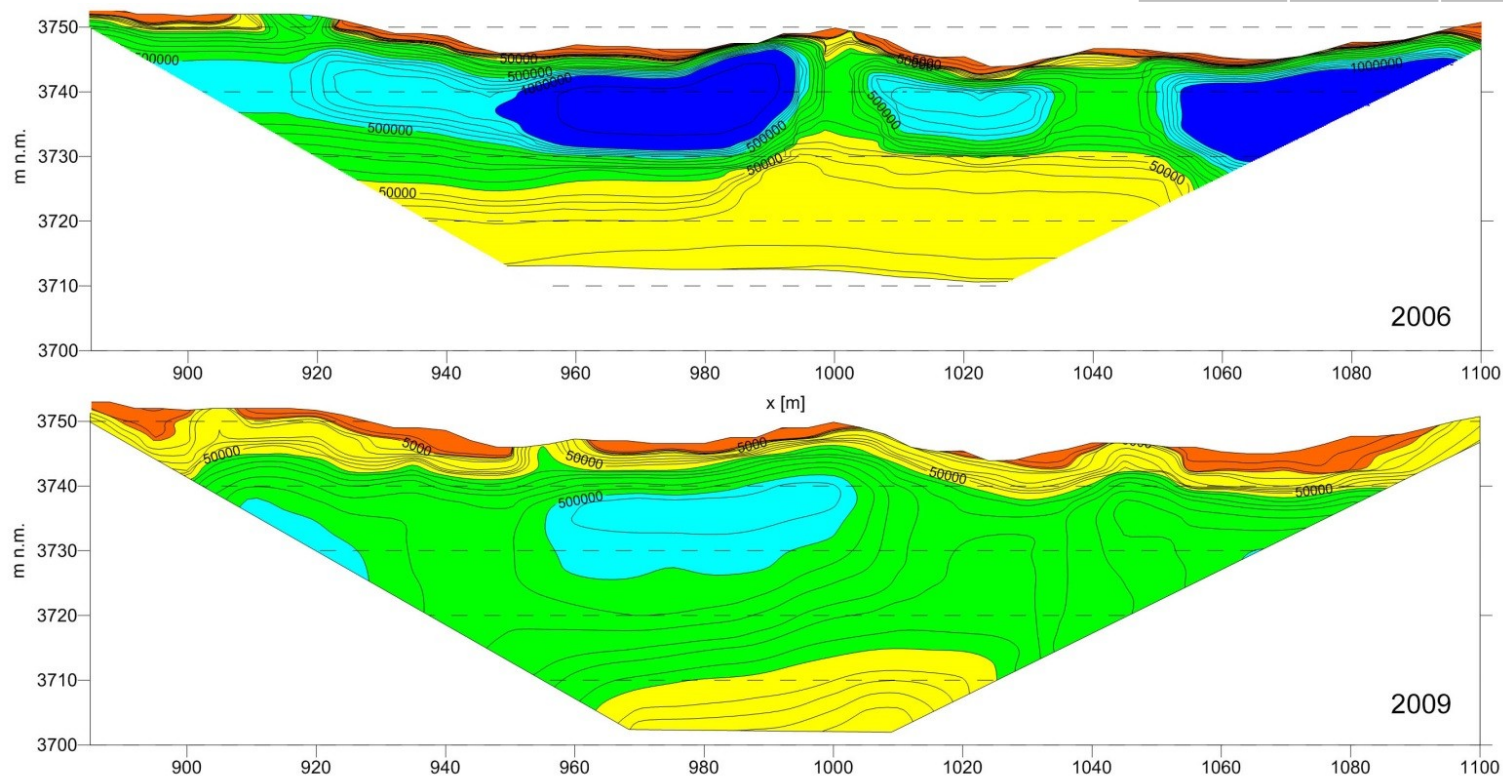
Glacier	Area (km <sup>2</sup> ):				Maximum altitude (m)	Orientation
	1955	1986	2000	2007		
Mismi	0.57	0.50	0.45	–	5628	NW
Chayco	0.72	–	–	–	5200	NW
Quehuisha	0.97	0.20	0.20	–	5358	N
Calomoroco	0.42	–	–	–	5340	NE
Ccaccansa	0.66	0.60	0.51	–	5435	S
Cututi	0.50*	0.40	0.38	–	5360	S
Total	3.84	1.70	1.54	0.00		



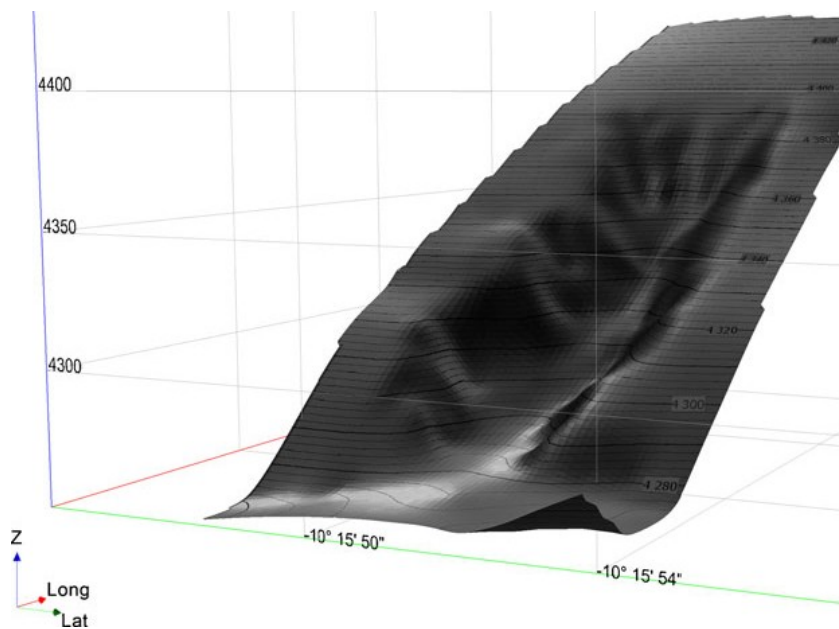
# Změny reliéfu v proglaciální zóně

- Janský & al. (2009), Engel & al. (2012b):
  - růst plochy a objemu proglaciálních jezer
  - tání ledových jader morénové hráze
  - prohlubování termokrasových depresí

Year	Area [km <sup>2</sup> ]	
	Total	Per year
1943	0.85	-
1957	0.96	0.008
1978	1.63	0.032
1980	1.83	0.100
1995	2.78	0.063
2003	3.66	0.110
2006	3.80	0.047
2008	3.88	0.037
2009	3.94	0.059



# Geomorfologický výzkum glaciálního reliéfu



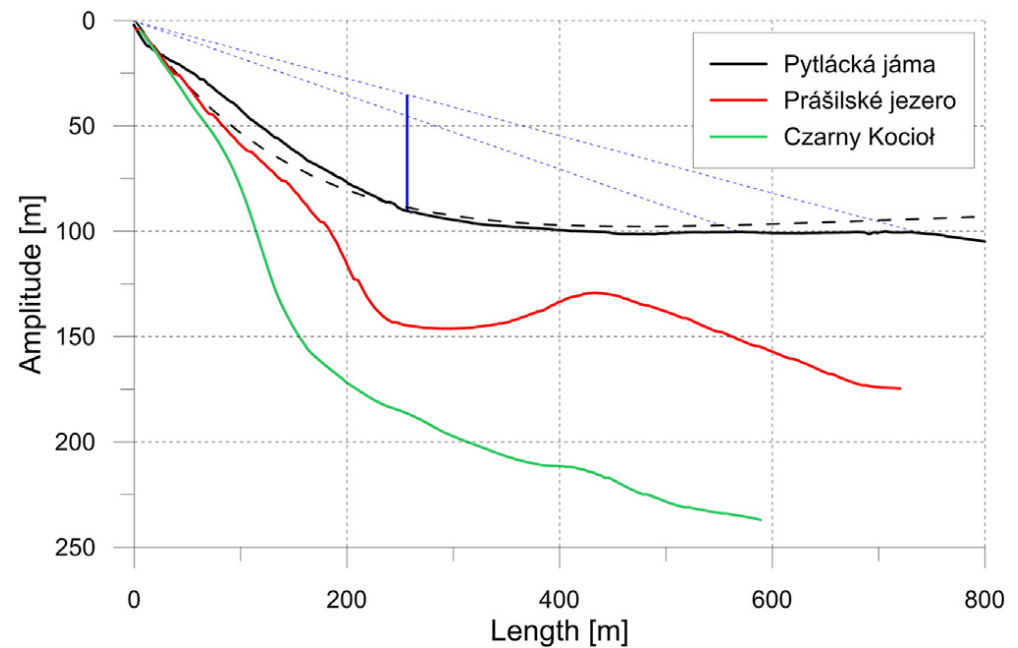




# geneze svahových depresí

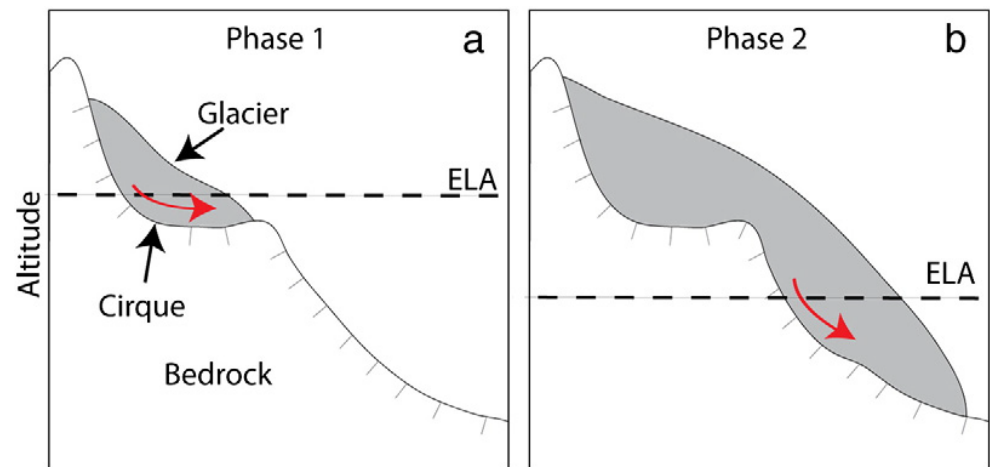
Mîndrescu & Evans (2014)

Engel & al. (2017)



# rekonstrukce rozsahu zalednění a paleoklimatických podmínek

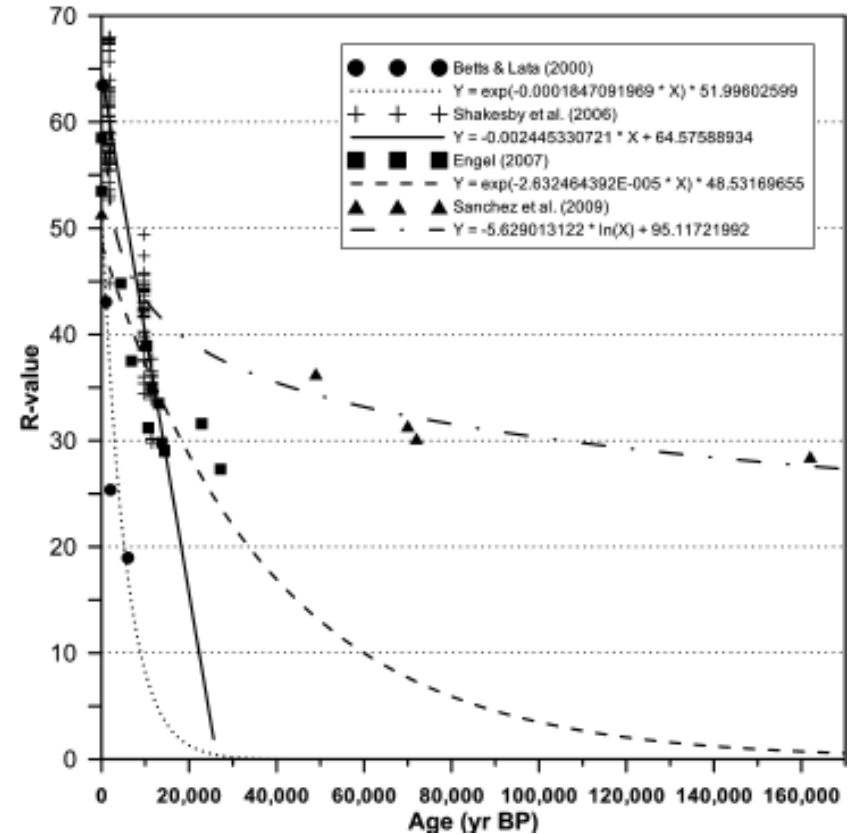
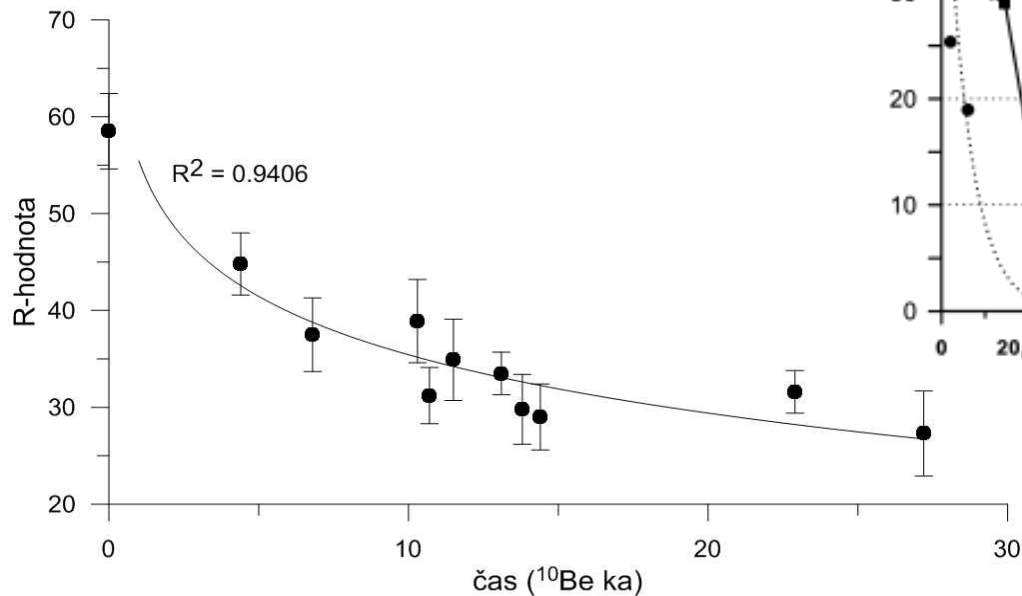
Barr & Spagnolo (2013, 2015)



# Datování glaciálních tvarů reliéfu

Engel (2007), Černá & Engel (2011)

- geochronologická interpretace
- nelineární vztah R-hodnota/  
expoziční stáří
- pokles rozlišení metody  
s narůstajícím stářím povrchu



# datování periglaciálních, glaciálních a fluviálních tvarů reliéfu

Böhlert & al. (2011)

Kłapyta (2013)

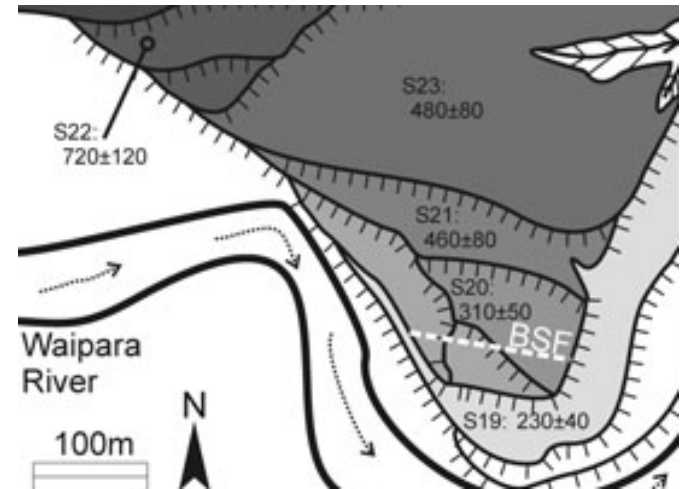
Winkler (2014)

Stah & al. (2015)

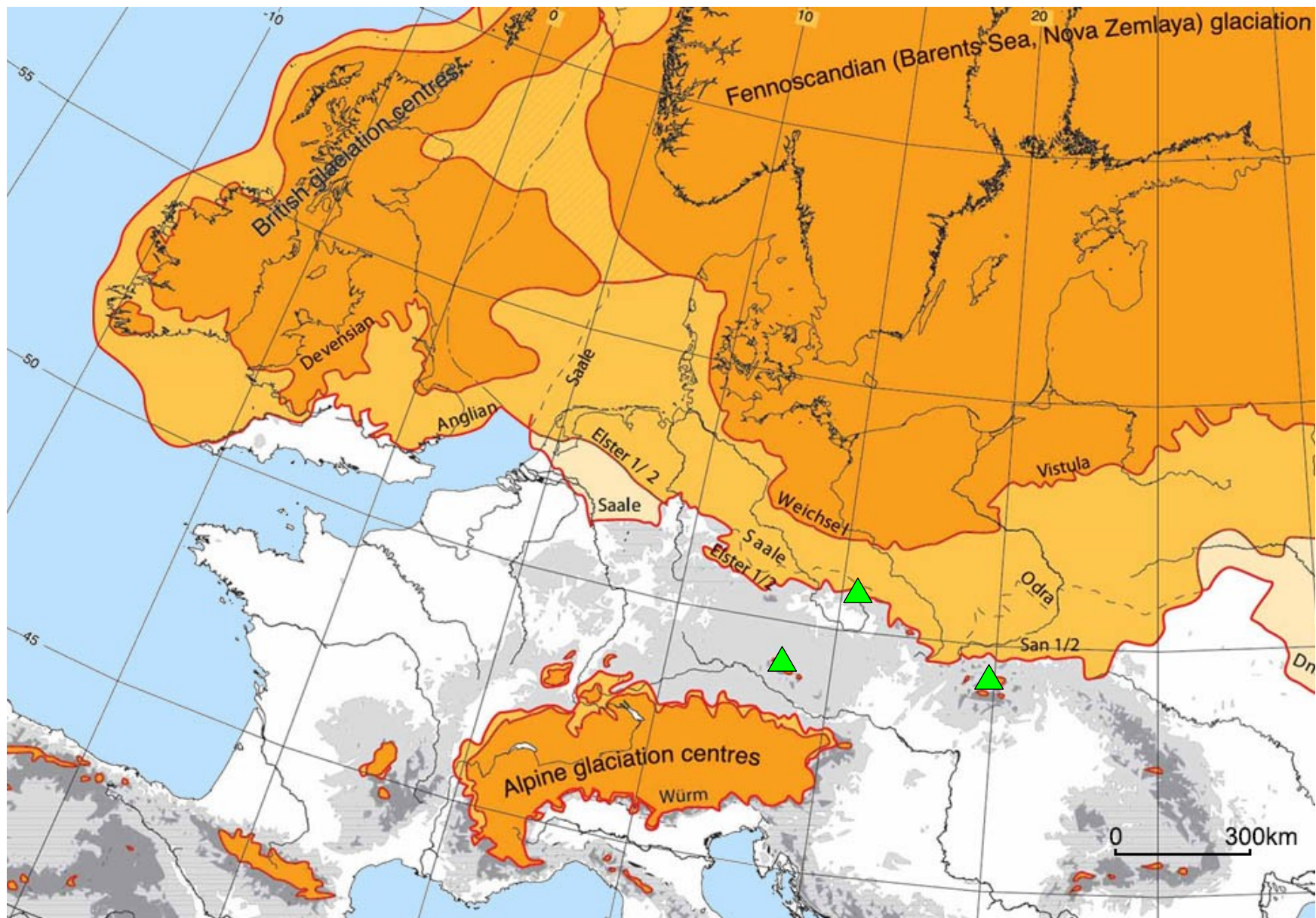
Tomkins & al. (2016)



R value =  $60.0 \pm 0.8$



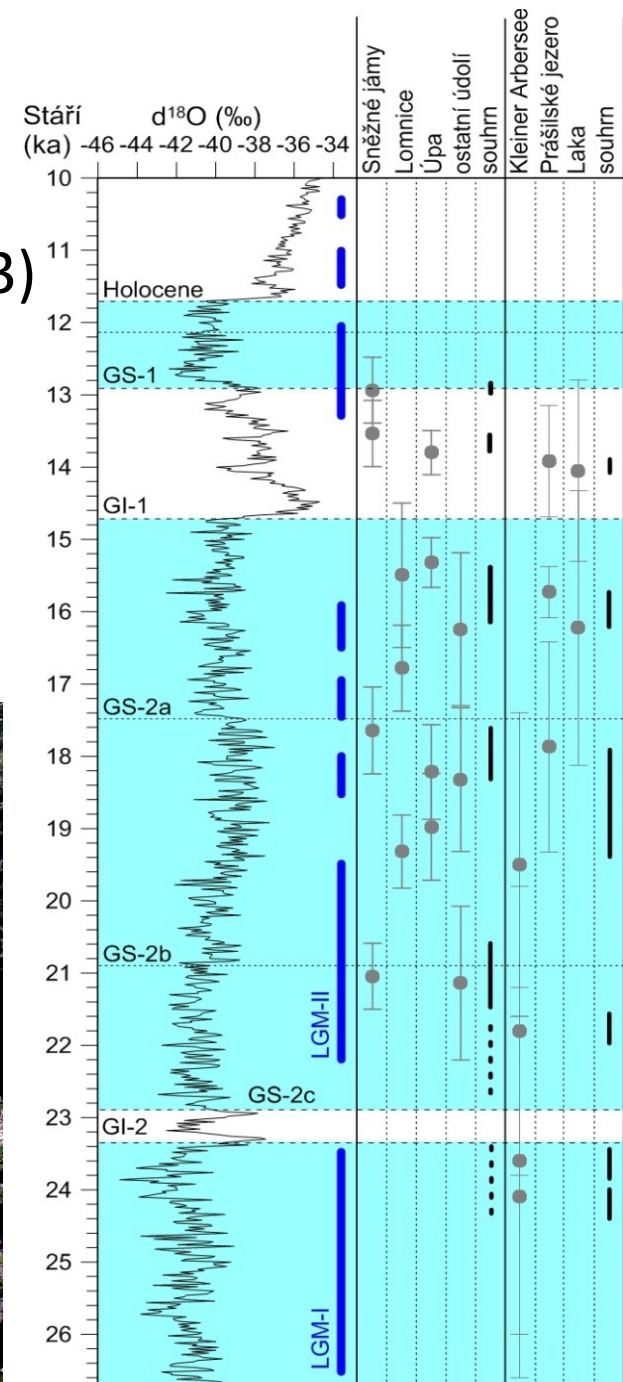
# Paleogeografický výzkum horského zalednění



# Horské zalednění Českého masivu

Engel & al.(2010,2014), Mentlík & al.(2013)

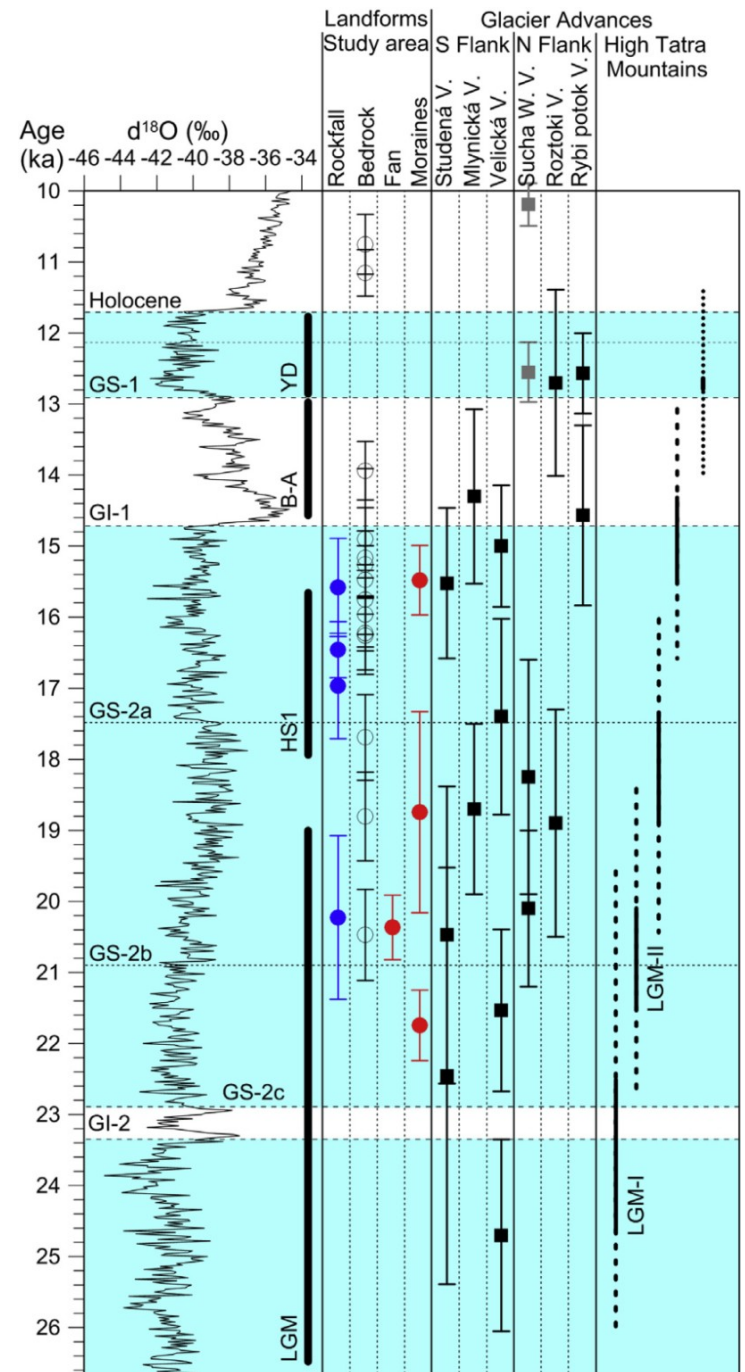
- vznik nejstarších morén před 20-24 ka
- následné postupy ~18, 16, 14 a 13 ka
- mladý dryas: ledovce v severně orientovaných karech



# Chronologie zalednění V. Tater

Engel & al. (2015)

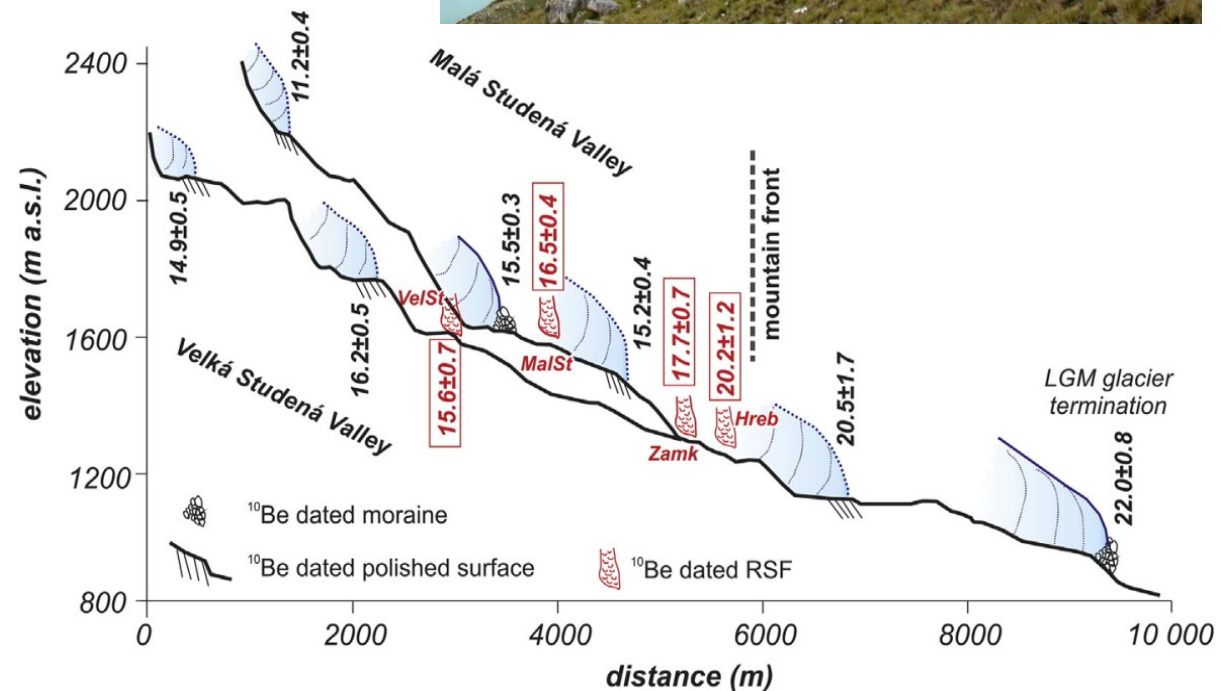
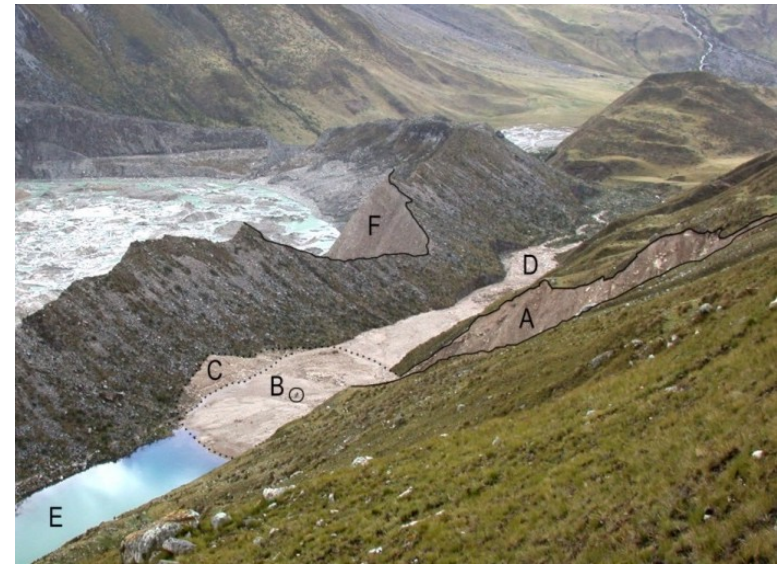
- vznik povrchů v posl. glaciálu
- maximální zalednění před ~22 ka
- postupy ledovců v pozdním glaciálu
- zánik ledovců před ~11 ka

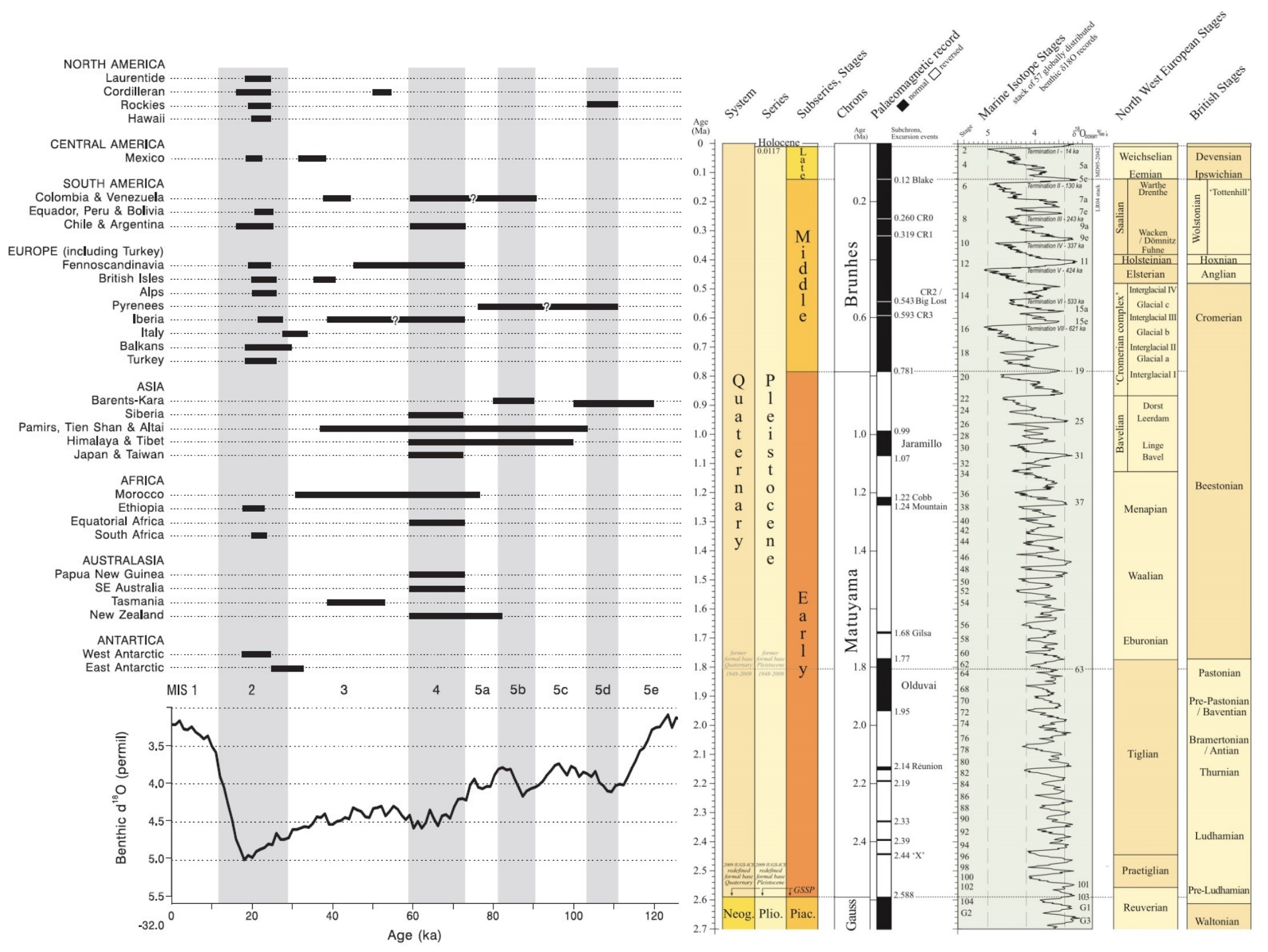


# Vývoj reliéfu po ústupu ledovců

Engel & al. (2011, 2015), Pánek & al. (2016)

- predispozice svahových procesů
- prahové hodnoty příčinných srážek
- paraglaciální původ svahových akumulací
- aktivace svahových deformací  $10^2$ - $10^3$  let po ústupu ledovců









## Závěry

- Výzkum recentních změn zalednění ukazuje značné regionální rozdíly v úbytku ledovců a v jejich citlivosti na změny klimatických podmínek. Nejrychlejší odezvu vykazují svahové ledovce vnějších tropů, relativně pomalé změny údolní ledovce centrální Asie.
- Paleogeografické studie dokládají vývoj ledovců v horských oblastech střední Evropy v závěru posledního glaciálu, jejich maximální rozsah před 25-18 ka, postupný rozpad zalednění a paraglaciální fázi vývoje reliéfu v pozdním glaciálu.
- Testování povrchové odolnosti skalních tvarů reliéfu datovaných kosmogenním izotopem  $^{10}\text{Be}$  umožňuje interpretovat výsledky in-situ měření Schmidtovým kladívkem ve smyslu geochronologického stáří.

# Závěry

- Výsledky dokládají relativně pomalý vývoj zalednění v posledním glaciálu, ale značnou rychlost změn současných. Tradiční pojetí glaciálního prostředí, které se pomalu mění působením přírodních procesů, nevystihuje současný vývoj, kdy se stále více uplatňují procesy ovlivněné činností člověka.
- Ledovce nejsou v rovnovážném stavu se současnými klimatickými podmínkami a budou nadále ztrácet hmotu. Tání ledovců přispívá k rozsáhlým změnám přírodního prostředí, ovlivňuje dostupnost nerostných zdrojů a vede k nevratným ztrátám přírodních archivů.

