

Kvartéerní klimatický cyklus, klimatické výkyvy I., II. A III. řádu

Kvartérní klimatický cyklus

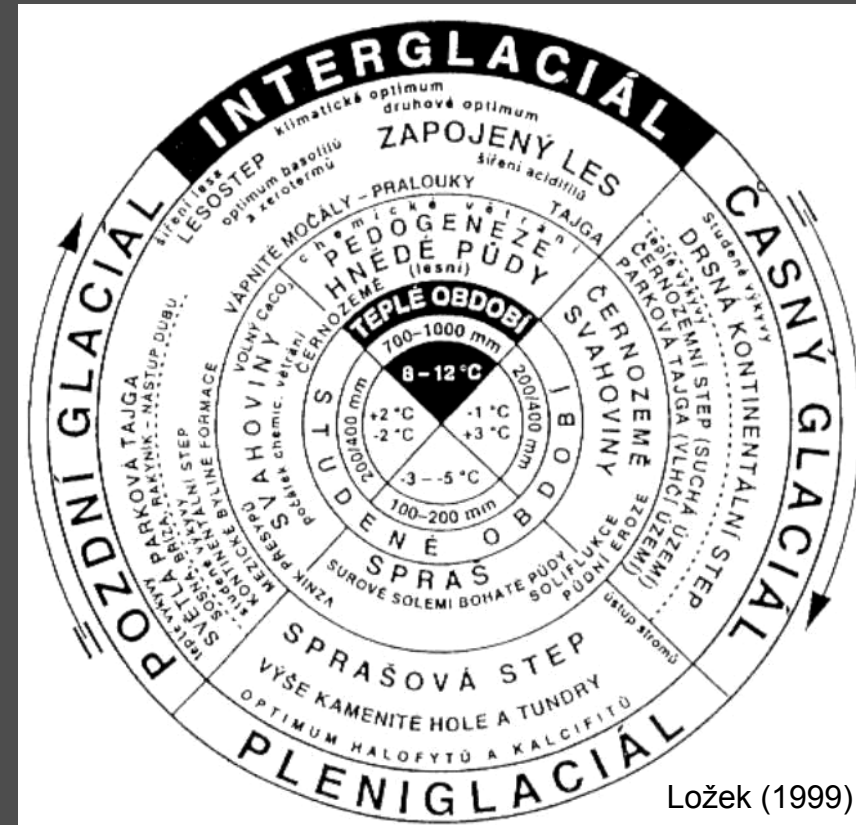
- klimatické výkyvy - paleontologicky a sedimentologicky často nelze různě staré výkyvy vzájemně odlišit. Nejvýraznější cykly I. řádu
- klimatický cyklus odráží změny v sedimentaci, tvorbu půd, vznik určitých rostlinných a živočišných společenstev
- jednotlivé sledy se opakují, vytváří **klimatický cyklus**
- základní cyklus vždy začíná určitým teplým obdobím, následuje studené

1. fáze

- **kataglaciální fáze** (závěr glaciálu, časný interglaciál) - rychlé oteplování, rozvoj vegetace
- tání permafrostu, intenzivní svahové a fluviální periglaciální procesy, zeslabování mrazového zvětrávání hornin
- vyznívání sprašové sedimentace, zánik geliflukce
- vývoj meandrujících řek

2. fáze

- teplé a vlhké **interglaciální období**, humidní morfogeneze
- tvorba lesních parahnědozemí na spraších
- rozšíření vegetace
- zeslabení svahových a fluviálních procesů, ustávání eolické činnosti, **erozní + sedimentační klid**



3. fáze

- dlouhé **anaglaciální období** - řada teplých a studených výkyvů, celkové ochlazení, aridizace
- úbytek lesní vegetace
- mrazové zvětrávání, svahové procesy, promrzání, permafrost
- převaha divočících a anastomózních vodních toků, na počátku laterální eroze, termoeroze
- ukládání mocných poloh štěrků a písků, vznik syngenetických ledových klínů

4. fáze

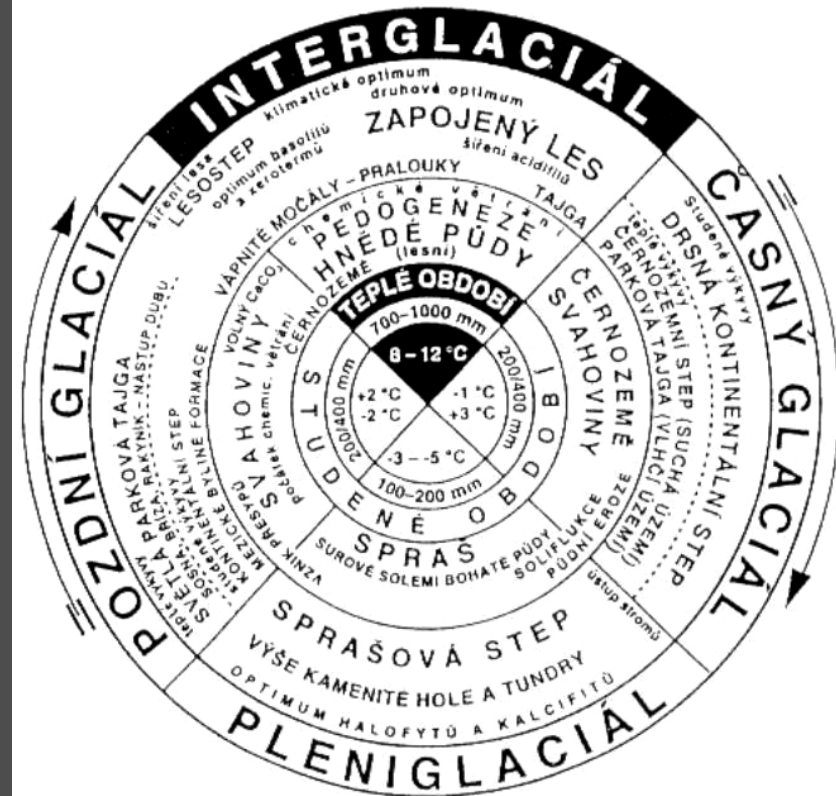
- pokračující ochlazování klimatu, rozšiřování studených stepí, hodně ukládání spraše

5. fáze

- ochlazování, pokračování periglaciálních geomorfologických procesů, permafrost
- intenzivní mrazové zvětrávání, geliflukce, plošný splach, všechny kryogenní struktury
- tundrová vegetace
- převaha divočících a anastomózních řek, místy sprašová sedimentace
- akumulace štěrků a písků v údolích, na svazích akumulace zvrstvených sutí

6. fáze

- hlavní sprašové období **pleniglaciálu**, mocné pokryvy spraší
- suché klima
- permafrost s nejnižší teplotou a největší hloubkou
- vývoj sprašové stepi a tundry, v nejvyšších polohách studené pouště
- rozsáhlá tvorba mrazových klínů, fluviální sedimentace zpomalená



Kvartérní podnebné výkyvy

Přehled podnebných výkyvů

- výkyvy I. řádu
- výkyvy II. řádu
- výkyvy III. řádu

Výkyvy I. řádu

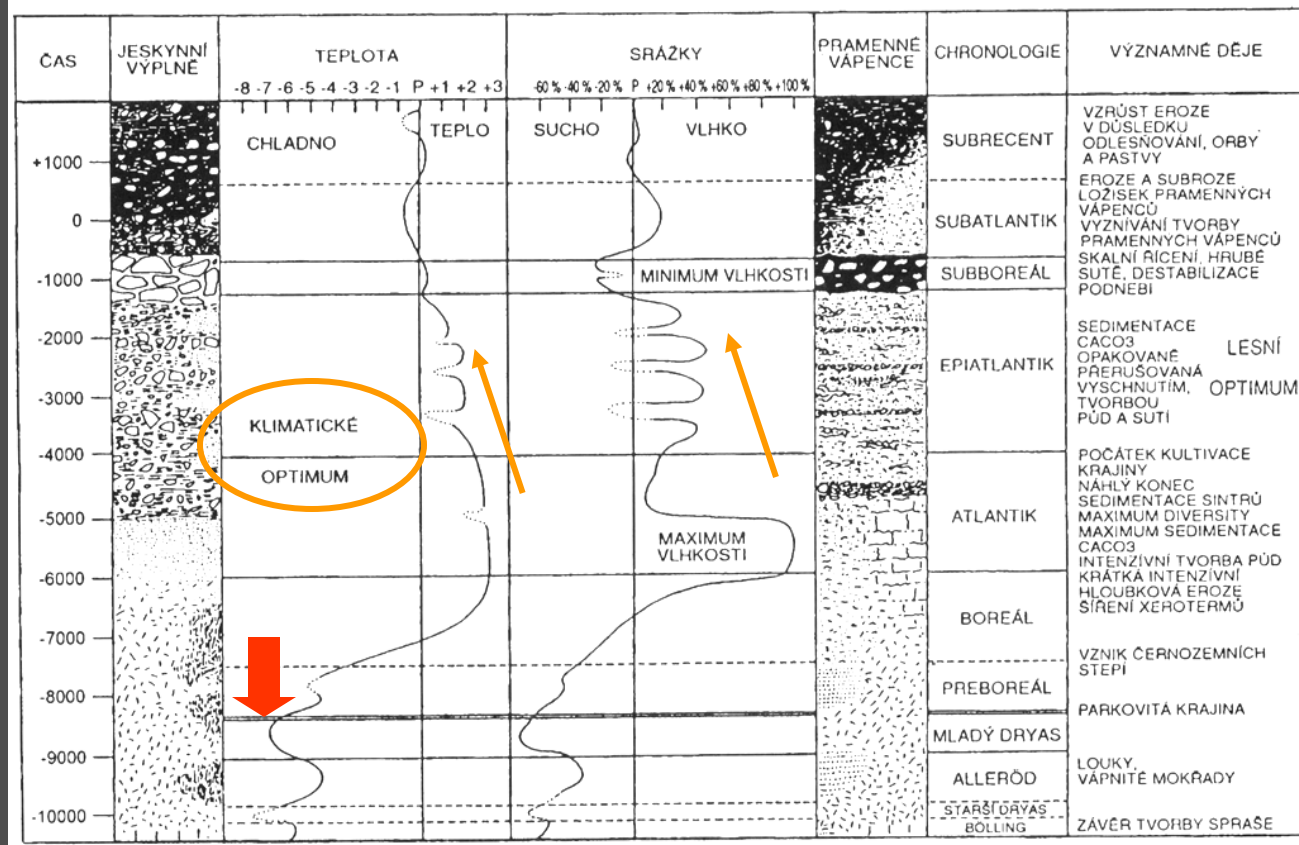
Teplá období (v něm. Warmzeit) - řadíme sem interglaciály, a postglaciál (holocén).

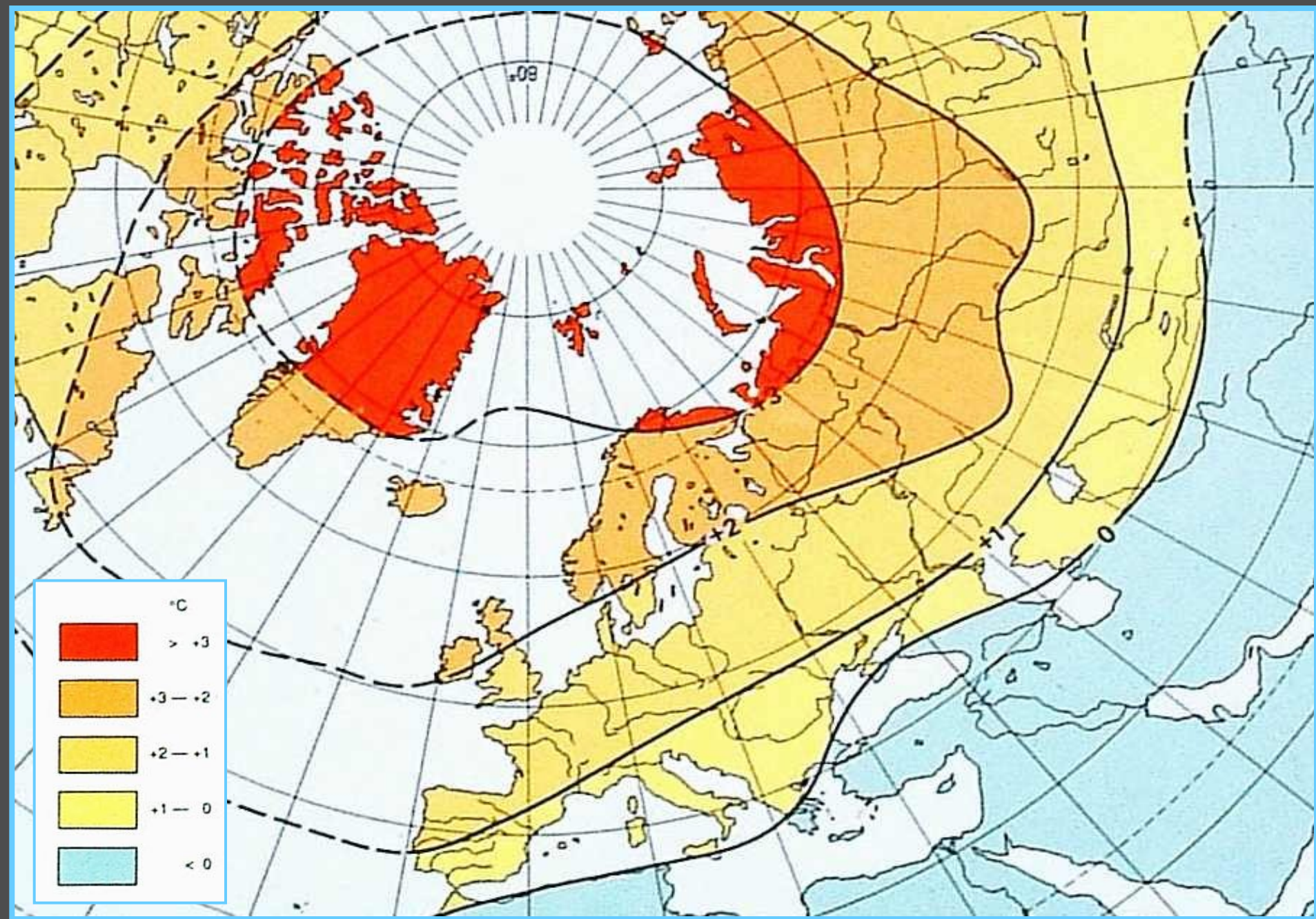
Studená období - průměrná teplota ve srovnání s dneškem výrazně snižena.

- teplota
- biologická činnost
- geologická činnost

Výkyvy I. řádu - holocén

- 11 700 B2K - ústup kontinentálního ledovce v již. Finsku, Evropa - oteplení
- intenzivní rozvoj vegetace
- výrazné oslabení svahových a eolických procesů
- rychlé zvyšování teploty
- ochlazení mezi atlantikem a subboreálem





Průměrná roční teplota (odchylky od dnešních průměrných teplot) během holocenního klimatického optima (6000 - 5500 BC).

Holocenní sedimenty

- **svahové sedimenty**, hrubé hlinité sutě, osypy (krasové + pískovcové oblasti), organické sedimenty, eolické písky (malé přesypy v údolních nivách), **povodňové hlíny a písky** údolních den (mocnost až přes 10 m), **jemnozrné fluvialní sedimenty**

- spodní holocén - vznik jezer - Švarcenberk (Třeboňská pánev)

Skladba lesa

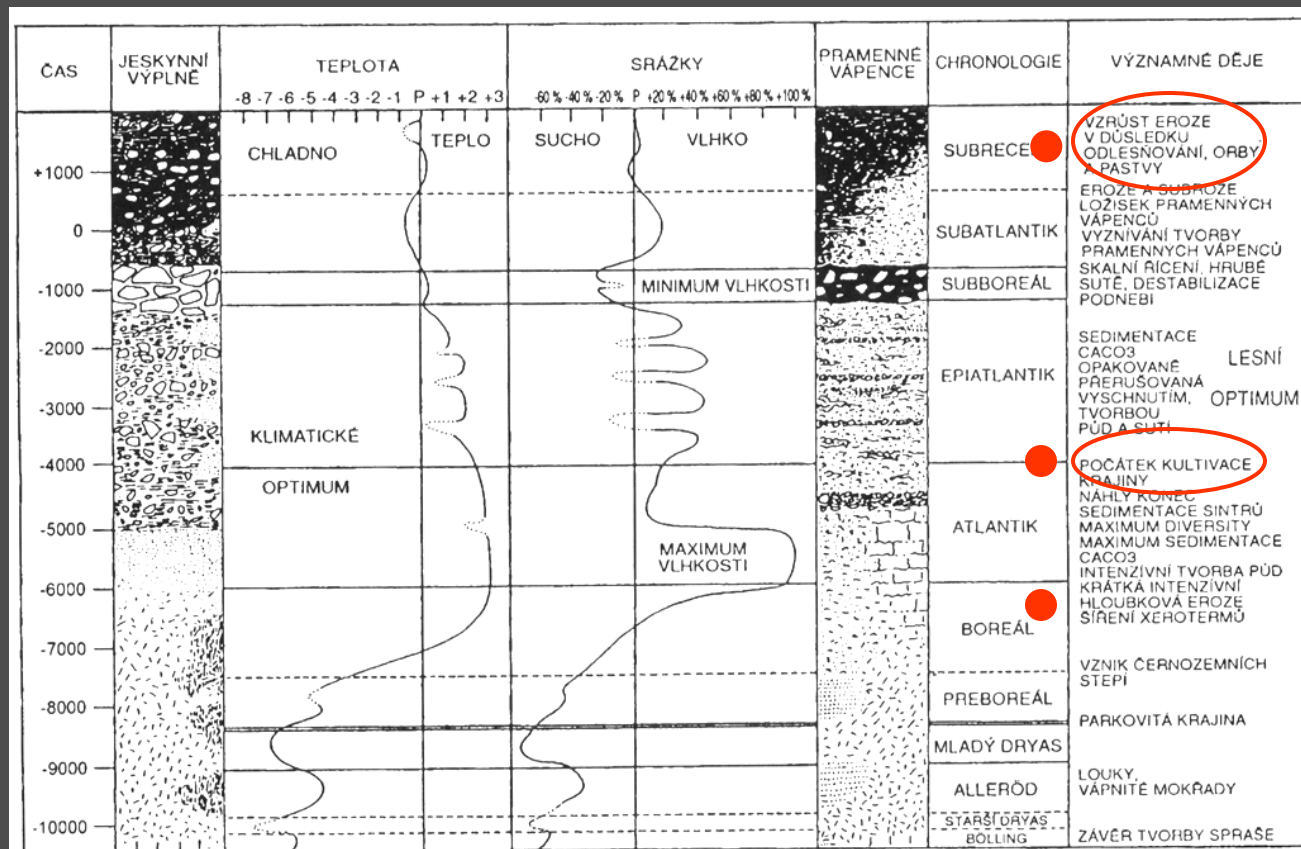
borovice + bříza > osika, jalovec, vrba, jeřáb

Krušné hory -

vysokohorská tundra, ta rychle mizí

Boreál - výrazné oteplení, převaha borových lesíků s lískou, průnik dubu, jilmu, lípy, javoru

Atlantik - MAAT o 3 °C vyšší než dnes, vlhkost až o 100%. Listnaté lesy - dub, jilm, lípa, javor. Formování dnešní vegetační stupňovitosti



Člověk - zemědělec, pastevce

Negativní dopad na vývoj rostlinných společenstev - kácení lesů, eroze

Výkyvy I. řádu - interglaciály

- **interglaciály** - dle fauny a flóry - podnebí na jejich vrcholu poněkud teplejší a podstatně vlhčí než dnes
- roční průměr teploty - o 2-3 °C vyšší než dnes, u nejstarších interglaciálů až o 4-5 °C.
- humidita klimatu - ještě výraznější - srážky o 75-100% vyšší než dnes, oceánské klima sahalo hluboko do kontinentů
- interglaciály střední Evropy - úplné zalesnění i v dnes nejsušších a nejteplejších oblastech.
- stepní ostrůvky jen v místech kde reliéf a podklad postup lesa zastavily



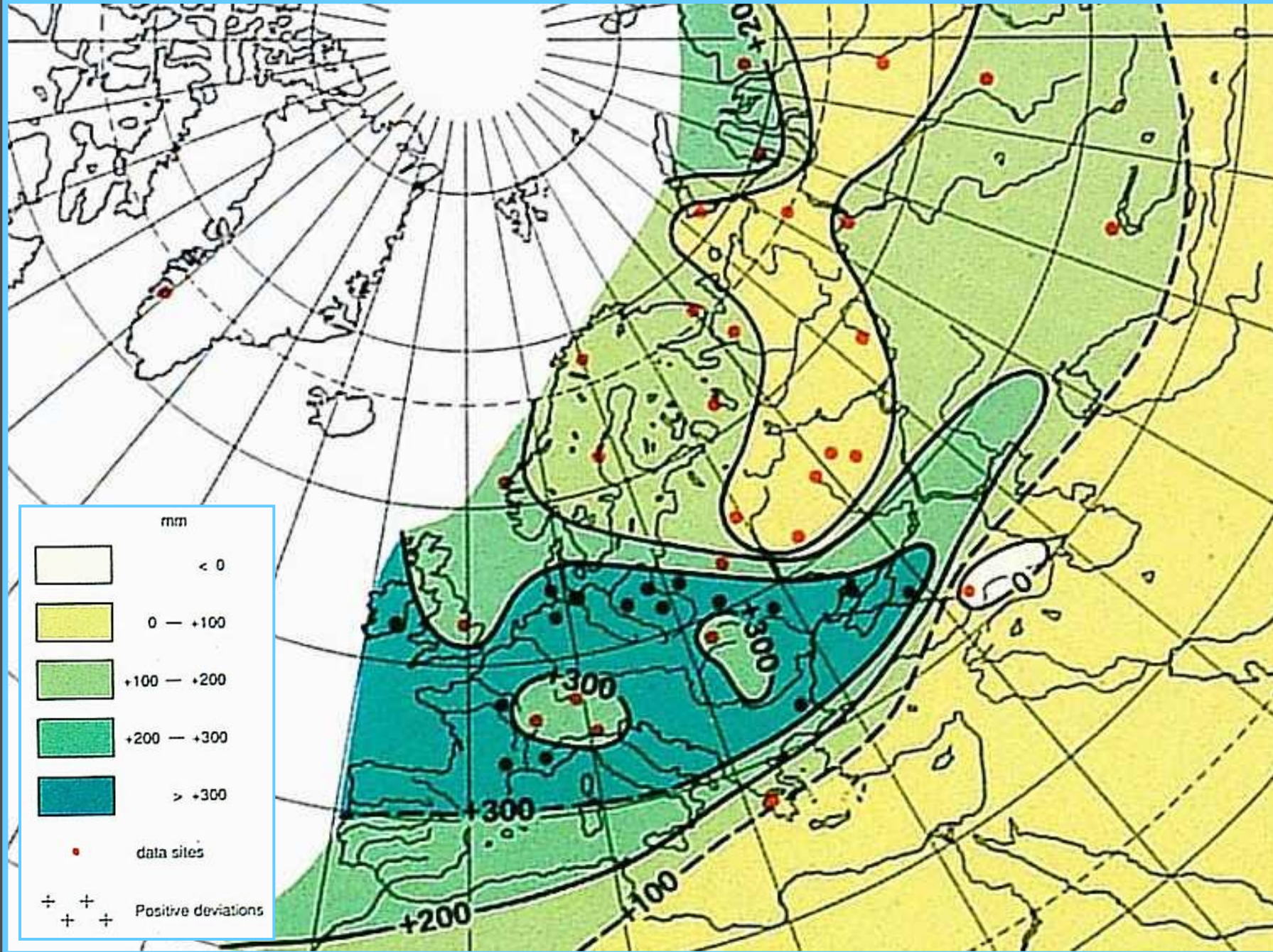
luzem typická (prachovice)

Starší pleistocén - od PK VII - braunlehmy, od PK X - rotlehmy

Mladší pleistocén - luzemě (illimerizované půdy)

Interglaciály - flóra a fauna, jejíž druhové bohatství a klimatické nároky odpovídají současným poměrům v téže oblasti nebo jsou vyšší

Půdy - vývoj je stejně intenzivní jako u půd současných, obvykle však intenzivnější, a to ve směru k humidním typům.



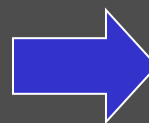
Průměrné roční srážky během maxima eemského interglaciálu (asi 120 ky BP).

Výkyvy I. řádu - glaciály

- **glaciály** - období s výrazně sníženou průměrnou teplotou ve srovnání s dneškem
- průměrné snížení teploty - 8-9 °C, tj. asi 0 °C a méně (v našich zeměp. šířkách)
- zalednění a periglaciální jevy (pokles hladiny moře, studené stepi až tundry, často subarktický ráz)
- drsné pevninské klima, někdy značně aridní

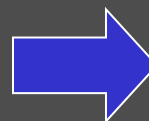


Vlhká období



činnost mrazu -
mechanické mrazové
zvětrávání, soliflukce

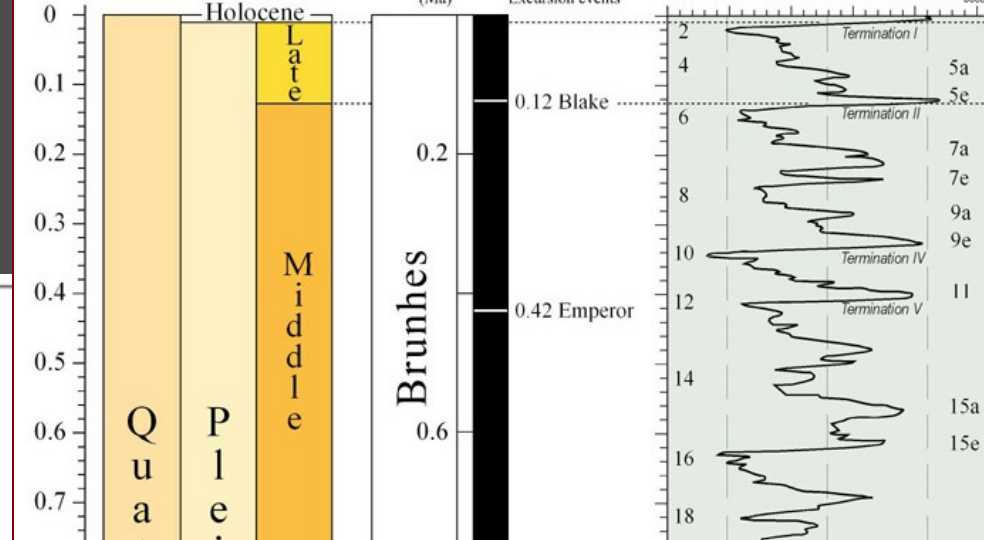
Suchá období



zespřašovatění,
intenzivní eolická činnost

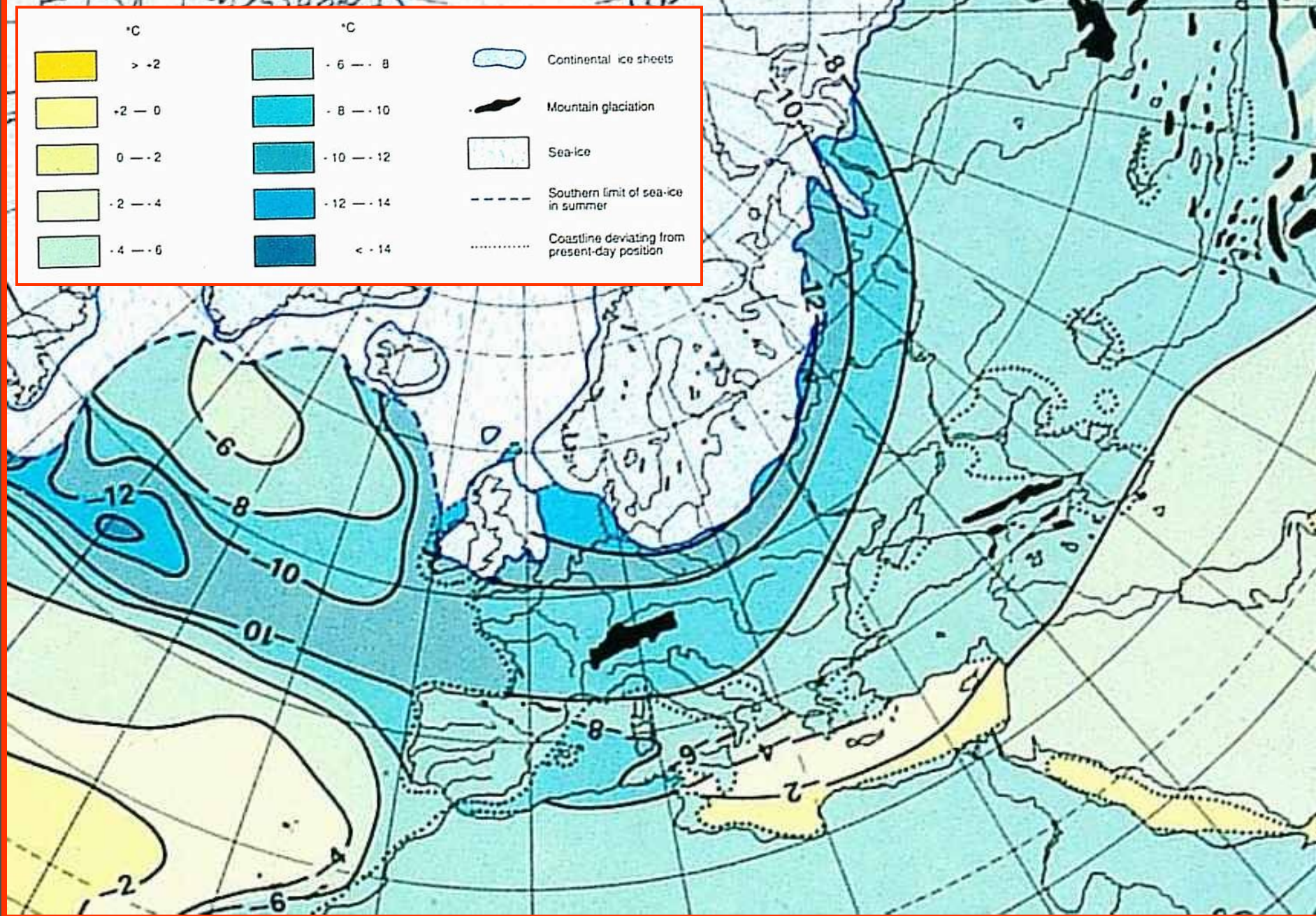
Svrchní pleistocén - pleniglaciál (73 ka BP - 13 ka BP)

- studené a suché úseky na začátku a na konci (převaha zimních srážek)
- **LGM** - Last Glacial Maximum (cca 20 ka) - MAAT: -6 až -8 °C, v lednu -18 až -20 °C (Severoněmecká nížina)
- Střední Evropa - MAAT: -3 až -5 °C, kontinentální charakter podnebí, dlouhé zimy (-20 °C), krátká léta
- nedostatek lesa, ve výškách 400-500 m n.m. - kamenitá tundra, nad 1000 m n.m. - studená poušť
- nejvíce mrazových klínů, pseudomorfózy po ledových klínech, kryogenní zvětrávání, geliflukce, kryoturbace



Česko	Pleniglaciál				
	P		P		
Území	Spodní OIS 4 73-61 ka BP	Střední OIS 3 61-27 ka BP	Svrchní OIS 2 27-13 ka BP		
Nizozemí	až -10	-2 až -5	až -12	Teplota ledna v OIS 4 až -26 °C, v OIS 3 až -16 °C, v OIS 2 až -30 °C. Letní (červencová) teplota v OIS 2 6 °C.	J. Vandenberghe 1992a, b
Anglie (střední část)			-8 až -12	Teplota ledna -20 až -30 °C, července cca 10 °C. Roční srážky do cca 250 mm.	C. K. Ballantyne - Ch. Harris 1994
Německo (Severoněmecká nížina)	-7	-1 až -5	-6 až -8	Pro OIS 2 je uvedena teplota vrcholové fáze.	H. Liedtke 1993
Polsko	-2 až -5		-5 až -8		H. Maruszczak 1995a
Polsko			-5 až -8	V období 22-18 ka BP zimní teploty až pod -30 °C.	L. Starkel 1988a
Polsko (střední část)			-4 až -10	Období 26-24 ka BP. V OIS 2 průměr nejstudenějšího měsíce -20 až -27 °C.	C. Kasse et al. 1998
Maďarsko (nížiny)			-8 až -10	Roční srážky 50-100 mm.	Sz. A. Fábíán - J. Kovács - G. Varga 2000
Severozápadní a střední Evropa	-4 až -8		-4 až -8	V období 27-20 ka BP teplota nejstudenějšího měsíce -20 až -25 °C, teplota nejteplejšího měsíce min. 7 až 10 °C.	B. Huijzer - J. Vandenberghe 1998
Česká republika			-3 až -5	Údaje pro pleniglaciál, roční srážky 100-200 mm.	V. Ložek 1999b
Česká republika			-5 až -8	Údaje pro LGM (22-18 ka BP). Roční srážky v nižších oblastech 100-200 mm, v horských okolo 500-700 mm.	T. Czudek 2005 (tato publikace)

Tab. 10. Přehled předpokládaných průměrných ročních teplot vzduchu (MAAT) ve °C ve viselském pleniglaciálu (podle některých autorů). Sestavil T. Czudek.



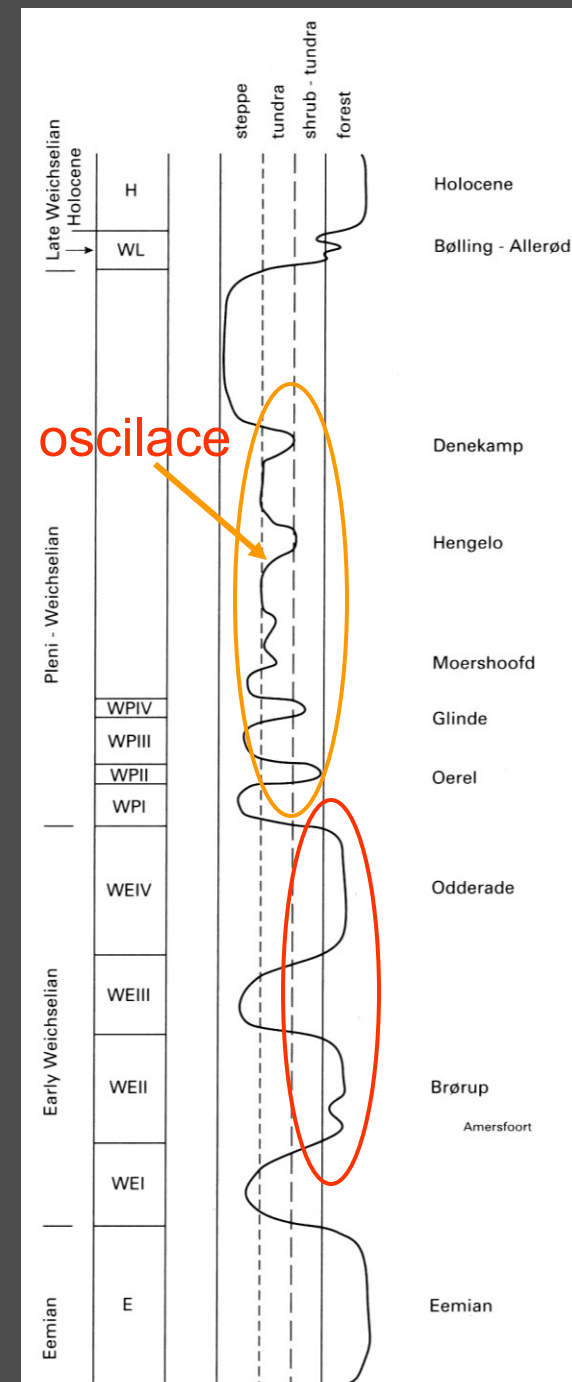
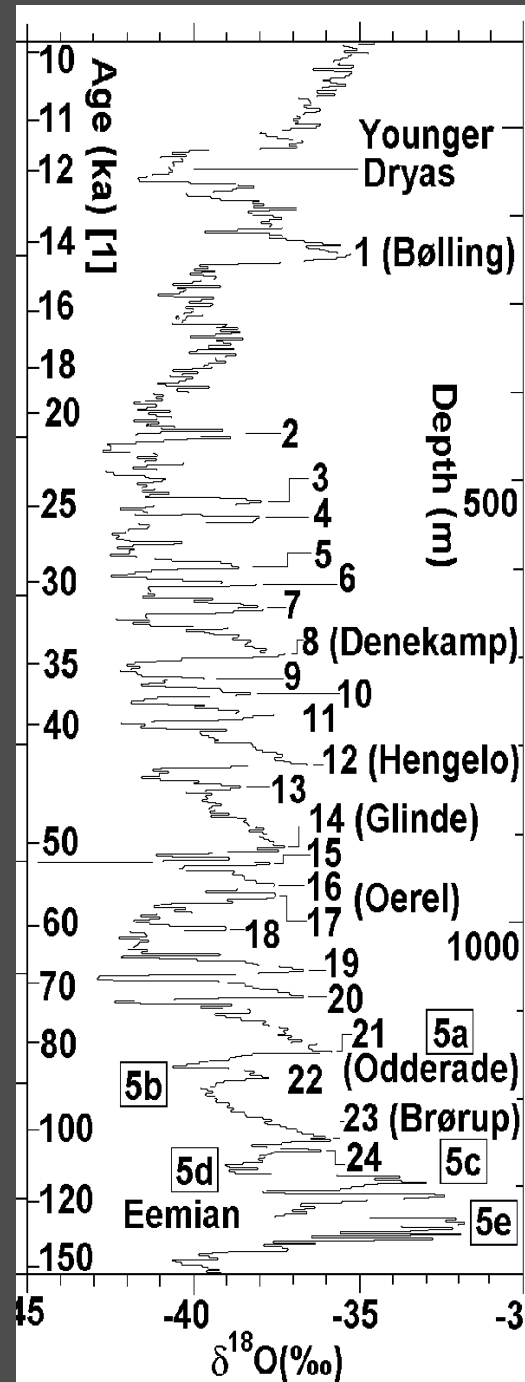
Průměrné srpnové teploty (minimální odchylky od dnešního stavu) během maxima posledního glaciálu (asi 20-18 ky BP).

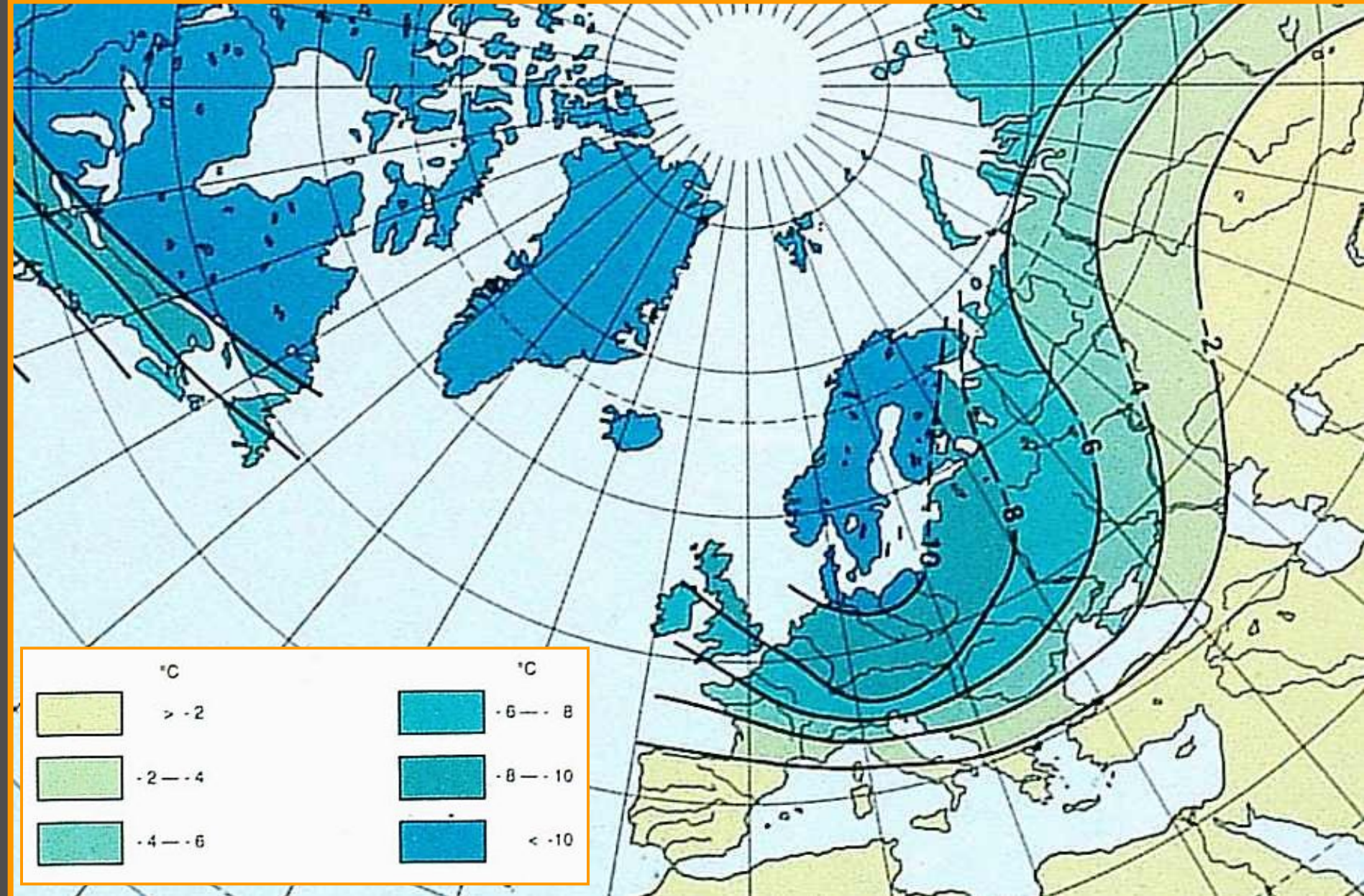
Výkyvy II. řádu

- **interstadiály** - zřetelně teplejší než průměr chladného období, avšak chladnější než dnes. Odděleny jsou studenými nárazy - **stadiály**
- lesy nejsou souvislé, mají ráz lesostepi nebo parkové tajgy. Výskyt větších porostů odolných dřevin - borovice (*Pinus*), modřín (*Larix*), smrk (*Picea*), v nejteplejších úsecích ochuzené doubravy
- interstadiální výkyvy se kupí v počátečních fázích glaciálů, od předcházejícího interglaciálu jsou odděleny jen nevýraznými studenými výkyvy

Interstadiály - MAAT: ani polovina současného průměru, tj. v nízkých teplých oblastech střední Evropy dosahuje okolo 2-3 °C, v klimatickém optimu až 4 °C.

Interglaciály - existence slabších studených výkyvů, klima nikdy nedosahuje pleniglaciálního rázu





Průměrné roční teploty (minimální odchylky od současných teplot) během interstadiálu (denekamp) posledního glaciálu (35-25 ky BP).

Výkyvy III. řádu

- drobnější výkyvy teploty a hlavně vlhkosti, případně změny podnebného režimu (např. vystřídání drsného pevninského klimatu oceánštější fází)



Výkyvy II. řádu

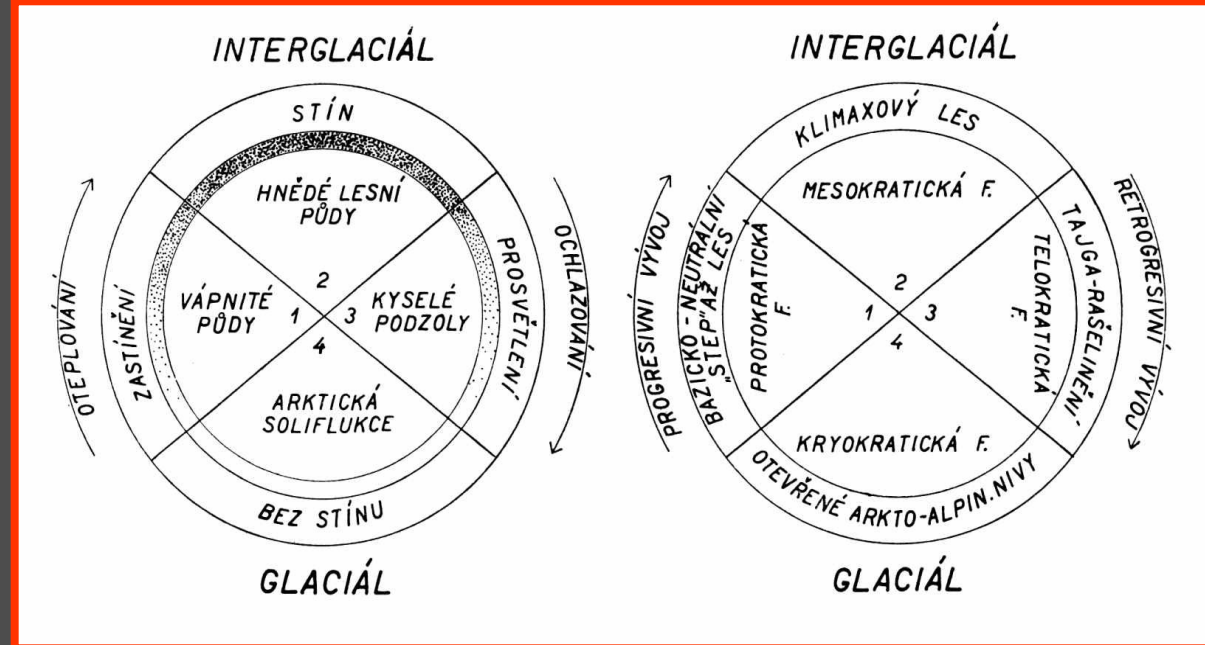


Sprašové komplexy

- ve sprašových sériích - přerušení tvorby spraše a vznik odvápněných, velmi slabě vyvinutých hnědých půd (nebo šedých - iniciální stadium černozemí)
- fauna - vyšší zastoupení vlhkomilných forem, avšak podržující si studený ráz
- výskyt šedých horizontů - nejslabší výkyvy se zvýšenou vlhkostí

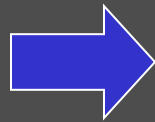
Problém lesa a stepi

- **stepi** - po stránce mikroklimatické jsou kontinentálnější - zahrnují otevřené formace od tundrovitých luk po xerothermní skály v chráněných polohách
- **lesy** - po stránce mikroklimatické jsou oceánštější - zahrnují společenstva dřevin od severské tajgy po submediteránní sucholesy



Iversenův (1964) cyklus vegetačních fází a stanovištních podmínek ve vzájemných souvislostech.

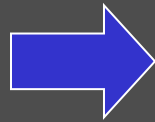
Teplé výkyvy



zalesnění, zvyšuje se oceanita, zvláště v mikroklimatickém měřítku

lesní prvky - obecně méně odolné vůči mrazu a rychlým změnám teploty

Studené výkyvy



bezlesá období, vzestup kontinentality

stepní prvky - velmi odolné vůči mrazu, bez problému snáší glaciální klima

Geografická pozice

střední Evropa - nápadné rozdíly mezi lesní (interglaciální) a stepní (glaciální) faunou a flórou; jv. evrop. části Ruska - stepní ráz v chladném i teplém období, rozdíly mnohem menší

Vegetační pokryv v kvartéru

Význam vegetace

- **vegetační pokryv** - ovlivňuje pochody sedimentační, erozní, půdotvorné, usměrňuje podnebí
- rozšíření a stanovištní nároky vyšších rostlin jsou známy mnohem lépe než u živočichů (snadná dostupnost)



Picea rubens.

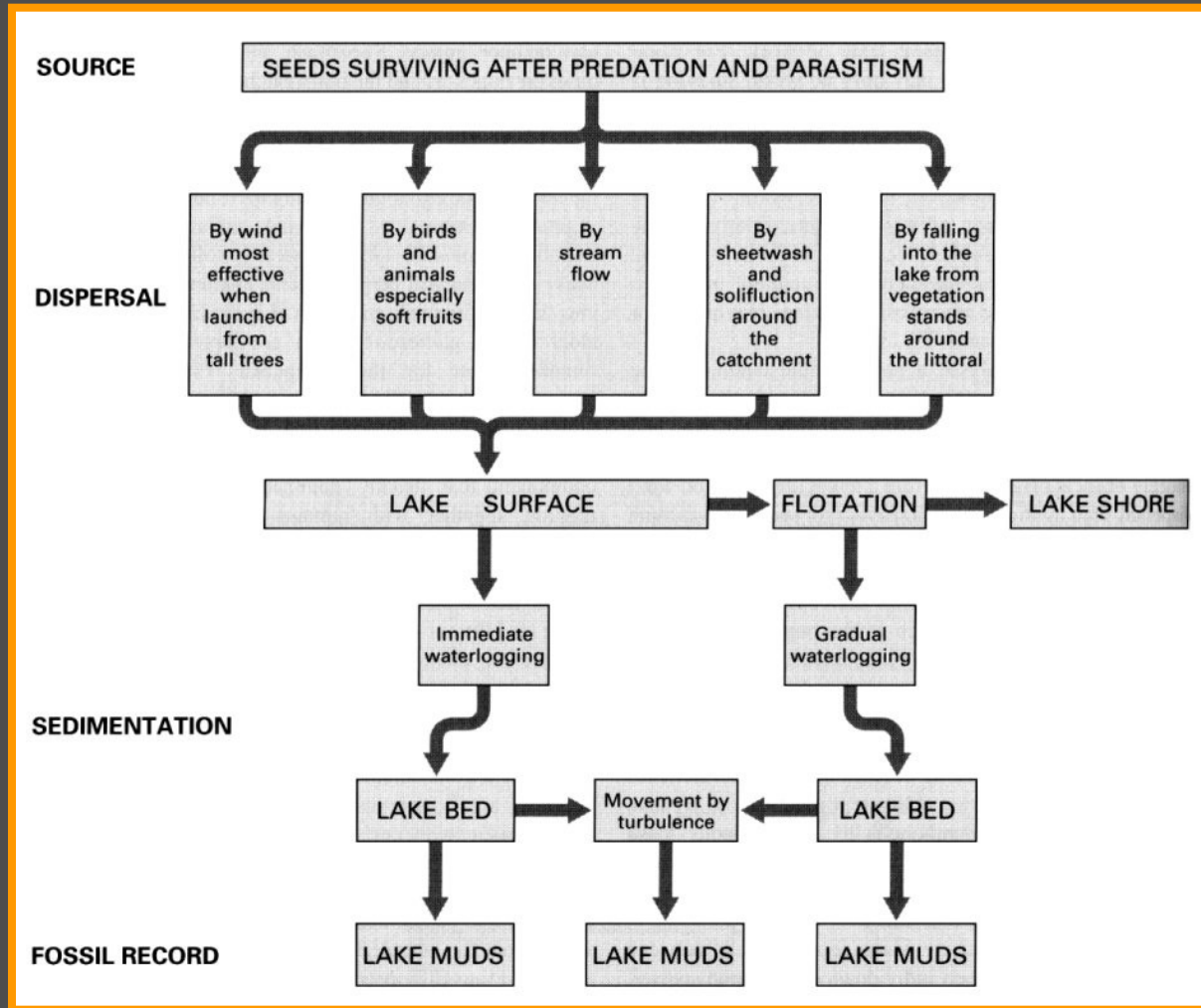
- listnatý les - zjara holý, umožňuje rychlé prohřátí půdy - bohatá přízemní vegetace
- jehličnatý les - dlouho studené



Quercus macrocarpa.

Zachování rostlinných zbytků

- organické sedimenty, hlavně rašeliny - dostatek pylových zrn, větší zbytky i plody. Rašeliny - zvláštní význam pro poznání holocénu
- slatiny a jezerní uloženiny - převážně teplé výkyvy
- travertiny a strukturní pěnovce - otisky různých rostlinných částí (listů plodů aj.). Pyly jen podružně. Výhoda - makrovzorky jsou autochtonní
- tufity (Porýní), jíly
- klastické sedimenty - obecně nepříznivé pro zachování (uhlíky, zuhelnatělá dřeva a kmeny v říčních nivách)



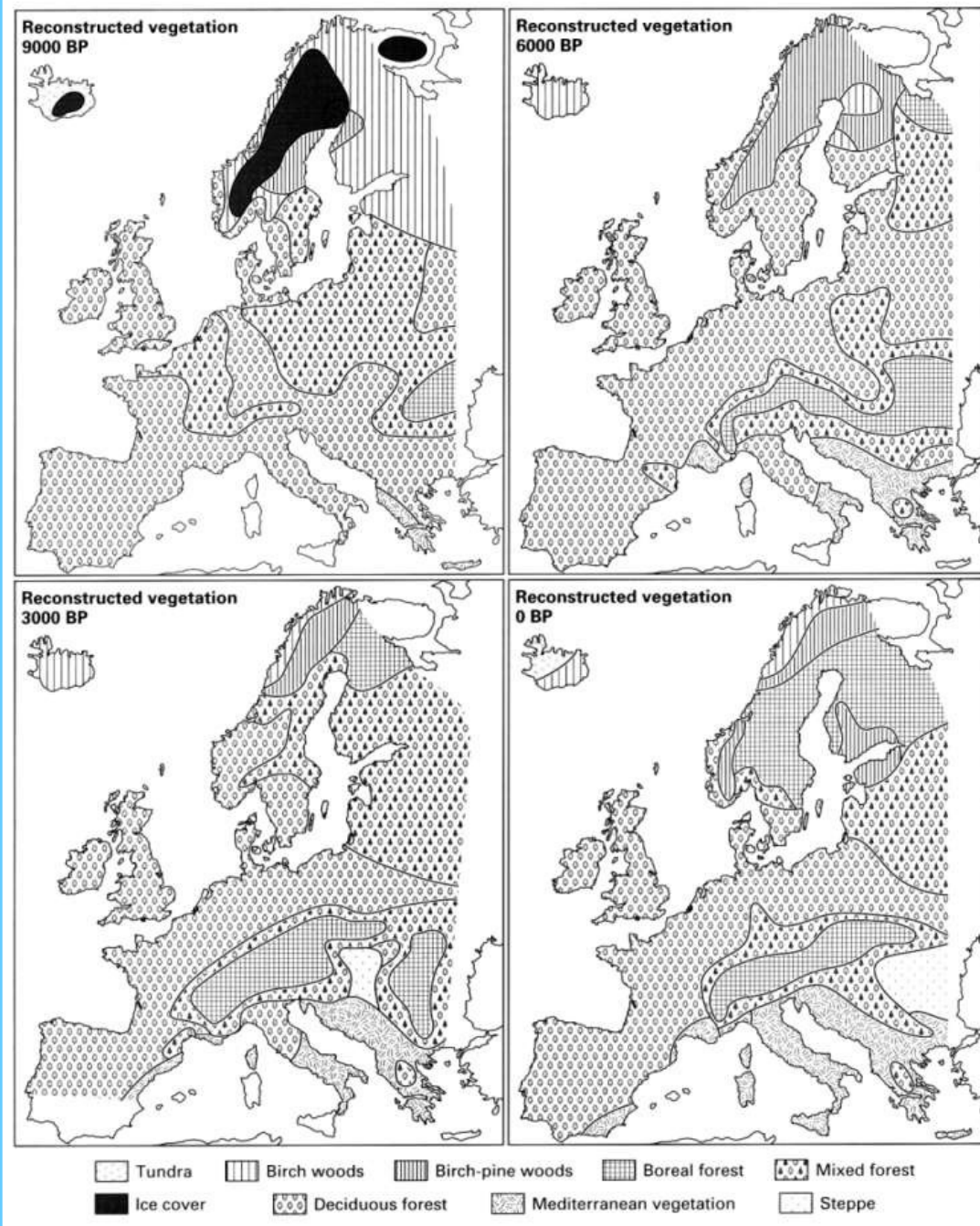
Obecný model odnosu semen do jezerních sedimentů.

Mnoho druhů je velmi obtížné doložit (např. stepní vegetace) - doplnění o paleontologická (např. paleomalakozoologická) studia.

Biostratigrafické využití

Bez větších vývojových změn, avšak podnebné výkyvy silně mění složení

- počátek pleistocénu - **vymizení terciérních prvků**, dočasně přežívají v teplejších obdobích (tegelen, waal) - *Phellodendron*, *Magnolia*, *Pterocarya*, *Tsuga*...
- **cromer** - relikty terciérní flóry jen nepartné (*Celtis*, *Pterocarya*), flóra dostává současný ráz
- detailní stratigrafie - zachycení vegetačního vývoje jednotlivých interglaciálů
- studená období - pylové rozbory spraší a jeskynních uloženin
- mnohé druhy se dnes ve střední Evropě nevyskytují - glaciály - *Dryas*, *Koenigia*, *Selaginella*, *Artemisia*...; ingerglaciály - *Brasenia*, *Dulichium*, *Celtis*, *Thuja*, *Pterocarya*



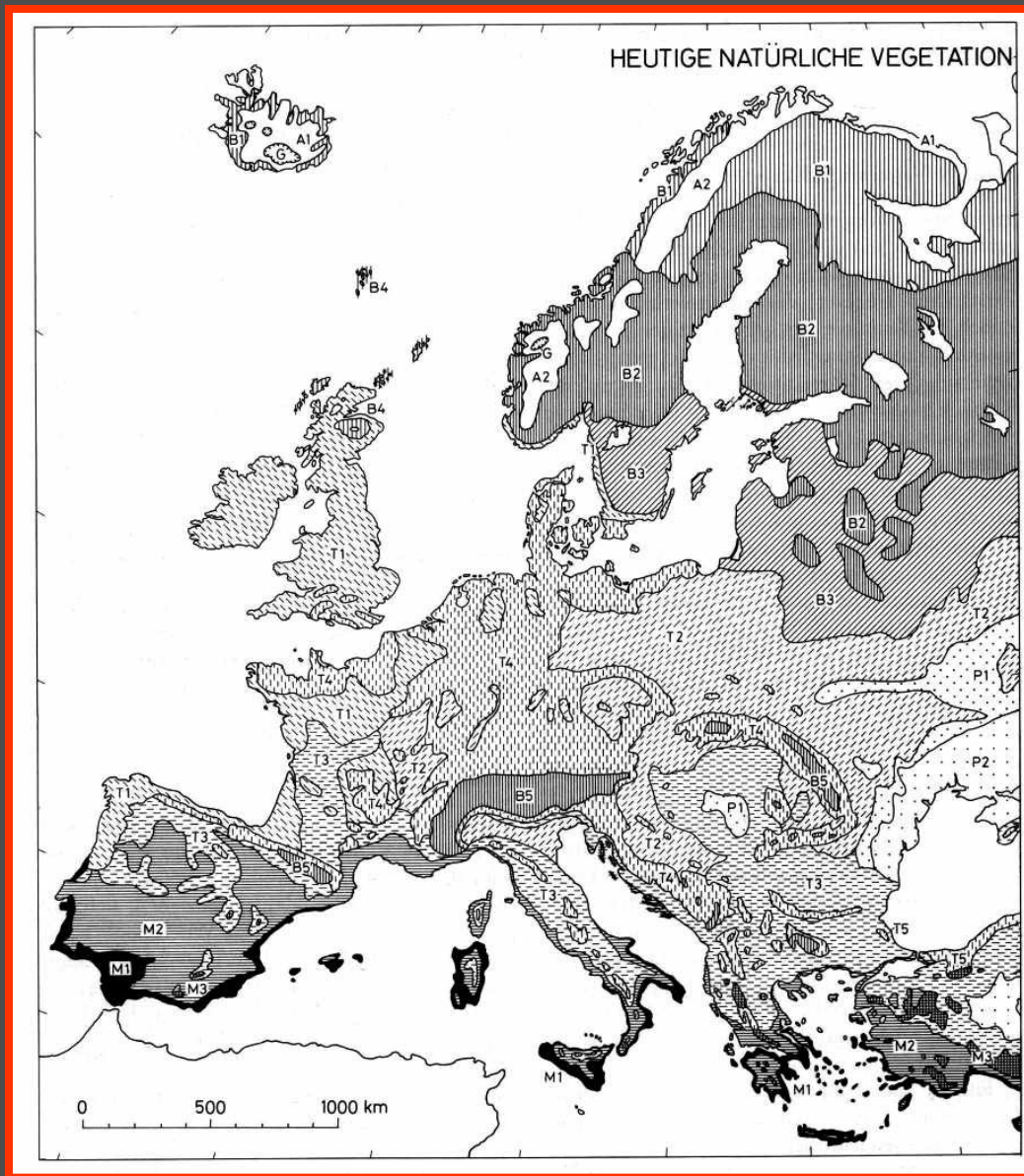
Domin. vegetační typy v záp. Evropě v době před 9 ky, 6 ky, 3 ky a dnes

Paleoekologický význam

- vzájemný poměr rozsahu lesa a stepi, vzácněji i vytyčení přesné hranice (les se prolíná s otevřenými plochami)
- vztah vegetace k půdě - studená období (především spraše) - chladnomilné druhy, silný podíl slanomilných (*Plantago maritima*, *Chenopodiaceae*)
- studené období - není důležitá průměrná teplota, ale obsah minerálních látek v půdě
- teplá období, postglaciál - s příchodem humidního klimatu - vyšší podíl dřevin, stoupá intenzita půdních pochodů

Cyklus vzniku a ústupu lesní formace

byliny - dřeviny - světlé porosty (borovice, líska) - uzavřené lesy - zabahňování lesů - rašelinění - ústup lesa



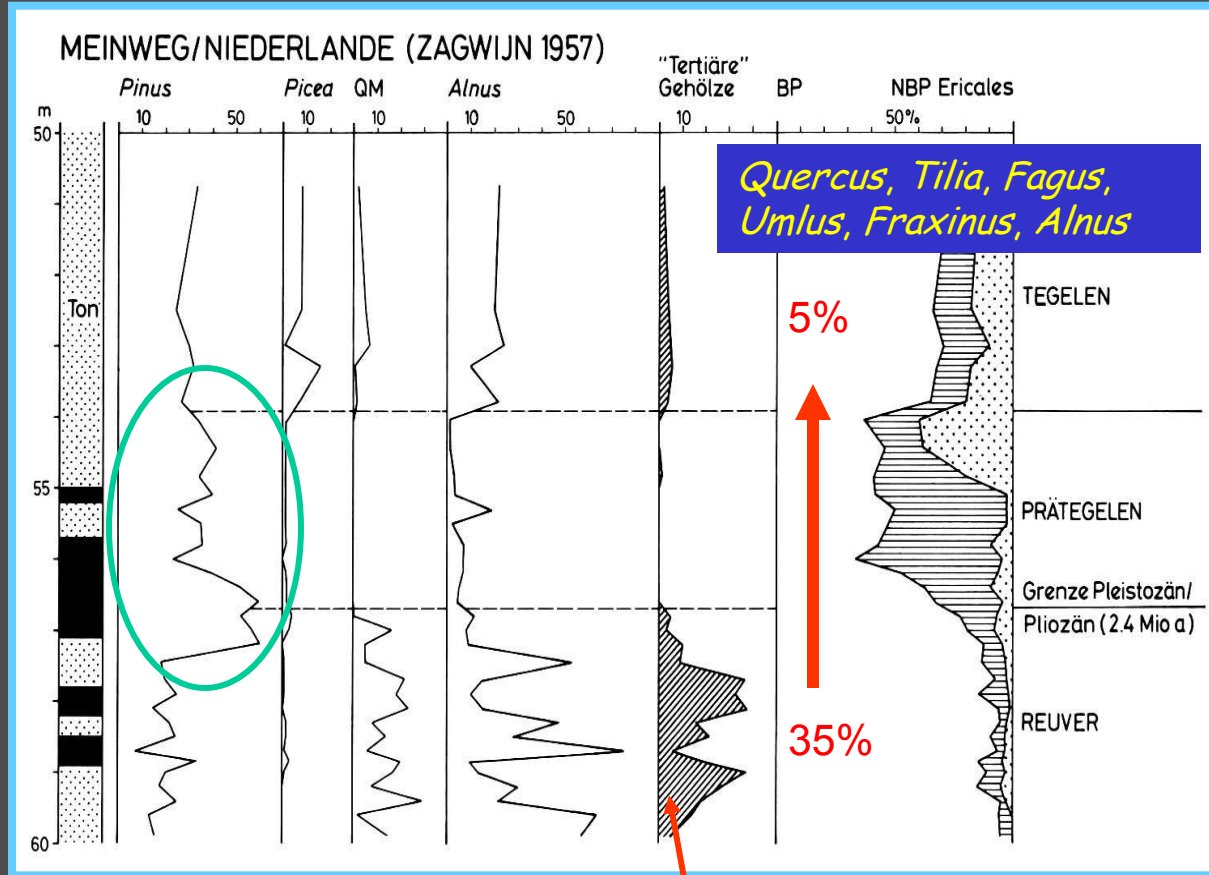
Dnešní stav vegetačního pokryvu v Evropě: A - Arktická a alpská vegetační zóna; B - boreální a hemiboreální; M - mediteránní; P - Panonsko-ponticko-anatolská; T - teplá veget. zóna se světlými listnatými lesy.

Vývoj flóry - hranice pliocén / pleistocén, spodní pleistocén

konec neogénu - střední Evropa
 - smíšené lesy + **vymizelé prky** -
Taxodium, Sciadopitys,
Liquidambar, Liriodendron,
Phellodendron, Nyssa, Magnolia,
Tsuga... Přítomny i dnes běžné
 rody - *Quercus, Fagus, Carpinus,*
Betula, Alnus, Ulmus, Fraxinus...

počátek kvartéru - ochlazení -
 vystřídání náročných dřevin
 odolnějšími porosty s **převahou**
jehličnanů - *Pinus, Picea;*
 přítomnost volných ploch (pyly
 nedřevin)

- studená období - převaha porostů odolných jehličnanů - *Pinus, Picea;* nezakryté plochy pokryty nenáročnou bylinnou vegetací



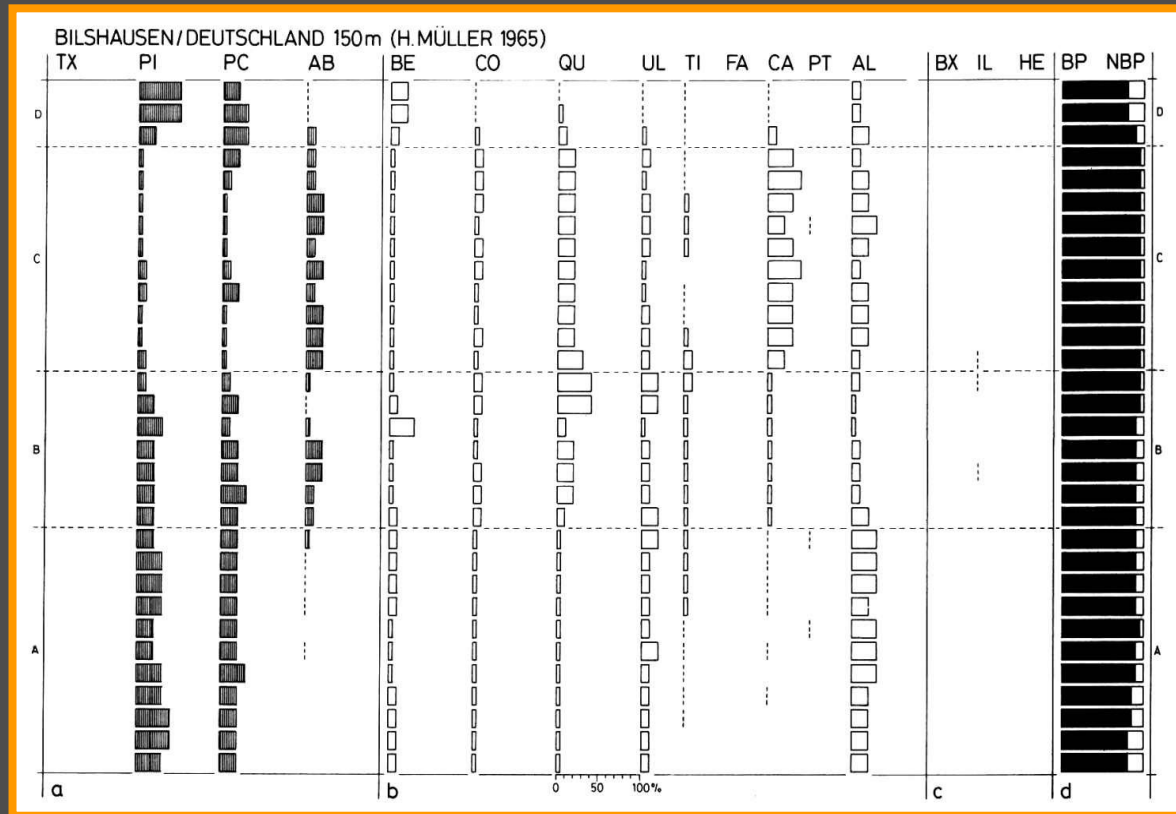
Sequoia, Taxodium, Sciadopitys, Tsuga, Carya, Pterocarya, Eucommia, Nyssa, Liquidambar, Aesculus

Vývoj flóry - střední pleistocén

Cromerský interglaciální komplex (4 teplé + 3 chladné výkyvy) - vegetační poměry připomínající současnost:
Quercus, Carpinus, Tilia, Fraxinus, Ulmus, Acer. Řada dnes v Evropě vymřelých zástupců: *Brasenia, Dulichium, Azolla filiculoides*

Doprovodná fauna (Anglie + kontinent)

Cromerské vrstvy v Anglii a výskyty na kontinentu - **doprovodná fauna savců** - *Elephas antiquus, Ursus deningeri, Stephanorhinus etruscus, Alces latifrons, Cervus elaphus, Capreolus capreolus, Sus scrofa, Bison schoetensacki, Hippopotamus amphibius.*



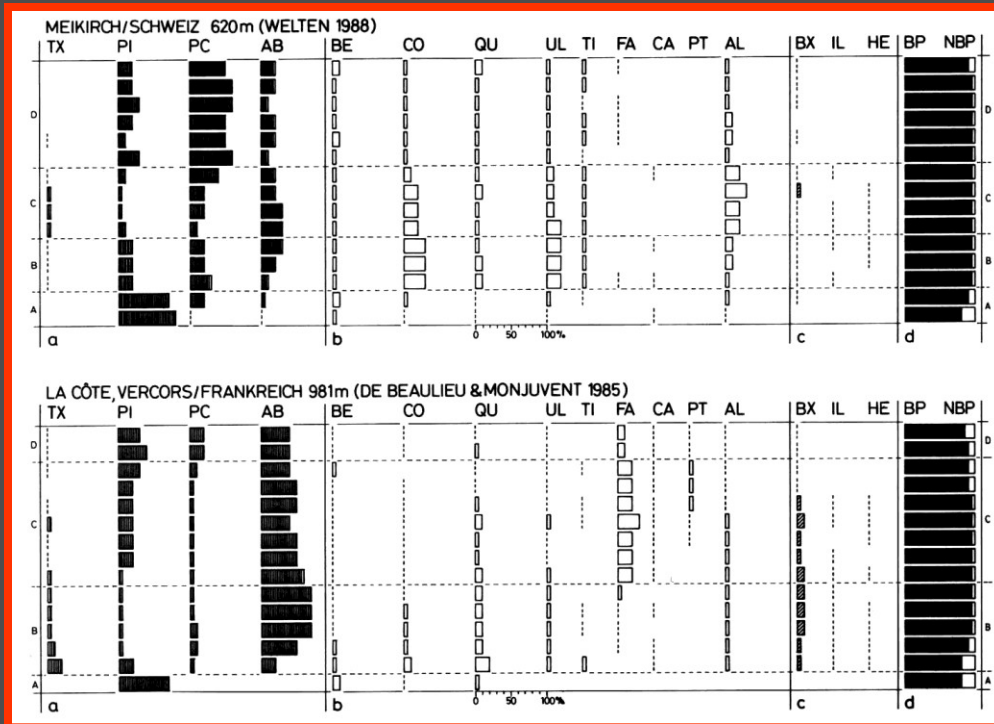
Pylový diagram zachycující část cromerského interglaciálního komplexu (cromer IV), sz. Německo. TX - *Taxus*, PI - *Pinus Diploxylon*, PC - *Picea*, AB - *Abies*, BE - *Betula*, CO - *Corylus*, QU - *Quercus*, UL - *Ulmus*, TI - *Tilia*, FA - *Fagus*, CA - *Carpinus*, PT - *Pterocarya*, AL - *Alnus*, BX - *Buxus*, IL - *Ilex*, HE - *Hedera*, BP - *Buxus*, NBP - *Nepeta*

Vývoj člověka

Jedny z nejstarších nálezů člověka v Evropě - Mauer (Německo), Španělsko, Francie, Maďarsko, Řecko - *Homo erectus heidelbergensis*

Vývoj flóry - střední pleistocén

elsterské zalednění - ústup teplomilných prvků daleko k jihu, případně vymizení, v nezaledněných oblastech - otevřené formace (stepi, tundry). Na příznivých místech - *Betula*, *Picea*



Pylový diagram holsteinského interglaciálního komplexu, sz. a z. alpská oblast. TX - *Taxus*, PI - *Pinus Diploxylon*, PC - *Picea*, AB - *Abies*, BE - *Betula*, CO - *Corylus*, QU - *Quercus*, UL - *Ulmus*, TI - *Tilia*, FA - *Fagus*, CA - *Carpinus*, PT - *Pterocarya*, AL - *Alnus*, BX - *Buxus*, IL - *Ilex*, HE - *Hedera*.

Holsteinský interglaciál (MIS 11)

Fáze A - protokratická - zóna *Betula-Pinus* - boreální lesní fáze v dalším průběhu obahuje teplomilné zástupce - *Quercus*, *Ulmus* (trvání: 1000-2000 let).

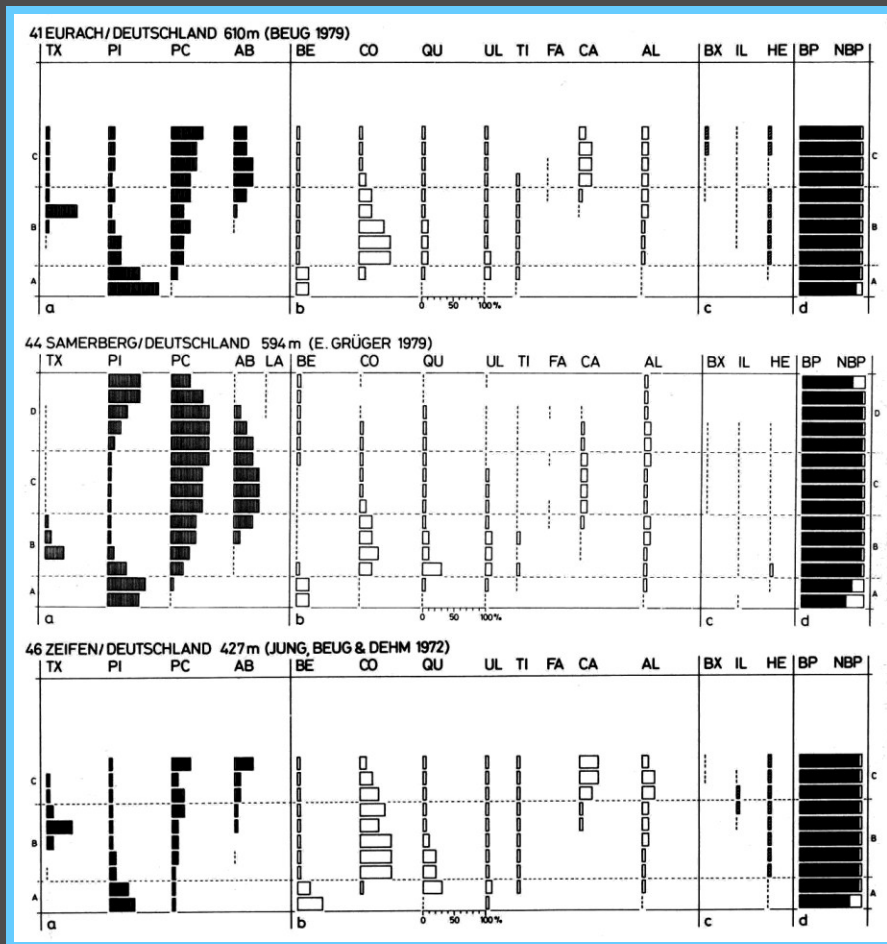
Fáze B - 1. část mesokratické fáze - zóna *Quercus*, příp. *Quercus-Ulmus* - smíšené doubravy + *Corylus*. *Quercus* > *Corylus*. Typické lesíky s *Alnus* + *Taxus* (trvání: 4000-5000 let).

Fáze C - 2. část mesokratické fáze - zóna *Abies-Carpinus* - *Abies* >> *Carpinus* (trvání: 5000-6000 let).

Fáze D - telokratická - zóna *Pinus*, příp. *Pinus-Picea* - ústup teplomilných, nástup boreálních lesů s *Pinus*, *Picea* a *Betula* (trvání: asi 2000 let).

Vývoj flóry - svrchní pleistocén

sálské zalednění - podobný vývoj jako v elsteru



Eemský interglaciál (MIS 5e)

Fáze A - protokratická - zóna *Betula-Pinus* - rozšíření *Betula*, *Pinus*, dále *Salix*, *Juniperus*, *Hippophaë*; smíšené doubravy - *Quercus*, *Ulmus* (trvání: 1000 let).

Fáze B - 1. část mesokratické fáze - zóna *Quercus* - *Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, dále *Alnus*, *Taxus*. (trvání: 2000-3000 let).

Fáze C - 2. část mesokratické fáze - zóna *Carpinus* - úbytek doubrav, přibývá *Picea* (trvání: 4000 let).

Fáze D - telokratická - zóna *Pinus-Picea*, příp. *Pinus* - ústup náročných listnáčů, nástup jehličnanů s *Pinus*, hojná *Betula* (trvání: asi 4000 let).

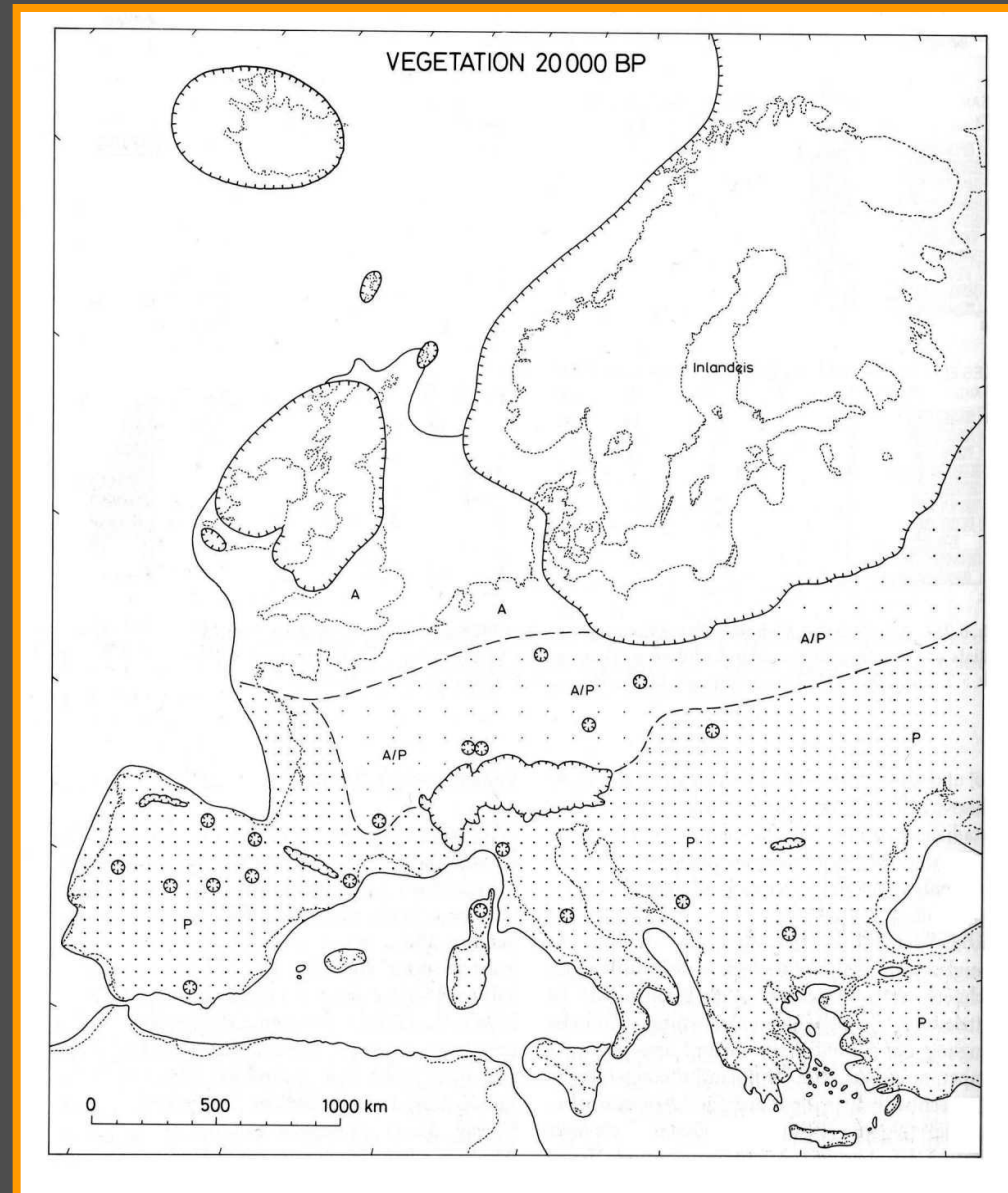
Pylový diagram eemského interglaciálního komplexu, sz. střed. Evropa.
TX - *Taxus*, PI - *Pinus Diploxylon*, PC - *Picea*, AB - *Abies*, BE - *Betula*,
CO - *Corylus*, QU - *Quercus*, UL - *Ulmus*, TI - *Tilia*, FA - *Fagus*, CA -
Carpinus, PT - *Pterocarya*, AL - *Alnus*, BX - *Buxus*, IL - *Ilex*, HE - *Hedera*.

Vývoj flóry - svrchní pleistocén

viselské zalednění - počátek glaciálu - neúplný vývoj studených společenstev - lesostep - *Pinus*, *Betula*

- **amersfoortský interstadiál** rozvoj lesů, převaha *Pinus-Betula*, dále *Picea*, *Quercus*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Ulmus* = podstatné oteplení
- ústup lesa - studené parkové formace s *Pinus-Betula*, v bylinách výrazně chladnomilní zástupci, např. *Saxifraga*
- **brörupský interstadiál** - zalesnění, převaha *Pinus-Betula*, dále *Picea abies*, *Picea omoricoides*
- **odderadský interstadiál** - podobný brörupskému

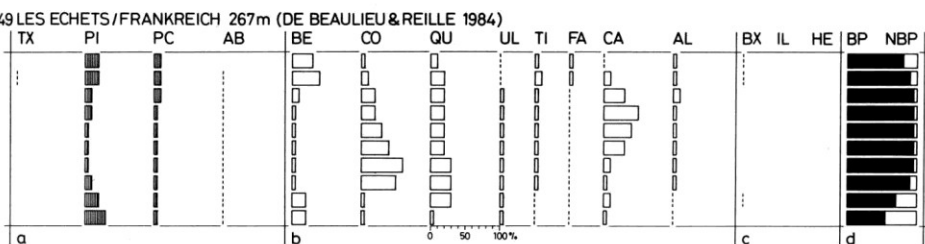
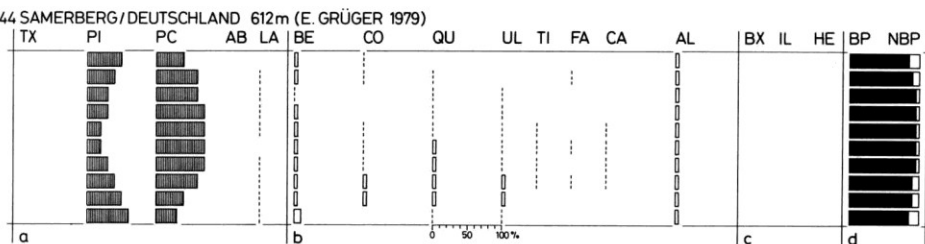
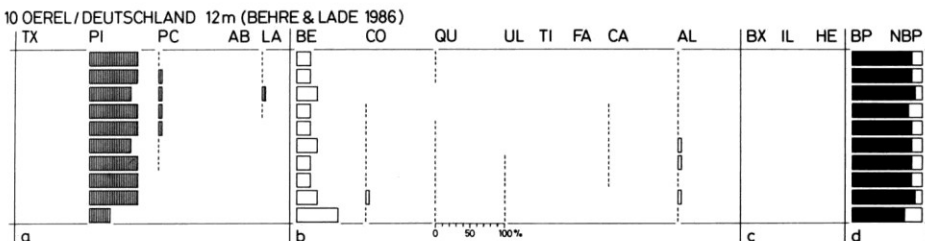
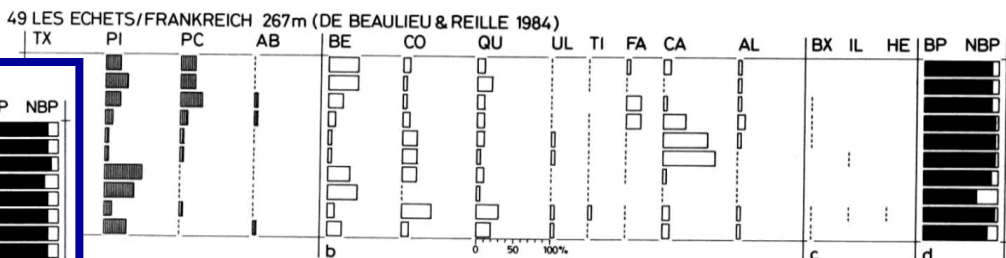
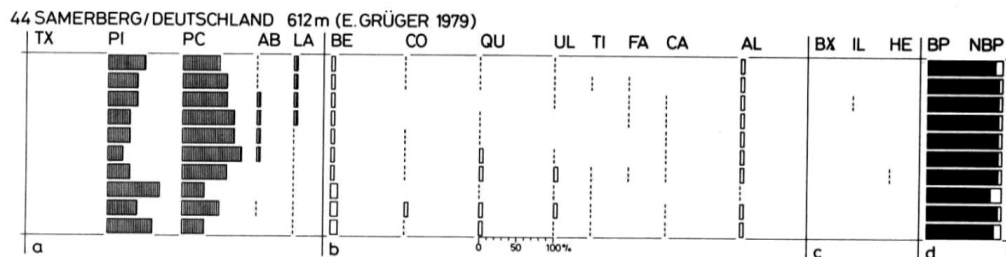
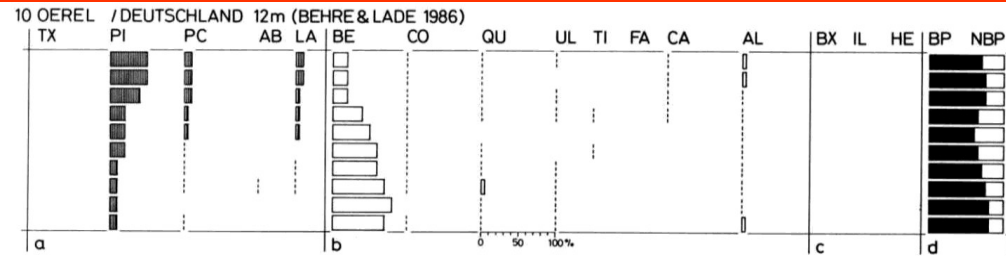
pleniglaciál - převaha studených stepí, korelace interstadiálů je dosud nejistá



Vegetační pokryv v Evropě asi 20 ky BP. A (bílá): arktická vegetace (tundra); A/P (řídké body): stepní tundra; P (husté body): stepi s roztroušenými, vzájemně oddělenými lesními stanovišti.

Vývoj flóry - svrchní pleistocén

- bylinná vegetace - vývoj studených travnatých stepí, výrazná sprašová sedimentace, rozvoj *Chenopodiaceae*, *Plantago maritima*



Pylový diagram intergstadiálu brörup, sz. Německo, alpská oblast. TX - *Taxus*, PI - *Pinus Diploxylon*, PC - *Picea*, AB - *Abies*, BE - *Betula*, CO - *Corylus*, QU - *Quercus*, UL - *Ulmus*, TI - *Tilia*, FA - *Fagus*, CA - *Carpinus*, PT - *Pterocarya*, AL - *Alnus*, BX - *Buxus*, IL - *Ilex*, HE - *Hedera*.

Pylový diagram intergstadiálu odderade, sz. Německo, alpská oblast.

Použitá literatura

Bradley, R. S., 1999: Paleoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary, 2-nd Edition. - In: R. Dmowska, J. R. Holton (Eds.): International Geophysics Series, 1-613. Harcourt Academic Press, Burlington.

Gibbard, P., 2003: History of the northwest European rivers during the past three million years. - <http://www-qpg.geog.cam.ac.uk/research/nweurorivers>.

Lang, G., 1994: Quaträre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse. - 1-462. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Lowe, J. J., 1997: Reconstructing Quaternary Environment. - 1-446. Prentice Hall, Harlow, Essex.

Ložek, V., 1973: Příroda ve čtvrtohorách. - 1-372. Academia, Praha.

Musil, R., 2000: Natural Environment. - Anthropologie, 38, 3, 307-310.

Wilson, R. C. L., Drury, S. A., Chapman, J. L., 2000: The Great Ice Age: Climate Change and Life. - 1-267. Routledge, The Open University, London.