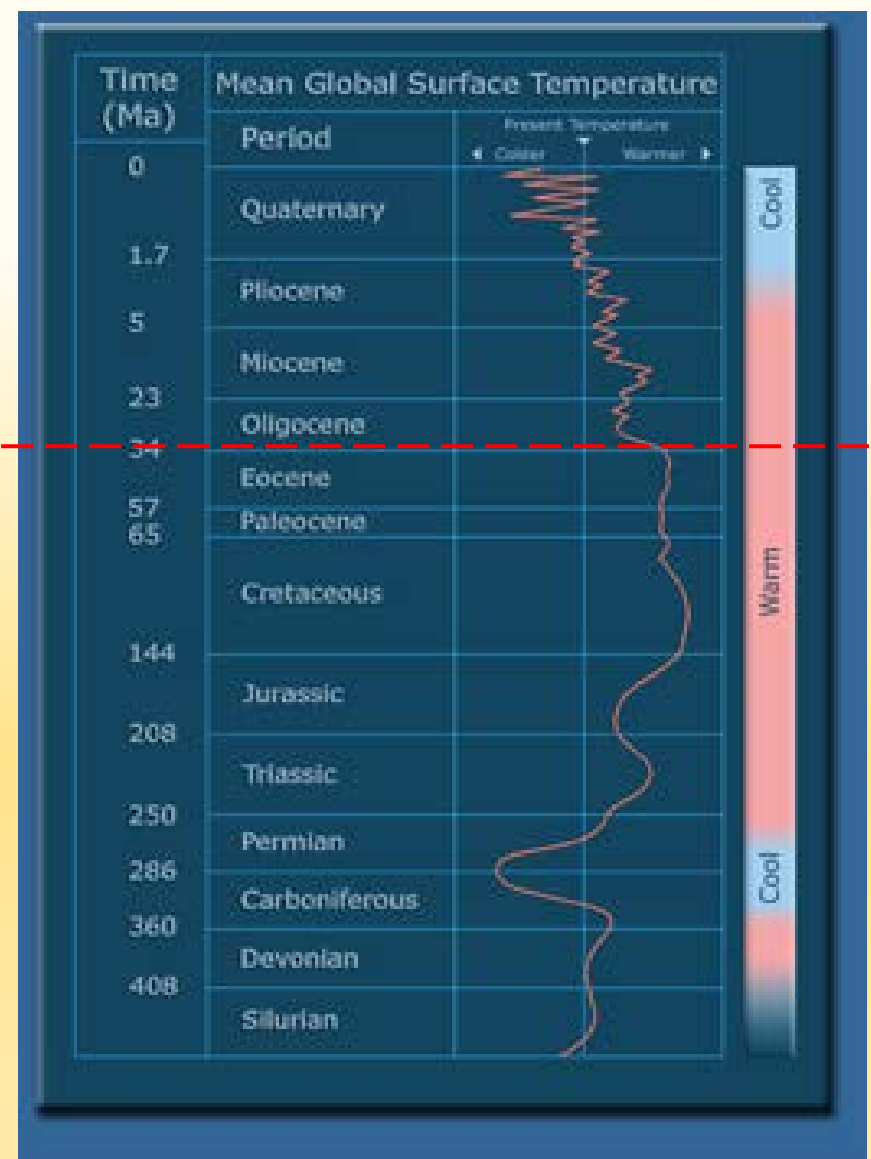
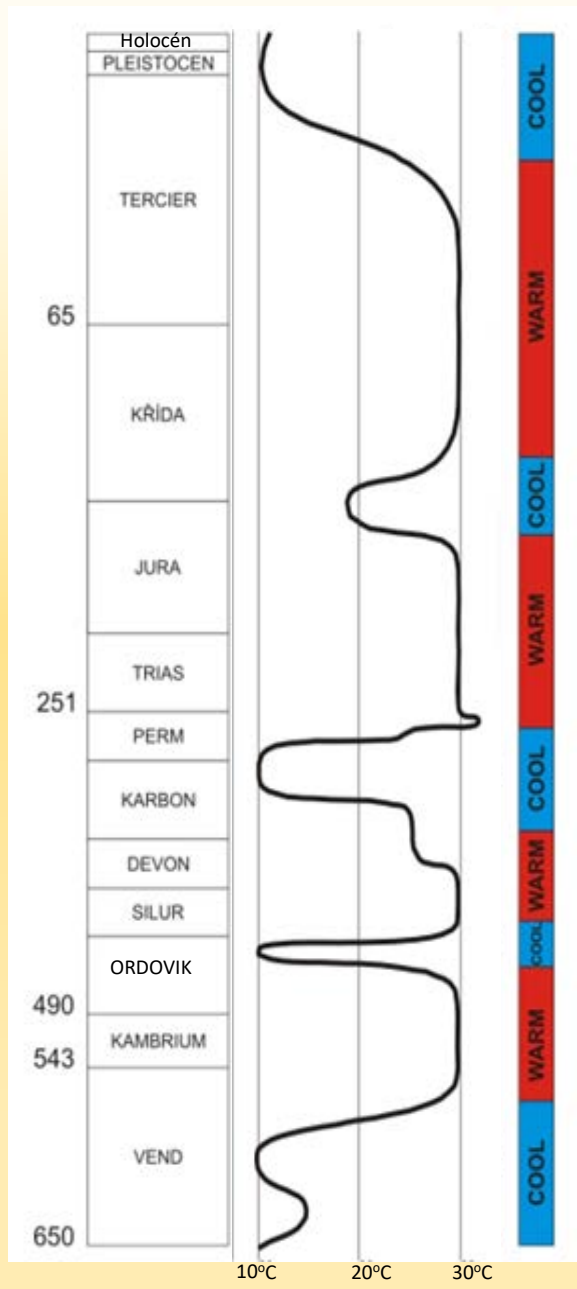


Klimatické změny v terciéru a kvartéru

Co zjistíme z fosílií rostlin?

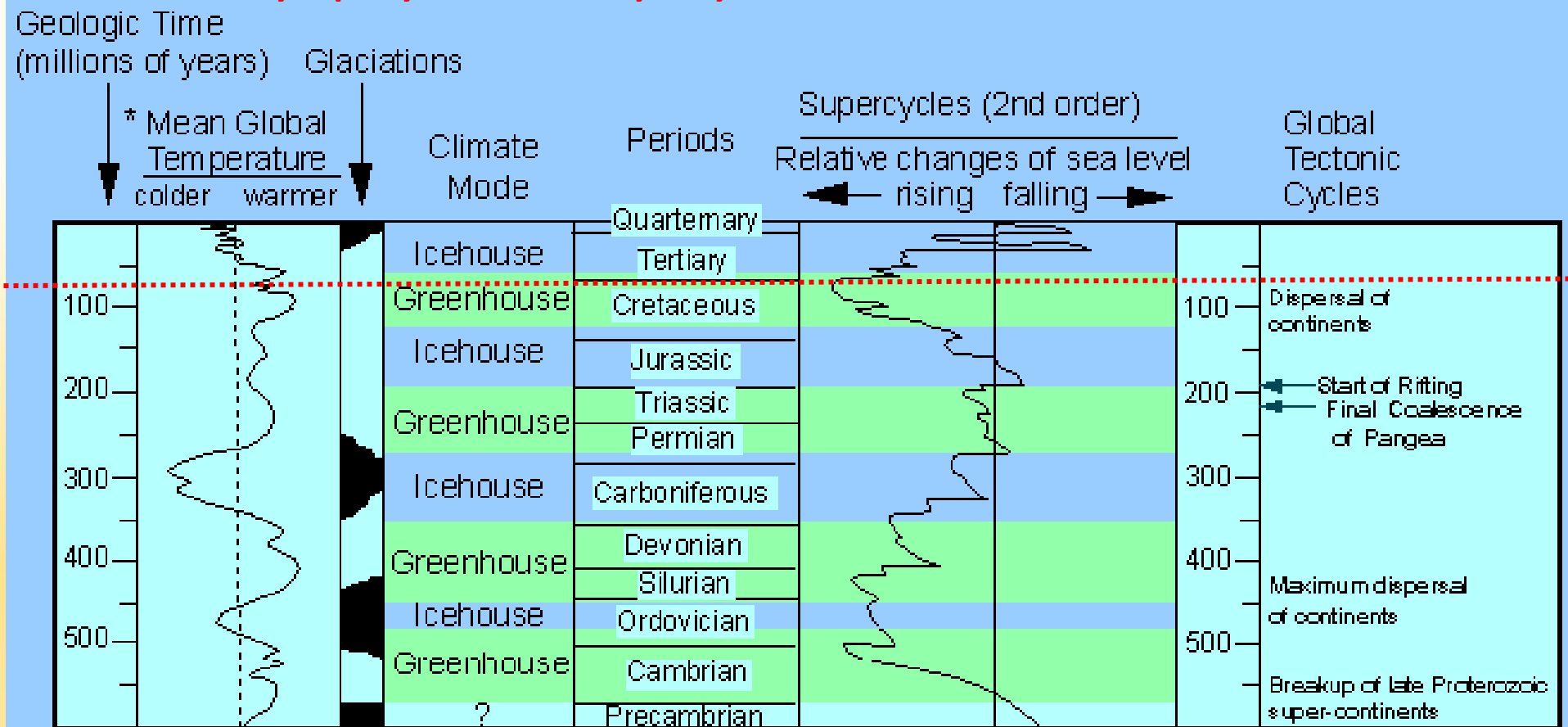
Nejznámější metody a postupy

Nejvýraznější klimatické změny odrážející se v charakteru
rostlinného pokryvu



Více zachovaných sedimentů z mladších období = detailnější záznam dokladů klimatu tzn. více prokázaných klimatických změn

Změny teploty v dlouhodobých cyklech - „ICE HOUSE“ x „GREEN HOUSE“



^ (temperature relative to modern day)

Modified after Plint et al., 1992 and Frakes et al., 1992.

„ICE HOUSE“

jeden nebo oba póly nesou trvalý led
průměrná globální teplota: 12-14° c

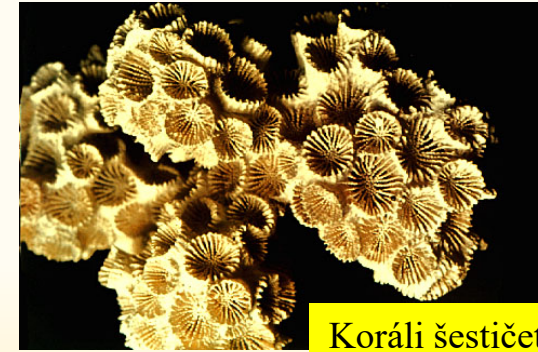
„GREEN HOUSE“

neexistuje zalednění pólů
průměrná globální teplota: 18-22° c
teplota na pólu: 14° c
teplota na rovníku: 30° c

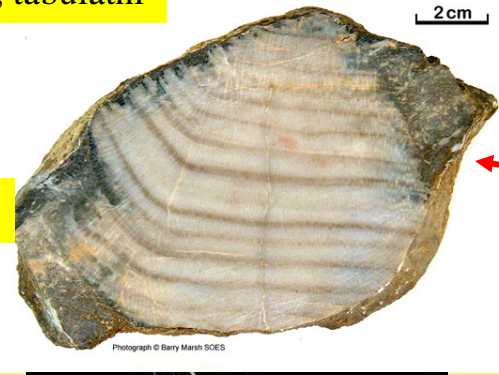
Příklady útesotvorných organizmů v geologické historii



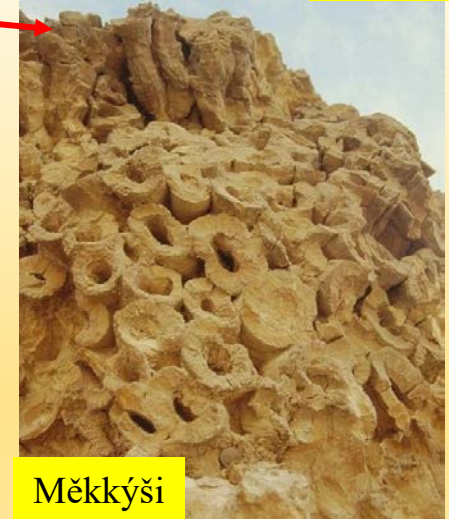
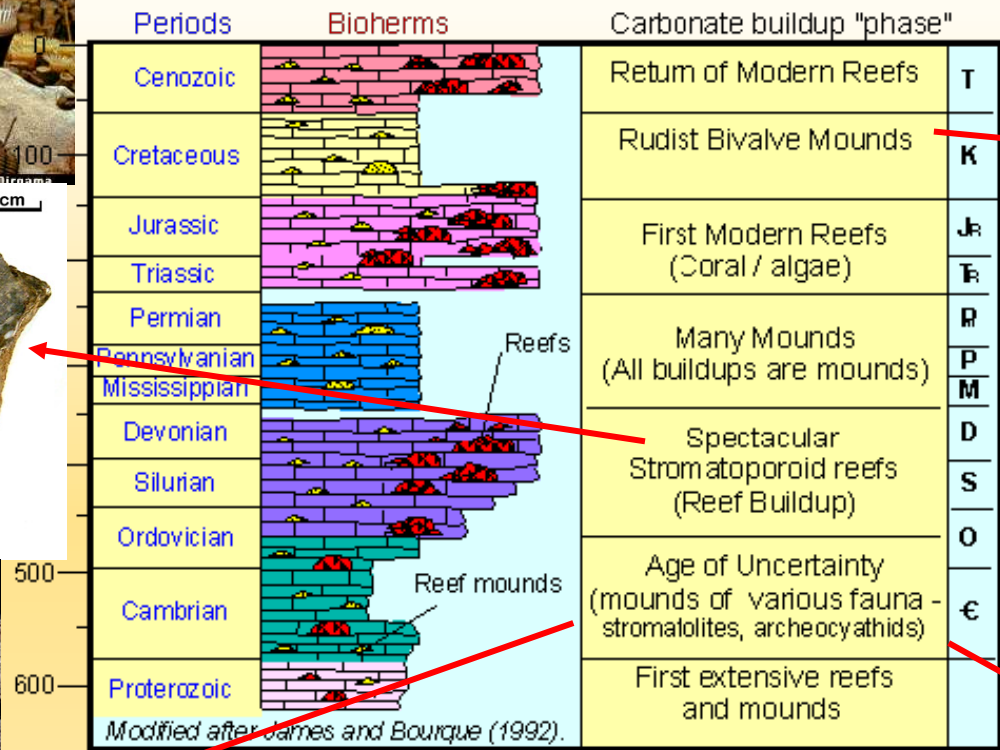
Koráli rugózní, tabulární



Koráli šestičetní - scleraktinní



Stromatopory

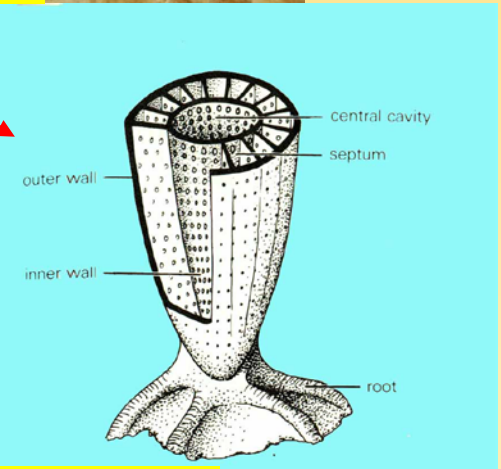
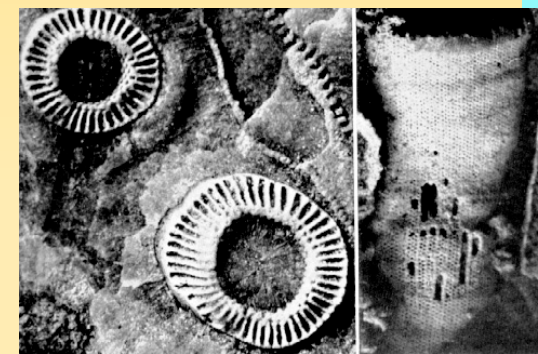


Měkkýši

Durania Western Desert near Gizah, Egypt



Stromatolity - sinice

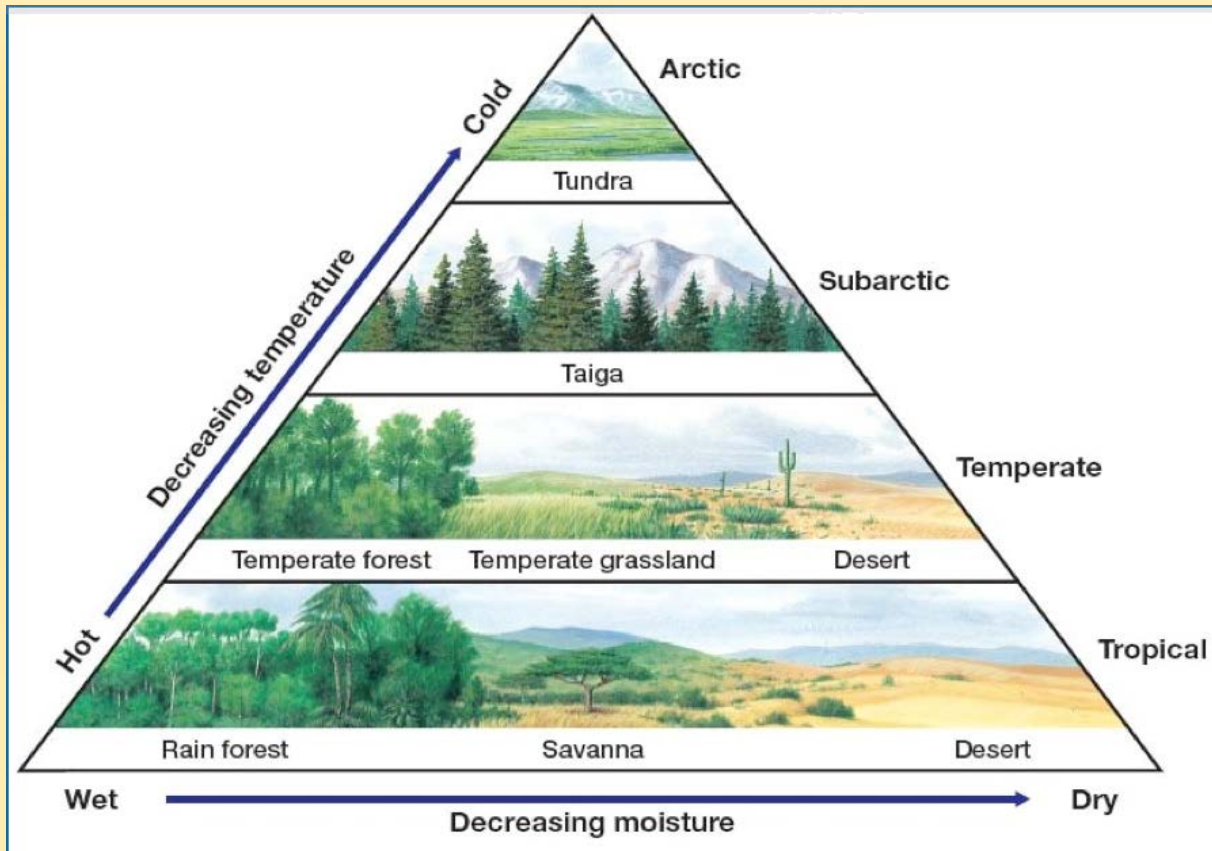


Archeocyáti

Vegetační celky zemského povrchu

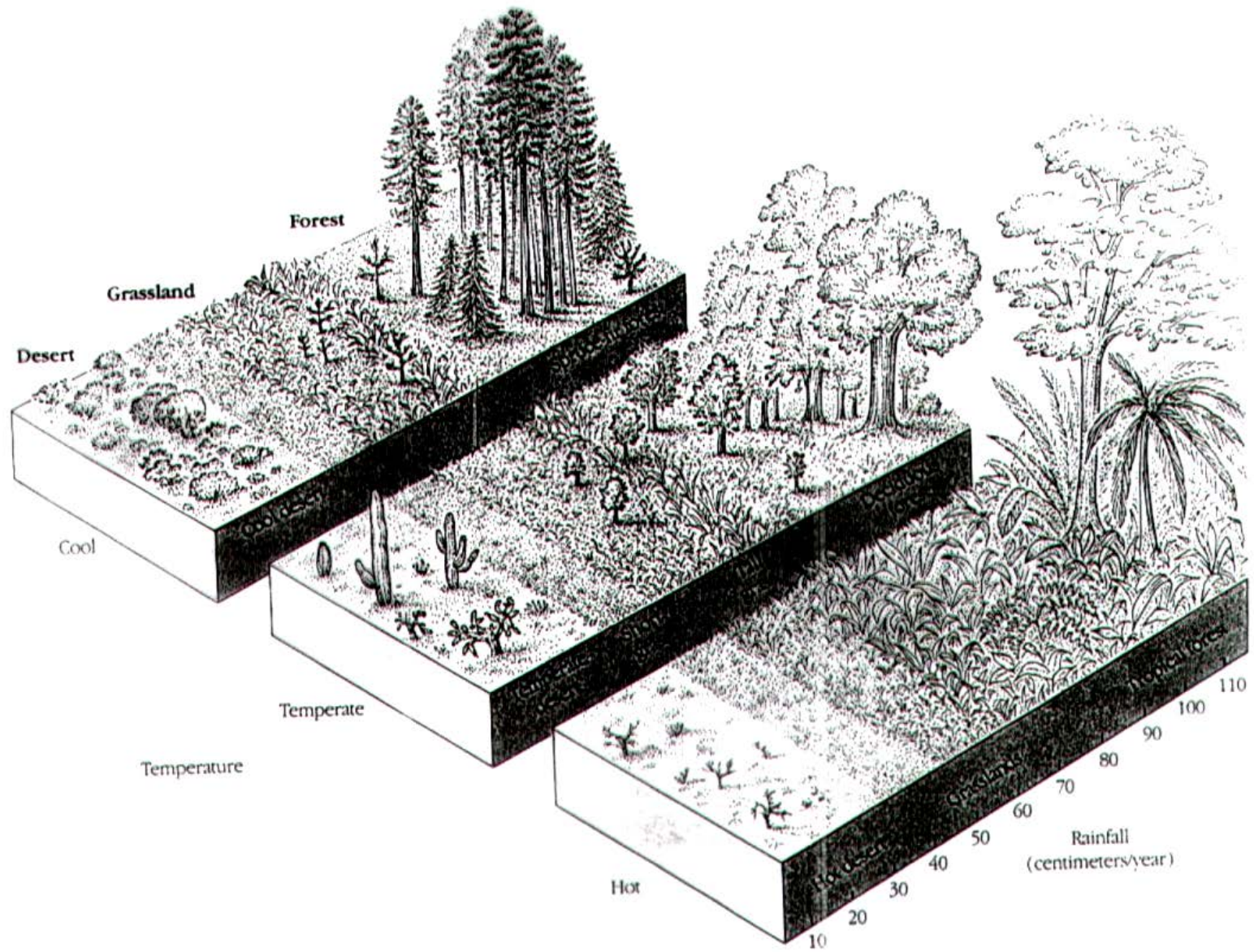
Charakter rostlinného pokryvu – přírodní podmínky a jejich změny
(klima, geologie, pedologie, hydrologie, geomorfologie....)

od nástupu člověka – postupné zvyšování vlivu na přírodu



1. vegetace zonální – tvoří přirozené fytoecenologické jednotky odpovídající daným klimatickým podmínkám většího území, - **vegetační zóně** závislá hlavně na klimatu – klimatických zónách (kombinace teploty a vlhkosti) - např. - porosty tropické, opadavé, arktické, Souvisí i s nadmořskou výškou

2. vegetace azonální – v každé klimatické zóně existují lokální biotopy, které souvisí hlavně s lokálními podmínkami: reliéf, půdní vlhkost, vlastnosti substrátu - mohou se opakovat v různých zeměpisných šířkách s jiným druhovým složením – např. močály, lužní les, travinné biomy, horská louka, rašeliniště, slaniska...

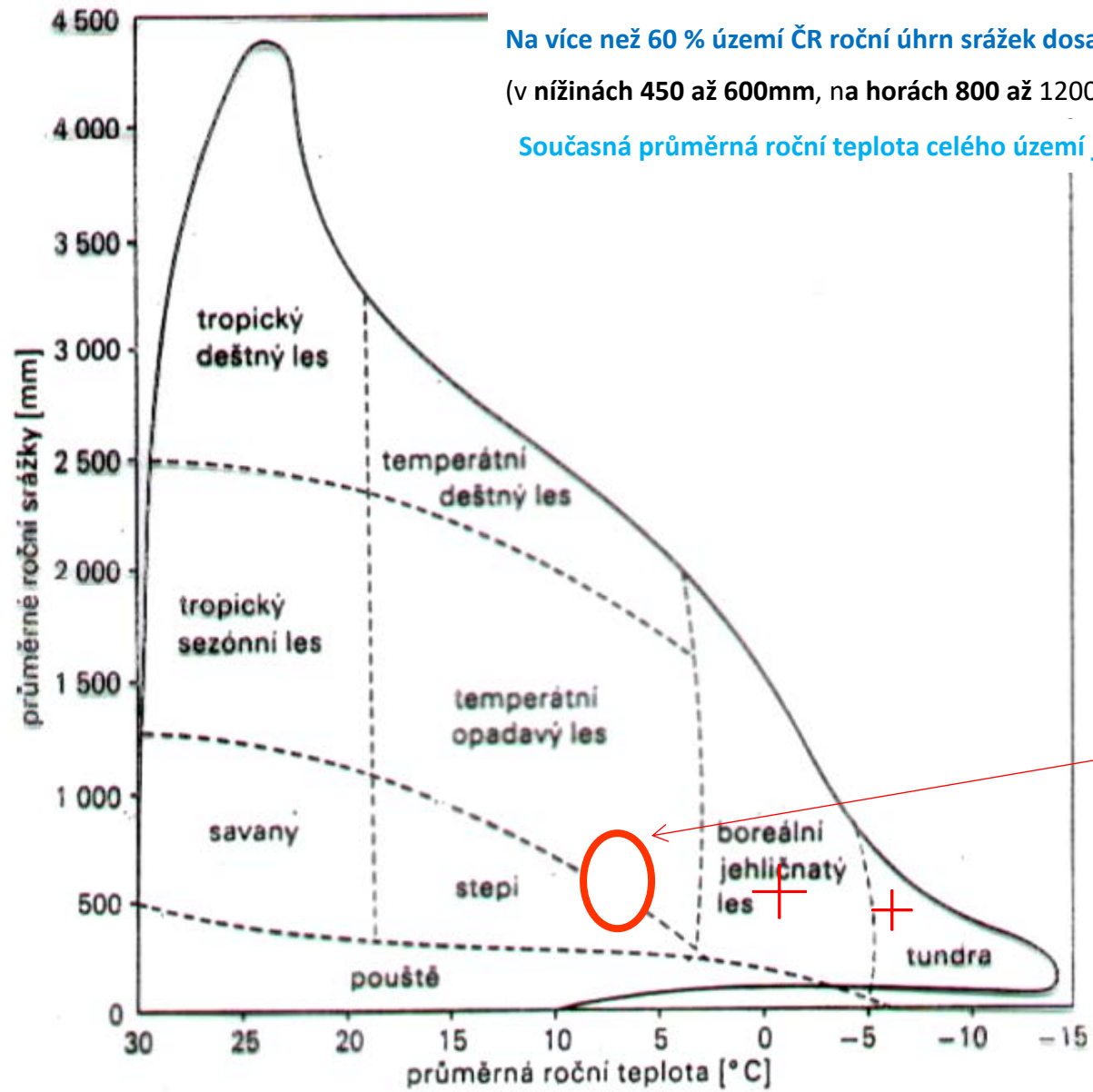


The relationship between rainfall, temperature, and vegetation. Rainfall determines the basic type of vegetation, and temperature is responsible for alterations in this basic type.

Na více než 60 % území ČR roční úhrn srážek dosahuje 600-800 mm.

(v nížinách 450 až 600mm, na horách 800 až 1200mm)

Současná průměrná roční teplota celého území je 8 až 9 °C



Rozšíření biotů v závislosti na průměrném úhrnu ročních srážek a průměrných ročních teplotách (podle WHITTAKERA 1973)

Areál rozšíření - území, kde se vyskytuje určitý taxon

- **paleontologie** + postmortální transport,

- **archeologie** - nakupení taxonu nebo jeho úbytek vlivem člověka

areál souvislý – nesouvislý (jen typická stanoviště - rákos)

Bariéry – brání šíření taxonů do nových území, nebo nově vzniklé rozdělí taxon – **délka trvání bariér**

Vývoj areálů: restrikce x expanze x migrace

rozpad areálu: alopatická speciace – vznikající druhy – **centrum vzniku druhu**

reliktní areály (refugia) – vymírání nebo i migrace

Endemity – taxony vázané na určitou oblast (nemusí být malá) x **areály kosmopolitní** (často plankton)

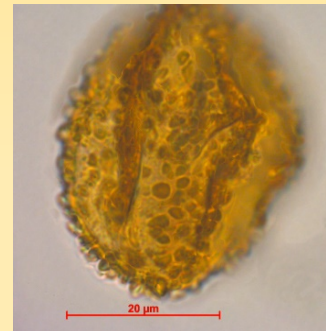
Vagilita – schopnost šířit se na nová stanoviště – rostliny pasívně



Rubus chamaemorus – ostružiník moruška
glaciální reliktní (endemit) – hřebeny Krkonoš

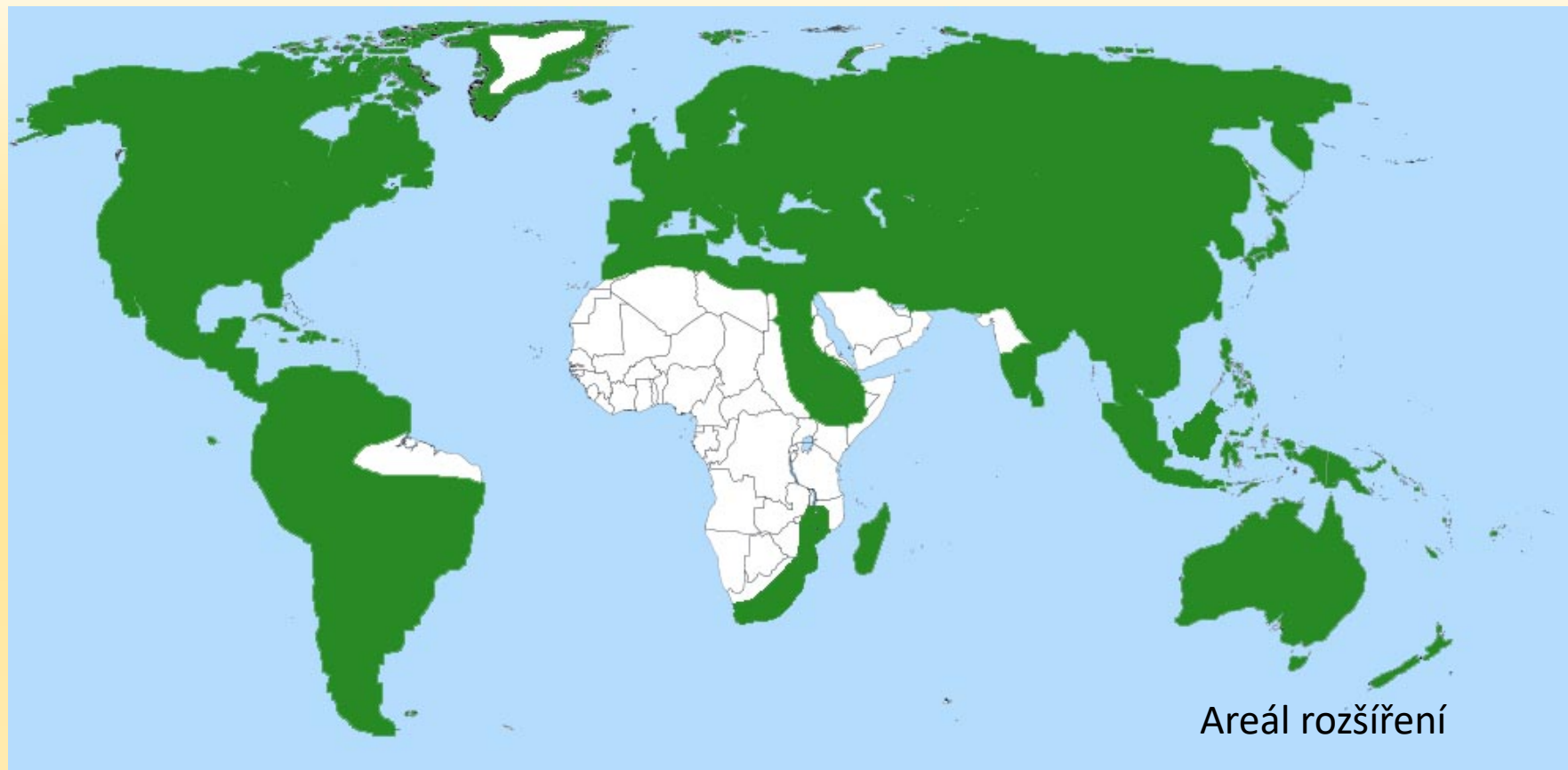
Krkonoše představují **refugium**
tohoto druhu z posledního glaciálu

Pylové zrno



- Areály **kosmopolitní** – taxony nezávislé na klimatických podmínkách

Ostřice (*Carex*) L., 1753



Ostřice štíhlá (Carex acuta)

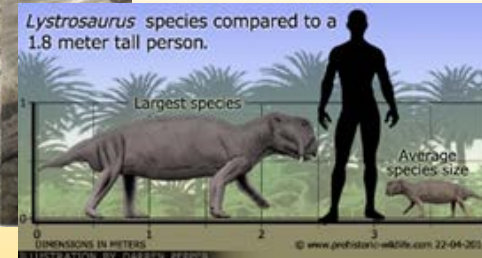
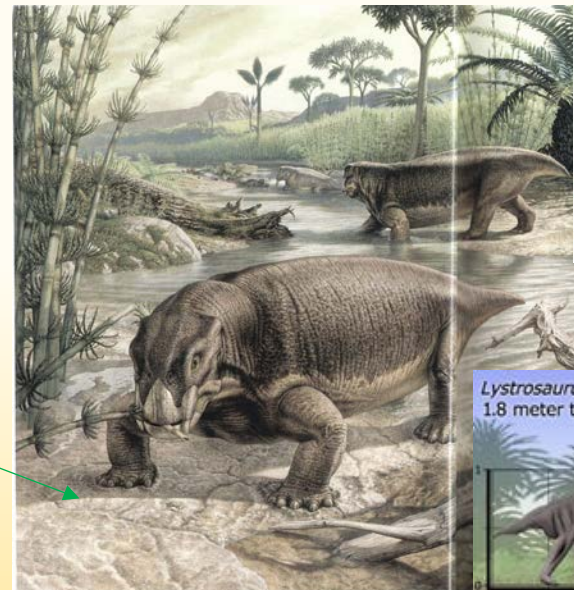
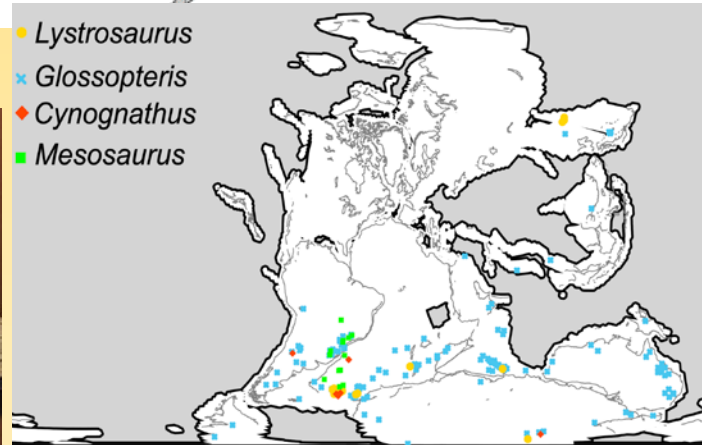
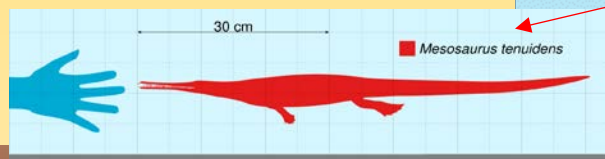
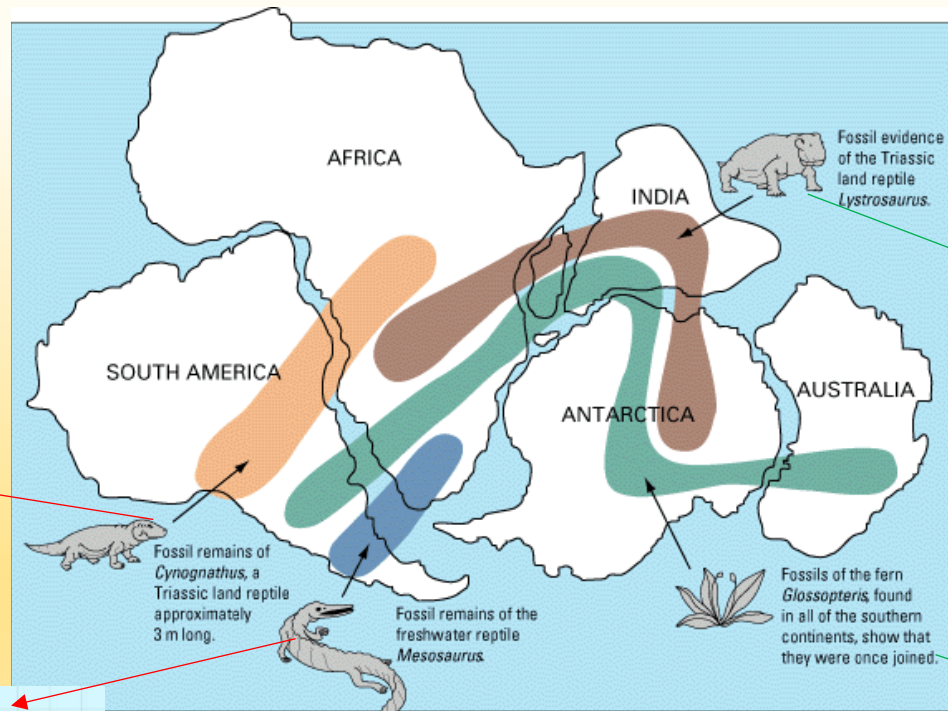


Postupný rozpad jižního superkontinentu Gondwana

Důkazy: např. - podobné okraje kontinentů,

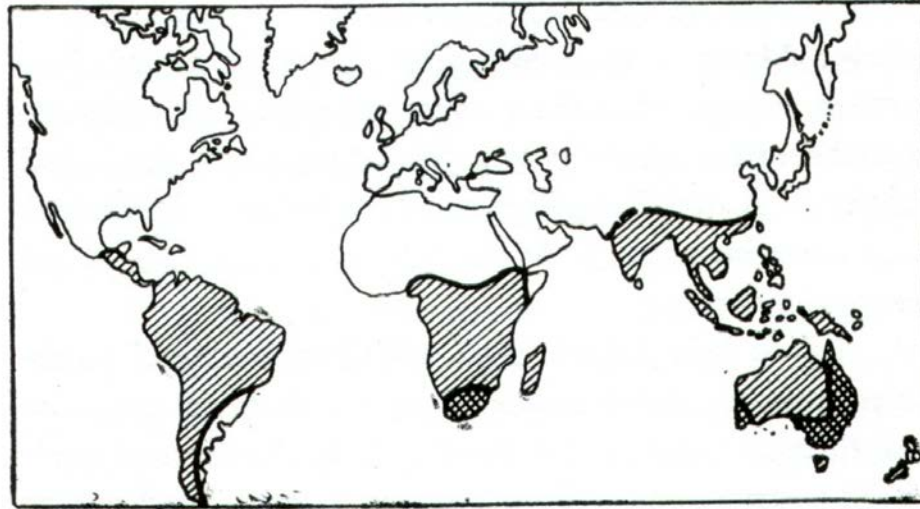
- fosílie organismů nalézané v dnes oddělených vzdálených oblastech

V jiných klimatických podmínkách než před rozpadem Gondwany





Protea neriifolia



Současné rozšíření čeledi *Proteaceae*, které téměř přesně sleduje hranice Gondwany (dvojité šrafování označuje oblasti s největší rozmanitostí druhů)



Protea cynaroides

Řád bukotvaré (*Fagales*)

Fagus (buk)

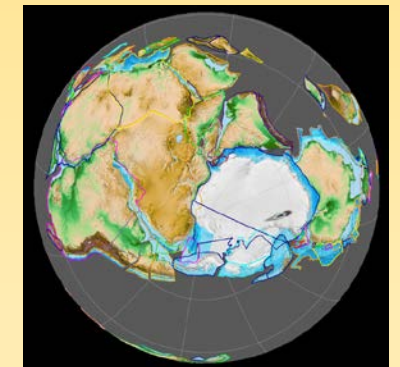
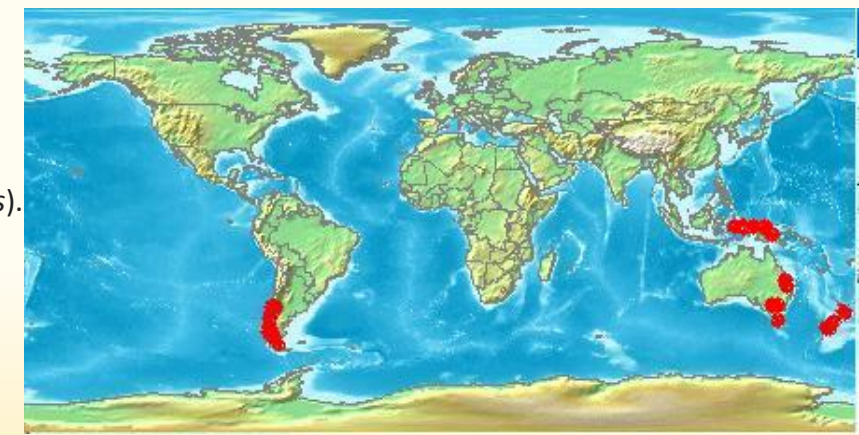
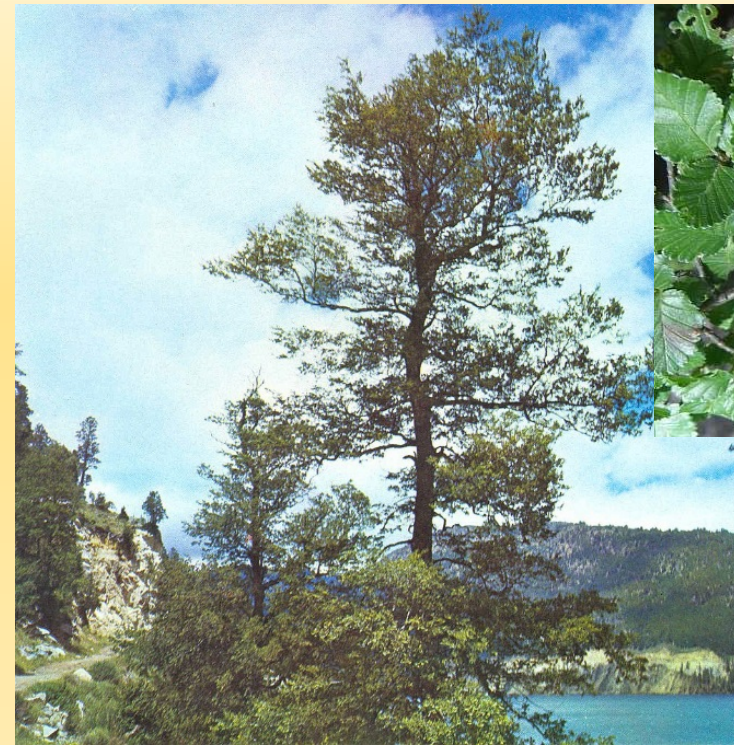
Jeho přirozený areál zahrnuje většinu Evropy, od jižní Itálie po Švédsko a od Portugalska po Turecko. Je jednou z nejvýznamnějších lesních dřevin v Evropě a **dominantou přirozených středoevropských lesů od pahorkatin až do horských poloh.**



x *Nothofagus* (pabuk)

Pabuk (*Nothofagus*) je jediný rod čeledi **pabukovité** (*Nothofagaceae*) řádu bukotvaré (*Fagales*). rozšířené výhradně na jižní polokouli, kde ekologicky odpovídají zástupcům čeledi bukovité ze severní polokoule.

V některých oblastech jižní polokoule tvoří pabuky převažující složku hustých lesních porostů, především v Chile a Argentině, méně výrazně i na Novém Zélandu



Relikt Gondwany

Ekologické faktory

- abiotické - biotické
- působí v komplexu

Ekologická valence

Tolerance – schopnost organismu snášet určité rozpětí libovolného faktoru.

Není u všech jedinců téhož druhu stejná - změny během života (larvy x dospělci), interakce různých ekologických faktorů...

Nedostatek i přebytek kteréhokoliv z faktorů (zejména *blíží-li se hranici tolerance = mezní neboli limitující faktor*) - absence, špatná prosperita, neschopnost rozmnožování

Optimální životní podmínky (optimum) – nemusí být vždy uprostřed ekologické valence!!!
(kombinace faktorů, nebo malá konkurenceschopnost)

Okraje = letální hranice

O (ne)výskytu určitého druhu na stanovišti rozhoduje faktor, který je pod mezní hodnotou

steno - úzké rozpětí

eury - široké rozpětí

stenovalentní (stenobionti) x euryvalentní (eurybionti)

snášejí jen malá kolísání

přizpůsobení ke značným změnám

Mangrovy

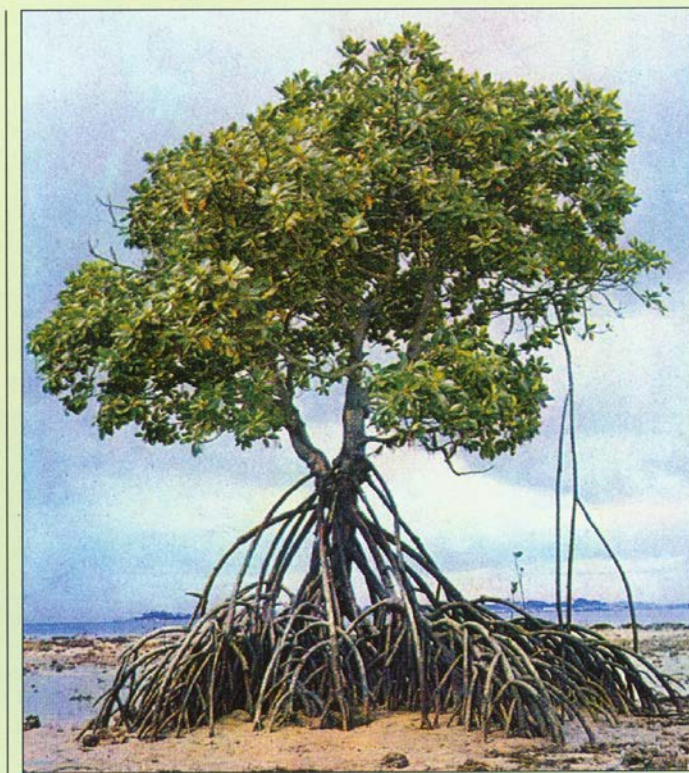
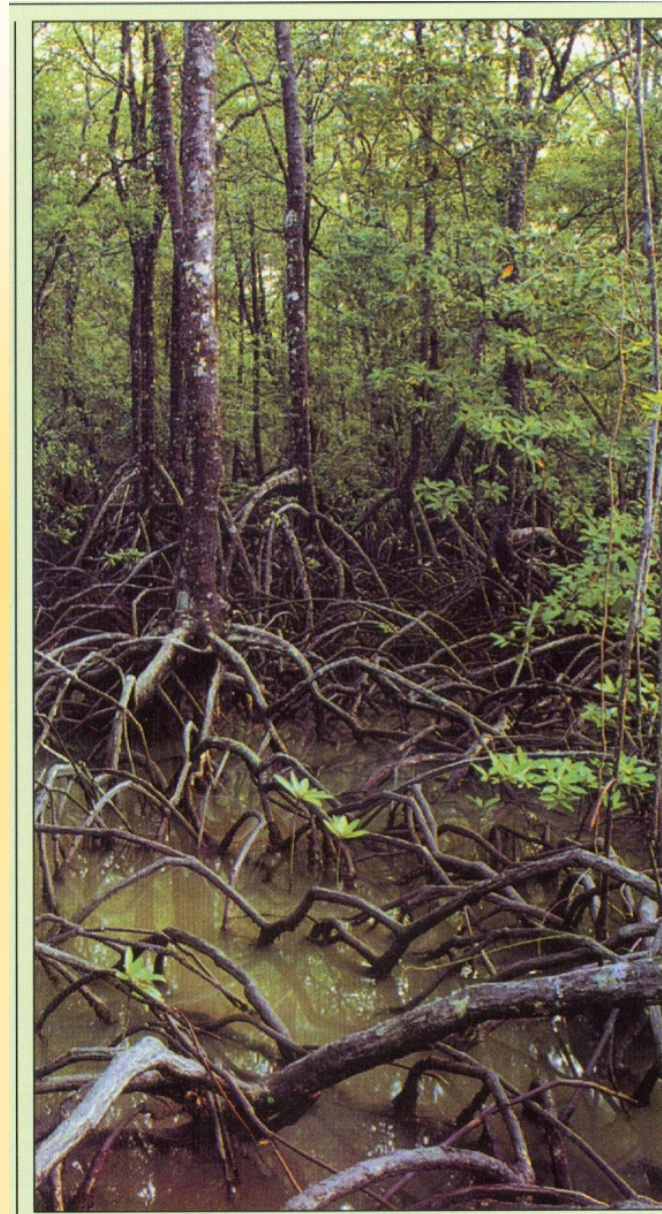


Důležitá funkce – zpevnování pobřeží zachycováním anorganického substrátu ve spleti kořenů, ochrana proti vlnění a vysokým přílivům

Degradace – např. krevetové farmy



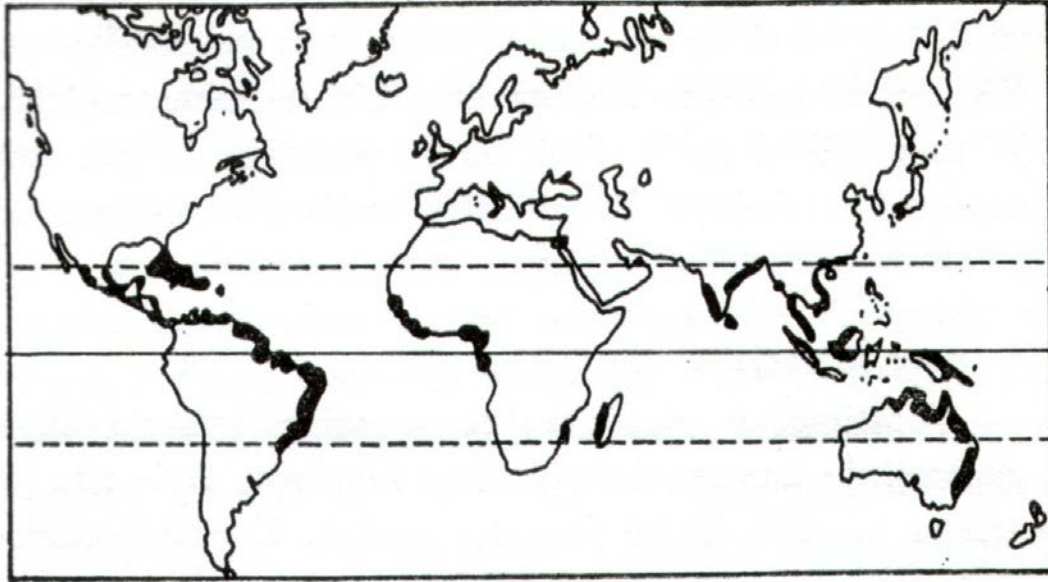
Podpůrné nebo dýchací kořeny - pronikají hluboko do anaerobního substrátu a dostávají tak do oběhu živiny pro ostatní nedostupné.



SOLITERNÍ *RHIZOPHORA MUCRONATA* - ČERNÁ MANGROVE MŮŽE VYRŮST I NA TAKOVÝCH NEOBÝKLÝCH STANOVÍŠTÍCH, MIMO VLASTNÍ MANGROVOVÝ MOČÁL. TYPICKÉ PODPÉRNÉ KOŘENY TVOŘÍ ČASTO NEPRONIKNUTELNOU ZMĚT.



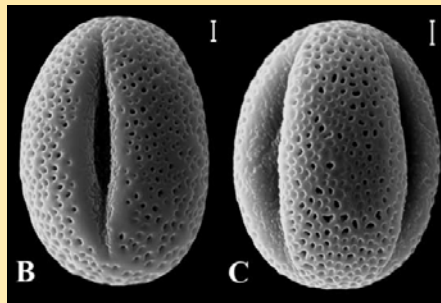
Stenotermní společenstva,
euryhalinní- snášejí zasolení



Rozšíření současných mangrovových houštin téměř nikde nepřesahuje hranice tropů

Poslední mangrovy na evropském kontinentu –
eocén - londýnské jíly, eocén

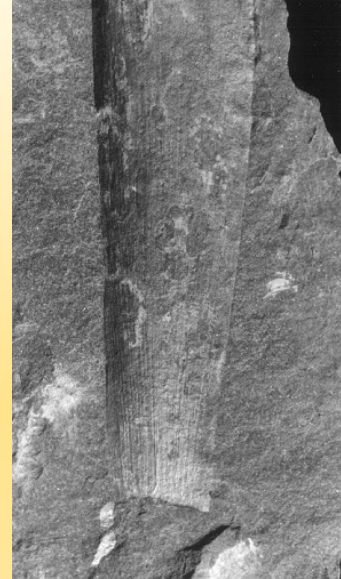
Ojedinelé výskyty mangrovových druhů *Avicenia*
Miocén (karpát) – Korneuburgská pánev, spodní miocén,
Rakousko



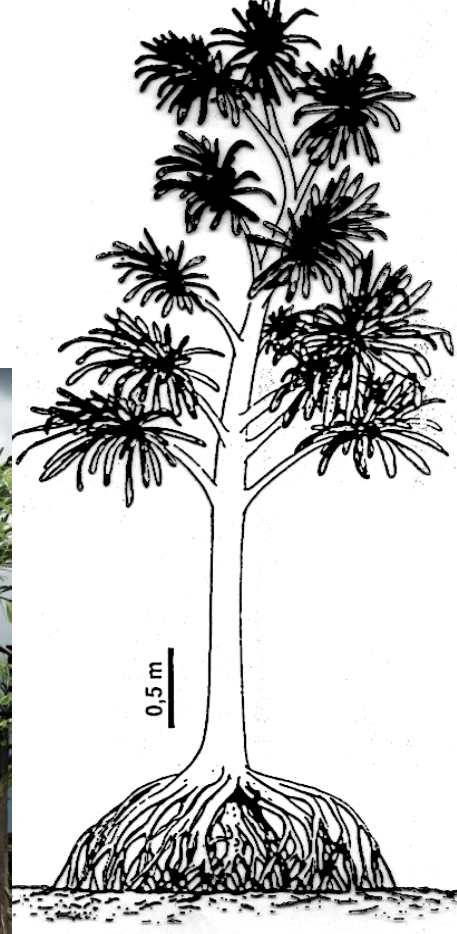
Pylové zrno *Avicenia*
Lomnice

Paralické uhelné pánve v tropických prostředích
(karbon v tropických oblastech
- provincie euroamerická, katasijská) – analogie
mangrovů

Stromovité plavuně,
Cordaity – prvohorní jehličnany



Cordaites principalis



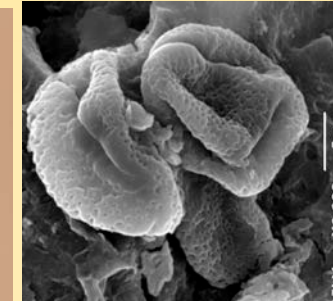
Cordaianthus sp.

Obdoba?

Mastixiová flóra – rod *Mastixia* rozšířen v tropické Asii.
Severočeská pánev, karpatská předhlubeň
Konec spodního miocénu



Pylové zrno *Mastixia*
Lomnice





Ekologická sukcese

Primární - neosídlené stanoviště – postupný vývoj

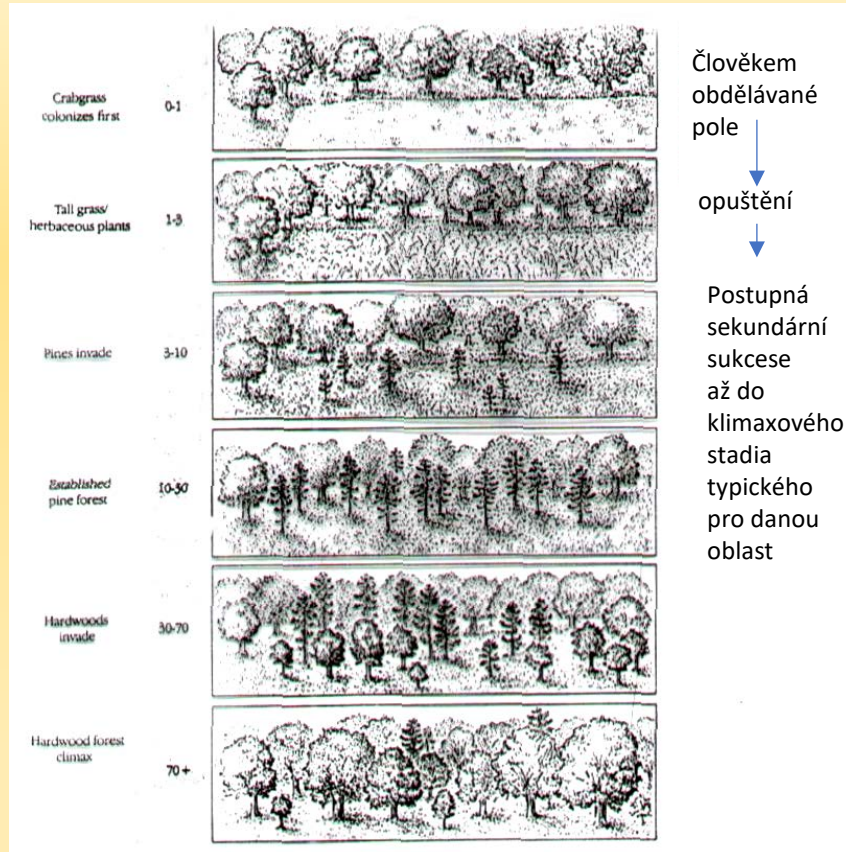
Pionýrská společenstva	X	klimaxová společenstva
nenáročná na org. živiny, málo druhů, obrovské množství jedinců, rychlá výměna při jakékoli změně podmínek)		velké množství druhů, méně jedinců, vzájemně propojené vazby, ustálené k podmínkám prostředí stabilnější

X ekologická katastrofa (např. požár), případně lidský faktor
 - **zmlazení (rejuvenace ekosystému)**

nová tzv. sekundární sukcese



Jezero Altausee, Rakousko



Radovesická výsypka – Mostecká hnědouhelná pánev



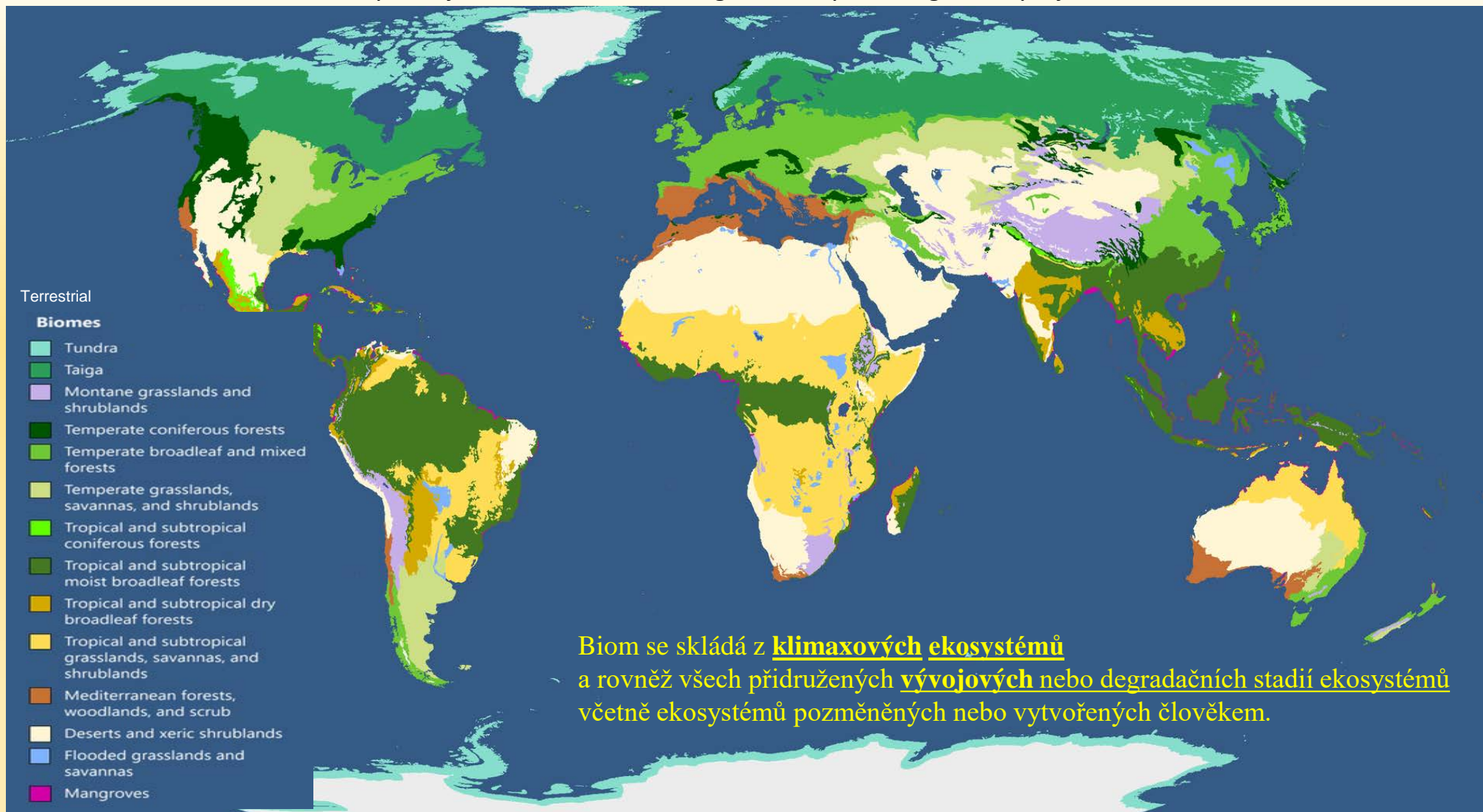
Lom Seč u Rudice (Moravský kras)

Hlavní světové biomy

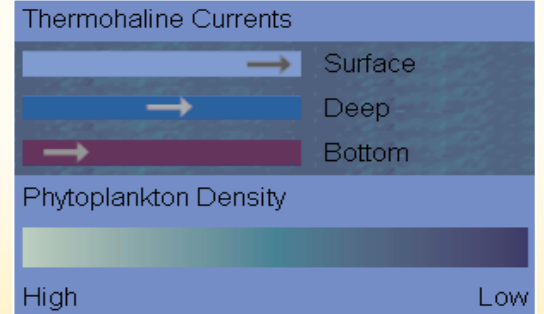
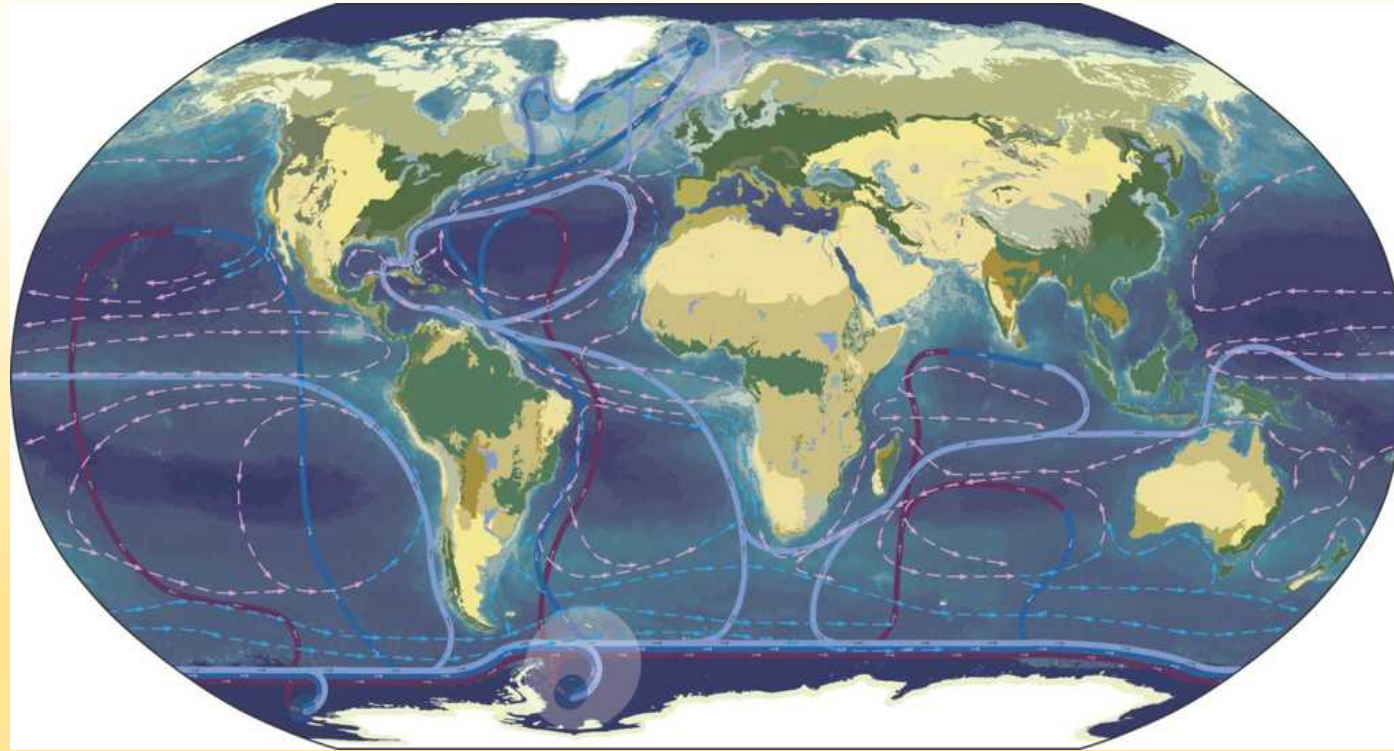
- dílčí oblasti biosféry, charakterizované určitým typem biotických a abiotických podmínek (tj. klimatickými, hydrologickými faktory a půdními a geologickými poměry, které dávají vznik určitým charakteristickým typům rostlinných a živočišných společenstev

Souše není souvislá, což má vliv na provincionalitu

- výraznější než v mořích - analogické formy, konvergentní vývoj



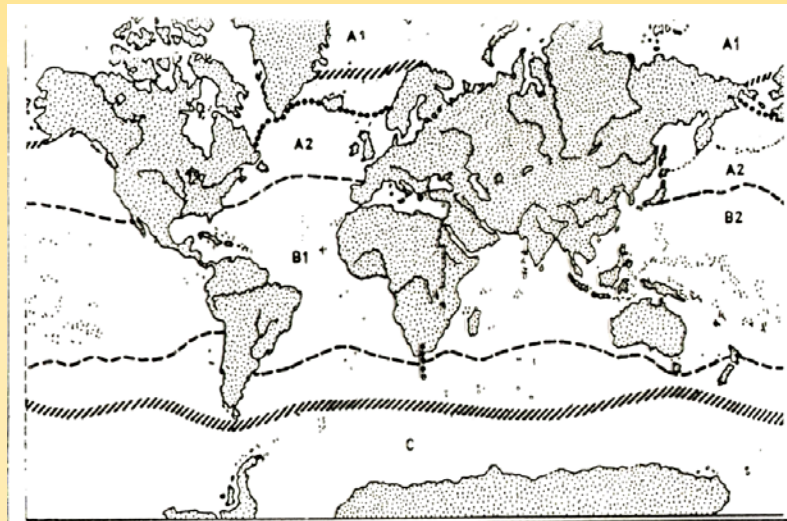
Mořské biomy mají menší počet celků než pevniny – vzájemně propojené



Mořské biomy

- 1. Polární moře
- 2. Šelfy a moře mírného pásma
- 3. Upwelling mírného pásma
- 1. Tropický upwelling
- 2. Tropická korálová moře

pelagický

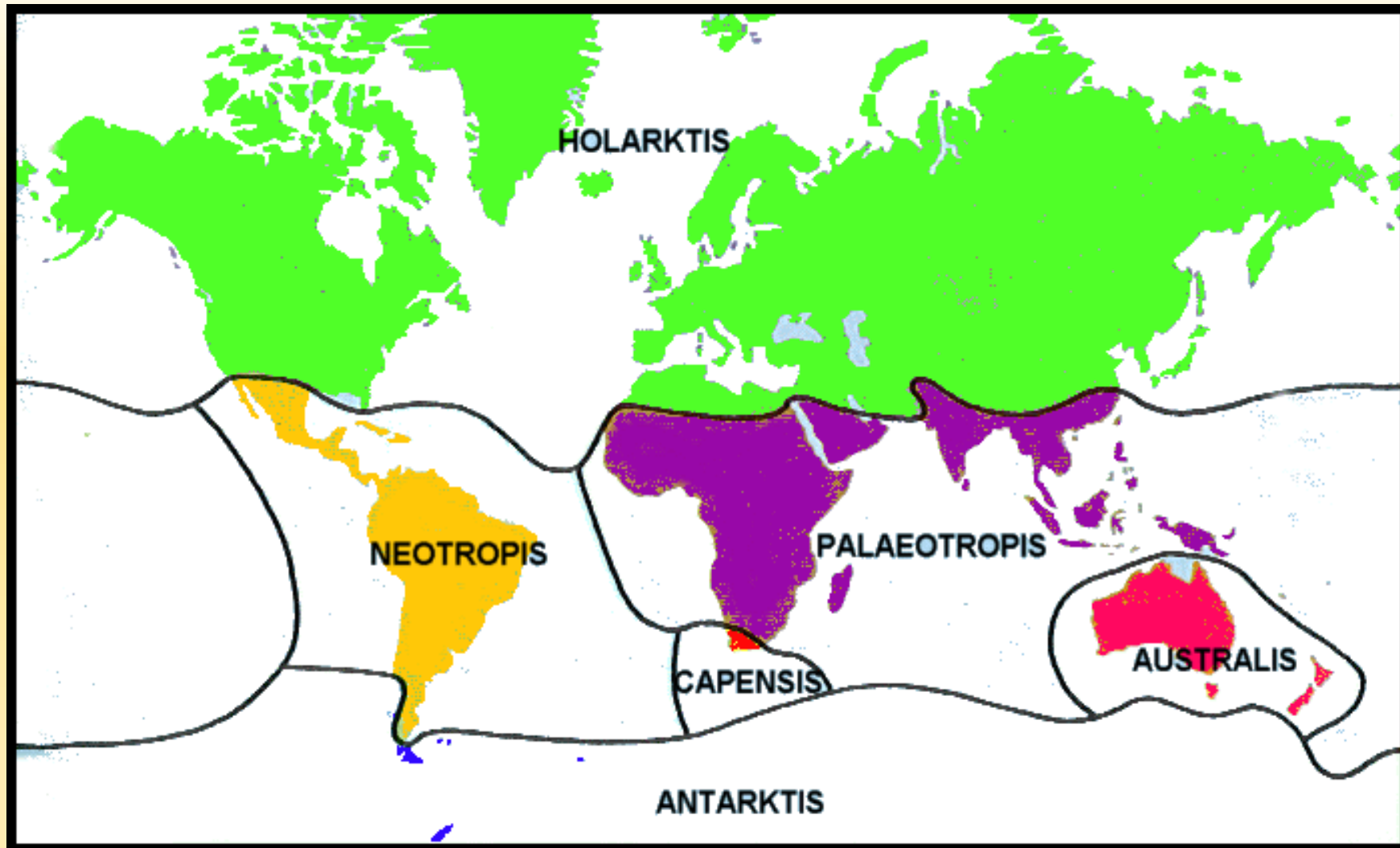


litorální

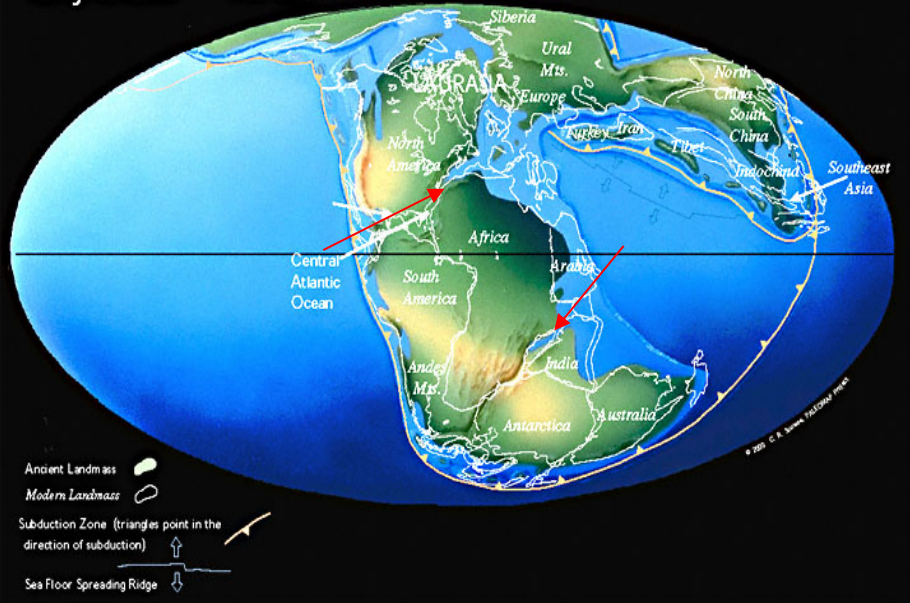


Biogeografické oblasti světa – podle vegetace:

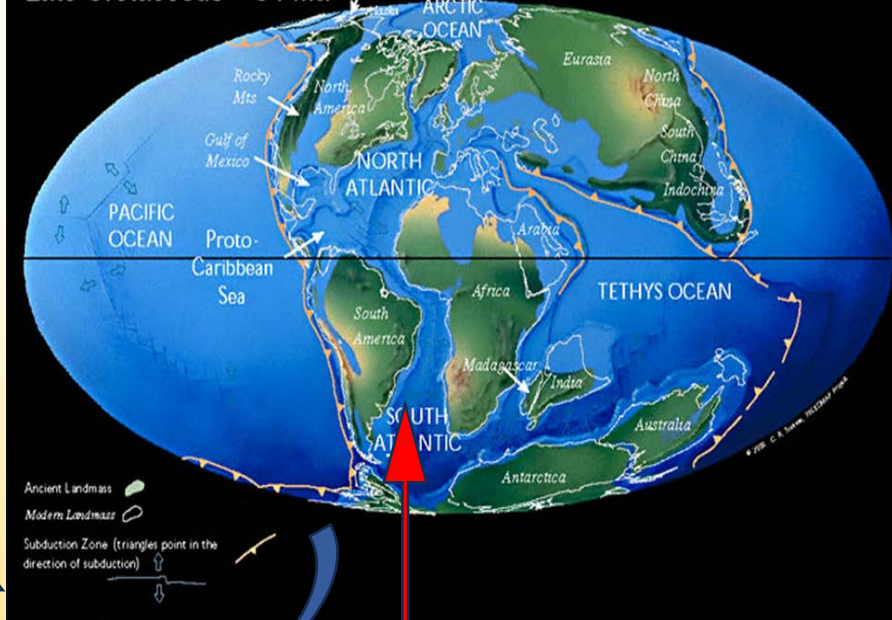
- I. Boreální
- II. Paleotropická – podoblasti: africká, indomalajská, polynéská
- III. Neotropická – jihoamerická, jihoafrická (kapská), australská



Early Jurassic 195 Ma



Late Cretaceous 94 Ma

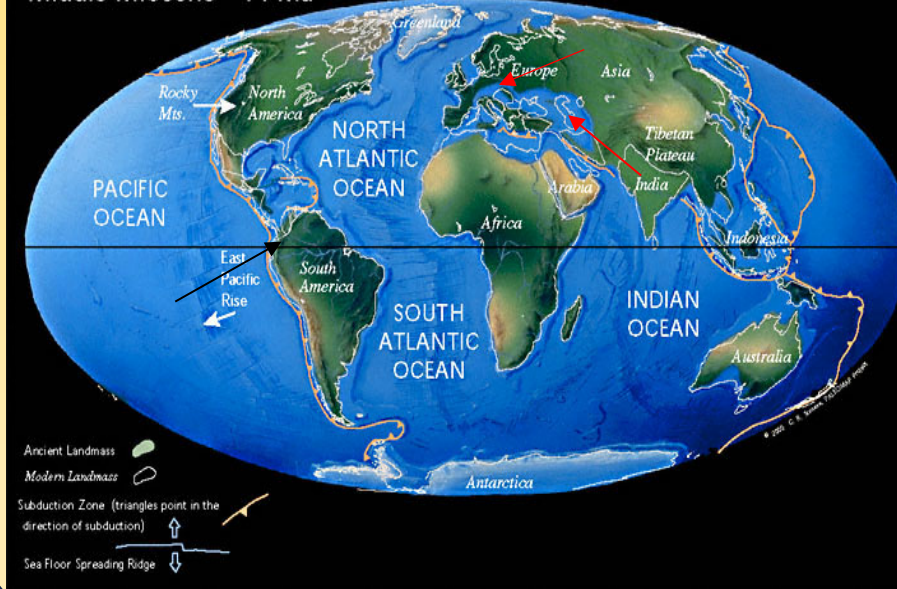


Severní kontinenty blíže- pevninské mosty do Miocénu

Middle Eocene 50.2 Ma



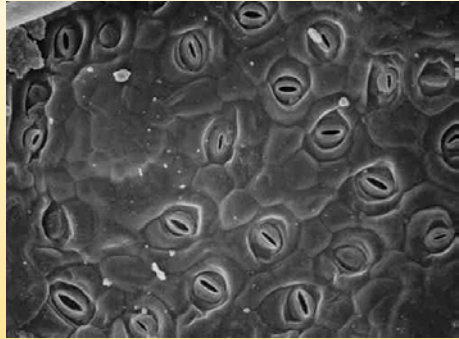
Middle Miocene 14 Ma



Otvírání Atlantiku – vějířovitě směrem od J

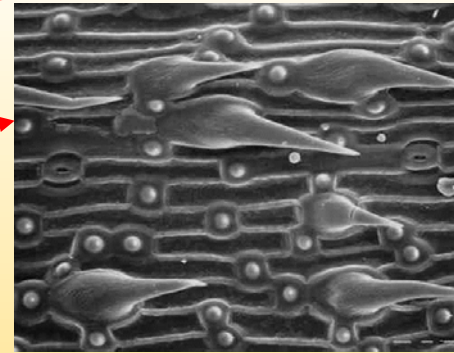
Rekonstrukce klimatu v mladším terciéru a kvartéru podle rostlin a jejich dochovaných částí - hlavní metody založené na aktualismu

funkční adaptace - tvary listů

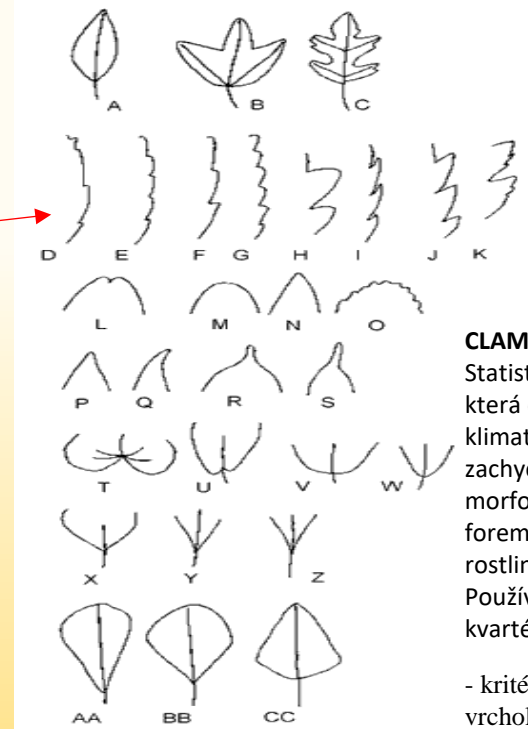


When the weather is warm, a plant may close its stomata to reduce water losses

- forma kutikul, výrůstky
- hustota a umístění průduchů



např. tvar těl – xerofytní modifikace



CLAMP analýza
 Statistická technika, která dekóduje změny klimatu, které jsou zachyceny v listové morfologii stromových forem dvouděložných rostlin
 Používá se pro terciér a kvartér

- kritéria : tvar, okraj, vrchol, velikost, -....

Konvergentní vývoj, analogické formy



Zosterophyllum – lodyha bez průduchů – ponořené ve vodě



- typy kořenů..... mangrovy



Kaktusy - Amerika

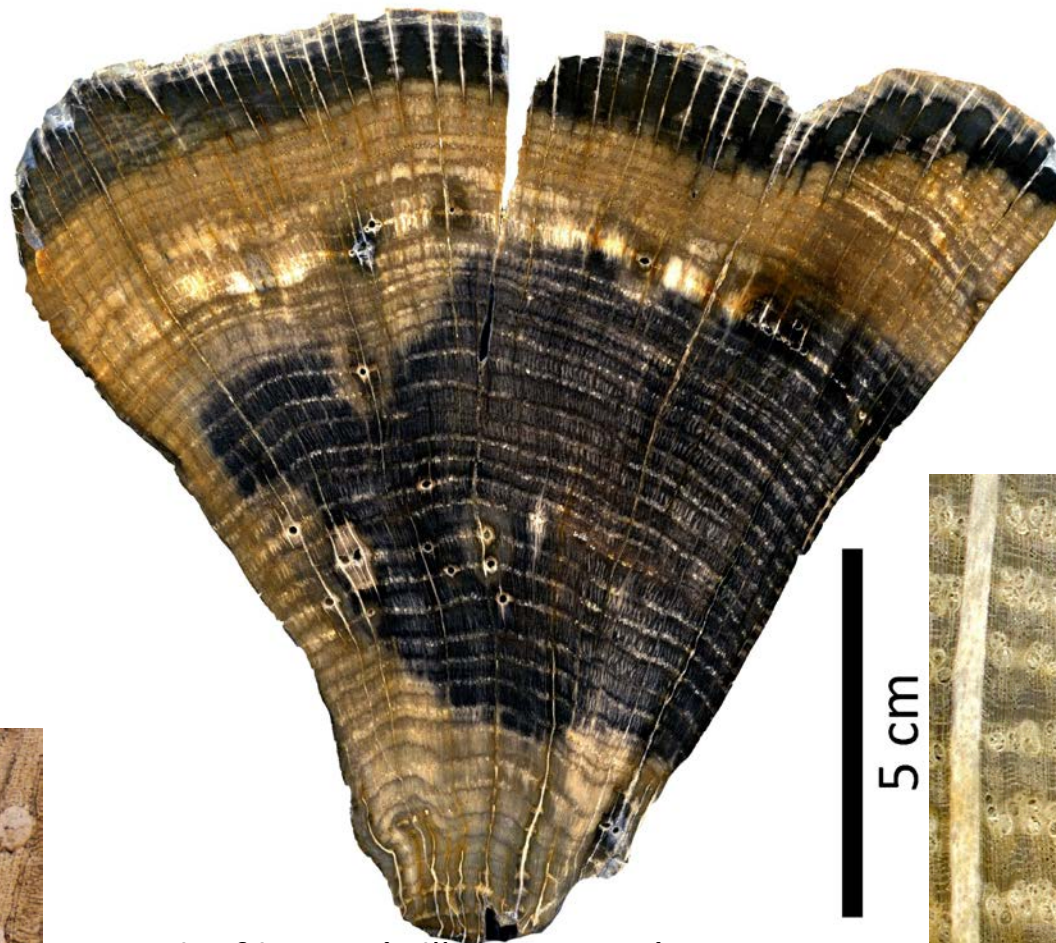
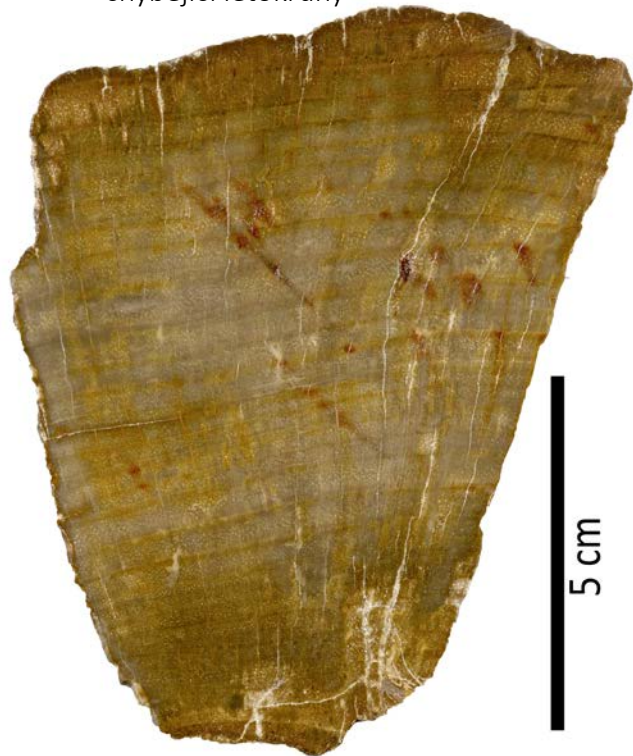


Pryšcovité - Afrika

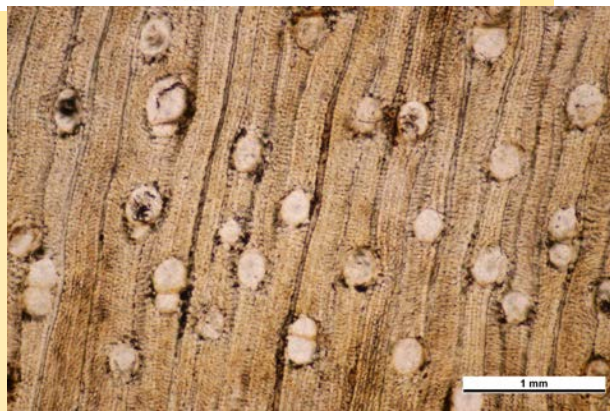
typ dřeva

- sezónnost klimatu – hustota a výraznost letokruhů
- tropické dřeviny letokruhy nemají

Mangiferoxylon?
(Anacardiaceae)
Málo zřetelné nebo
chybějící letokruhy



Quercoxylon
skupina bílých dubů (Fagaceae)



– silicifikovaná dřeva z terciéru



Palynologie

- disciplína studující mikroskopické objekty s tzv. acidorezistentními obaly tzv. palynomorfy:

pylová zrna a spory rostlin, a tzv. nepylové objekty

(např. mořský i sladkovodní fytoplankton, mikroskopické zbytky hub, vajíčka živočišných parazitů, zbytky srsti nebo těl živočichů apod).

velká schopnost zachování (sporopollenin) v **sedimentech terestrických i mořských**,

- morfologická rozmanitost,
- snadný transport (větrem, vodou a živočichy),
- kvantitativní výskyt - velká pylová produkce, příp. vodní květ
- možnost studia v profilech – tzn. časové posloupnosti

- **rekonstrukce vegetačního pokryvu v minulosti a jeho změn**
- **interpretace klimatu**, paleogeografie (např. průběh pobřežní linie, morfologie reliéfu)
- stratigrafie (klimatostratigrafie) – stanovení času

- **interakce lidské činnosti (např. zemědělství) a přírodního prostředí**



Principy determinace:

Velikost: μm

Malvaceae, slézovité, *Lygodium* - cca 120 - 200 μm

× *Fagaceae*, bukovité 10 μm



Tvar:

× přizpůsobený k opylení nebo prostředí
vzdušné vaky u větrosnubných

ostnité výběžky
u hmyzosnubných



trámcovitá struktura
- změny vlhkosti



Skulptura povrchu zrna



Morfologie klíčního aparátu

Póry:



Kolpy:



Vzájemné kombinace

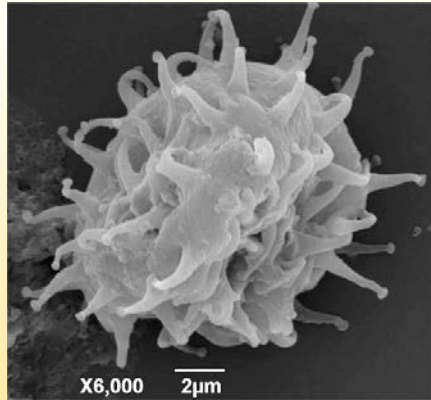


NPO - nepylové objekty – vhodné k paleoekologickým interpretacím

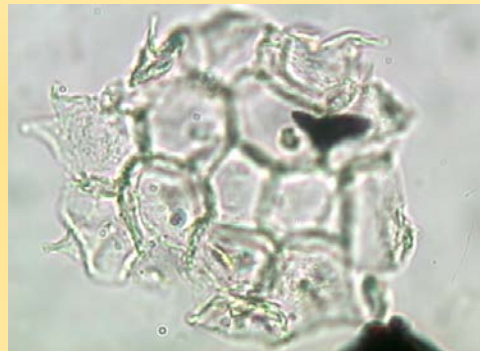
cysty nebo cenobia řas (mořské, sladkovodní, půdní – chladnomilné x teplomilné, oligotrofní x eutrofní),
mikroskopické zbytky hub (např. dřevokazné, mykorrhizní, koprofilní),
vejčka živočichů (např. parazitů, zbytky srsti, těl hmyzu apod.).



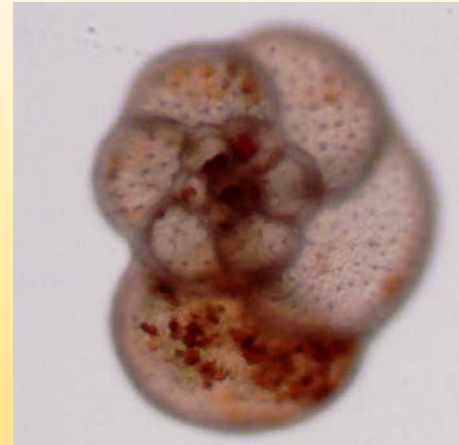
mořská Dinoflagellata



Mořské x sladkovodní x terestrické
Stupeň, případně délka transportu



Pediastrum kawrayskyi



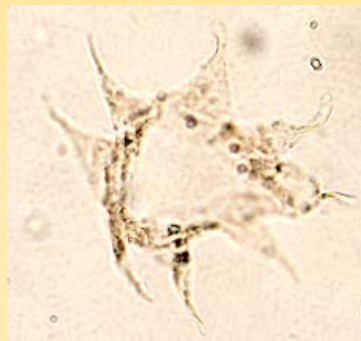
tapetum foraminifery



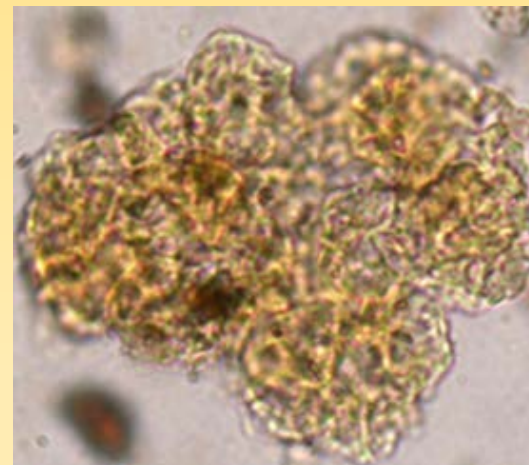
Pterospermella



Glochidia – sladkovodní kapradiny *Azolla*.



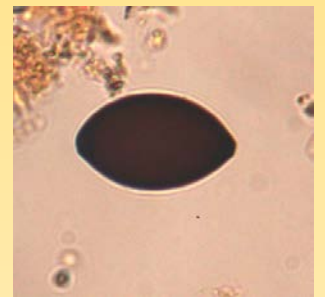
Pediastrum simplex



Botryococcus



Zopfia rhizophila? -
Spora houby rostoucí na
rozkládajícím se dřevu



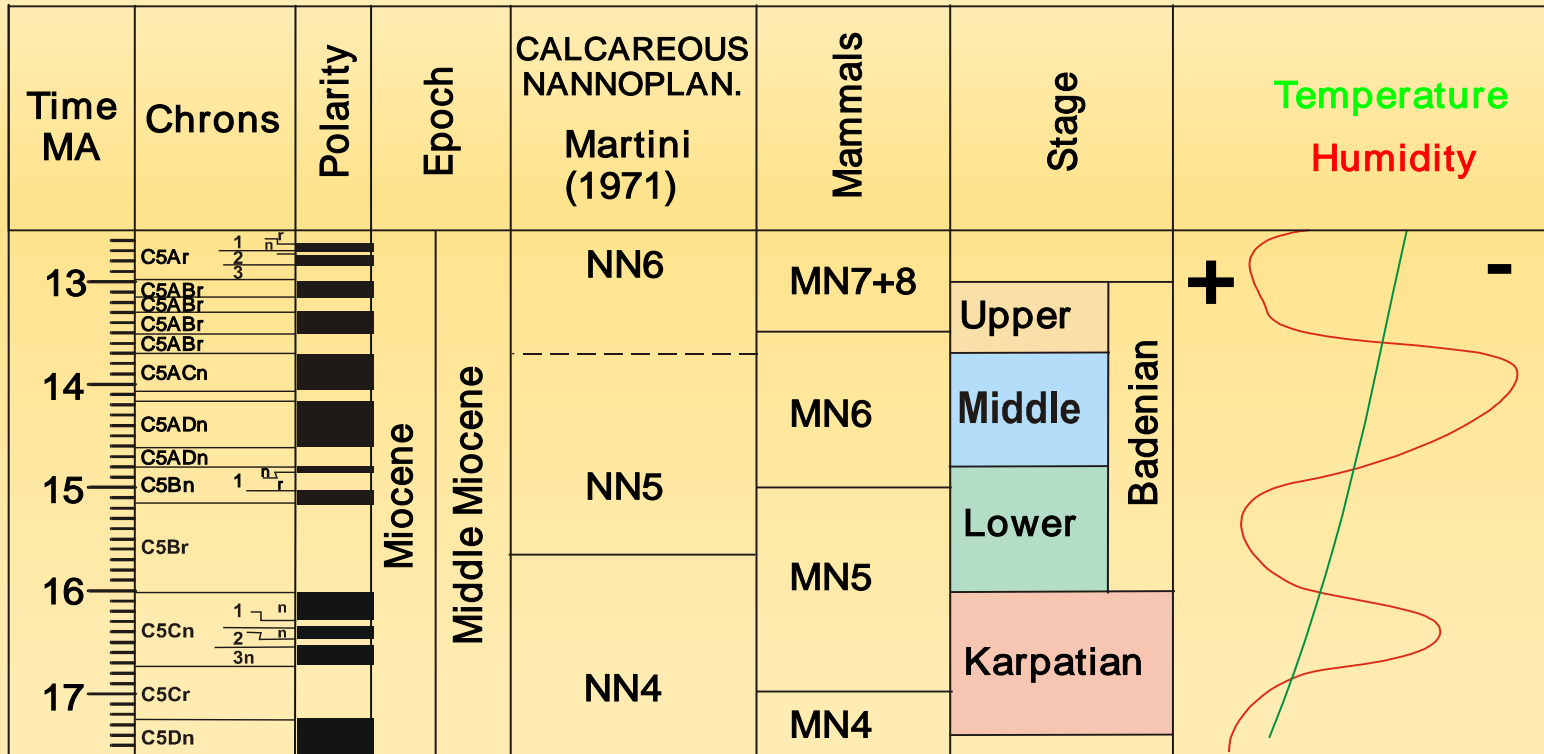
Sordaria- type
koprofilní houba
- trus býložravců
v boreálním klimatu

Koexistenční analýza (CA Mosbrugger a kol.)

Rekonstrukce klimatických podmínek tercierní vegetace - některé taxony vymřelé

- vypracované pro rostlinné typy nejbližších žijících příbuzných -
- statistické zpracování komplexu faktorů, a ekologických limit za kterých mohou určité taxony existovat současně v jenom prostoru

Zahrnuje – průměrnou roční teplotu **MAT**, průměrné roční srážky **MAP**
 teplotu nejméně chladného **CMT** a nejteplejšího měsíce **WMT**
 a srážky v těchto měsících **CMP**, **WMP** rovněž v nejvlhčím a nejsušším měsíci **WetMP**, **DMP**
 Nově přidány hodnoty rozsah teplot a rozsah srážek, které vyjadřují míru kontinentality



**CA analyses from pollenspectrum
Karpatian age**

MAT - mean annual temperature:
17,2 - 21,7°C, *Reevesia* sp, *Picea* sp.

CMT - temperature of the coldest month:
7,7 - 13,6°C

WMT - temperature of the warmest month
24,7 - 28,1°C

MAP - mean annual precipitation:
1194,0 - 1520,0mm

WetMP - precipitation of the wettest month:
204,0 - 245,0mm

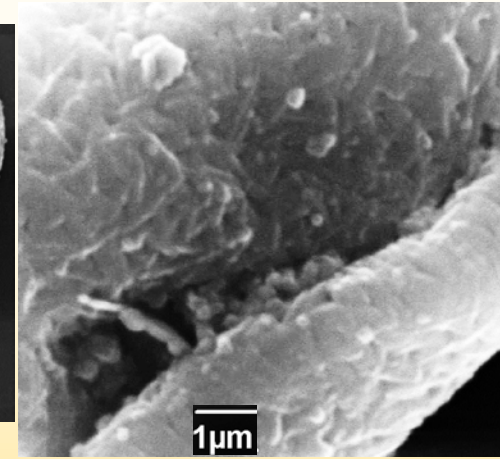
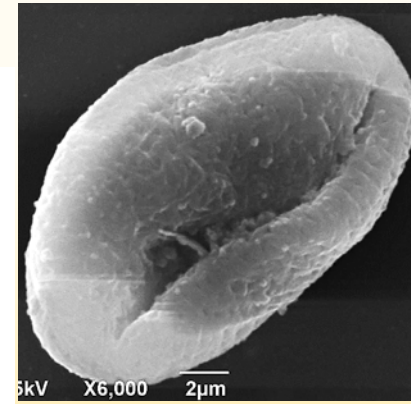
DMP - precipitation of the driest month:
21,0 - 24,0mm

WMP - precipitation of the warmest month:
118,0 - 172,0

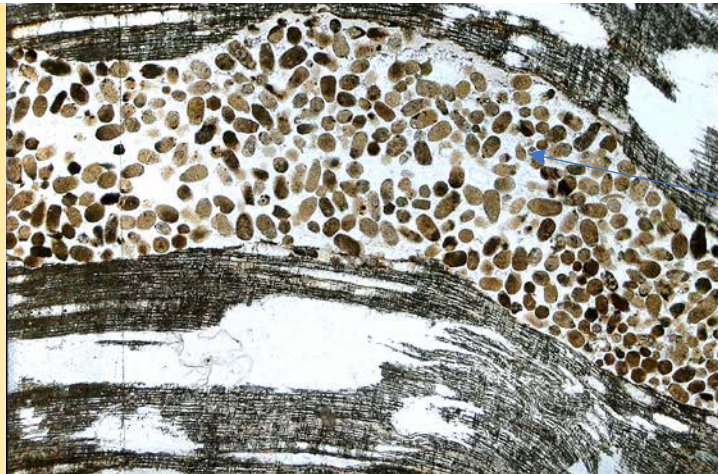
Lithocarpoxylon
skupina červených dubů (Fagaceae)



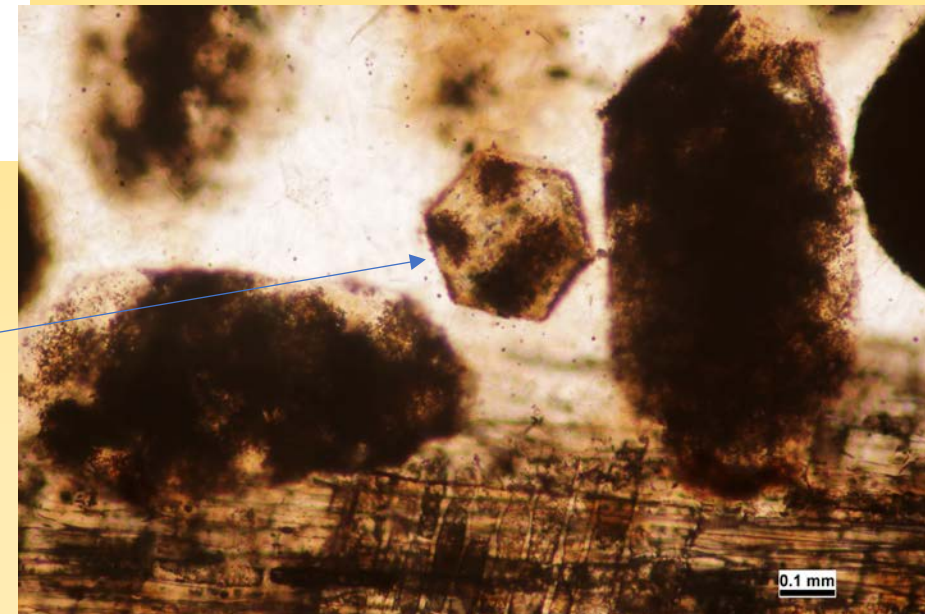
Lomnice - vrt



5 cm



Fosilizované (prokřemenělé)
koprolyty (výměšky) termitů
-Velmi teplé - max. subtropické podnebí



Makrozbytková analýza

Semena a plody, otisky listů, ale i jehličí, pupeny, plevy obilnin, zbytky slámy
- přesnější systematické určení než pylová zrna

Poznatky k:

- nejbližší okolí lokality - tj. pole, louky, rumiště, podmáčená stanoviště, lesy,
- křovinaté formace apod.
- hlavní užitkové rostliny (obilniny, luštěniny, ovoce, zelenina, koření, technické plodiny
- procesy domestikace hlavních druhů obilnin a luštěnin v průběhu pravěku.

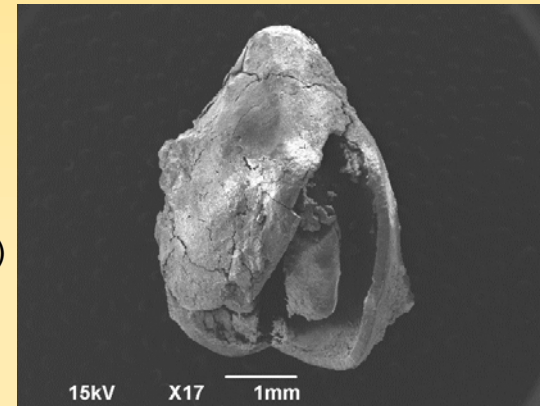
studovaný objekt – semeno, plod 0,02 mm – 20 cm
stereomikroskop - zvětšení 5 – 60 x



Ječmen obecný – šestiřadý (*Hordeum vulgare* var. *hexastichon*)
Obilky ječmene z raně středověkého sídliště ve Staticích
Rekonstrukce polohy obilek v klásku – středová souměrná obilka a
„deformované“ obilky krajní.
(foto V. Komárková)



Len setý
(*Linum usitatissimum*)
Ústí na Labem
středověká studna



Réva vinná
(*Vitis sativa*)
Pohansko
- Nejstarší zrno kulturní vinné révy v ČR

Fytolitová analýza

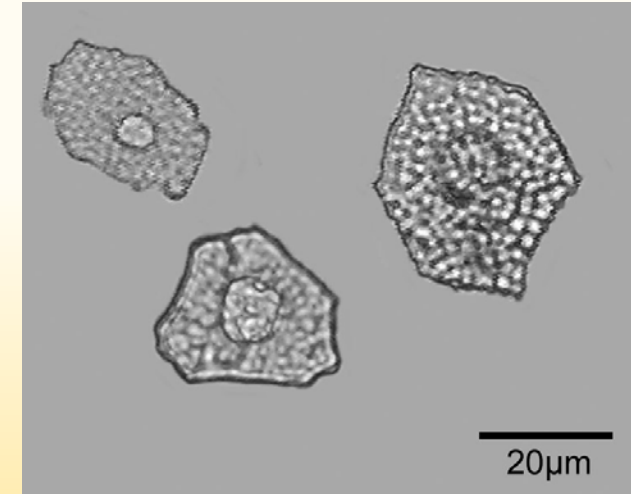
Fytolity - mikroskopické minerální útvary, které se vytvářejí v některých pletivech rostlin. Nejčastěji se jedná o inkrustace vznikající vně nebo uvnitř buněk

Chemické složení:

oxid křemičitý – **Poaceae** – dají se rozlišit rody obilnin, *Cyperaceae*, *Equisetaceae*, *Boraginaceae*
šřavelan vápenatý - *Urticaceae*,
uhličitan vápenatý- *Fabaceae*

Po dekompozici nebo spálení rostlinného materiálu zůstávají (hlavně silikátové) v prakticky nezměněné podobě a dlouhodobě přetrvávají v půdě, sedimentech a dalších médiích.

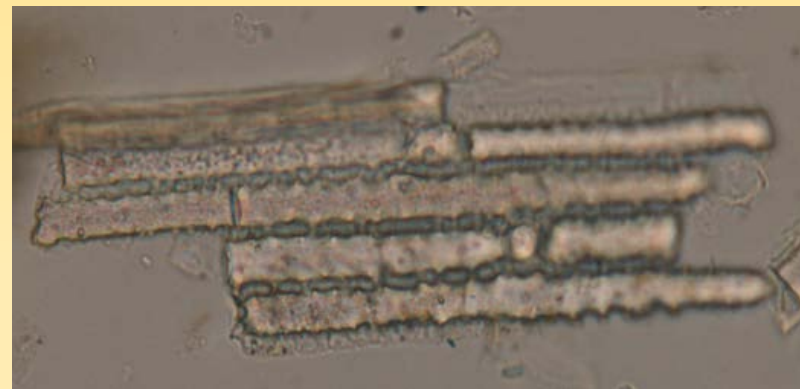
Využití v archeologii a paleoekologii:
vysoká odolnost + dlouhodobě přetrvávají v půdě,
Vhodné pro rozlišení travin a obilovin



čeleď lipnicovité



Coprolit C1 – *Rhinoceros* – srstnatý nosorožec (pleistocén, Jakutsko)



grass epidermis

Vznik travinných biomů

Travné oblasti – méně srážek než pro les, ale více než v pro poušť – většinou sezónní klima – suché x vlhké období

- Půdy tvořící se pod travinami - mělké a suché pro růst stromů.

Travnaté oblasti dohromady pokrývají 26-43 % rozlohy zemské souše.

S výjimkou polárních oblastí patří k nejrozšířenějším ekoregionům všech kontinentů a k plošně největším biomům světa.

Travnaté planiny vážou enormní množství terestriálního uhlíku (34 %), který ukládají do svého kořenového systému a do půdy.

V případě požárů plameny likvidují jen nadzemní části travin, (ne kořeny se zásobou uhlíku) čímž stimulují růst v následující sezóně a tím i další ukládání uhlíku – vznik černozemí

- fungující a změnám klimatu mnohem odolnější ekosystém

Trávy krytosemenné, jednoděložné rostliny – kdy vznikly?

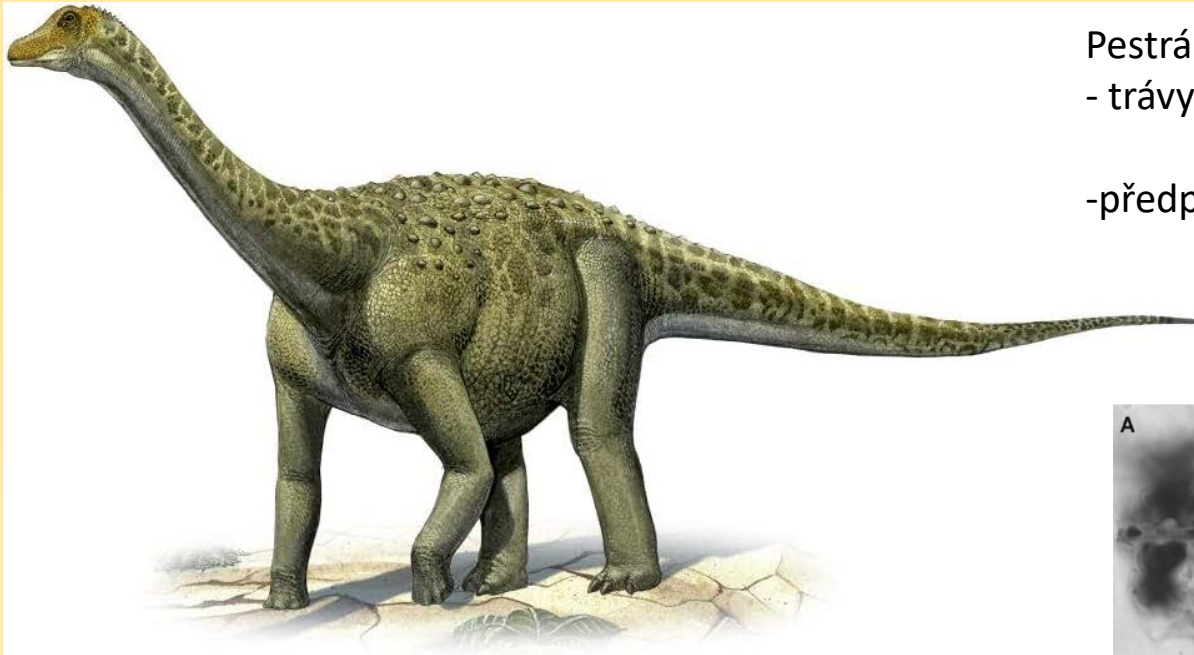
- Trávy tvoří 70% z pěstovaných plodin (obilí, rýže, cukrová třtina, bambus)



Do nedávna: Nejstaršími náznaky existence trav byla fosilní pylová z přelomu druhohor a třetihor, stará 60-70 milionů let. Bouřlivý rozvoj před 16 miliony let – patrně důsledek souběžné evoluce s pasoucími se býložravými savci.

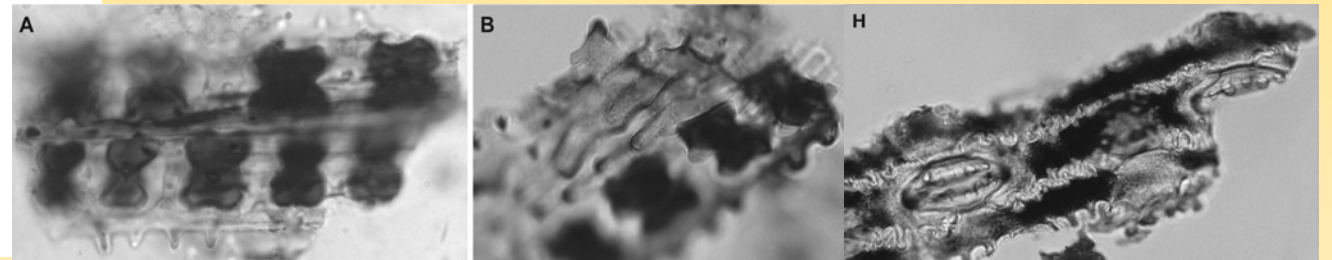
„Molekulární hodiny“, založené na četnosti výskytu mutací DNA datují první velká rozrůznění trav až do doby před 83 miliony let. Zřejmě k tomu došlo v Jižní Americe, která tehdy součástí superkontinentu Gondwana.

V koprolitech datovaných **do svrchní křídy - 70 milionů let z Indie**, které podle spojení s kosterními fosiliemi patřily Titanosaurům (Caroline Strömberg a Vandana Prasad) byly zjištěny **fytolity** dvouděložných rostlin, jehličnanů, ale i **nejméně pěti typů trav**.



Pestrá směs fytoolitů – titanosauři, hlavní býložravci **gondwanských kontinentů** - trávy nebyly dominantní složkou jejich potravy.

-předpoklad – trávy se vyvinuly na Gondwaně



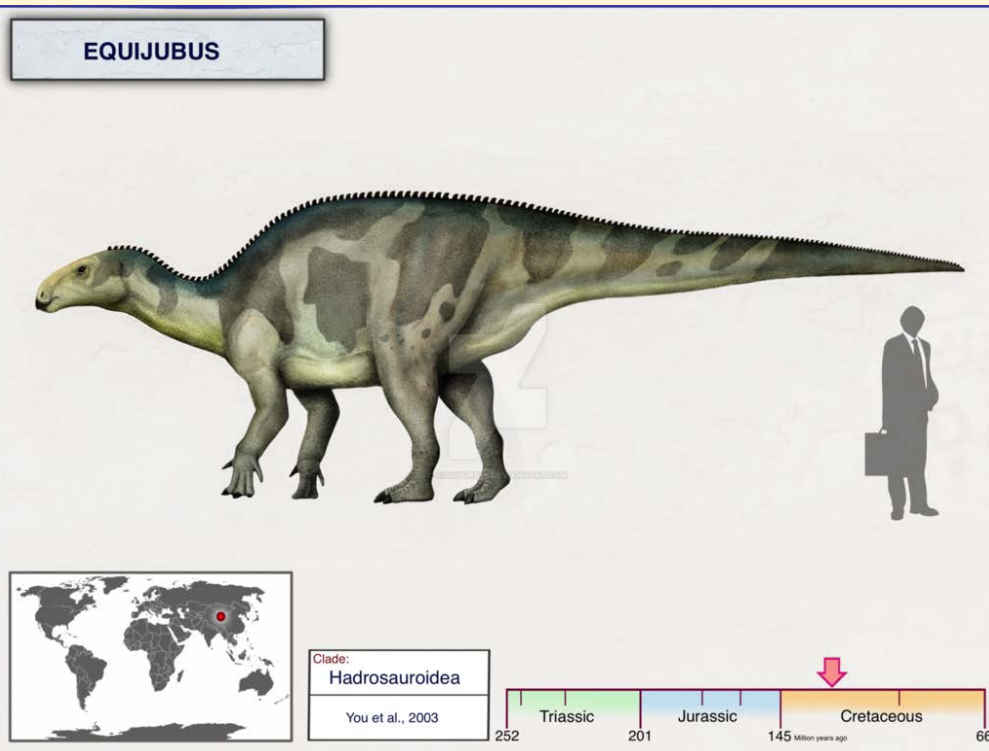
Fytolity příbuzné moderní rýži (A,B) a bambusu (H)

Bazální zbytky trav byly nalezeny dokonce z okraje dentinu zubů nejstarších hadrosauridů (kachnozubých dinosaurů) z Číny (late Early Cretaceous (Albian, 113-101 Ma) - silicifikované zbytky rostlinné epidermis + fytolity

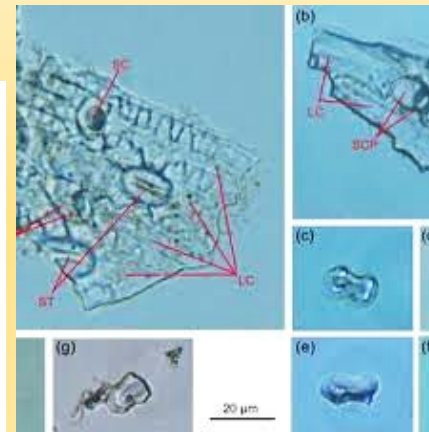
Tato studie prokázala starší původ trav a její širší distribuci přes Laurasijské i Gondwanské kontinenty



Basal hadrosauroid *Equijubus normani*. Cranium in right lateral view.



Mezozoikum				
Útvar	Oddělení	Stupeň	Věk v milionech let	
křída	svrchní	maastricht	65	
		campan		
		santon		
		coniak		
		turon		
	spodní	cenoman	135	
		alb		
		apt		
		barem		
		hauteriv		
jura	malm	tithon	210	
		kimmeridž		
	dogger	oxford		
		kelloway		
		bath		
	lias	bajok		245
		aalen		
		toark		
		pliensbach		
		sinemur		
trias	svrchní	hettang	245	
		rhaet		
		nor		
	střední	karn		
		ladin		
		anis		
spodní	verfen			

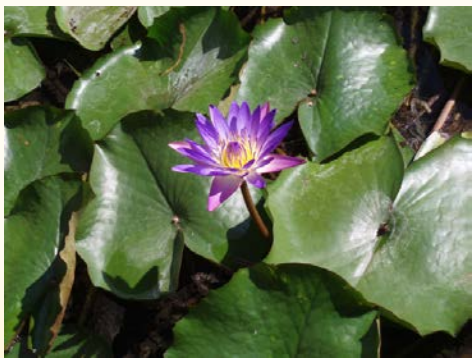


Silicified epidermal pieces and phytoliths extracted from the special structure of the Early Cretaceous (Albian) (a, b) Silicified epidermal pieces. (c-h) Three slightly bilobate phytoliths with (c-f) representing one phytolith in four different views. LC, long cell; SC, short cell; SCP, short-cell pair; ST, stoma.

Výzkumy prokázaly traviny jako zdroj potravy u hadrosaurů v albu (konec spodní křídly)

- Palynologická evidence krytosemenných rostlin v horninách, kde zvíře objeveno prokázala obsah krytosemenných rostlin
- **4% ve spektru** všech zjištěných palynomorf
- Na koci křídly potom 95% ve společenstvech

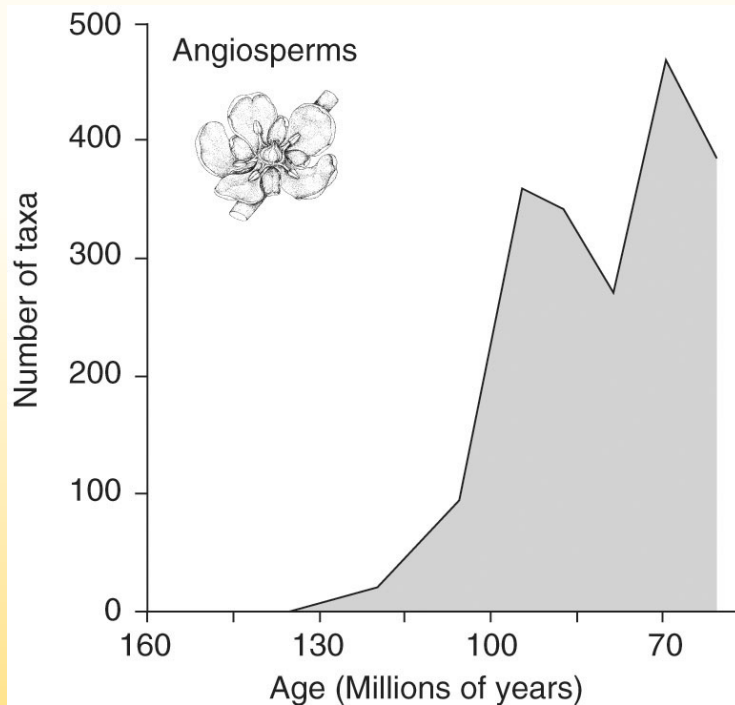




Nymphaeaceae - leknínovité



Magnolia



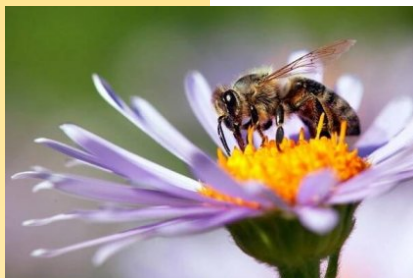
Mauldinia bohémica Eklund et J. Kvaček



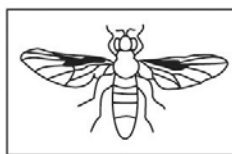
Vanilla planifolia – Vanilka pravá



Diverzifikace hmyzu v souvislosti s rozrůzněním krytosemenných rostlin



Coleoptera



Diptera



Lepidoptera



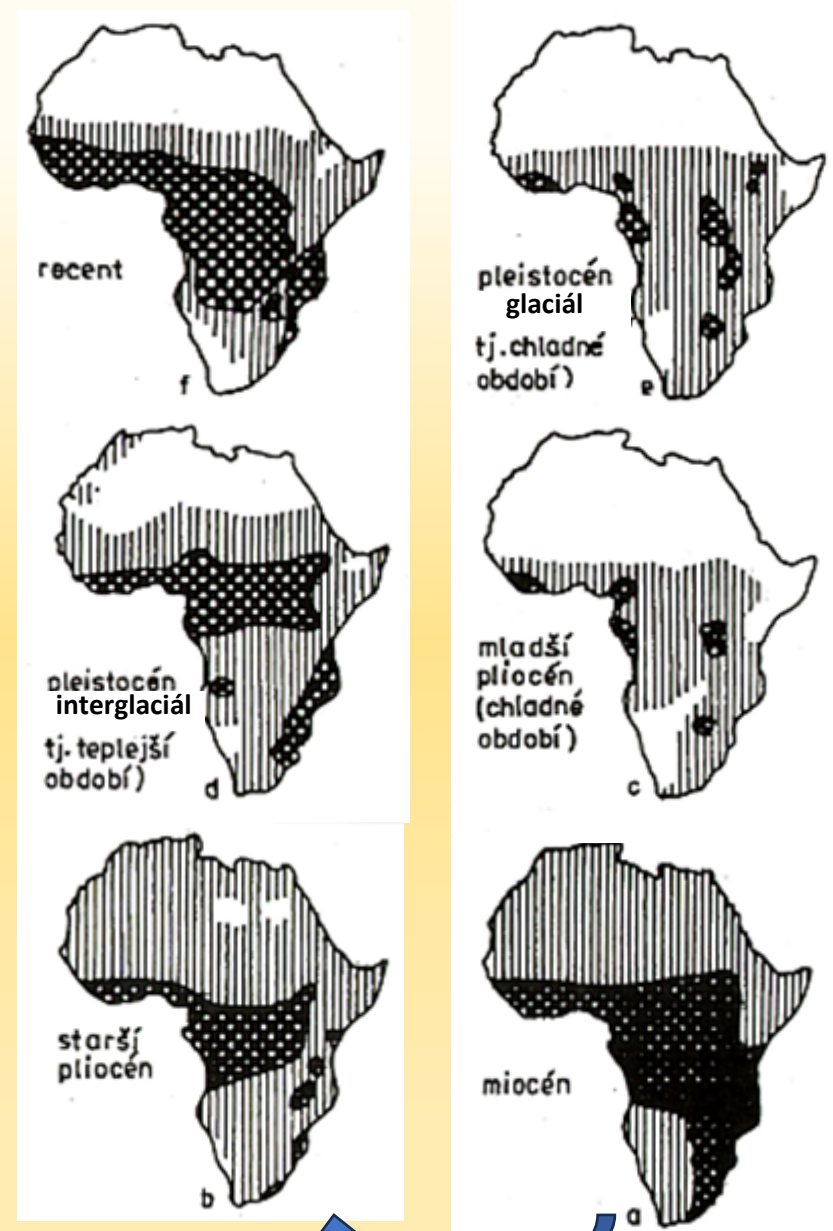
Hymenoptera



Appearance of Angiosperms

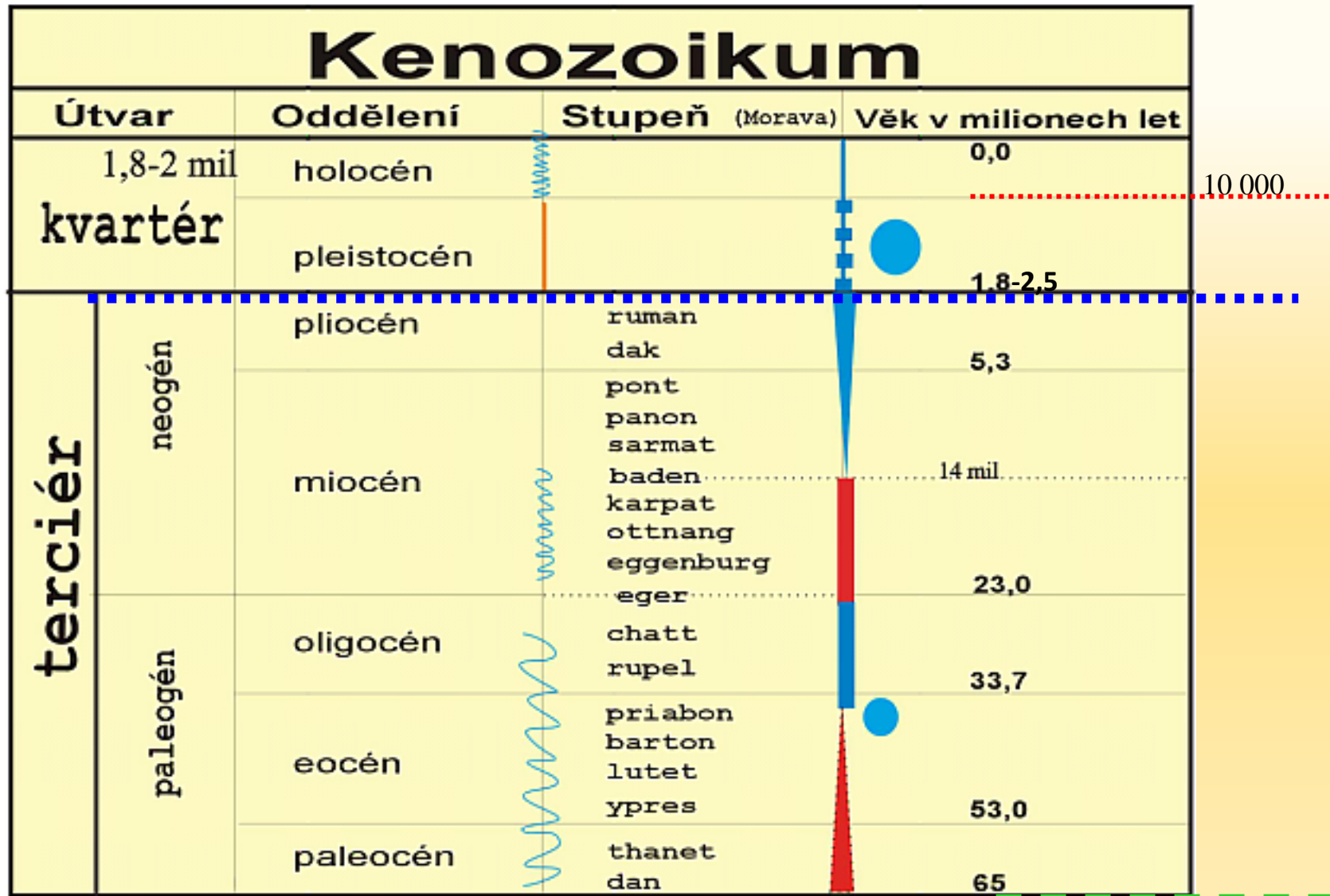


Rozšíření deštného pralesa, savan a pouští
v různých obdobích neogénu a kvartéru v Africe.



1. tropické deštné a vlhké lesy
2. savana
3. step a poušť

Podle různých autorů z S. Louwa 1986 upraveno



vymírání – plazi, ammoniti

Fanerozoikum:
intenzita vulkanizmu
a kolísání:

- teplot,
- mořské hladiny,
- O₂ a CO₂

