

# Příroda ve čtvrtohorách

## Holocén: úvod a klima



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Příroda ve čtvrtohorách



Michal Horsák & Jan Roleček

UBZ PŘF MU, Brno



# INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

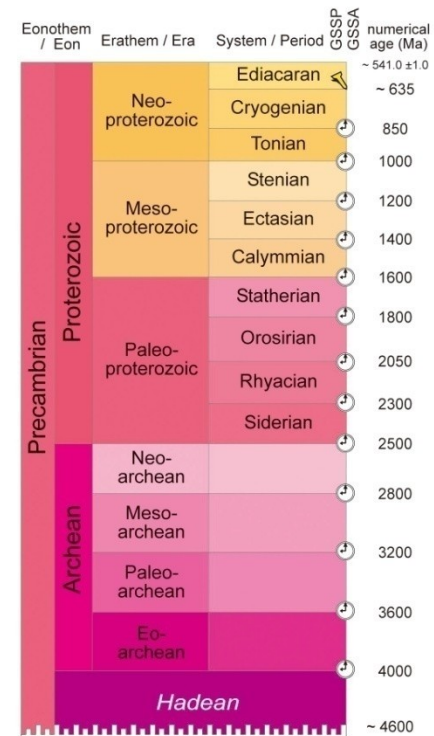
v 2013/01



| Eonothem / Eon | Erathem / Era | System / Period | Series / Epoch | Stage / Age | GSSP       | numerical age (Ma) |       |
|----------------|---------------|-----------------|----------------|-------------|------------|--------------------|-------|
| Phanerozoic    | Cenozoic      | Quaternary      | Holocene       |             |            | present            |       |
|                |               |                 | Pleistocene    | Upper       |            | 0.0117             |       |
|                |               |                 |                | Middle      |            | 0.126              |       |
|                |               |                 |                | Lower       |            | 0.781              |       |
|                |               |                 | Neogene        | Pliocene    | Calabrian  |                    | 1.806 |
|                |               |                 |                |             | Gelasian   |                    | 2.588 |
|                |               |                 |                |             | Piacenzian |                    | 3.600 |
|                |               |                 |                |             | Zanclean   |                    | 5.333 |
|                |               |                 |                |             | Messinian  |                    | 7.246 |
|                |               |                 |                | Miocene     | Tortonian  |                    | 11.62 |
|                | Serravallian  |                 |                |             | 13.82      |                    |       |
|                | Langhian      |                 |                |             | 15.97      |                    |       |
|                | Burdigalian   |                 |                |             | 20.44      |                    |       |
|                | Aquitanian    |                 |                |             | 23.03      |                    |       |
|                | Paleogene     | Oligocene       | Chattian       |             | 28.1       |                    |       |
|                |               |                 | Rupelian       |             | 33.9       |                    |       |
|                |               | Eocene          | Priabonian     |             | 38.0       |                    |       |
|                |               |                 | Bartonian      |             | 41.3       |                    |       |
|                |               |                 | Lutetian       |             | 47.8       |                    |       |
|                |               | Paleocene       | Ypresian       |             | 56.0       |                    |       |
|                |               |                 | Thanetian      |             | 59.2       |                    |       |
|                |               |                 | Selandian      |             | 61.6       |                    |       |
|                |               |                 | Danian         |             | 66.0       |                    |       |
|                |               |                 | Maastrichtian  |             | 72.1 ± 0.2 |                    |       |
|                | Mesozoic      | Cretaceous      | Upper          | Campanian   |            | 83.6 ± 0.2         |       |
|                |               |                 |                | Santonian   |            | 86.3 ± 0.5         |       |
|                |               |                 |                | Coniacian   |            | 89.8 ± 0.3         |       |
|                |               |                 |                | Turonian    |            | 93.9               |       |
|                |               |                 |                | Cenomanian  |            | 100.5              |       |
|                |               |                 | Lower          | Albian      |            | ~ 113.0            |       |
| Aptian         |               |                 |                |             | ~ 125.0    |                    |       |
| Barremian      |               |                 |                |             | ~ 129.4    |                    |       |
| Hauterivian    |               |                 |                |             | ~ 132.9    |                    |       |
| Valanginian    |               |                 |                |             | ~ 139.8    |                    |       |
| Berriasian     |               | ~ 145.0         |                |             |            |                    |       |

| Eonothem / Eon | Erathem / Era | System / Period | Series / Epoch | Stage / Age   | GSSP          | numerical age (Ma) |
|----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|--------------------|
| Phanerozoic    | Mesozoic      | Jurassic        | Upper          | Tithonian     |               | 152.1 ± 0.9        |
|                |               |                 |                | Kimmeridgian  |               | 157.3 ± 1.0        |
|                |               |                 |                | Oxfordian     |               | 163.5 ± 1.0        |
|                |               |                 | Middle         | Callovian     |               | 166.1 ± 1.2        |
|                |               |                 |                | Bathonian     |               | 168.3 ± 1.3        |
|                |               |                 |                | Bajocian      |               | 170.3 ± 1.4        |
|                |               |                 |                | Aalenian      |               | 174.1 ± 1.0        |
|                |               |                 | Lower          | Toarcian      |               | 182.7 ± 0.7        |
|                |               |                 |                | Pliensbachian |               | 190.8 ± 1.0        |
|                |               |                 |                | Sinemurian    |               | 199.3 ± 0.3        |
|                | Triassic      | Upper           | Hettangian     |               | 201.3 ± 0.2   |                    |
|                |               |                 | Rhaetian       |               | ~ 208.5       |                    |
|                |               | Middle          | Norian         |               | ~ 227         |                    |
|                |               |                 | Carnian        |               | ~ 237         |                    |
|                |               |                 | Ladinian       |               | ~ 242         |                    |
|                |               | Lower           | Anisian        |               | 247.2         |                    |
|                |               |                 | Olenekian      |               | 251.2         |                    |
|                |               |                 | Induan         |               | 252.17 ± 0.06 |                    |
|                |               |                 | Changhsingian  |               | 254.14 ± 0.07 |                    |
|                |               |                 | Lopingian      |               | 259.8 ± 0.4   |                    |
|                | Paleozoic     | Permian         | Guadalupian    | Wuchiapingian |               | 259.8 ± 0.4        |
|                |               |                 |                | Capitanian    |               | 265.1 ± 0.4        |
|                |               |                 |                | Wordian       |               | 268.8 ± 0.5        |
|                |               |                 |                | Roadian       |               | 272.3 ± 0.5        |
|                |               |                 |                | Kungurian     |               | 283.5 ± 0.6        |
|                |               |                 | Cisuralian     | Artinskian    |               | 290.1 ± 0.26       |
|                |               |                 |                | Sakmarian     |               | 295.0 ± 0.18       |
|                |               |                 |                | Asselian      |               | 298.9 ± 0.15       |
|                |               |                 |                | Gzhelian      |               | 303.7 ± 0.1        |
|                |               |                 |                | Kasimovian    |               | 307.0 ± 0.1        |
| Carboniferous  | Pennsylvanian | Upper           | Moscovian      |               | 315.2 ± 0.2   |                    |
|                |               |                 | Bashkirian     |               | 323.2 ± 0.4   |                    |
|                |               | Lower           | Serpukhovian   |               | 330.9 ± 0.2   |                    |
|                |               |                 | Visean         |               | 346.7 ± 0.4   |                    |
|                |               |                 | Tournaisian    |               | 358.9 ± 0.4   |                    |
|                | Mississippian | Upper           | Stage 10       |               | ~ 489.5       |                    |
|                |               |                 | Jiangshanian   |               | ~ 494         |                    |
|                |               | Lower           | Paibian        |               | ~ 497         |                    |
|                |               |                 | Guzhangian     |               | ~ 500.5       |                    |
|                |               |                 | Drumian        |               | ~ 504.5       |                    |
| Paleozoic      | Ordovician    | Upper           | Stage 5        |               | ~ 509         |                    |
|                |               |                 | Stage 4        |               | ~ 514         |                    |
|                |               |                 | Stage 3        |               | ~ 521         |                    |
|                |               |                 | Stage 2        |               | ~ 529         |                    |
|                |               |                 | Fortunian      |               | 541.0 ± 1.0   |                    |
|                |               | Middle          | Tremadocian    |               | 477.7 ± 1.4   |                    |
|                |               |                 | Floian         |               | 485.4 ± 1.9   |                    |
|                |               |                 | Dapingian      |               | 467.3 ± 1.1   |                    |
|                |               |                 | Darriwilian    |               | 470.0 ± 1.4   |                    |
|                |               |                 | Sandbian       |               | 458.4 ± 0.9   |                    |
| Lower          | Katian        |                 | 453.0 ± 0.7    |               |               |                    |
|                | Hirnantian    |                 | 445.2 ± 1.4    |               |               |                    |
|                | Rhuddanian    |                 | 440.8 ± 1.2    |               |               |                    |
|                | Aeronian      |                 | 438.5 ± 1.1    |               |               |                    |
|                | Telychian     |                 | 433.4 ± 0.8    |               |               |                    |
| Paleozoic      | Silurian      | Llandovery      | Sheinwoodian   |               | 427.4 ± 0.5   |                    |
|                |               |                 | Homerian       |               | 430.5 ± 0.7   |                    |
|                |               |                 | Gorstian       |               | 425.6 ± 0.9   |                    |
|                |               | Wenlock         | Ludfordian     |               | 423.0 ± 2.3   |                    |
|                |               |                 | Pridoli        |               | 419.2 ± 3.2   |                    |
|                |               | Devonian        | Lower          | Lochkovian    |               | 410.8 ± 2.8        |
|                |               |                 |                | Pragian       |               | 407.6 ± 2.6        |
|                |               |                 |                | Emsian        |               | 393.3 ± 1.2        |
|                |               |                 | Middle         | Eifelian      |               | 387.7 ± 0.8        |
|                |               |                 |                | Givetian      |               | 382.7 ± 1.6        |
| Upper          | Frasnian      |                 | 372.2 ± 1.6    |               |               |                    |
|                | Famennian     |                 | 358.9 ± 0.4    |               |               |                    |
|                | Frasnian      |                 | 358.9 ± 0.4    |               |               |                    |

| Eonothem / Eon | Erathem / Era     | System / Period | Series / Epoch | Stage / Age | GSSP  | numerical age (Ma) |
|----------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------|-------|--------------------|
| Proterozoic    | Archean           | Hadean          |                |             |       | ~ 541.0 ± 1.0      |
|                |                   |                 |                |             |       | ~ 4600             |
|                |                   |                 |                |             |       | 4000               |
|                |                   |                 |                |             |       | ~ 3600             |
|                |                   |                 |                |             |       | 3200               |
|                |                   |                 |                |             |       | 2800               |
|                |                   |                 |                |             |       | 2500               |
|                |                   |                 |                |             |       | 2300               |
|                |                   |                 |                |             |       | 2050               |
|                |                   |                 |                |             |       | 1800               |
| Proterozoic    | Paleo-proterozoic | Statherian      |                |             |       | 1600               |
|                |                   |                 |                |             |       | 1800               |
|                |                   |                 |                |             |       | 2050               |
|                |                   |                 |                |             |       | 2300               |
|                |                   |                 |                |             |       | 2500               |
|                | Meso-proterozoic  | Cryogenian      |                |             |       | 850                |
|                |                   |                 |                |             |       | 1000               |
|                |                   |                 |                |             |       | 1200               |
|                |                   |                 |                |             |       | 1400               |
|                |                   |                 |                |             |       | 1600               |
| Ediacaran      |                   |                 |                |             | ~ 635 |                    |



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Numerical ages for all systems except Permian, Triassic, Cretaceous and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Permian, Triassic and Cretaceous were provided by the relevant ICS subcommissions.

Coloring follows the Commission for the Geological Map of the World. <http://www.ccgw.org>

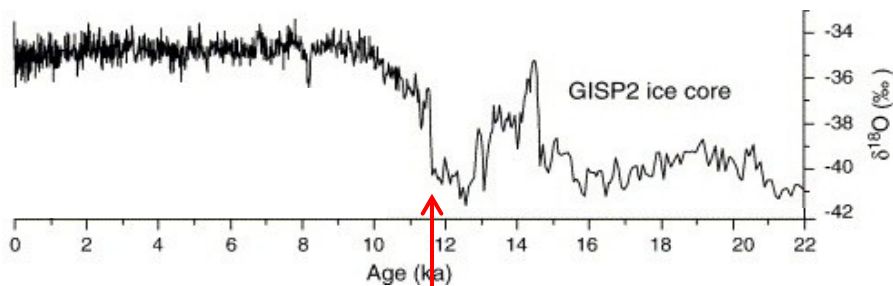
Chart drafted by K.M. Cohen, S. Finney, P.L. Gibbard (c) International Commission on Stratigraphy, January 2013

<http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2013-01.pdf>

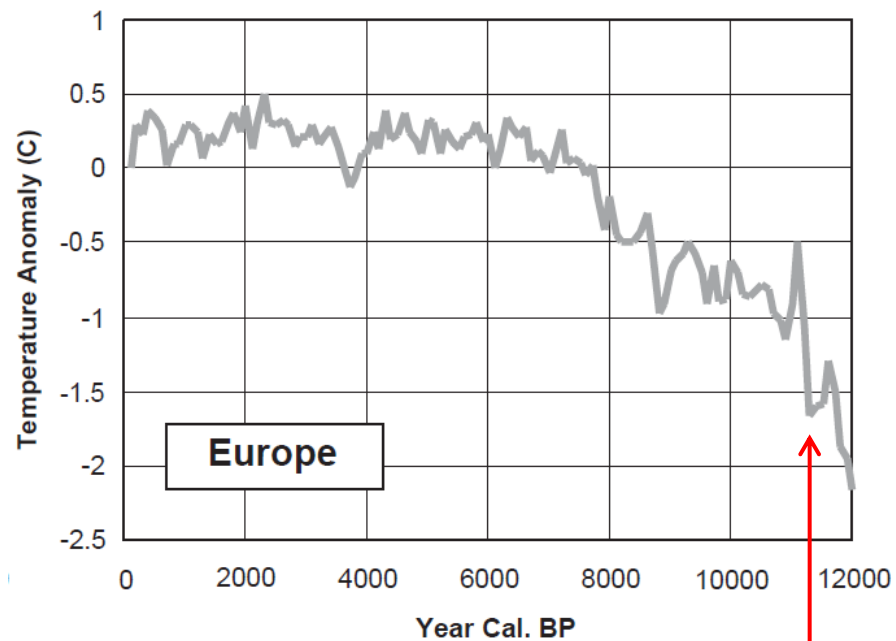


# Holocén (11 500–současnost)

- nejmladší geologická epocha, „úplně nové“ období (řecky *holos* = úplný, *kainos* = nový)
  - na Britských ostrovech někdy nazýván *Flandrian*
- začíná prudkým oteplením na konci poslední doby ledové, čili na konci mladšího dryasu (asi 13 000–11 500 cal BP)
- odpovídá MIS 1 (*marine isotope stage*)



Ehrmann et al. 2007



Davis et al. 2003

## Holocén (11 500–současnost)

Proč mu věnujeme stejnou pozornost jako předchozím 2,6 miliónům let?

- z důvodů subjektivních i objektivních

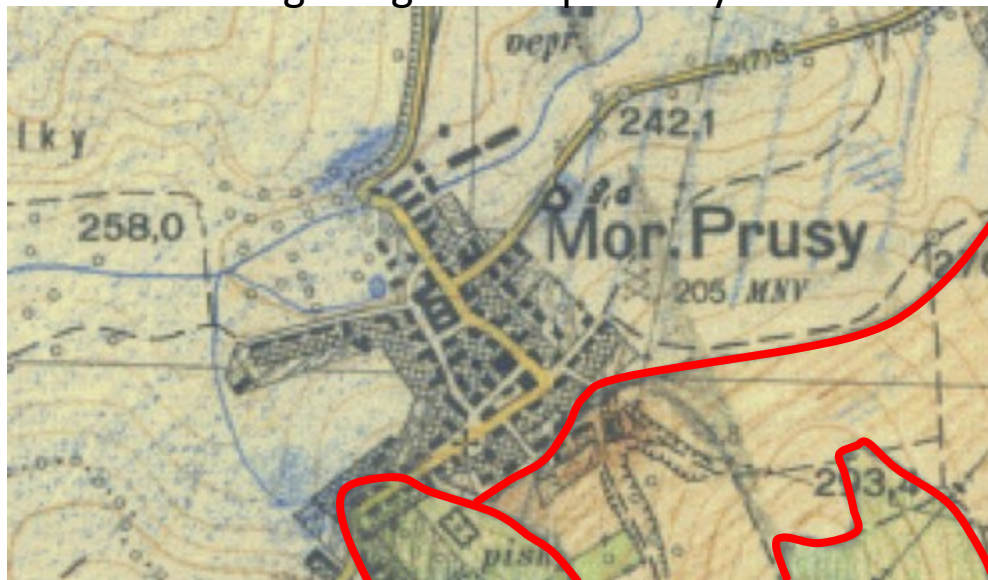
- „logaritmické vnímání času“ (Rull 2010)

- zrychlování vývoje přírodního prostředí v důsledku zrychlujícího se vývoje civilizace

- mladší události reálně mají na přítomnost relativně (nikoli nutně absolutně) větší vliv, než starší

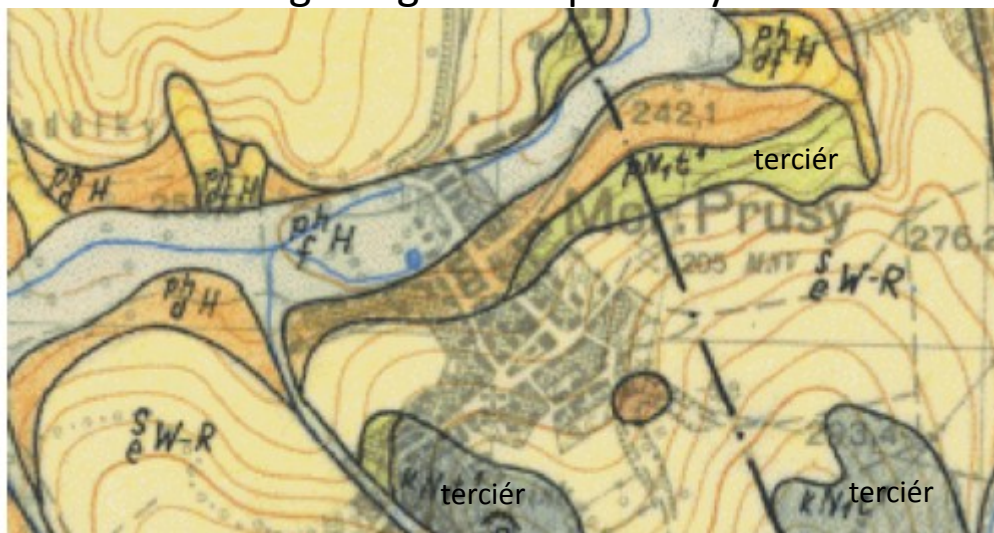
# Holocén (11 500–současnost)

geologická mapa odkrytá



geologická mapa zakrytá

- spraš
- deluviofluviální sedimenty
- svahoviny
- nivní sedimenty
- svahoviny
- nivní sedimenty
- svahoviny



spraš

spraš

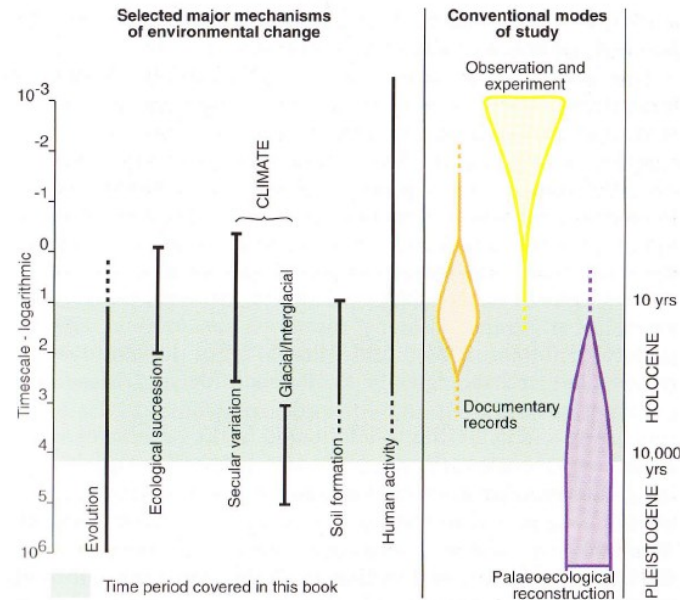
# Holocén (11 500–současnost)

Proč tomu, co tady budu říkat, nemůžete úplně věřit:

- žádnému přednášejícímu nemůžete úplně věřit

- nejsem paleoekolog

- paleoekologické poznání je nejisté, studované objekty a zejména děje nemohou být bezprostředně pozorovány (viz obr.), proto jsme nuceni používat rozmanité **proxy** (náhradní proměnné nesoucí informaci o minulém objektu/ději); k současnému stavu poznání je třeba přistupovat kriticky

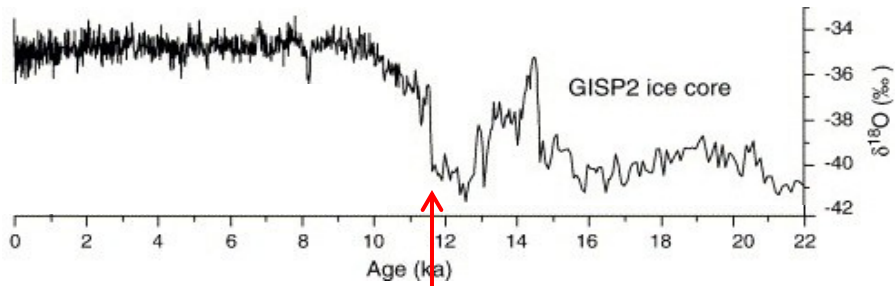


Hlavním zdrojem paleoekologických poznatků jsou rekonstrukce založené na proxy datech (Roberts 2002).

- ovšem i sama paleoekologie je **dynamická disciplína**
  - Birks (2007): zdokonalování metod, studium různých proxy, důraz na detail a exaktnost vědecké práce, zlepšování designu vědeckých projektů, rozšiřování geografického záběru (nejen temperátní oblasti Evropy a Ameriky)
  - česká paleoekologie je navíc ve stadiu **boomu** a zároveň **generační výměny**
    - starší generace (mj. Ložek, Jankovská, manželé Rybníčkoví) finišuje (v některých případech mohutně)
    - výrazně nastupuje mladší generace (mj. Pokorný, Kuneš, Novák, manželé Hájkovi, řada studentů v Praze, Brně, Budějovicích)
    - běží velké projekty (mj. Sibiř, Dokesko)
    - prosazuje se interdisciplinární a multi-proxy přístup (školení botanici a zoologové se spojují s archeology, historiky, geology...)
    - to vše přináší nové myšlenky, koncepty, zpochybňování starých pravd, nejrůznější pnutí...

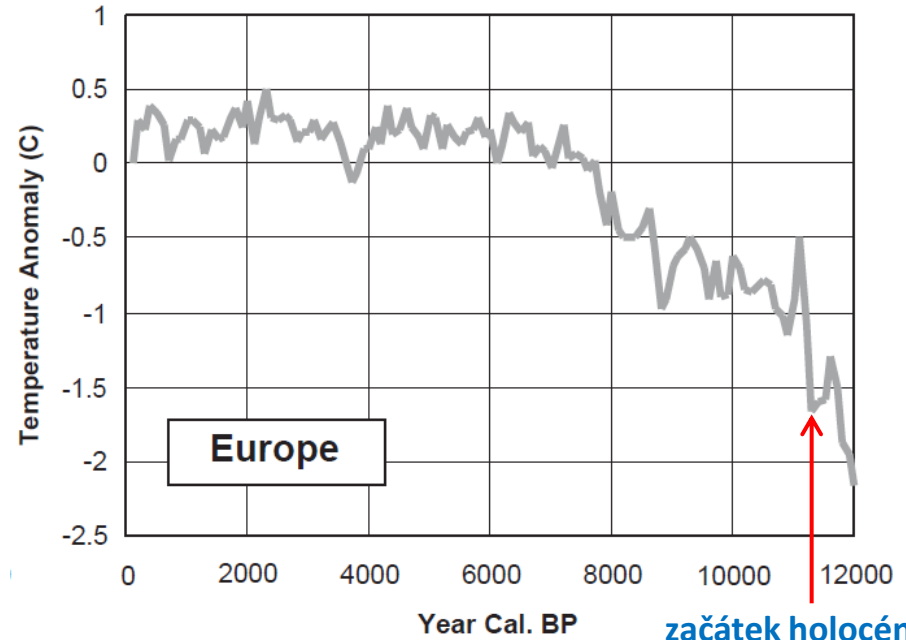


# Členění holocénu



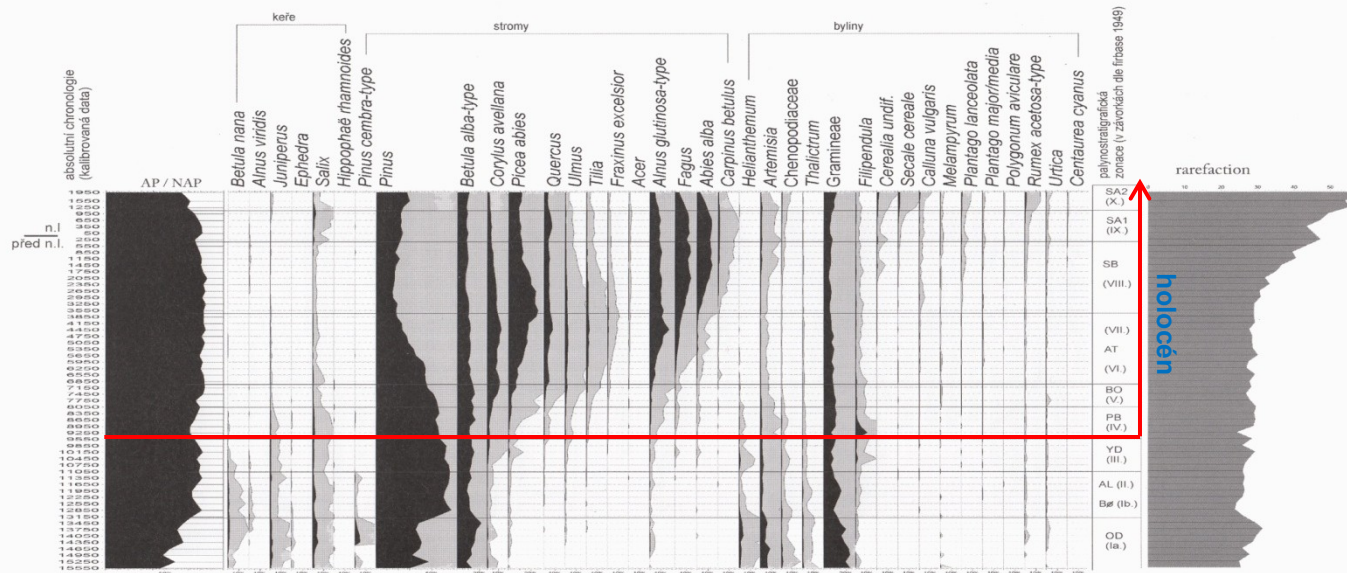
Ehrmann et al. 2007

začátek holocénu



začátek holocénu

Česká republika - "průměrný" pylový diagram pro celé území.  
Založeno na databázi PALY CZ.



Davis et al. 2003

Pokorný 2011

## Členění holocénu



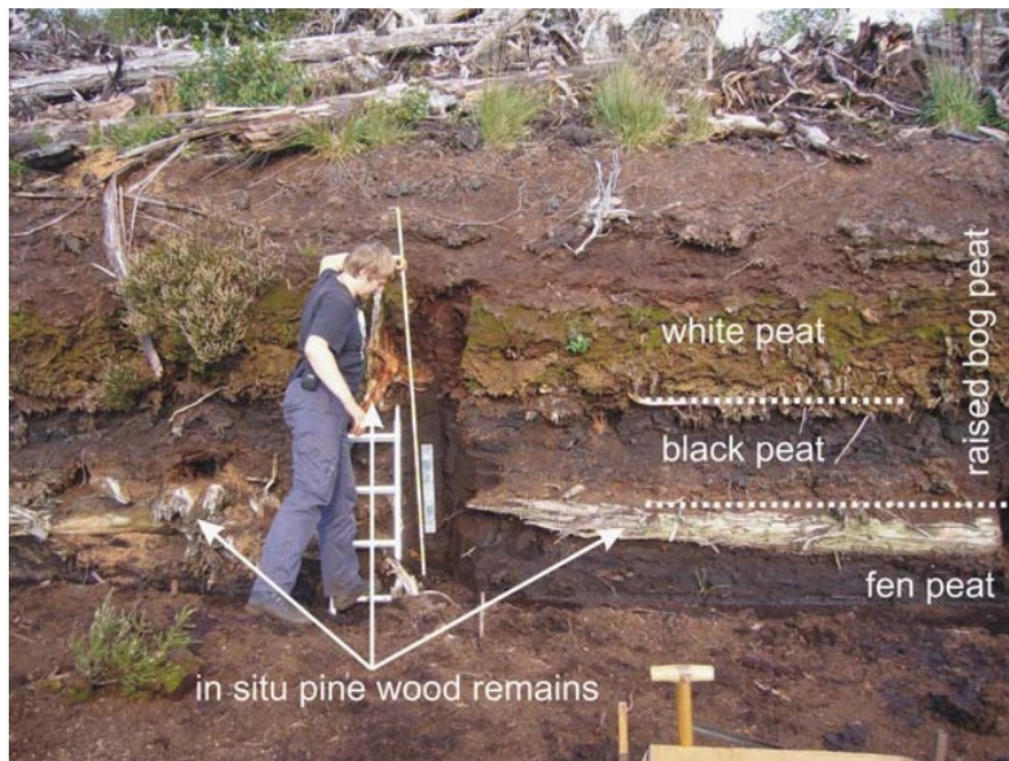
Analýza rašelinných profilů sehrála klíčovou roli při rozvoji klasické paleoekologie. Dobývání rašeliny a příprava borek na rašeliništi u Mrtvého rybníka nedaleko Božího Daru v Krušných horách.

# Členění holocénu



**J. Heinrich Ch. Dau** (1790–1831)

- dánský geolog a spisovatel
- makroskopicky rozlišil různé typy rašeliny (světlá, tmavá) a popsal výskyt fosilních borových kmenů na dánských rašeliništích (1829)



# Členění holocénu



Fosilní dub z Britských ostrovů



OBR. 67 A,B: Pařezy staroholocenního lesa na dně vytěženého rašeliniště u Vašírova na Tuchlovickém potoce. Foto autor.

Pokorný 2011



**J. Japetus S. Steenstrup** (1813–1897)

- dánský biolog

- získal cenu Dánské akademie věd za vysvětlení změn vlastností rašeliny prostřednictvím klimatických změn (vlhkostních, případně teplotních)
- navrhnul využití (sub)fosilií k intepretaci postglaciálních klimatických změn
- navrhl postglaciální schéma vývoje vegetace v Dánsku (doba osiková, borová, dubová a olšová)

# Členění holocénu: Blytt-Sernanderovo schéma



**Axel G. Blytt**  
(1843–1898)

- norský botanik a geolog
- vysvětloval změny vlastností rašelinných vrstev klimatickými změnami: suché období = Boreal, vlhké o. = Atlantic (1876)



**J. Rutger Sernander**  
(1866–1944)

- švédský botanik, geolog a archeolog
- na základě studia makrozbytků rozvinul Blyttovo schéma o subboreál a subatlantik a období pozdního glaciálu (1894)

| Boundary                         | BC          |
|----------------------------------|-------------|
| Subboreal / Subatlantic          | 600         |
| Atlantic / Subboreal             | 3800        |
| Boreal / Atlantic                | 7000        |
| Preboreal / Boreal               | 8200        |
| <u>Younger Dryas / Preboreal</u> | <u>9500</u> |
| Allerød / Younger Dryas          | 11,000      |
| Older Dryas/ Allerød             | 11,700      |
| Bølling / Older Dryas            | 11,900      |
| Middle Glacial / Bølling         | 13,600      |

↑ holocén

*Blytt-Sernanderovo schéma podle současné literatury* (Mangerud et al. 1974, Walanus & Nalepka 2009)

# Členění holocénu: Blytt-Sernanderovo schéma



**Fig. 1.** The Subboreal–Subatlantic transition of c. 2800 cal. BP in a raised mire peat profile in The Netherlands.

Chambers et al. 2012

| BC<br>AD | *<br>BP | Walker<br>et al. 1999<br>cal. BP | Mangerund et al.<br>1974 | Jankovská<br>1997 | Ložek<br>1973   | Neustupný<br>1985 ** | Břízová<br>1996 | archeologická<br>periodizace |
|----------|---------|----------------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------|------------------------------|
| 2000     | 170     |                                  | mladší holocén           | mladší            | subrecent       | X.<br>(Sa 2)         | mladší          | novověk                      |
|          | 350     |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 875     |                                  | subatlantik              | mladší            | subatlantik     | IX.<br>(Sa 1)        | subatlantik     | raný středověk               |
| 1000     | 950     |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 1050    |                                  | starší                   | starší            | subatlantik     | IX.<br>(Sa 1)        | starší          | doba římská                  |
|          | 1295    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
| 0        | 2000    |                                  | mladší                   | mladší            | subboreál       | VIII.<br>(Sb)        | subboreál       | doba železná                 |
|          | 2300    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 2400    |                                  | subboreál                | střední           | subboreál       | VIII.<br>(Sb)        | subboreál       | starší                       |
|          | 2600    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
| 1000     | 2900    |                                  | subboreál                | střední           | subboreál       | VIII.<br>(Sb)        | subboreál       | doba bronzová                |
|          | 3200    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 3600    |                                  | starší                   | mladší atlantik   | epiatlantik     | VIII.<br>(Sb)        | subboreál       | starší                       |
|          | 4000    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
| 3000     | 4400    |                                  | atlantik                 | mladší            | atlantik        | VII.<br>(At2)        | mladší atlantik | eneolit                      |
|          | 4700    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
| 4000     | 5100    |                                  | atlantik                 | starší atlantik   | atlantik        | VII.<br>(At2)        | mladší atlantik | starší                       |
|          | 5200    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 5700    |                                  | starší                   | boreál            | boreál          | VI.<br>(At1)         | starší atlantik | neolit                       |
|          | 6100    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 6600    |                                  | boreál                   | preboreál         | boreál          | V.<br>(Bo)           | boreál          | mesolit                      |
|          | 7200    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
| 6000     | 7700    |                                  | preboreál                | mladší dryas      | mladší dryas    | IV.<br>(Bp)          | preboreál       | mesolit                      |
|          | 8000    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 8240    |                                  | preboreál                | mladší dryas      | mladší dryas    | III.<br>(Dr3)        | preboreál       | mesolit                      |
|          | 8500    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
| 8000     | 8930    |                                  | preboreál                | mladší dryas      | mladší dryas    | III.<br>(Dr3)        | preboreál       | mesolit                      |
|          | 9460    |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
| 9000     | 9740    |                                  | preboreál                | mladší dryas      | mladší dryas    | III.<br>(Dr3)        | preboreál       | mesolit                      |
|          | 10050   |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 11500   |                                  | mladší dryas             | mladší dryas      | mladší dryas    | II.<br>(All)         | preboreál       | pozdní paleolit              |
|          | 13000   |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          | 13600   |                                  | pozdní glaciál           | starší dryas      | starší dryas    | I.                   | preboreál       | pozdní paleolit              |
|          | 15400   |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |
|          |         |                                  | bølling                  | nejstarší dryas   | nejstarší dryas | I.                   | preboreál       | mladý paleolit               |
|          |         |                                  |                          |                   |                 |                      |                 |                              |

\* podle Stuiver - Becker 1993  
(nekalibrovaná data)

\*\* římské číslice označují Firbasovy  
biostratigrafické zóny



## Členění holocénu: tříčlenná schémata

- **holocén starší** (též *starý*, *časný* nebo *raný*): preboreál + boreál
- **holocén střední**: atlantik (+ epiatlanik)
- **holocén mladší** (též *mladý* nebo *pozdní*): subboreál + subatlantik

## Členění holocénu: tříčlenná schémata



**E. J. Lennart von Post**  
(1884–1951)

- švédský geolog a paleoekolog
- jeden ze zakladatelů kvantitativní palynologie



**Franz Firbas**  
(1902–1964)

- německý vegetační ekolog a paleoekolog
- spoluzakladatel středo-evropské paleoekologické školy, působil na německé univerzitě v Praze a v Göttingenu

- von Post (1946) zavedl výraz **mediokratický** (*mediocratic*) pro vegetační prvky, kterých přibývalo směrem k teplotnímu maximu holocénu (tj. atlantiku); pro prvky počáteční a konečné fáze použil označení **terminokratický** (*terminocratic*)

- Firbas (1949) poukázal na to, že prvky počáteční a konečné fáze nejsou zcela identické a že vhodnější by bylo tříčlenné schéma; zavedl pro ně výrazy **archeokratický**, **mezokratický** a **telokratický** (*archaeocratic*, *mesocratic*, *telocratic*)

# Členění holocénu: tříčlenná schémata

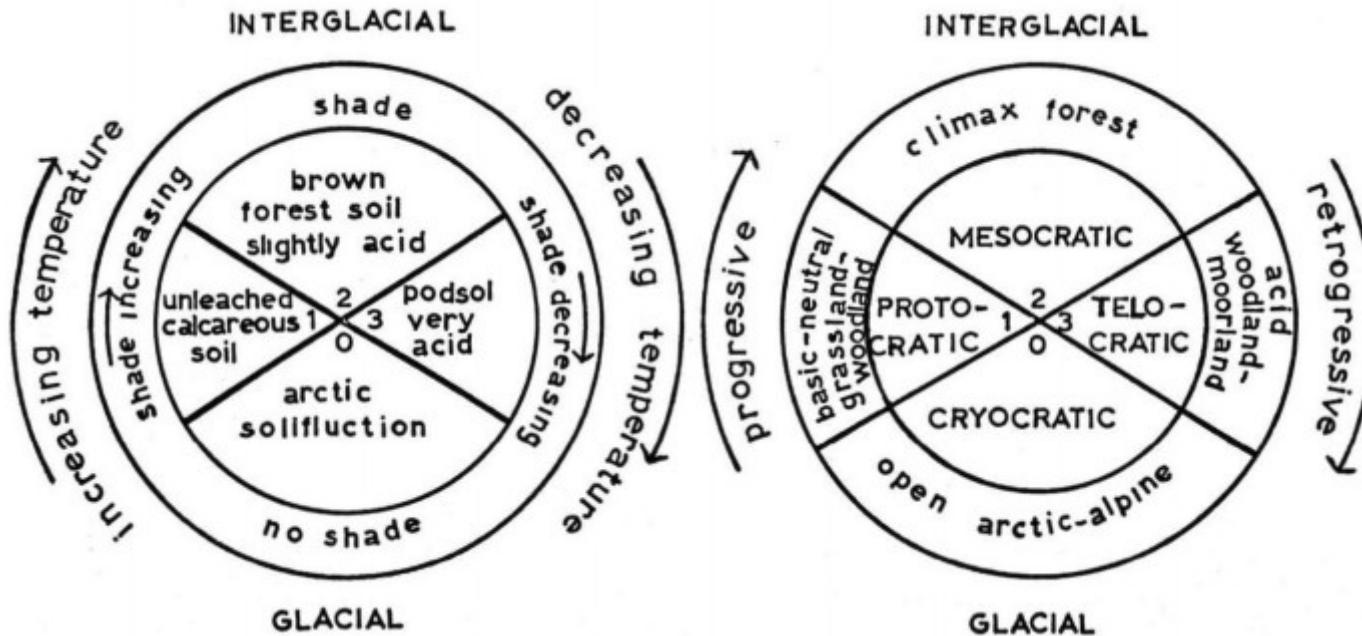


Johannes Iversen

(1904– 1972)

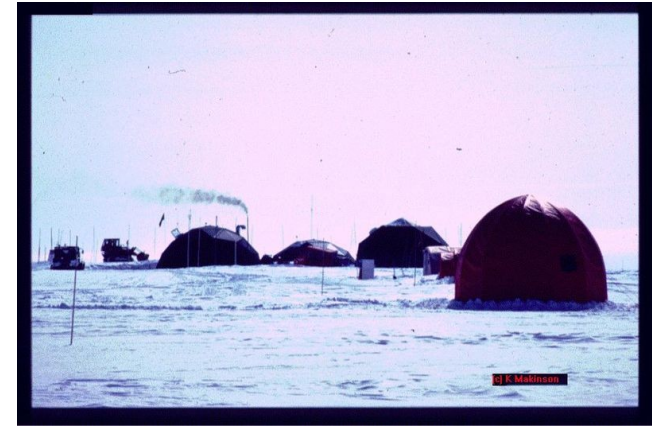
- dánský rostlinný ekolog,  
paleoekolog a geolog

Iversen (1958) částečně převzal Firbasovu terminologii a schéma rozšířil tak, aby nepopisovalo jen změny druhového složení vegetace, ale celkové změny přírodního prostředí v glaciálně-interglaciálním cyklu.

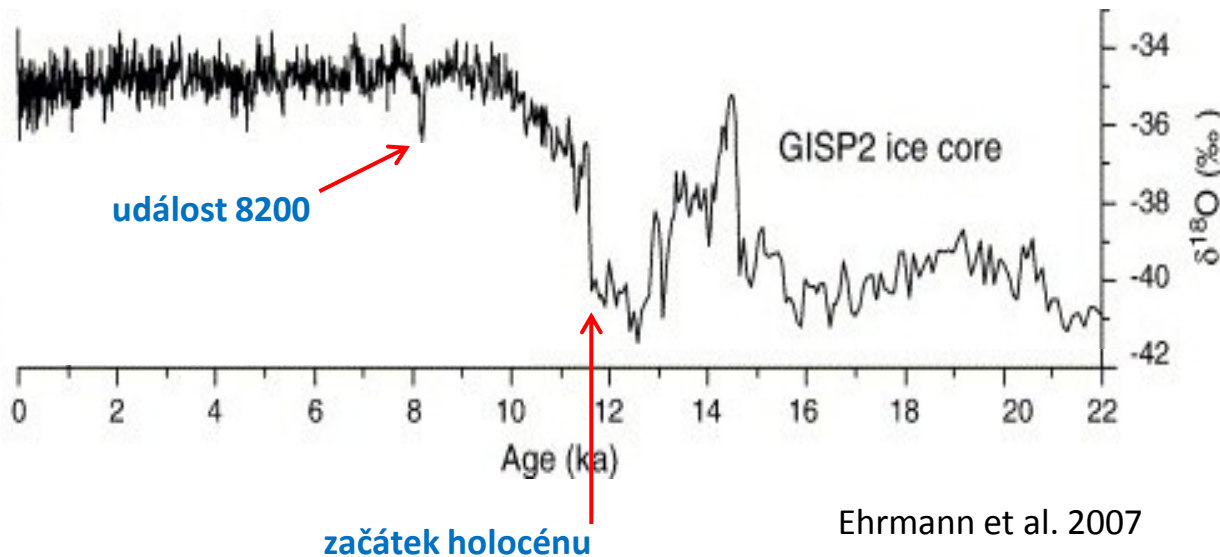


# Regionální klimatický vývoj holocénu: Evropa (nástin)

- data z vrtů grónským ledovcem (GRIP, GISP2) naznačují **rychlý růst teplot** na začátku holocénu (preboreál) a poté značnou **klimatickou stabilitu**
- nejvýraznější výjimkou z tohoto vývoje je **událost (event) 8200 (8.2 ky)**

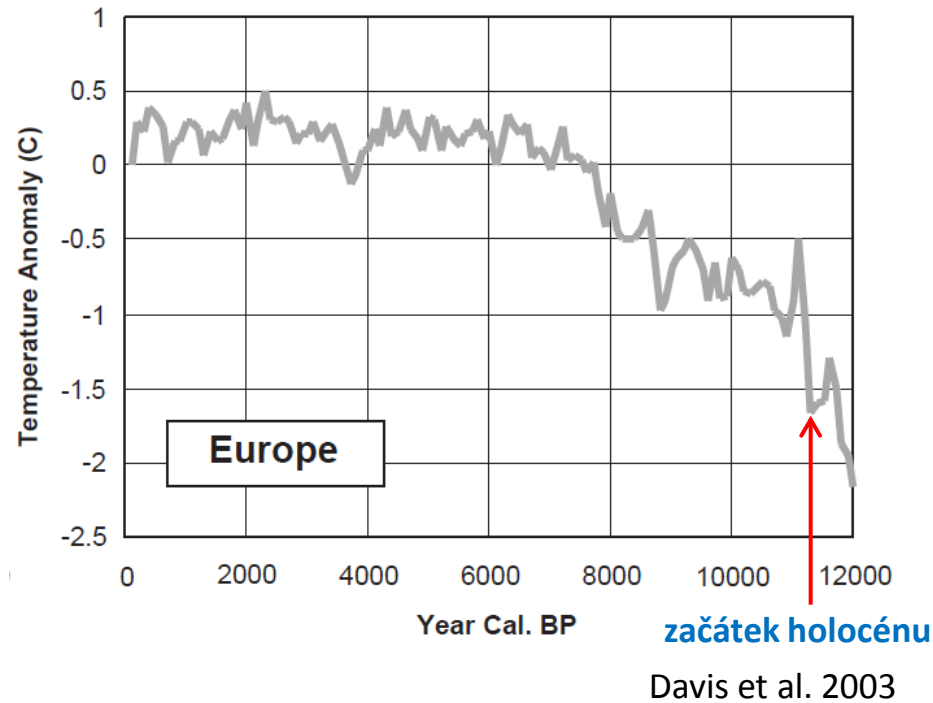


**základna GRIP**



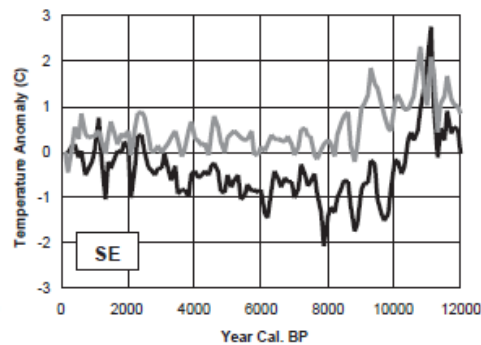
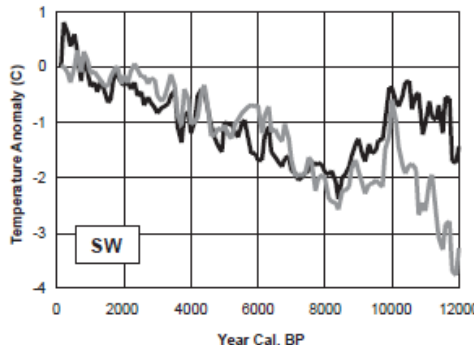
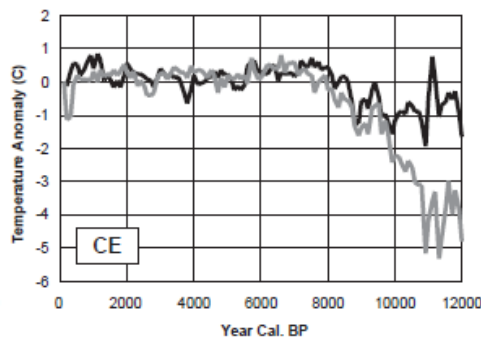
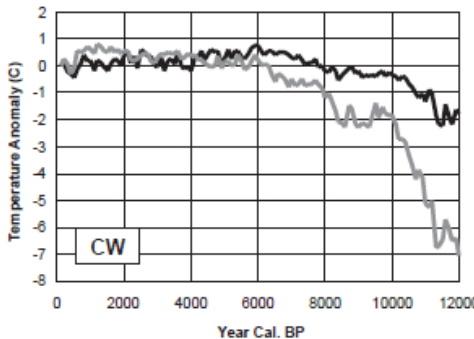
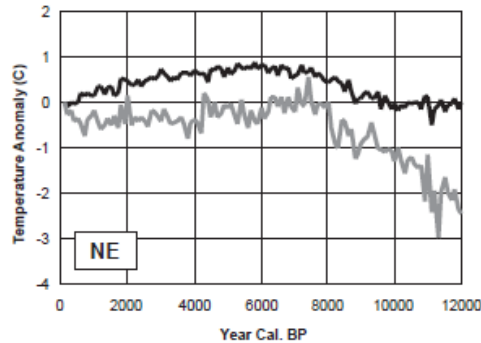
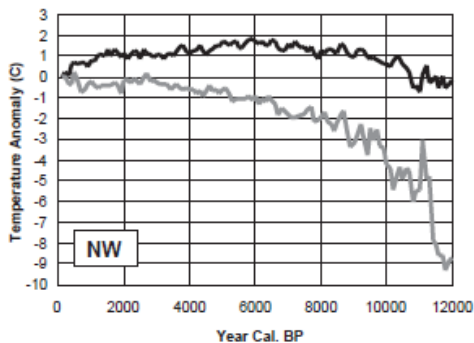
- událost 8200 je **náhlý pokles globální teploty zhruba 8200 BP**
- trvala 100(-400) let
- **nejvýraznější projevy v oblasti severního Atlantiku**; poprvé byla pozorována při klasických studiích ve Švýcarsku a Norsku
- předpokládá se souvislost s pulsem sladké vody ze severoamerických proglaciálních jezer Ojibway a Agassiz při rozpadu kontinentálního ledovce
- pátá Bondova událost?

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Evropa (nástin)



- **pylová data** ukazují téměř **lineární růst** rekonstruovaných průměrných **ročních teplot** (zobrazeny jsou odchylky od současnosti) asi **do 7 800 BP**, následovaný víceméně **stabilním vývojem**; zobrazeny jsou odchylky od současných teplot (z metodických důvodů vztaženo k r. 1890).

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Evropa (nástin)

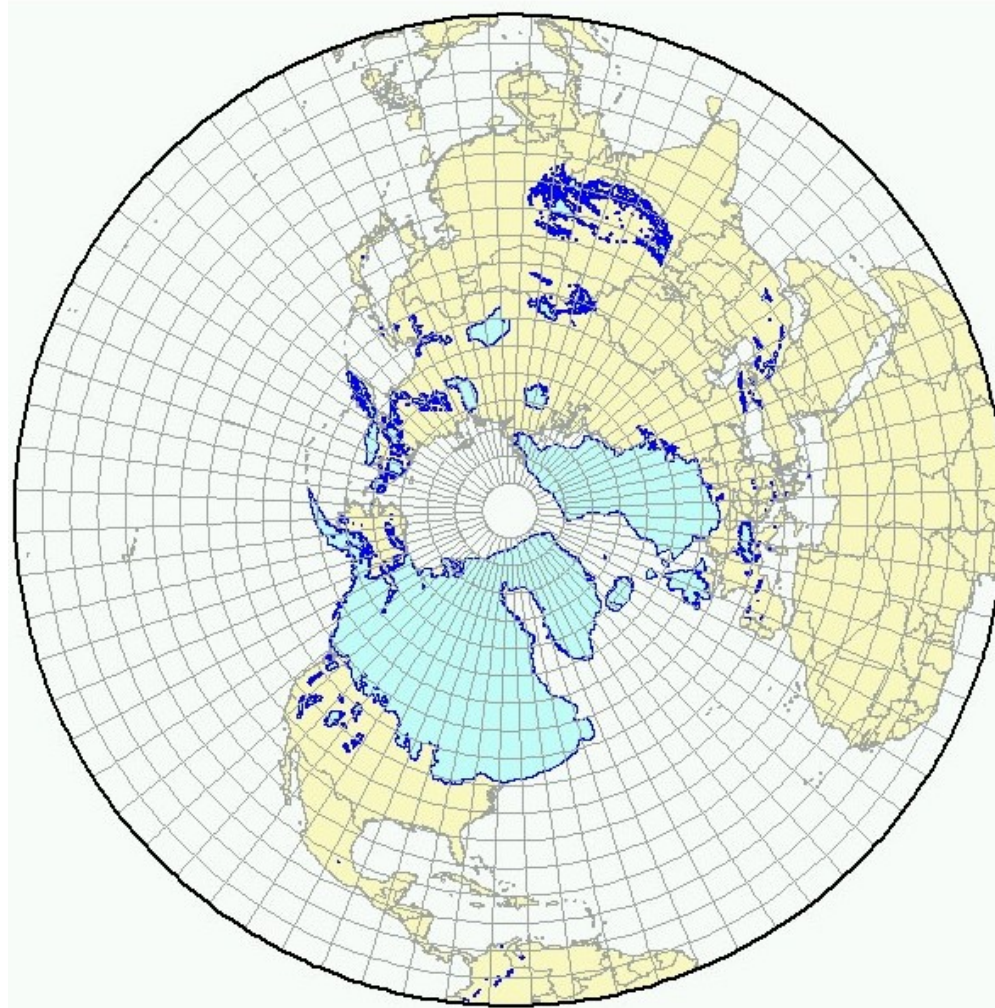


- výsledky ukazují **značnou časovou a prostorovou diferenciaci** teplot v holocénu při celkově vyrovnané energetické bilanci
- tradičně rozlišované **teplotní maximum středního holocénu** bylo pozorováno zejména **v severní Evropě** a projevovalo se v letních teplotách
- naproti tomu jižní Evropa se v té době ochlazovala a střední Evropa zaujímala přechodnou pozici
- založeno na reprezentativním vzorku >500 pylových profilů
- je třeba vzít v úvahu metodická omezení (interakce klima-vegetace, vliv dalších faktorů na vegetaci)

Vývoj průměrných teplot v jednotlivých regionech Evropy během holocénu **na základě pylových dat**. Černě letní, šedě zimní odchylky od současných teplot (r. 1890).

Davis et al. (2003)

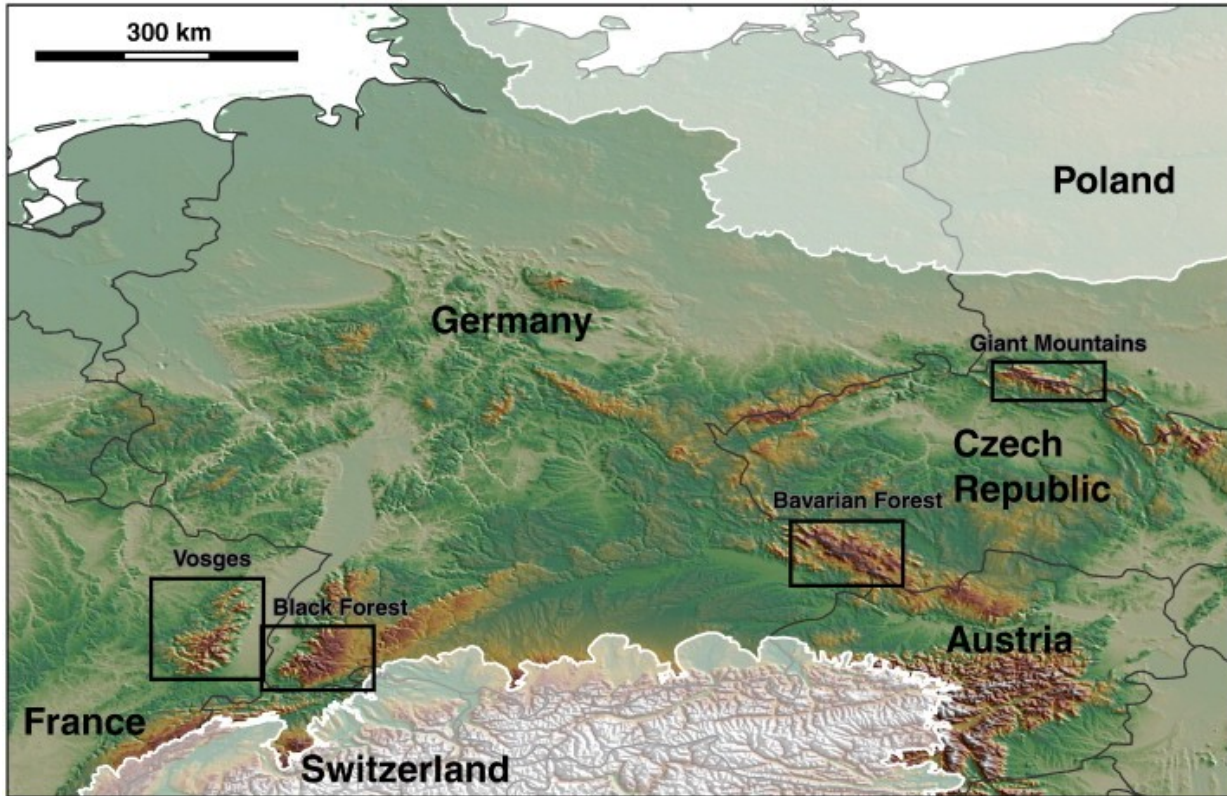
# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Evropy



Rozsah ledovců na severní polokouli v LGM

# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Evropy

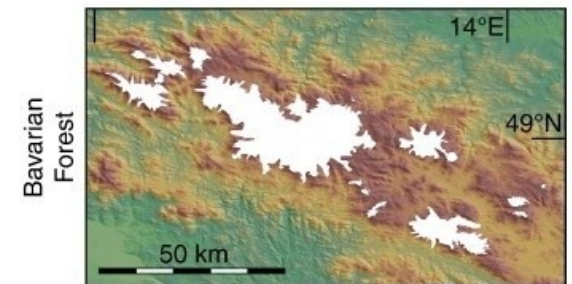
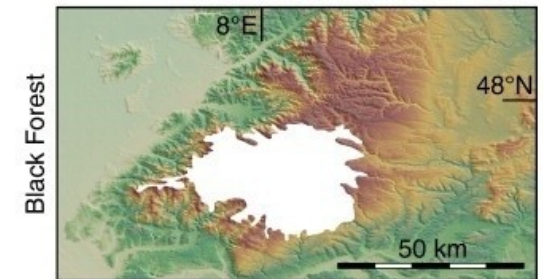
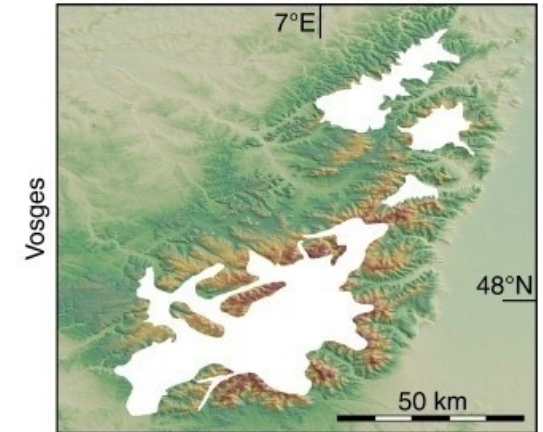
## LGM



Heyman et al. 2013

Rekonstruovaný rozsah ledovců ve střední Evropě v LGM

Reconstructed LGM glaciers





## Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Evropy

- Evropa nemá tak dramatickou historku spojenou s odledněním, ale velmi dynamický vývoj v této době prodělala **oblast dnešního Baltického moře**
- v souvislosti s odledňováním a souvisejícími změnami hladiny moře a izostatickými pohyby se zde vystříдалo **několik sladkovodních a mořských fází** (Björck 2008)

# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Evropy



Figure 4. The configuration of the Baltic Ice Lake just prior to the final drainage, 11 700 - 11 600 cal yr BP, which was to lower the Baltic with 25 m. From Andrén (2003a).

## Baltické ledovcové jezero (*Baltic Ice Lake*)

- sladkovodní jezero, hrazené ledovcem, s hladinou vyšší než byla hladina moře
- po protržení ledovcové hráze na konci pozdního glaciálu (zhruba 11 600 BP) v oblasti vysočiny Billingen jeho hladina poklesla o zhruba 25 metrů
- po dalších asi 300 letech došlo k průniku mořské vody a změně jezera v moře

# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Evropy

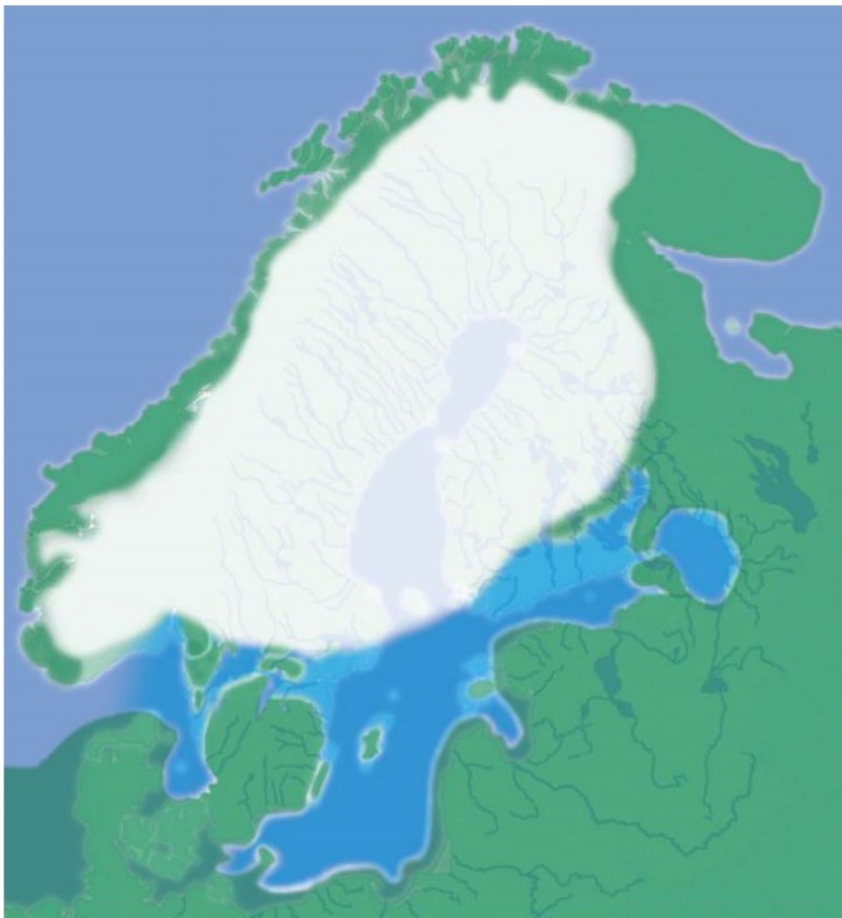


Figure 5. The configuration of the Yoldia Sea stage at 11 400 - 11 300 cal yr BP, when a short saline phase is about to start. Note the large paleogeographic changes between Figures 4 and 5 with the huge land-bridge in the south and the Närke Strait in the north. From Andrén (2003b).

## Moře Yoldia (*The Yoldia Sea*)

- krátkodobé, asi 800 let trvající propojení s mořem v oblasti jižního Švédska, úžiny Närke, během 12. tisíciletí BP (podle některých názorů trval průnik slané vody jen asi 150 let)

- jméno podle mořského mlže *Portlandia (Yoldia) arctica*, typického pro sedimenty z tohoto období



- zaniklo přehrazením pevninou v důsledku izostatického zdvihu Skandinávie

# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Evropy



## Ancylové jezero (*The Ancylos Lake*)

- asi 1 500 let trvající sladkovodní jezero vzniklé v důsledku zvyšování mořské hladiny

- jméno podle sladkovodního plže *Ancylus fluviatilis*, typického pro sedimenty z tohoto období



- zaniklo zvýšením mořské hladiny a ponořením pevniny v oblasti úžiny Øresund; jezero se tak opět propojilo se Severním mořem, asi před 7 500 lety

Figure 6. The configuration of the Ancylos Lake stage at c. 10 300 cal yr BP at the culmination of the Ancylos transgression. Note the outlets west and southwest of Lake Vänern. From Andréén (2003c).

# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Evropy



## Moře Littorina (*The Littorina Sea*)

- moře vzniklé asi 7 500 BP

- jméno podle mořského plže *Littorina littorea*, typického pro sedimenty z tohoto období



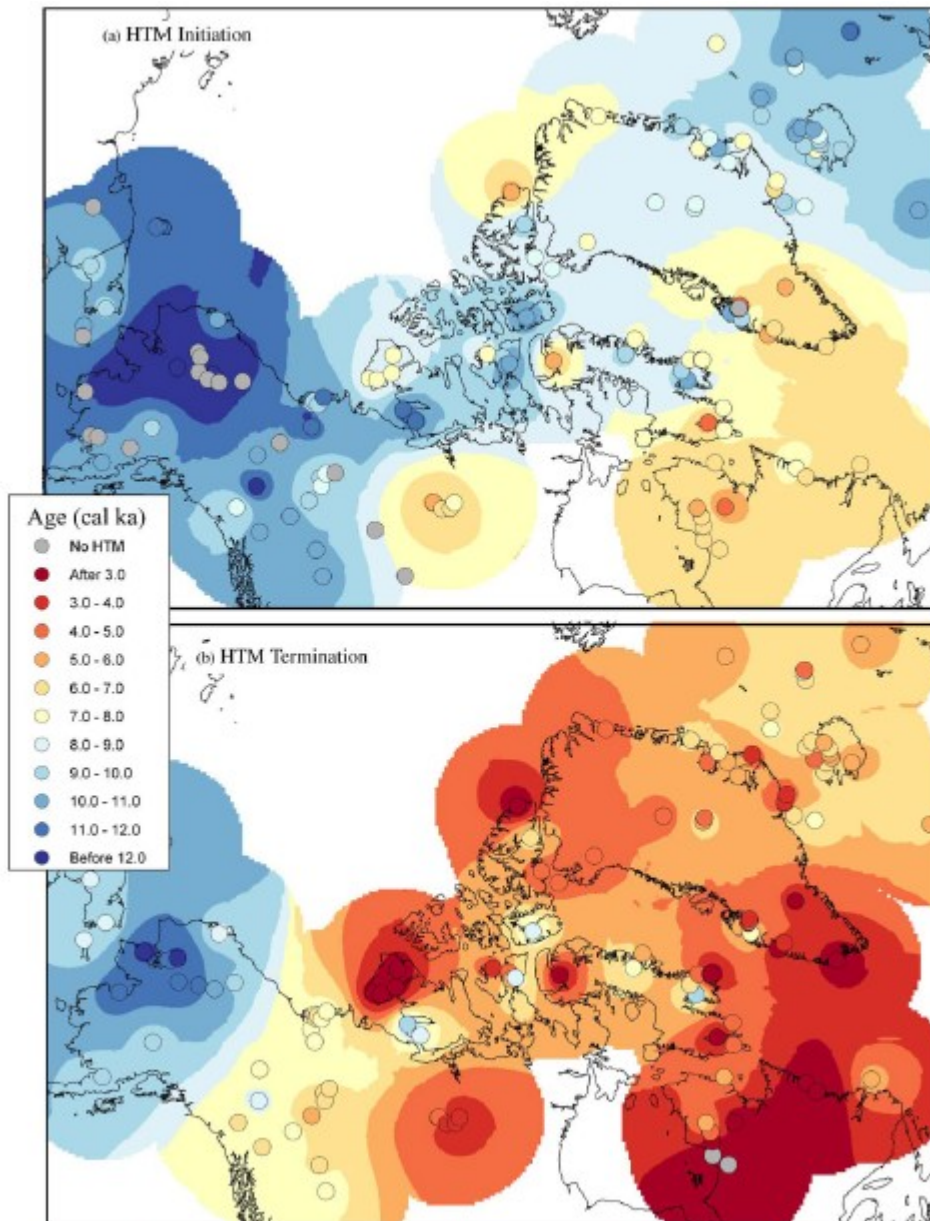
- trvá dosud, je první fází dnešního Baltského moře, jež se postupně zmenšovalo v důsledku izostatického zdvihu Skandinávie po roztání kontinentálního ledovce

Figure 8. The Littorina Sea stage at c. 7000 cal yr BP. Note the wide straits in the south and the still much remaining uplift in the north, especially conspicuous in lowland areas. From Andrén (2004).

## Regionální klimatický vývoj holocénu: Severní Amerika

- klimatický **vývoj se značně lišil** v atlantické a pacifické oblasti a ve vnitrozemí (Kaufman et al. 2004, Renssen et al. 2009)
- **severozápad** kontinentu (Aljaška, SZ Kanada) dosáhl **teplotního maxima v časném holocénu** (11 000–9 000 BP), v souhlasu s maximálním příkonem slunečního záření
  - teploty na Aljašce mohly být tehdy až o 3 stupně vyšší než dnes, hranice lesa posunuta o 100 km k severu a okolní moře zamrzala podstatně méně, než dnes
  - začátek holocénu se zde jeví sušší než dnešek; ke zvlhčení zřejmě došlo 10 000–9 000 BP
- **severovýchodní maximum bylo až o 4 000 let posunuto**, zřejmě v souvislosti s ochlazováním kontinentu a severního Atlantiku laurentinským ledovcem a jeho tavnými vodami

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Severní Amerika



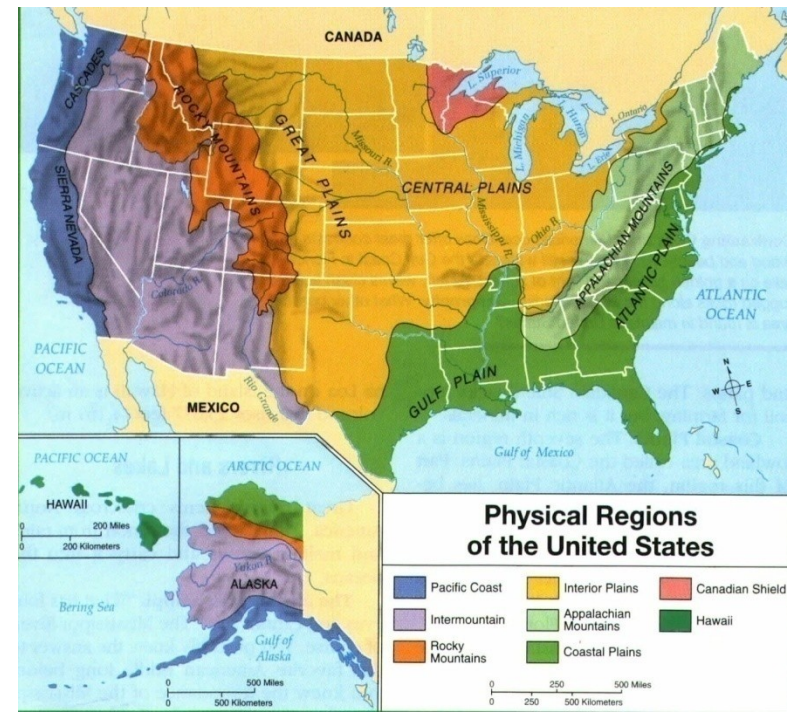
- začátek (nahore) a konec (dole) teplotního maxima holocénu v severní části Severní Ameriky

- čím je barva modřejší, tím je nástup (nahore) a konec (dole) teplotního maxima časnější; čím červenější, tím pozdnější

Fig. 7. Spatio-temporal pattern of the Holocene thermal maximum (HTM) in the western Arctic. (a) Initiation and (b) termination of the HTM. Gray dots indicate equivocal evidence for the HTM. Dot colors indicate bracketing ages of the HTM, which are contoured using the same color scheme. Sites are listed in Table 1. These maps with references to each site and additional information are available at the PARCS website.

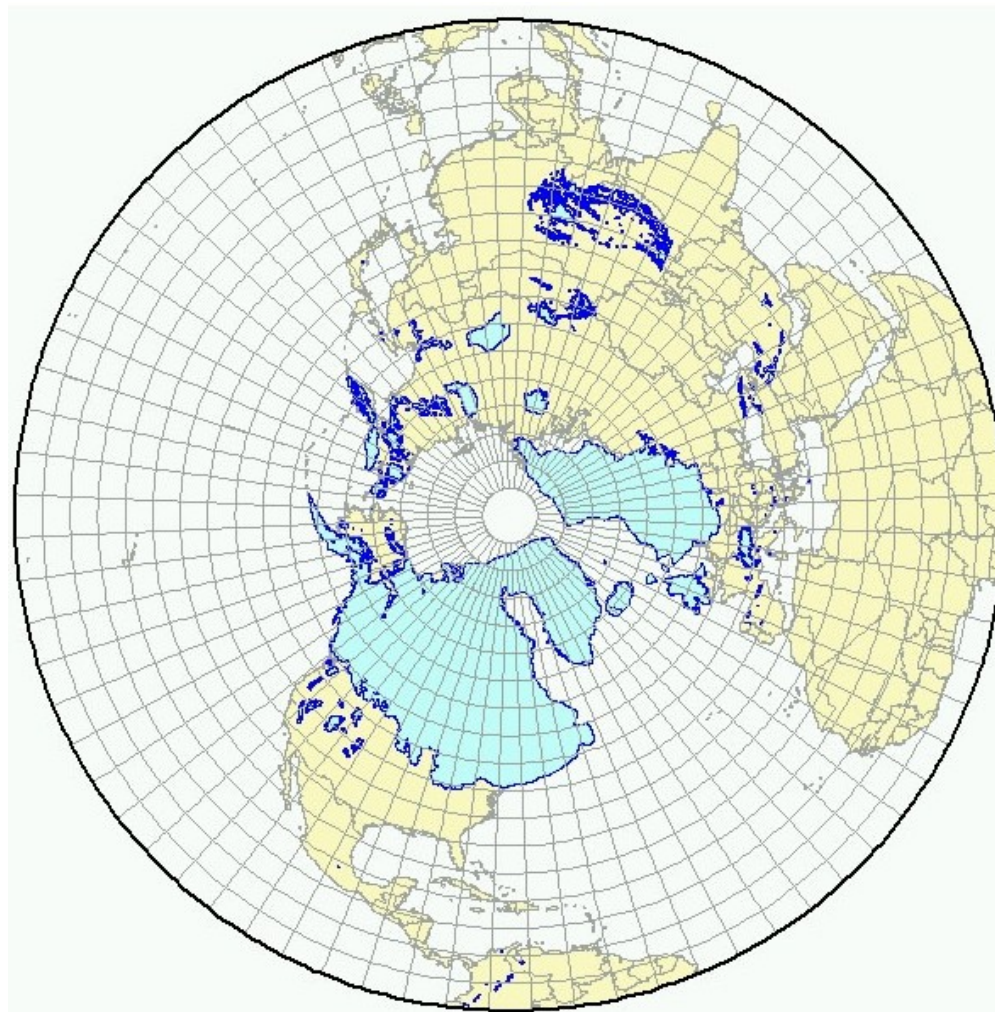
# Regionální klimatický vývoj holocénu: Severní Amerika

- kontinentální oblast Velkých plání (*Great Plains*) měla ve středním holocénu výrazně aridní klima
- jehličnaté lesy s dominancí *Picea glauca* rostoucí zde v pozdním glaciálu byly na začátku holocénu krátkodobě nahrazeny listnatými lesy (*Betula*, *Ulmus*, *Quercus*), jež po aridizaci klimatu ustoupily prériím s *Ambrosia*, *Artemisia* a *Chenopodiaceae* (Grimm 2001)



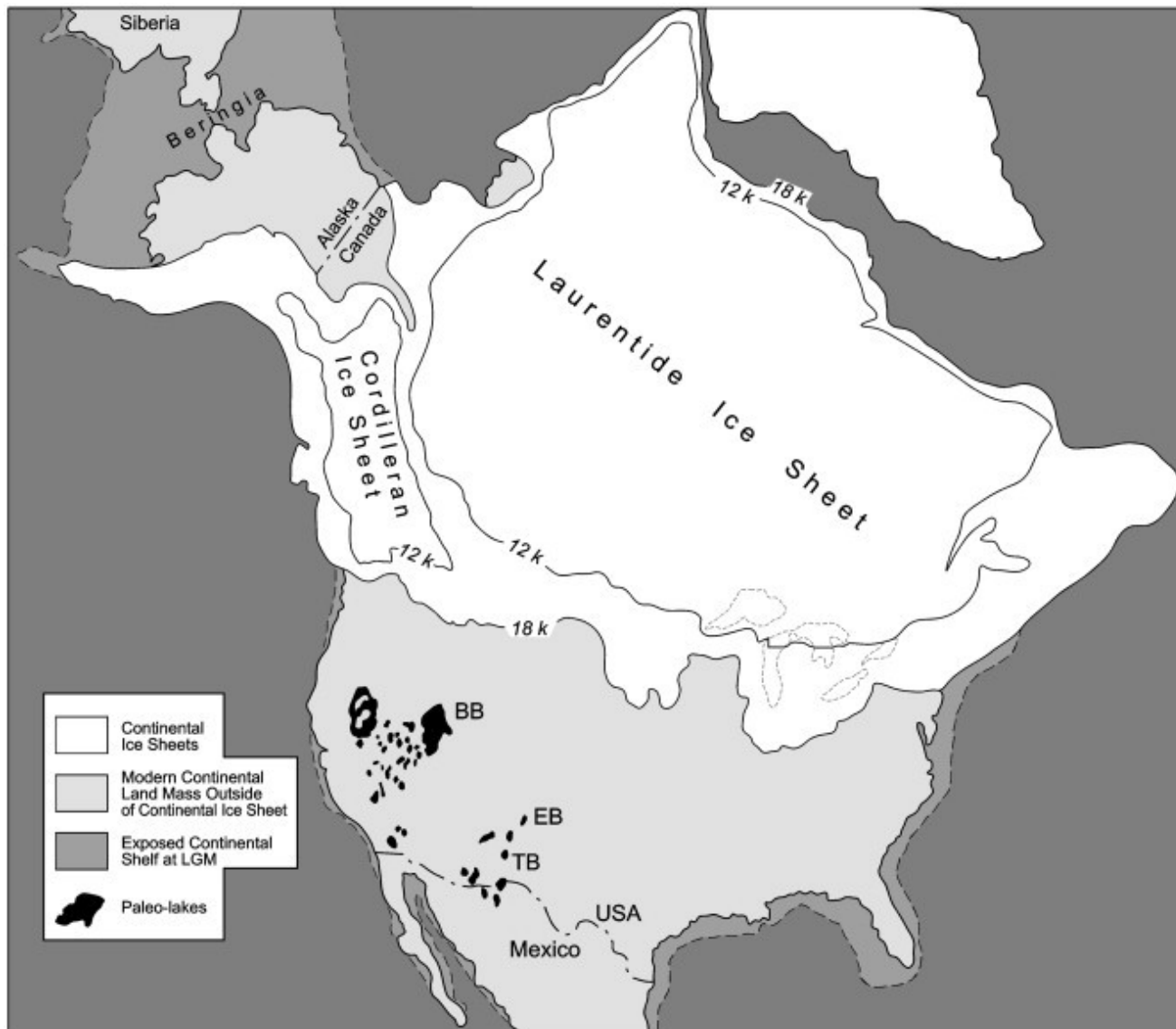


# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Severní Ameriky



Rozsah ledovců na severní polokouli v LGM

# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Severní Ameriky



Ústup severoamerických ledovců během pozdního glaciálu (18 k ~ hranice ledovce 18 000 BP; analogicky 12 k)

# Regionální klimatický vývoj holocénu: deglaciace Severní Ameriky

a



b



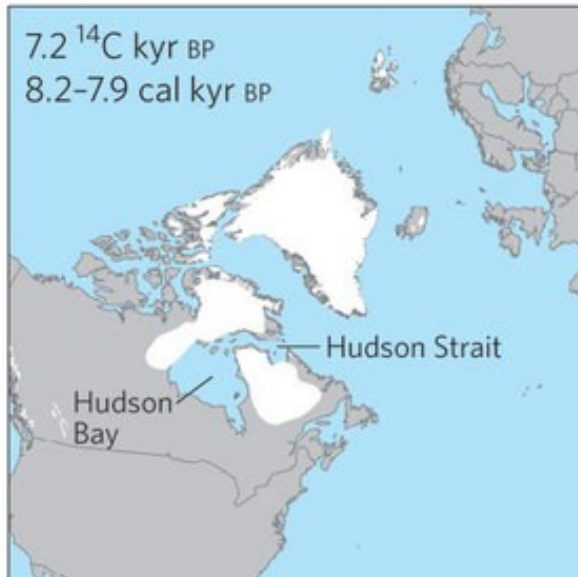
- tání ledovců neměnilo jen regionální přírodní podmínky, ale ovlivňovalo globální ekosystém

- hladina světového oceánu rychle stoupala (od LGM do současnosti celkem o 120 m), někdy v náhlých pulzech

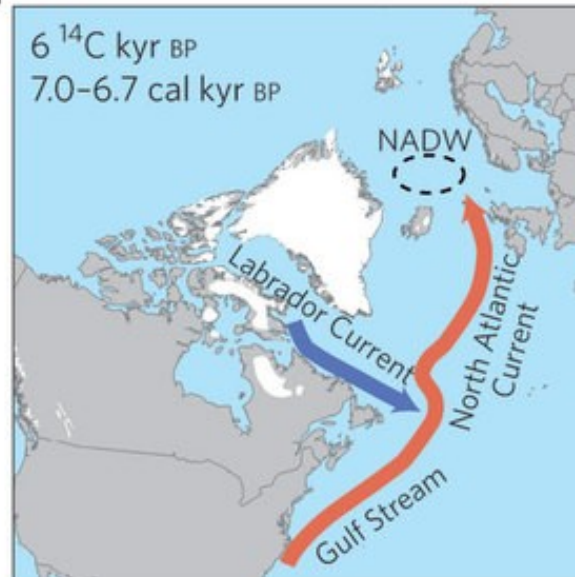
- tající laurentinský ledovec hradil velká proglaciální jezera, z nichž největší byla Agassiz a Ojibway

- dva pulzy tavné vody v období zhruba 8 500–8 200 BP jsou spojovány se zánikem těchto jezer a s jejich náhlým vyprázdněním do oblasti Hudsonova zálivu, zřejmě pod tenčícím se ledovcem (Lajeunesse & St-Onge 2007)

c



d



- tato regionální katastrofa je mnohdy považována za příčinu události 8 200 – náhlého globálního ochlazení

- globální dopad se vysvětluje narušením oceánického termohalinního výměníku vrstvou chladné sladké vody

- v deltách řek Mississippi a Rýn byl v odpovídající době zaznamenán náhlý vzestup hladiny moře asi o 0,4 a 2,1 m

- k obnově klasického proudění mohlo dojít až po promíchání tavné vody s mořskou vodou (trvání následků události 8 200 je odhadováno na 100–400 let)

# Regionální klimatický vývoj holocénu: změny mořské hladiny

Změny mořské hladiny v holocénu mají několik hlavních příčin

- teplotní expanze mořské vody

- významný faktor v minulosti  
a hlavní faktor v nejbližších  
desetiletích

- čím tepleji, tím významnější

- změny množství vody ve světovém  
oceánu

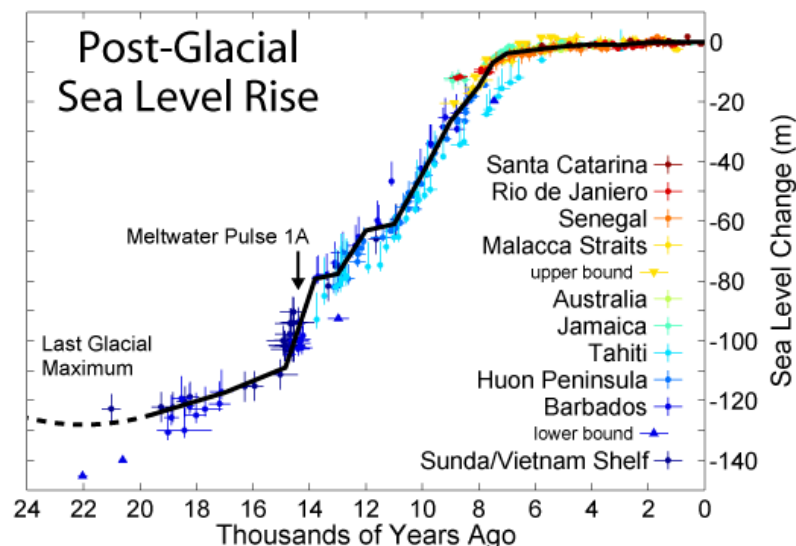
- zásadní význam má množství  
vody v pevninských ledovcích

- hlavní příčina vzestupu hladiny světového oceánu v průběhu  
holocénu

- v současných změnách nehraje takovou roli, většina ledu v méně  
dotčených oblastech

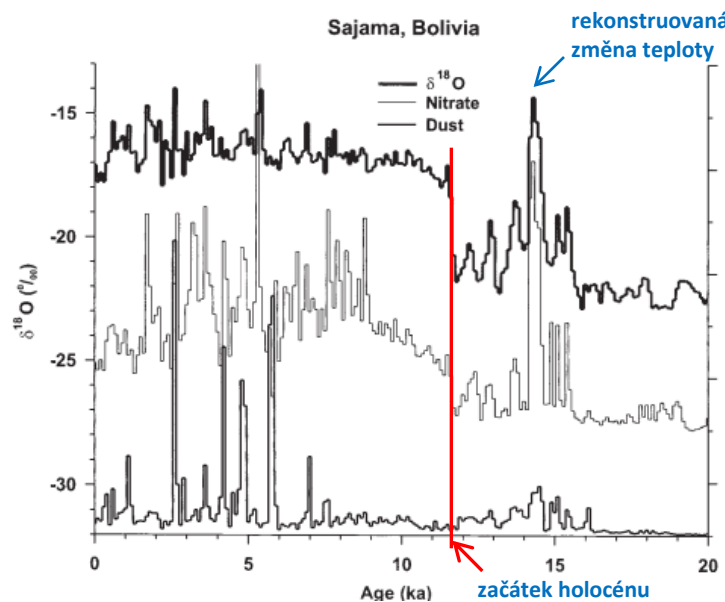
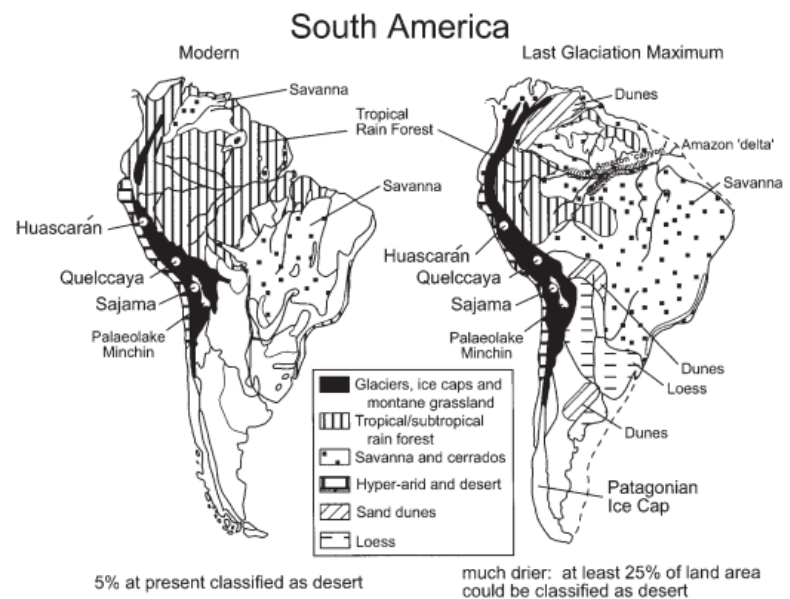
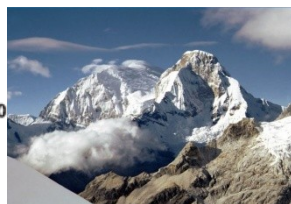
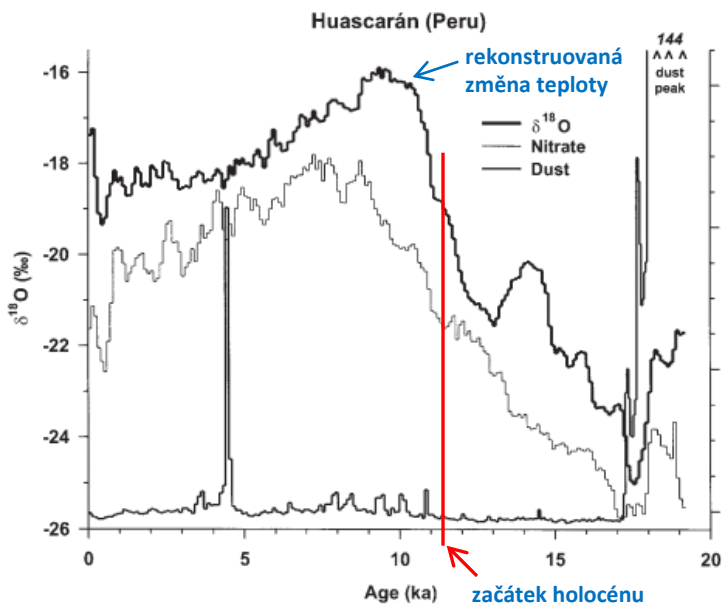
- menší (a obtížně kvantifikovatelný) význam má čerpání podzemní vody, stavba  
přehrad, zavlažování a další antropogenní změny koloběhu vody

- změny rozsahu pevnin: kontinentální drift, izostatické a tektonické pohyby zemského pláště,  
depozice sedimentů v deltách také hrají v tomto časovém měřítku menší, ale nezanedbatelný vliv



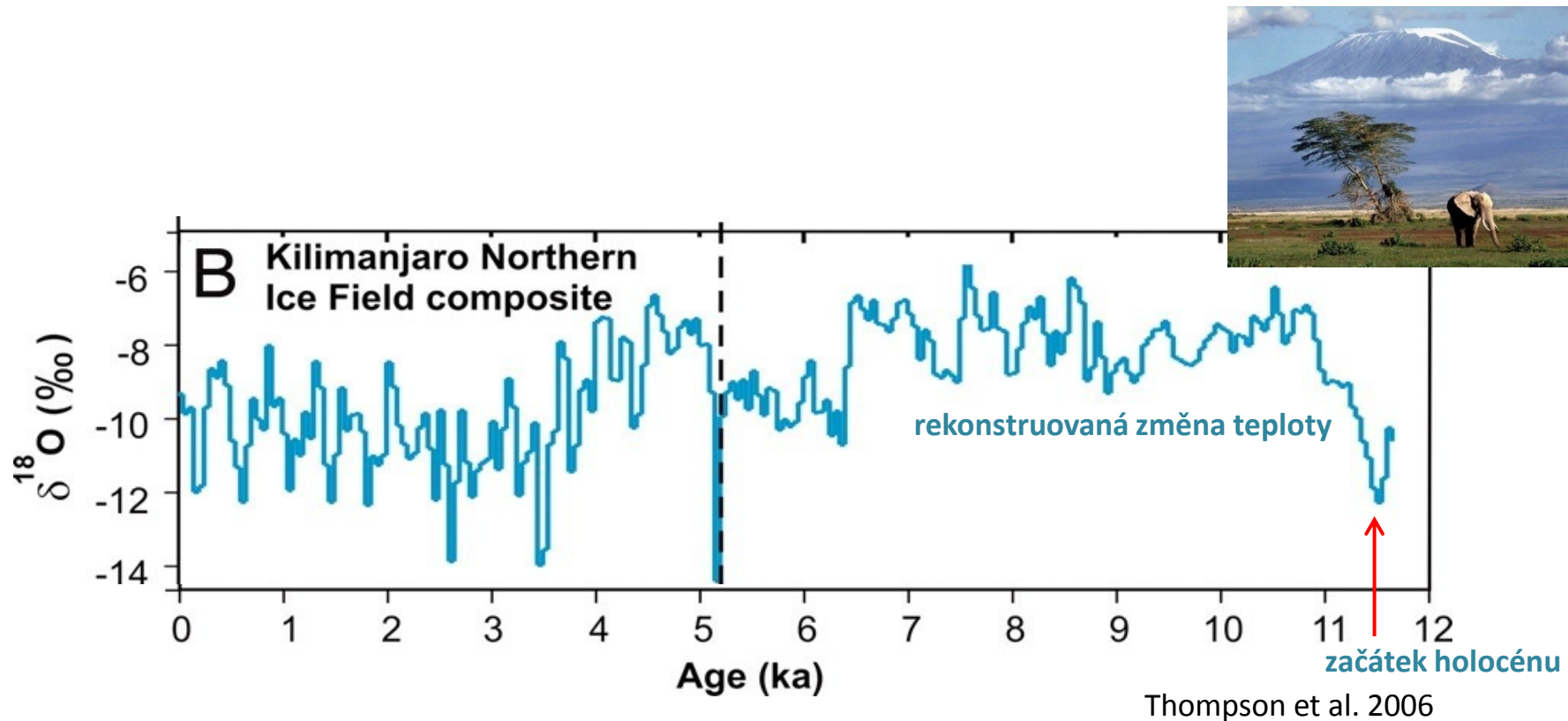
Vzestup hladiny světového oceánu od LGM do současnosti

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Jižní Amerika



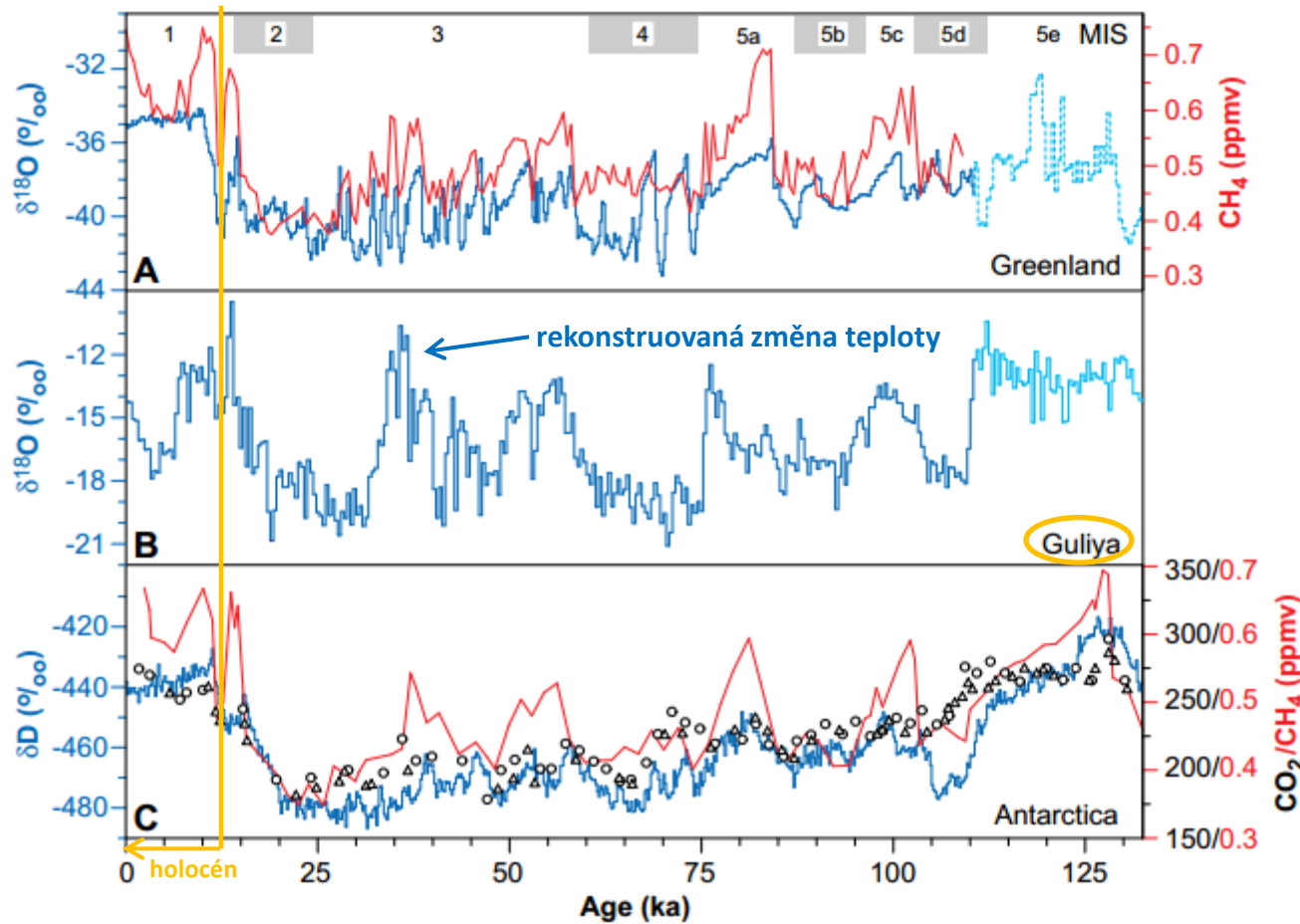
- LGM: suché tropy, vlhké subtropy
- není podpora pro teplotní maximum ve středním holocénu;
- v Bolívii holocénní klima vyrovnané, s výkyvy menšího řádu
- v Peru teplotní maximum ve starším holocénu, pak postupné ochlazování
- recentní ústup ledovců podporuje hypotézu silného recentního oteplení

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Afrika



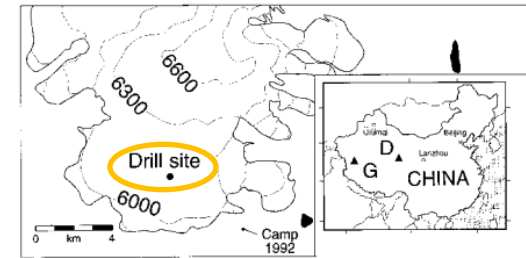
- východní rovníková Afrika: teplejší první polovina holocénu, chladnější druhá polovina (zhruba od 4 000 BP)
- několik náhlých klimatických výkyvů; výkyv 4000 BP (na obrázku výše ovšem neviditelný) údajně odpovídá „první době temna“ – největšímu historicky zaznamenanému (Egypt) suchu v tropické Africe;
- rozsah ledovců na Kilimanžáru se během 20. století snížil o 80% a tání pokračuje; o příčinách se diskutuje

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Asie



**Fig. 3.** (A) The GISP2  $\delta^{18}\text{O}$  (blue) and  $\text{CH}_4$  records (red) are shown with time for the past 132 ka (11). The record is compromised by ice deformation below 110 ka, as shown by the light blue dotted line. The Guliya  $\delta^{18}\text{O}$  record over the past 110 ka (B) is matched to the GISP2  $\text{CH}_4$  record over the past 110 ka. The Guliya record is also compared to the Vostok  $\delta\text{D}$  (blue),  $\text{CH}_4$  (red) and  $\text{CO}_2$  (black) [(13); circles, 1987 data; triangles, 1991 data] records (C), which display temporal continuity below isotope Stage 5d.

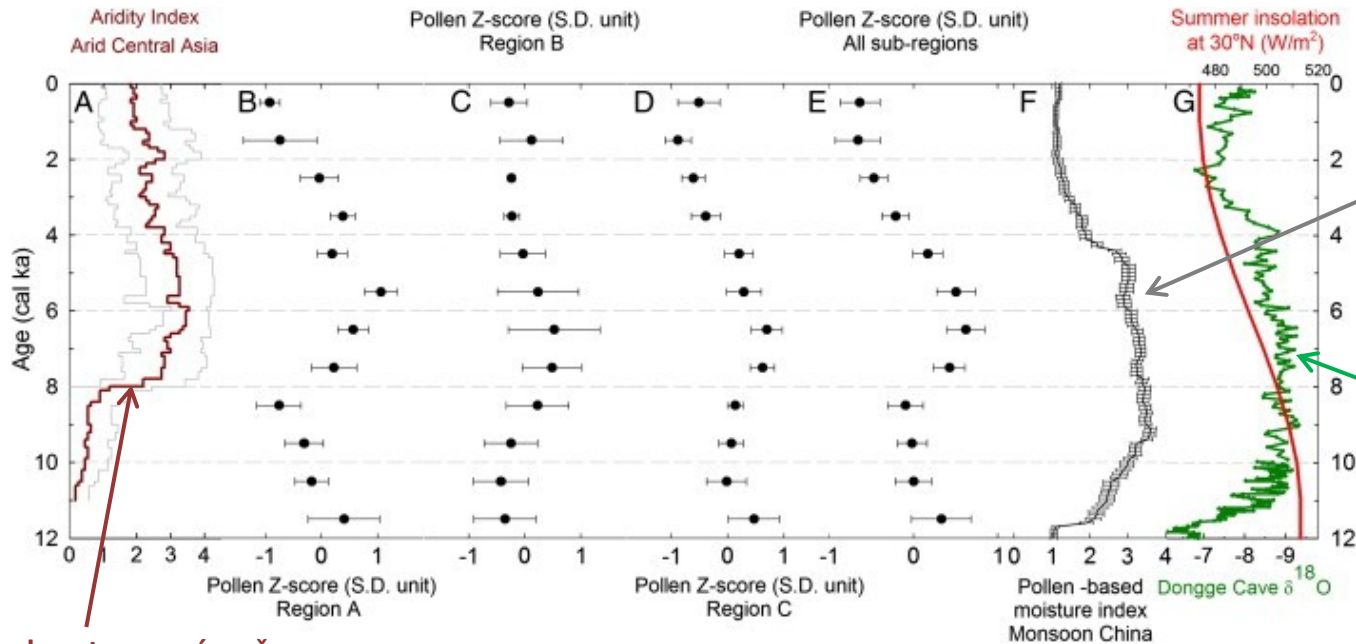
## Tibetská náhorní plošina



**Fig. 1.** The locations of the Guliya (G) and Dunde (D) ice caps and the site where the 308.6-m Guliya core was drilled. Drill site elevation, 6200 m above sea level.

- nevýrazný mladší dryas
- teplotní maximum ve starším holocénu
- prudké ochlazení v mladším holocénu

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Asie



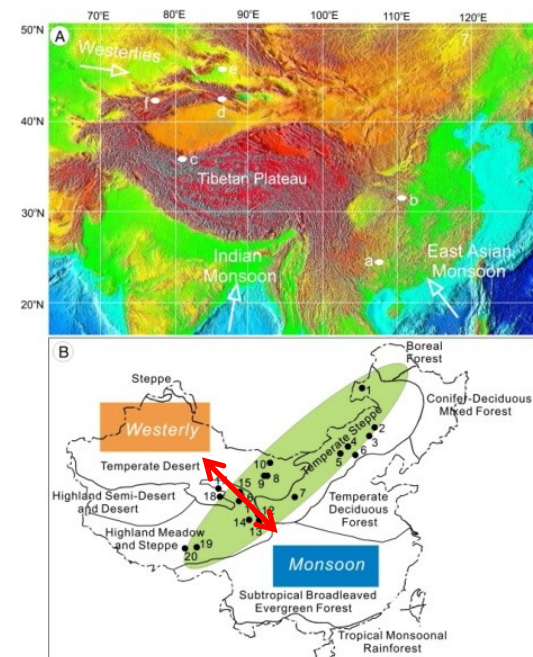
rekonstruovaná vlhkost na subtropickém JV

rekonstruovaná změna teploty

rekonstruovaná změna vlhkosti na temperátním SZ

- maximum vlhkosti ve středním holocénu, mladší holocén sušší
- chladný mladší dryas, teplý starší holocén, výrazné ochlazení v mladším holocénu
- velké regionální rozdíly (temperátní severozápad, subtropický JV)

Čína

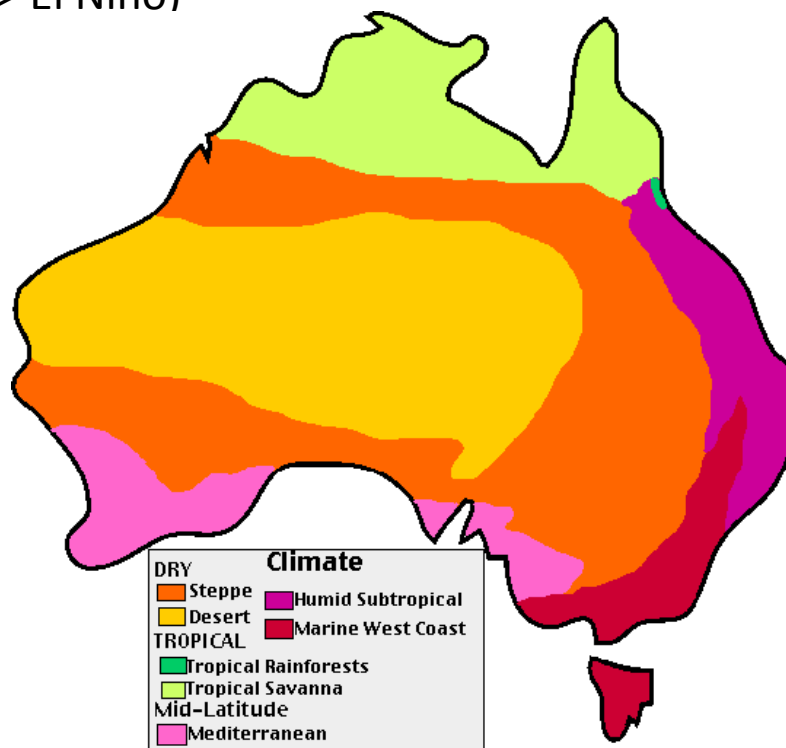


Zhao & Yu 2012



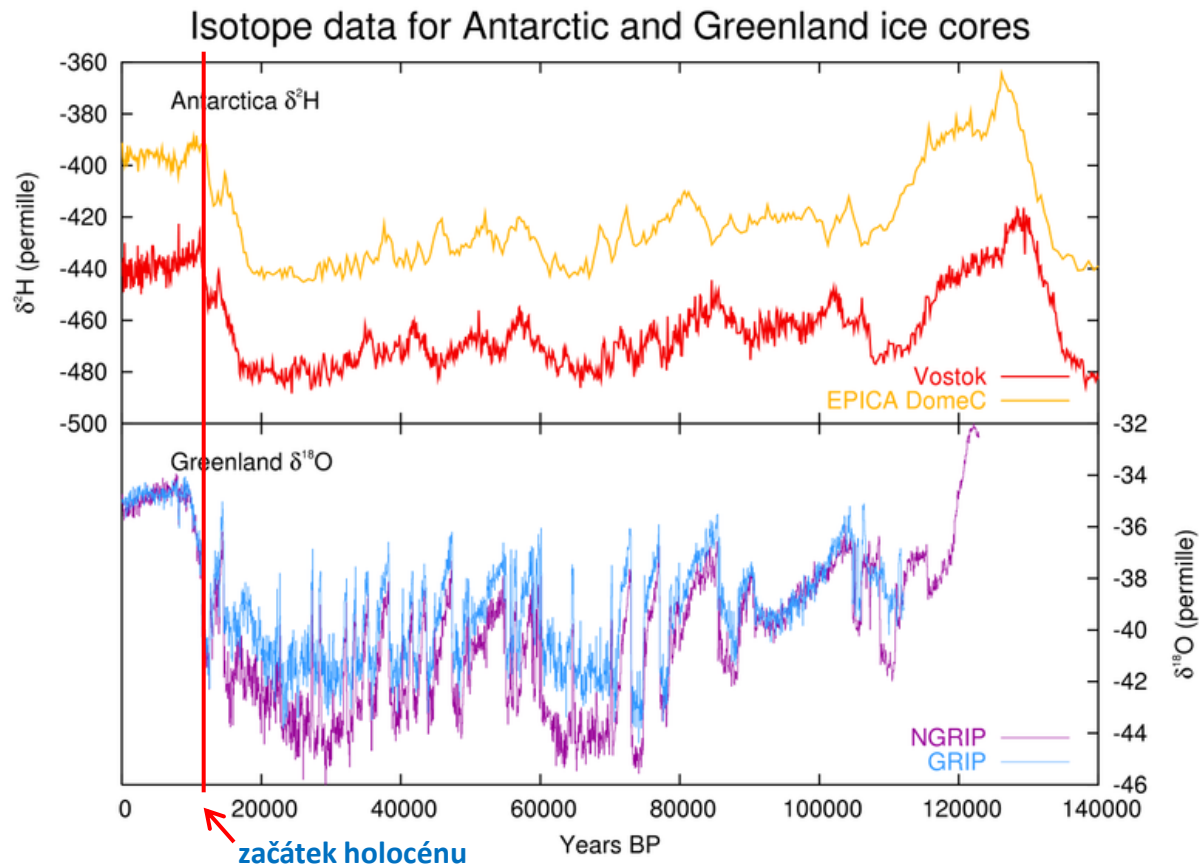
# Regionální klimatický vývoj holocénu: Austrálie

- nedostatek syntetických studií
- dostupné studie odhadují poměrně **malé rozdíly** mezi podmínkami **středního a mladšího holocénu** (Pickett et al. 2004)
- **starší a střední holocén zřejmě vlhkostně stabilnější** než současnost, zejména na pacificky ovlivněném severu a východě (Quigley et al. 2010)
- zhruba od 5 000 BP srážky rozkolísanější a v průměru nižší, zřejmě v souvislosti s **jižní oscilací** (častější změna La Niña -> El Niño)



- mapka recentních klimatických okrásků ukazuje velké regionální klimatické rozdíly v rámci ostrovního kontinentu

# Regionální klimatický vývoj holocénu: Antarktida



-nápadné **teplotní maximum** ve starším holocénu (asi 11 500–9 000 BP) a **chladnější mladší holocén** (Mason et al. 2000)

- nevýrazný mladší dryas

## Regionální klimatický vývoj holocénu: shrnutí

- výrazné **oteplení na počátku holocénu** se projevuje **globálně**
  - v některých oblastech (např. Antarktida) se jeví jako **součást delšího oteplování** po skončení LGM (ochlazení v mladším dryasu zde nebylo tak výrazné)
- klasické severo-/středoevropské a severovýchodoamerické schéma s teplotním maximem ve středním holocénu naopak globální není
  - opakuje se i **dvoučlenné schéma**: teplý starší a chladnější mladší holocén (Antarktida, Čína, Peru)
  - značné **regionální rozdíly**, i v rámci kontinentů