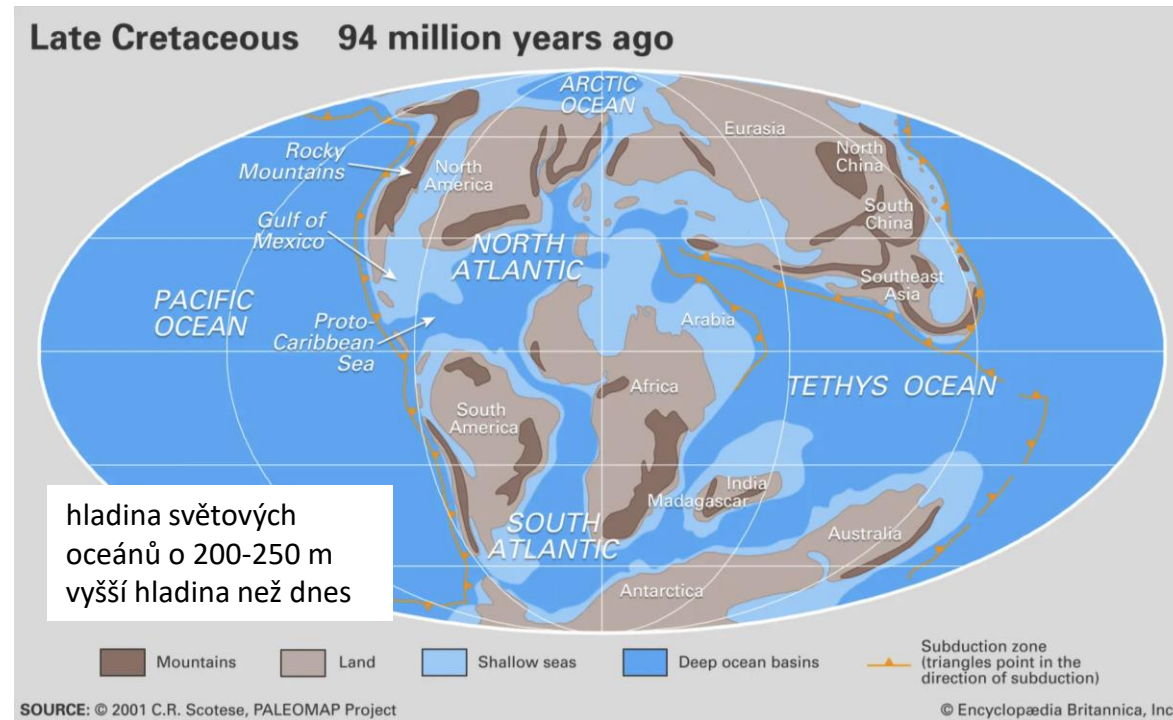


Svět pod vládou dinosaurů – „Jurský park“ a „Křídový park“

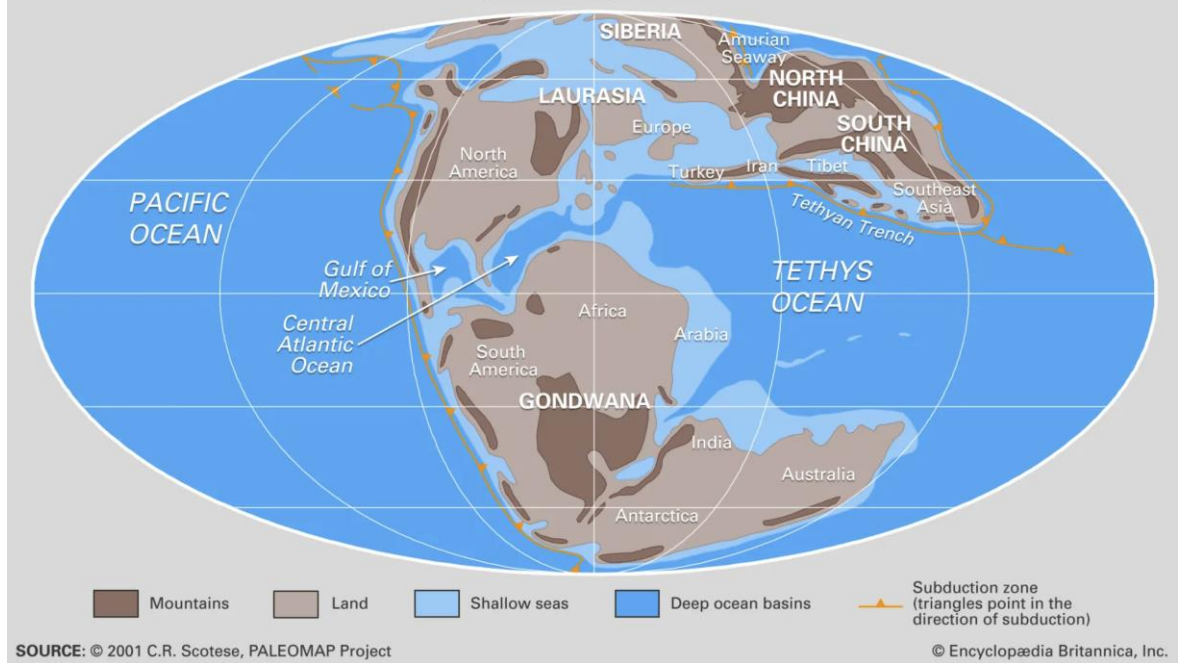
Paleogeografický vývoj v juře (201,4–145 Ma) a křídě (145–66 Ma)

Hlavní události v období jury

- tropický oceán Tethys se rozevírá k západu
- **vznik Atlantiku** - propojení oceánu Tethys a Pacifiku, **Laurasie oddělena od Gondwany**
- **vznik Mexického zálivu**, pokračuje rozpad Gondwany
- **aktivizace riftových systémů** nástup alpínské orogeneze



Late Jurassic 152 million years ago



V pozdní juře byl Atlantik teprve úzkým oceánem oddávajícím Afriku od Severní Ameriky. Východní část Gondwany se oddělovala od západní části.

Hlavní události v období křídě

- otevření Severního ledového oceánu a **Indického oceánu**
- blok **Antarktida, Indie a Austrálie se separovala od Afriky**
- **otevření jižního Atlantiku**, Indie oddělena od Madagaskaru
- **počátek orogeneze alpínské v oblasti Tethys** a andské v oblasti styku pacifických a amerických desek.

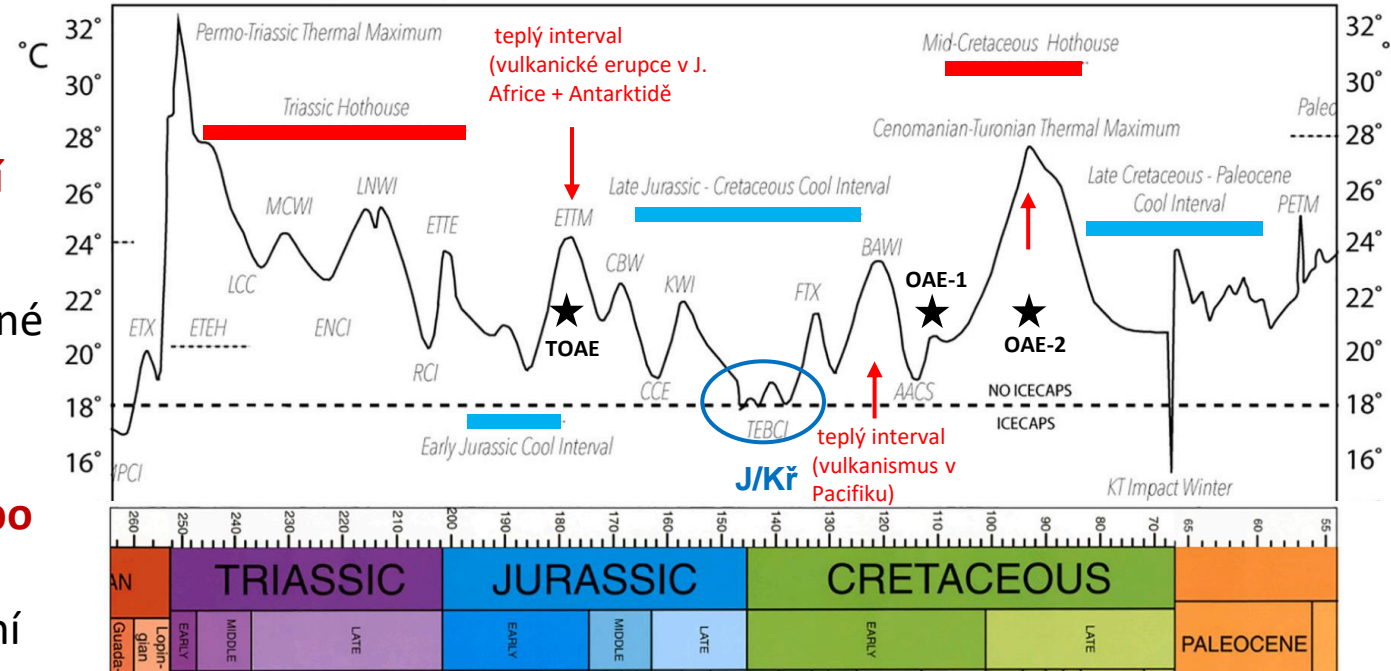
Na konci křídě již by severní Atlantik široký, jižní Amerika oddělena od Afriky, Severní Amerika ± spojena s Eurasií, Austrálie s Antarktidou. Indie putovala k severu

Klimatický vývoj v juře a křídě

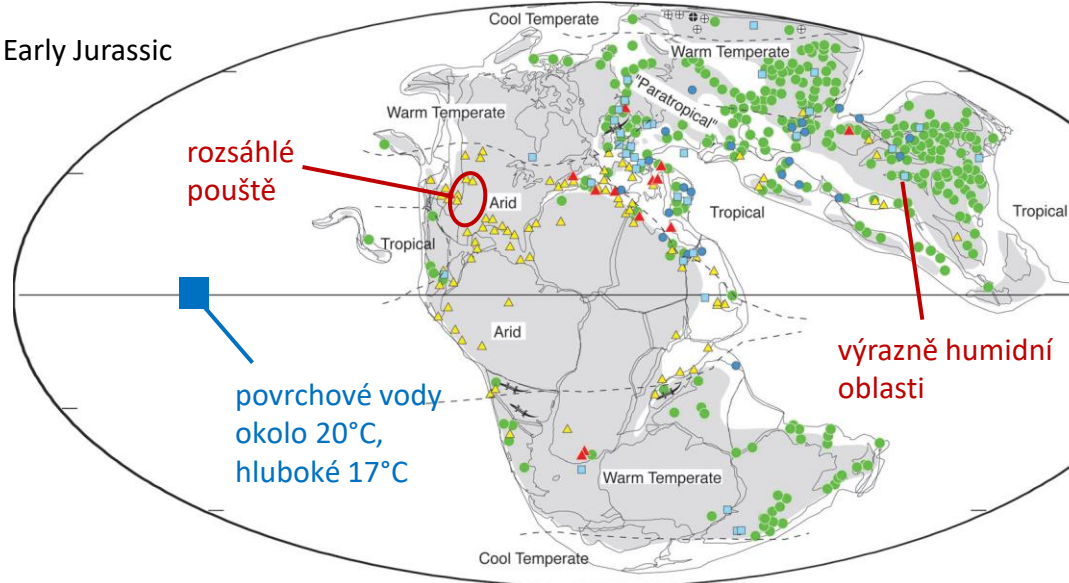
- jura + křída - **teplé intervaly vlivem intenzivní vulkanické činnosti**, úbytek O₂ v mořské vodě => **anoxické události, ukládání černých břidlic, vymírání bentických společenstev**
- **jura - teplejší než dnes, absence zalednění**, teplomilné cykasy až k 60°N, **teplomilná flóra** též v **Gondwaně** a oblasti dnešní **Sibiře**
- **křída – teplá a vlhká, tropické až subtropické klima po 45° N**, ale např. cykasy až 70° N; **nejtepleji počátkem pozdní křídě** (cenoman–turon), poté prudké ochlazení

Global Average Temperature

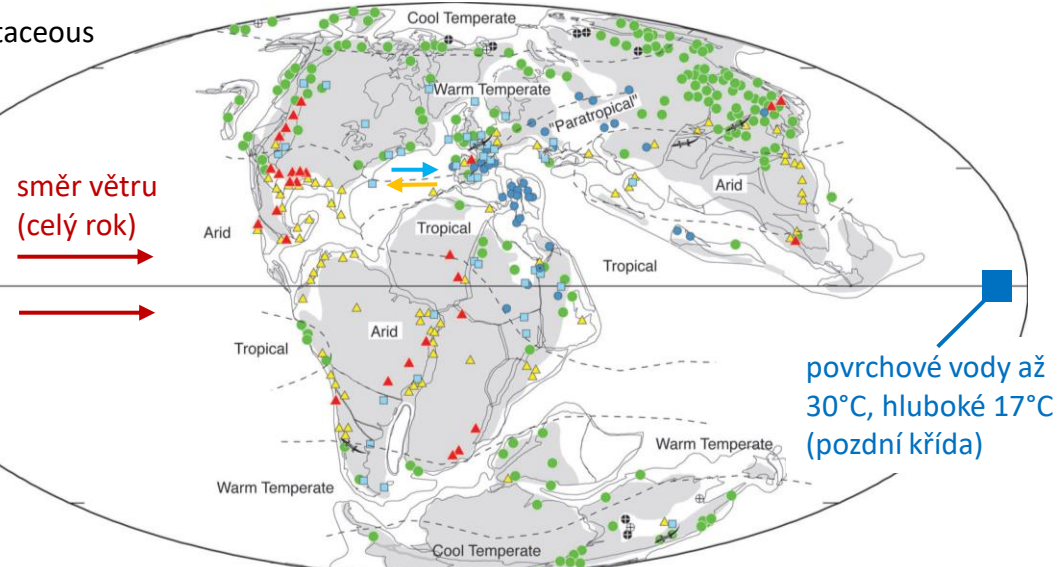
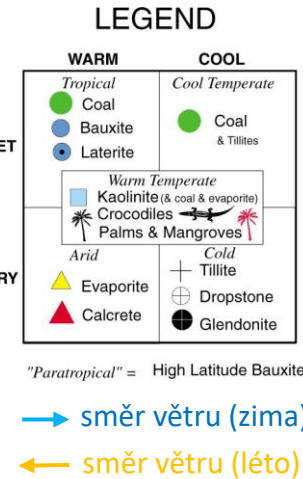
★ významné anoxické události v mořích – ukládání černých břidlic (TOAE, OAE-1, OAE-2)



Early Jurassic



Early Cretaceous



Rozmístění kontinentů v rané juře před asi 190 Ma a rané křídě před asi 130 Ma doplněné o paleo-Köppenovy klimatické pásy (Scotese et al. 2021, upraveno).

Vývoj života v juře a křídě

Vývoj vegetace

- v terestrickém prostředí **pokračuje vývoj flóry mezofytika (trias–raná křída) – převaha nahosemenných - cykasy, benetity, jehličnany, a pokročilé kapradosemenné**
- v juře všeobecné **rozšíření čeledi Araucariceae** (araukárie), dnes **omezena na jižní polokouli a na jih severní polokoule** (Filipíny, Indonésie, Malajsie)

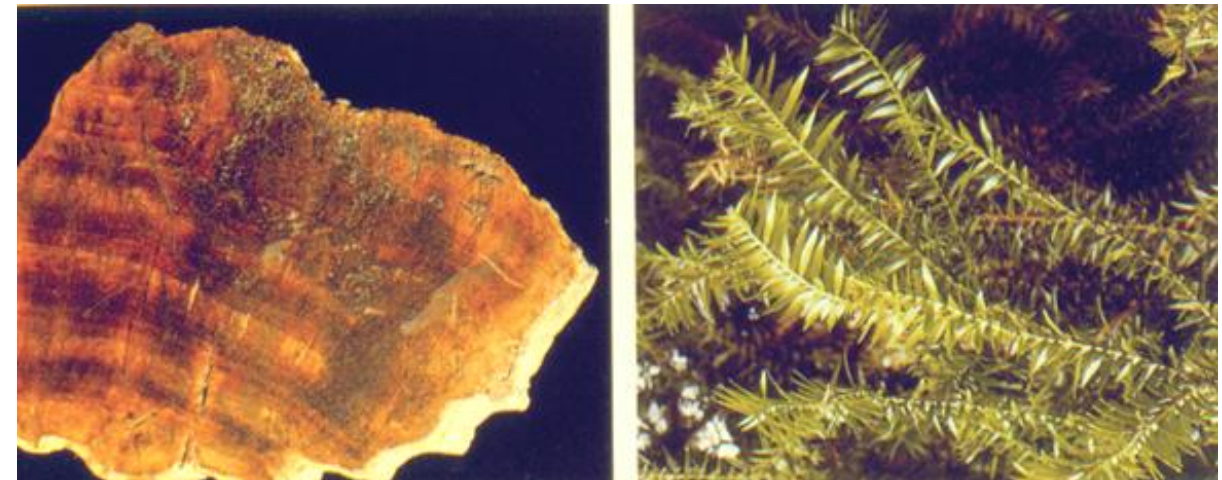


Wollemia nobilis roste necelých 100 km západně od Sidney.

Wollemia nobilis - čeleď Araucariaceae - **živá fosílie** objevená v roce 1994. Byla přesněji určena až s pomocí zkamenělin které datují její původ do období před 200 miliony let.

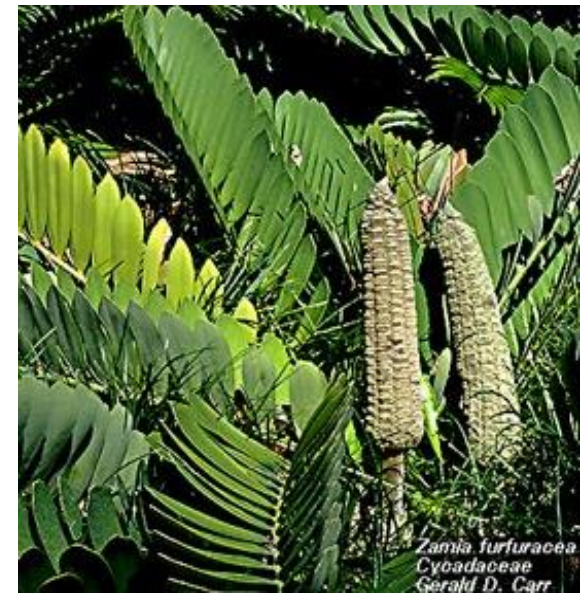


Podobně mohly vypadat araukariové porosty v průběhu jury a křídě.

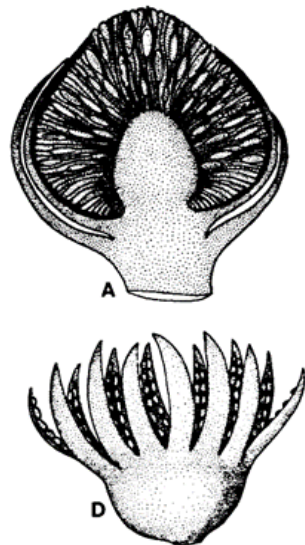


Letokruhy ve dřevě fosilní araukarie ukazují na sezonalitu klimatu.

- se vzrůstem humidity v juře tvoří **hlavní součást vegetace tropické zóny cykasy a bennetity**
- **Cycadophyta (cykasy)**, karbon–recent - nevětvené nebo **chudě větvené stromy** s přímými **nízkými kmeny**, které mohou být zkrácené až do **kulovitých tvarů** někdy i dokonce podzemní - **šištice - samčí a samičí**
- **Cycadeoideopsida (Bennettitopsida)**, trias–křída – **vymřelá skupina cykasů**. **Šištice** svým uspořádáním **připomínají květy**, byly považovány za jedny z možných předků krytosemenných rostlin



Cykasy byly v Evropě přítomny ještě ve třetihorách. Vpravo šištice recentního rodu *Zamia*.



Listy benetitů rodu *Pterophyllum*. Vpravo šištice benetitů.



Vymřelý benetit *Williamsonia sewardiana*, vlevo se dinosaurum rodu *Dilophosaurus* z rané jury.

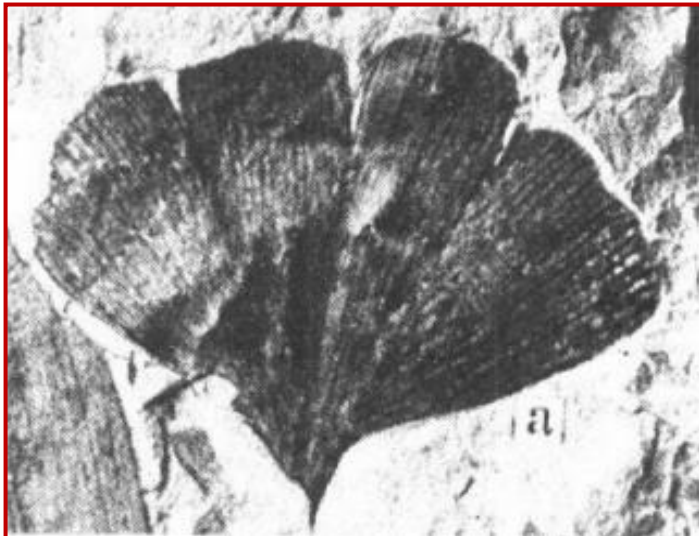
- **Ginkgophyta**, od raného permu (300–270 Ma) - **hlavní rozvoj ve druhohorách**, v třetihorách v Evropě mizí v pliocénu (před 3 miliony let).
- **dnes jediný zástupce druh *Ginkgo biloba*** – jinan dvoulaločný - živá fosílie, v přírodě zůstal pouze v jediném druhu na malém území **v jihovýchodní Číně**
- listy jinanu dlanitě dělené až celistvé. Jsou to **opadavé dřeviny, tvořily důležitou část květeny mírných pásem severní polokoule v mezozoiku**



Ginkgo biloba, recent, Čína



Baiera gracilis, jura, Čína

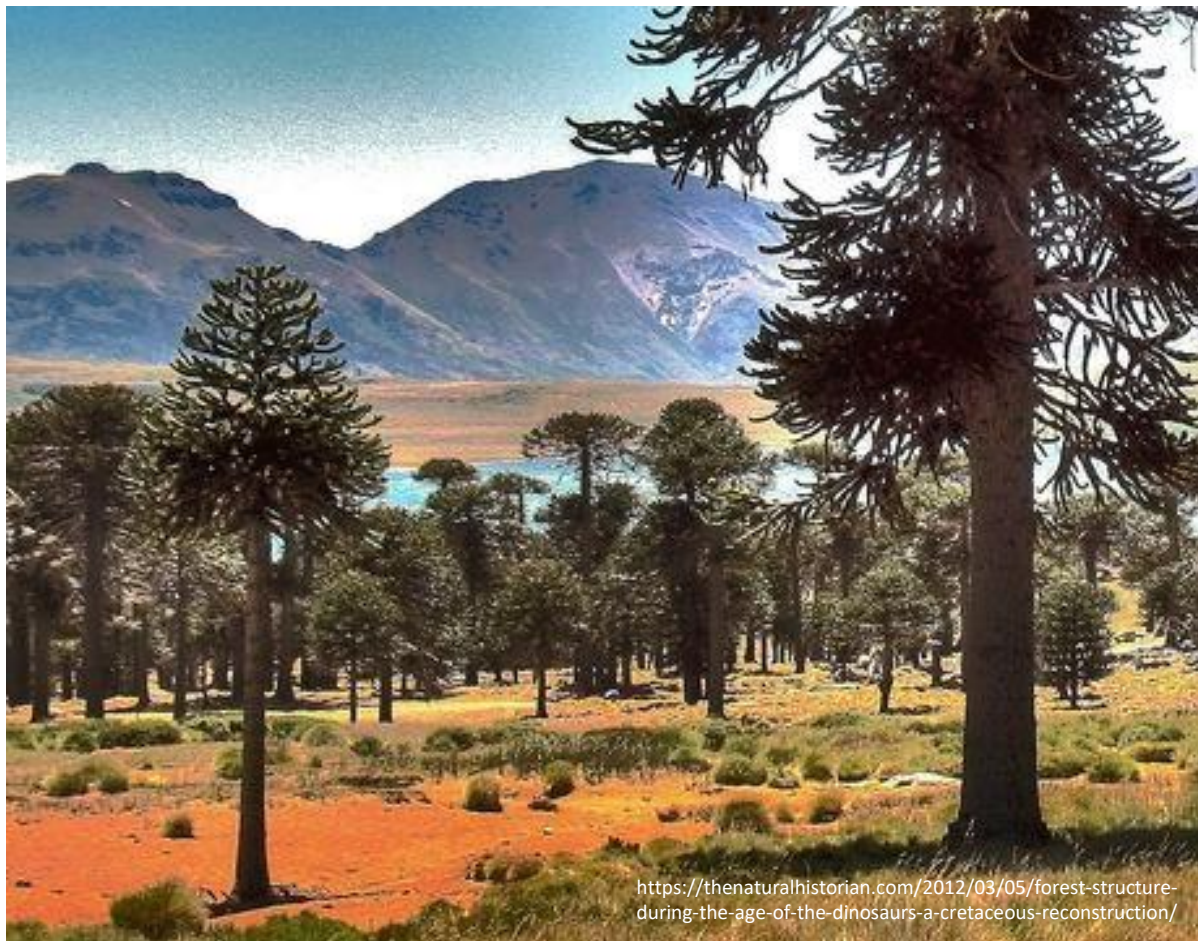


Ginkgoites hermelinii, trias



Baiera furcata, spodní jura, Anglie.

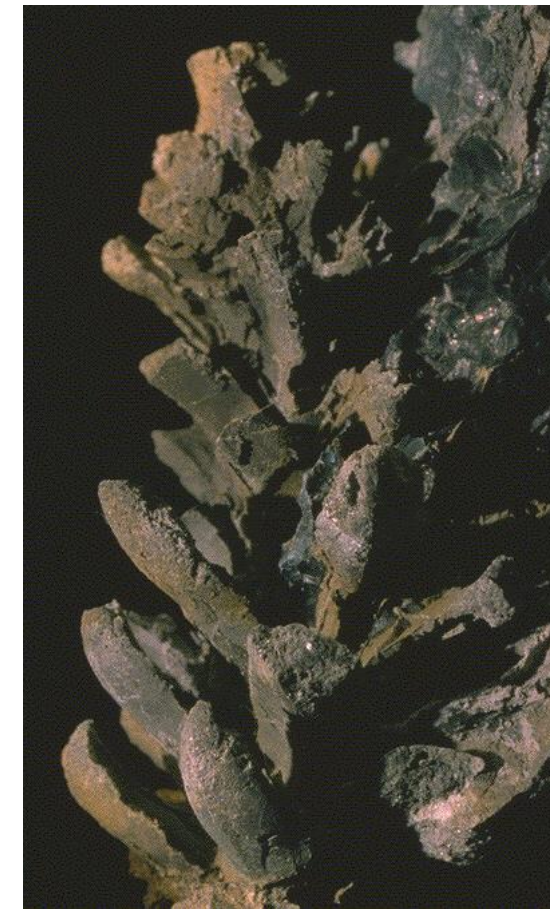
- **koncem rané křídy (120 Ma) – výrazný vzrůst humidity** (skleníkový efekt – jedna z příčin cenomanské transgrese), cenoman-turon (100–90 Ma) – maximum teplot a humidity, pak postupné ochlazování, **nástup kenofytika (převaha krytosemenných rostlin)**



Rekonstrukce lesa s jehličnatými stromy z období křídy.



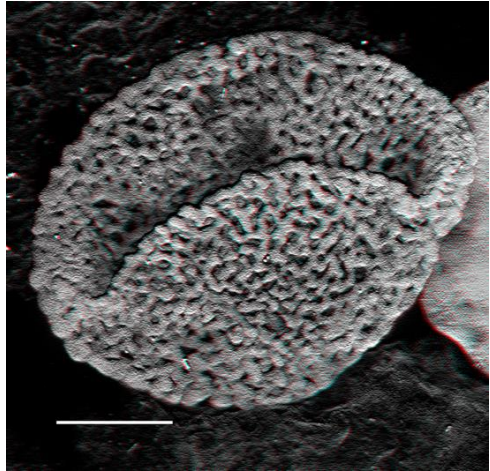
Šišťice borovice, křída



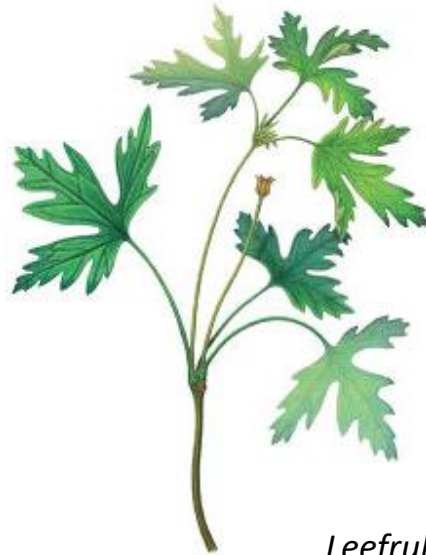
Šišťice borovice, miocén.

- **Pinales** - stromy, zřídka keře, první doklady z triasu, *Pinus* (borovice) je známá od křídy

- **v rané křídě (125 Ma) jv. Číny** je doložen **jeden z nejstarší známých výskytů kvetoucích rostlin - *Archaeofructus liaoningensis***
- ***Leefruktus mirus***, příbuzný pryskyřníkovitým, pochází z přibližně stejně starých sedimentů, nález ukazuje, že **vznik květu musíme posunout nejméně o 20 mil. let do minulosti** (145 Ma, začátek křídy)



Pylová zrna, připomínající pyly kvetoucích rostlin, byly doloženy již z triasu (Hochuli & Feist-Burkhardt 2013).



Leefruktus mirus, raná křída (124,4-122,9 Ma) v kombinaci známých molekulárních studií dokládá, že kvetoucí rostliny nevznikly později než před 145 Ma (Sun et al. 2011).



Archaeofructus liaoningensis, raná křída (Sun et al. 1998).

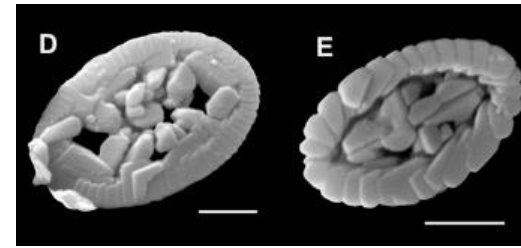


- **molekulární datování**, odvozené ze sekvencí moderních semenných rostlin, naznačuje, že **květučí rostliny jsou vlastně mnohem starší, odhadem 200 nebo i ještě více miliónů let**. To by znamenalo, že nám minimálně několik desítek miliónů let fosilní historie rostlin úplně chybí

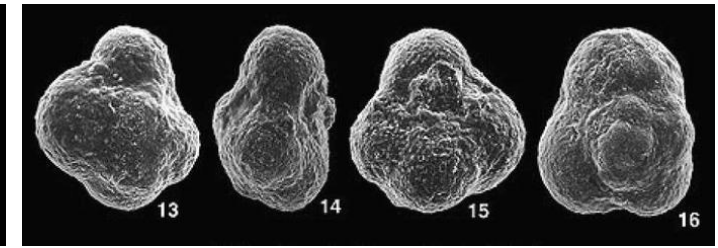
Vývoj života v juře a křídě

Mořské prostředí

- **prudký vzrůst diverzity bezobratlých během prvních 4 Ma po T/J vymírání, před 183 Ma dočasný pokles diverzity – důsledek anoxických podmínek v epikontinentálních mořích (TOAE) => ukládání bituminózních břidlic**
- mikroorganismy (plankton): **fytoplankton – rozsivky, bičíkovci, vápnitý nanoplankton; zooplankton – foraminifera, radiolárie, kalpionely**
- **bentos – rozvoj nepravidelných ježovek a rozlehlých porostů lilijic**, v útesech pak **křemitých hub** (spongolity), od **svrchní jury šestičetných korálů** (mělká moře, symbióza s řasami), **mlžů – rudisti** a další mlži s masivními schránkami, mechovek kruhoústých a oružnatých)
- **nekton (bezobratlí) - explosivní rozvoj amonitů (amonitový typ švu, gigantické i heteromorfní formy), belemniti**



Vápnitý nanoplankton, pozdní křída (Ovechkina et al. 2021).



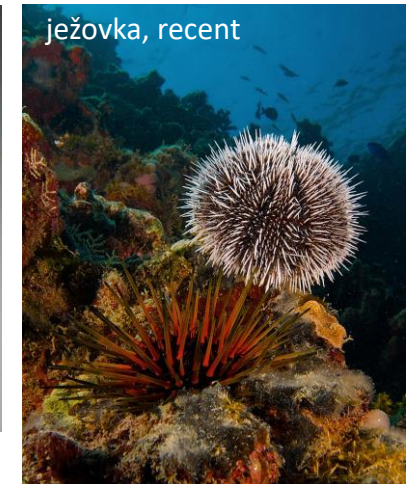
Globuligerina (dírkovec), střední jura (Gradstein et al. 2017).



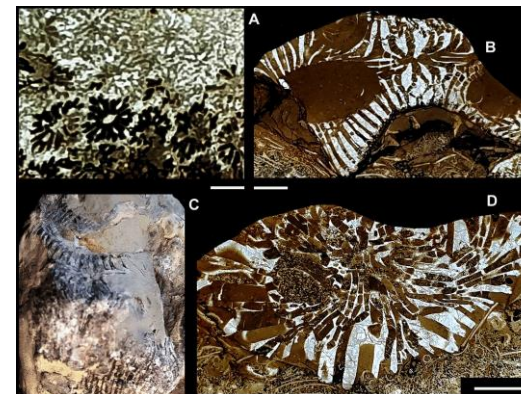
lilijice, spodní jura



Jurská nepravidelná ježovka.



ježovka, recent



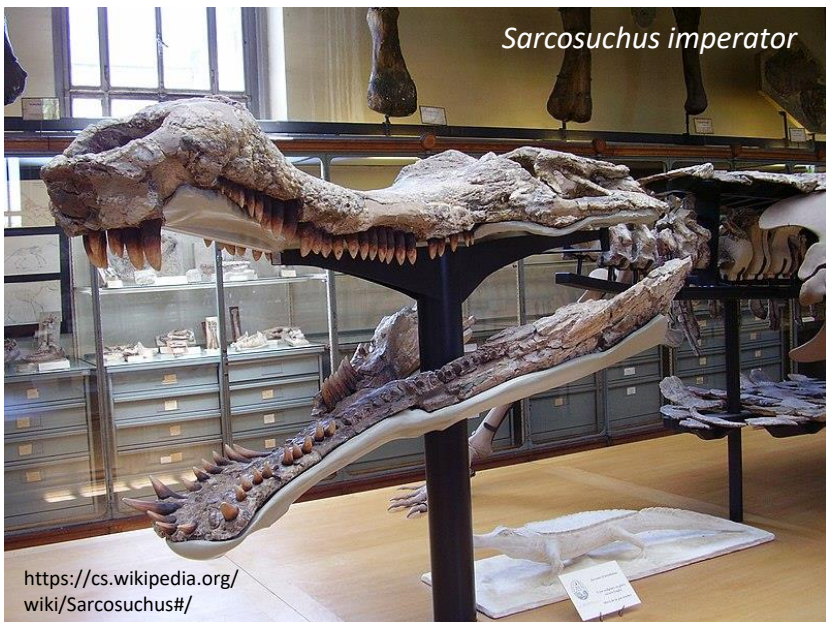
Scleractinia – útesotvorní koráli, sp. Křída (Baron-Szabo et al. 2022).



© Richard Bizley/Science

Vývoj života v juře a křídě

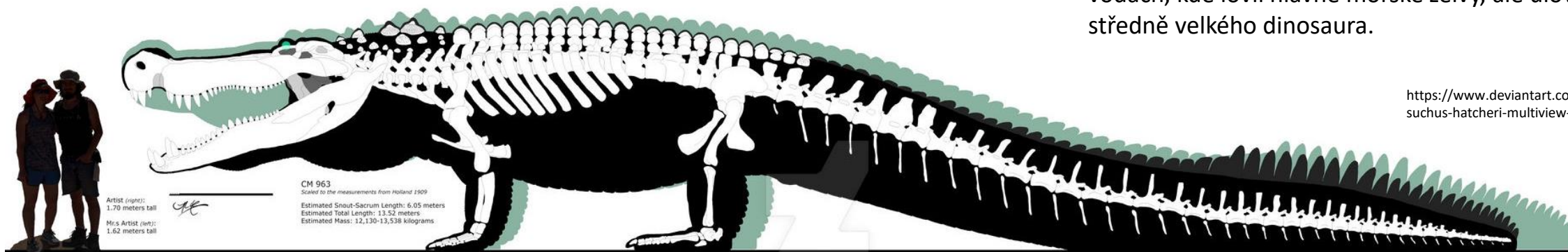
- nehton (obratlovci) – kostnaté ryby** (Teleostei) se stávají **dominantní skupinou ryb** => trvá dodnes; **žraloci** se již systematicky **podobají dnešním, krokodýli** (většinou **mořské dobře adaptované formy, značné velikosti**), **želvy** se adaptují na **mořské prostředí** (+ obrovité formy), **v juře rozvoj plesiosaurů a ichtyosaurů, mosasauridi** hlavně **během pozdní křídě**



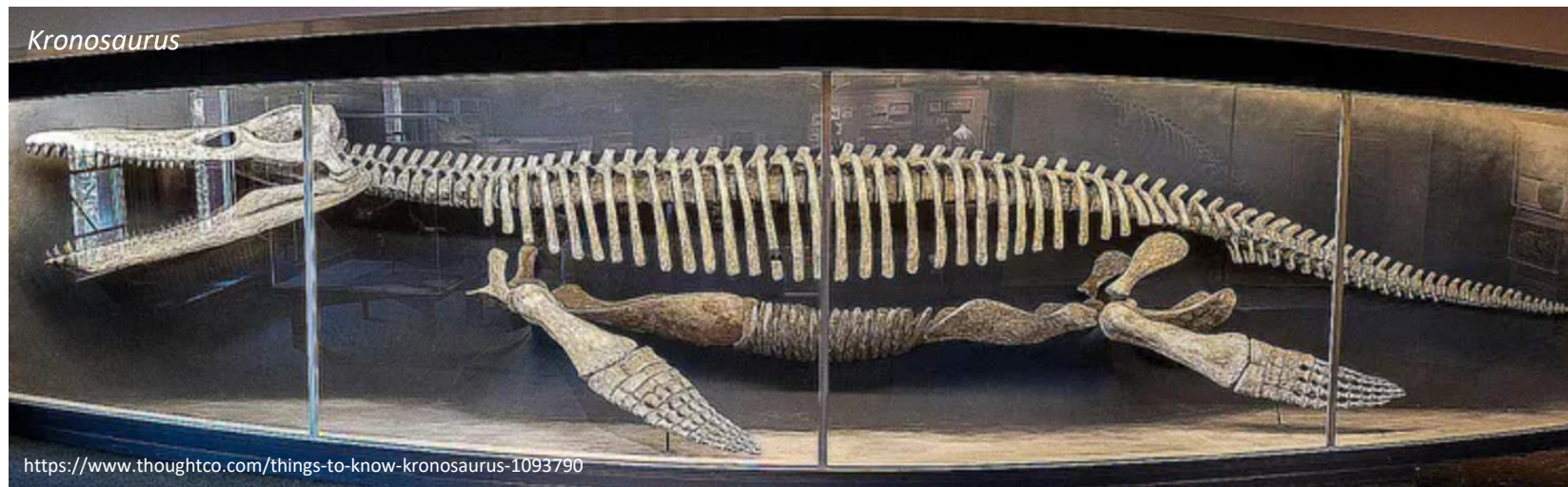
Sarcosuchus imperator, raná křída Afriky a (?) Jižní Ameriky, byl dlouhý asi 12 m a vážil až 8 tun.



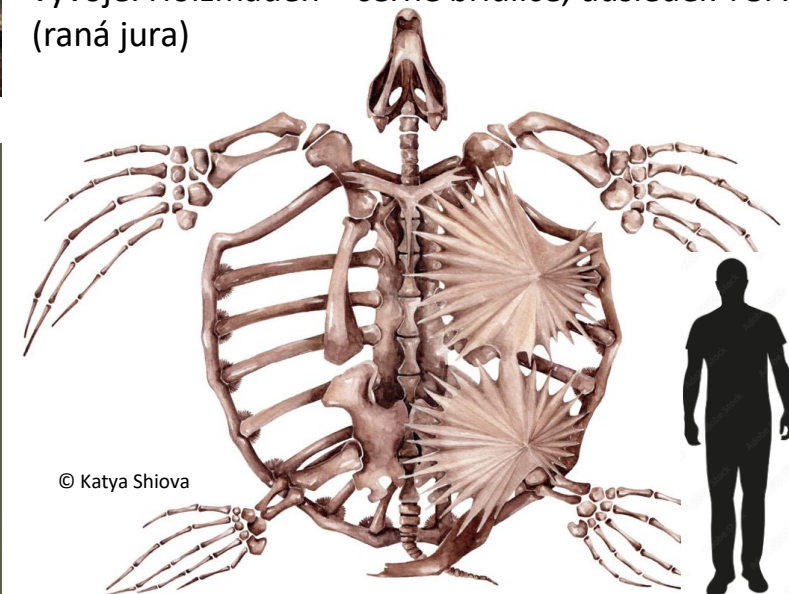
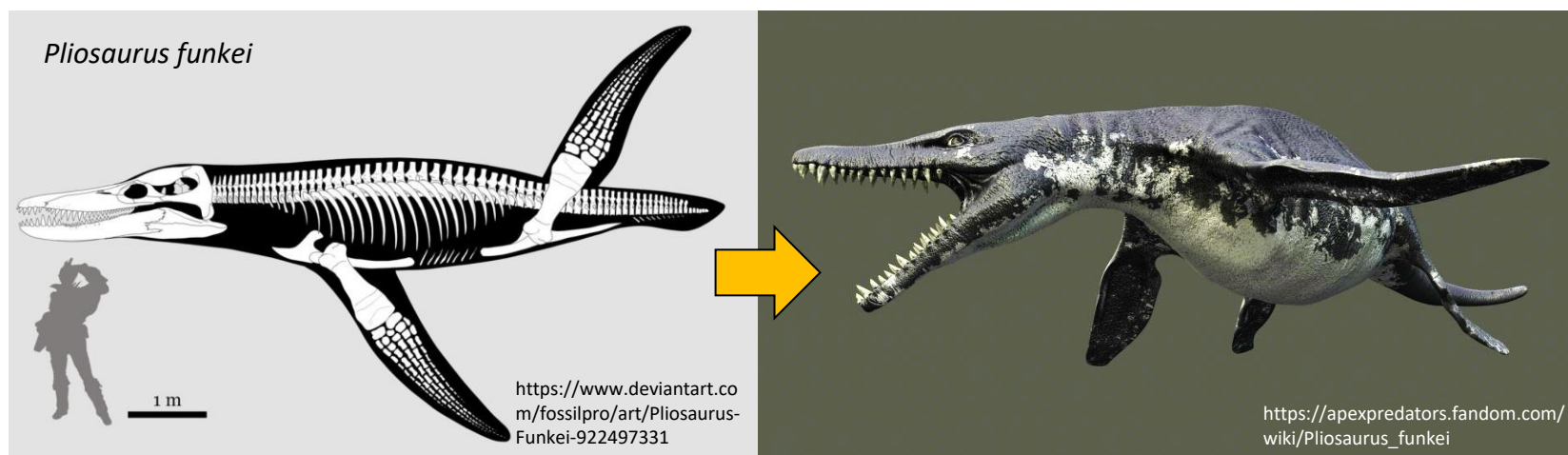
Deinosuchus hatcheri z rané křídě Mexika, žil v pobřežních vodách, kde lovil hlavně mořské želvy, ale ulovit mohl i středně velkého dinosaura.



Vývoj života v juře a křídě



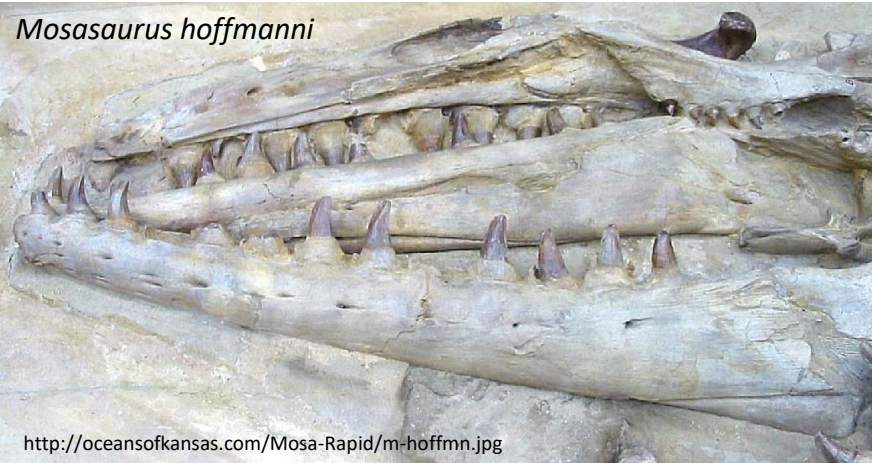
V průběhu jury dosáhli ryboještěři explozivního vývoje. Holzmaden – černé břidlice, důsledek TOAE (raná jura)



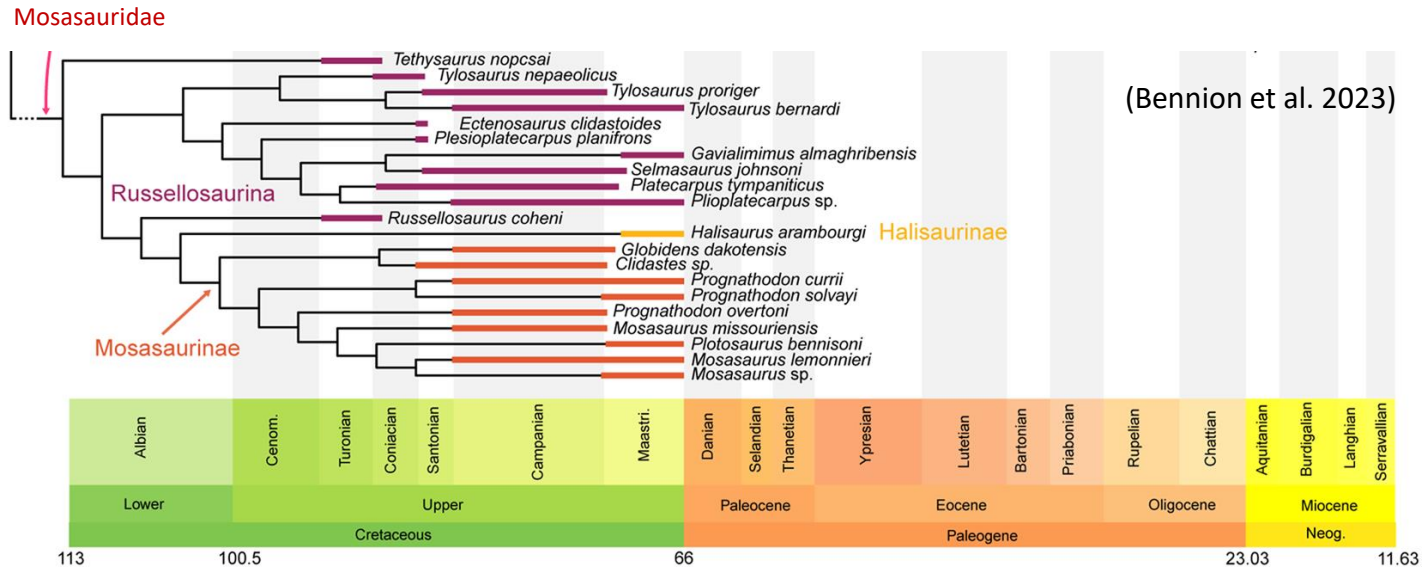
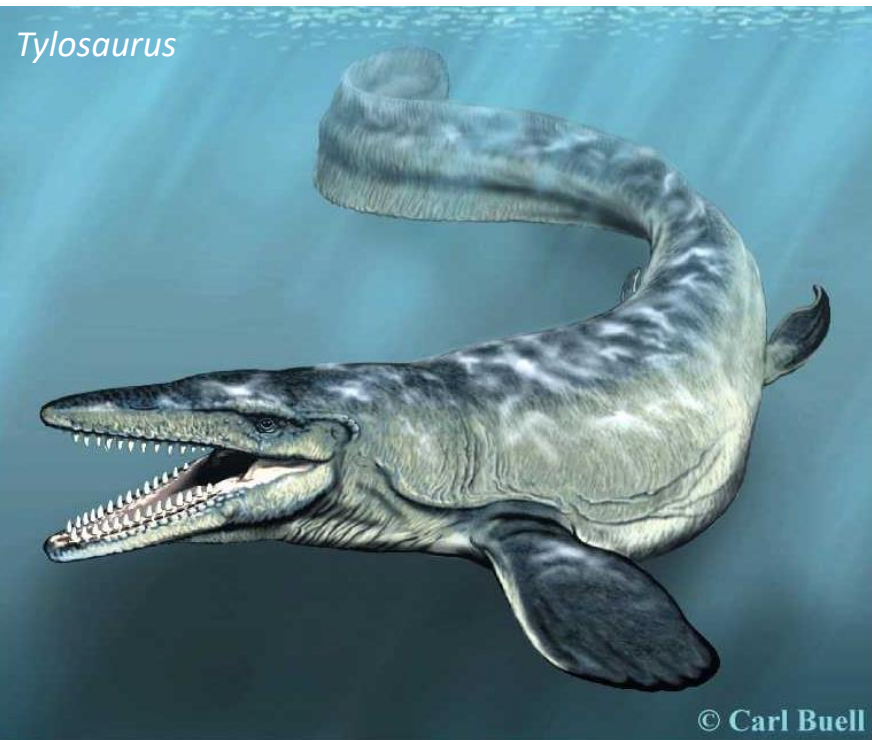
Rekonstrukce kostry obří mořské želvy rodu *Archelon ischyros* z pozdní křídly Jižní Dakoty a Wyomingu. Nejblíže příbuznými této želvy jsou asi kožatky a karety (Socha 2010).

Největší známí plesiosauři ze skupiny **pliosaurů**. Živili se mořskými želvami a ostatními obratlovci, včetně ichtyosaurů a menších plesiosaurů. *Kronosaurus* byl až 10,5 m dlouhý a vážil odhadem 11 tun. *Pliosaurus funkei* nalezený na Špicberkách, byl nejspíše ještě větší (Knutsen et al. 2012). **Pliosauři vymřeli, podobně jako ichtyosauři počátkem pozdní křídly, kdy byli vytlačeni úspěšnou křídlovou skupinou mosasaurů.**

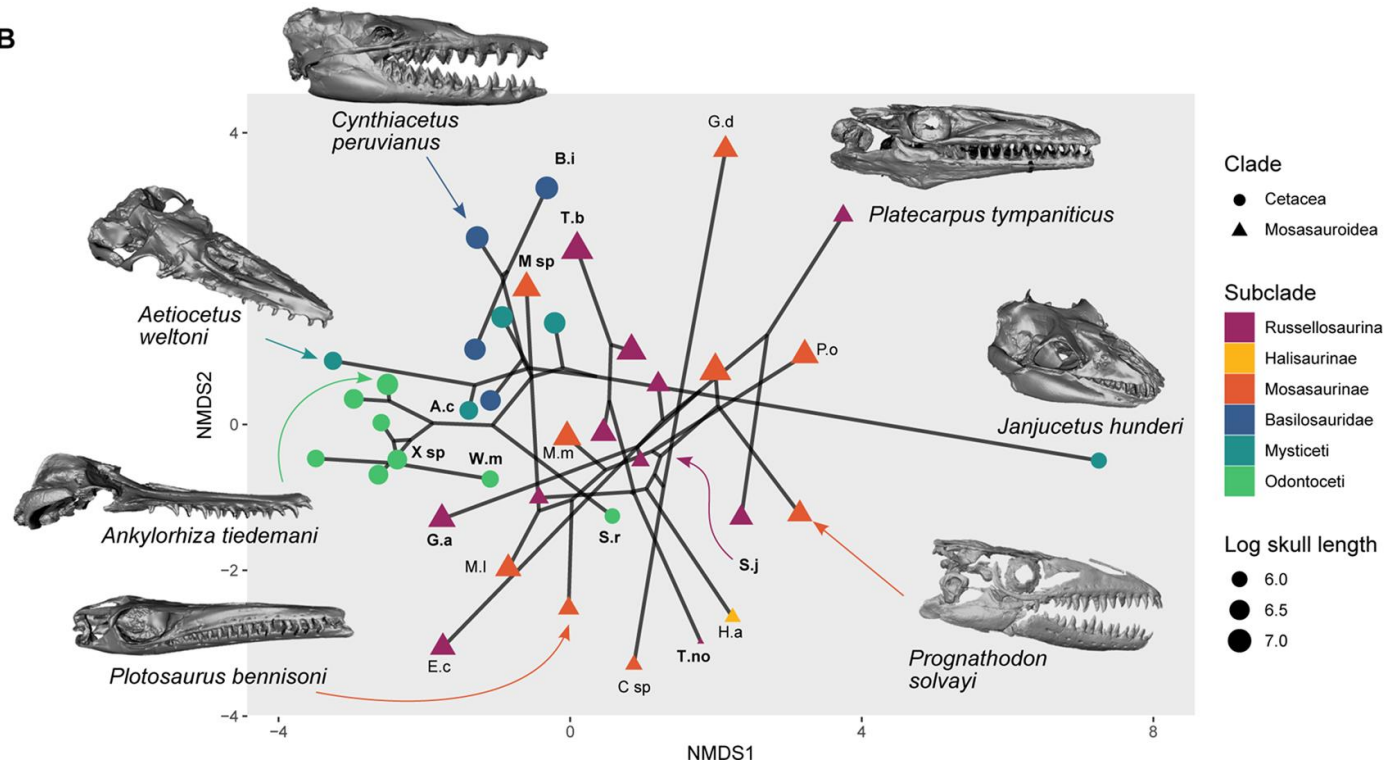
Vývoj života v juře a křídě



Mosasaurus hoffmanni, pozdní křída, Maastricht, Holandsko.



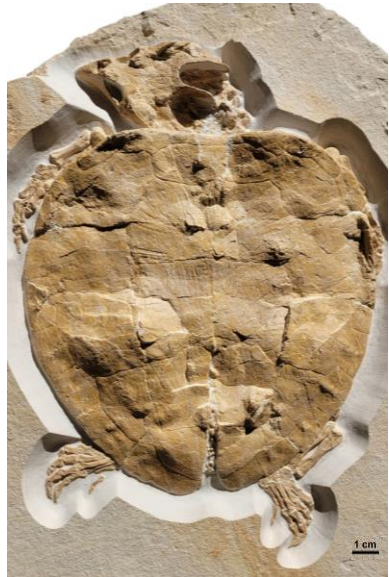
B



Mosasaury mají podobný tvar těla s paleogenními kytovci (basilosaury) díky konvergentnímu vývoji.

Solnhofen – světoznámá lokalita pozdně jurského stáří

Těží se zde **jemnozrný litografický vápenec**, ten obsahuje množství zkamenělin **stáří asi 153–148 Ma**, především **mořské bezobratlé, ryby, želvy** a "**praptáka**" archeopteryxe.



Menší želva *Solnhofia* (Augustin et al. 2023)

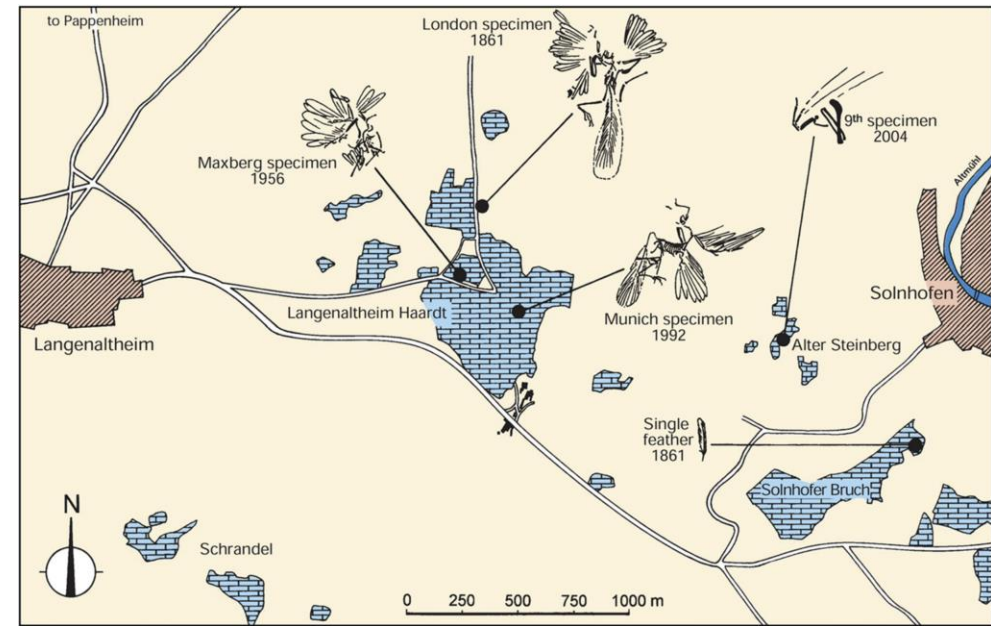


151 milionů let staré mládě krokodýla „Brunni“.



Slavný exemplář praptáka *Archaeopteryx lithographica*, dnes uložený v Berlíně.

- tyto organismy obývaly zmíněnou oblast v době, kdy byla rozsáhlým souostrovím s mnoha lagunami na okraji dávného moře Tethys.



Aurorazhdarcho micronyx, ptakoještěr blíže příbuzný s pterodaktylem. Jedná se o prvního nalezeného ptakoještěra.

Vývoj života v juře a křídě

Kontinentální prostředí

- **rozvoj hmyzu od pozdní křídly – vazba na rozrůznění krytosemenných rostlin**, nově včely, mravenci, komáři
- **obrovské rozrůznění dinosaurů** z hlediska životních strategií, **gigantické formy sauropodů v pozdní juře a pozdní křídě**, teplokrevnost, péče o potomstvo
- **rozrůznění pterosaurů** - ? teplokrevnost, osrstění
- **nástup ptáků** (prapták *Archaeopteryx* a další, opositní ptáci, moderní ptáci)
- **od rané křídly placentálové a vačnatci**

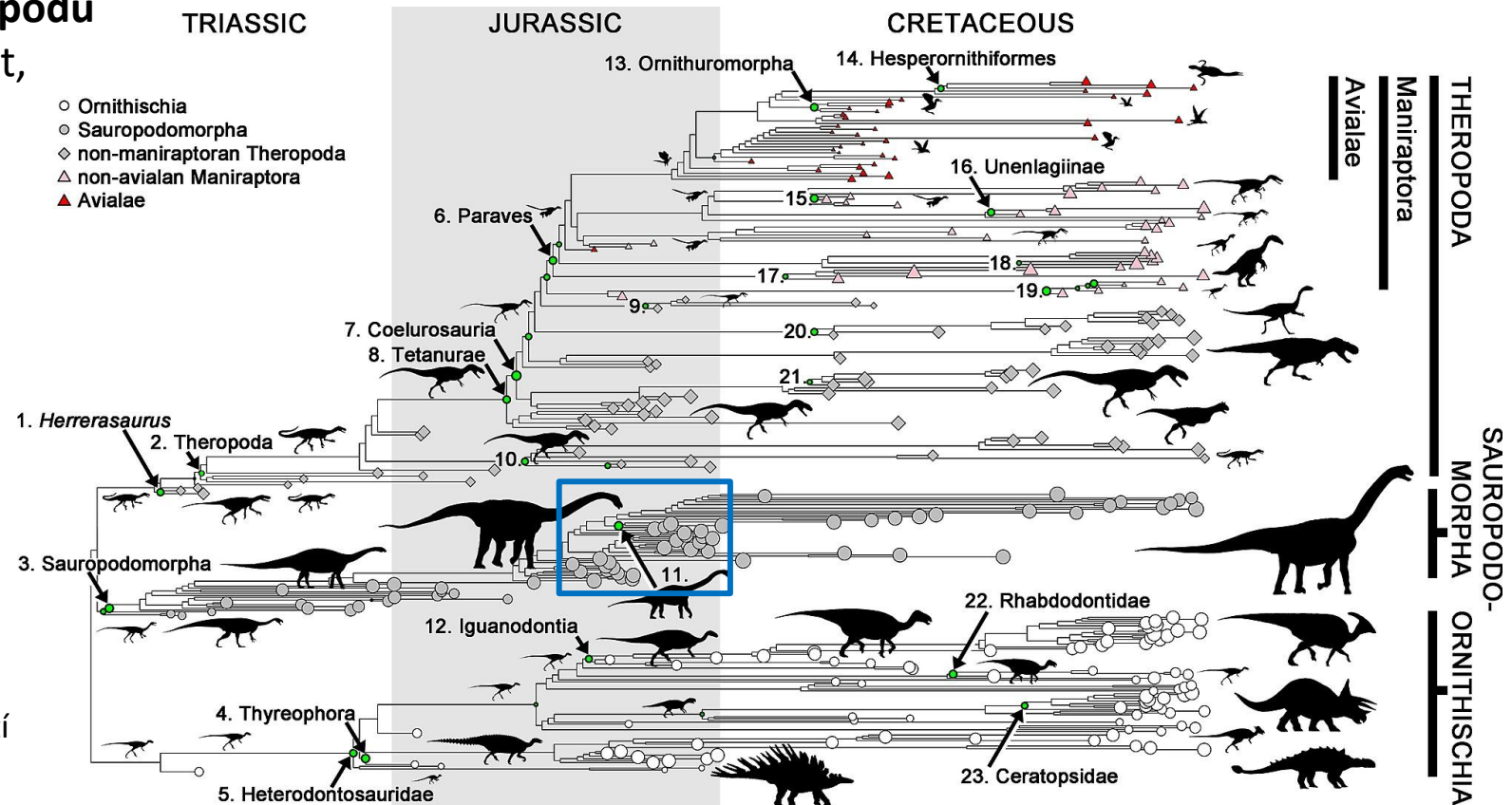
Fylogeneze dinosaurů ukazující uzly s výjimečnou rychlostí růstu tělesných rozměrů (Benson et al. 2014)



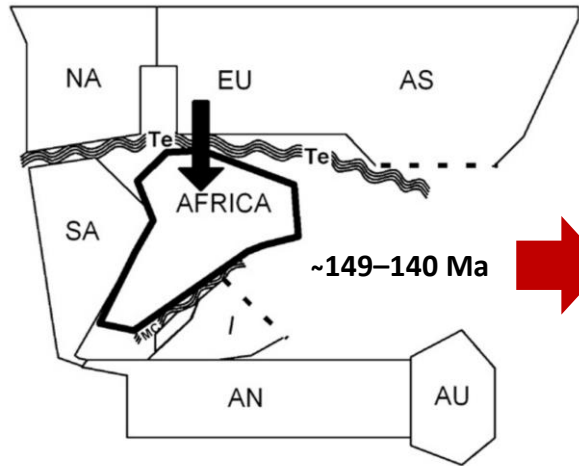
Sphecomyrmodes occidentalis, nejstarší mravenec, 99 Ma, Francie



Discoscapa apicula, nejstarší známá včela, 99 Ma, Myanmar, Barma (Poinar, Jr. 2020).

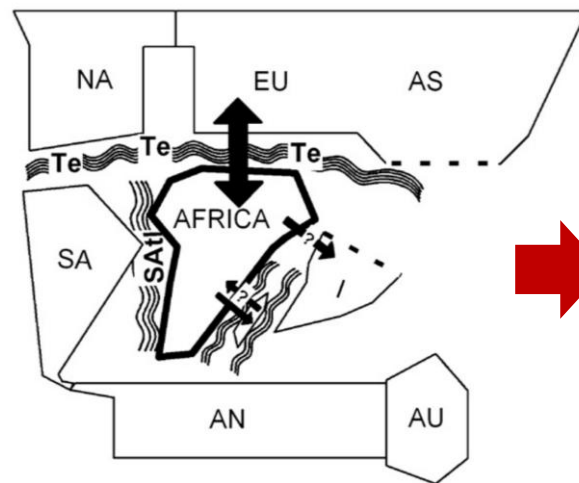


Migrace zvířat mezi rozpadající se Laurasií na severu a Gondwanou na jihu



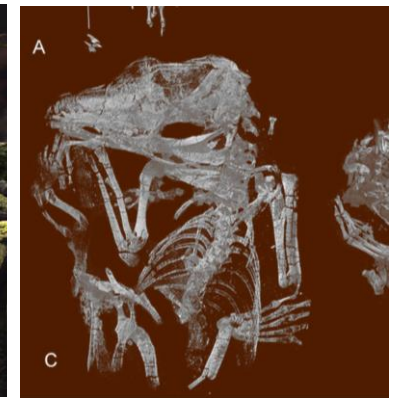
Latest Jurassic, Earliest Cretaceous

(Gheerbrant & Rage 2006)



Late Cretaceous

- z Eurasie do Afriky pronikli např. bazální savec *Thereuodon* a velmi primitivní savci vývojově mezi vejcorodými a živorodými - trikonodonti
- z dinosaurů do Afriky pronikli např. býložraví iguanodoni (*Ouranosaurus*) a snad i masožraví spinosauři
- V pozdní křídě z Afriky do Eurasie pronikli, např. mořské želvy (†Bothremydidae), krokodýli a primitivní hadi, kteří mají Gondwanský původ (†Madtsoiidae)



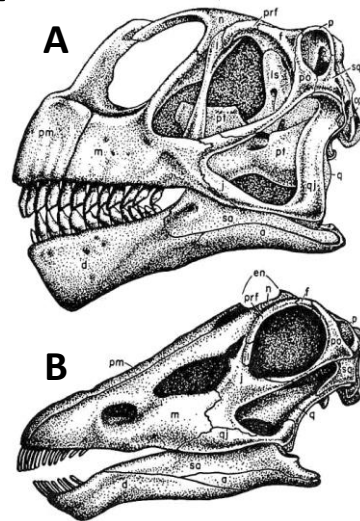
Origolestes lii, bazální savec (Mammaliomorpha) z rané křídly Číny. Žvýkavý pohyb dolní čelisti přispěl k její finální podobě a vzniku ušních kůstek v uspořádání, jaké známe u savců (Mao et al. 2019).



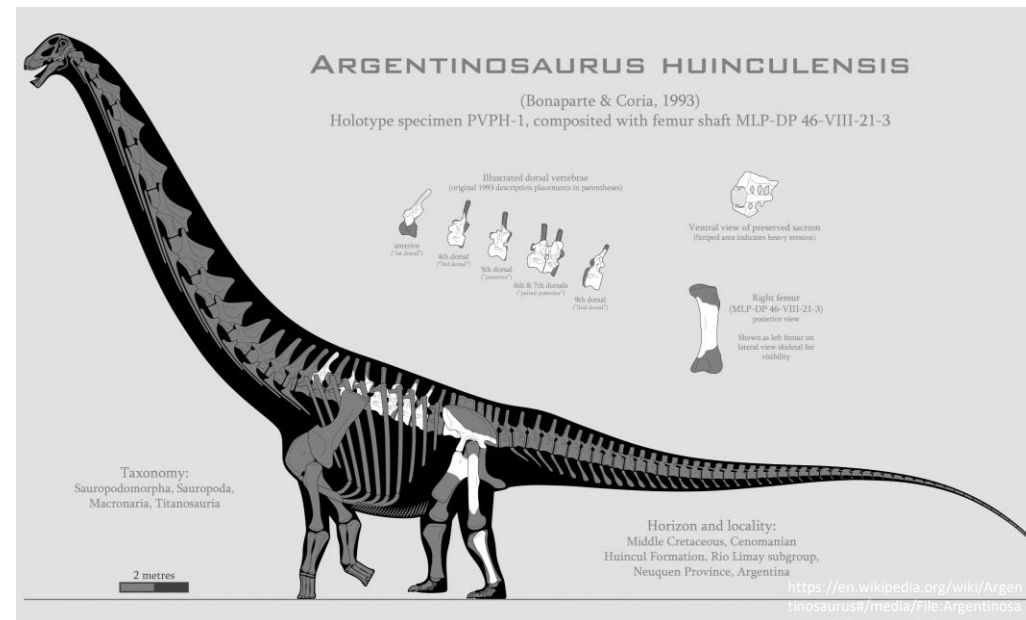
Dinosauři – vládci druhohorního světa

Gigantičtí sauropodi

- první velké formy již v triasu, **gigantických rozměrů** dosáhli **v teplém klimatu** střední a **pozdní jury, největší v pozdní křídě**
- většinou **býložravci** s kopinatým tvarem zubní korunky, v žaludku gastrolity (možná i bakteriální rozklad přímo v žaludcích zvířat)
- výrazně **protažené krční obratle**, zadní **končetiny - silné, přední nebyly redukovány**
- hlavní složkou potravy velkých teropodů



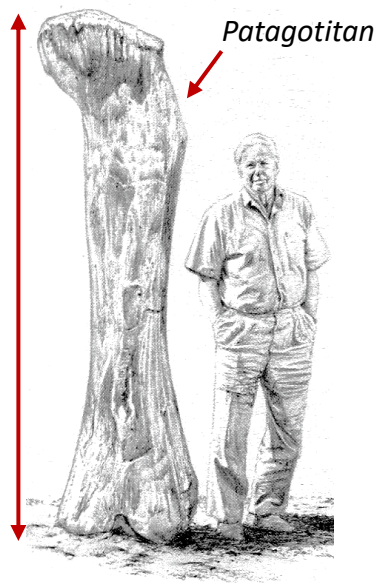
Lebky jurských sauropodů rodů *Brontosaurus* (A) a *Diplodocus* (B), Severní Amerika



Argentinosaurus huinculensis pozdní křída (96–94 Ma) je největším známým dinosaurem.



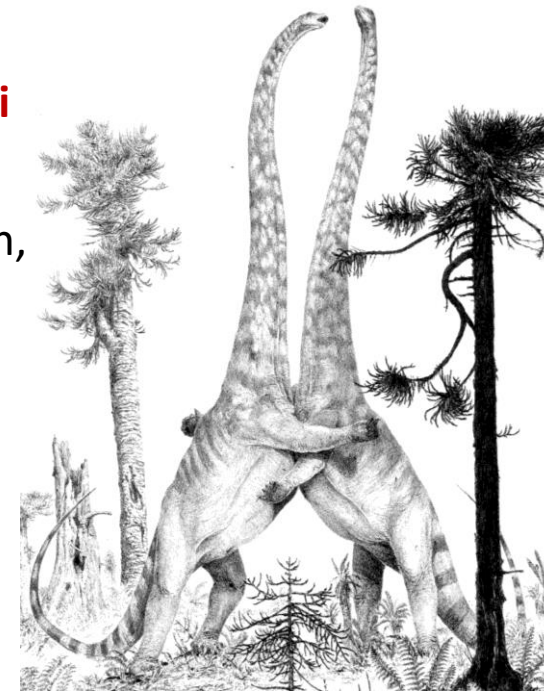
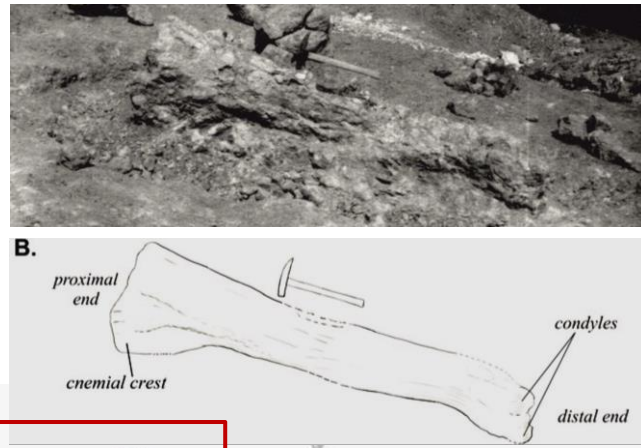
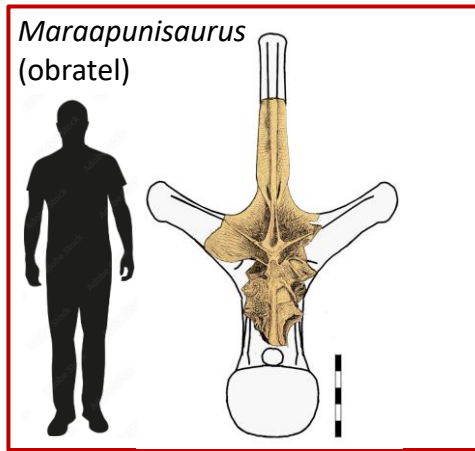
Rekonstrukce kostry titanosaura *Argentinosaurus huinculensis*.



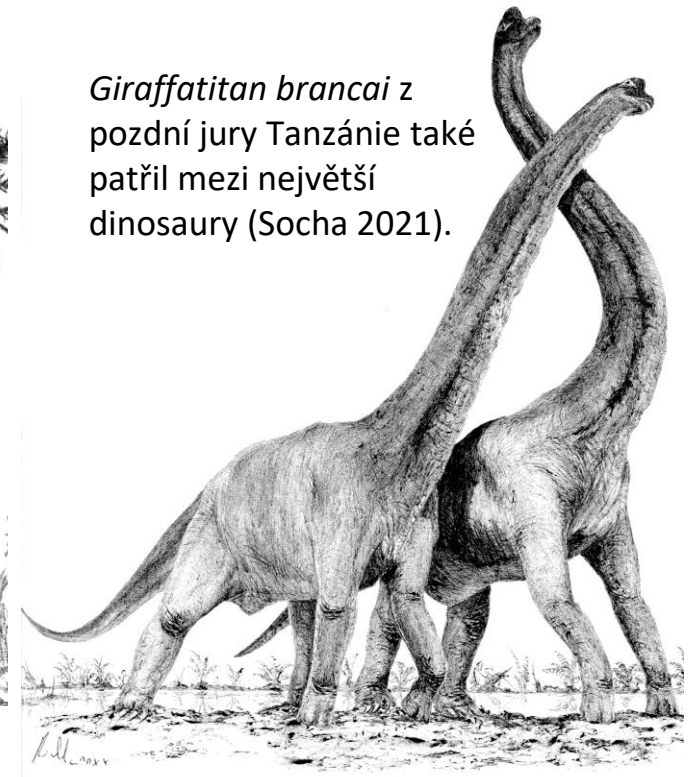
Obrazová rekonstrukce titanosaura *Argentinosaurus huinculensis*.

Gigantičtí sauropodi

- největší formy obvykle **známy pouze z fragmentů obratlů či dlouhých kostí končetin**
- **odhad rozměrů a hmotnosti je hrubý** a občas nadhodnocen, např. *Maraapunisaurus* (dříve „*Amphicoelias*“) je znám pouze z rekonstrukce obratle vysokého 2,7 m

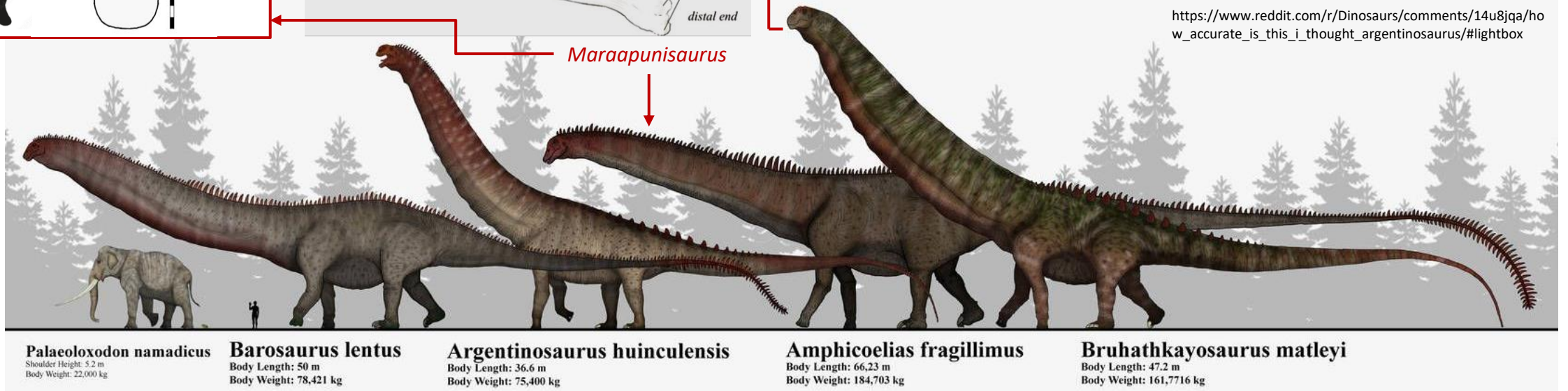


Barosaurus, pozdní jura Utahu
(Socha 2021).



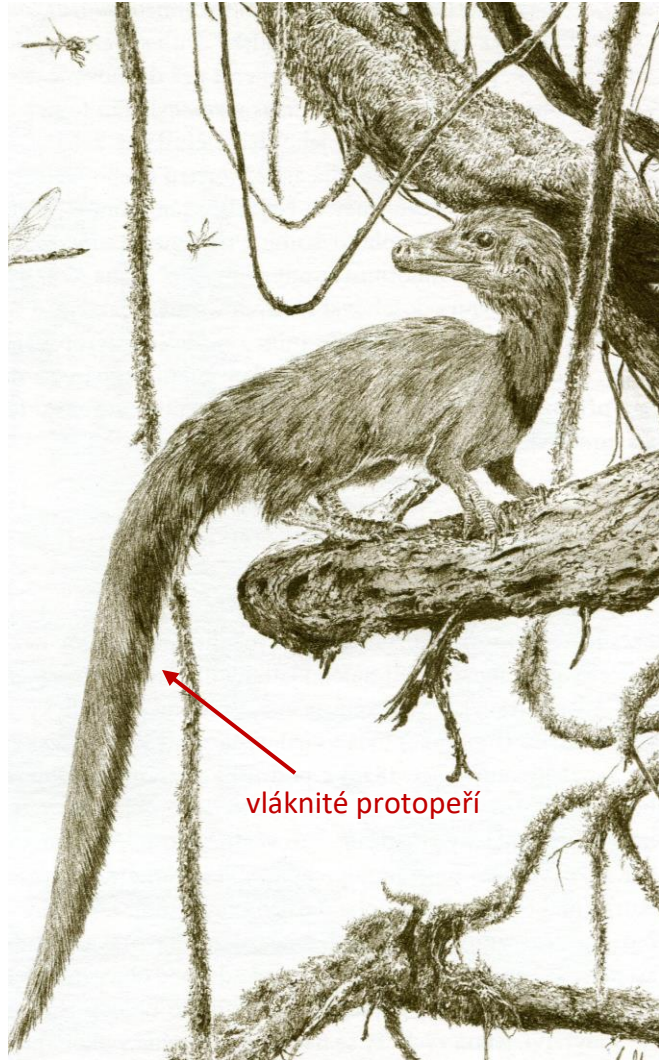
Giraffatitan brancai z pozdní jury Tanzánie také patřil mezi největší dinosaury (Socha 2021).

https://www.reddit.com/r/Dinosaurs/comments/14u8jqa/how_accurate_is_this_i_thought_argentinosaurus/#lightbox



Dinosauří trpaslíci

- u mnohých nalezeny **otisky protopeří nebo plně vyvinutého obrysového peří**



vláknité protopeří



Ptakopánvý *Fruitadens heegerorum* z pozdní jury Severní Ameriky (Socha 2021).



Kosterní pozůstatky rodu *Microaptor* z rané křídly Číny.

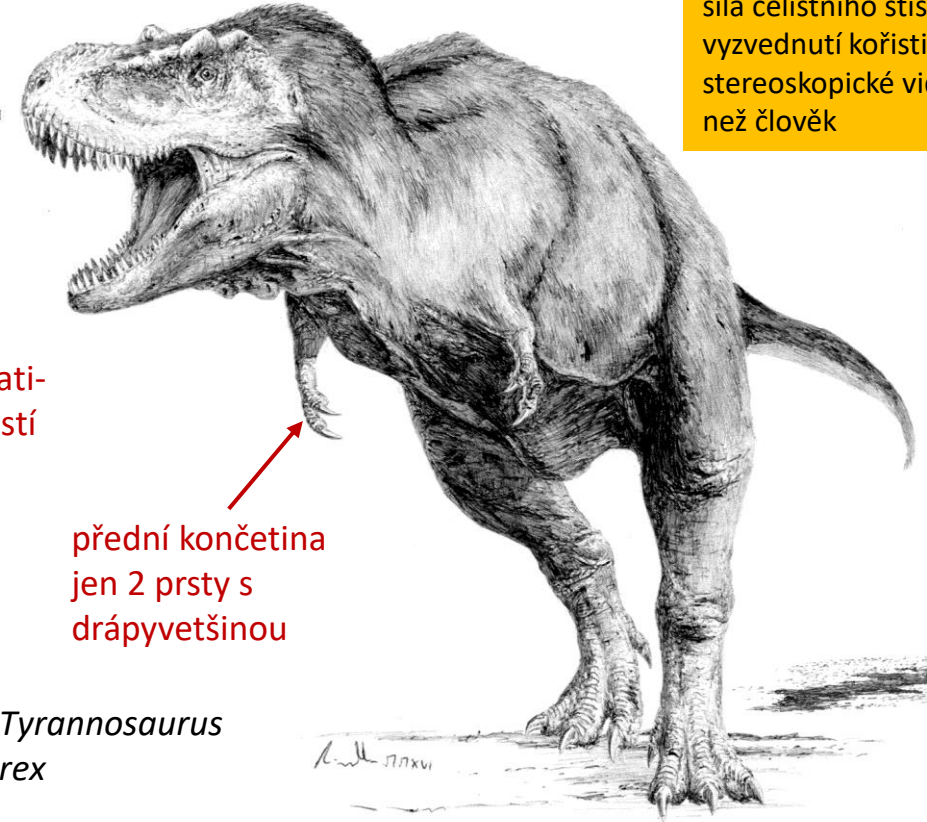
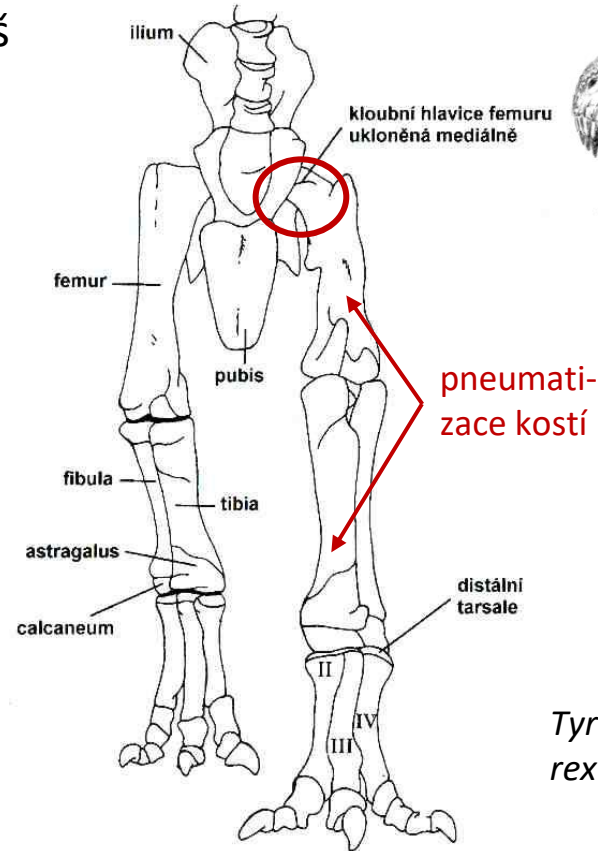


Microaptor zhaoianus (Dromeosauridae) z rané křídly (120 Ma) Číny - nejmenší teropod s délkou asi 70–90 cm a váhou < 450 g (Socha 2021).

Sciuromimus, pozdní jura Německa, evropský „opeřený“ býložravý dinosaur (Socha 2021).

Obrovští teropodi – postrach sauropodů

- převážně **bipední formy**, žili na souš většinou štíhlí, rychlí
- **především predátoři** u většiny zuby opatřené pilovitým ostřím
- **přední končetiny většinou krátké**, tříprsté, na konci **dobře vyvinuté zahnuté drápy**
- dlouhé kosti končetin vždy duté, u velkých forem také **pneumatizace** lebečních kostí.
- v průběhu vývoje byli **teropodi nahrazeni karnivorními savci**, asi 40 % všech uznávaných dinosaurů.



max. rychlost: 25–27 km/h
síla čelistního stisku: 30,4 t/cm²
vzvednutí kořisti: 1014 kg
stereoskopické vidění, viděli lépe než člověk

Tyrannosaurus rex z pozdní křídy USA, Kanady a Mexika byl a je stále největším a nejtěžším známým teropodem. Největší (zvaný Sue) dlouhý 12,3 m, váha ca 9500 kg (Socha 2021).

V průběhu ontogenetického vývoje se proporce hlavy tyranosaura výrazně měnily (Socha 2021).

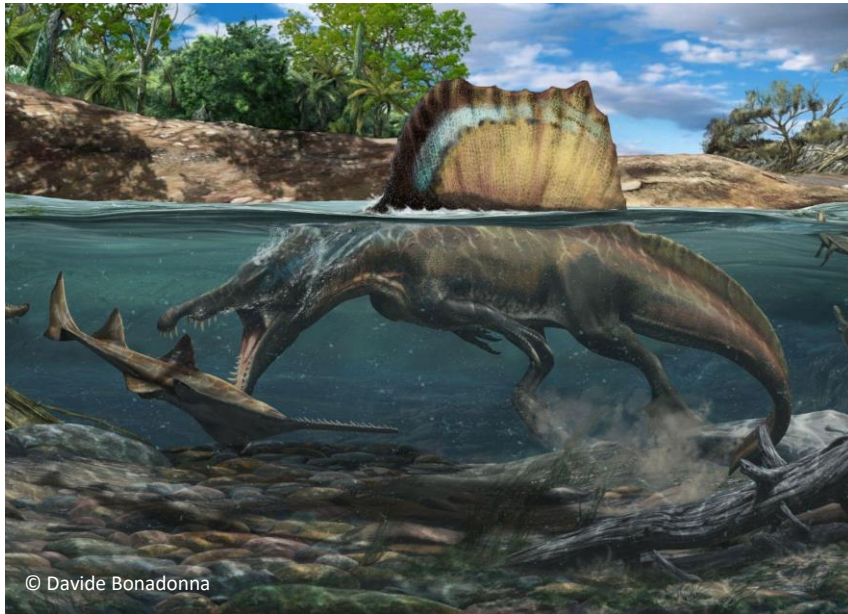


Tetanury - největší teropodi i předci ptáků

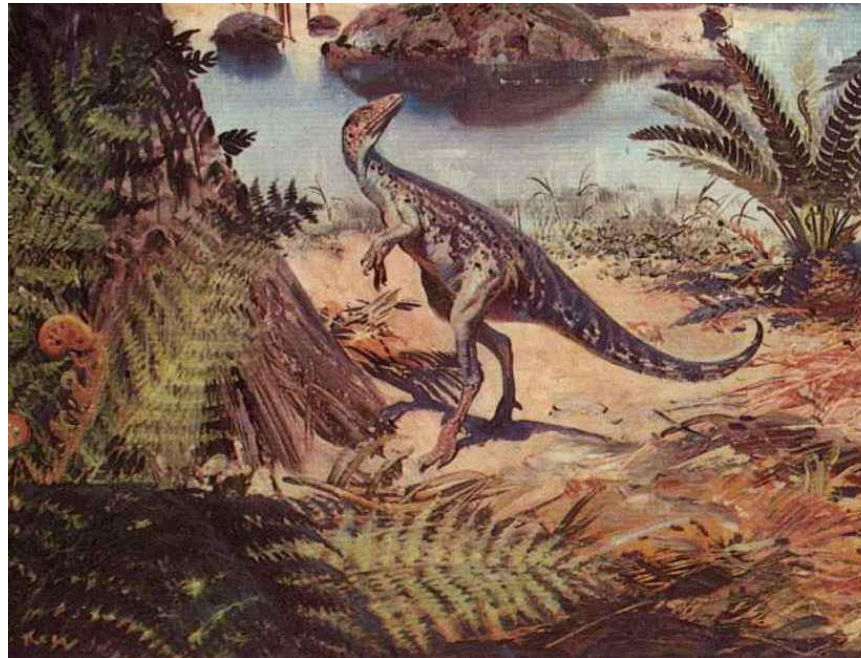
- **tetanury (Tetanurae)** - největší skupina teropodů zahrnující **megalosauroidy, allosauroidy a coelurosaury**
- **coelurosauři vedle obřích tyranosaurů zahrnují „trpasličí“ druhy a linii vedoucí k ptačím dinosaurům a ptákům**



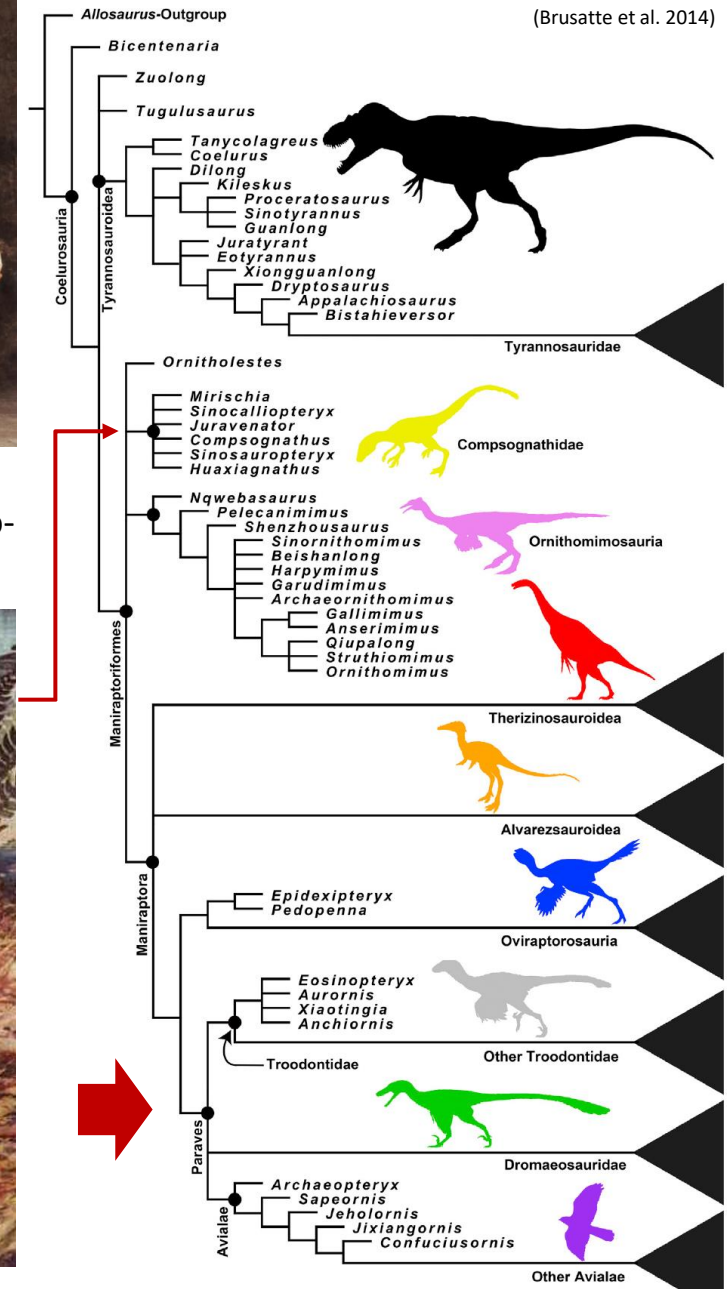
Hlava rodu *Carcharodontosaurus* ve srovnání s velikostí člověka (paleontolog Paul Sereno). Lebka karcharodontosaurů byla až 180 cm dlouhá.



Spinosaurus aegyptiacus z přelomu rané a pozdní křídly Afriky byl obří predátor, velikosti tyranosaura, avšak méně mohutně stavěný (Socha 2022).



Compsognathus, jeden z nejmenších dinosaurů, možná byl opeřený. Ilustrace Z. Buriana (1959).



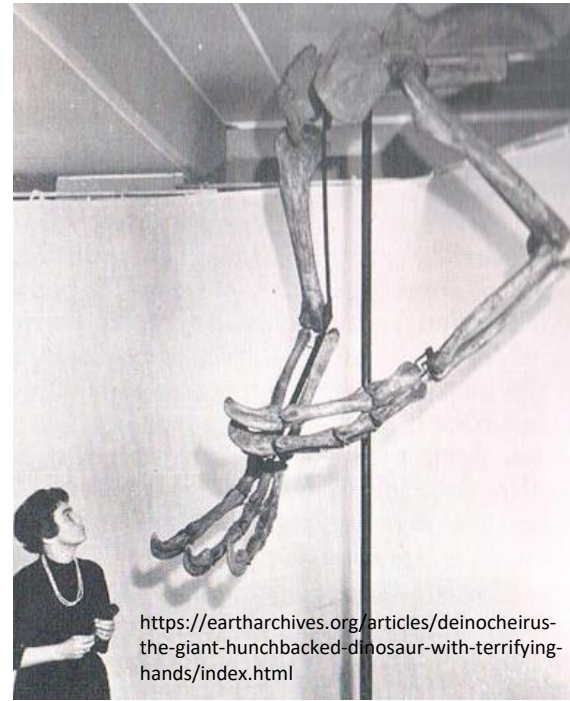
Ptáci jsou vývojově blízcí dromeosauridům.

Deinocheirus – dinosaur s obřímá rukama

- obří teropod, zástupce skupiny Ornithomimosauria s čelistmi podobnými „kachním“ dinosaurům
- délka 11–12 m, váha 6–9 t



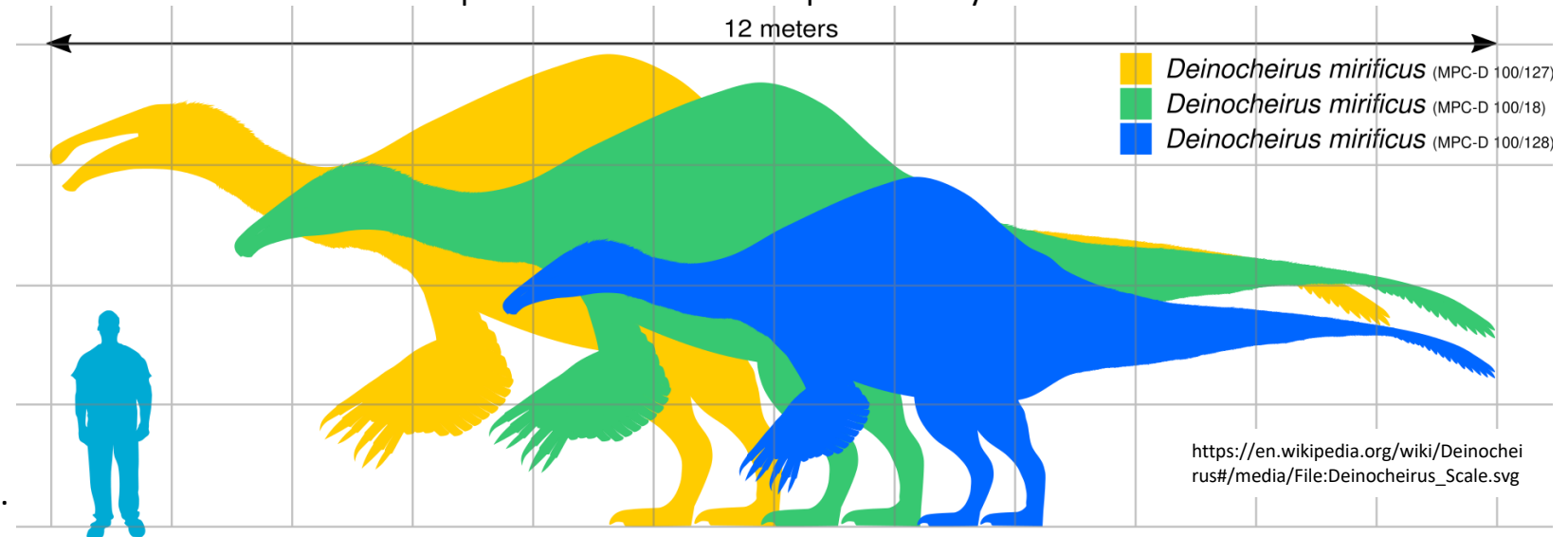
Deinocheirus mirificus z pozdní křídý Mongolska byl omnivorní (všežravec), i když dával přednost spásání vegetace. Největší mohli měřit až 15,7 m (Socha 2022).



<https://eartharchives.org/articles/deinocheirus-the-giant-hunchbacked-dinosaur-with-terrifying-hands/index.html>



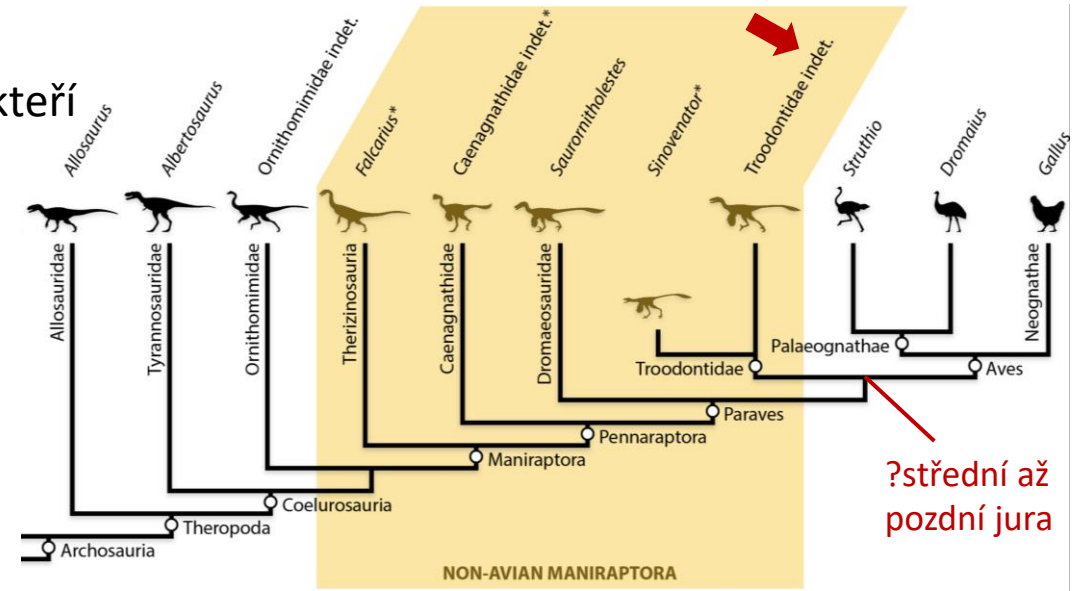
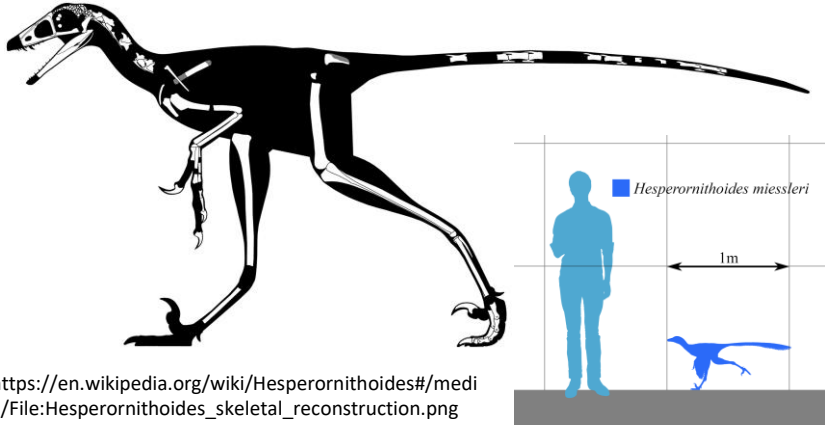
Zofia Kielan-Jaworowska – vedoucí polsko-mongolských expedic do pouště Gobi a záhadný nález obřích předních končetin deinocheira. Vpravo rekonstrukce kompletní kostry tohoto druhu.



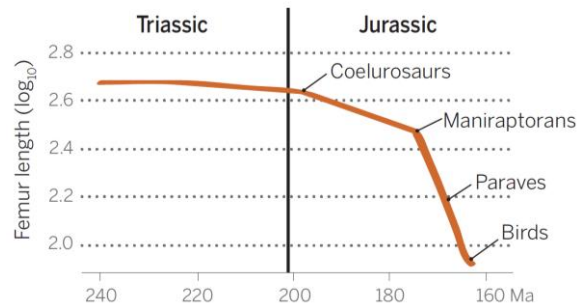
https://en.wikipedia.org/wiki/Deinocheirus#/media/File:Deinocheirus_Scale.svg

Jak se z dinosaurů stali ptáci?

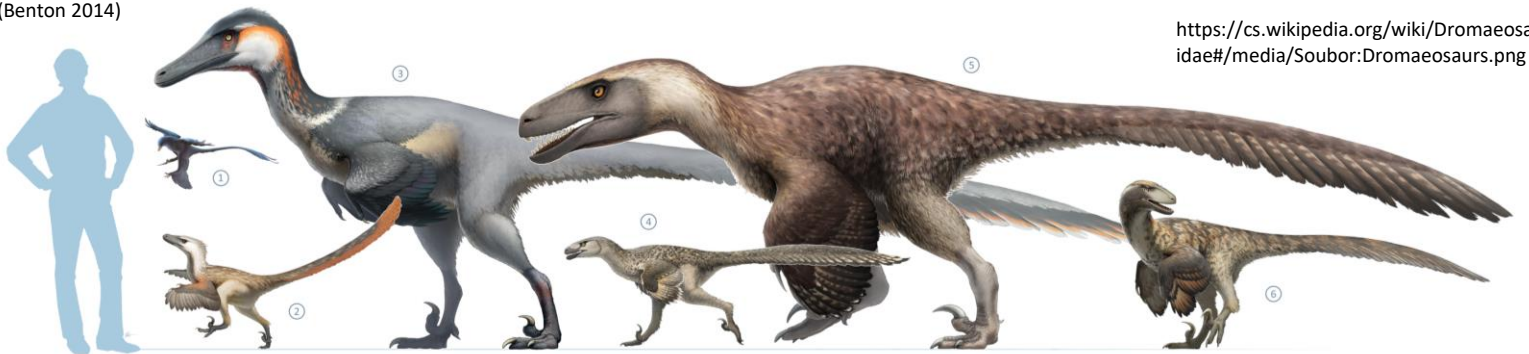
- nejbližšími příbuznými ptáků jsou teropodi skupiny Troodontidae, kteří jsou velmi podobní archeopteryxovi



Body size miniaturization



(Benton 2014)



Velikostní srovnání některých dromeosauridů.

- důležitou roli ve vývoji ptáků z dinosaurů hrála miniaturizace – důsledek přechodu na arboreální způsob života

- 1 *Microraptor gui*
- 2 *Velociraptor mongoliensis*
- 3 *Austroraptor cabazai*
- 4 *Dromaeosaurus albertensis*
- 5 *Utahraptor ostrommaysorum*
- 6 *Deinonychus antirrhopus*

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Dromaeosauridae#/media/Soubor:Dromaeosaurs.png>

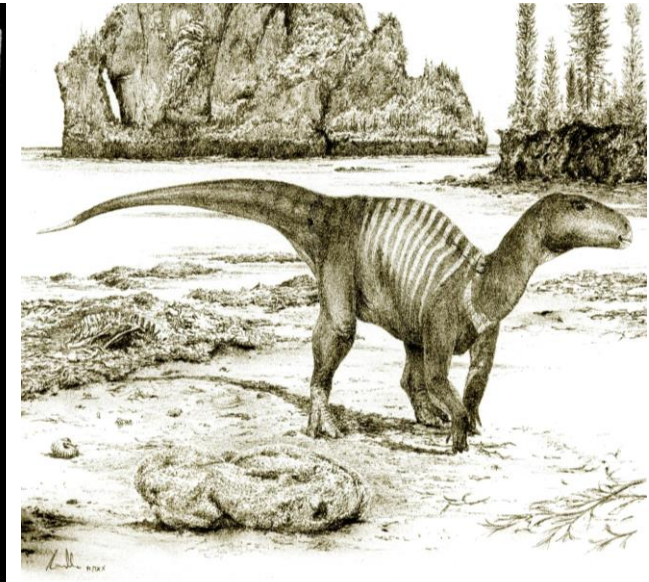
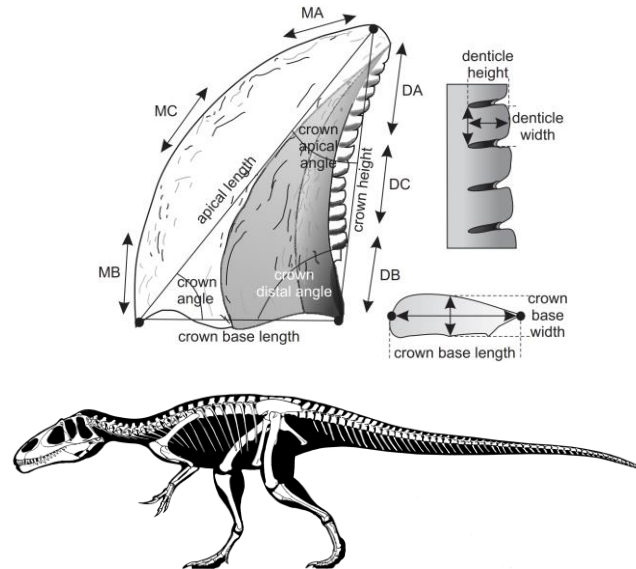
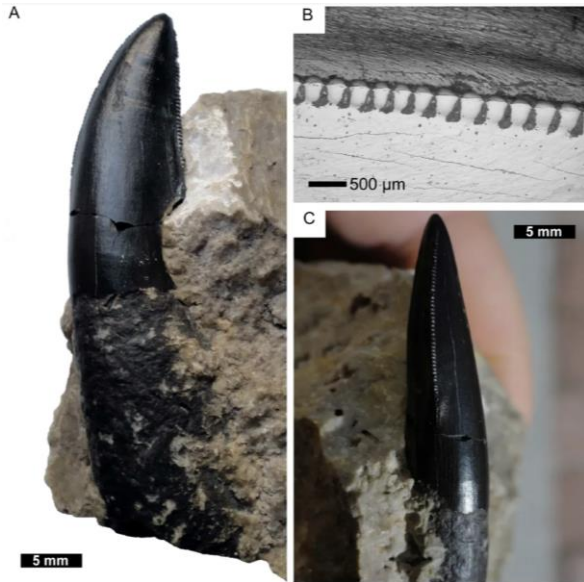
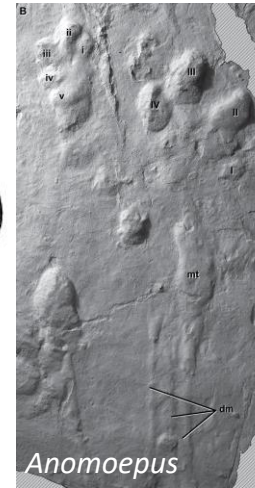
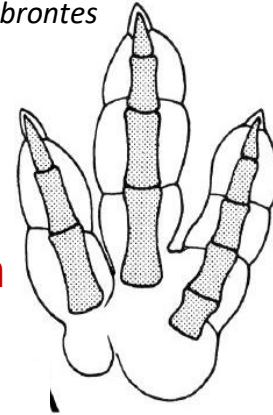


Hesperornithoides z pozdní jury souvrství Morisson, USA byl drobný dravý troodon, nalezen zde byl spolu s gigantickými sauropody.

Dinosauři z České republiky

- nález **stop v podkrkonošské pánvi** (pozdní trias, 210 Ma). **Nejstarší doklady dinosaurů u nás** – *Eubrontes*, *Anomoepus*
- ***Burianosaurus augustai*, pozdní křída východních Čech** - femur mladého dospělého jedince; vývojově bazální ornitopod (?Iguanodontidae)

Eubrontes

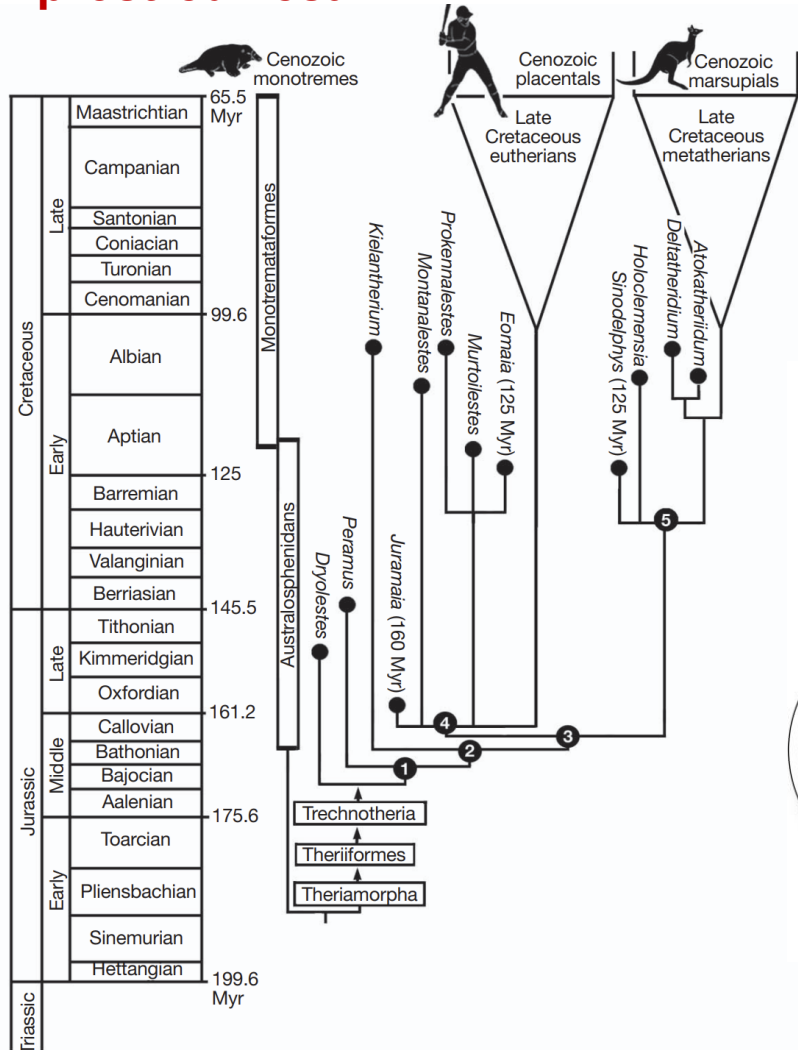


Dosud blíže neidentifikovaná dravá tetanura (plazopánvi, teropoda) byla popsána z pozdní jury Švédských šancí u Brna (Madzia 2014).

Burianosaurus byl ptakopánvý dinosaur, zřejmě podobný známým iguanodonům (Fejfar et al. 2005; Socha 2022).

Ve stínu dinosaurů – nejstarší savci

- **předkem placentálů je rod *Juramaia* z pozdní jury Číny**, stará 160 Ma
- **odštěpení vačnatců a placentálů adaptací na prostředí lesa**



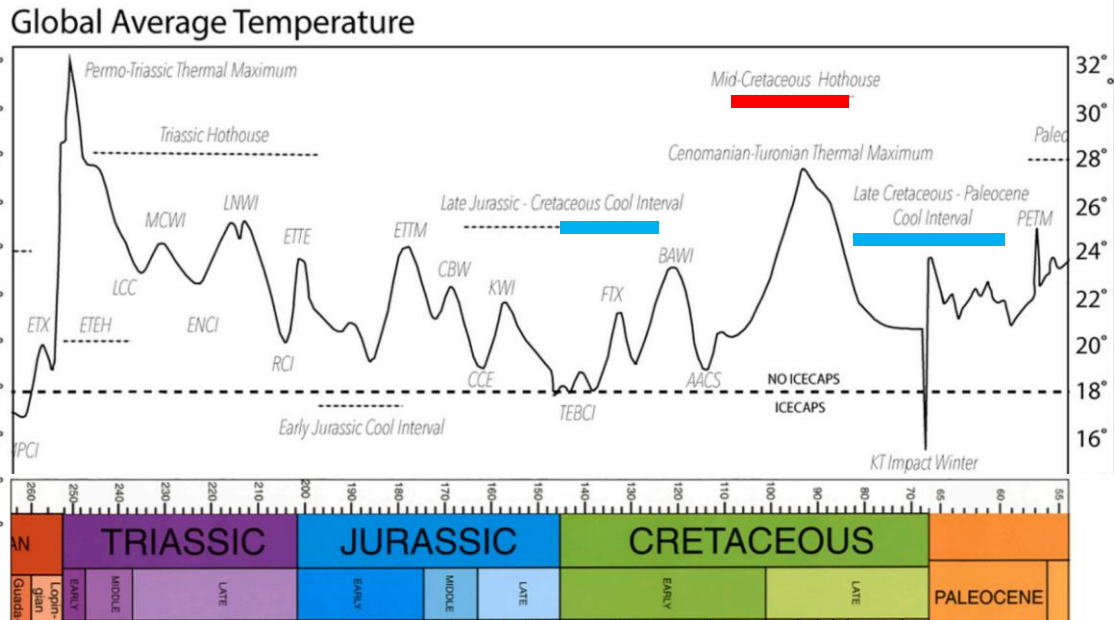
Juramaia sinensis byla velká asi jako rejsek, dobře šplhala a živila se hmyzem (Luo et al. 2011).



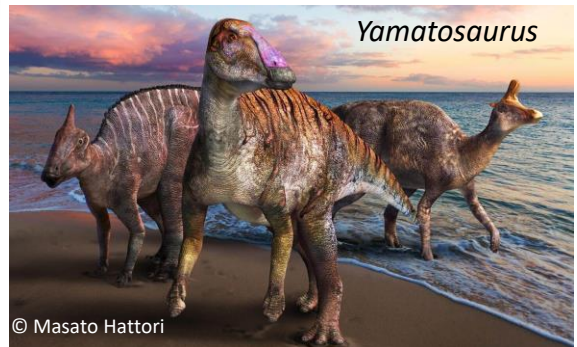
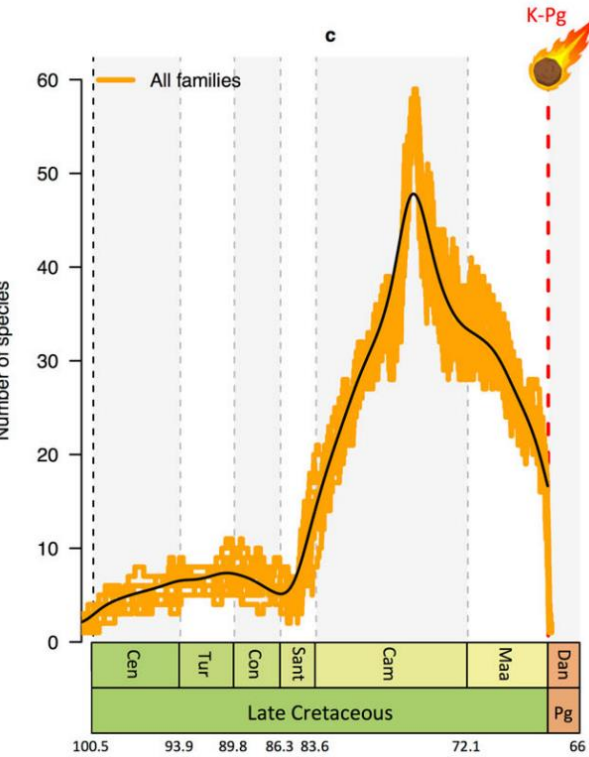
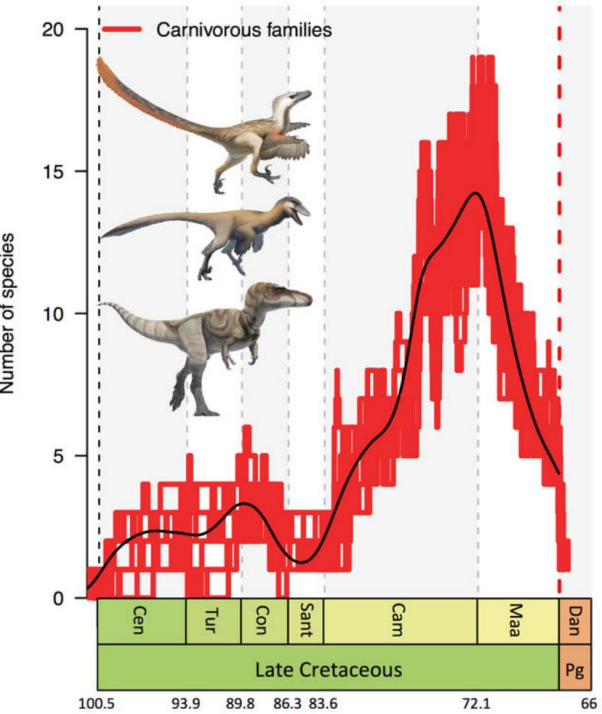
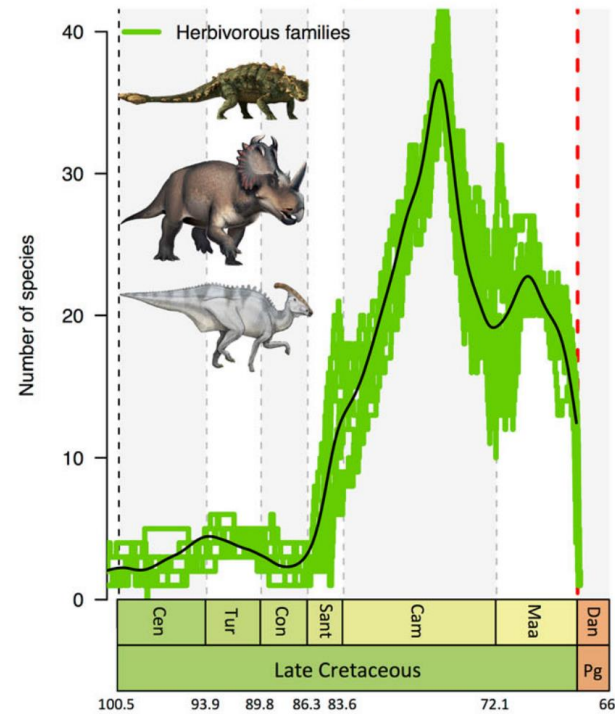
Jezevce připomínající savec *Repenomamus robustus* útočící na býložravého psitakosaura. Rekonstrukce na základě unikátního nálezu ze sopečného prachu, který oba pohřbil před 125 Ma, Čína (Han et al. 2023).

Blížil se konec éry neptačích dinosaurů ještě před K/T katastrofou?

- **analýzou dynamiky speciace-vymírání** u šesti klíčových čeledí dinosaurů se ukázal pokles jejich diverzity od doby před ~76 Ma; nejspíše důsledek globálního ochlazení klimatu
- **pokles diverzity dinosaurů asi způsoben úbytkem býložravců** (Ankylosauridae, Ceratopsidae) v důsledku **konkurenčního boje s hadrosaury** (kachnozubými - Hadrosauridae)
- **náchylnost vymírání způsoben i evolučním stářím jednotlivých druhů**, které nebyly schopné efektivně reagovat na změny prostředí



(Condamine et al. 2021)



www.fossilera.com/fossils/10-1-hadrosaur-hypacrosaur-left-mandible-full-tooth-battery

Co jsme se dověděli?

- Laurasie se plně oddělila od Gondwany vznikem Atlantiku, Gondwana se začala rozpadat
- klima jury a rané křídly bylo teplé, výrazné oteplování ve svrchní křídě, fáze oteplení spojeny s anoxickými eventy
- flóra mezofytika byla v plném nasazení, typické araukárie dokládající sezonalitu klimatu, v tropické zóně cykasy a benetity, jinany jako „živé fosilie“, nejstarší kvetoucí rostliny
- postavení kontinentů umožnilo migrace faun na velké vzdálenosti, výměna faun mezi Laurasií a Gondwanou
- došlo ke značnému rozrůznění dinosaurů, z pozdní jury známe gigantické sauropody i velké teropody, gigantické (největší?) formy dinosaurů vznikaly i v průběhu pozdní křídly
- dinosaury známe i z Čech a Moravy – *Burianosaurus*, tetanury
- známe pozdně jurské předky nejstarších placentálů
- prudké ochlazení koncem křídly => výrazný pokles diverzity dinosaurů, roli hrál konkurenční boj mezi býložravými dinosaury

