

Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část V.

Silur-devon

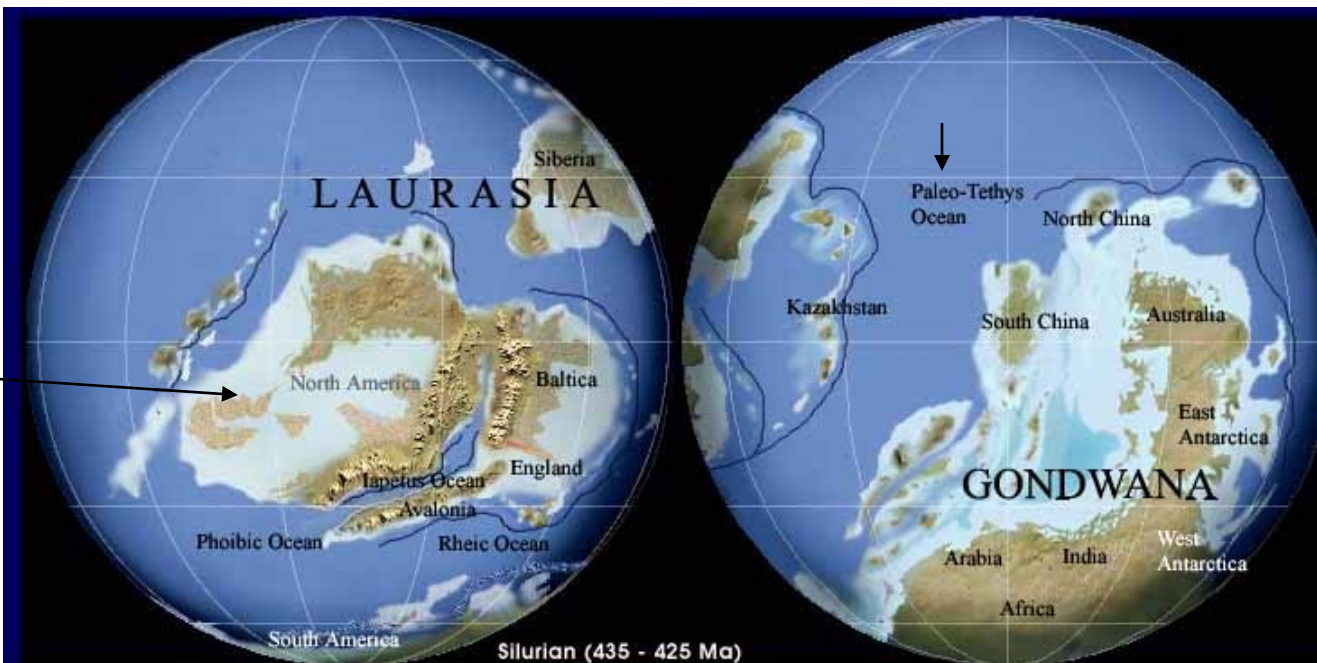
Rostislav Brzobohatý

Výběrovka 19

SILUR (444-416 Ma) - DEVON (416-358 Ma)

SILUR - paleogeografie

- kolize Baltiky, Laurentie = vrcholí kaledonské vrásnění
- vzniká Laurasie
- Paleotethys
- Gondwana se suně k S
- fany – kosmopolitní ráz
- Země má ráz „Green house“
- klima podobné dnešnímu
- ledovce jen u pólů (nad 65 st.)
- aridní klima jen mezi 40 st.
- rovníkové oblasti pokryty teplými mělkými moři



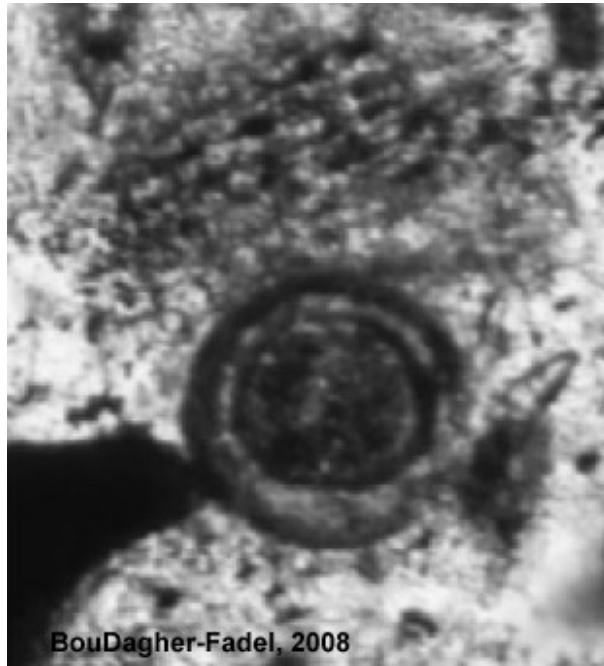
Silurian (435 - 425 Ma)



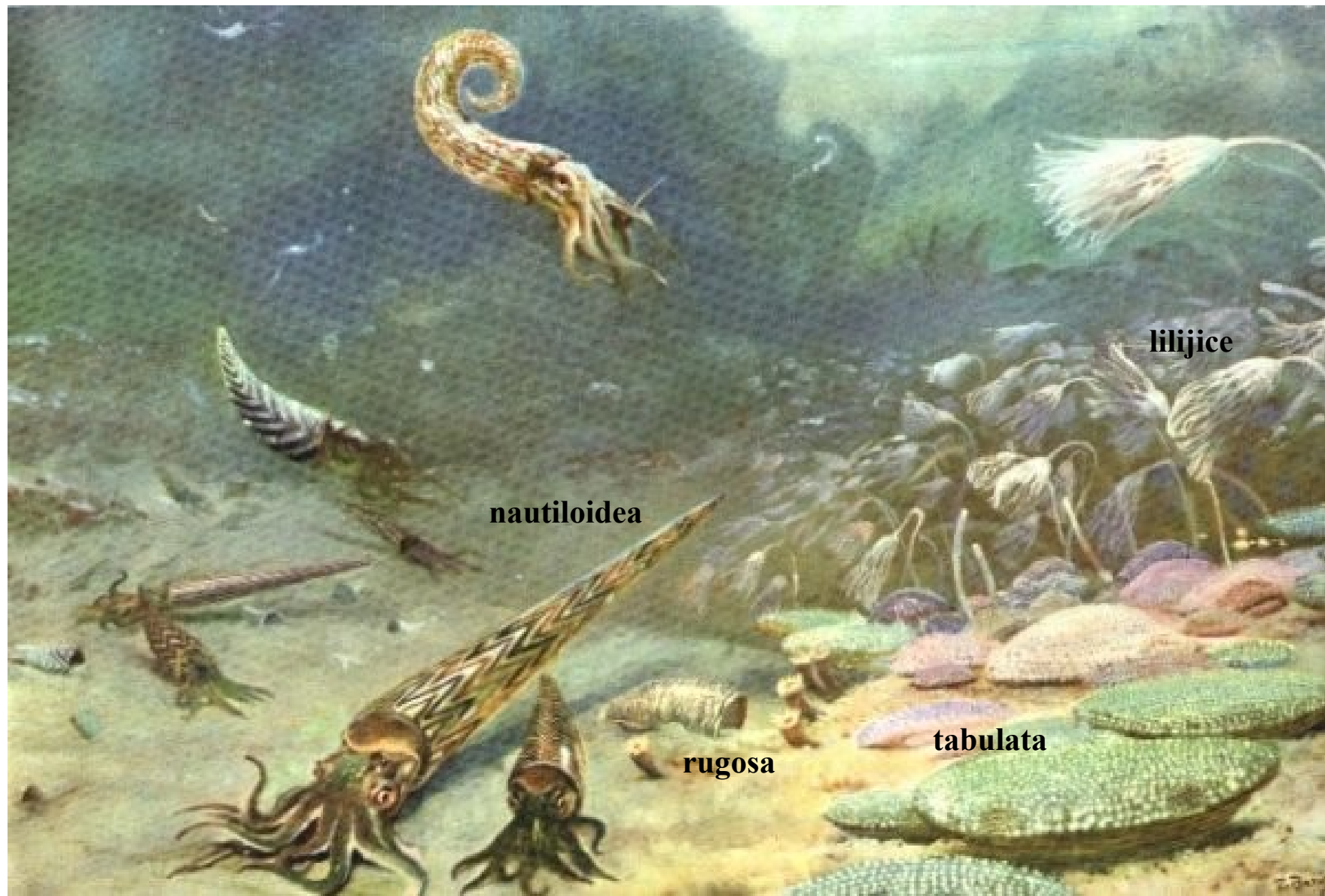
Middle Silurian 430 Ma

Život

Od sv. siluru nastupuje u foraminifer tvorba vápnitých schránek



Eovolutina sp., sv. silur



Virtuální pohled do silurského moře (Burian), z hlavonožců dominují kuželovité „loděnyky“ (*Orthoceras*) – viz ortocerové vápence



**Silur – Skandinávie
(četná tabulata)**



Trs tabulátních korálů rodu *Halysites*, silur USA

Drsnatí koráli (Rugosa) prožívají v siluru počátek svého vrcholu

Tryplasma sp.,
solitérní korál, silur,
Wenlock, Anglie

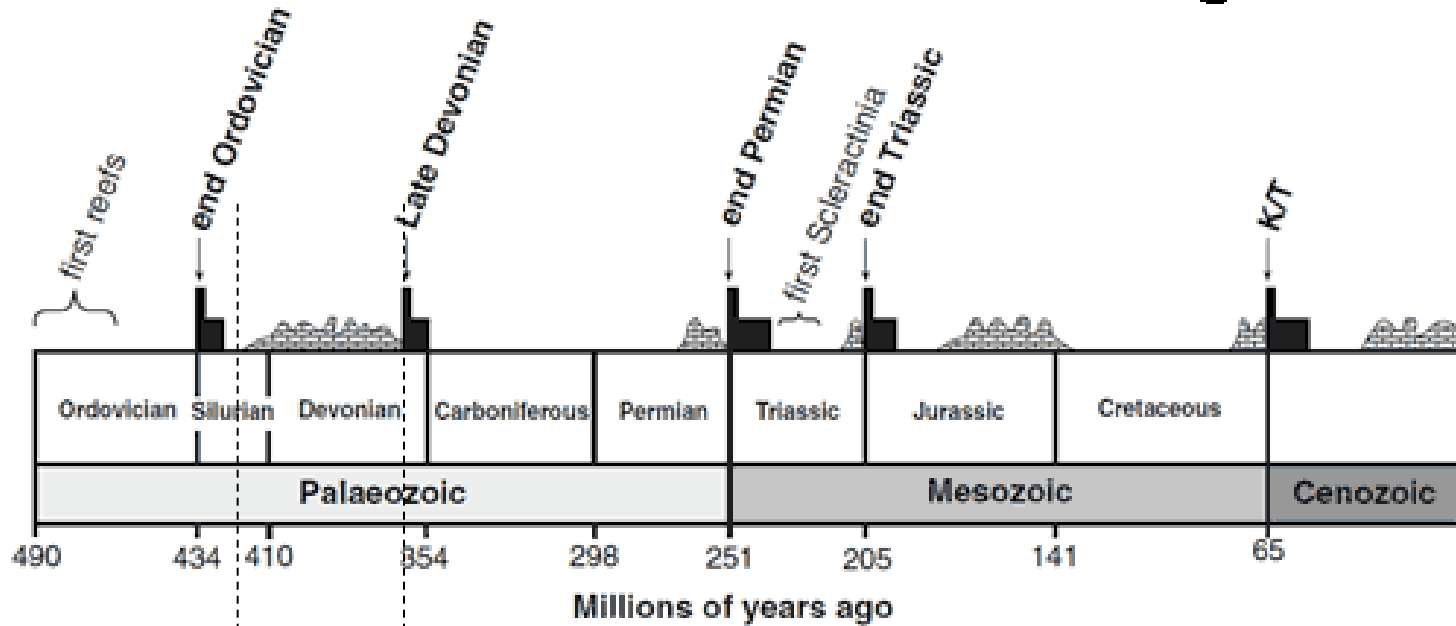


Entelophyllum sp., trs (valoun)



Entelophyllum sp., koloniový korál, silur,
Kentucky

Mass Extinction Events and coral reef growth



rozsáhlé
rify (char. téměř celé období)

Porifera – živočišné houby
-hrají významnou roli při stavbě
silurských a devonských útesů

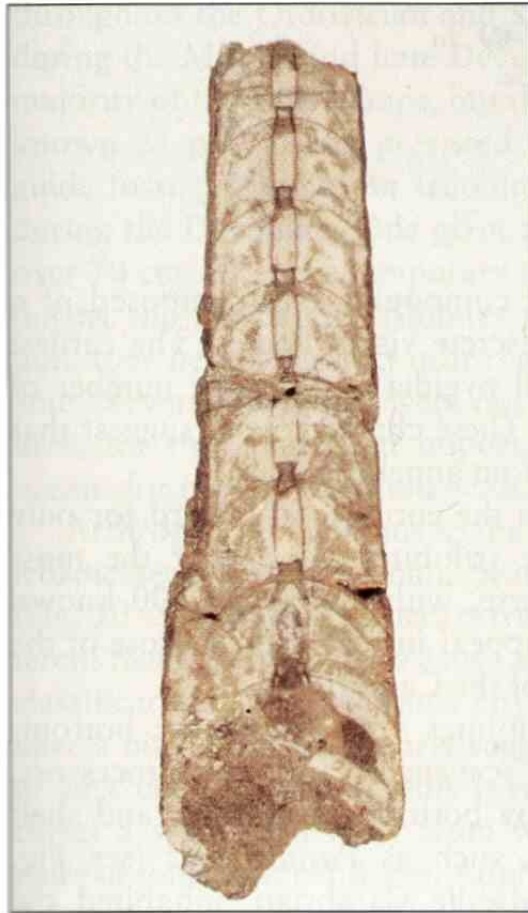


Astylospongia, silur

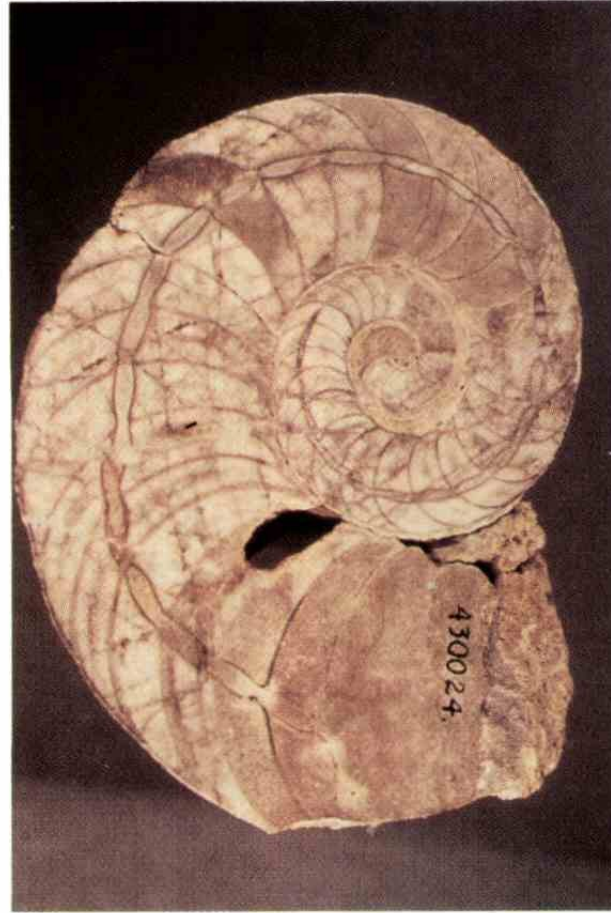


Caryospongia, silur

Loděnký – významná součást nektonu, predátoři



A



B

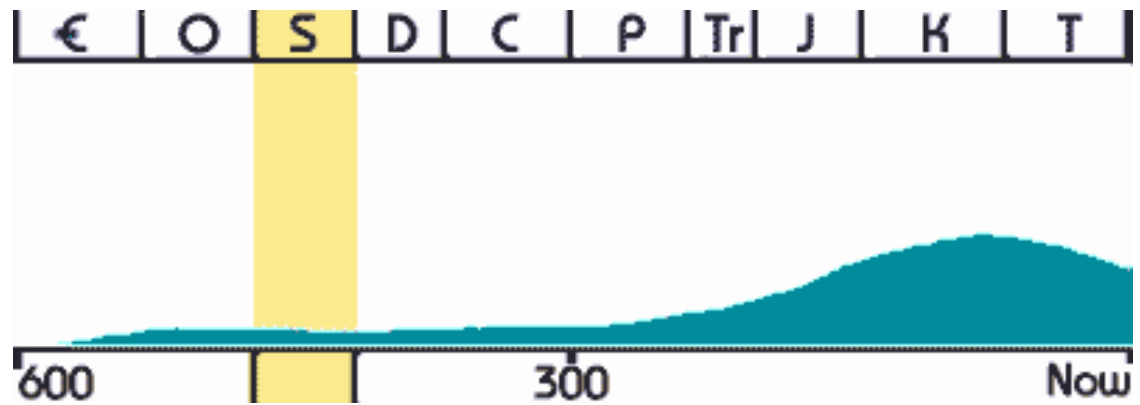
FIGURE 10–46 Variation in conch shape among early Paleozoic nautiloid cephalopods. Both of these specimens are from the Silurian of Bohemia. (A) A sawed and polished section of the straight conch of *Orthoceras potens* showing septa and siphuncle. (B) Sawed and polished section of *Barrandeoceras*, exhibiting a coiled form. Specimen A is 22.5 cm in length; B has a diameter of 18 cm.

Orthoceras potens, silur, barrandien

Barrandeoceras sp., silur, barrandien

BIVALVIA (mlži)

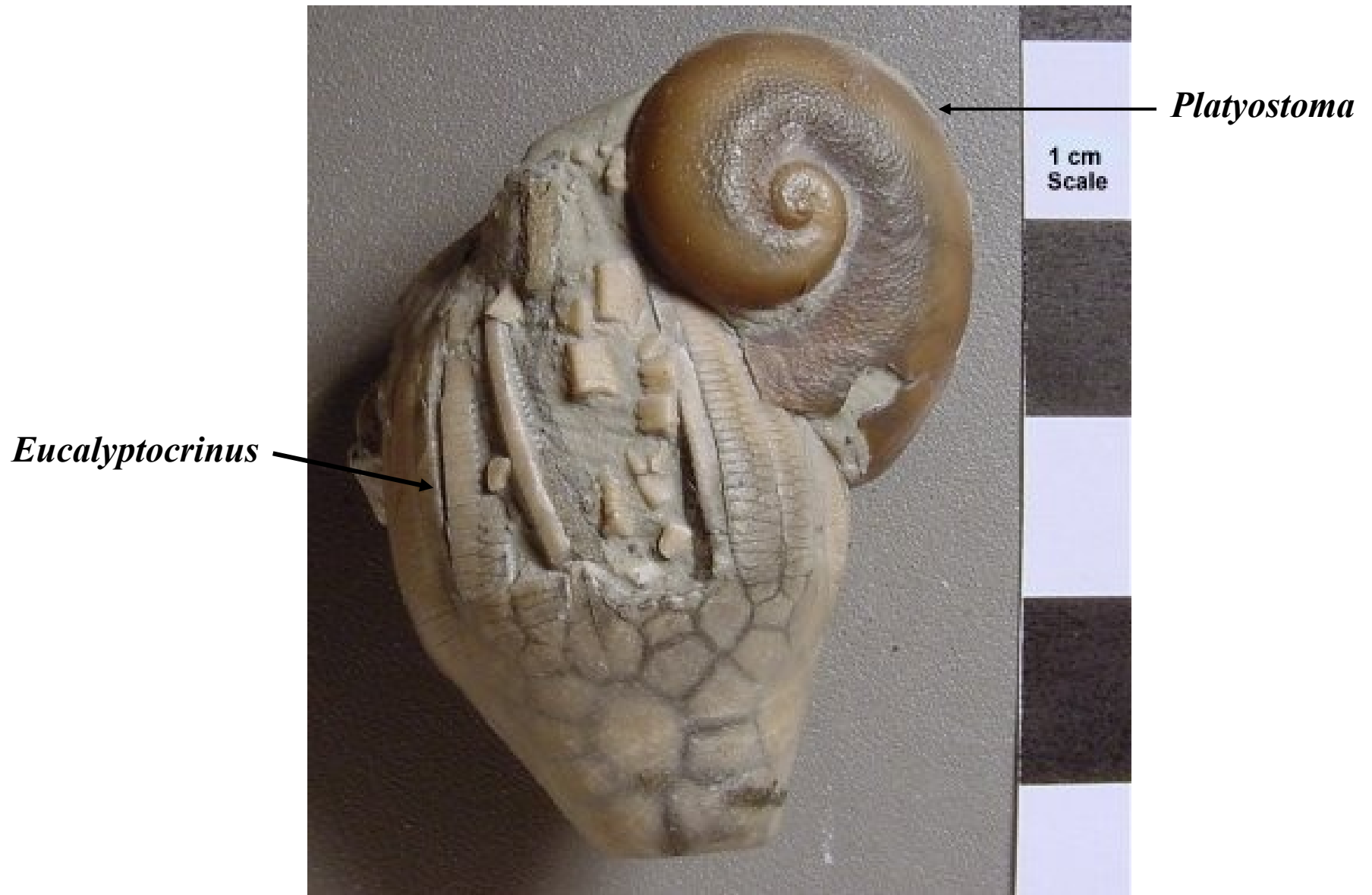
Od ordoviku výrazněji zastoupeni než v kambriu, na svůj výrazný rozvoj však čekají až po ústupu brachiopodů v mesozoiku



Panenka sp., silur, barrandien



Cardiola cornucopiae, dalejsko-třebotovské s. sv. silur, barrandien



Platyostoma (gastropod) sedící na lilijci *Eucalyptocrinus*
(častý případ symbiosy) v silurském moři , USA

Brachiopoda



Leptaena depressa, silur

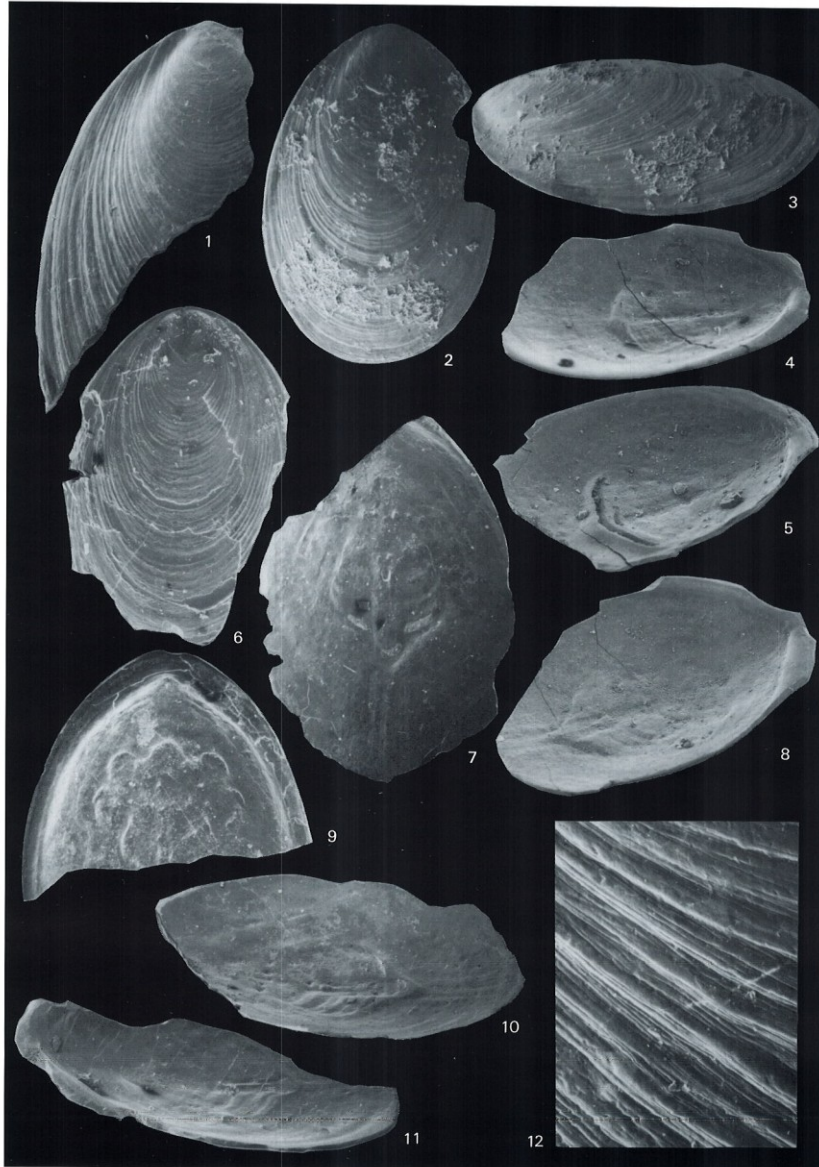


Camarotoechia sp., silur



Dudley, UK, svrchní silur, Brachiopoda, 1= *Atrypa*, 2 = *Leptaena*

M. Mergl: Genus *Lingulops* (Lingulata, Brachiopoda) in Silurian of the Barrandian (Pl. I)



*Zástupci rodu *Lingulops*,
Silur, Barrandien, Mergl (1999)*

For explanation see. p. 157

Trilobiti v siluru ustupují, mají však stále ještě stratigrafický význam



Aulacopleura konincki, silur, Loděnice, barrandien



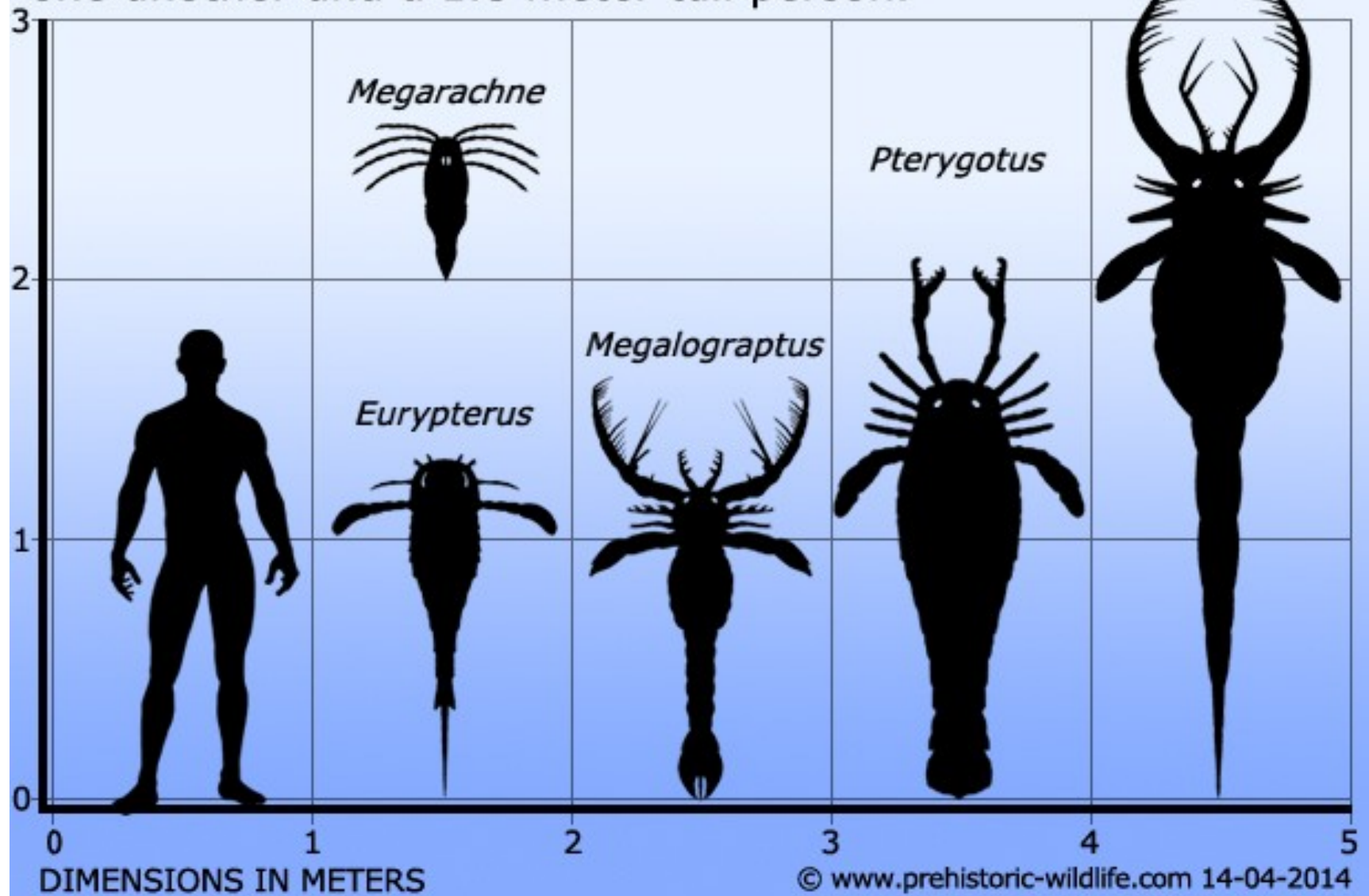
Stáčení silurských trilobitů rodu *Calymene*

Eurypterida



Paracarcinosoma, Eurypterida, silur

Some of the larger eurypterids compared with one another and a 1.8 meter tall person.

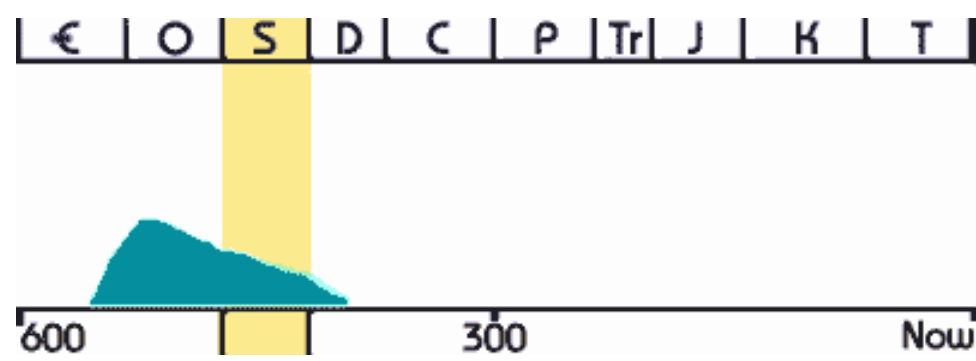


„Cystoidea“ – jablovci, ostnokožci bez radiální souměrnosti, mořský bentos, nástup v ordoviku, vymírají v devonu



Holocystites scutellatus, silur, USA

Graptoloidea - graptoloidi, v siluru největší rozvoj planktonních forem, tvorba černých graptolitových břidlic, anoxie, nedostatek detritofágního bentosu



Monograptus sp., silur



Silur- graptolitové břidlice, barrandien



Demirastrites sp., silur, Sevilla



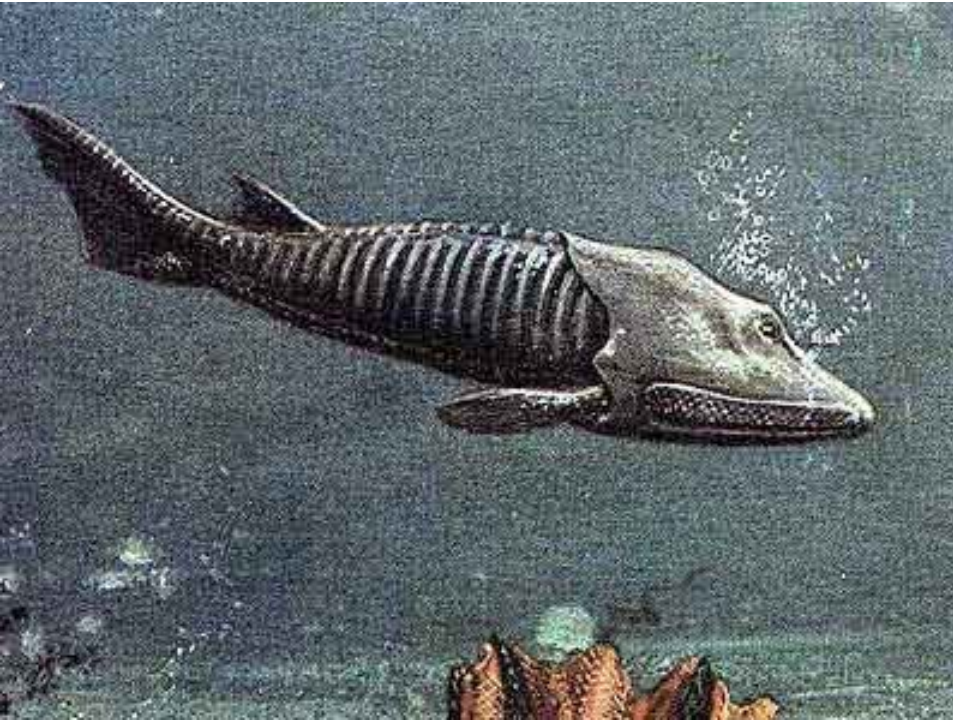
Monograptus planus, silur, Sevilla

AGNATHA (bezčelistní):

- rybovité formy, často pancéřnaté kožní kosti,
- pohyb po dně i dobří plavci
- kambrium-recent (v současnosti jen kruhoústí)
- velký rozvoj v ordoviku a siluru



sliznatka - recent



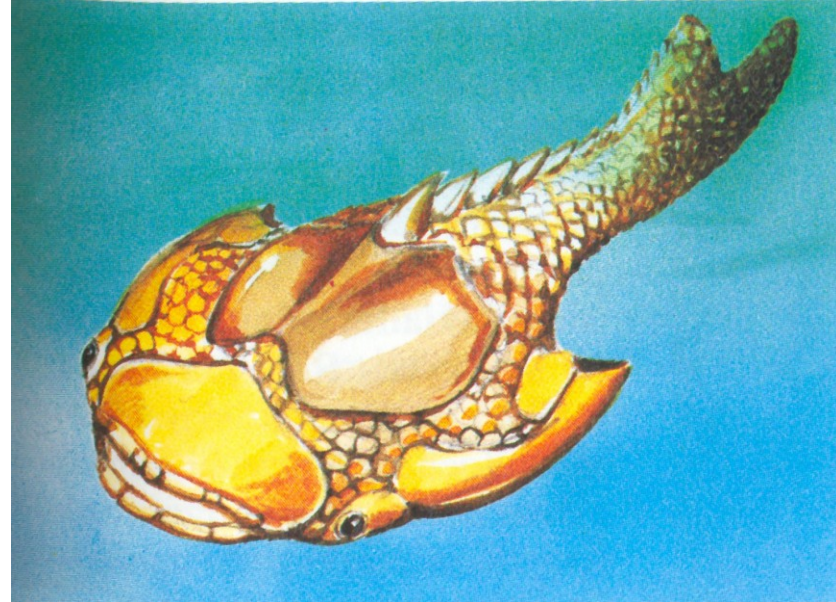
rekonstrukce



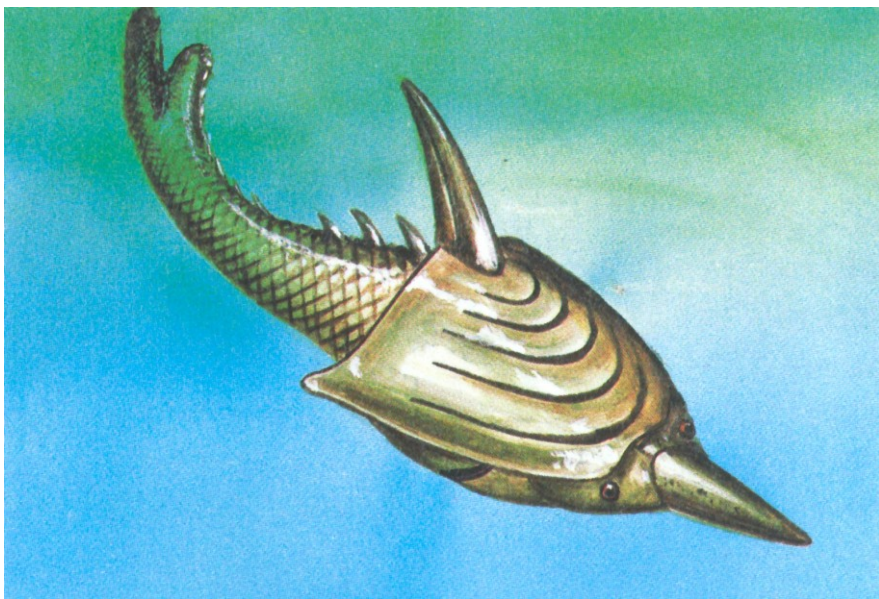
fosílie

Cephalaspis, silur

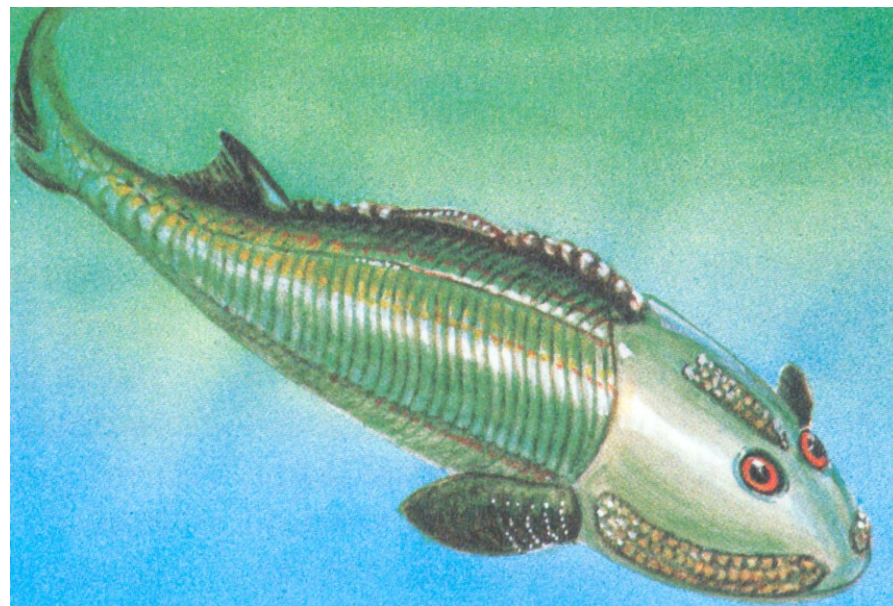
**Barevné interpretace některých
bezčelistných ze spodního devonu**



Drepanaspis



Pteraspis



Hemicyclaspis



Drepanaspis

Během siluru se bezčelistní (Agnatha) rozrůžňují a dosahují maximum své diversity, již v Or vznikají z chrupavčitých žaberních podpor čelisti – rozvoj gnathostomat

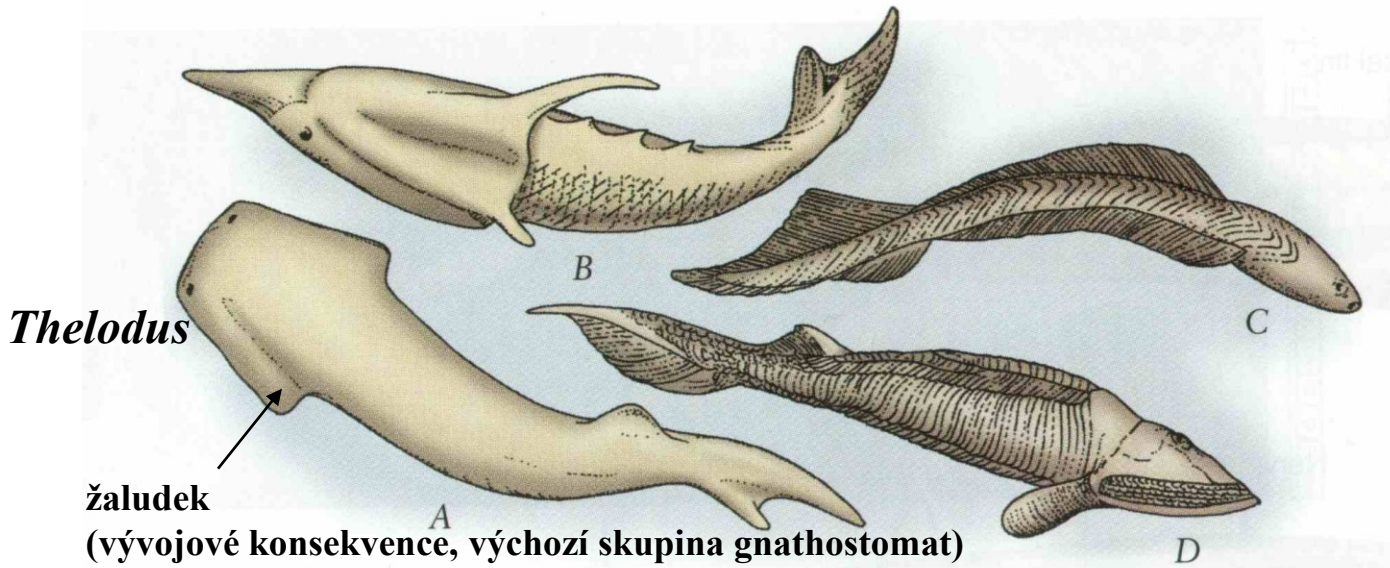
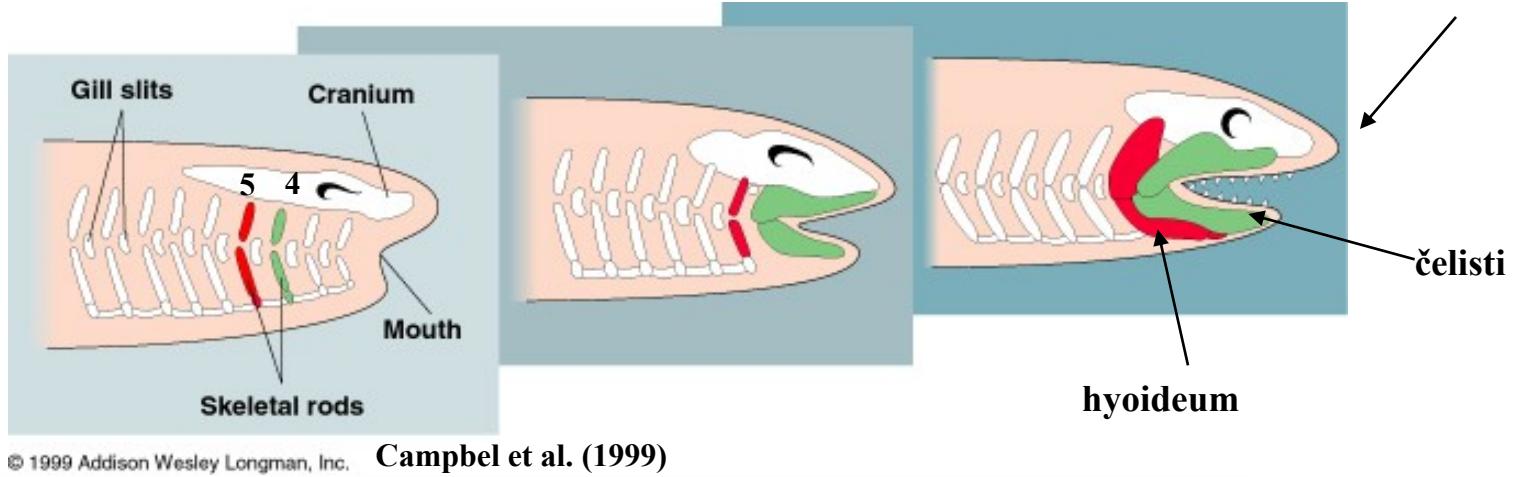
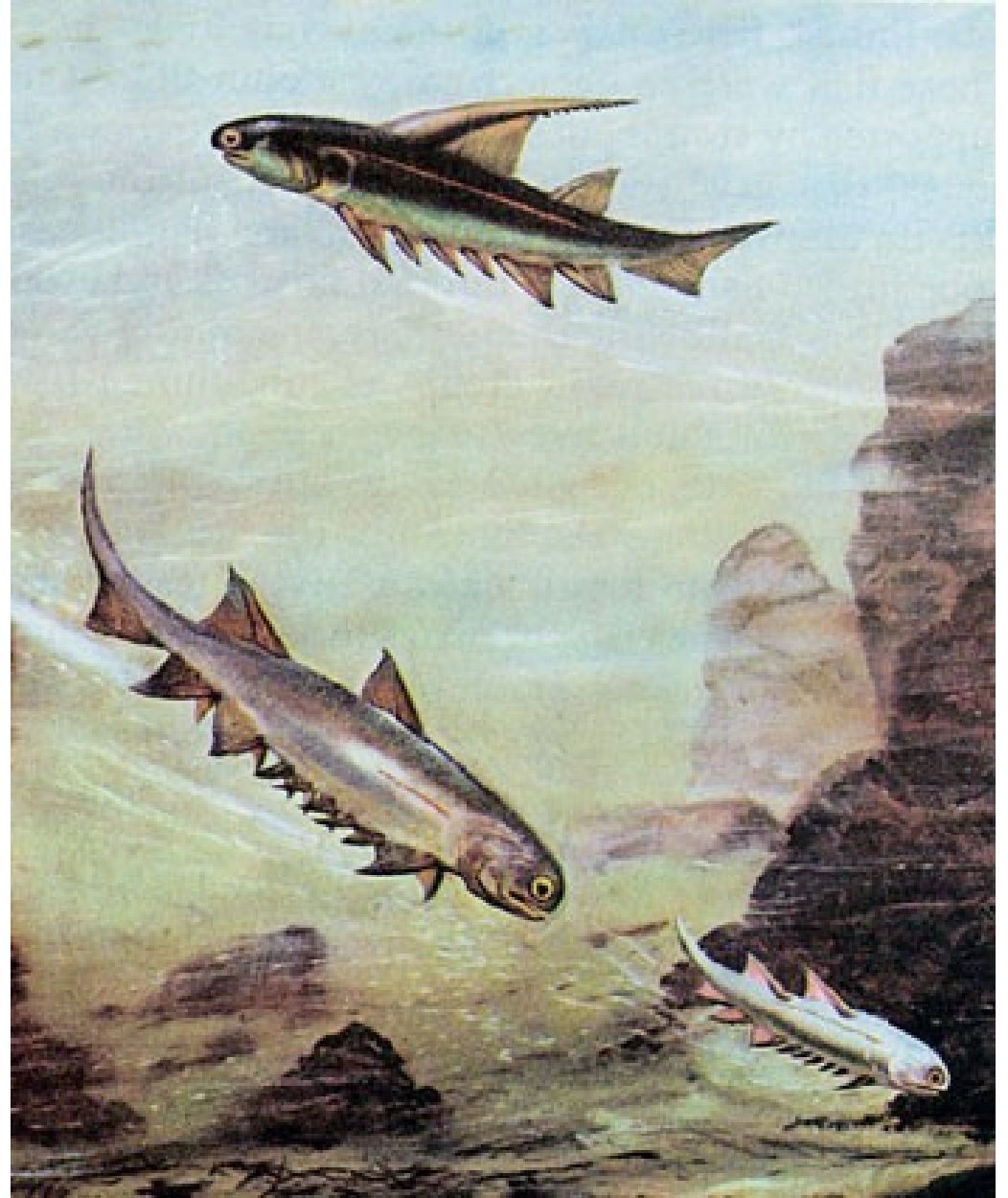
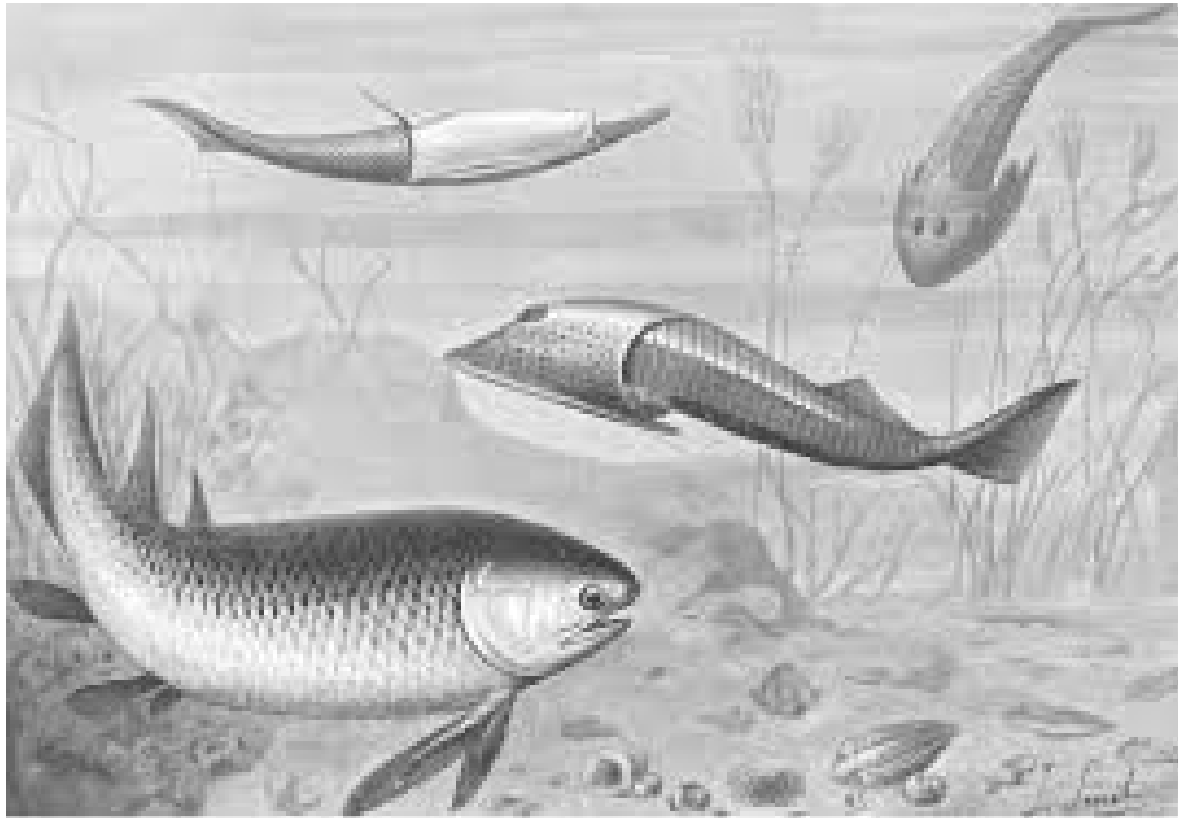


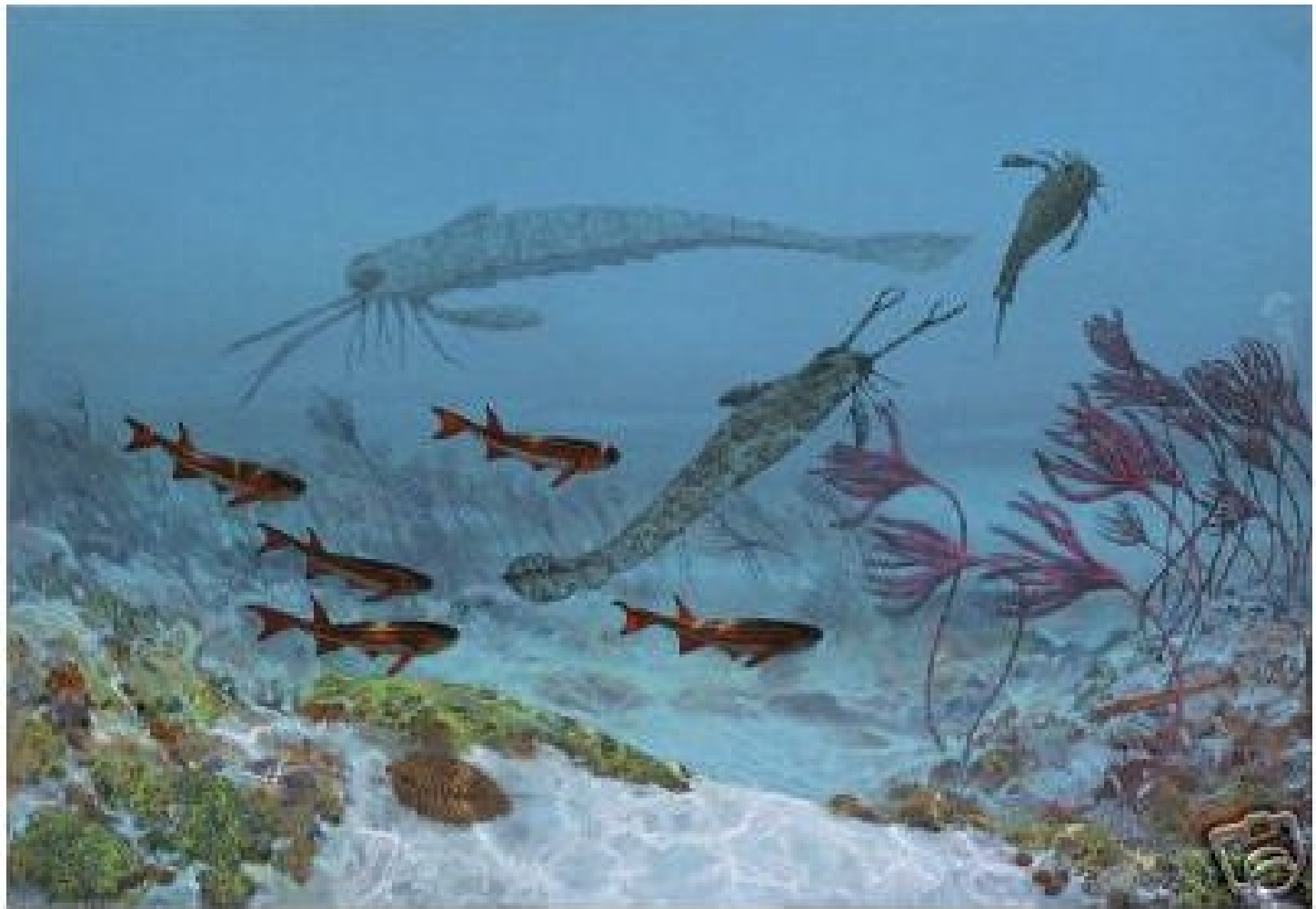
FIGURE 10–66 The early Paleozoic ostracoderms. (A) *Thelodus*, (B) *Pteraspis*, (C) *Jamoytius*, and (D) *Hemicyclaspis* drawn to the same scale.

**Ryby ze skupiny akanthodů
nastupují v siluru v mořích,
během devonu se adaptují na
sladkovodní prostředí**





Ještě jeden pohled na silurské rybovitě obratlovce



Silur – eurypteryda a akanthodi, charakteristické skupiny dravého nektonu

Výtrusné rostliny opouštějí vodu (Psilophyta)



Zosterophyllum rhenanum

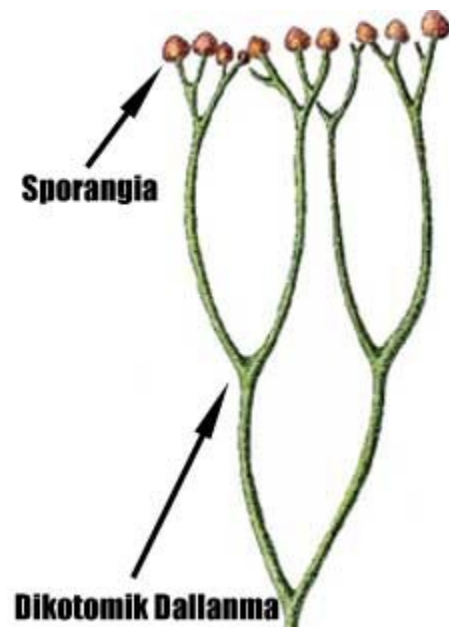
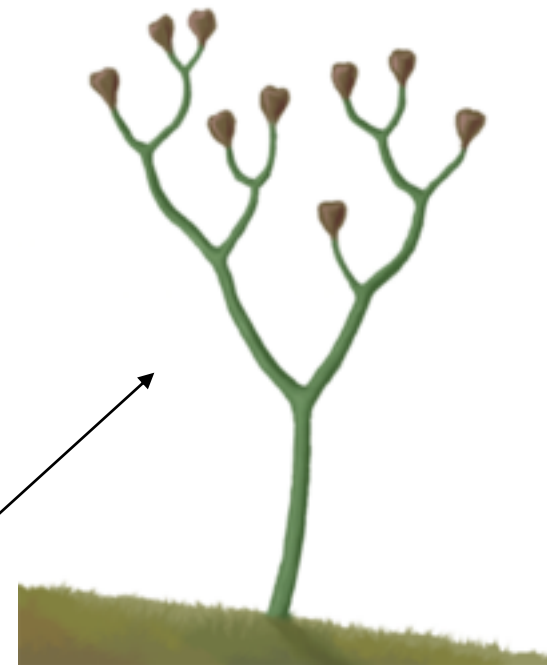
Rhynia major

Coocksonia sp.



Cooksonia caledonica, V. New York,
silur

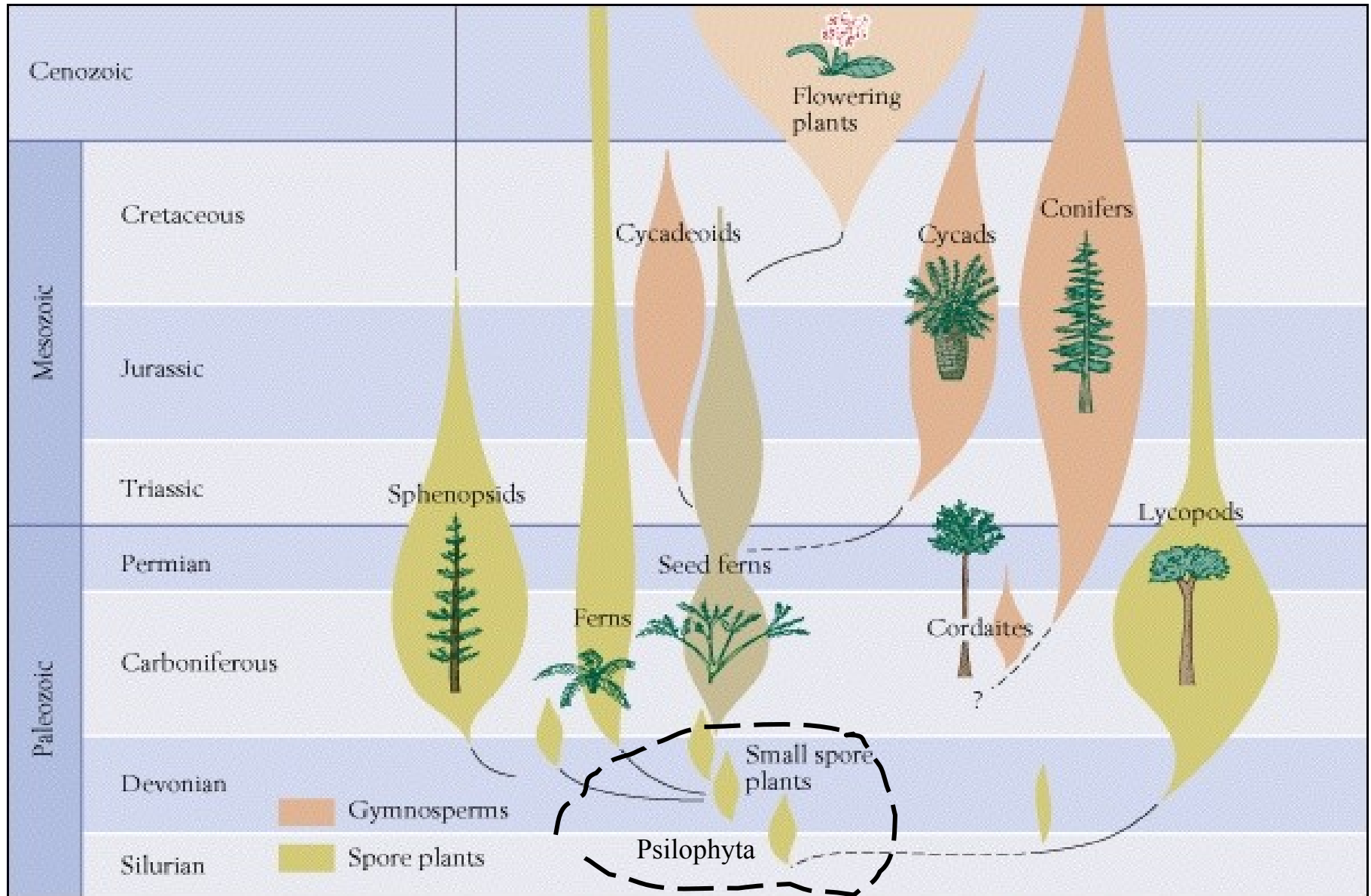
rekonstrukce





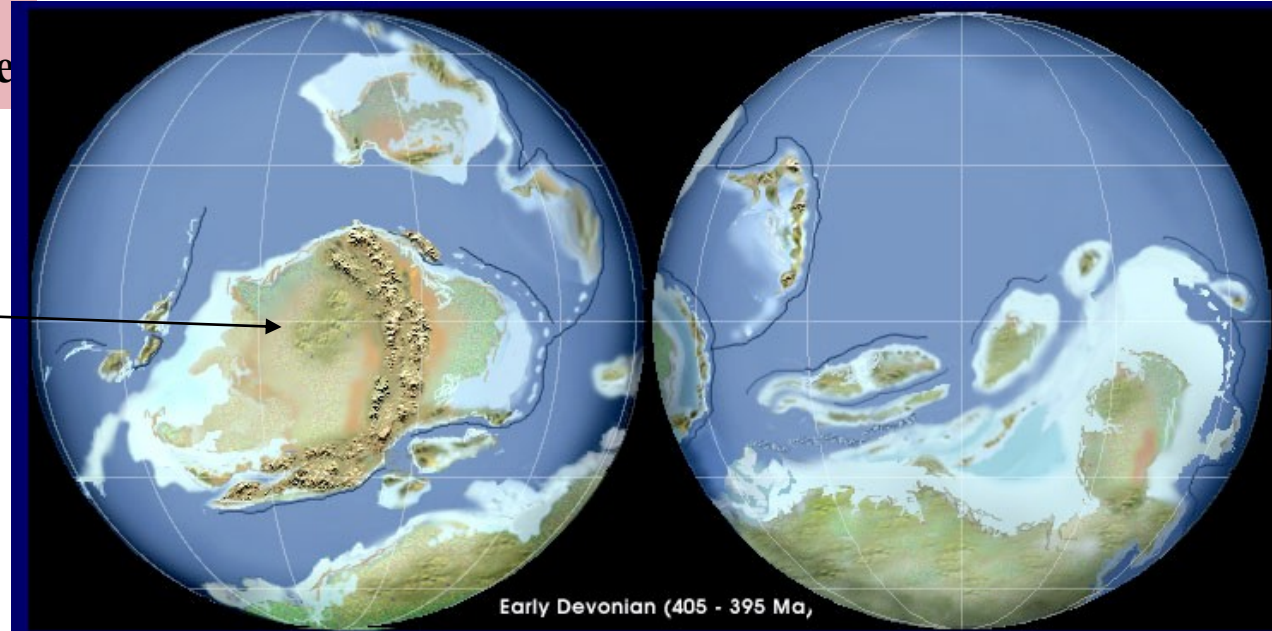
Svrchní silur – vulkanická krajina s psilofyty

Vývojové schema cévnatých rostlin



DEVON - paleogeografie

- pokračuje sdružování kontinentů
- kolem rovníku „Old Red“ kontinent
- většinou teplé aridní klima
- útesové vápence
- v závěru ochlazení a opětné oteplení



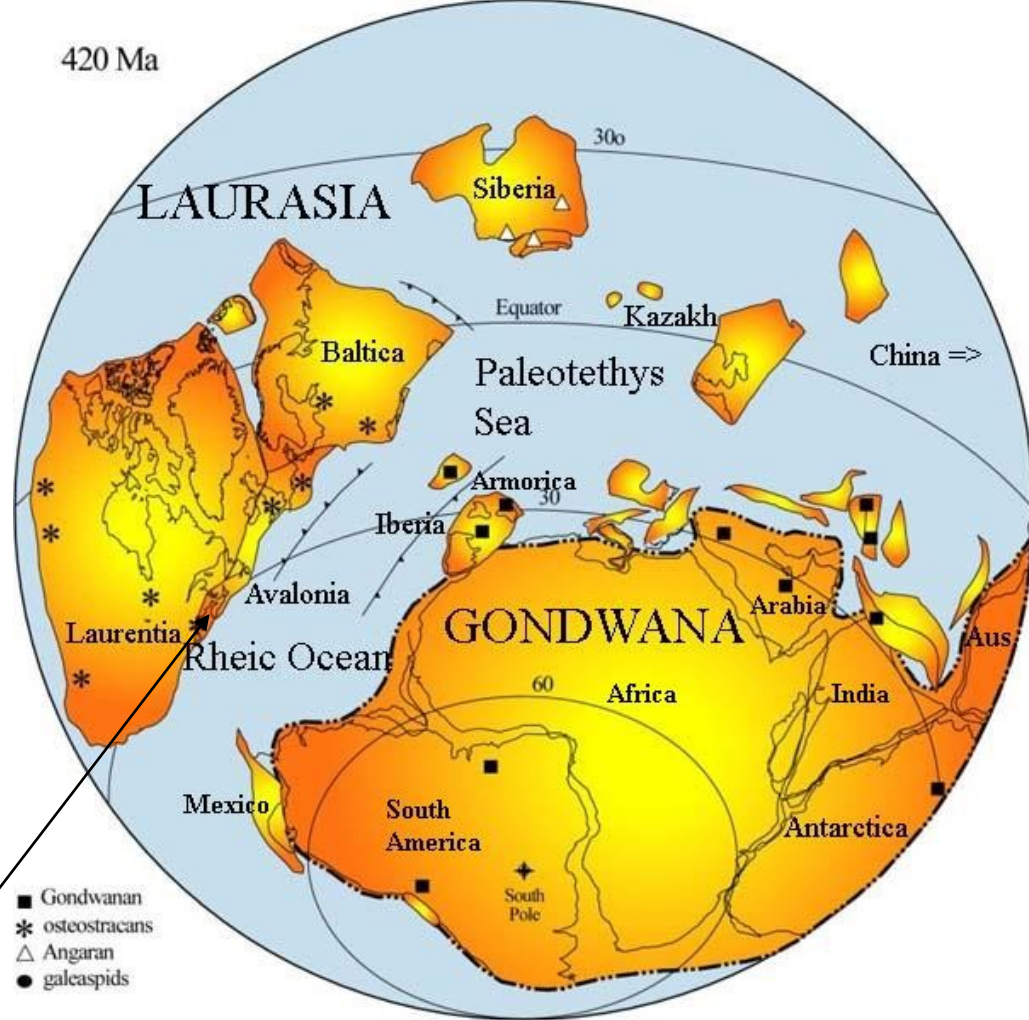
Časný devon – Avalonia koliduje s Laurentií = Akadské pohoří (N. Anglie, Kanada)

Záp. okraj ruské platformy – kolizní tektonika = orogeneze Uralu a skythské oblasti

Východevropská platforma se zvedá + inverzní tektonika v pečorské pánvi vznikají transtenzní pánve

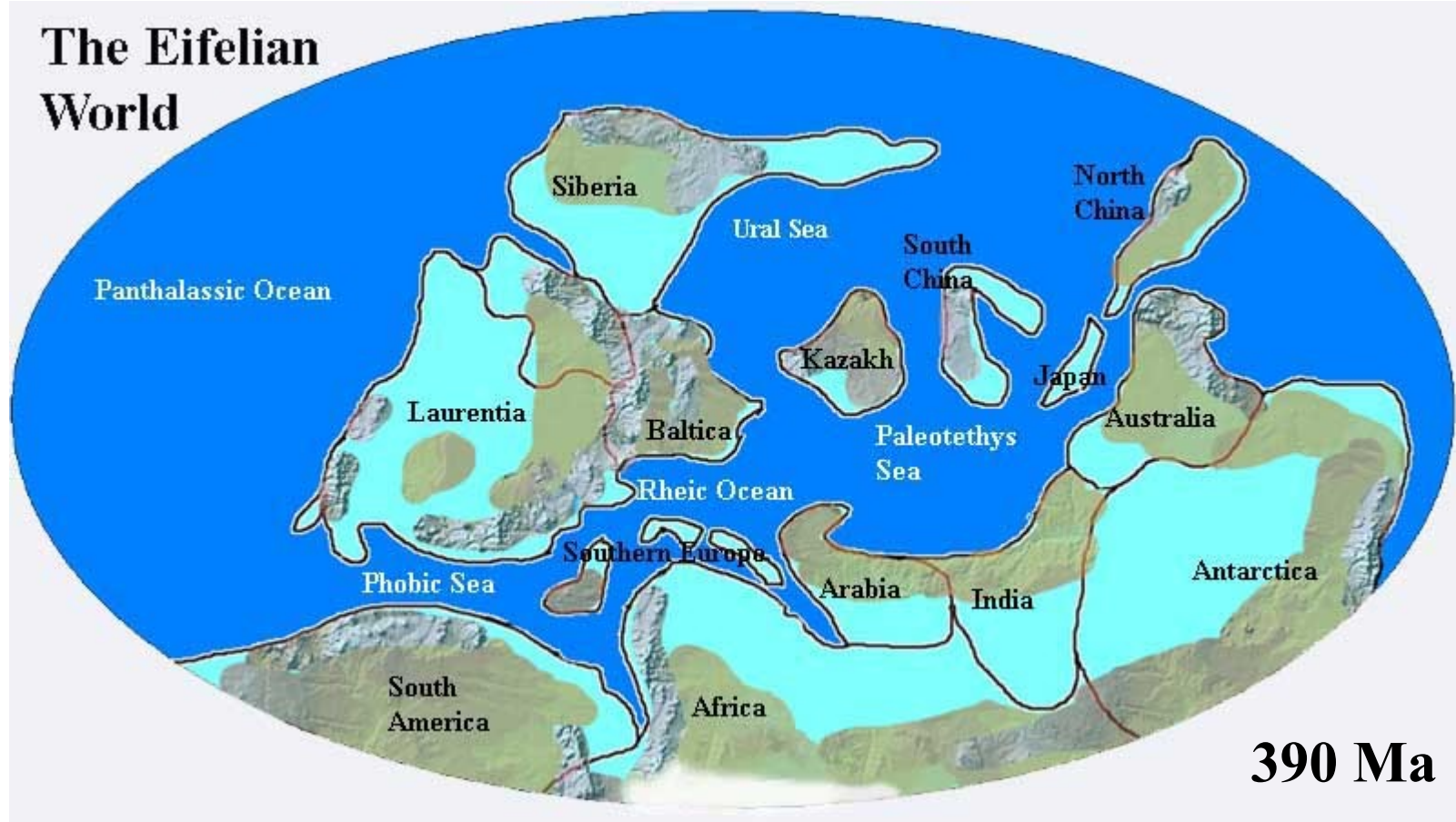
Lochkovian

420 Ma

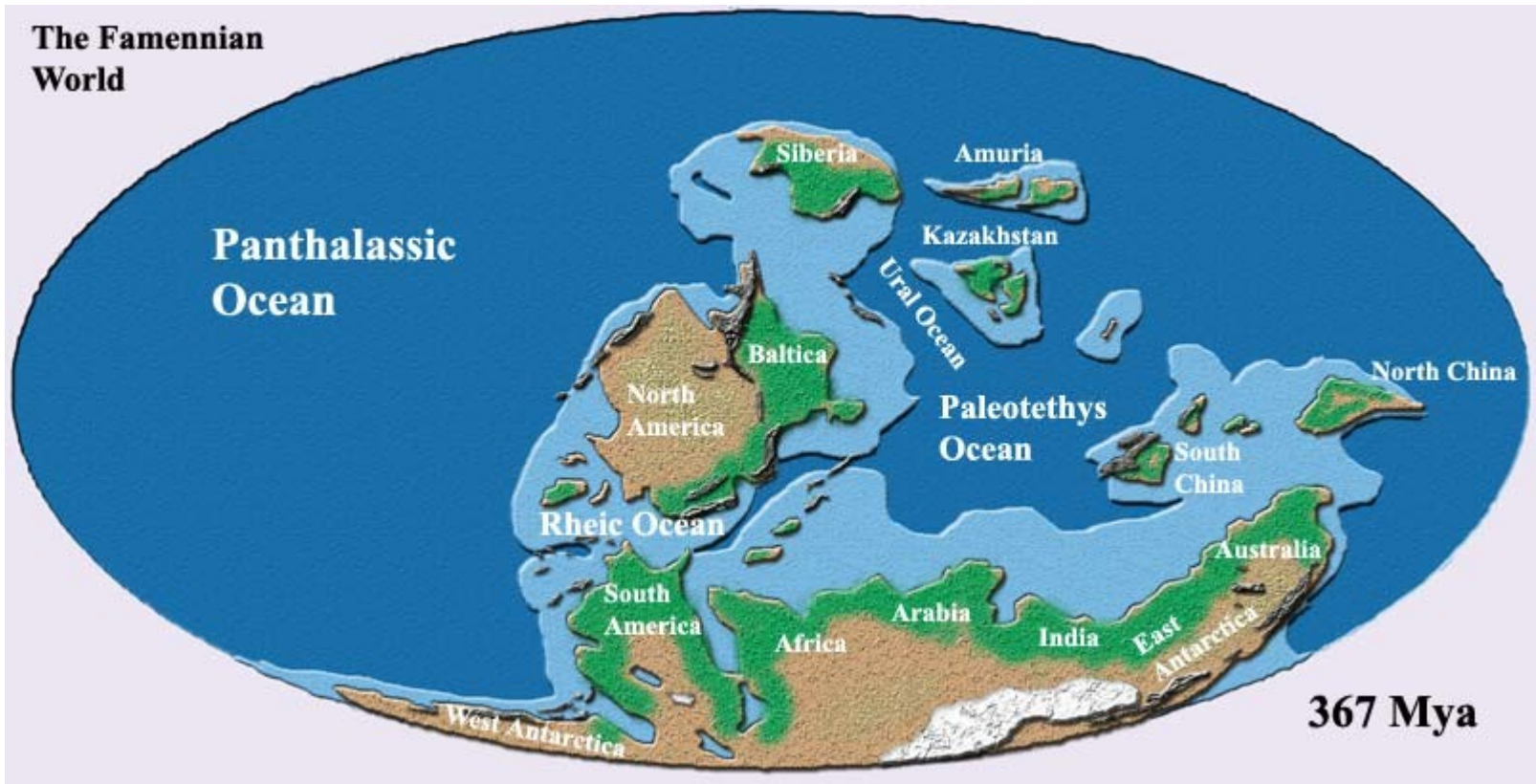


Časný devon – Avalonia koliduje s Laurentií = Akadské pohoří (N. Anglie, Kanada)

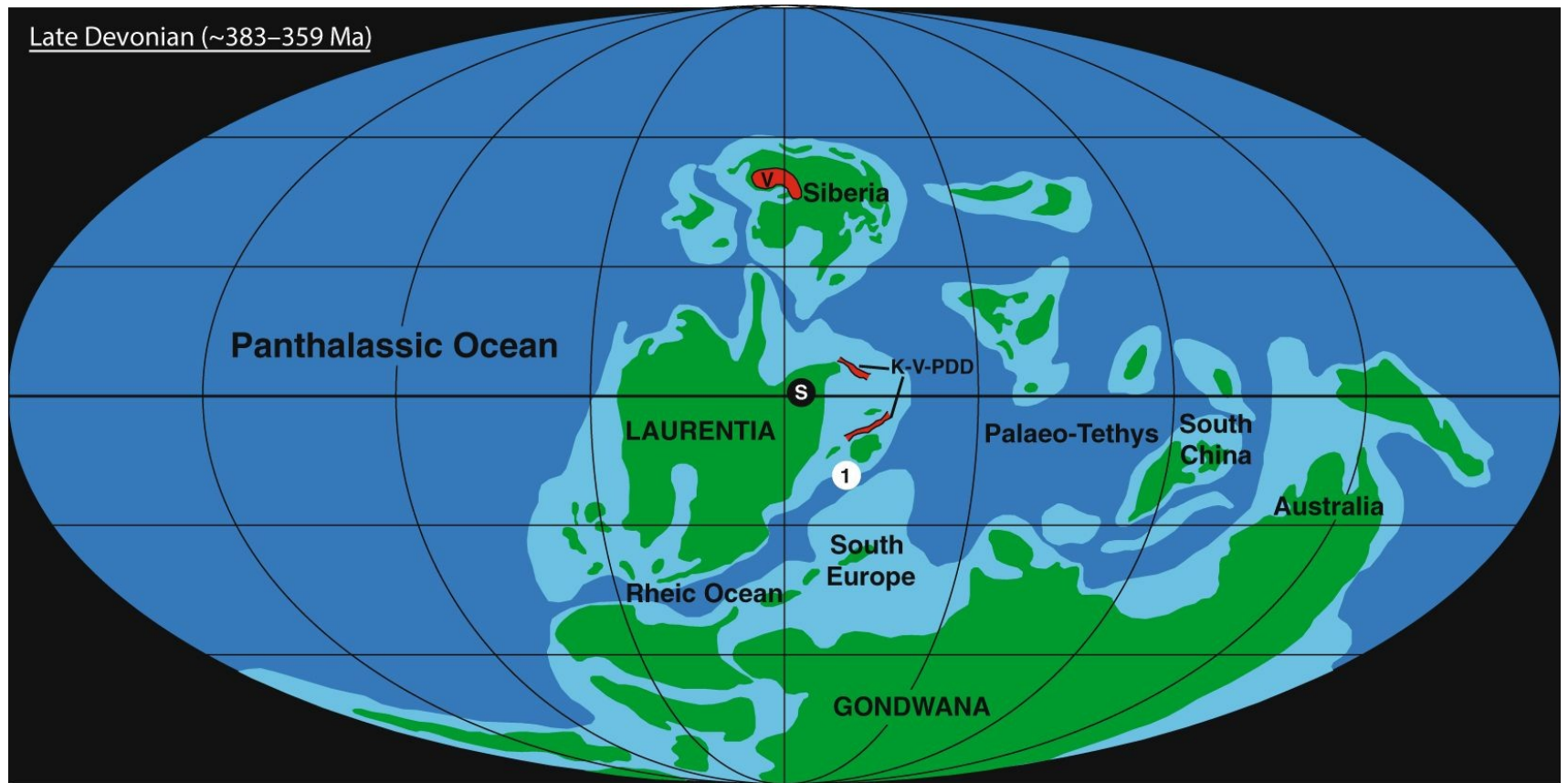
The Eifelian World



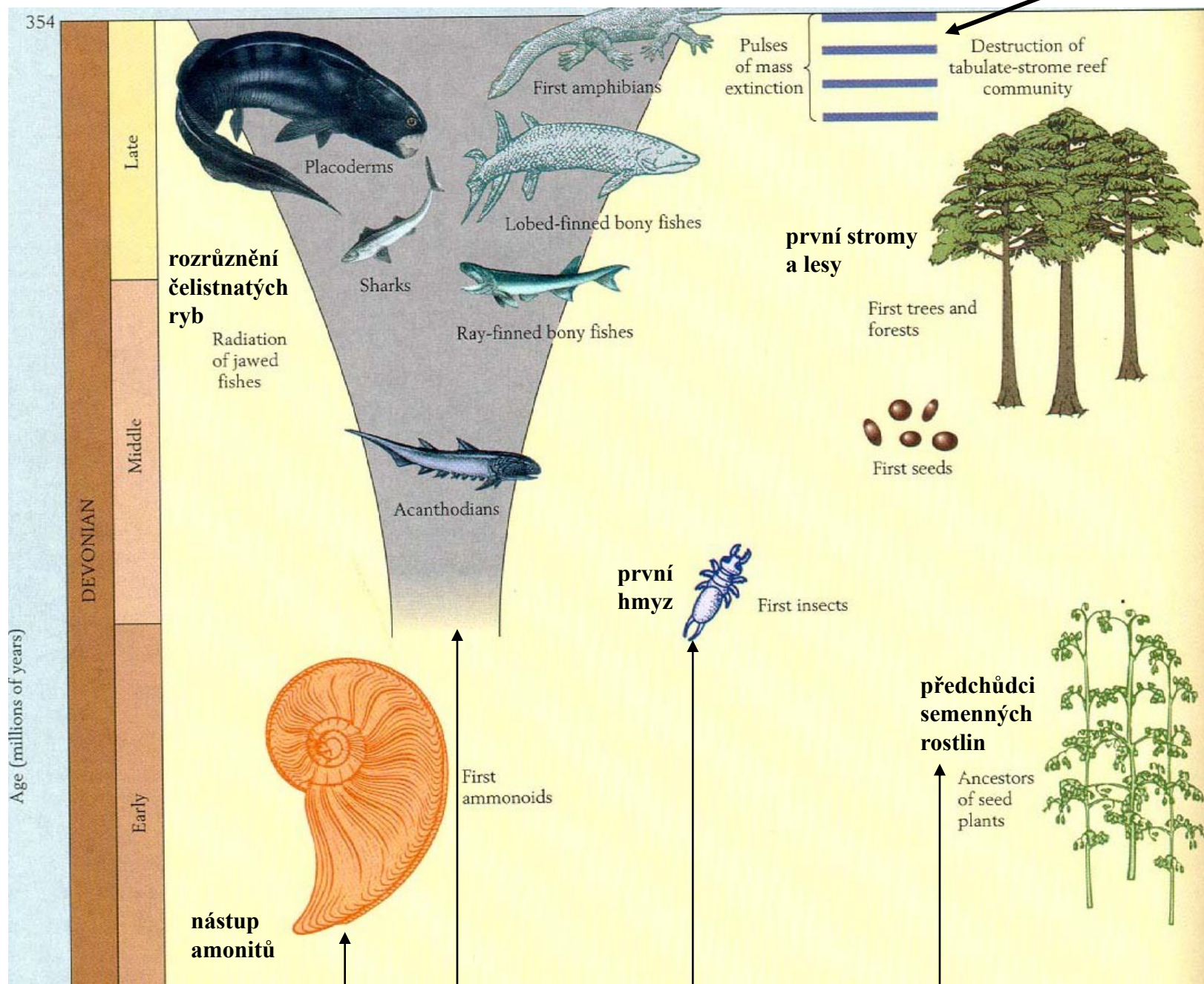
**The Famennian
World**



Late Devonian (~383–359 Ma)



Průběh života v devonu, hlavní události, vymírání na konci proběhlo ve vlnách



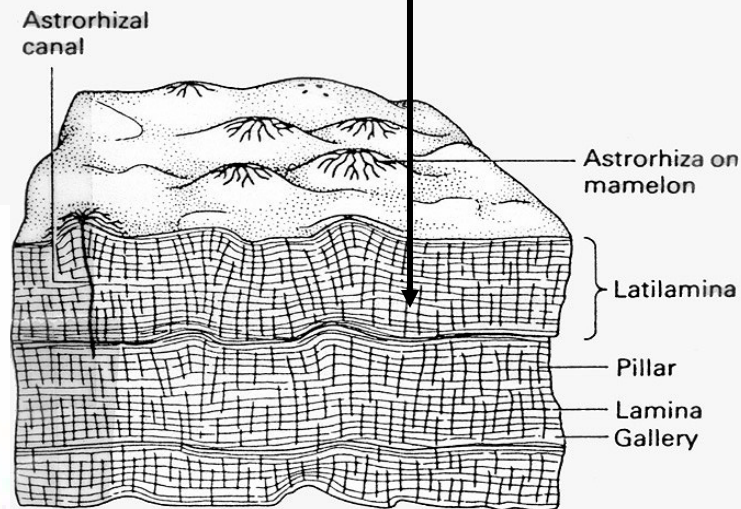
Stromatoporoidea – koloniální organizmy s vápnitou kostrou dnes řazené k houbám

- jejich bočníkovité, povlékové trsy jsou charakteristické laminovanou stavbou
- v siluru a devonu patří k nejdůležitějším útesotvorným organizmům
- ve svrchním devonu jsou výrazně postiženy vymíráním a tím se mění ráz útesů ve mladším paleozoiku.



irregular shape

*ACTINOSTROMA
CLATHRATUM*
Nicholson; Middle
Devonian; UK.



Actinostroma clathratum Nich.,
střední devon,
Anglie



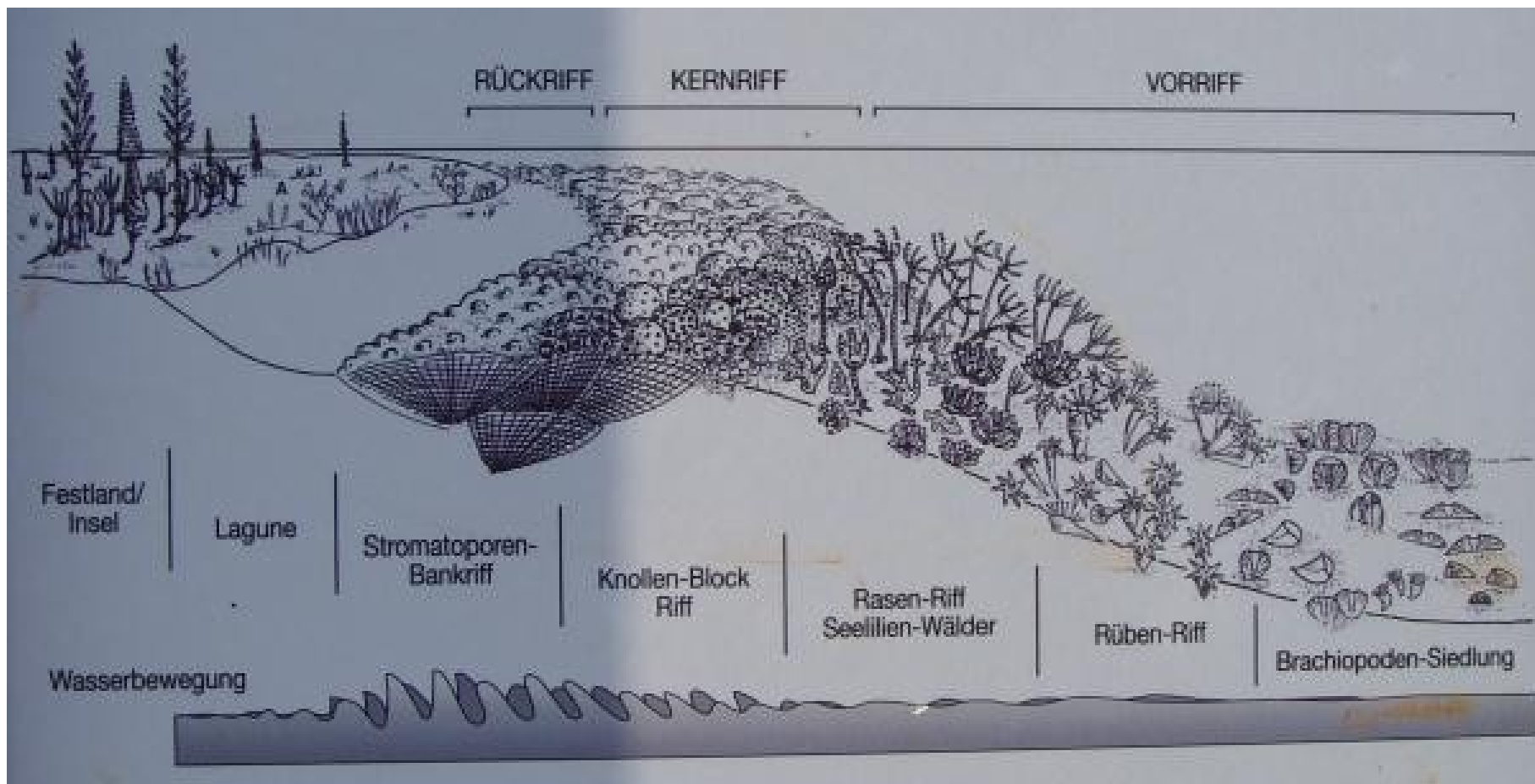
Aulopora – devon,
Porýní

2.5 mm

Četné devonské vápence s faunou se používají jako okrasné kameny



Rekrystalované trsy rugózních korálů, Petoskey, devon



Příklad devonských rifů

Hidden (2010)

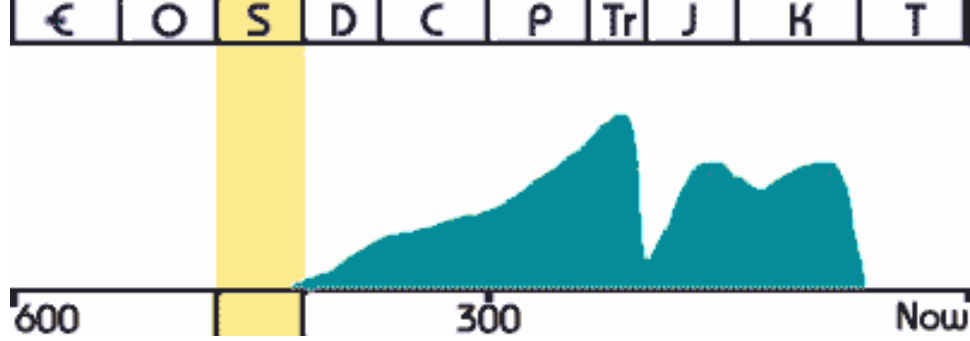
Gastropoda – pokračují starobylé skupiny. Rod *Tubina* je charakteristický pro svahy spodnodedvonských útesů



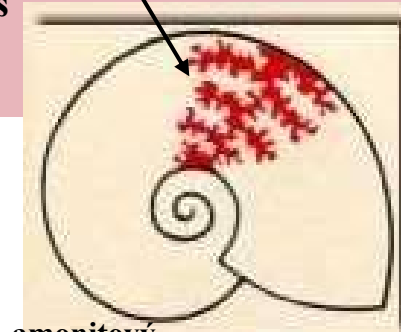
Tubina armata, sp. devon, Koněprusy

Ammonoidea – amoniti

- nastupují ve **sp. devonu (?Si)**,
- v nektonu postupně přebírají roli loďčkových
- septální švy se v čase stávají složitějšími (stratigrafie)

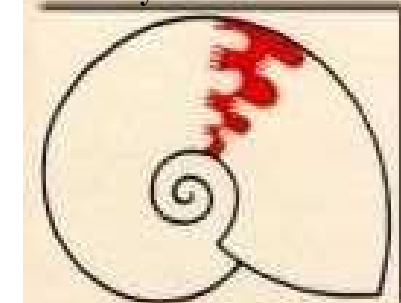


čas



amonitový

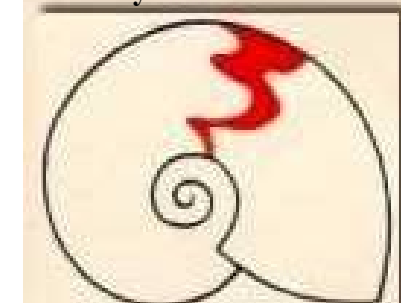
Ammonites
sp. Tr-sv. Cr



ceratitový

Ceratites
sv. Pe-sp. J

poDEVONSKÉ



goniatitový

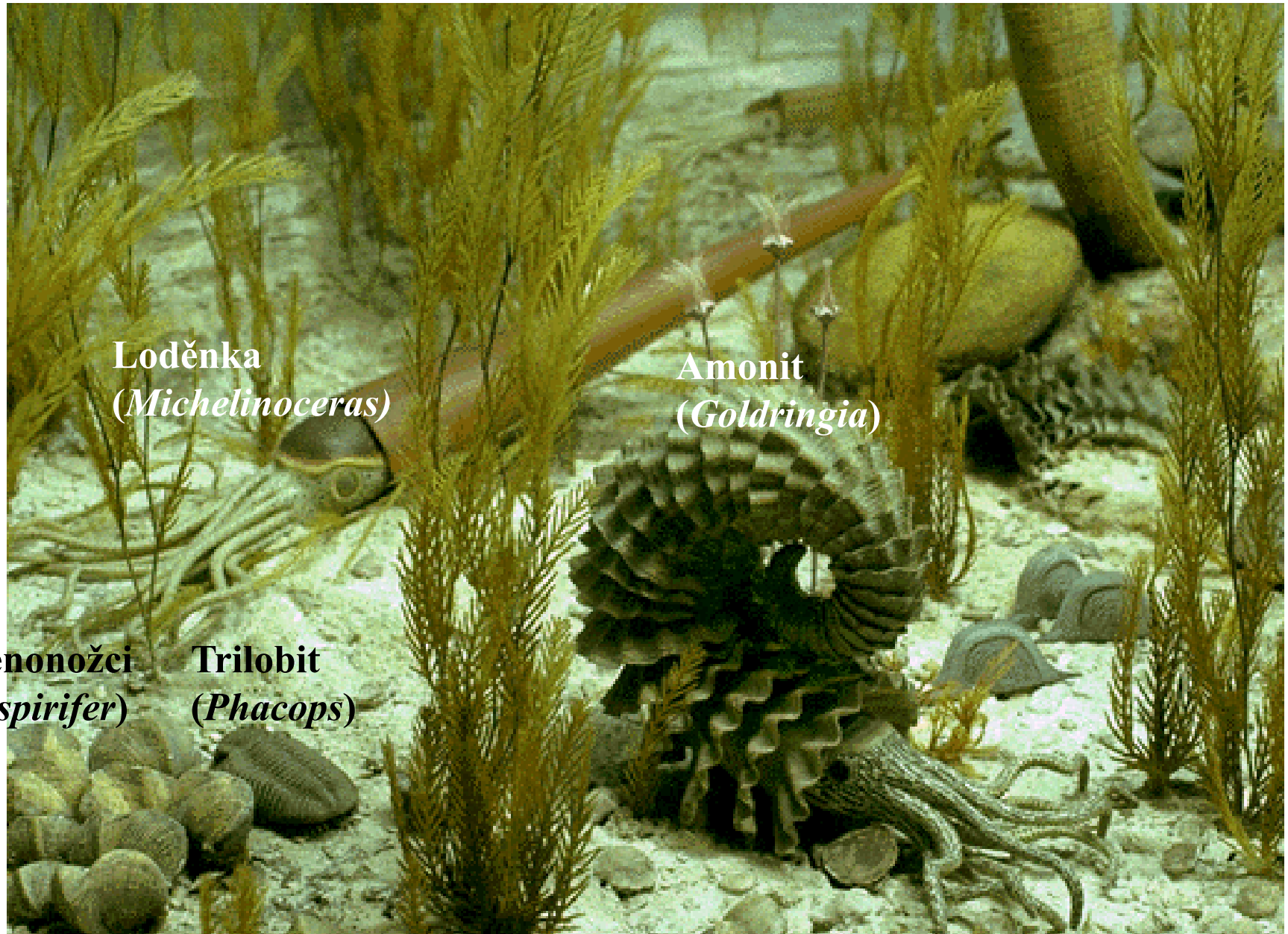
Goniatites
De-Pe



Clymenia – rod typický pro svrchní devon

Clymenia

Pohled do devonského moře na život bezobratlých



Loděnka
(*Michelinoceras*)

Amonit
(*Goldringia*)

Ramenonožci
(*Paraspirifer*)

Trilobit
(*Phacops*)

Brachiopoda

-v devonu prožívají nový rozkvět,
dosahují maxima své diverzity

Stringocephalus, devon
(rod hojně zastoupený ve středním
devonu např. Moravského krasu)



10 mm



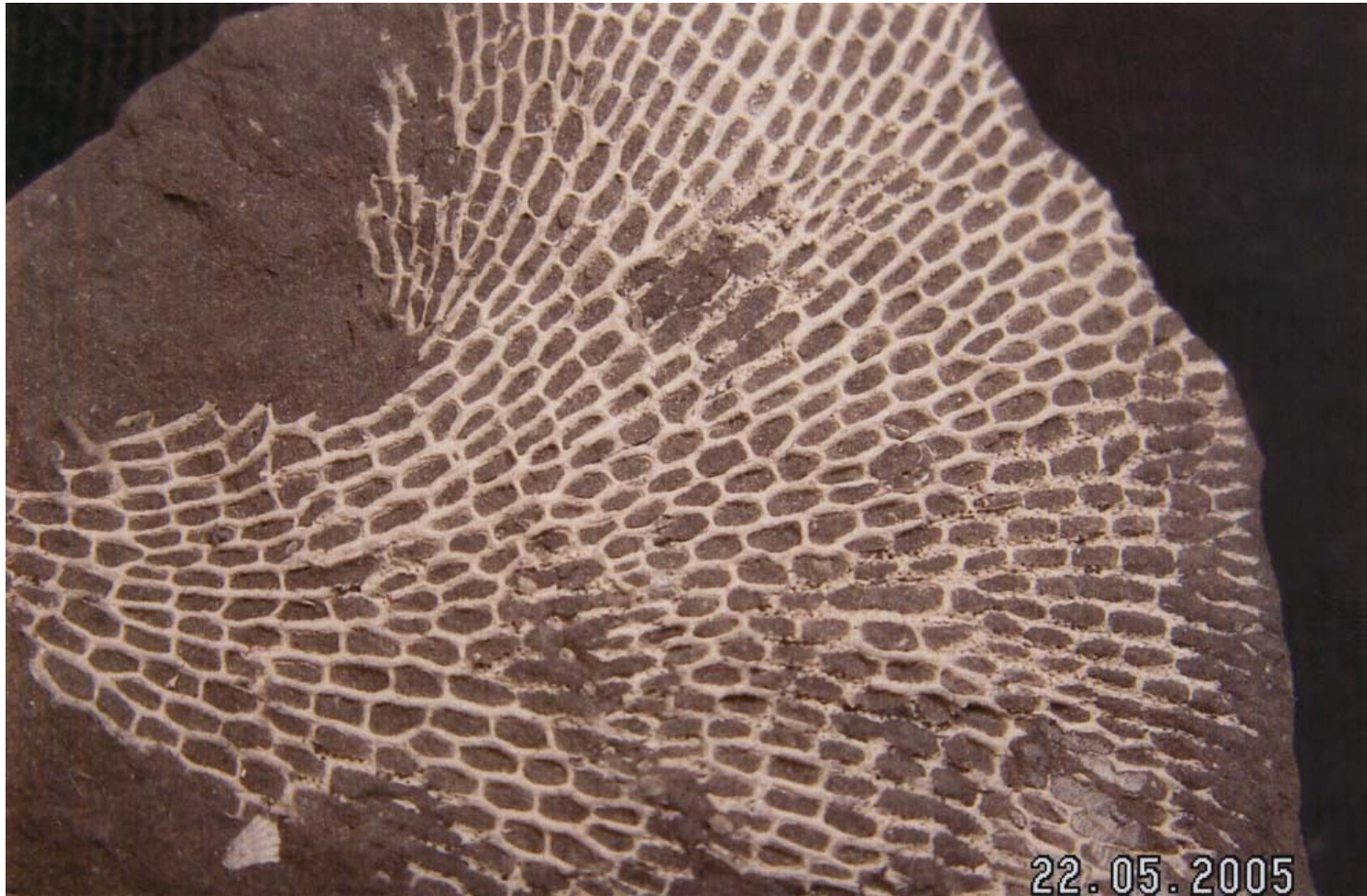
Bryozoa

- i v devonu mají významný podíl na stavbě útesů



Fenestella althaea

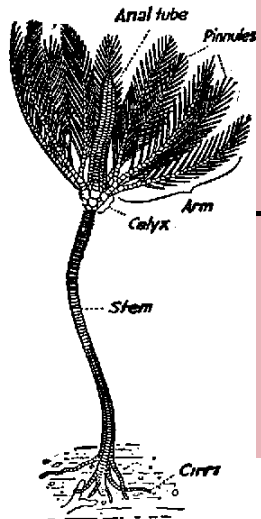
**plochá kolonie fene-
stelidních mechovek,
sp. devon,
New York**



Fenestella sp., devon

Echinodermata (ostnokožci)

Crinoidea (lilijice)



- kambrium-recent
- velký rozvoj v siluru až do konce paleozoika
- oproti recentu obývaly hlubší vody
- planktonní rod *Scyphocrinites* (horninotvorný, sv. silur)



často horninotvorná skupina – ukázka nahloučení celých lilijic v krinoidovém vápenci



recentní lilijice v moři

**Z ostnokožců vedle lilijic hrají výraznou roli v devonu
i hvězdice – Asterozoa (predátoři na rozvinutých útesech)**



Devonaster eucharie

New York,

střední devon

Trilobita

-Na počátku devonu
prožívají poslední rozvoj

- Typické rody:



Odontochile



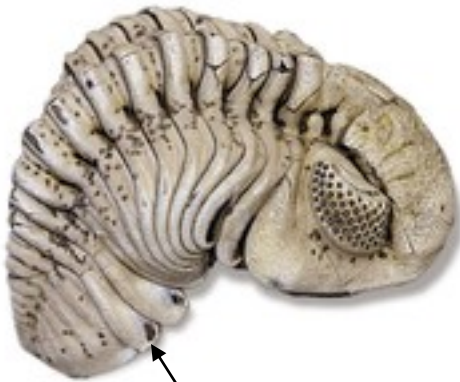
Phacops



Reedops



Dicranus sp., Maroko, devon



Eldredgeops rana – tečkování
Devon USA

A team led by Christopher McRoberts, of the State University of New York at Cortland and Thomas Hegna at Western Illinois University in Macomb examined more than 25 *Eldredgeops rana* trilobites that were discovered in central and western New York state. The fossil exoskeletons were dotted with regular arrangements of a variable number of spots — more than 500 in some cases. Chemical and mineral analyses indicated that spots are of similar composition to the rest of the fossil (Nature, 2013) , mohlo jít o aparát rozptylující světlo

Rody podtřídy Phyllocarida jsou v devonu typickým zástupcem rakovců (dnes přežívá jediná čeleď fylokaridů)



Nahecaris steurtzi, Malacostraca, Phyllocarida, Budenbach, devon (Německo, Hunsrück)

Insecta - hmyz

Nejnovější nálezy ukazují, že původ hmyzu musíme hledat již během siluru

Dokládá to spodnodevonská *Rhyniognatha hirsti*, která zastupuje již relativně vyvinutého zástupce hmyzu (snad ? okřídleného)

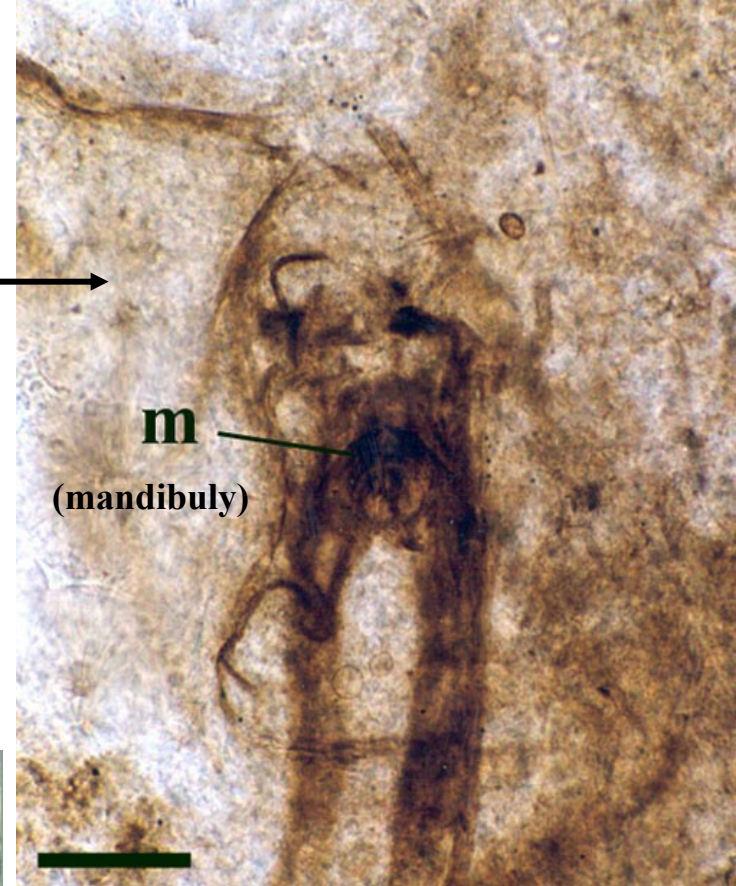
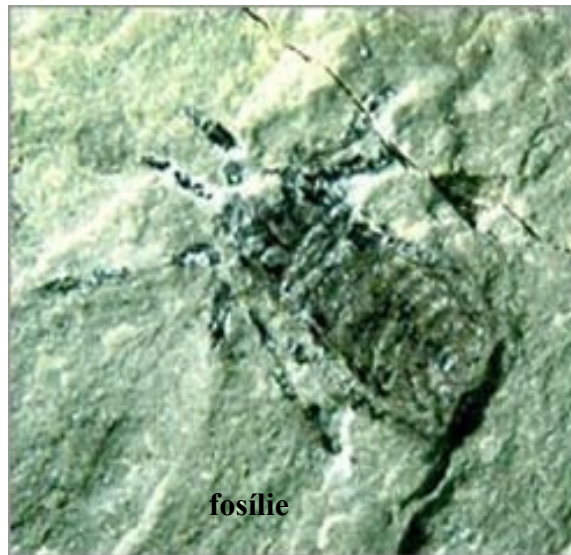
Mimo to jsou v devonu doloženy četné zbytky bezkřídleho hmyzu (chvostokoci) a také

Arachnida - pavoukovci

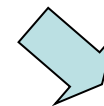
(devonští zástupci patří dnes do vymřelého řádu Uraraneida [devon-perm] netkali ještě pavučiny, vlastní pavouci, Araneida, nastupují až od karbonu – *Palaeothele montceauensis* - Francie)



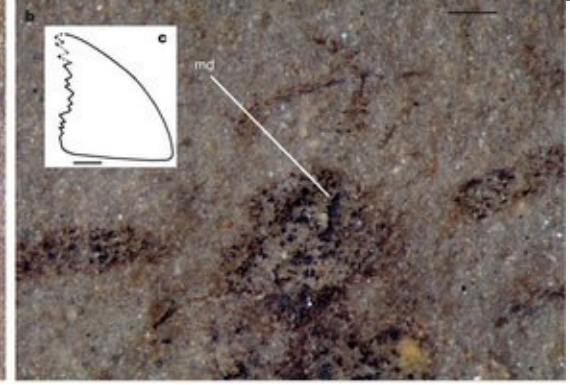
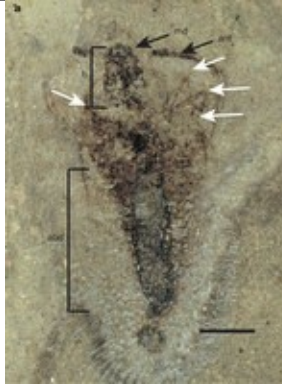
Gigantocharinus, svrchní devon



Rhyniognatha hirsti
Rhynie, Skotsko,
sp. devon



Členovci osídlili souši



© N. Tamura, 2012

Strudiella devonica, svrchní devon (famen), Belgie

After terrestrialization, the diversification of arthropods and vertebrates is thought to have occurred in two distinct phases, the first between the Silurian and the Frasnian stages (**Late Devonian period**) (425–385 million years (Myr) ago), and the second characterized by the emergence of numerous new major taxa, during the **Late Carboniferous period** (after 345 Myr ago)..

Devon = rozdílení různých skupin rybovitých obratlovců

čelistnatí



Bezčelistní neboli Agnatha
Prvními obratlovci jsou rybám podobní bezčelistní. Patří k nim různé podtřídy, jako např. Heterostraci, Thelodonti, Osteostraci, Anaspida a Petromyzonida. Do podtřídy Osteostraci náleží zde rekonstruovaný rod *Darmuthia*, který je rozšířen ve svrchním siluru Evropy (Estonsko). Jedinou fosilně zachovanou a tím známou částí těla je široký hlavový štít. Dnes jsou bezčelistní zastoupeni mihulemi a sliznatkami.

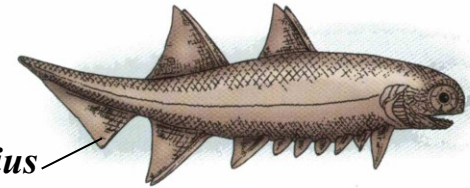
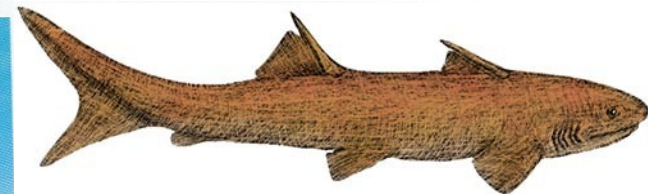
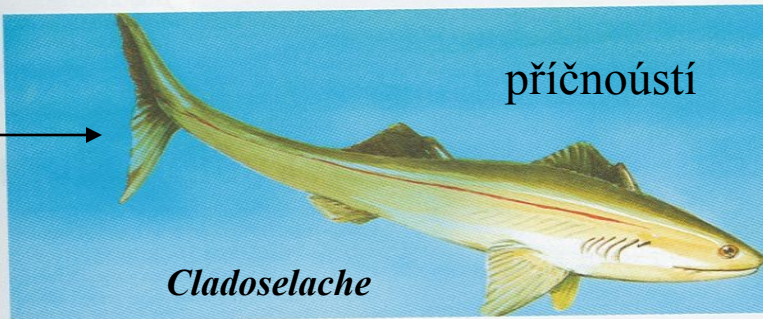


FIGURE 10-67 The Early Devonian acanthodian fish *Climatius*. (After Romer, A. S. 1945. Vertebrate Paleontology. Chicago University of Chicago Press.)



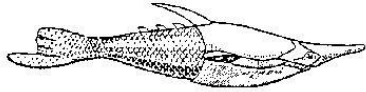
devonu Severní Ameriky (Onto), ale ojet... již ve svrchním siluru. Zástupci mají zuby s více špicemi.

Ctenacanthus

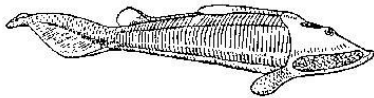


Úspěšné kostnaté ryby
Nejvíce životaschopnými ranými obratlovci jsou ryby kostnaté neboli Osteichthyes. Od nich pochází většina dnes žijících sladkovodních a mořských ryb. Na obrázku je ryba rodu *Myothomasia* ze středního devonu. Tento druh se vyvinul jako sladkovodní ryba pravděpodobně z předchůdců, kteří žili na hranici siluru a devonu, a náleží k paprskoploutvým (Actinopterygii), kteří se liší od lalokoploutvých (Crossopterygii) ganoidními šupinami.

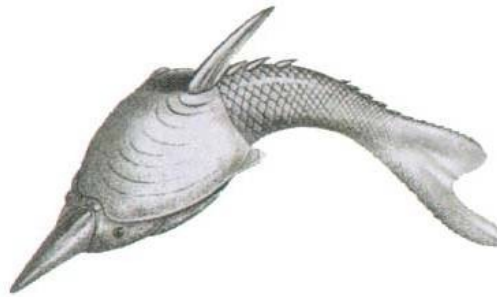
Ostracodermi



Pteraspis



Cephalaspis

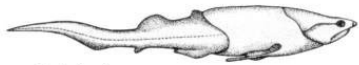


Další ukázky devonských
bezčelistných

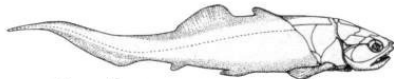
~20
cm

Placodermi (Elasmobranchiomorphi)

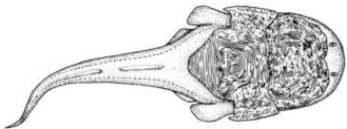
aus Romer & Parsons - Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere



Arctolepis



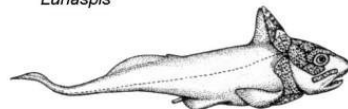
Coccosteus



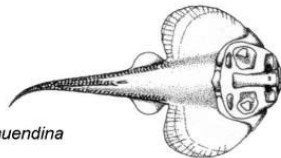
Phyllolepis



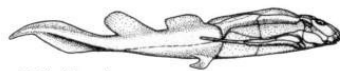
Lunaspis



Ramphodopsis



Gemuendina



Bothriolepis

Další ukázky devonských
čelistnatců – Placodermi
(pancířnatí)

Placodermi, *Bothriolepis*



Bothriolepis, jeden z nejhojnějších rodů plakoderm v devonu

Placodermi - *Dunkleosteus*

(pancířnatí)

boční pohled



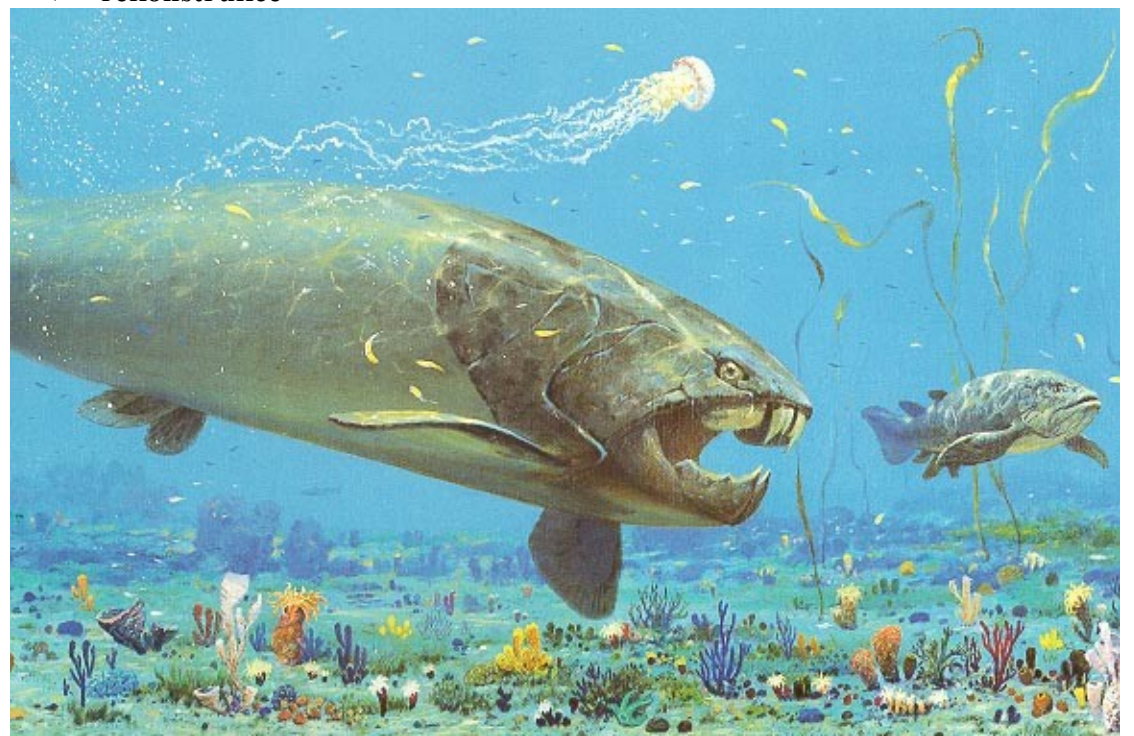
FIGURE 10-68 The gigantic armored skull and thoracic shield of the formidable late Devonian placoderm fish known as *Dunkleosteus*. *Dunkleosteus* was over 10 meters (about 30 feet) long. The skull shown here is about 1 meter tall. It is equipped with large bony cutting plates that functioned as teeth. Each eye socket was protected by a ring of four plates, and a special joint at the rear of the skull permitted the head to be raised and thereby provided for an extra large bite. *Dunkleosteus* ruled the seas 350 million years ago. (Courtesy of the U.S. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; photograph by Chip Clark.)

čelní pohled



Známe jen hlavu

rekonstrukce





Dunkelosteus – další možné interpretace

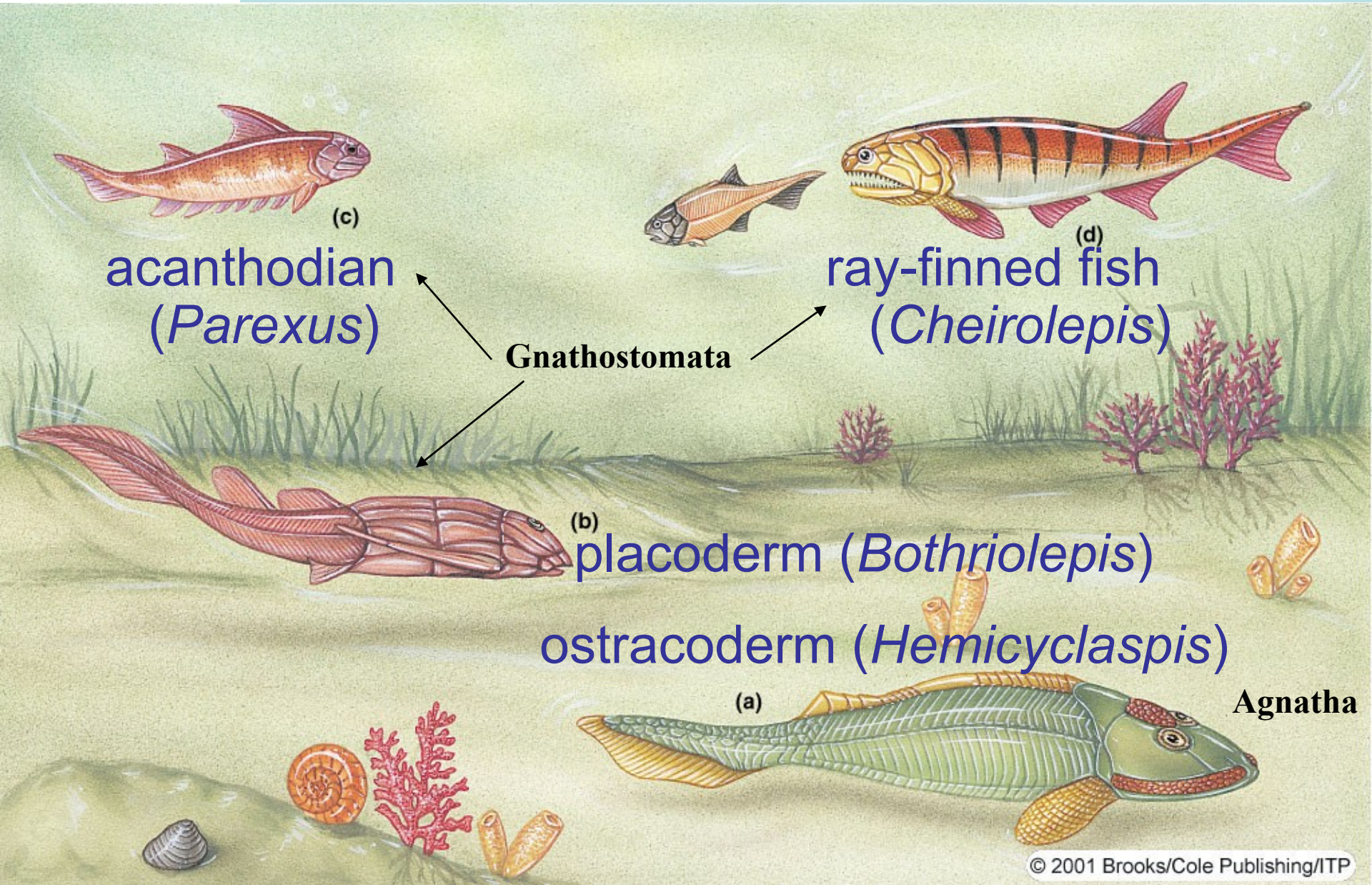


***Eastmanosteus* – 380 Ma, stř.- sv. devon, sz. Austrálie (oblast Gogo),
pancéřnatá, příbuzná *Dunkelosteus* (Dinichthyida)**



Možný pohled do mělkých vod devonu (D-*Dunkelosteus*, I- *Ichthyostega*)

Pohled do devonského moře (obratlovci)

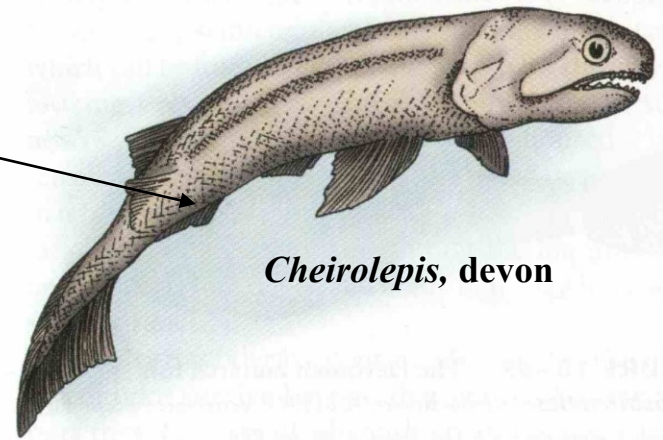


Kostnaté ryby (Osteichthyes)

- během devonu především ve sladkých vodách
- rozrůznění do tří skupin

Actinopterygii – především Chondrostei

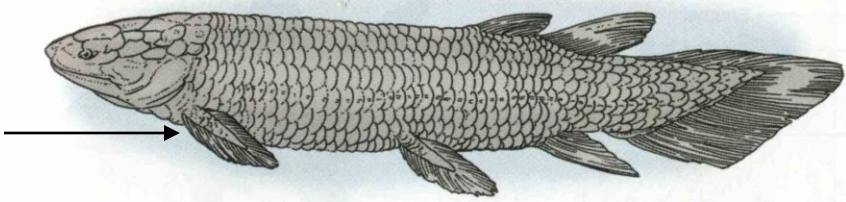
bony fishes during the Mesozoic and Cenozoic. The second category of bony fishes, the Sarcopterygii, is characterized by fishes with sturdy, fleshy lobe-fins and a pair of openings in the roof of the mouth that led to clearly visible external nostrils.



Crossopterygii-lalokoploutví



Dipnoi – dvojdyšní – viz bahníci



Dipterus, devon

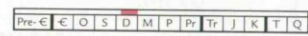
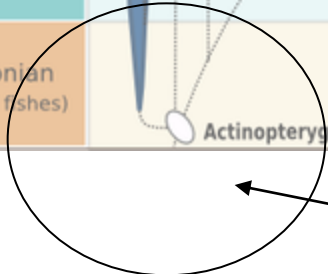
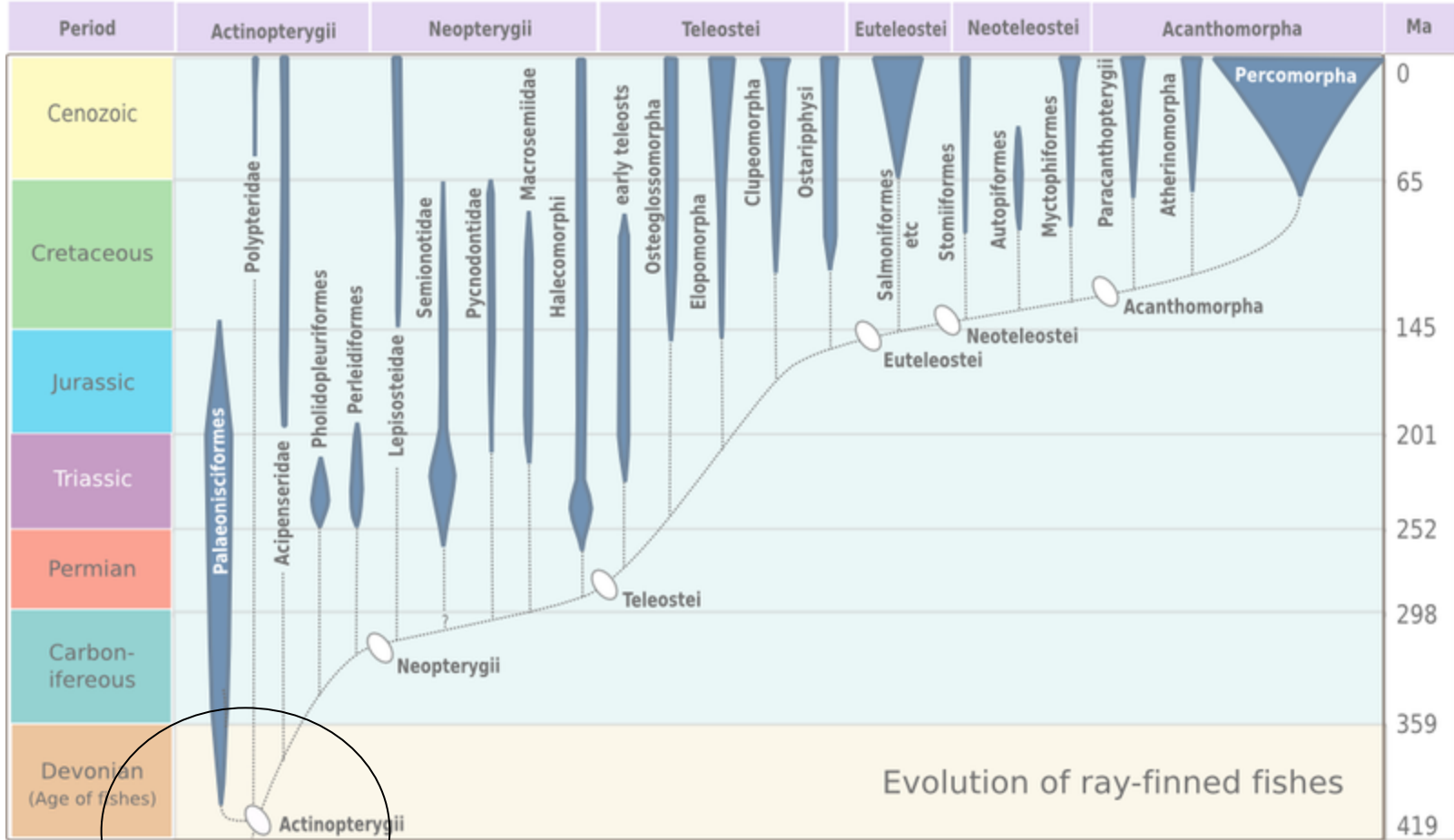
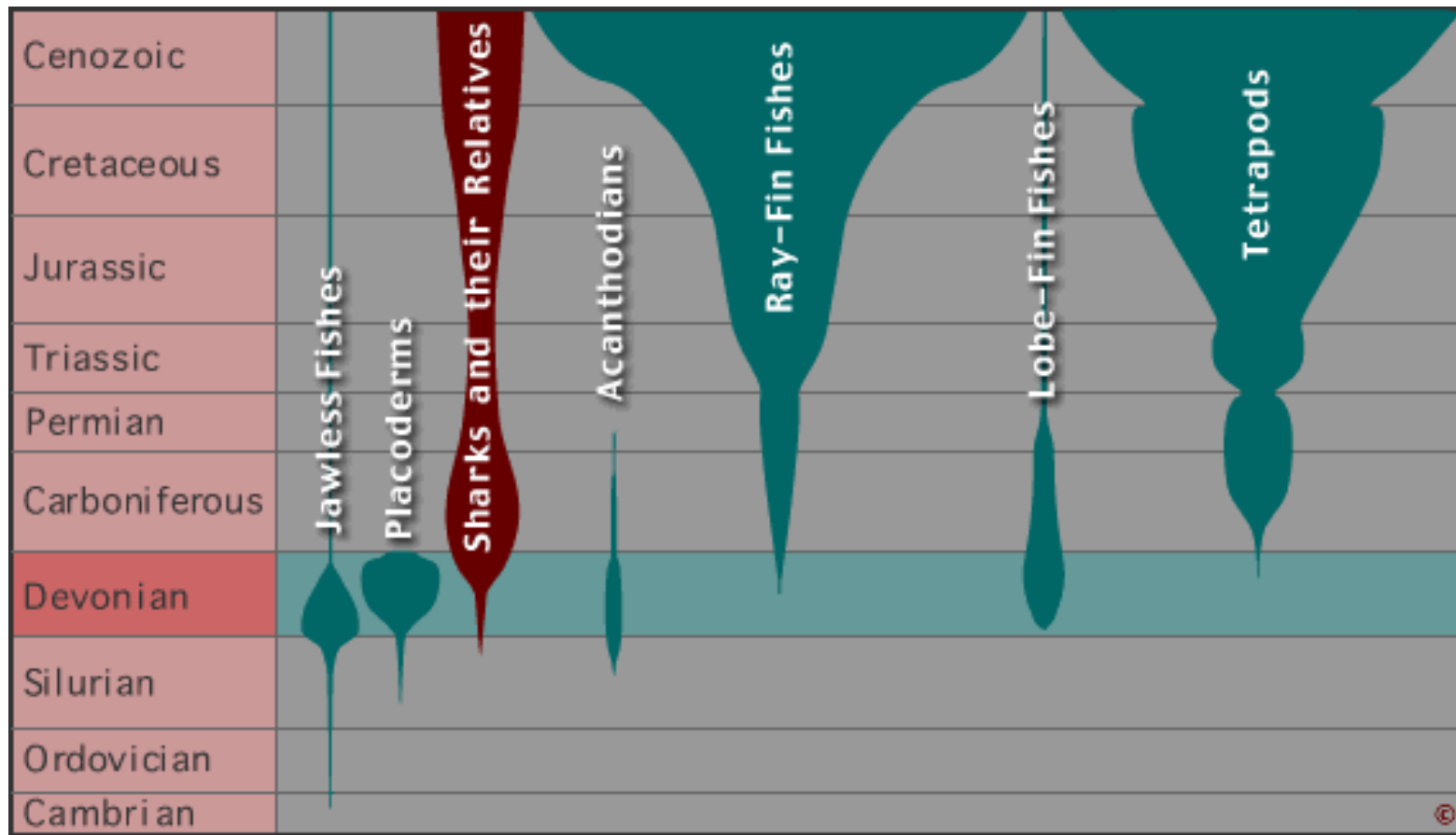


FIGURE 10-72 *Dipterus*, a Devonian lungfish.



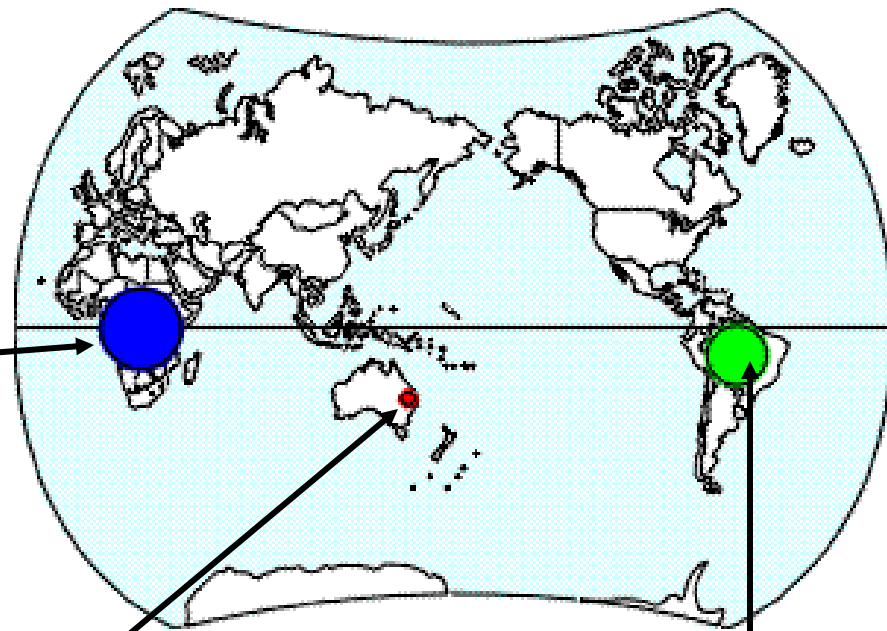
Kadlub paprskoploutvých ryb v devonu



Sournné schema obratlovců a jejich rozpětí v historii Země



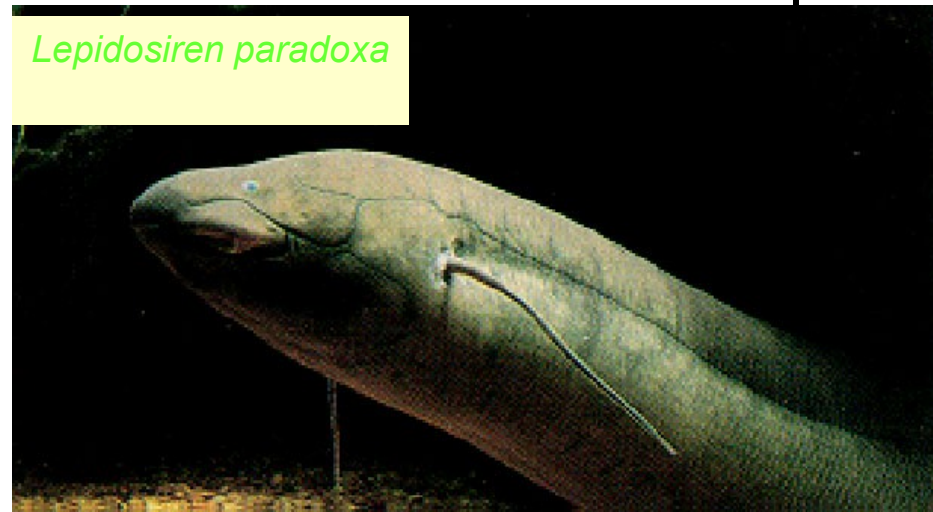
Protopterus sp.



Rozšíření dnešních dvojdyšných bahníků dokládá původní souvislost Gondwany a pohyb litosférických desek



Neoceratodus forsteri



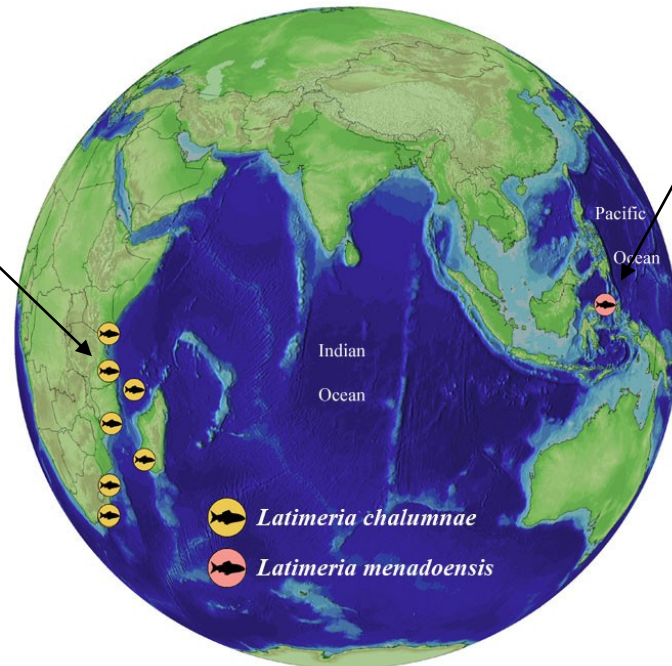
Lepidosiren paradoxa

**Poslední 2 druhy žijících
lalokoploutvých**



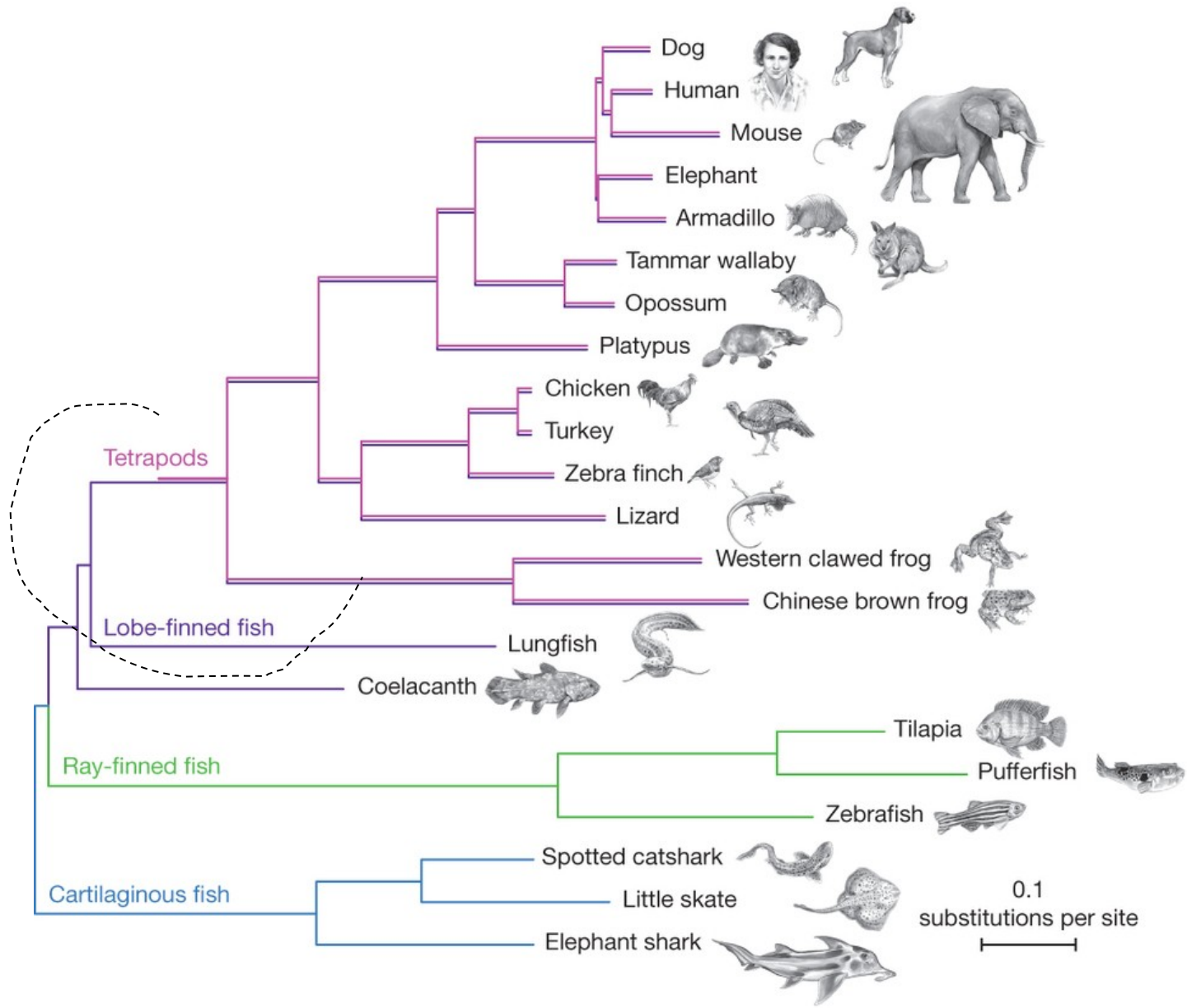
Latimeria chalumnae, recent, Komorské ostrovy

Latimeria menadoensis, recent, Sulawesi



Dnešní rozšíření

Dipnoi mají podle současných výzkumů blíže geneticky k tetrapodům než coelakanti (*Latimeria*)

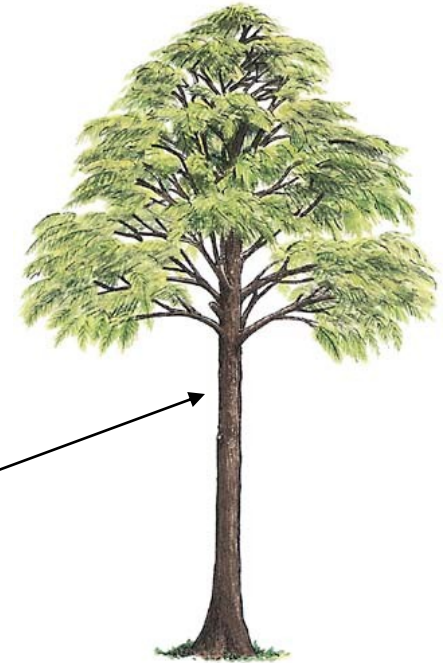


Kolonizace souše rostlinami:

- z ruduch → houby žijící saprofyticky (ne fotosyntéza) na organické hmotě pobřeží
- houby = rozklad org. hmoty, živiny pro kořeny, snížení vysušování (pomoc při osidlování)
=> potrava pro mikrobiotu + vývoj půd,
- osvobodování rostlin od vodního prostředí, zefektivnění fotosyntézy (složitější morfologie těla) vedle vodivých systémů sekundární xylém – pevnost těla, kořenové systémy – kotvení + živiny, rozvoj cévnatých rostlin (podzemní kořeny, kmen, listy, vodivá pletiva, podpůrná pletiva), nejprve Psilophyta (nejsou ještě morfologicky diferencovaná)
- ještě během devonu přesličky, plavuně, kapradiny



Archaeopteris, sv. devon,
~ 30 m



- rozvoj heterosporie (diferenciace spor na sporofytové generaci)
- samičí se časem podrží na sporofytu a oplodní přímo na něm samčími spory (vítr, hmyz) = nástup semen (předsemenné, Progymnospermophyta, měly druhotná pletiva, xylem i floem a stavbu již podobnou jehličnanům)
- ve vyšším devonu už souvislé porosty – lesy = zelená planeta,

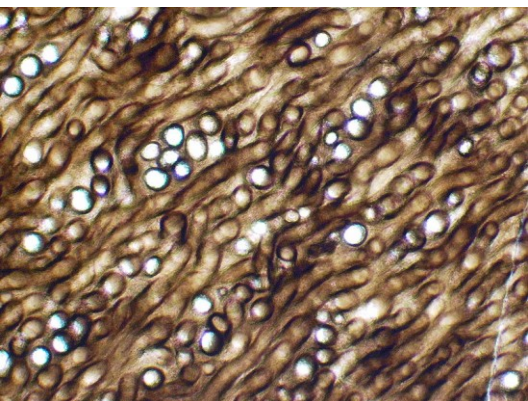


Archaeopteris – sv. devon Porýní

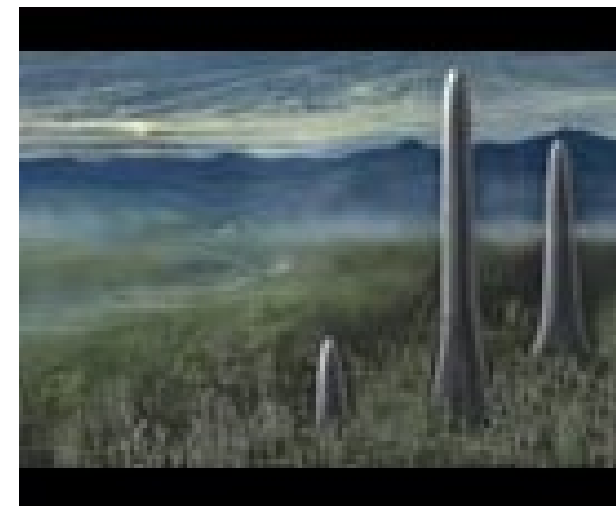


fosílie

Značná diverzita hub byla provázena i značnými rozměry některých skupin. Zástupci rodu *Prototaxites* dosahovaly až 8m výšky. Dříve byly řazeny k rostlinám. Teprve analýza izotopů C ukázala, že se jedná o houby (K. Boyce et al., *Geology* 2007). Výška pomáhala k rychlému šíření výtrusů.



← *Prototaxites* sp. →
Si-De
(podle E. Soutworth 2007)



možná interpretace

mikrostruktura ve světelném mikroskopu

Jiný názor: jde o symbionta řas a lišejníků spíše než hub v užším slova smyslu, nebo o soubor hmoty jatrovek, sinic a houbovitých tubulárních prvků

Lower Devonian landscape

PSILOPSIDA

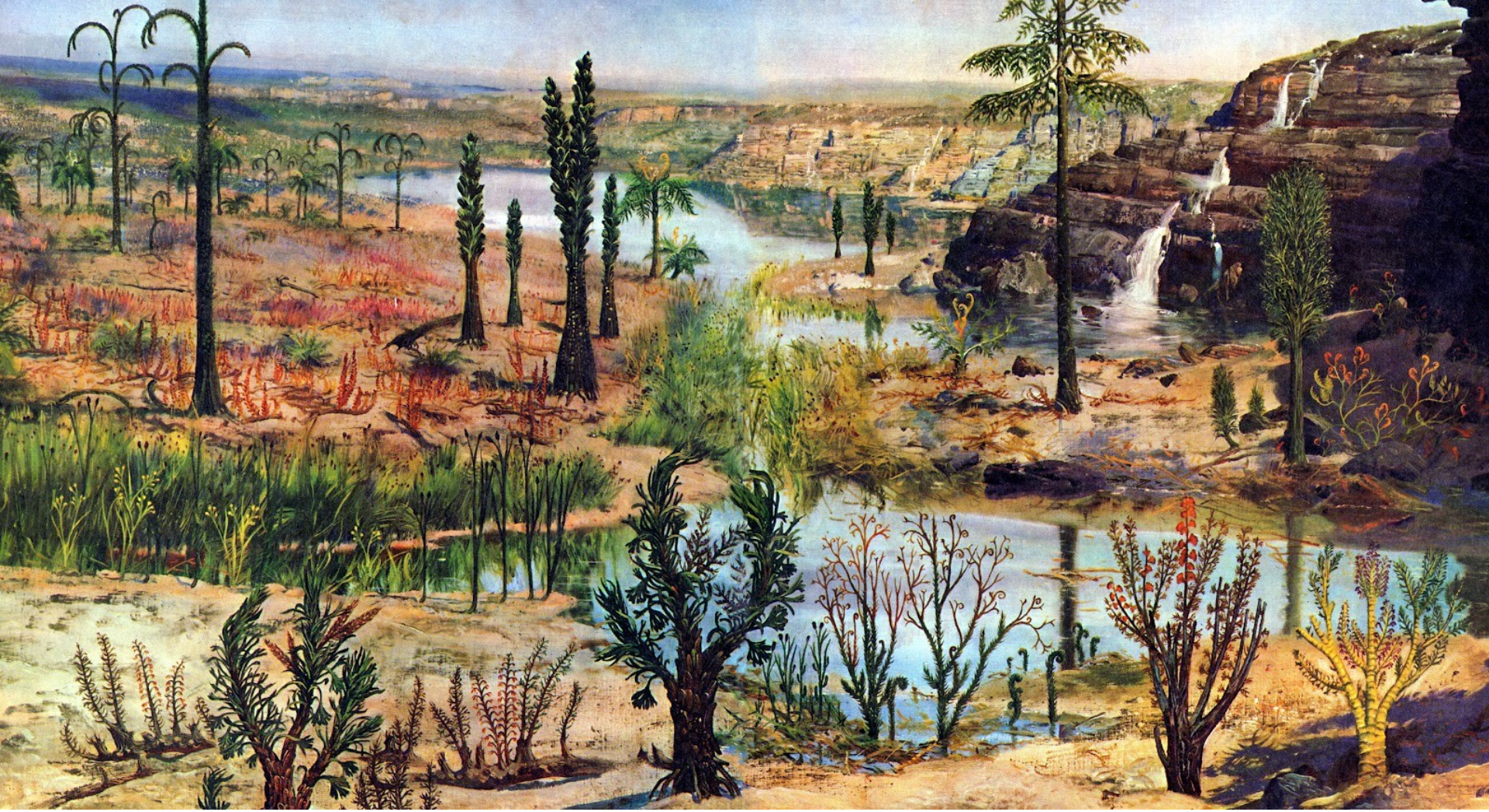
- první suchozemské rostliny,
- nemají kořeny ani listy
- jednoduché dichotomní větvení
- fotosyntéza-stonky,
- apikální reprodukční systém, spory ve sporangiu
- *Rhynia*





RICHARD BIZLEY/SCIENCE PHOTO LIBRARY Science Photo Library

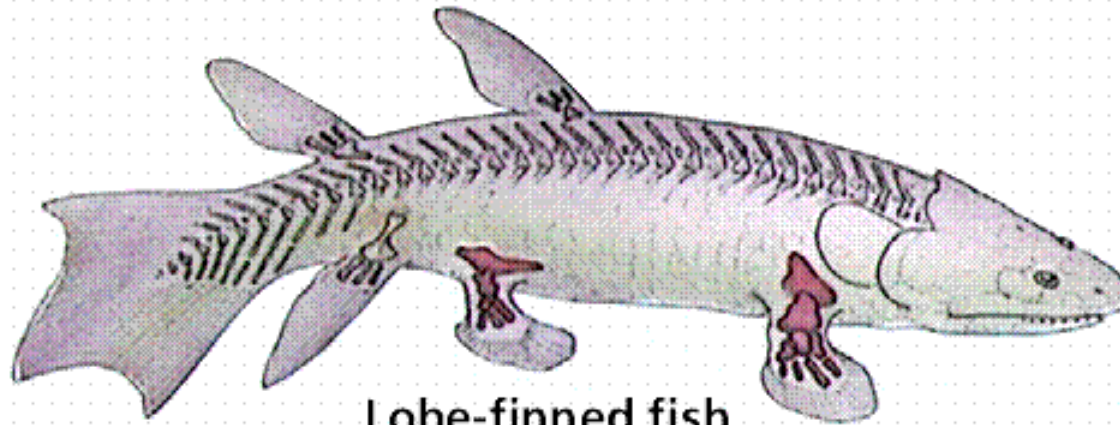
dtto



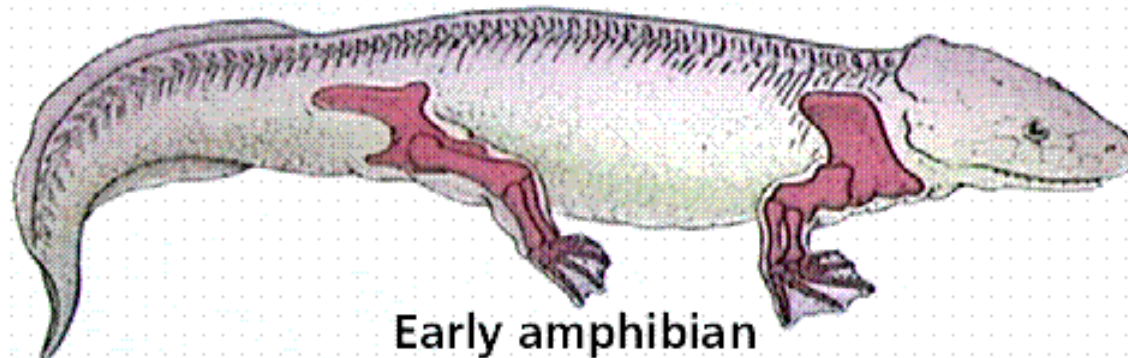
Střední devon (Augusta -Burian)

Postupná terestrializace života – diverzifikace bezobratlých na suché zemi (stonožky, mnohonožky, roztoči, štíři, pavouci, hmyz, plži etc.) => volné niky s bohatou potravou i pro výstup obratlovců

Vztah párových končetin lalokoploutvých a dvojdyšných ryb ke končetinám tetrapodů



Lobe-finned fish



Early amphibian



dýchací
otvory

lebka
(Saleh, 2006)

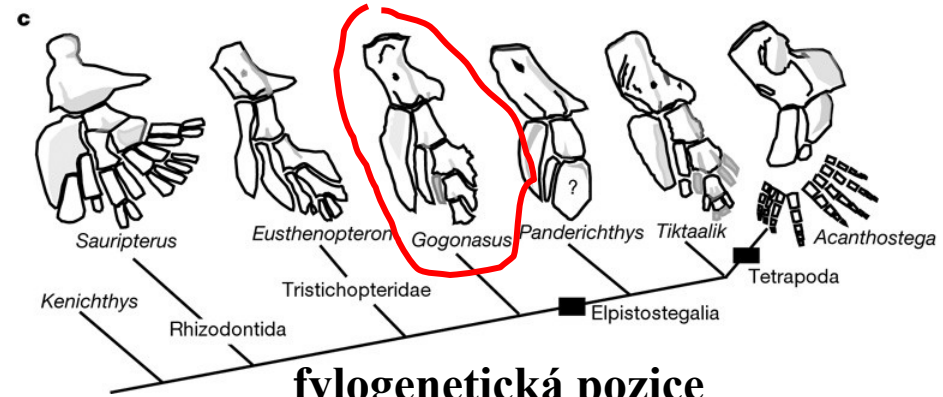
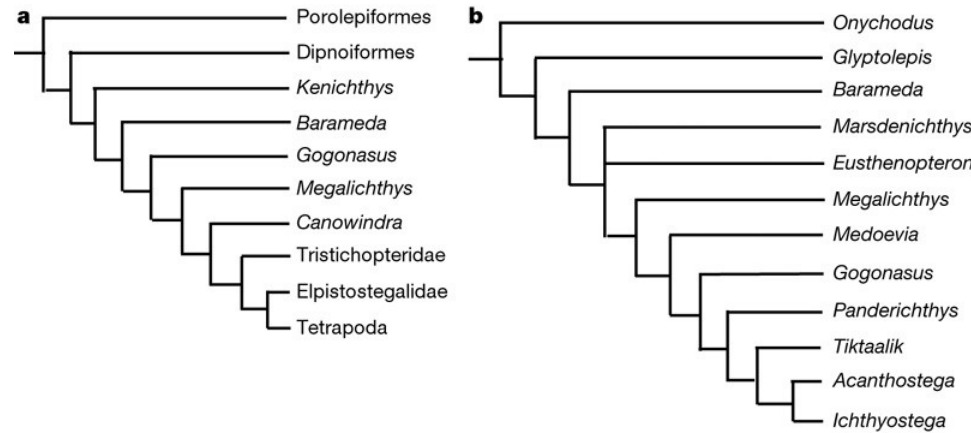
Gogonasmus andrewsae

- 380 Ma, Austrálie, 30 cm
- ryba s řadou znaků such. tetrapodů:
 - dýchání,
 - ploutve se svaly a ramenní a loketní kostí
 - ušní oblast blízka ichthyostegáliím

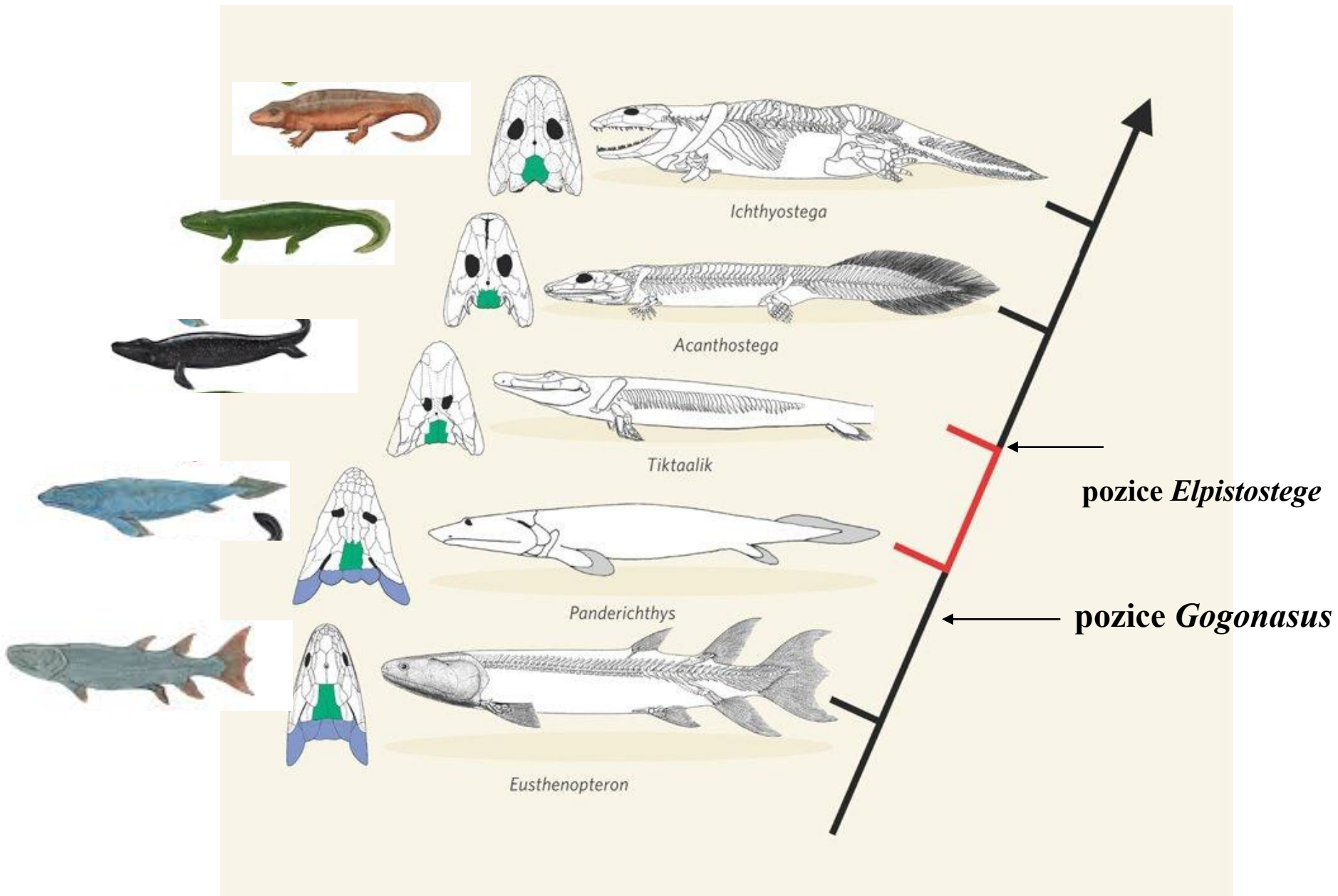


© Brian Choo 2004

rekonstrukce



fylogenetická pozice
(Long et al. 2006)

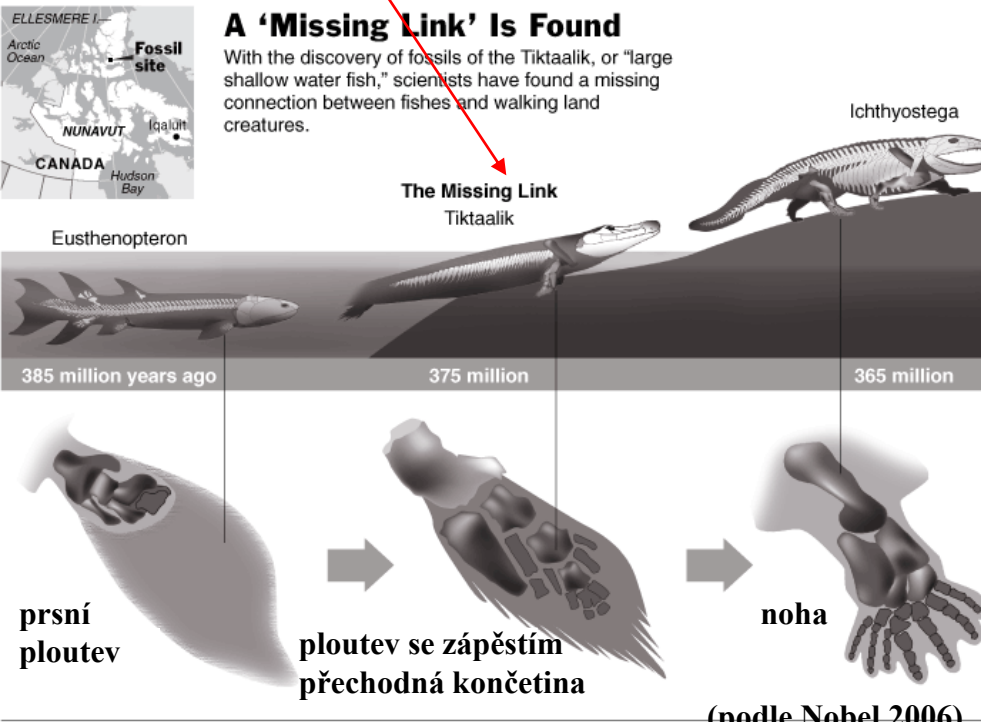
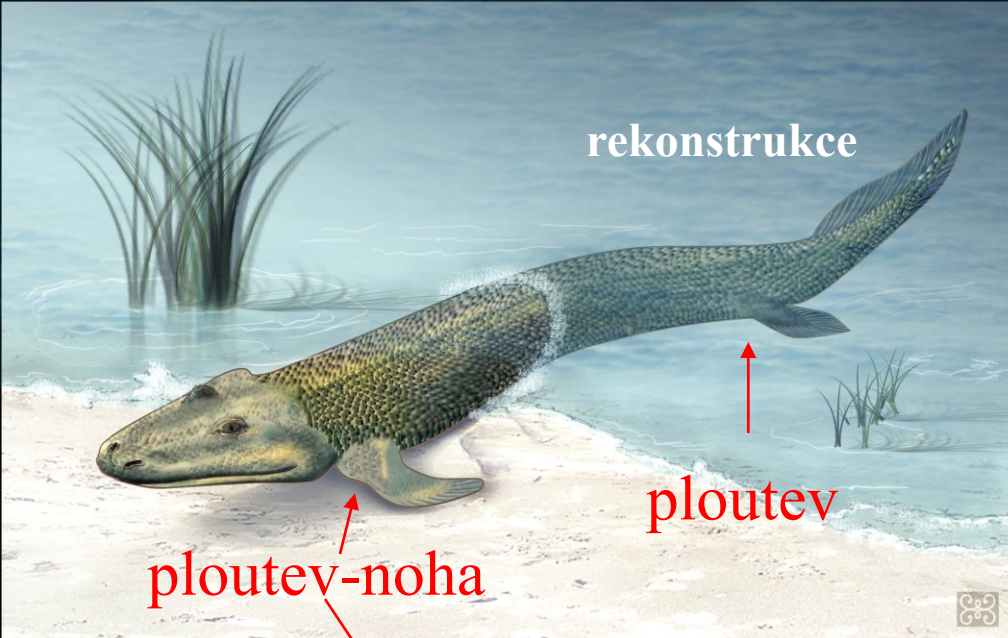


Vývojová sukcese od rhipidistií k ichthyostegaliím



***Panderichthys*, Frasnien, Lotyšsko, interpretace,**

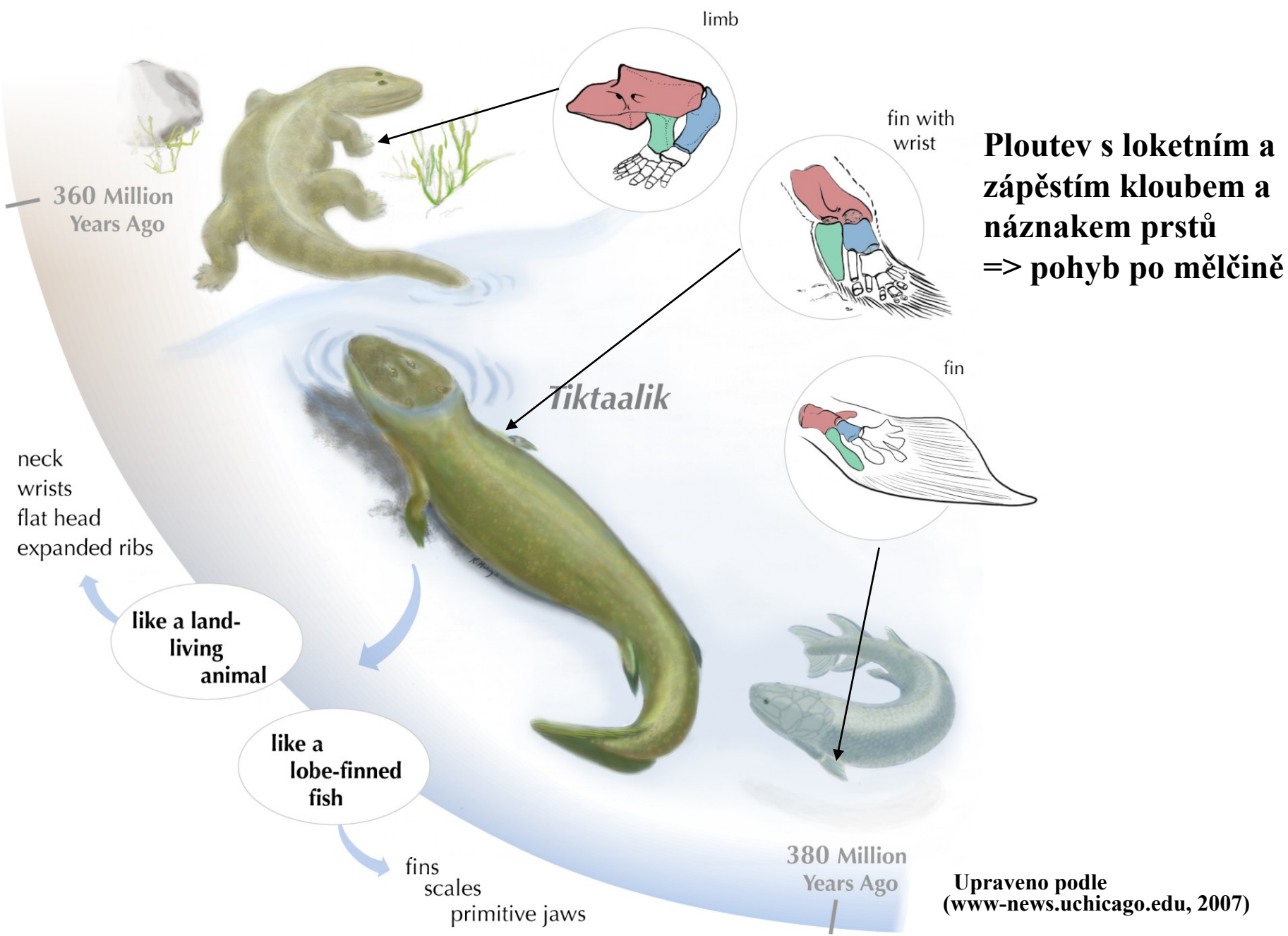
Výstup obratlovců na suchou zemi (výběr dnešních dokladů)



Tiktaalik roseae

Elesmere Island (Arkt. Kanada),
375 Ma, sv.devon,
ostré zuby, přední – „noha“,
zadní – ploutev, ~ 3m (?)

**Pozn.: Zachelmie (Polsko, Svkrž. Hory,
stř.devon, 390 Ma) stopy čtyřnožců (?)**



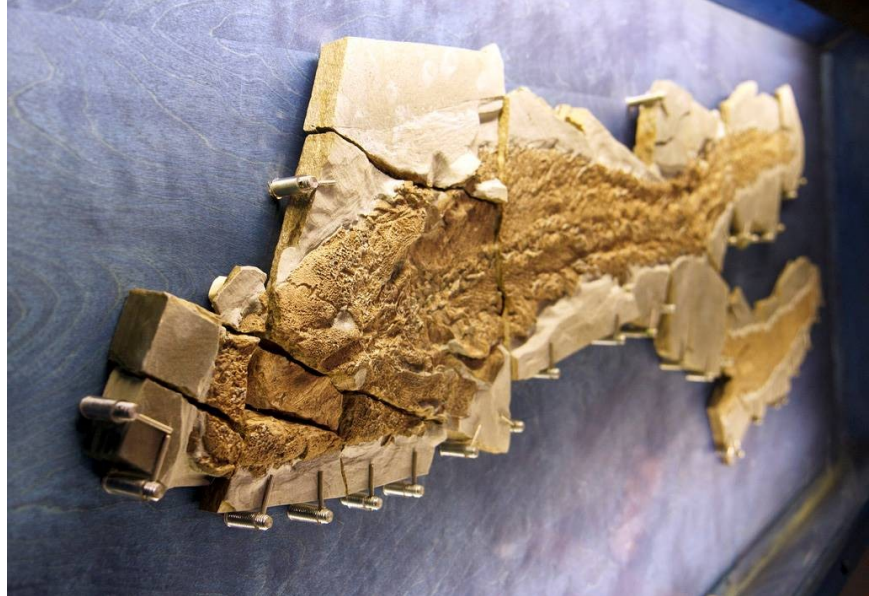
**Ploutev s loketním a zápěstím kloubem a náznakem prstů
=> pohyb po mělčině**

Upraveno podle
(www-news.uchicago.edu, 2007)



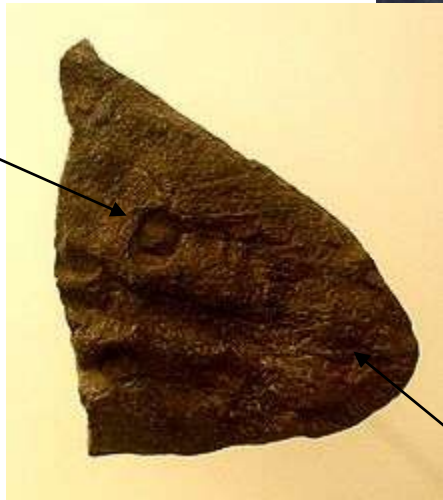
Tiktaalik roseae, model, interpretace

- relativně dobře vyvinutá žebra
- delší krk
- kosti podobné obojživelníkům
- = rel. dobrý pohyb i po zemi



3

1



2

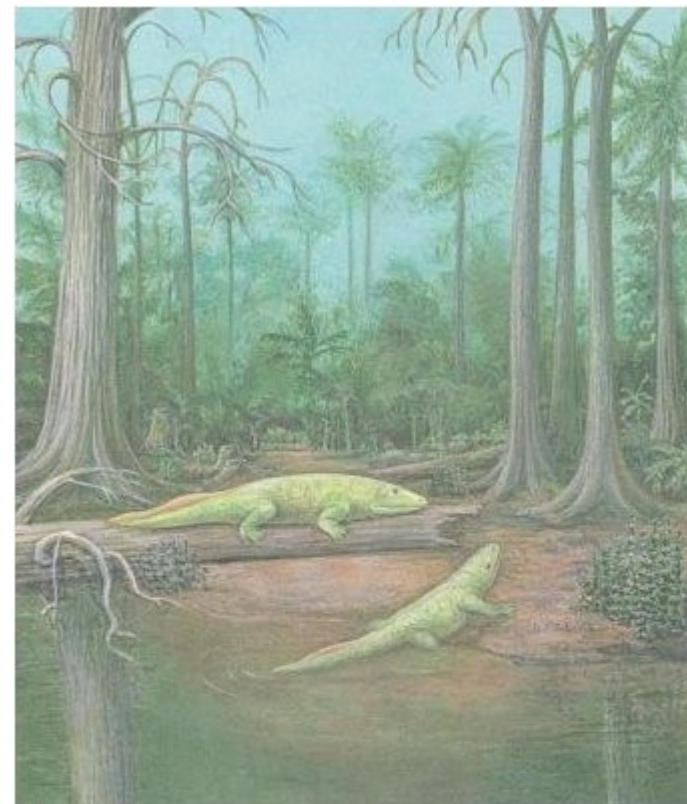
Elpistostege sp. –
sv. devon, Miguasha, Quebec

While the Prince showed it could be possible for fish to walk on land, it wasn't until the discovery of the *Elpistostege* that a new king was crowned. This new kid on the evolutionary block had eyes (1) on top of his head, two nostrils (2) for breathing air and four feet (3) for waddling about town.

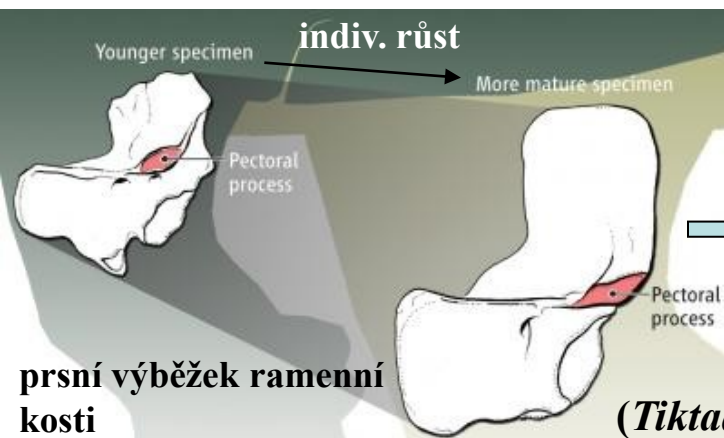
Ichthyostega, svrchní devon



zadní končetina

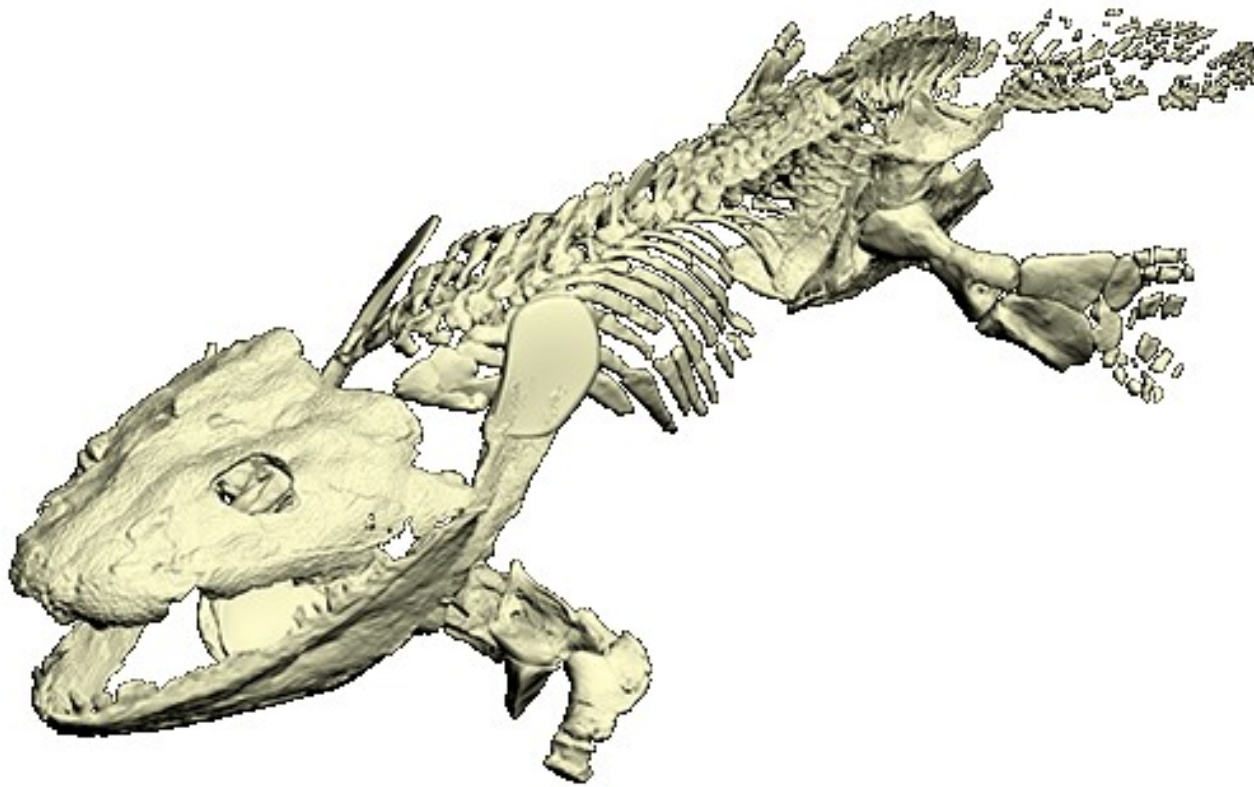


Two Versions of the Ichthyostega



„dobrý“ pohyb na souši

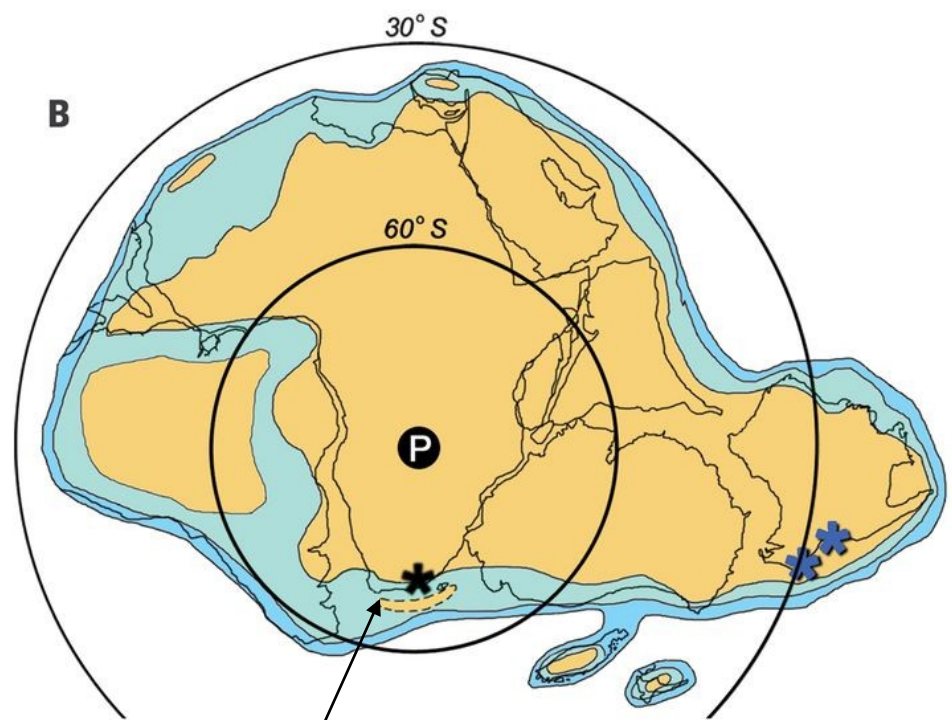
(*Tiktaalik* ho má menší než mladá *Ichthyostega*)



Ichthyostegalia – kostra, rekonstrukce Stepanie Pierce (2012)



Ichthyostega - Late Devonian - 1 meter

A**B**

Until now, all known fossils of **tetrapods** (limbed vertebrates with digits) and near-tetrapods (such as *Elpistostege*, *Tiktaalik*, and *Panderichthys*) from the Devonian period have come from localities in tropical to subtropical paleolatitudes. Most are from Laurussia, a continent incorporating Europe, Greenland, and North America, with only one body fossil and one footprint locality from Australia representing the southern supercontinent Gondwana. Here we describe two previously unknown tetrapods from the Late Devonian (late Famennian) Gondwana locality of Waterloo Farm in South Africa, then located within the Antarctic Circle, which demonstrate that Devonian tetrapods were not restricted to warm environments and suggest that they may have been **global in distribution**.

Co přináší genetika ?

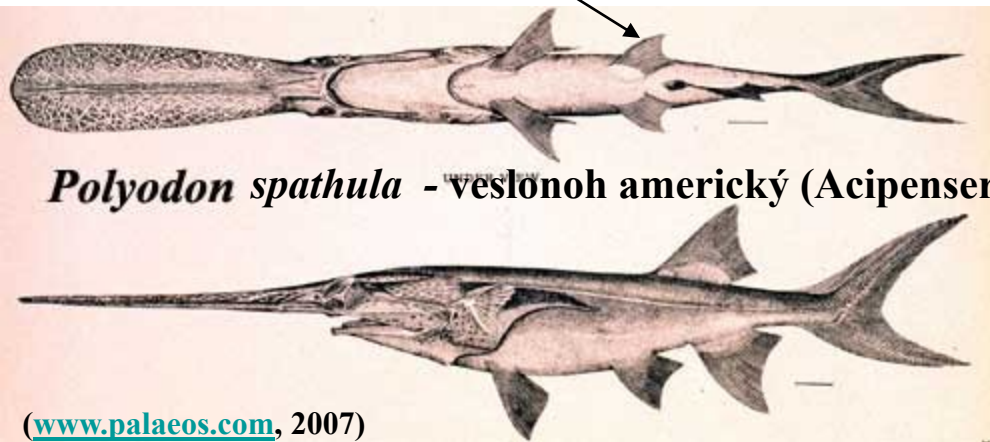
Hox geny u veslonoha amerického (příbuzný jeseterů, „živoucí fosílie“) řídí vývoj párových ploutví ve dvou etapách. Stejná skupina genů řídí stejným způsobem i tvorbu končetin suchozemských tetrapodů.



Některé skupiny ryb měly apriori nástroj („preadaptace“) pro využití párových ploutví k dalšímu vývoji – tento nástroj byl využit a modifikován při přechodu na souši.

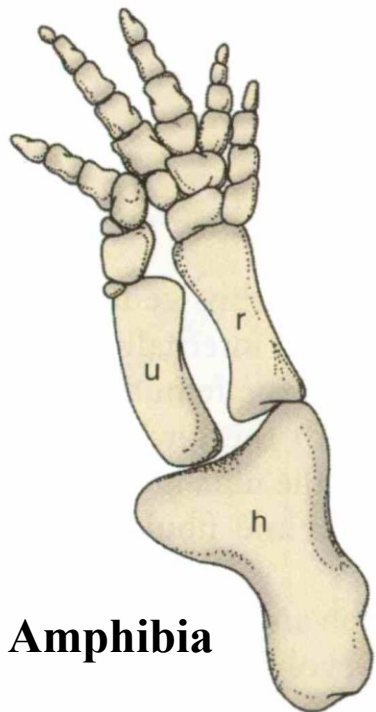


zadní párové ploutve

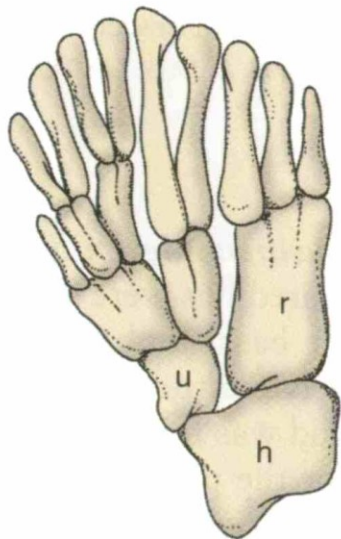


Polyodon spathula - veslonoh americký (Acipenseriformes)

párová končetina



Amphibia



Crossopterygia

u časných svrchnodevonských obojživelníků (Ichthyostegalia) kolísá velmi počet prstů:

Hynnerpeton - 5

Tulerpeton - 6

Ichthyostega - 7

Acanthostega - 8

FIGURE 10-73 Comparison of the limb bones of a crossopterygian fish (upper right) and an early amphibian.

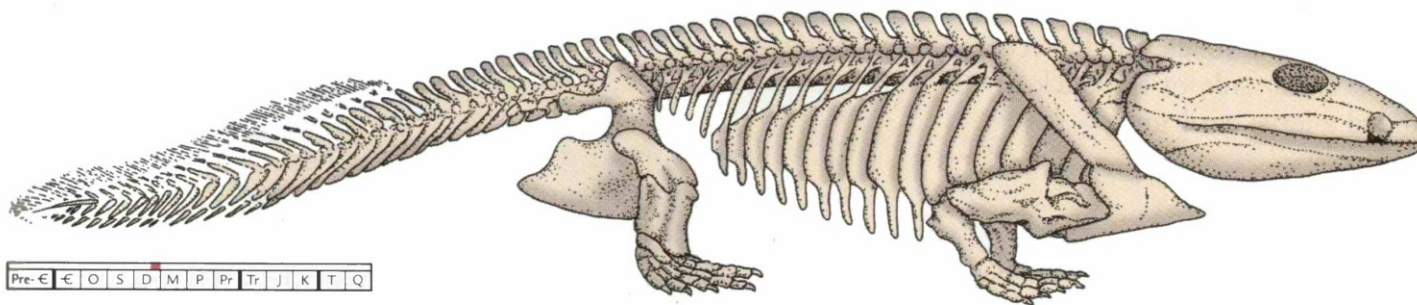
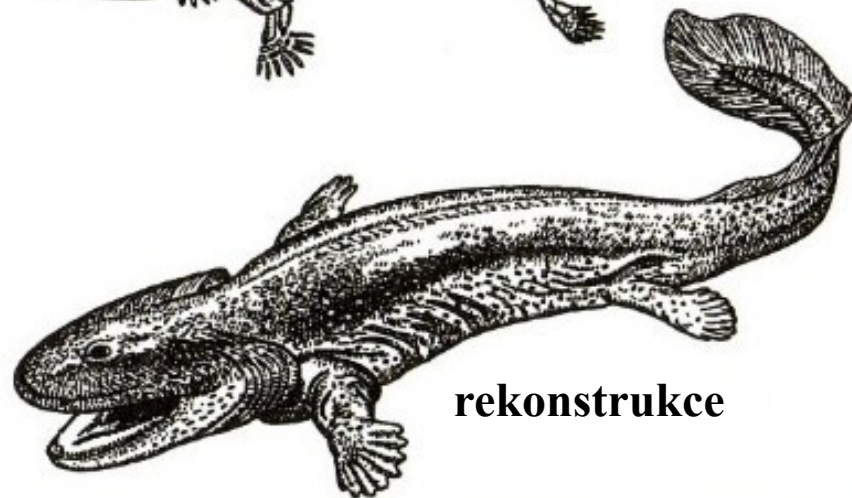
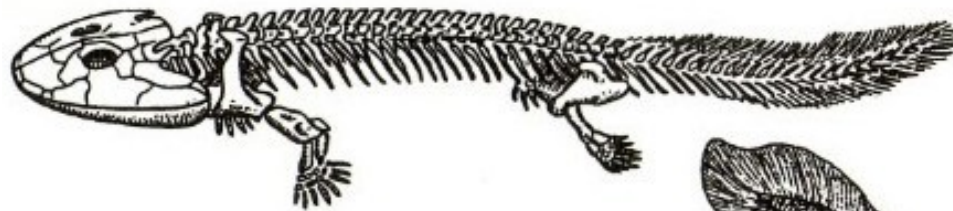


FIGURE 10-79 The skeleton of *Ichthyostega* still retains the fishlike form of its crossopterygian ancestors. (From Levin, H. L. 1975. *Life Through Time*. Dubuque, IA: William C. Brown Co.)

Ichthyostega, svrchní devon



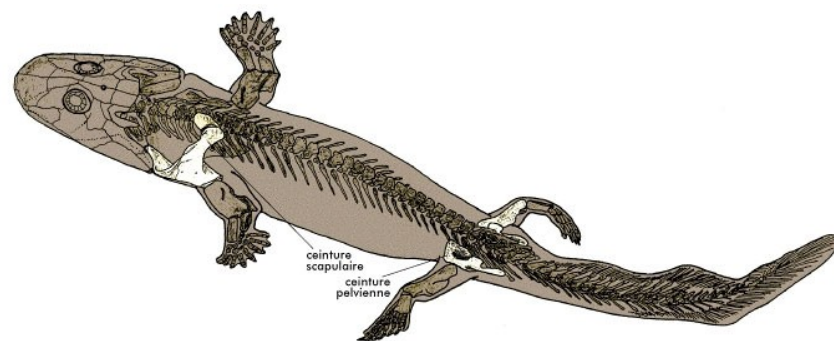
lebka



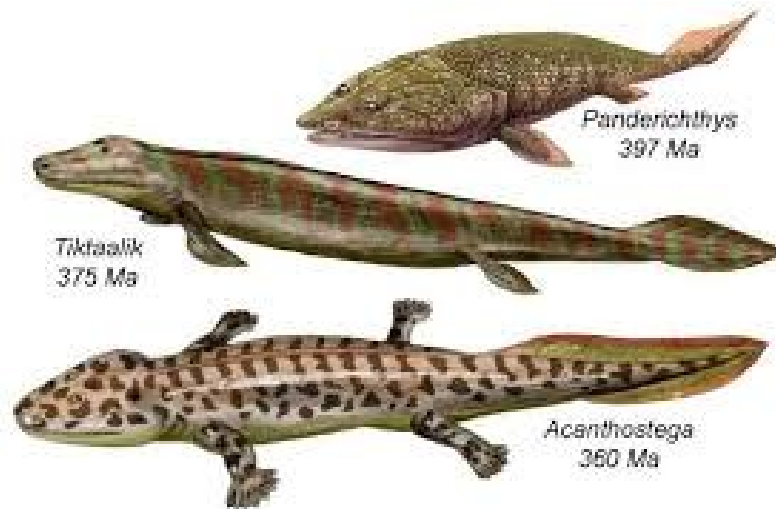
rekonstrukce

Acanthostega, sv. devon,
Grónsko

-vnitřní žábry,
-krátká žebra,
= spíše vodní život

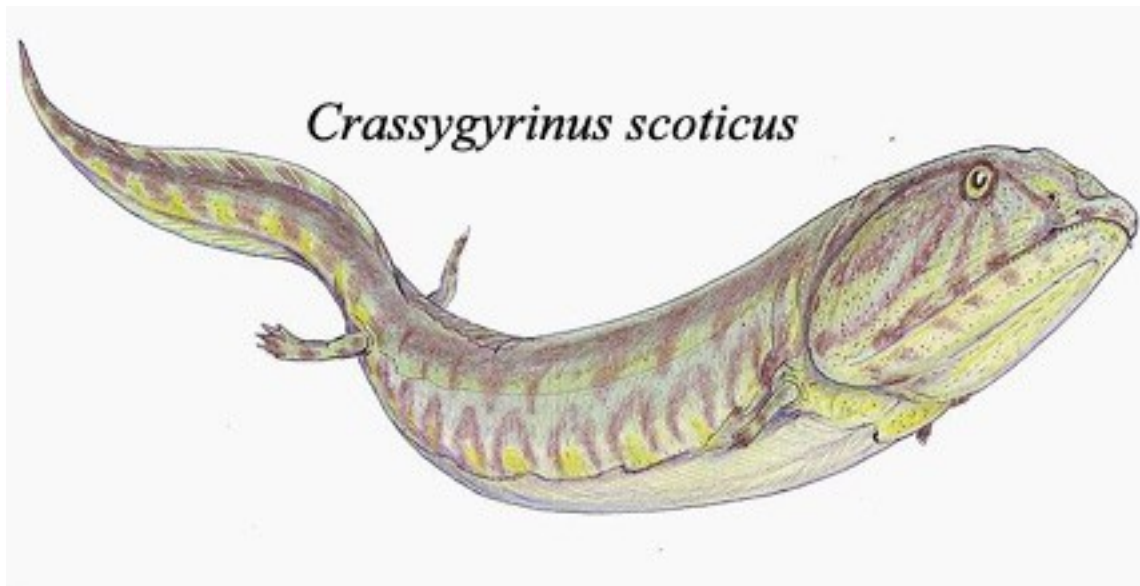


kostra

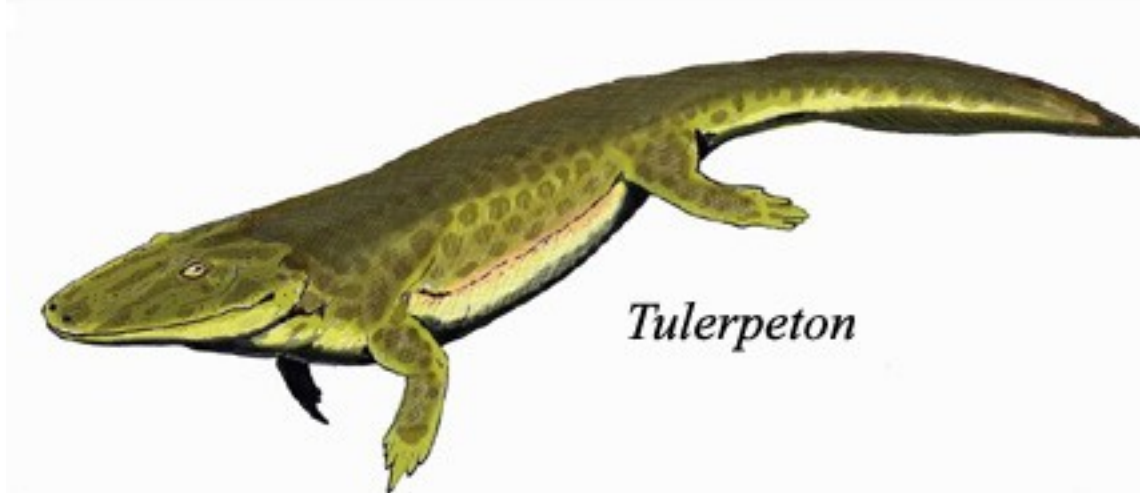


čas

Jiná interpretace



Karbon

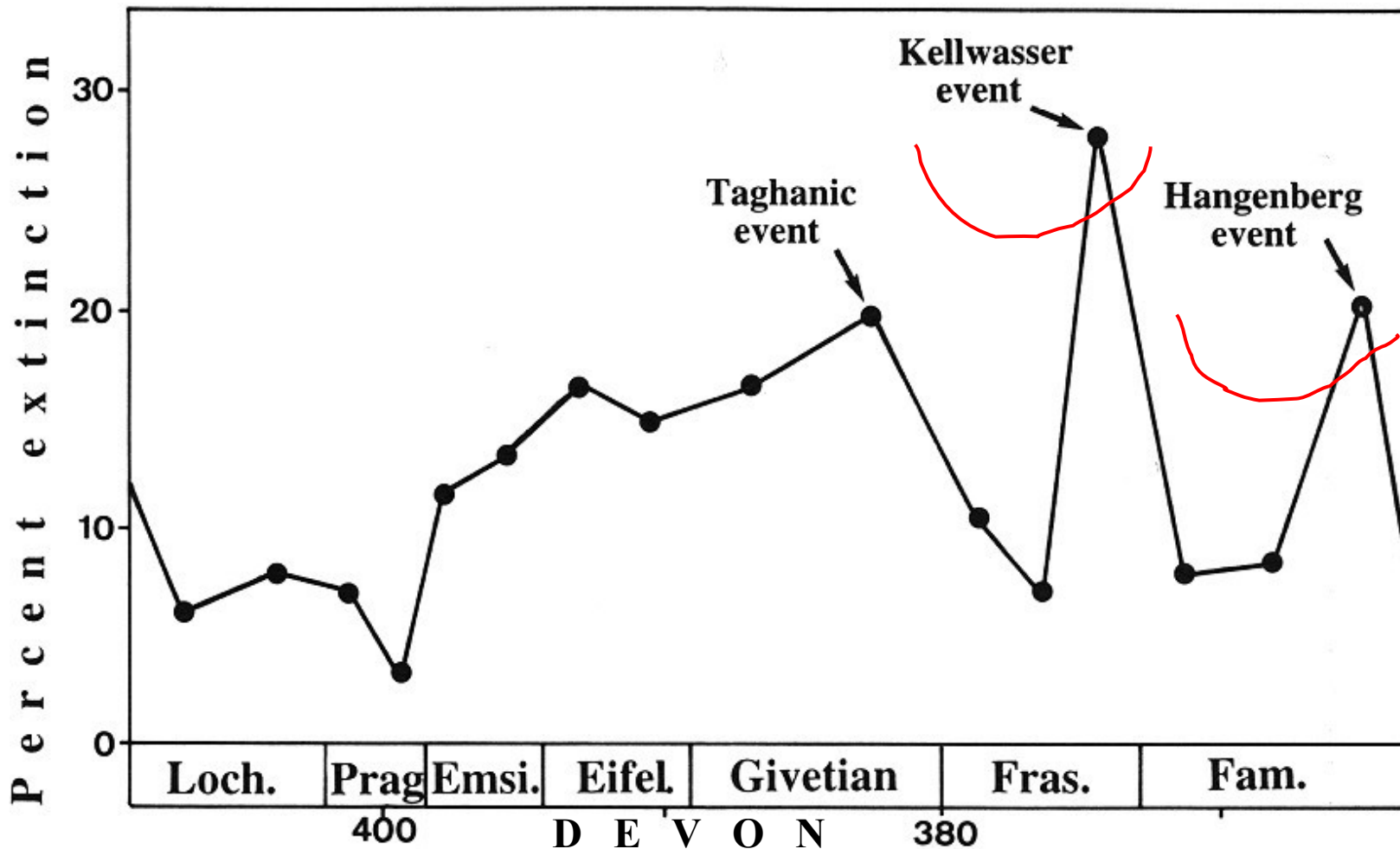


Sv. devon

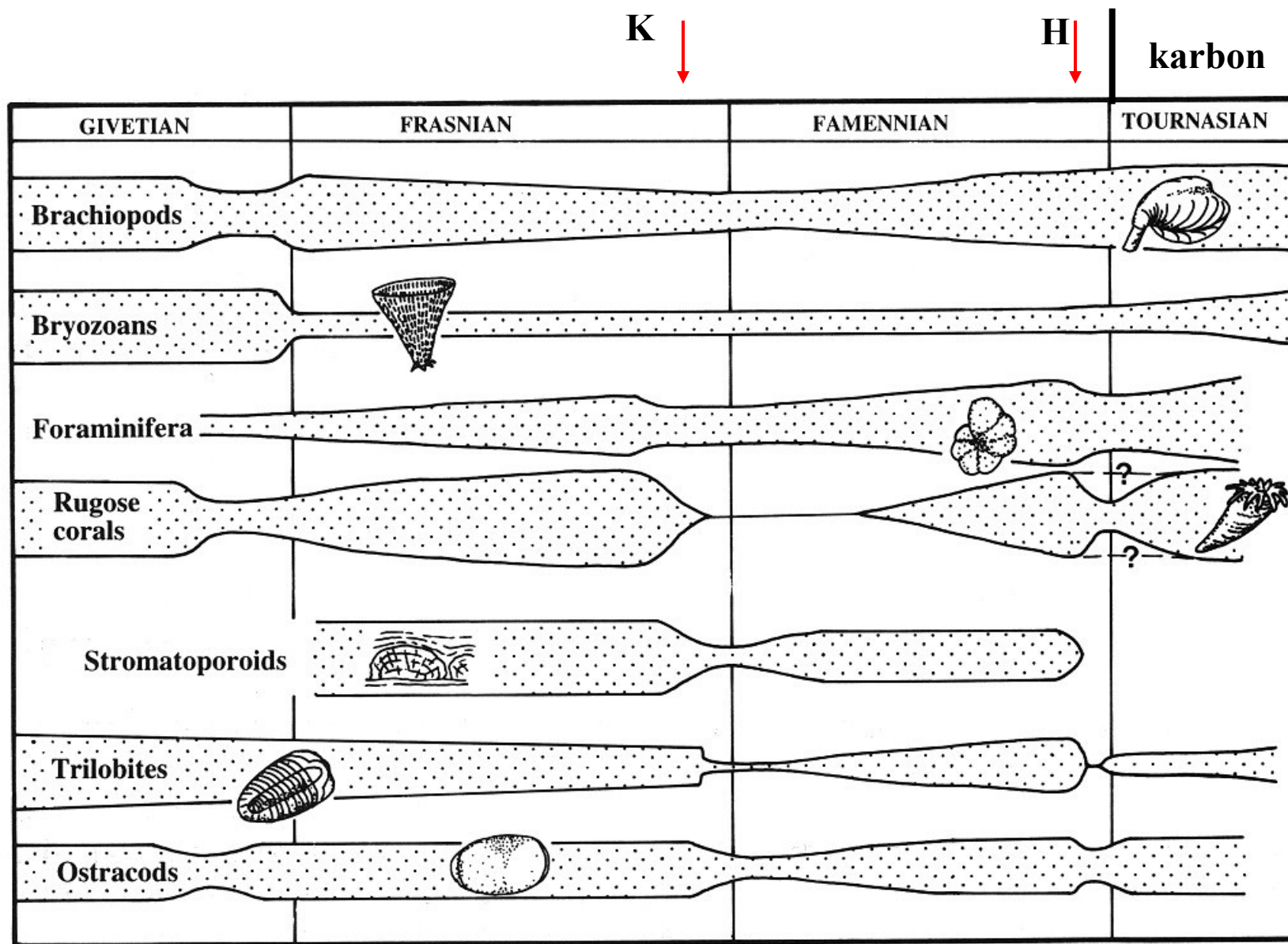
***Tulerpeton* – dobře vyvinutá žebra, nemá vnitřní žábry, je blízký ke spodnokarbonským obojživelníkům, ?? život v přímořské oblasti**

Významné eventy v nejvyšším devonu

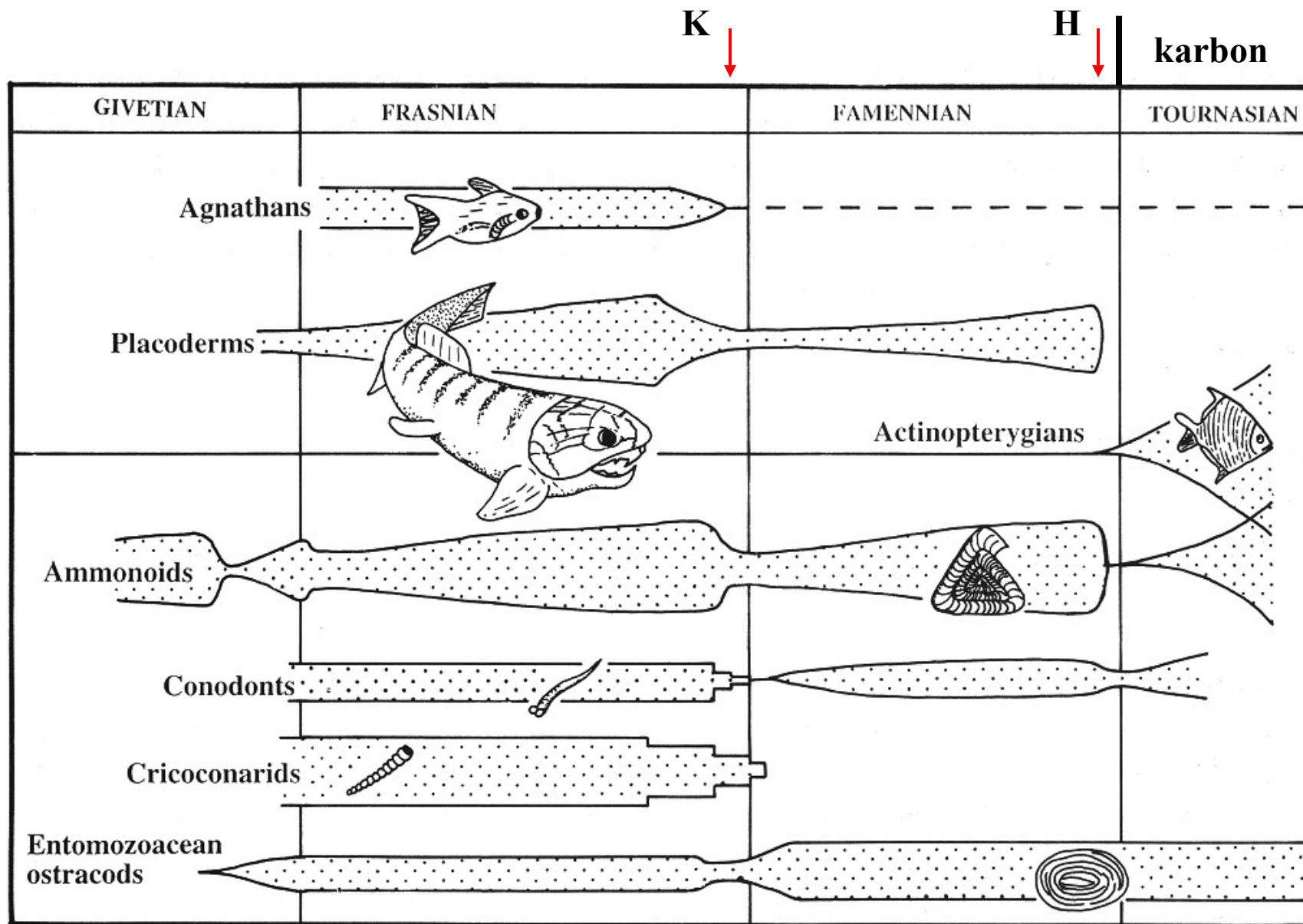
Vymírání mořských rodů (v %) během jednotlivých stupňů devonu – 2 výrazné piky ve svrchní devonu



Souhrnný diagram pro změny diverzity bentických skupin ve svrchním devonu



Souhrnný diagram změn diverzity pelagických skupin ve svrchním devonu

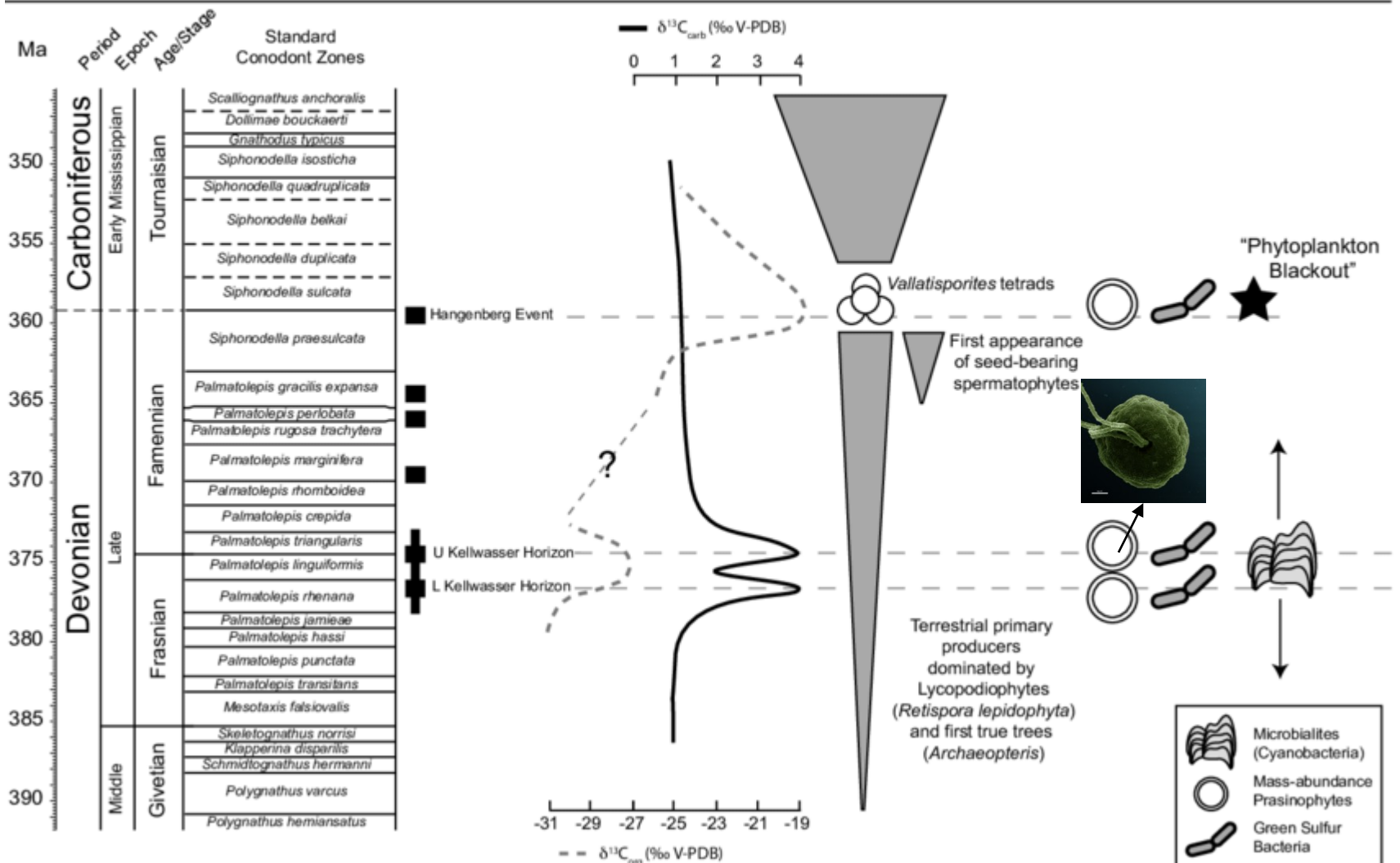


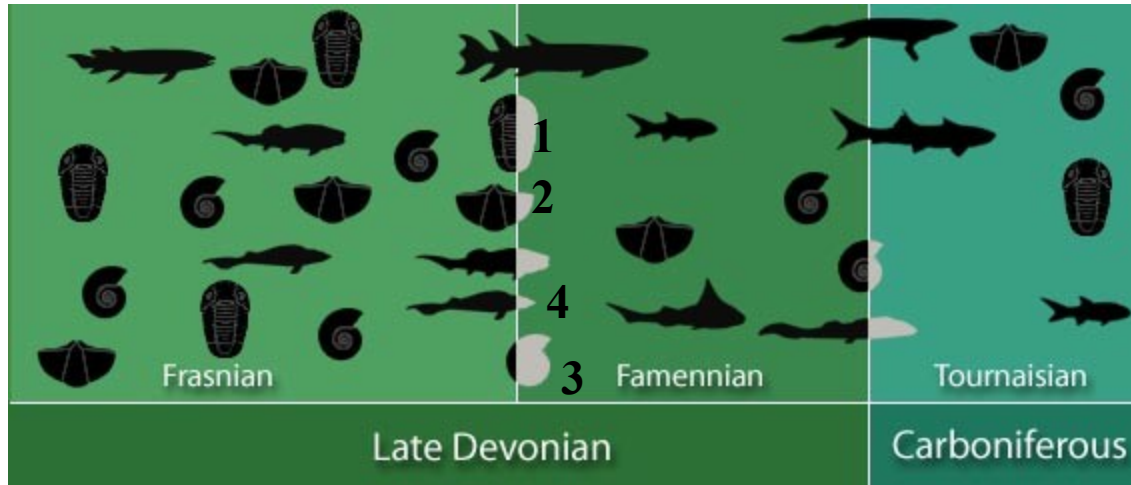
A Extinction / Anoxic Events

B Carbon Isotopes

C Terrestrial Primary Producers

D Marine Primary Producers





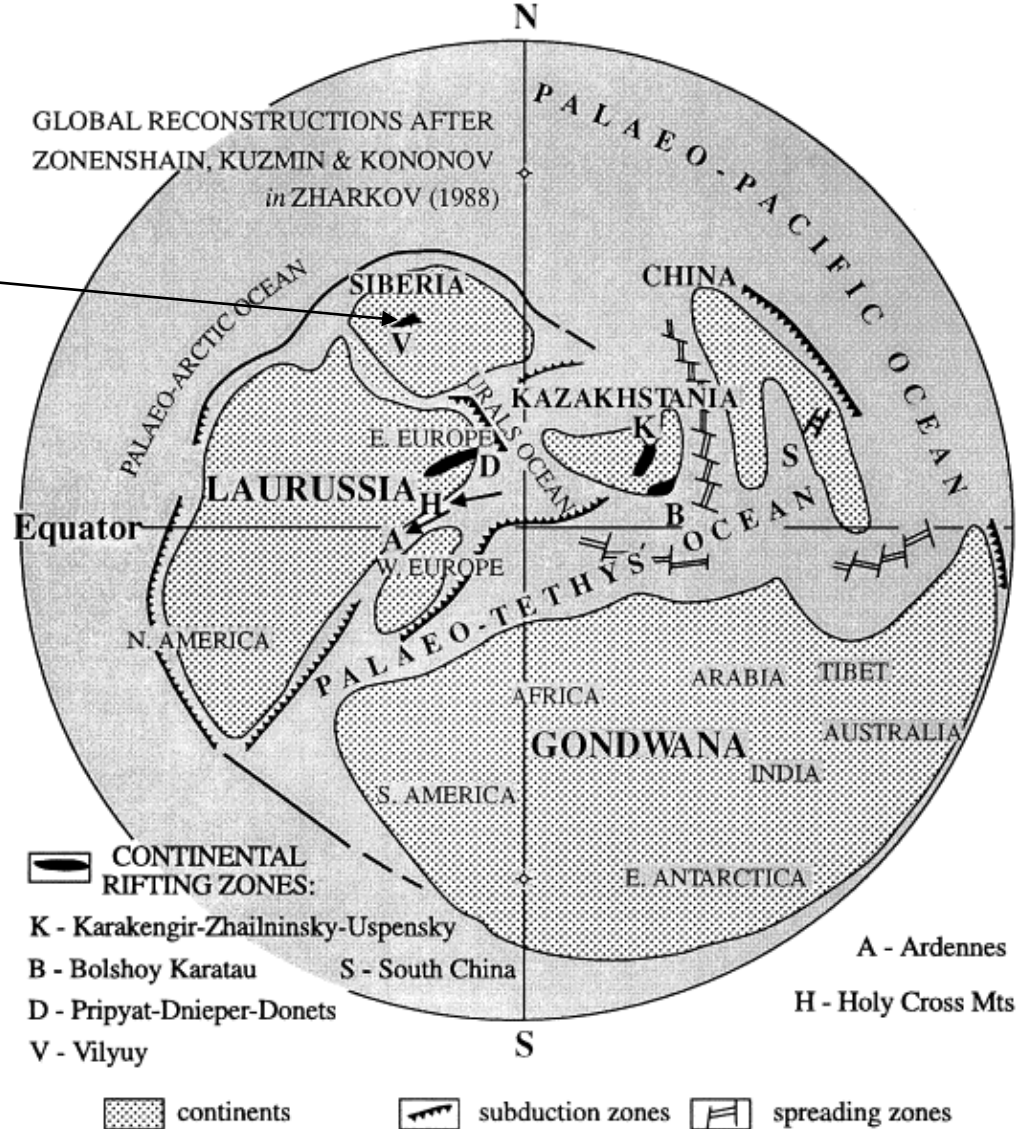
Redukce (bílá barva) některých skupin fauny na hranici frasn/famen (1-trilobiti, 2- brachiopodi, 3 - amoniti, 4 – plakodermi) a famen/tournai (amoniti, plakodermi) (Thomas, 2013)

Vulkanismus



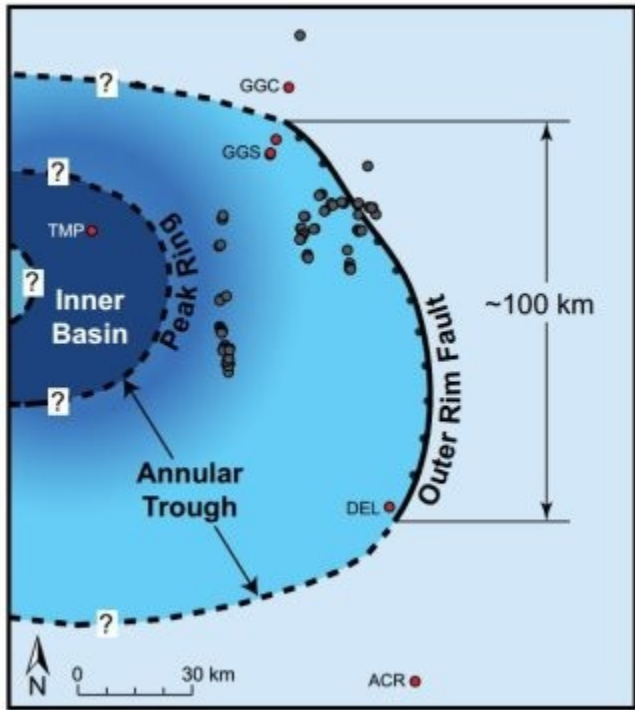
Oblast řeky Viluj – Sibiř, plošný vulkanismus, sv. devon

Viljuj



**Interpretace globální situace ve svrchním devonu
(Zonenshein et al., 1988) a pozice viljujských trapů**

Alamo Impact Crater, Nevada, Location Uncertain



~44-65 km D., obscured/dislocated by geological processes
~382 MYO, complex crater, shallow to deep marine
37° 20' N. Lat., 116° 10' W. Long. (very approx.); Nye County (possibly), Nevada, USA
Morrow et al. 2005; Anderson, 2008; Google Earth.

~ 383-385 Ma

? Rozměr kráteru větší

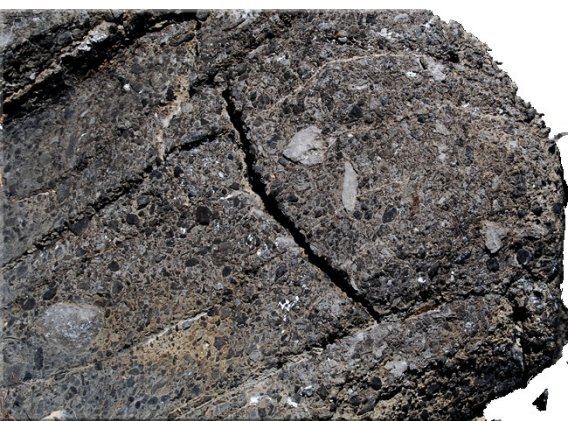
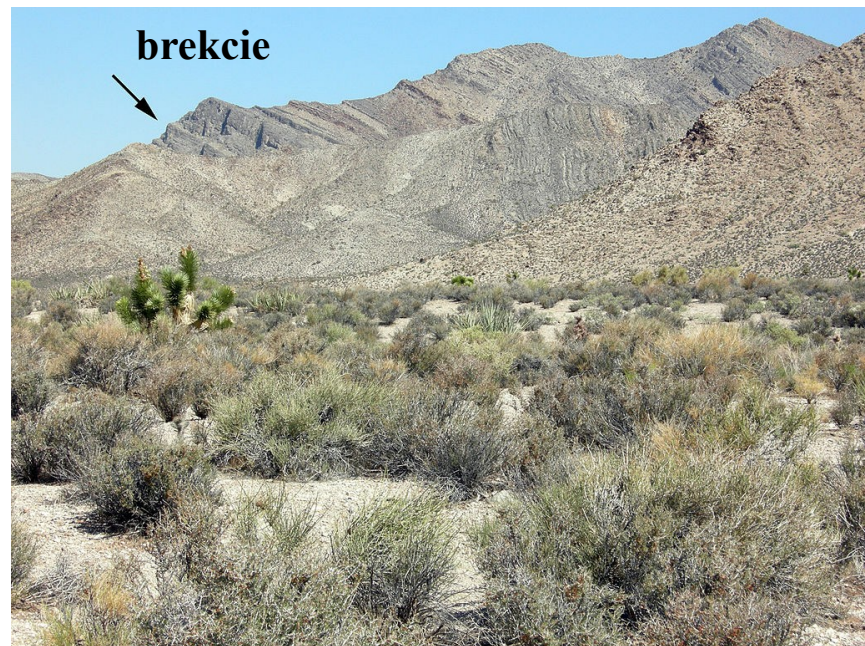
Impakty

Alamo impakt (Nevada)

367 Ma



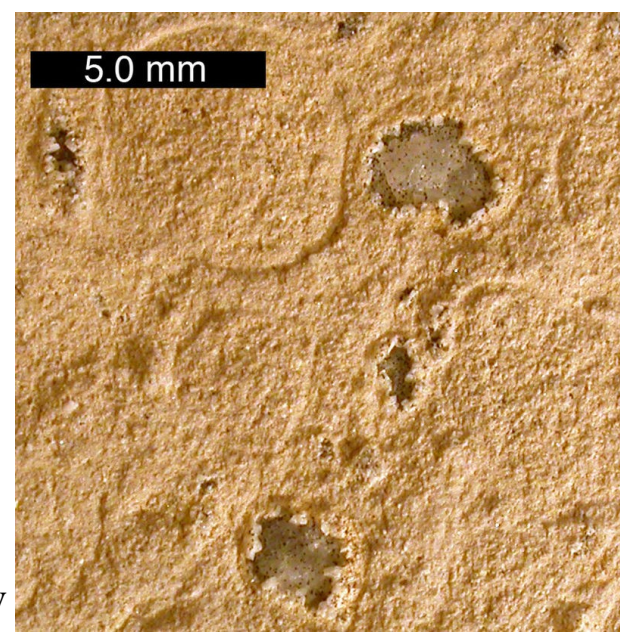
vápence porušené impaktem



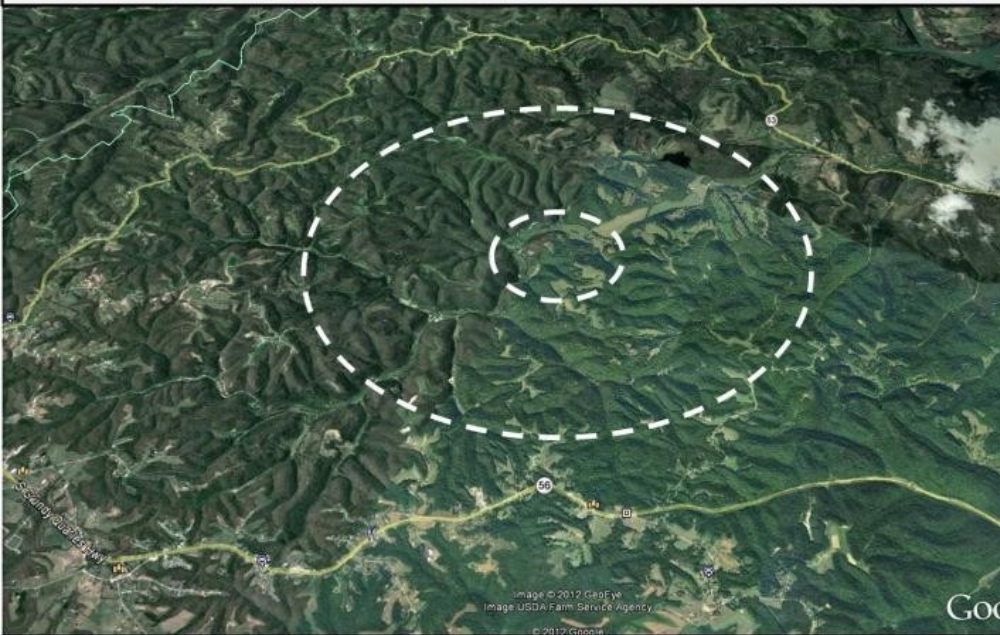
breccie



kalcitické sféruly



Flynn Creek Impact Crater, Tennessee



~3.8 km D., exposed, eroded
360 (\pm 20) MYO, complex crater
36° 17' N. Lat., 85° 40' W. Long.; Jackson County, Tennessee, USA
Data from: PASSC Database, Wikipedia, Google Earth.



bold, průměr cca 200m

Stáří a parametry kráterů Austrálie



Woodleigh Crater, Z. Austrálie, 359±4 Ma, bolid 5-6 km prům., kráter 60 km

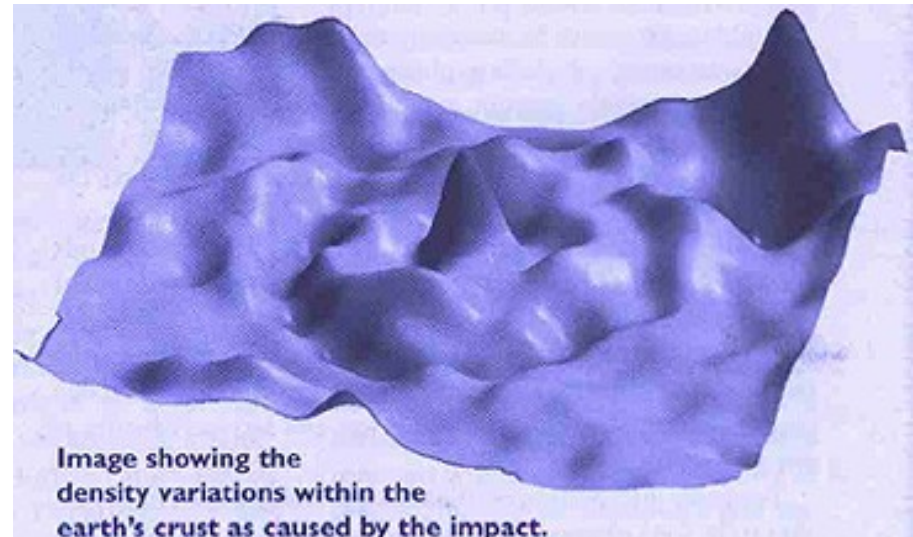
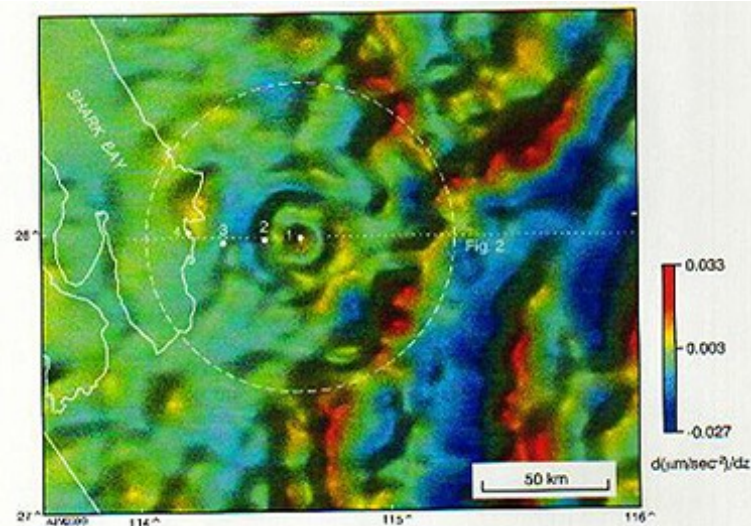
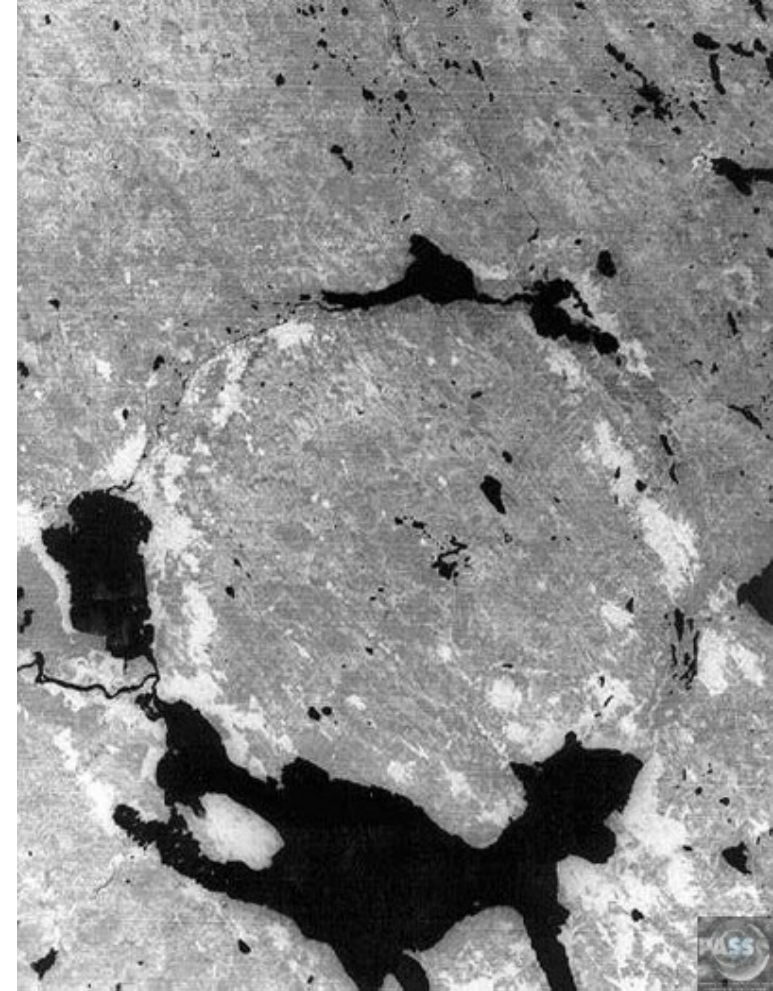
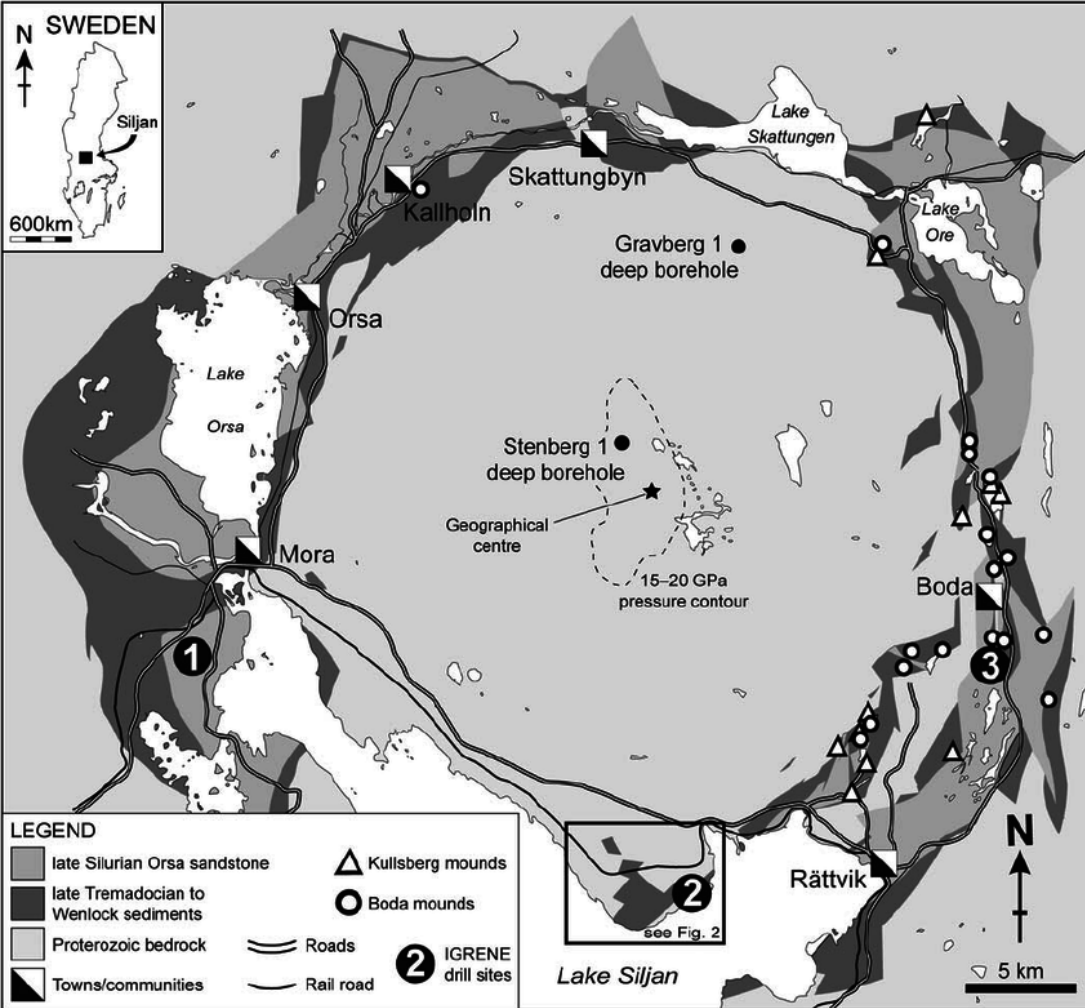


Image showing the density variations within the earth's crust as caused by the impact.



Siljan impakt – pozice





Siljan, str. Švédsko, 361 +/- 1.1. Ma, prům. ~ 50 km, spojen s Kellwasser Event



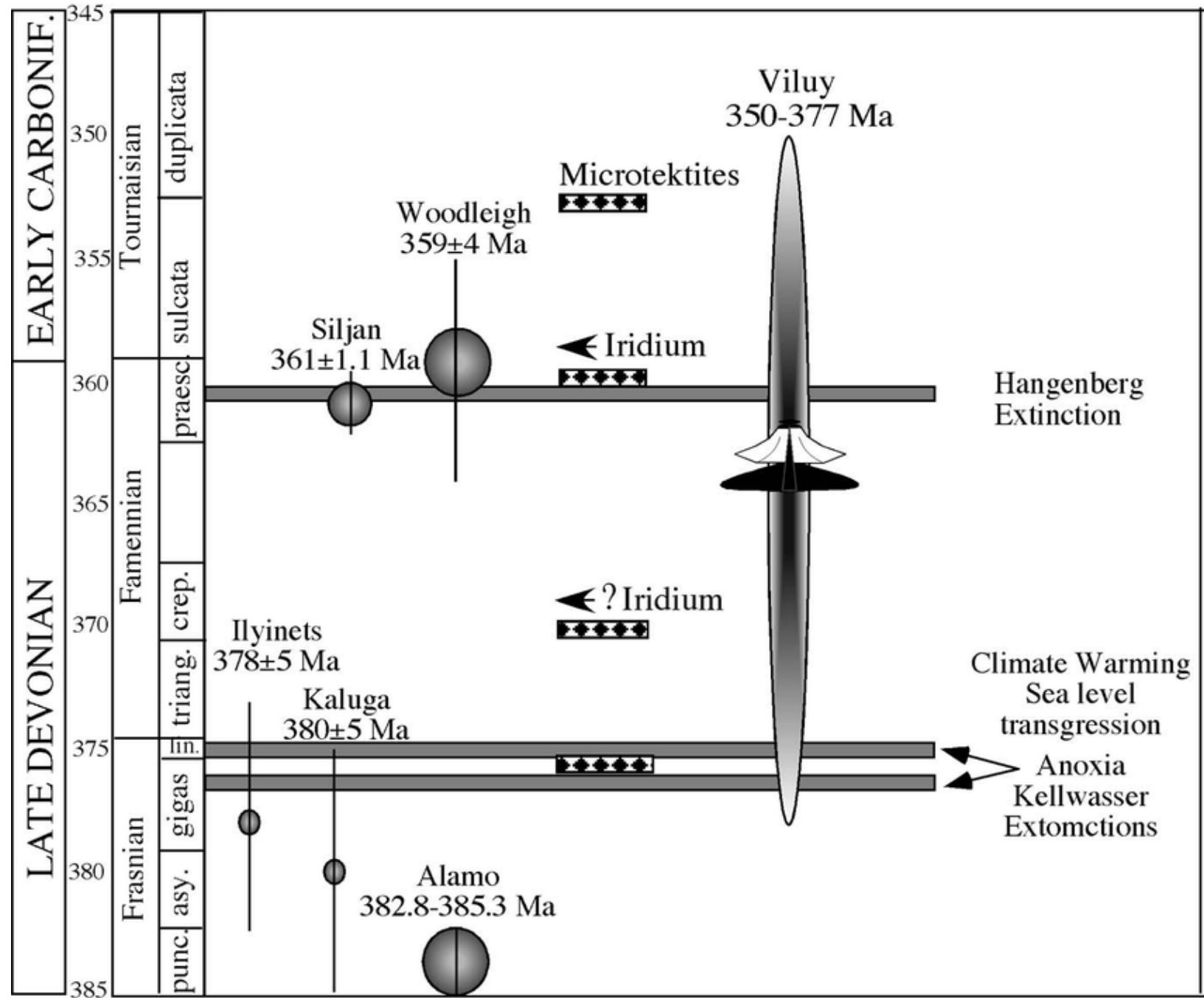
**Iljinet Impakt ,
kráter cca 10 km prům.**



**Taihu, vých. Čína,
nově zpochyňován impaktový původ !!!**



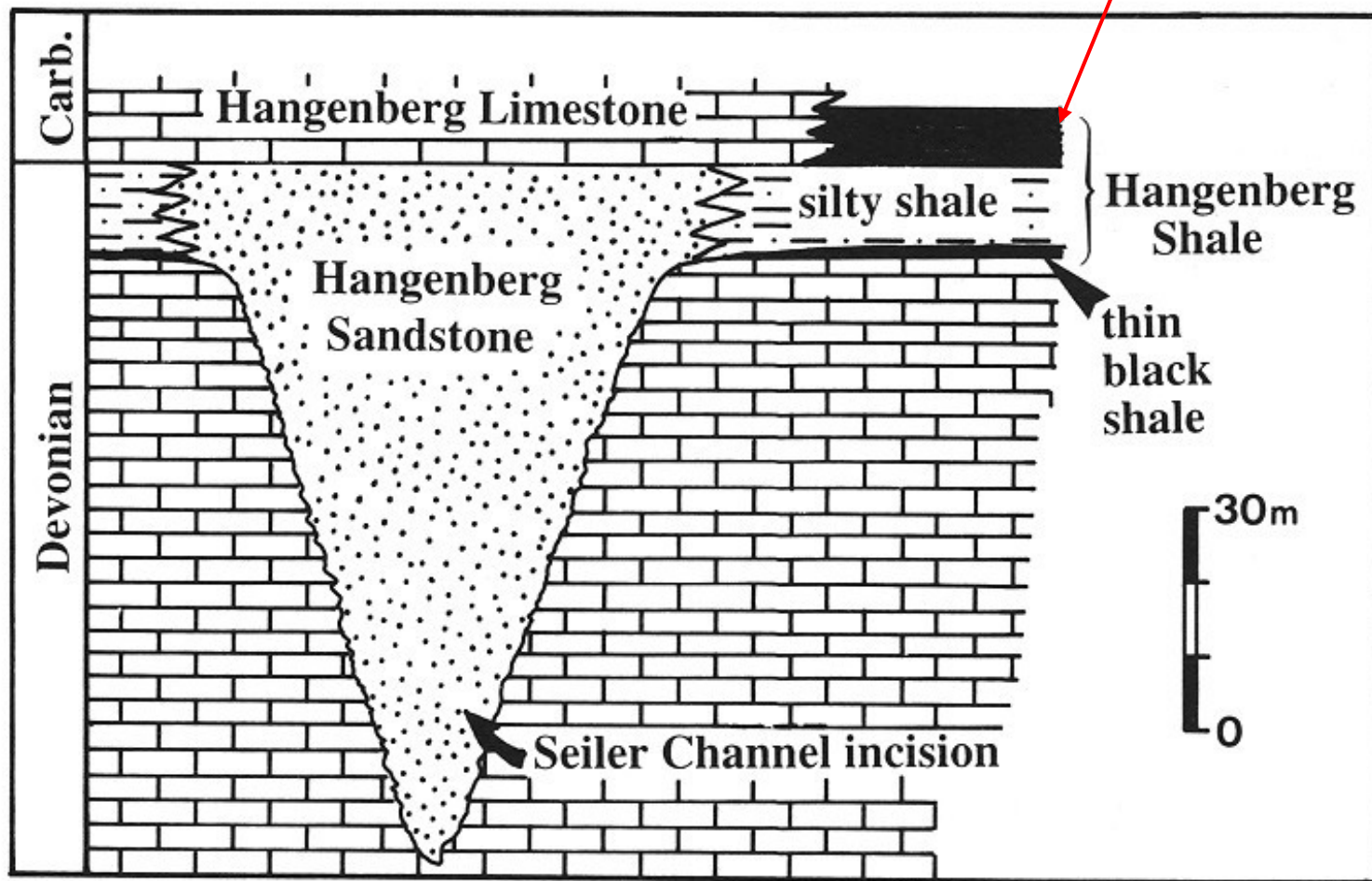
AGE (MA) IMPACTS & EJECTA VOLCANISM EXTINCTIONS

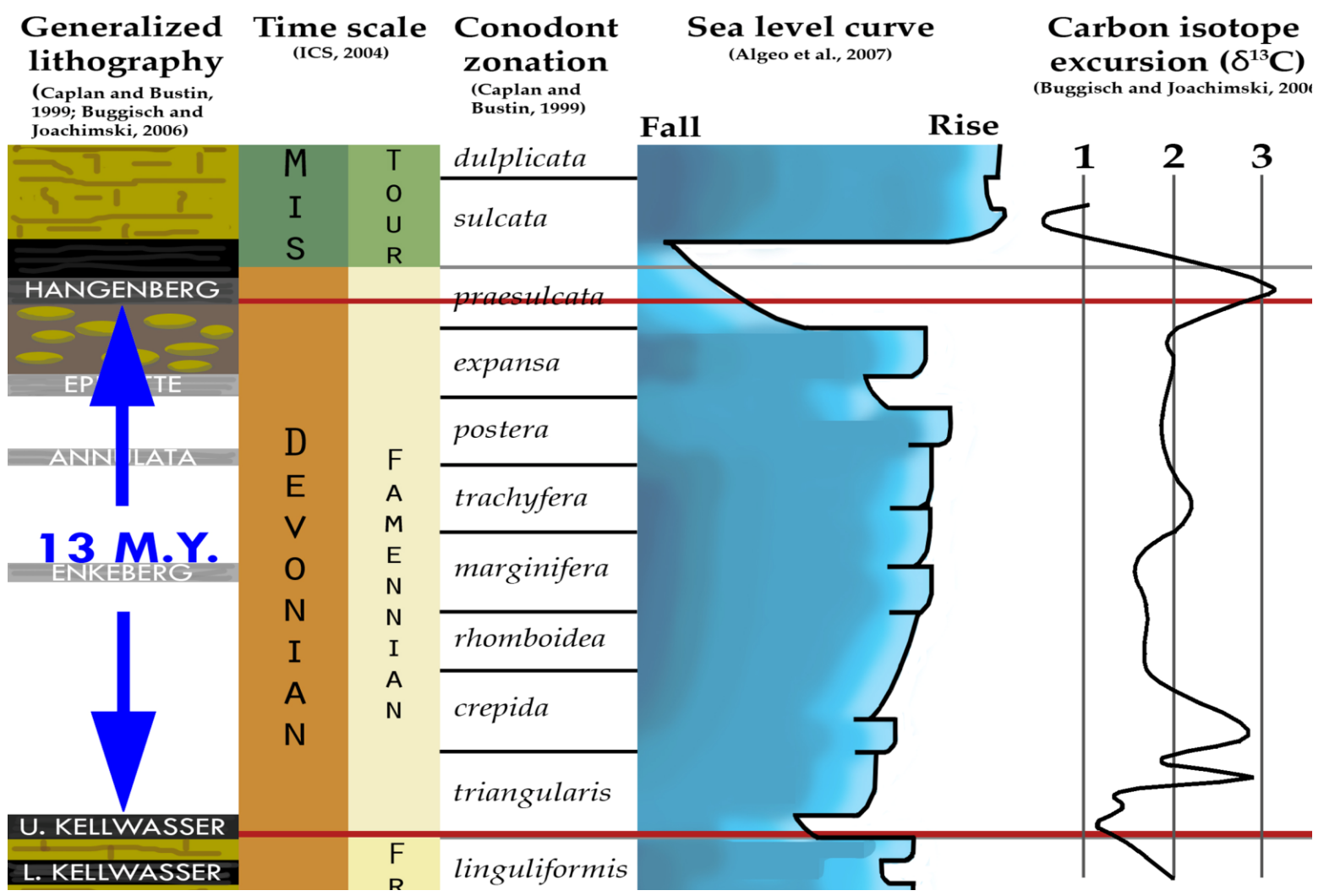


		Reported Ir anomalies	Possible impact craters	Other impact evidence	
karbon	TOURN.	<i>duplicata</i>		microspherules (China)	
		<i>sulcata</i>			
devon	FAMENNIAN	<i>praesulcata</i>	China	microspherules (China)	
				
		<i>crepida</i>	Australia, China	* Taihu Lake (China)	microspherules (China)
		<i>triangularis</i>	Belgium China?	* Siljan Ring (Sweden)	microspherules? (Belgium)
		<i>linguiformis</i>			
		<i>gigas</i>			
FRASNIAN		<i>asymmetricus</i>			
		<i>punctata</i>	USA	shocked quartz and Alamo breccia (USA)	

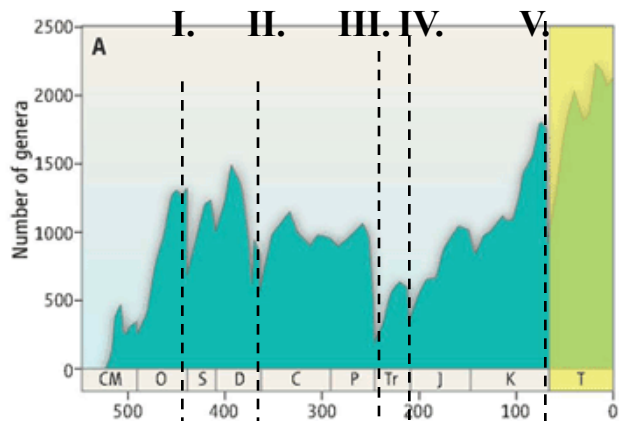
Stratigrafická pozice různých dokladů bolidů (impakty) okolo hranice devon/karbon (Hallam et Wignall, 1997), dnes další impakty Viz výše

Černé hangenbergské břidlice (anoxie), v nejvyšším devonu a na bázi karbonu Rýnského břidličného pohoří (Německo)

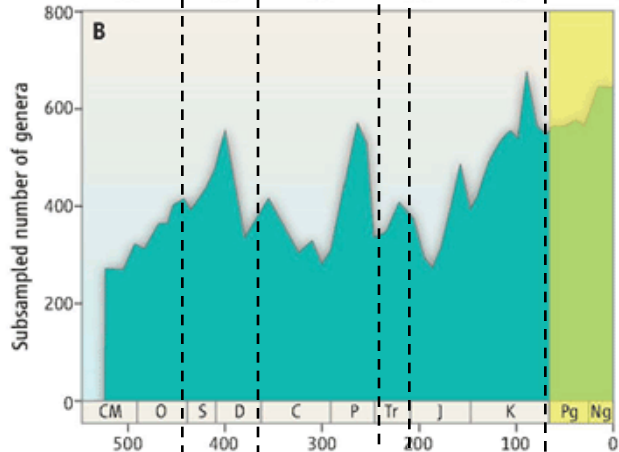




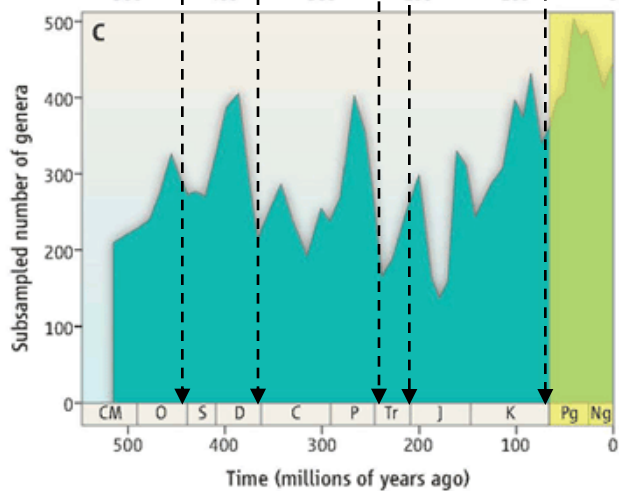
Souhrn nejvyšší devon



Diversita podle Sepkoskiho (1997)



Současná křivka diverzity podle Paleobiology Database



Nejnovější křivka diverzity podle PBDB (2012) s použitím nové metody pro korekci nerovnoměrného vzorkování – pro kenozoikum (žlutá barva) je shodná s ad A)

Vymírání koncem devonu:

Datace: ~360 Ma (ve stupních frasn a famen),

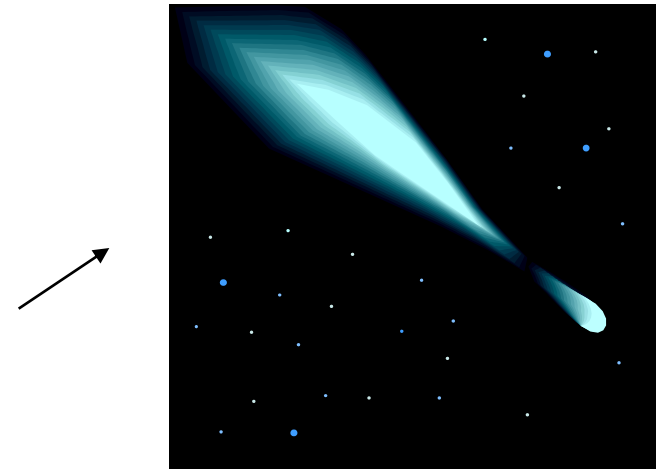
Ráz: dlouhotrvající krize, řada postupných redukcí diverzity četných skupin během cca 13 milionů let. Profily kolem hranice frasn/famen jsou velmi dobře známé a stratifikované (konodontová fauna). Závěr krize ~ 300.000 let.

Třetí nejsilnější event (za P/T a sv. Or):- mizí 86 % amonitů, brachiopodů, trilobitů
- zastavil se růst útesů

- Doklady:**
- na hranici Fr/Fa exkurze křivky delta C13, pokles a prudký vzrůst delta S34,
 - ukládání černých břidlic => anoxie na dně moří + nízký obsah O₂ v prostředí, anoxie je vázána na eustaticky nízkou hladinu oceánu,
 - k hranici Fr/Fa se vztahují i krátery (Švédsko, Quebec, Austrálie) = impakty, pro které svědčí i mikrotektity v Belgii, v Číně a Austrálii + iridiové anomálie
 - Viljujské efuse

Toto vymírání – v podmínkách vysoké teploty s prudkým ochlazením v H a K (viz vysoká úroveň delta O18)

Závěr: Postupné vymírání vlivem stavu planety (přehřátí + anoxie),
terestrické příčiny doplněné impaktem 2 – 3 bolidů,
silný vliv především na mořské bezobratlé (zvláště útesotvorné), situace obratlovců



Použité prameny:

- Benton, M.J., 1997: Vertebrate Palaeontology. – Chapman & Hall, pp.452. London.
- Courtillot, V. , 1999: Evolutionary Catastrophes, The Science of Mass Extinction. – Cambridge University Presss, pp.173, Cambridge (UK).
- Gould J.S. (ed.), 1998: Dějiny planety Země. – Knižní klub, Columbus, pp. 256, Praha.
- Hallam, A., Wignall, P.B., 1997: Mass Exctinctions and their Aftermath. – Oxford Univ. Press, pp. 320. Oxford.
- Kalvoda, J., Bábek, O., Brzobohatý, R., 1998: Historická geologie. – UP Olomouc, pp. 199. Olomouc.
- Lovelock, J., 1994: Gaia, živoucí planeta. – MF, MŽP ČR, Kolumbus 129, pp. 221. Praha.
- Margulisová, L., 2004: Symbiotická planeta, nový pohled na evoluci. – Academia, pp. 150. Praha.
- Paturi, F. X., 1995: Kronika Země. - Fortuna Print, pp. 576. Praha.
- Pálfy, J., 2005: Katastrophen der Erdgeschichte – globales Aussterben ? – Schweizerbart. Ver. (Nägele u. Obermiller), pp. 245, Stuttgart.
- Pokorný, V. a kol., 1992: Všeobecná paleontologie. – UK Praha, pp. 296. Praha.
- Raup, D.M., 1995: O zániku druhů. – Nakl. LN, pp.187. Praha.

Internet – různé databáze (především obrazová dokumentace)