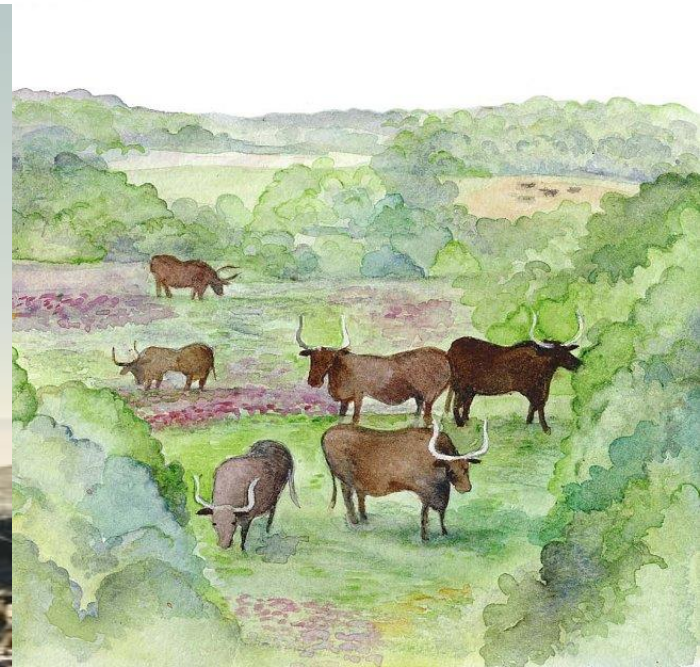


Příroda ve čtvrtohorách



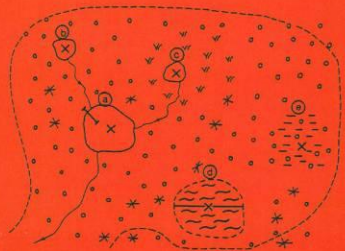
Michal Horsák & Jan Roleček

UBZ PřF MU, Brno

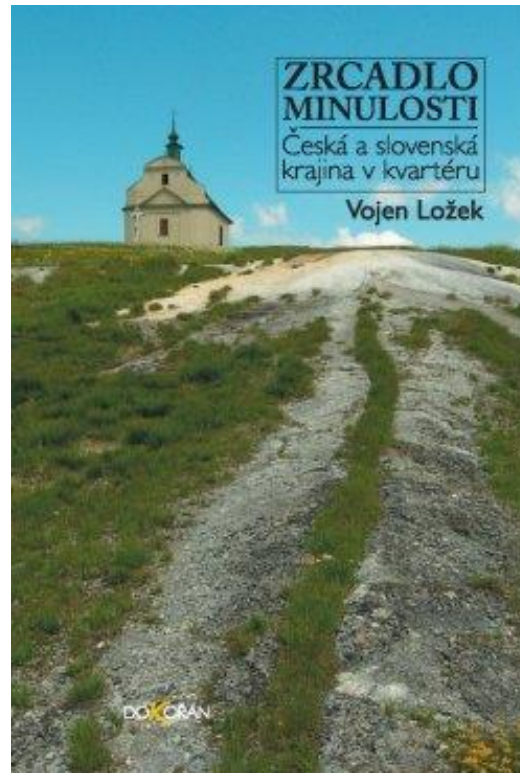
III. přednáška – obsah, literatura

Kvartérní klimatický cyklus, geografické rozdíly v zalednění, příroda posledního interglaciálu v Evropě

Handbook of
Holocene
Palaeoecology
and
Palaeohydrology



Edited by
Björn E. Berglund



NEKLIDNÉ ČASY

KAPITOLY ZE SPOLEČNÝCH DĚJIN PŘÍRODY A LIDÍ

Petr Pokorný



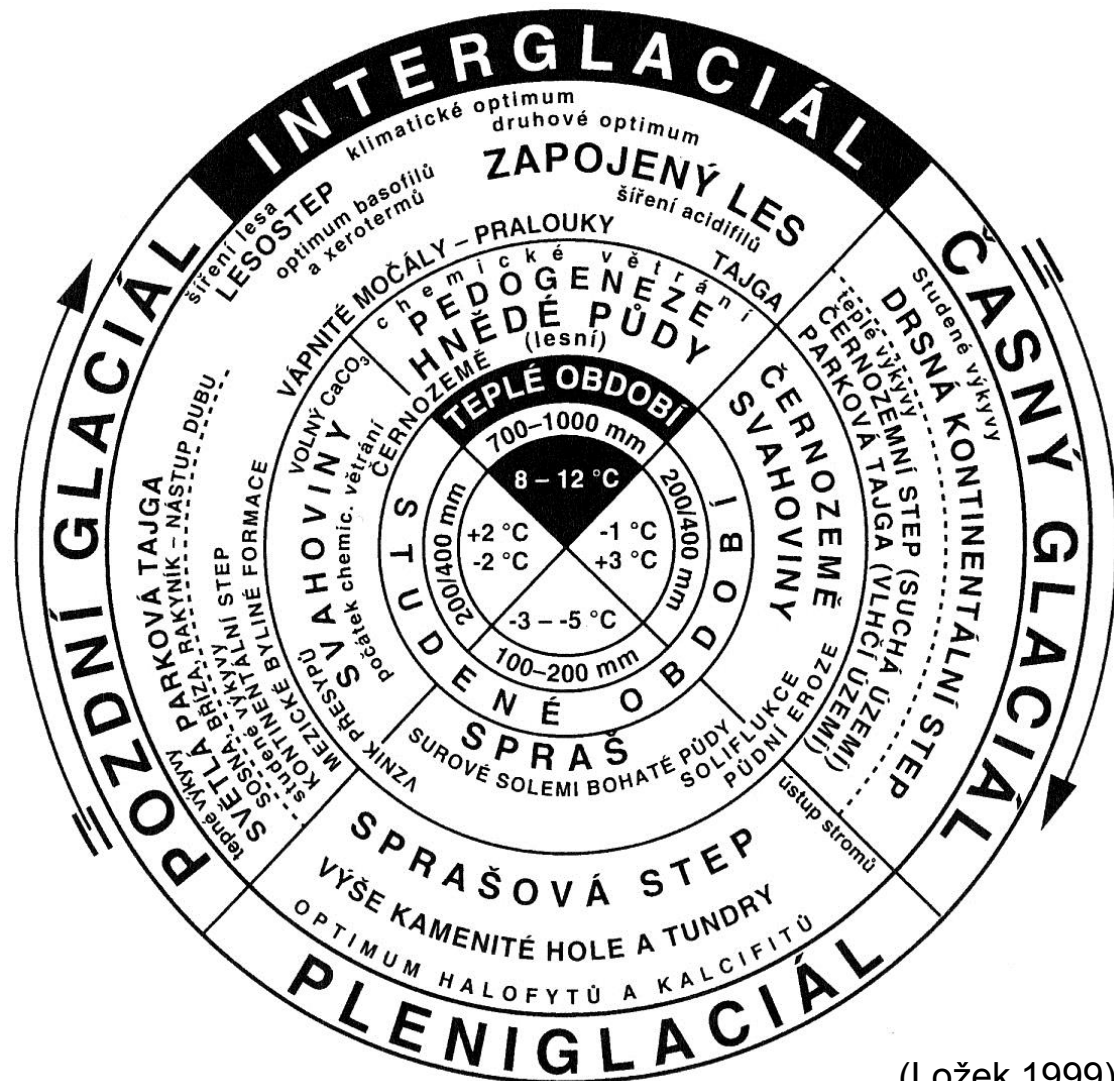
DOKORÁN

Globální glaciální–interglaciální cyklus

- cyklické střídání chladného a teplého období
- kromě klimatu se mění i sedimentace = **klimaticko-sedimentační cyklus**
 - glaciály – tvorba spraše
 - interglaciály – tvorba půd



- spraš
- půda



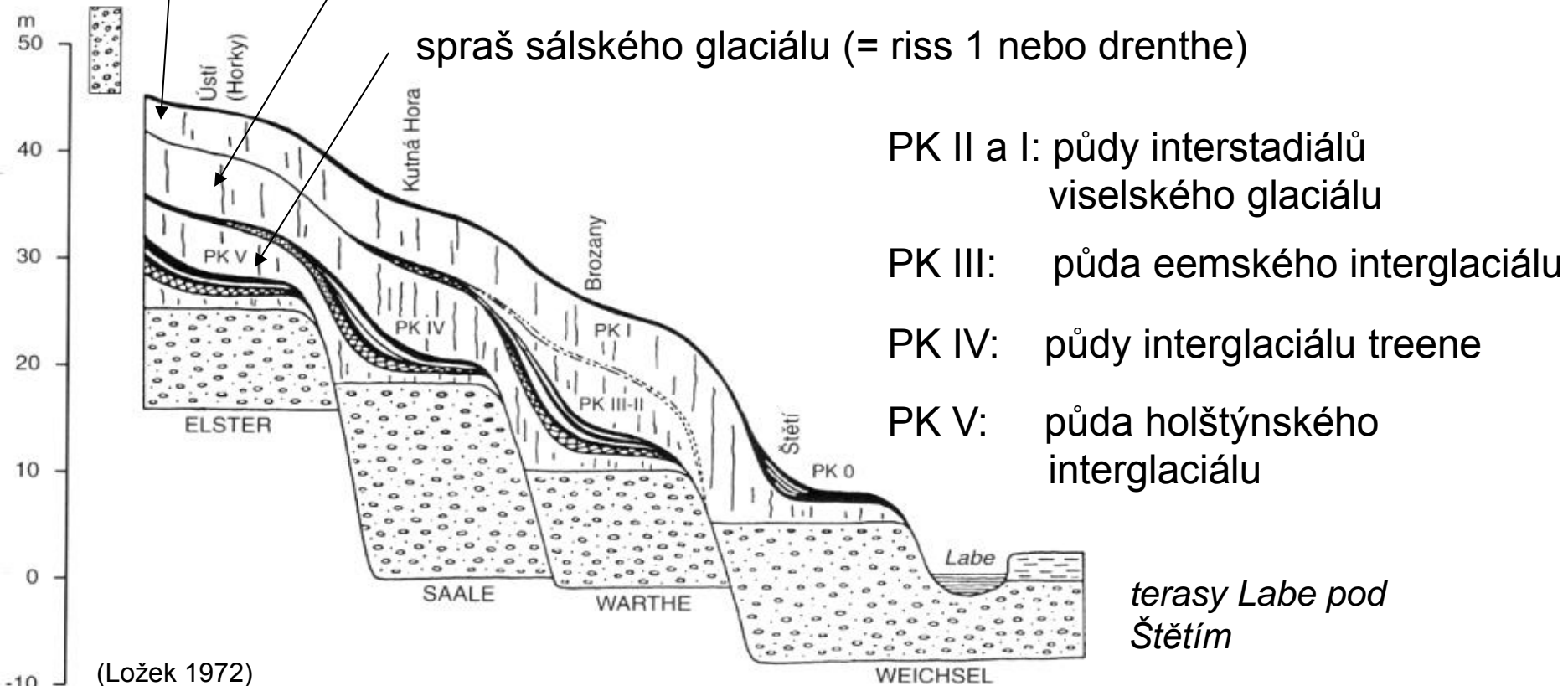
Interglaciální a interstadiální půdní komplexy

- sprašové komplexy (série) – spraše z několika chladných výkyvů, oddělených fosilními půdami (půdními komplexy) z teplejších období
 - často vytvořené ve svazích nebo říčních údolích

polohy spraší viselského glaciálu (würm)

spraš vartského glaciálu (= riss 2 nebo warthe)

spraš sálského glaciálu (= riss 1 nebo drenthe)



PK II a I: půdy interstadiálů viselského glaciálu

PK III: půda eemského interglaciálu

PK IV: půdy interglaciálu treene

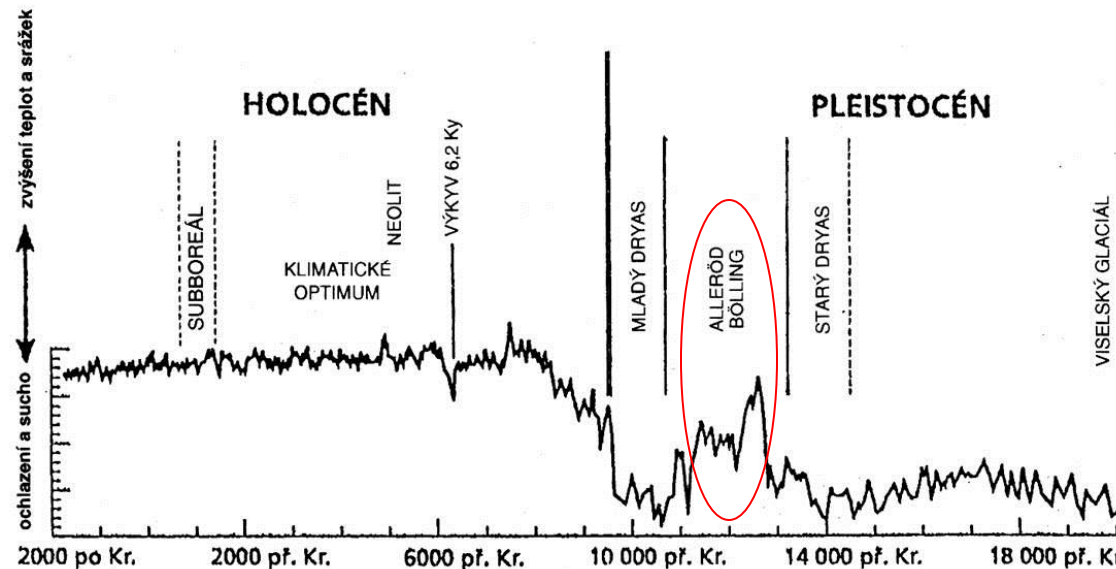
PK V: půda holštýnského interglaciálu

terasy Labe pod Štětím

Glaciální cyklus – základní fáze

- většina kvartéru je chladná (**kryokratická** fáze), ale souvislých biostratigrafických záznamů je z terestrických lokalit velmi málo!
- pozn.: znalosti glaciální bioty jsou kusé, většinou z periglaciálních zón
 - také datování starší než 40 tis. let je problematické
 - fosilní společenstva a prostředí nemají často moderní analogie (st. pleistocén)
- základní fáze glaciálního cyklu (časování odpovídá poslednímu glaciálu)
 - **eoglaciální** (= anaglaciální) fáze (**časný glaciál**, 115-60 tis. let BP) – prudké ochlazení, ale časté byly krátké interstadiály
 - **pleniglaciální** fáze (**vrcholný glaciál**, 60-15 tis. let BP) – maximum rozsahu ledovce v době 23-19 tis. let BP
 - **tardiglaciální** (= kataglaciální) fáze (**pozdní glaciál**, 15-11,6 tis. let BP) – oteplení, rychlé tání ledovců, migrace z refugií, dva výrazné interstadiály (červený ovál)

(Ložek 2008)



Glaciál vs. interglaciál

glaciál

- 40-100 tis. let
- 9 až 11 **světová průměr. roční teplota (°C)**
- suché, převažuje výpar - halofilní prostředí
- silně vápnité (zvětrávání)
- převážně bezlesá
- silná eroze (mrazová, větrná – akumulace spraše, vodní – říční kaňony)
- iniciální
- divočící
- homogenní (na velké škále)
- zalednění severu Ameriky a Eurasie, pokles hladiny světového oceánu o 120-140 m

doba trvání

prostředí

krajina

sedimentace

tvorba půd

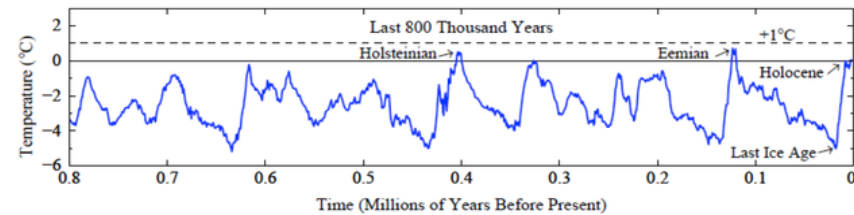
toky

příroda

interglaciál

- ca 10-15 tis. let
- 13 až 16
- vlhké (rozvoj lesa a vznik půd)
- kyselé (vyluhování), 2. pol.
- převážně zalesněná
- akumulace, (chemické zvětrávání)
- plně vyvinuté
- meandrující
- heterogenní

odchylka světové průměrná roční teploty od dnešní (ca 4,4 °C)



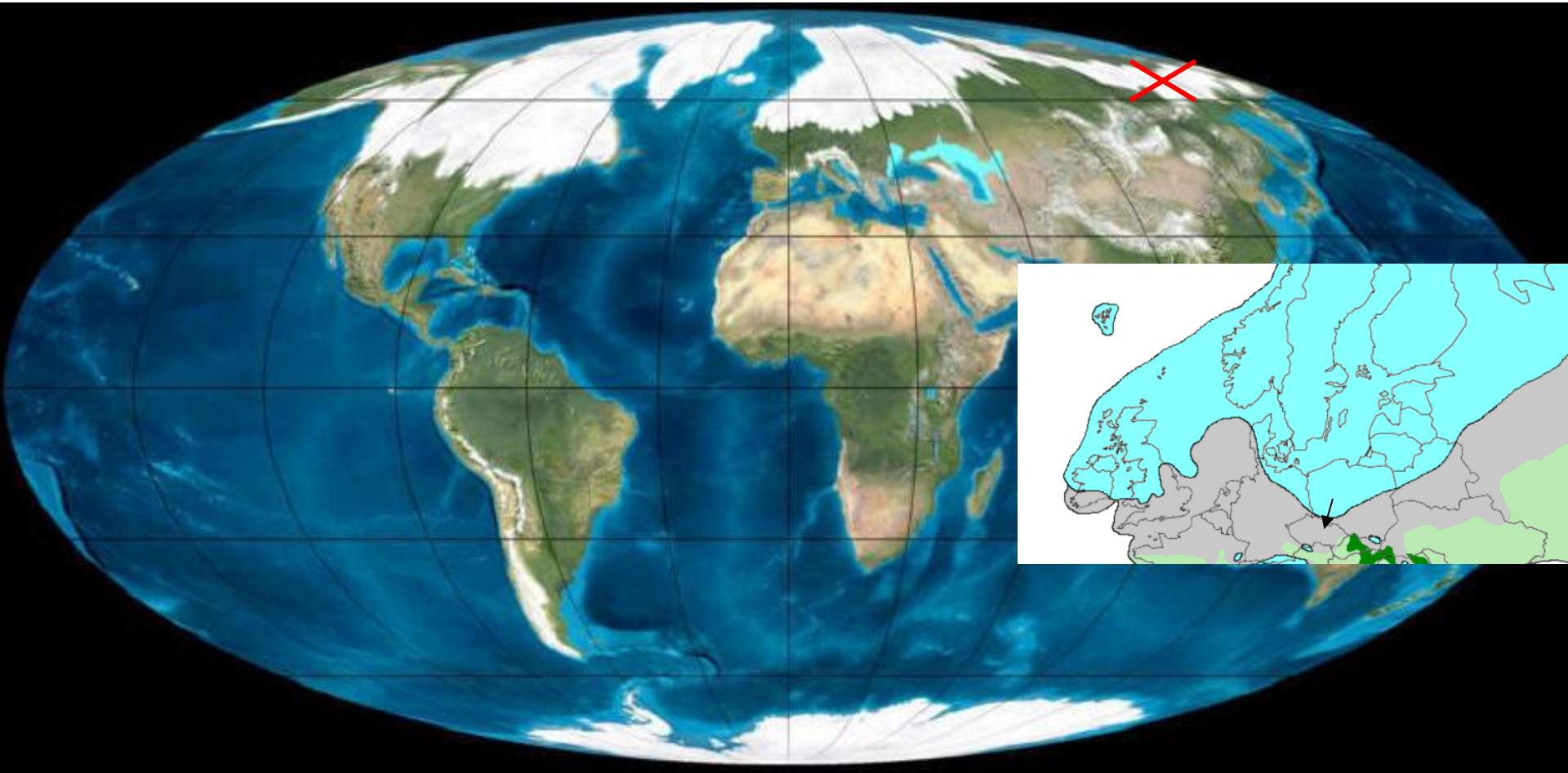
- kvartér je primárně chladným obdobím s několika krátkými teplejšími výkyvy, podobnými dnešku

Interglaciální a glaciální zpětnovazebné procesy

- interglaciál
 - **vlhko** – vegetace pohlcuje teplo (mění na latentní skupenské teplo vodní páry) – srážky teplo rozvádí (při srážkách se teplo uvolní – až polovinu tepla získávají severské šířky takto!)
 - vodní pára funguje jako účinný „skleníkový plyn“
 - svět je zelený, vlhký a oblačný
- glaciál
 - hromadění sněhu a ledu – zvyšování albeda – ochlazování
 - chlad a sucho – ústup vegetace – sluneční záření se odráží, teplo se nerozvádí
 - svět je chladný, suchý a slunečný
- díky uvedeným zpětnovazebným procesům se projeví i malé změny Milankovičových parametrů

Maxima zalednění v pleistocénu

- během maxima posledního glaciálu dosahuje ledovec v Severní Americe 40° (mocnost až 3 km); evropský ledovec „pouze“ 51° s.š. (jih.-záp. Polsko)
- na naše území dosahuje čelo pevninského ledovce pouze během dvou předposledních glaciálů: riss (saal) a mindel (elster)

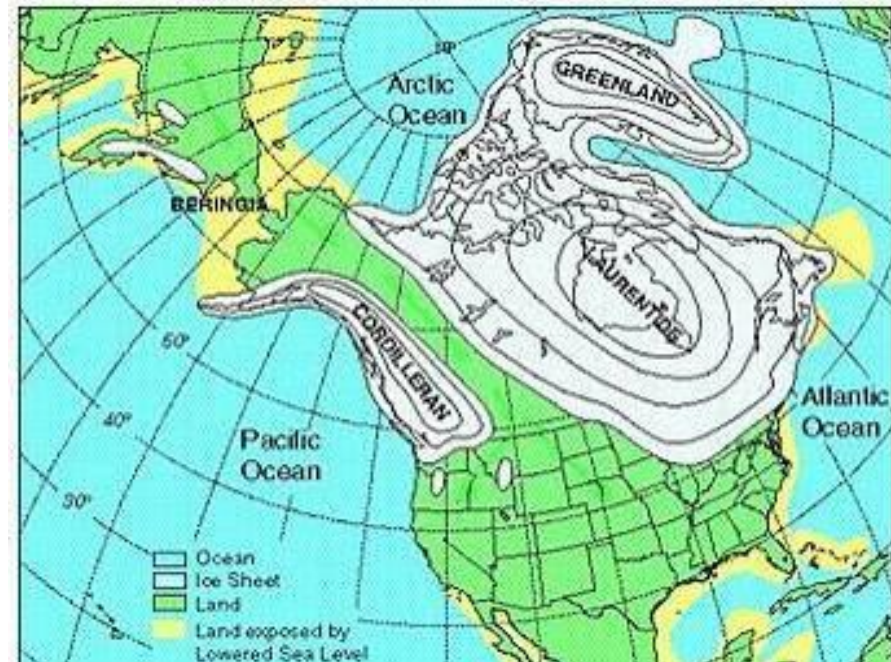


Zalednění Severní Ameriky

- **Laurentinský** ledovec pokrýval většinu Kanady a USA
 - nejdál během kvartéru až po 38° s.š., mocnost až 3 km (v Kanadě), na okrajích slabší (horské nunataky),
 - na západě se spojoval s **Kordillerským** ledovcem
 - permafrost se vyjma hor jižně od ledovce netvořil – ledovec sahal příliš na jih – strmý latitudinální gradient (= ledovec díky mocnosti odkláněl polární tryskové proudění na jih a tím dále expandoval na jih, naopak oblast Velkých plání byla vlhčí než jindy – rozsáhlá jezera /solné jezero v Utahu/)
- poslední glaciál – wisconsinský – maximální rozsah ledovce před 21 tis. lety
 - pevninský most v Beringii
 - migrace zvířat i lidí z Asie

- horský ledovec pokrýval většinu Skalisticích hor

Zalednění Severní Ameriky před 14 tis. lety – ústupem Laurentinského ledovce vznikl migrační koridor „Beringie – jih kontinentu“.



Zalednění Jižní Ameriky

- Patagonský ledovec pokrýval již. třetinu Chile a přilehlé oblasti Argentiny (1)
 - zasahoval za Andy, ale díky suchému klimatu nedosahoval východního pobřeží kontinentu
 - po jeho tání výrazné snížení salinity oceánu – globální dopad na cirkulaci
- jeho dopad byl ve srovnání s evropským a severoamerickým ledovcem velmi malý
 - možná existence nezaledněných refugií dokonce na západním pobřeží Patagonie
- četné horské ledovce ve vyšších polohách And – rozsáhlý zejména na náhorní plošině Altiplano (2)
 - ?možné propojení s Patagonským ledovcem

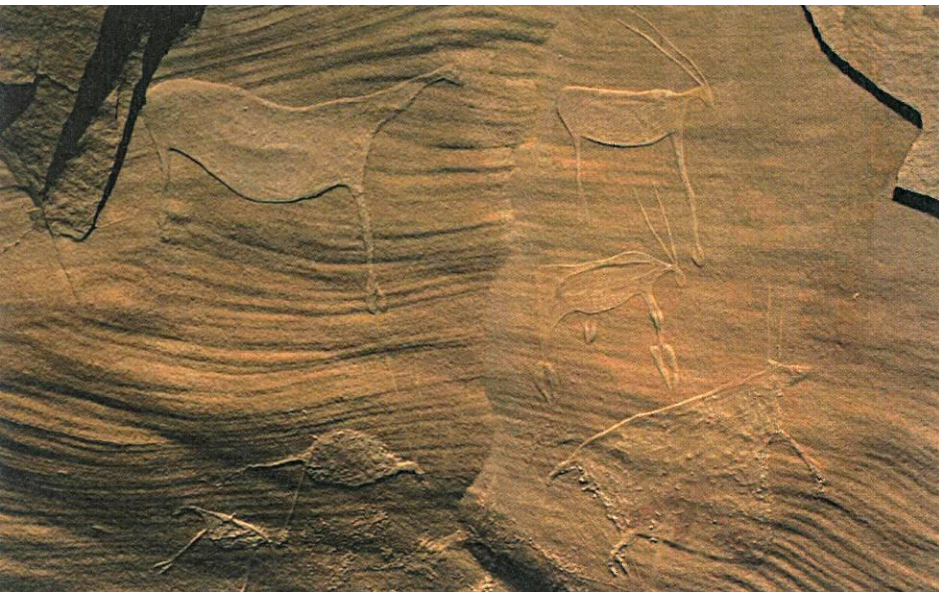


Zalednění Afriky a dopad glaciálu

- pouze menší horské ledovce
- expanze Sahary na jih vlivem aridizace globálního klimatu
 - před 13 tis. lety přibližně dnešní rozsah
 - poté před 8-6 tis. lety nápadné zvlhčení atmosféry vlivem tání ledovce – „zelená Sahara“
 - po odtání ledovce – postupně opět aridizace severní Sahary
 - z počátku jižní Sahara zůstala vlhčí než je dnes, díky monzunu a vyššímu sklonu zemské osy (paradoxně čím více slunečního záření na Saharu dopadalo v létě, tím byla v té době vlhčí – prohřátý vzduch stoupal a docházelo k nasávání chladného a vlhkého vzduchu od oceánu)
 - před 4200 lety monzun poklesl a dosahoval dnešní intenzity – výrazná aridizace jihu Sahary
- „Sahara pump theory“ – výše popsané změny vysvětlují přežívání a migrace fauny a flóry mezi Euroasií a Afrikou jižně od Sahary v době „zelené a vlhké“ Sahary
- expanze pouštní Sahary souvisela i s redukcí oblastí deštných lesů rovníkové Afriky (pozitivní zpětná vazba atmosférické vlhkosti)

„Zelená Sahara“

- největší dopad klimatických změn byl **v oblastech obratníků** – velké výkyvy v množství srážek vlivem změn intenzity letních monzunů (!) – vliv sklonu zemské osy (Milankovičovy cykly)
- ve starší polovině holocénu byl i střed Sahary (dnešní absolutní poušť) vlhký – savany s jezery a pastevci (zde byla možná poprvé domestikována kráva)



V poušti severní Sahary jsou stále patrné stopy někdejší „zelené Sahary“ ve starém holocénu. Ještě před 6000 lety zde byly savany s jezery a neolitickými pastevci, jak dokládají skalní rytiny a hojné skořápky pštrosích vajec (obr. Pokorný 2011).

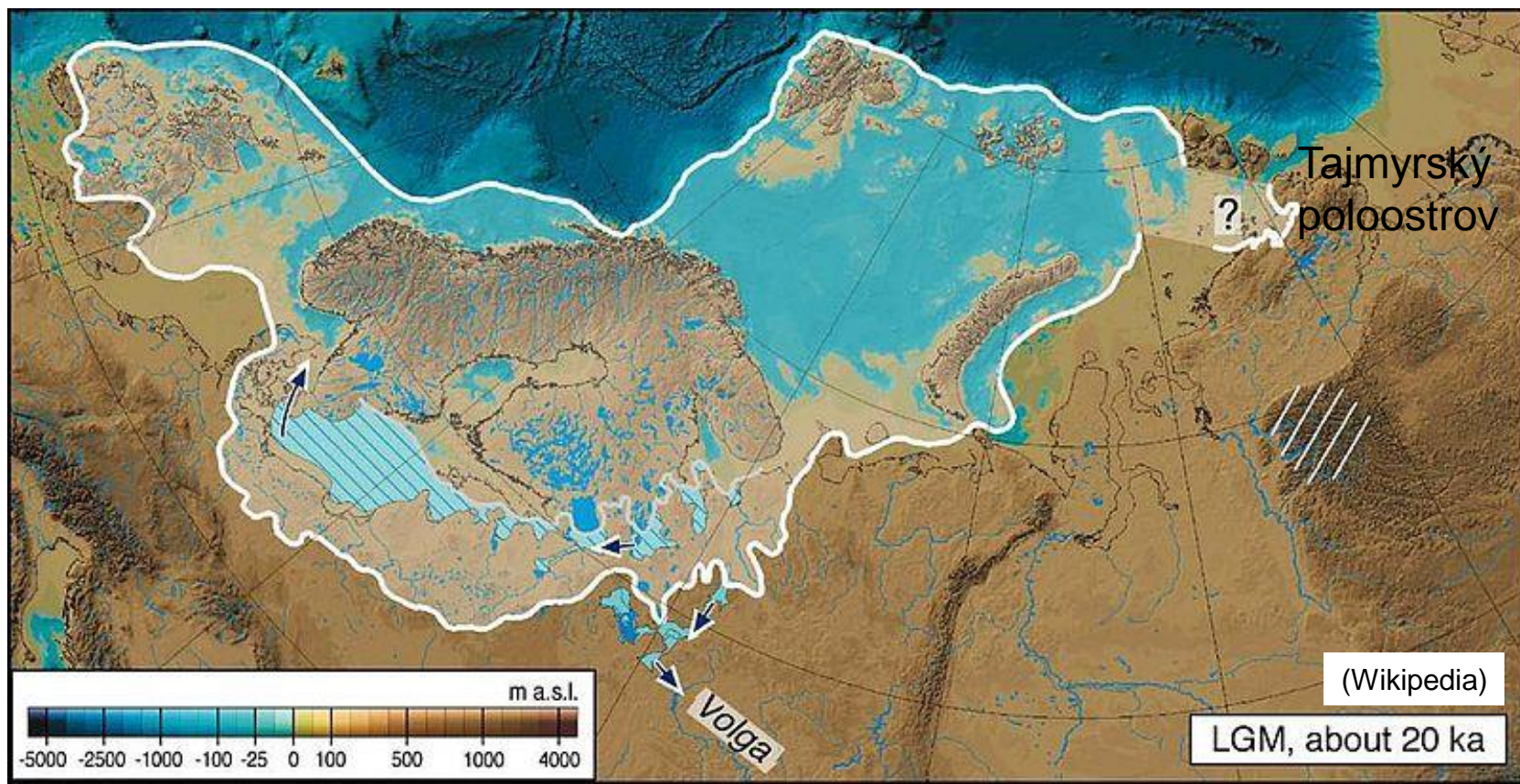
Zalednění východní a centrální Asie

- severovýchod Asie **nebyl** souvisle pokrytý ledovcem (!)
 - rozsáhlá anticyklona nad evropským ledovcem – produkce velmi suchých větrů = příliš sucho na tvorbu ledovce, vliv i na část Aljašky
 - zaledněná byla Kamčatka – díky vlhkým větrům od Japonského moře
- rozsáhlý horský ledovec v oblasti dnešního Tibetu
- ledovce také v severním Pákistánu a pohoří Ladak, také mnoho horských ledovců v pohořích JV Asie
- permafrost sahal na jih až po Peking
- pokles hladiny oceánu propojil velkou část indonéských ostrovů s kontinentem (pozorovatelné na rozšíření současných druhů)
- expanze pouště Gobi - sucho



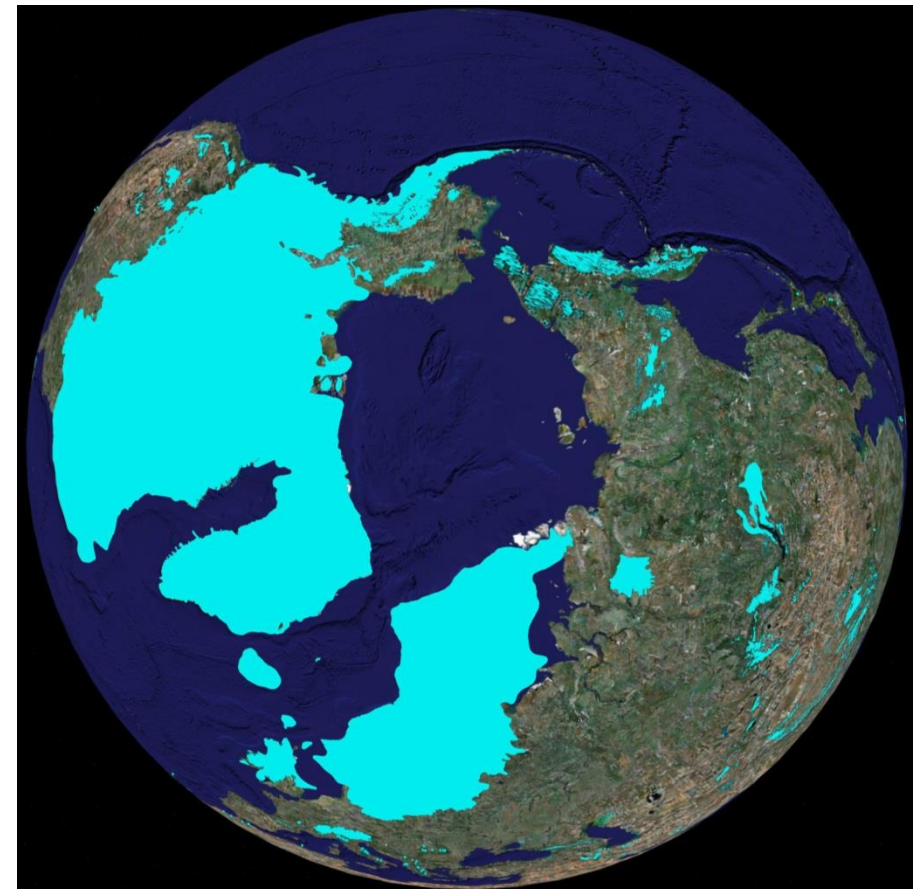
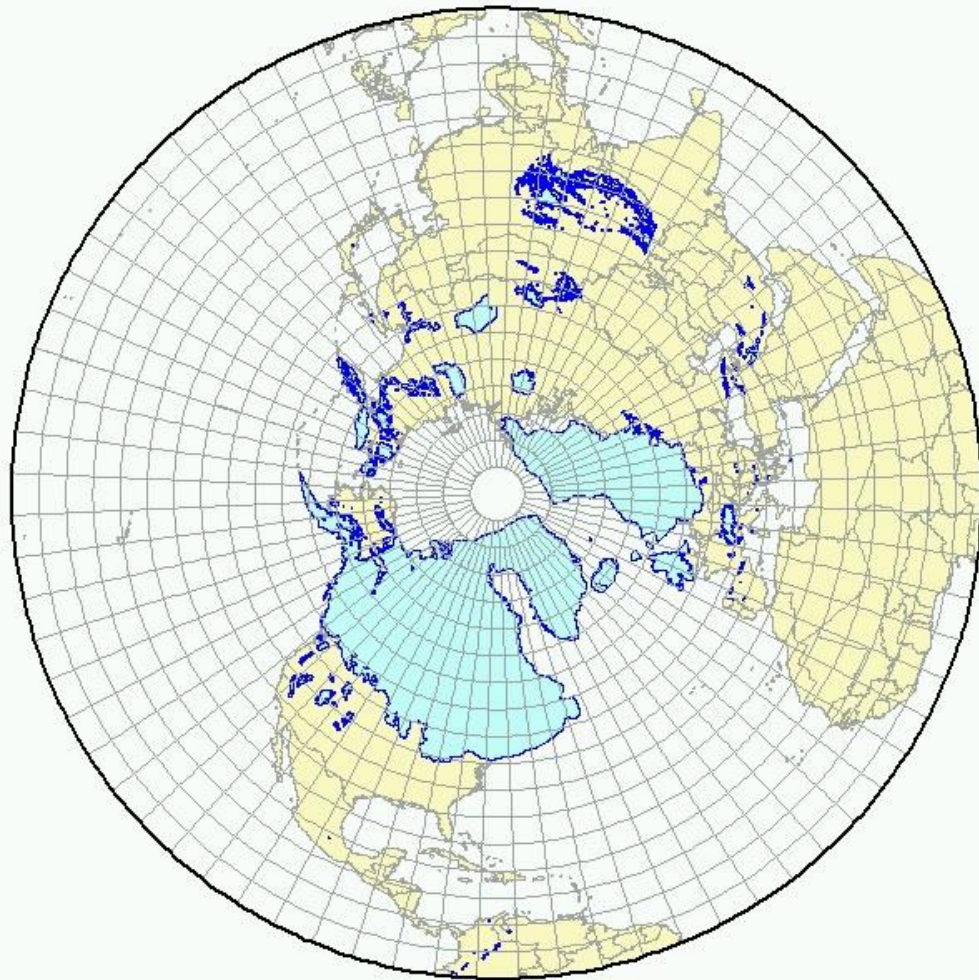
Zalednění Evropy

- pevninský ledovec zasahoval od Británie až k poloostrovu Tajmyr, od Svalbardu až na sever ČR
- rozsáhlý horský ledovec v Alpách, horské ledovce v dalších pohořích (např. Apeniny)
- otázkou je rozsah permafrostu – názory, že zasahoval až po maďarský Szeged – není jisté, jeho rozsah mohl být výrazně menší



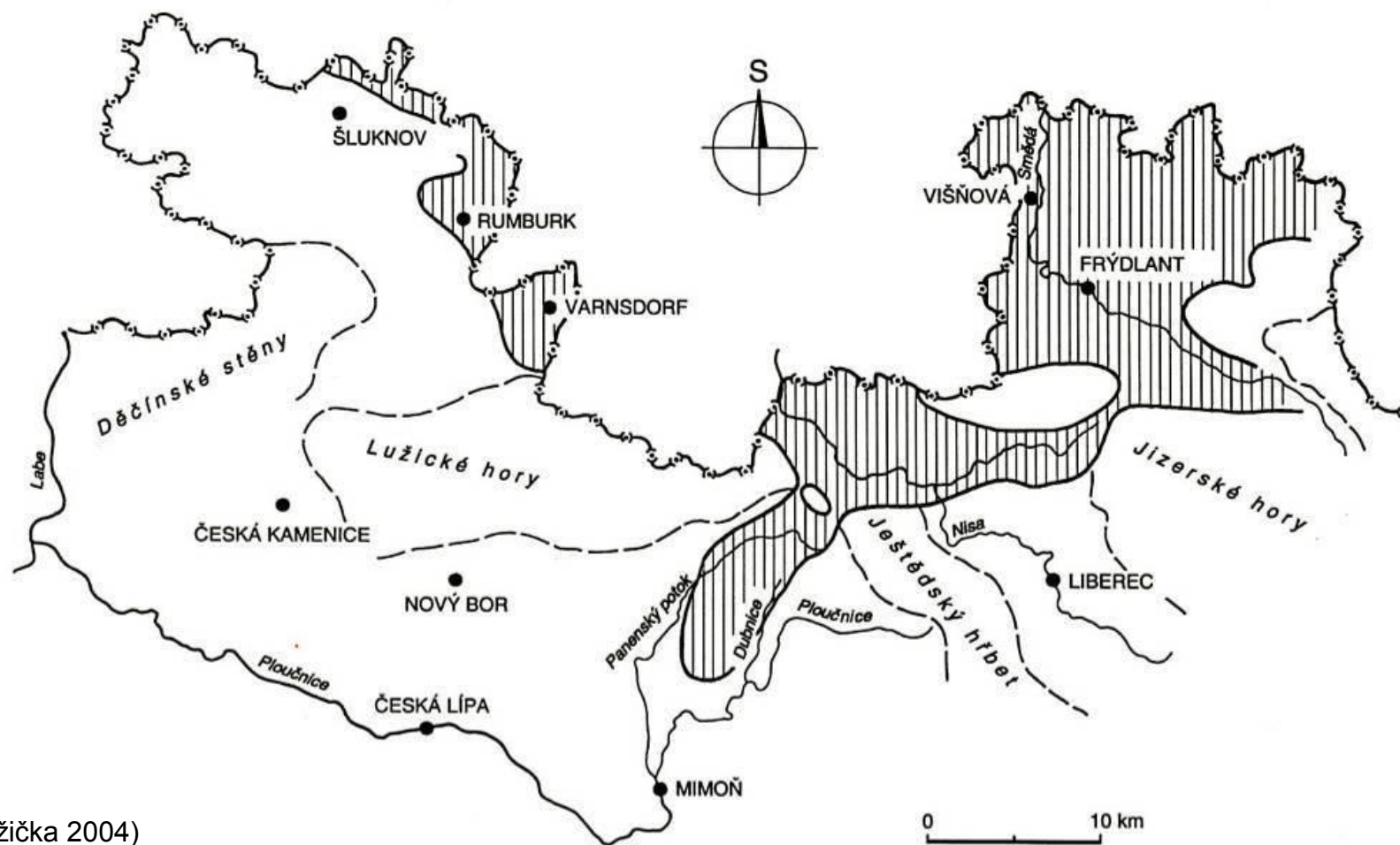
Poslední maximální rozsah zalednění Severní polokoule

- všimněte si nezaledněné většiny severovýchodu Asie a severozápadu Aljašky (= nezaledněné refugium v Beringii)



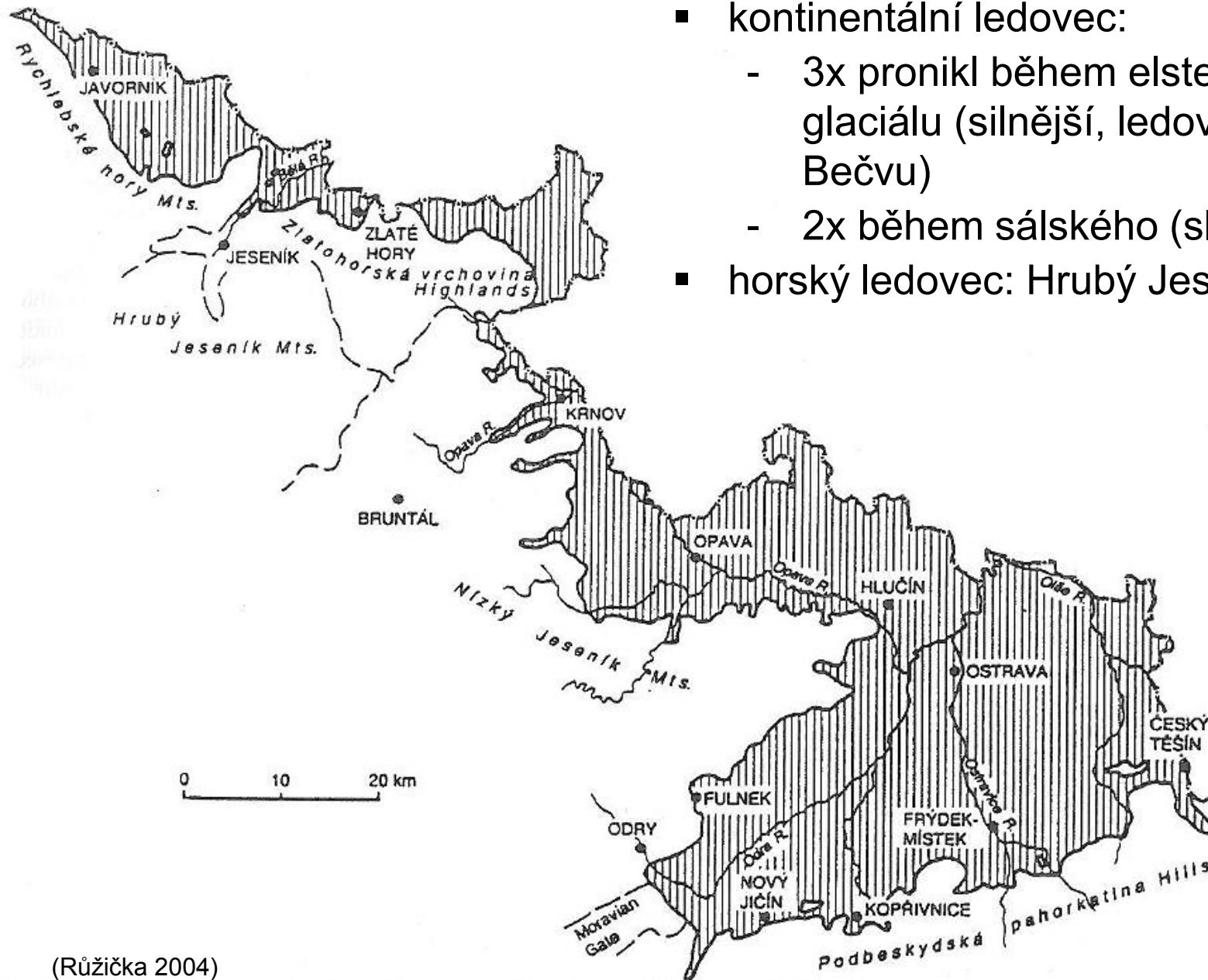
Zalednění v Čechách – kontinentální

- kontinentální ledovec:
 - 2-3x pronikl v elsterském glaciálu (silnější, ledovec až po Ploučnici)
 - 2x během sálského (slabší, Frýdlantsko, Jizerské hory)
- horské zalednění velmi slabé: Krkonoše (úd. Labe a Úpy), Šumava (jezera)



Zalednění Moravy a Slezska

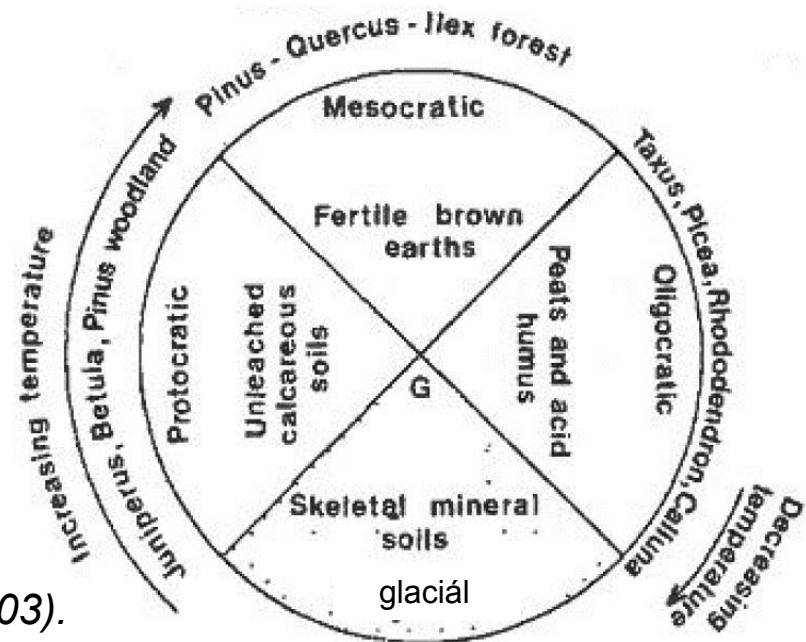
- kontinentální ledovec:
 - 3x pronikl během elsterského glaciálu (silnější, ledovec až po Bečvu)
 - 2x během sálského (slabší)
- horský ledovec: Hrubý Jeseník (kotliny)



Interglaciální cyklus – základní fáze Iversenova cyklu

- model vegetační historie severozápadní Evropy (Iversen 1958)
 - **protokratická** fáze – po skončení glaciálu, minerální půdy s málem humusu, migrace křovin a stromů do stepní vegetace, vysoká diverzita vegetace – kompetice o světlo nízká, (imigrace, expanze populací, častá speciace)
 - **mezokratická** fáze – vývoj opadavých listnatých lesů, úživných a hnědých půd, světlo milné druhy již vzácné
 - **oligokratická** fáze – světlé lesy s dominancí jehličnanů, minerálně chudé půdy, akumulace rašeliny, mizení druhů minerálních substrátů
- v druhé polovině interglaciálů dochází k podzolizaci půd – vymývání minerálů vlivem vlhkosti – okyselení prostředí, šíření jehličnanů
- významnými faktory jsou teplota a vlhkost, vegetační sukcese je regionálně podmíněná

Rekonstrukce interglaciálního cyklu v oceánickém západním Irsku (Birks 2003).



Interglaciální cyklus – změny ekologických strategií

- obecné ekologické charakteristiky stromů typických pro jednotlivé fáze interglaciálního cyklu (Birks 1986)

	Protocratic	Mesocratic	Oligocratic
Examples	<i>Betula</i> <i>Populus</i> <i>Salix</i>	<i>Quercus</i> <i>Ulmus</i> <i>Tilia</i>	<i>Picea</i> <i>Abies</i> <i>Fagus</i>
Reproductive rate	High	Low	Medium
Age of first seed setting	Young	Mature	Mature
Frequency of seed setting	High	Low	Low
Propagule-dispersal efficiency	Good	Poor	?Poor
Migration rate (m/year)	>1000	500–1000	<500
Competitive tolerances	Low	High	High
Longevity	Short	High	High
Seedling tolerances	Light-demanding	Shade-tolerant	Shade-tolerant
Seed production	High	High or low	High or low
Seedling mortality	High	?Low	Low
Growth rate	Fast	Slow	?Slow
Ability to regenerate under own canopy	Rare	Rare	Common
Shade production	Light	Dense	Dense
Crown geometry (Horn, 1971)	Multilayered	Monolayered	Multilayered
Rate of population increase (r)	High	Medium or low	Medium or low
Soil preferences	Fertile unleached	Brown earths with mull humus	Podsols with mor humus
Invasion behaviour	Large gaps essential	Small gaps essential	?Large gaps essential
Life-history traits	r-selected	K-selected	?
Demographic traits (Whittaker and Goodman, 1979)	Exploitation	Saturation	Adversity
Ecological traits (Grime, 1977)	Ruderal	Competitive	Stress-tolerant

Úbytek terciérních druhů dřevin ve střední Evropě během kvartéru

		Re	pleistocén					holocén
			Te ^A	Wa	Cr ^M	Ho	J Ec	Hl
Jehličnany								
<i>Pseudolarix</i> (Pinaceae)	EA	○	.	.	.	.	.
<i>Sciadopitys</i> (Taxodiaceae)	EA	○	+	.	.	.	.
<i>Sequoia</i> (Taxodiaceae)	NA	○	+	.	.	.	.
<i>Chamaecyparis</i> (Cupressaceae)	EA/NA	○	○	→	.	.	.	
<i>Thuja</i> (Cupressaceae)	EA/NA	○	○	.	.	.	.
<i>Tsuga</i> (Pinaceae)	EA/NA	○	○	.	.	.	.
<i>Abies</i> (Pinaceae)	○	○	○	○	○	○	+	
<i>Picea</i> (Pinaceae)	○	○	○	○	○	○	+	
<i>Pinus</i> (Pinaceae)	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Taxus</i> (Taxaceae)	○	○	○	○	○	○	○	
Opadavé listnaté dřeviny								
<i>Aesculus</i> (Hippocastanaceae)	SE	○	.	.	.	.	.
<i>Halesia</i> (Styracaceae)	EA/NA	○	.	.	.	.	.
<i>Liquidambar</i> (Hamamelidaceae)	EA/NA	○	→	.	.	.	.
<i>Stewartia</i> (Theaceae)	EA/NA	○	.	.	.	.	.
<i>Styrax</i> (Styracaceae)	EA	○	.	.	.	.	.
<i>Zelkova</i> (Ulmaceae)	SE	○	.	.	.	.	.
<i>Nyssa</i> (Nyssaceae)	EA/NA	○	+	→	.	.	.	
<i>Actinidia</i> (Actinidiaceae)	EA	○	○	.	.	.	.
<i>Liriodendron</i> (Magnoliaceae)	NA	○	○	.	.	.	.
<i>Magnolia</i> (Magnoliaceae)	EA/NA	○	○	.	.	.	.
<i>Phellodendron</i> (Rutaceae)	EA	○	○	.	.	.	.
<i>Carya</i> (Juglandaceae)	EA/NA	○	○	○	→	.	.	
<i>Castanea</i> (Fagaceae)	SE	○	○	○	○	.	.	
<i>Juglans</i> (Juglandaceae)	SE	○	○	○	○	.	.	
<i>Ostrya</i> (Betulaceae)	SE	○	○	○	○	.	.	
<i>Celtis</i> (Ulmaceae)	SE	○	○	○	○	.	.	
<i>Eucommia</i> (Eucommiaceae)	EA	○	○	○	○	.	.	
<i>Parthenocissus</i> (Vitaceae)	EA/NA	○	○	○	○	→	.	
<i>Pterocarya</i> (Juglandaceae)	SE	○	○	○	○	○	.	
<i>Fagus</i> (Fagaceae)	○	○	○	?	+	+	+	
<i>Betula</i> (Betulaceae)	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Carpinus</i> (Betulaceae)	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Tilia</i> (Tiliaceae)	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Ulmus</i> (Ulmaceae)	○	○	○	○	○	○	○	
Vždy zelené listnaté dřeviny								
<i>Rhododendron</i> (Ericaceae)	SE	○	.	.	.	○	.	
<i>Buxus</i> (Buxaceae)	○	○	.	.	○	○	+	
<i>Hedera</i> (Araliaceae)	○	○	.	.	.	○	○	
<i>Ilex</i> (Aquifoliaceae)	○	○	.	.	○	○	○	

Re: reuver (terciér)

A: starý pleistocén

Te: tegelen

Wa: waal

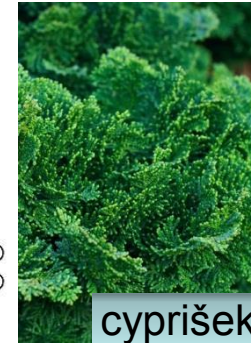
M: střední pleistocén

Cr: cromer

Ho: holstein

J: mladý pleistocén

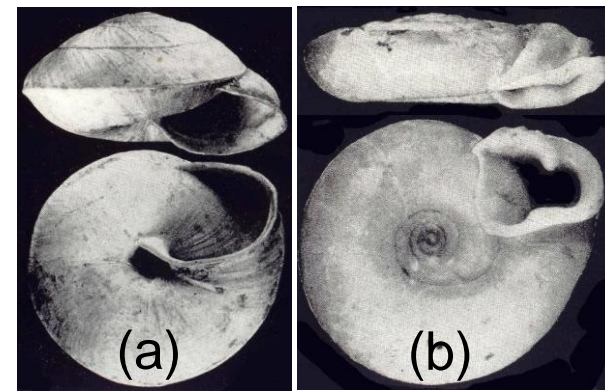
Ee: eem



Eem (128–115 kyr BP) – poslední interglaciál a jeho příroda

- interglaciály svým podnebím podobné dnešku, bioty interglaciálů **nejsou** plně totožné – opětné migrace – náhoda
- proč nás zajímá? – od holocénu vzdálen 115 000 let
- poslední glaciál – ústup mnohých druhů (i když některé u nás glaciál přežily)
- nejbližší analogie holocénu, ale vývoj bez vlivu člověka; (podobná konfigurace orbitálních parametrů jako dnes)

- odlišnosti eemu od holocénu
 - globální klima eemu teplejší, vyšší hladina světového oceánu
 - Evropa více oceánická (Balt mnohem větší a více propojen s oceány), více „jehličnatá“ (zejména západní Evropa a koncová část)
 - souvislé zalesnění střední Evropy
 - v ČR druhy dnes žijící více na jihu (např. dva plži rumunských pohoří)



Drobacia banatica (a)

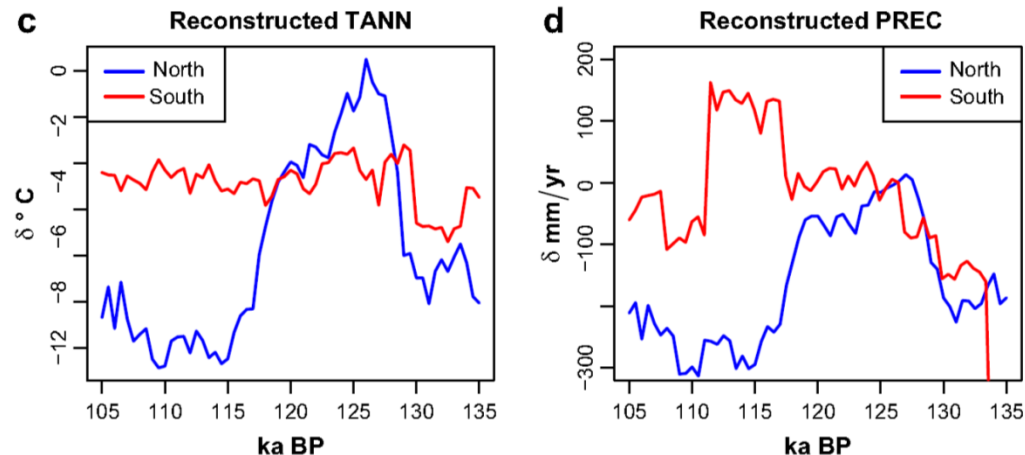
Soosia diodonta (b)

Vegetační sukcese dřevin a klima v eemu – zobecněné schéma v Evropě

- počátek je typický expanzí březových a borových lesů do souvislých stepních ploch
- tyto lesy jsou dále nahrazeny dubem a posléze lískou
- později expanduje habr (ca 125 kyr BP), který je velmi charakteristický pro eem, odlišující jej od holocénu
- po maximu habru se začínají šířit a expandovat smrkové a jedlové lesy
- konec eemu (ca 118 kyr BP) je typický návratem borovo-březových lesů se smrkem
- ty jsou pak opět nahrazeny stepní vegetací v nižších zónách

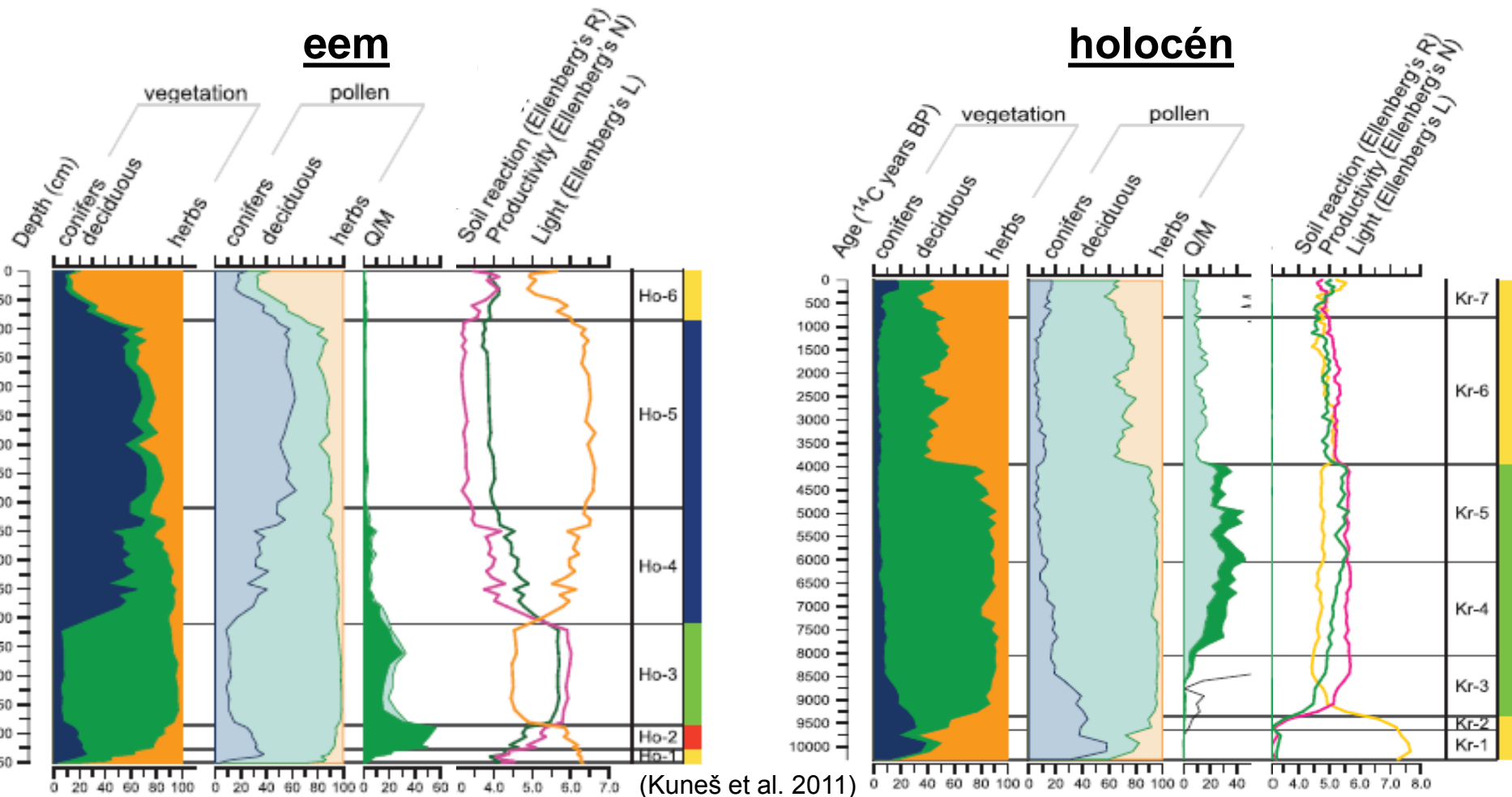
- na počátku rychlé oteplení, ale pomalý nárůst srážek (klima jinak velmi podobné dnešnímu)
- ve středním eemu pokles teploty, hlavně na severu, je také sušší
- ochlazení a vysušení kulminuje okolo 115 kyr BP; konec eemu také výrazně kontinentální

Rekonstrukce průměrné roční teploty a srážek pro jižní (<45° N) a severní část Evropy v eemu (Brewer et al. 2008).



Interglaciální sukcese dřevin: srovnání eemu a holocénu S Evropy - I

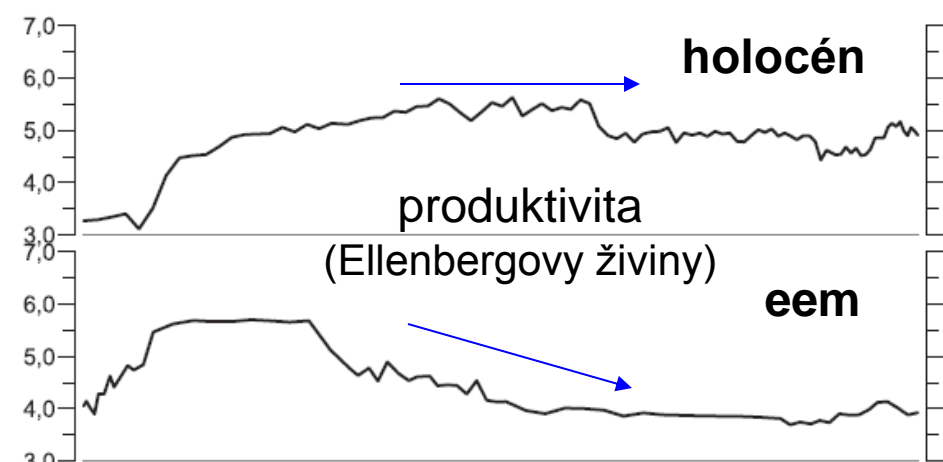
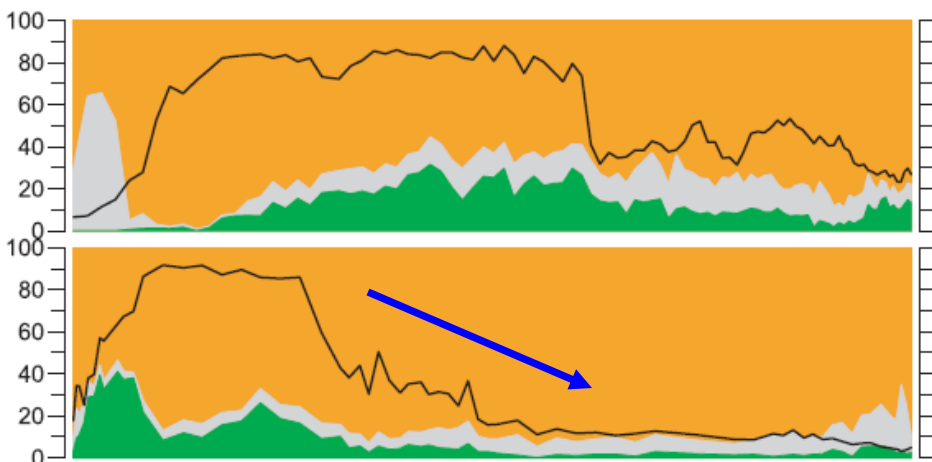
- nápadná dominance jehličnanů (modře) v eemu, vyjma počáteční fáze
- naopak dominance listnatých dřevin (zeleně) v holocénu, vyjma počátku
- od poloviny nárůst zastoupení bylin (žlutě), v holocénu vlivem člověka; fáze otevřených lesů jsou typické pro začátky i konce interglaciálů



Interglaciální sukcese dřevin: srovnání eemu a holocénu S Evropy - II

- počáteční vzrůst produktivity, následován dlouhým a pomalým poklesem - shodně pro jednotlivé interglaciály
 - holocén je jiný: produktivita neklesá
- změna obsahu N:P – mladé půdy bohaté na P, staré půdy bohaté na N (díky mikrobiální fixaci)
- pokles obsahu fosforu v půdě koreluje s nárůstem dřevin s ektomykorhizou (B) vůči druhům s arbuskulární mykorhizou (A) (důvodem je vyluhování a vyčerpání anorganických forem P, také N)

	A	B
<i>Taxus baccata</i>	x	
<i>Ulmus glabra</i>	x	
<i>Acer campestre/platanoides</i>	x	(x)
<i>Fraxinus excelsior</i>	x	(x)
<i>Juniperus communis</i>	x	x
<i>Populus tremula</i>	x	x
<i>Salix</i> spp.	x	x
<i>Alnus glutinosa</i>	x	x
<i>Tilia cordata/platyphyllos</i>	(x)	x
<i>Betula pendula/verrucosa</i>		x
<i>Carpinus betulus</i>		x
<i>Corylus avellana</i>		x
<i>Fagus sylvestris</i>		x
<i>Picea abies</i>		x
<i>Pinus sylvestris</i>		x
<i>Quercus robur/petraea</i>		x

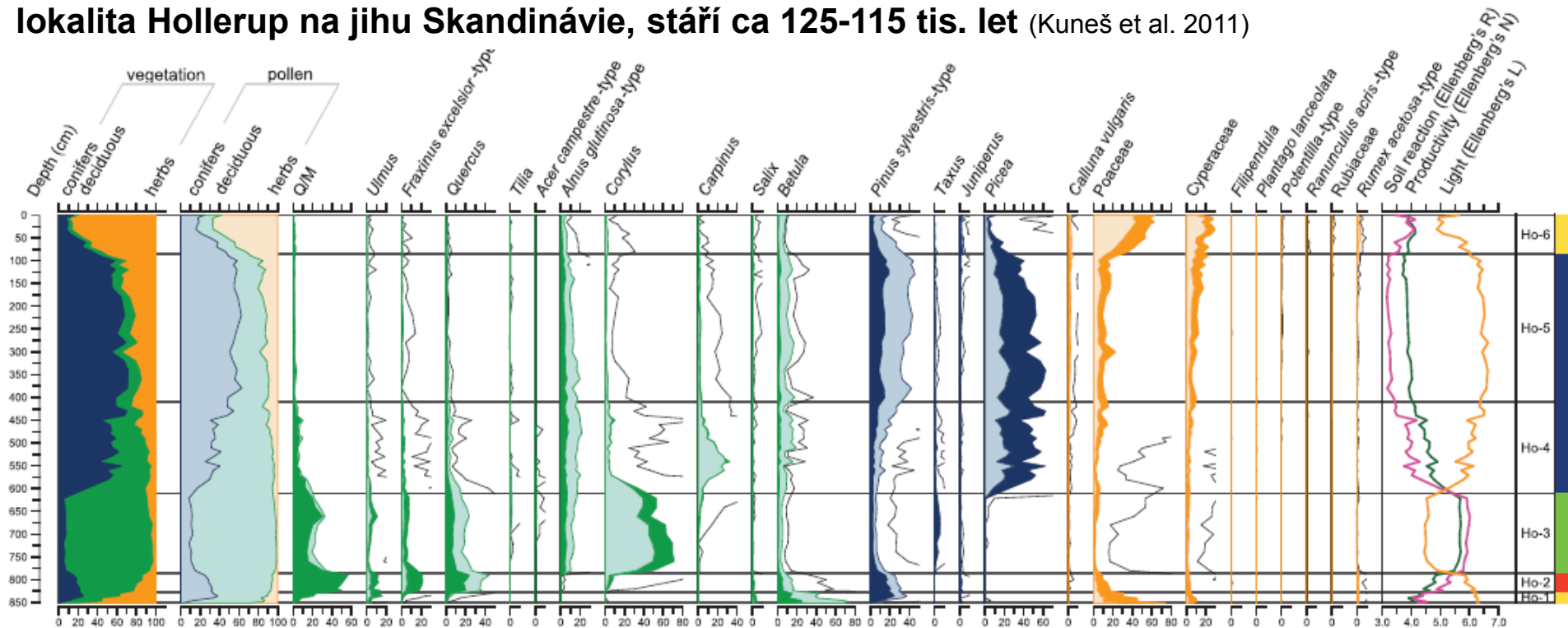


■ - arbuskulární mykorhiza,
 ■ - ektomykorhiza,
 ■ - oba typy,
 --- - listnaté stromy
 (Kuneš et al. 2011)

Vegetační sukcese během eemu (sever Evropy)

- stromy s převažující arbuskulární mykorhizou (tis, jilm, jasan, javor) dominovaly pouze v počátečních fázích interglaciálu
- naopak stromy s ektomykorhizou byly hojné během většiny interglaciálu, dominovaly ale v koncových lesních fázích
- podobný průběh byl zaznamenán i v předešlých dvou interglaciálech – holocén je jiný (nejen díky vlivu člověka)

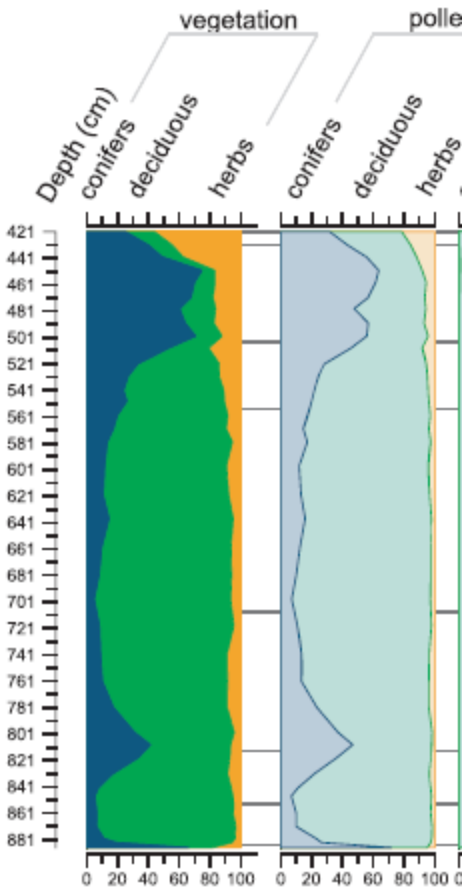
lokality Hollerup na jihu Skandinávie, stáří ca 125-115 tis. let (Kuneš et al. 2011)



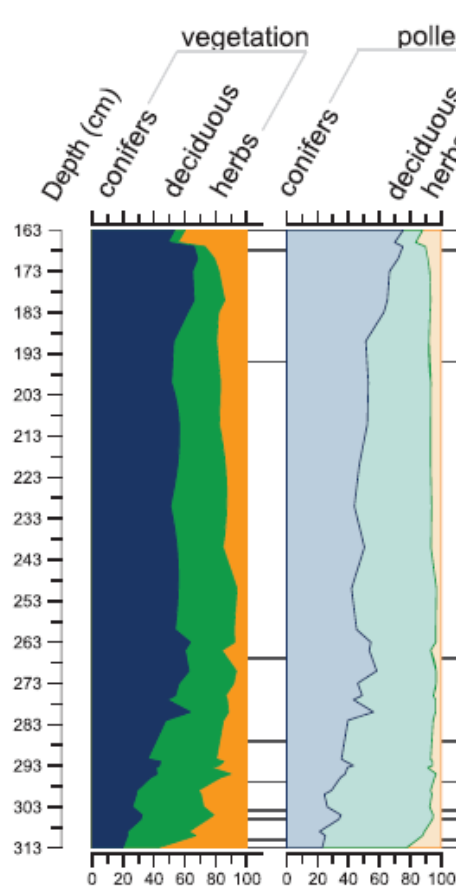
Rozdíly ve vegetaci holocénu a předešlých interglaciálů

- fáze jehličnatých a smíšených lesů se vyskytovala ve všech interglaciálech, prakticky chybí v holocénu (pouze během staršího holocénu)
- dlouhé fáze světlých jehličnatých lesů umožňovaly přežití světlomilných druhů lesních bylin

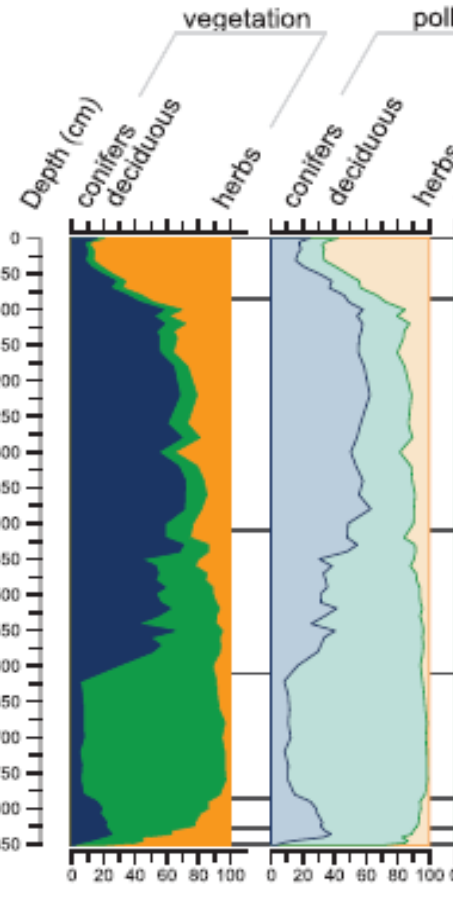
harreskovian
(790 tis. let BP)



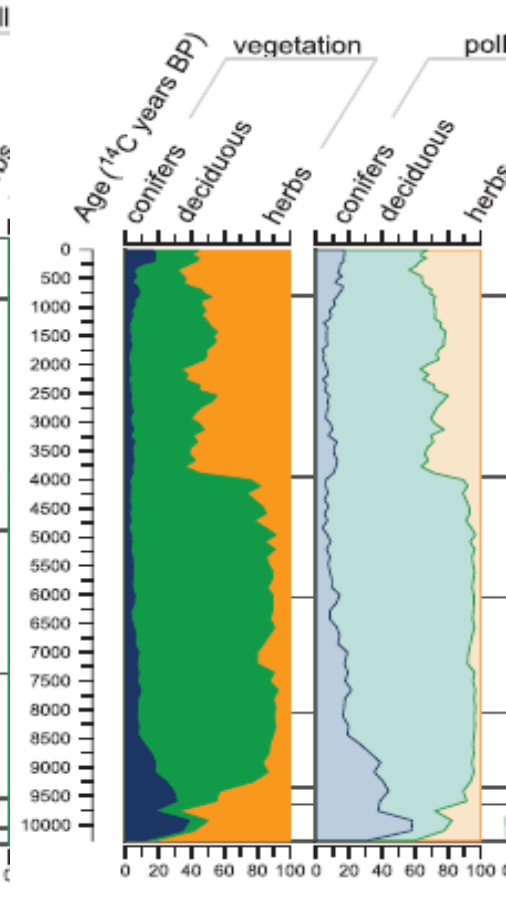
holštein
(480 tis. let BP)



eem
(120 tis. let BP)

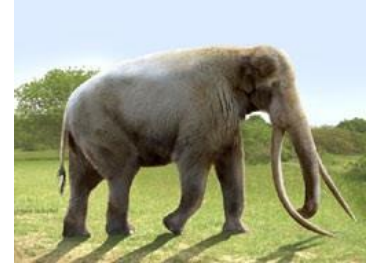


holocén



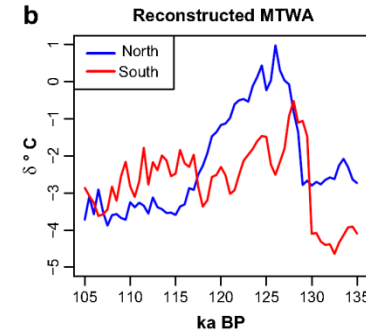
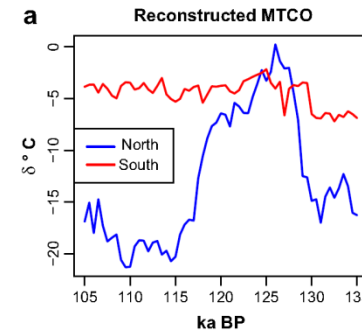
Savčí fauna eemu a rozdíly vůči holocénu

- typická fauna eemského interglaciálu střední a západní Evropy zahrnovala:
 - slona (†*Palaeoloxodon antiquus*)
 - nosorožce (†*Stephanorhinus kirchbergensis*)
 - bisona (†*Bubalus murrensis*)
 - hrocha (*Hippopotamus amphibius*)
 - želvu bahenní (*Emys orbicularis*)
 - jelenovité (jelena, velejelena) a losy
 - koně jen okrajově (naopak byli typičtí pro holštýnský interglaciál)
- spolehlivě datované nálezy z Německa ukazují na mozaikovitou krajinu, umožňující výskyt lesních (slon, plch, prase) i stepních druhů (křeček polní, divoký osel)
- palynologická data naopak tradičně ukazují v západní Evropě krajinu lesnatou
- v holocénu chybí většina megafauny; hlavními velkými herbivory jsou zubři; např. v Dánsku velmi hojní před 10-9 tis. lety, poté téměř vyhubeni mezolitickými lovci



Klimatické srovnání Evropy v eemu a holocénu; geografické rozdíly

- náhlý nárůst teploty je typický pro oba interglaciály; nárůst mírně vyšší v eemu, přechod k holocénu pravděpodobně více rozkolísaný
- shodný také nárůst sezónních (vyšší změny zimě /a/ než v létě /b/) i regionálních (vyšší změny na severu než na jihu) rozdílů
- teplotní změny během obou období jsou velmi podobné; pouze ve středním holocénu sever o něco teplejší a jih o něco chladnější než v klim. optimu eemu
- na rozdíl od holocénu velmi malá změna srážek odhadována pro eem
- eem má tři základní fáze: 1) časná s klimatickým optimem, 2) střední s mírným poklesem teploty a expanzí habru, 3) koncová s výrazným poklesem srážek i teploty a návratem jehličnatých lesů – **toto obecné schéma platí pro severní Evropu, na jihu vývoj jiný!**
 - po počátečním oteplení je klima stabilně teplé, navíc na jihu zůstává teplé i po nastoupení dalšího glaciálu (eem na jihu tak trvá ca 20 kyr, na severu pouze 12 kyr); habr na jihu málo zastoupený (max. okolo 123 kyr BP)
- klima eemu je **silně oceánické**, ale jen ve střední a západní Evropě, na jihu je mediteránní – velmi výrazný latitudinální gradient klimatu



Průměrné teploty nejchladnějšího a nejteplejšího měsíce pro jižní a severní část Evropy v eemu (Brewer et al. 2008).

Literatura

- Brewer S., Guiot J., M.F. Sánchez-Goñi M.F. & Klotz S. (2008): The climate in Europe during the Eemian: a multi-method approach using pollen data. *Quaternary Science Reviews*, 27: 2303–2315.
- Horáček, I. & Ložek, V. (1988): Palaeozoology and the Mid-European Quaternary past: scope of the approach and selected results. *Rozpravy ČSAV, ř. MPV*, 98: 1–106.
- Knudsen K. L., Jiang H., Gibbard P. L., Kristensen P., Seidenkrantz M.-S., Janczyk-Kopikowa Z. & Marks L. (2012): Environmental reconstructions of Eemian Stage interglacial marine records in the Lower Vistula area, southern Baltic Sea. *Boreas*, 41: 209–234.
- Kolfschoten Th. van (2000): The Eemian mammal fauna of central Europe. *Netherlands Journal of Geosciences*, 79(2/3): 269–281.
- Kuneš P., Odgaard Vad B. & Gaillard M.-J. (2011): Soil phosphorus as a control of productivity and openness in temperate interglacial forest ecosystems. *Journal of Biogeography*, 38: 2150–2164.