

# Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část IX.

## Kenozoikum

Rostislav Brzobohatý

výběrovka 2019



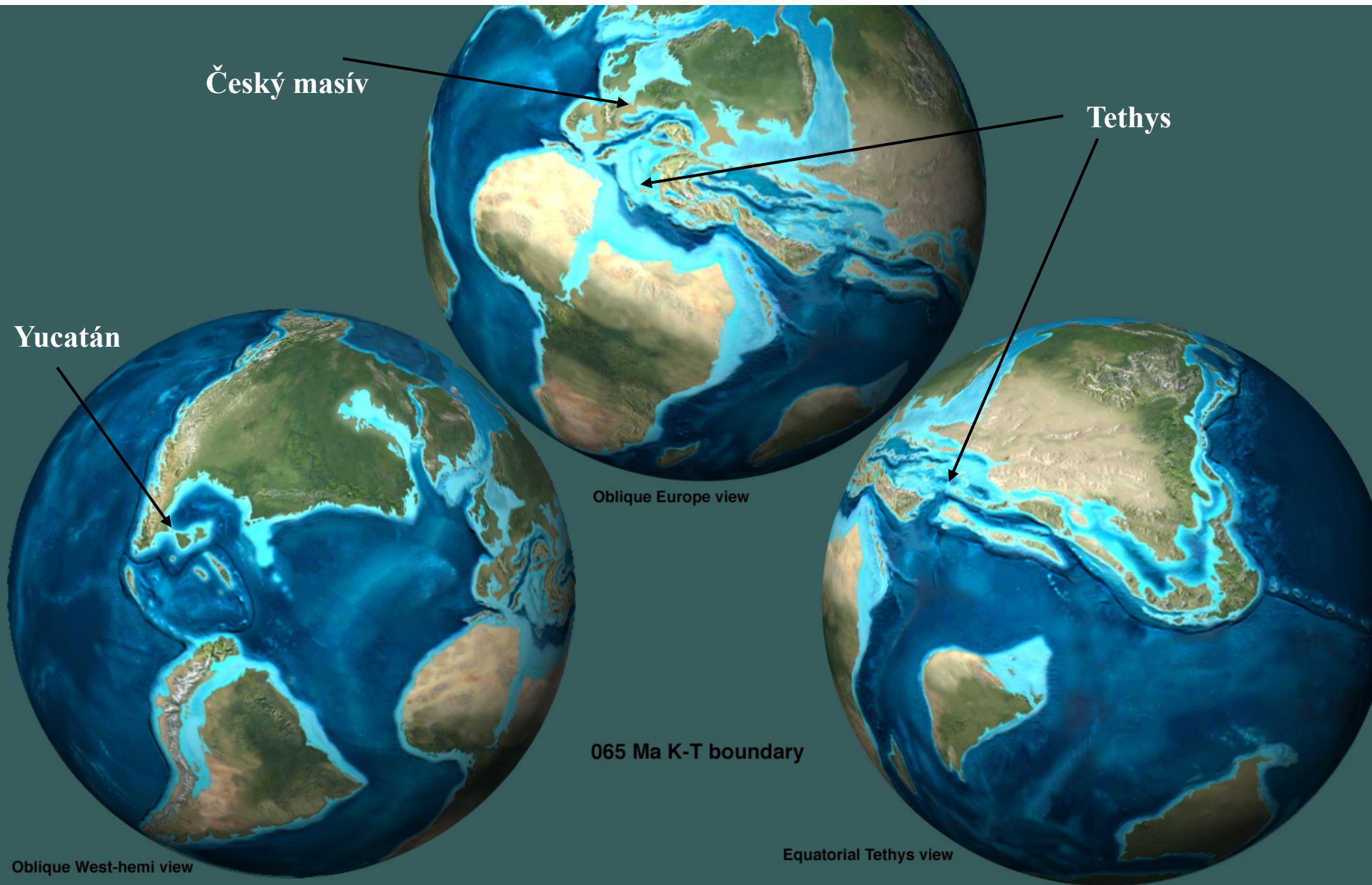
# KENOZOIKUM (65-0 Ma)

- Globální ekosystém se od mesozoického výrazně liší
- Nehledě na výkyvy – postupné ochlazování => ostrá klimatická pásma, první známky zalednění – tání – vznik psychrosféry (<10 st.C)
- Pokračuje rozpínání oceánského dna – pohyb litosf. desek – pásemná pohoří – vrcholí alpínská orogeneze
- Nové oceánské proudy (cirkumantarktický) a změny směrů
- V závěru období zalednění – kontinentální ledovce a s tím související migrace flóry a fauny

Uvolnění životních prostor v oceánech i na kontinentech po K/T krizi = explozivní rozvoj nových skupin organismů především III. moderní fauny během paleogénu a neogénu v mořích a nových skupin na souši:

- oceánský plankton (nanoplankton, foraminifera, radiolária, rozsivky, silikoflageláti)
- nové hlubinné společenstvo bentické fauny
- žraloci a kostnaté ryby (zcela nahradili biologicky hlavonožce)
- savci (země, voda, vzduch), diferenciacce podle kontinentů (Austrálie - < vačnatci) Jižní Amerika (< vačnatci, chudozubí, starobylí kopytníci), Afrika, Eurasie (< ostatní + rozvoj primátů), v závěru období vynoření hominidů a dominance rodu *Homo*
- ptáci
- ve spolupráci s nimi rozvoj krytosemenné flóry (kvetoucí rostlinstvo,)

# Paleogeografie z pohledu polokoulí, hranice K/T

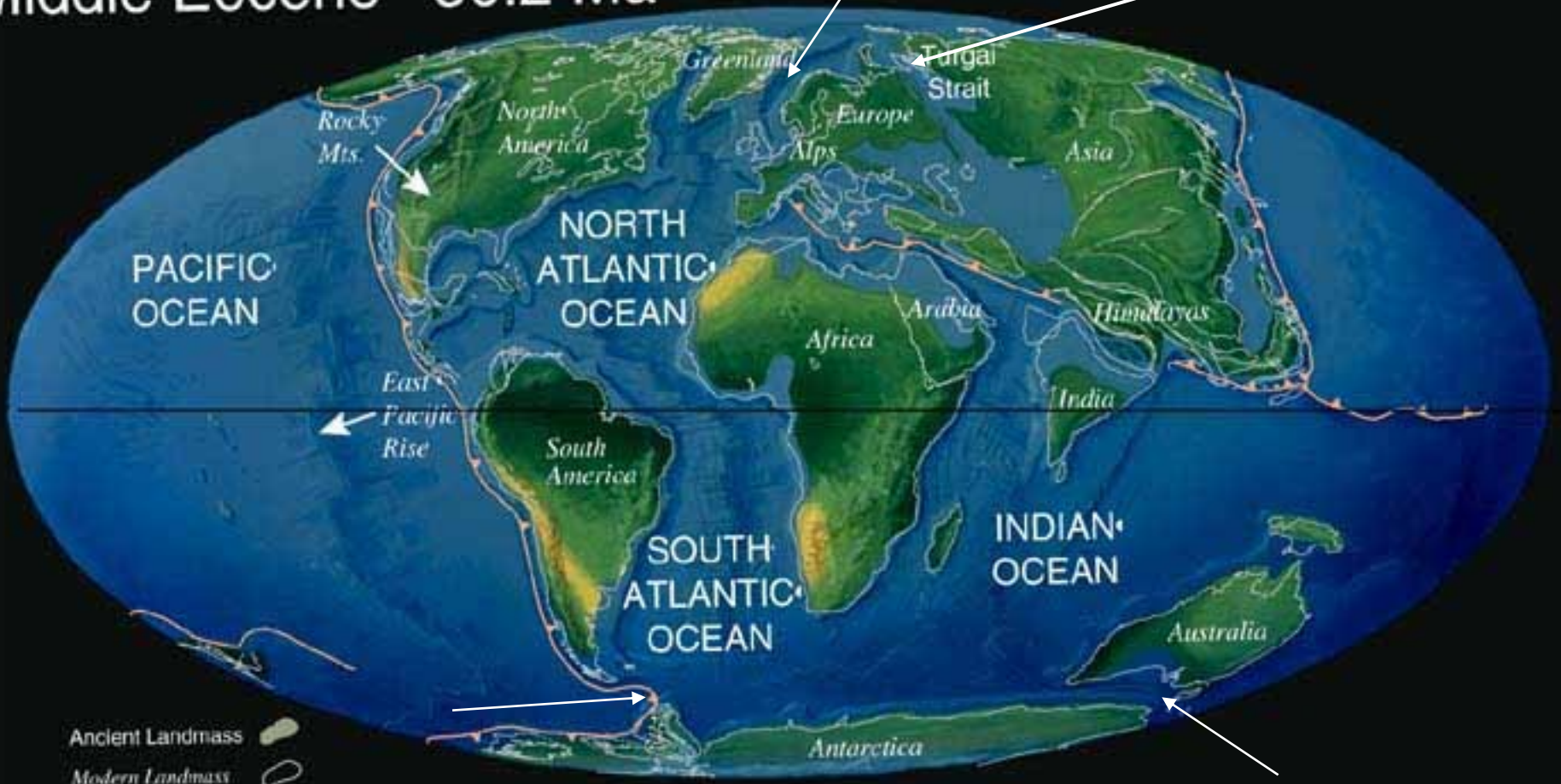


# Paleogeografie středního eocénu

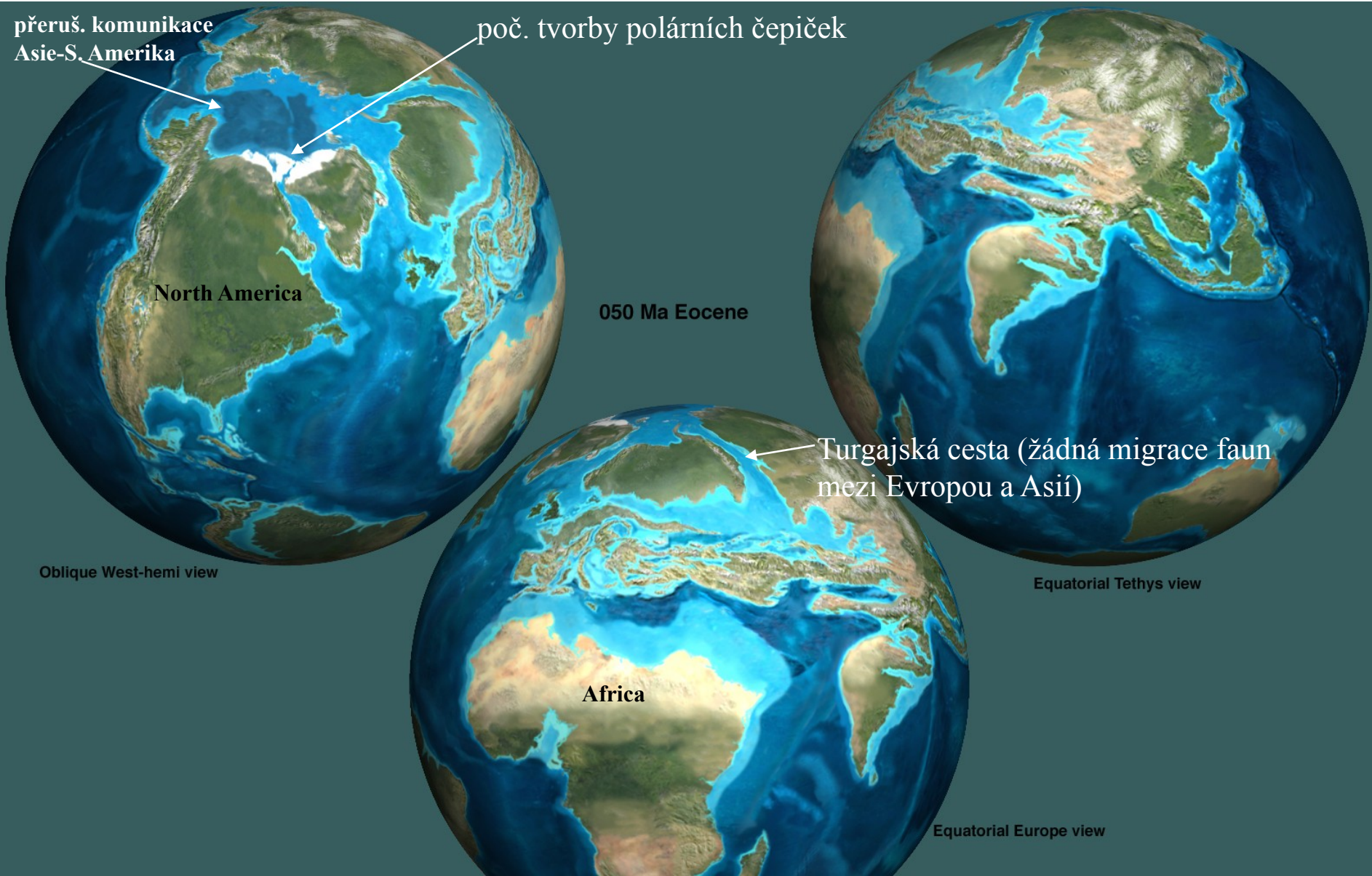
Middle Eocene 50.2 Ma

rozevírání Severního moře

Turgajská cesta

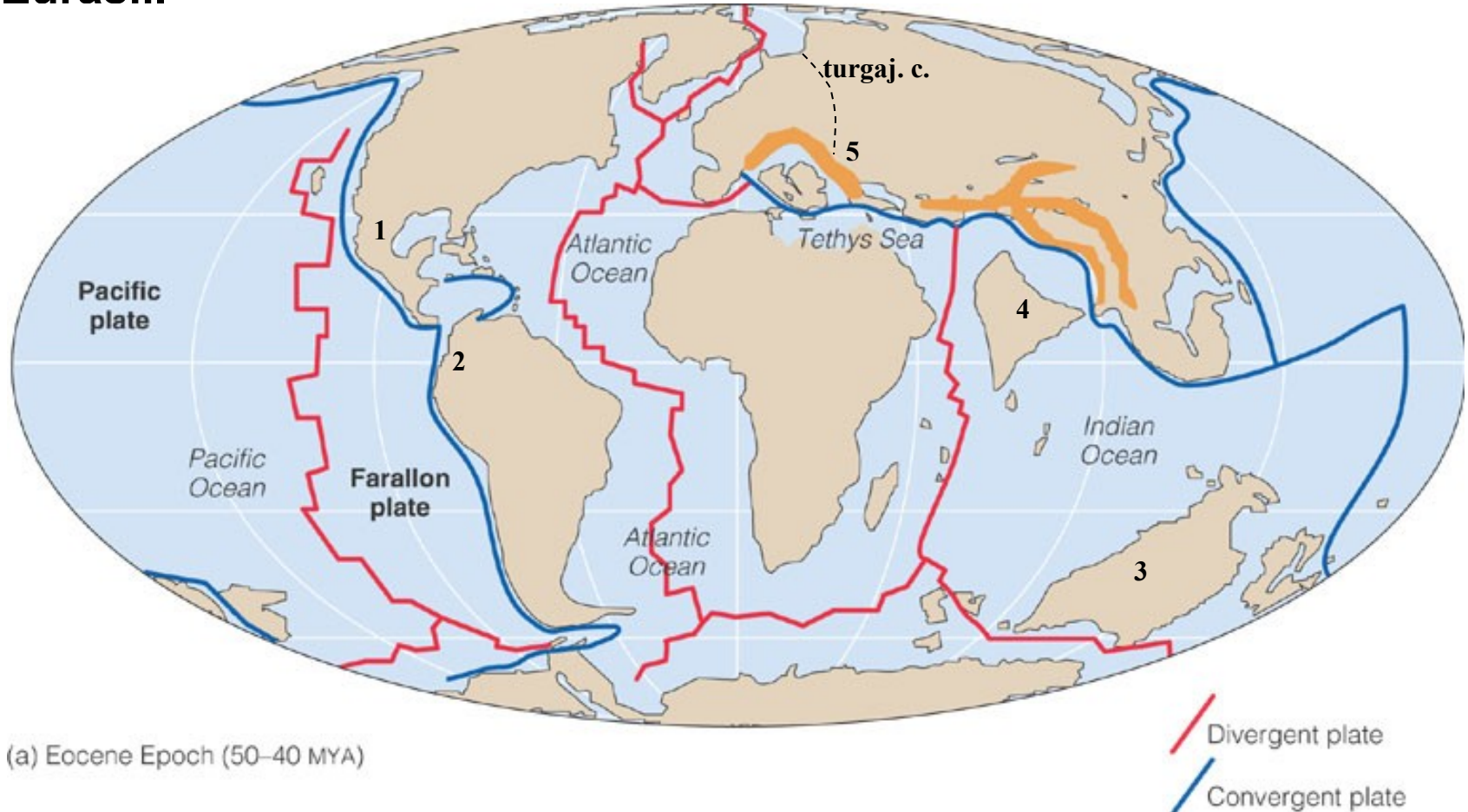


**Pohled na polokoule v eocénu (koncem eocénu výrazné snížení teploty, sezónnost, jižní kontinenty volné, severní moře (Grónsko-Norsko) = mísení studených a teplých vod v oceánech**

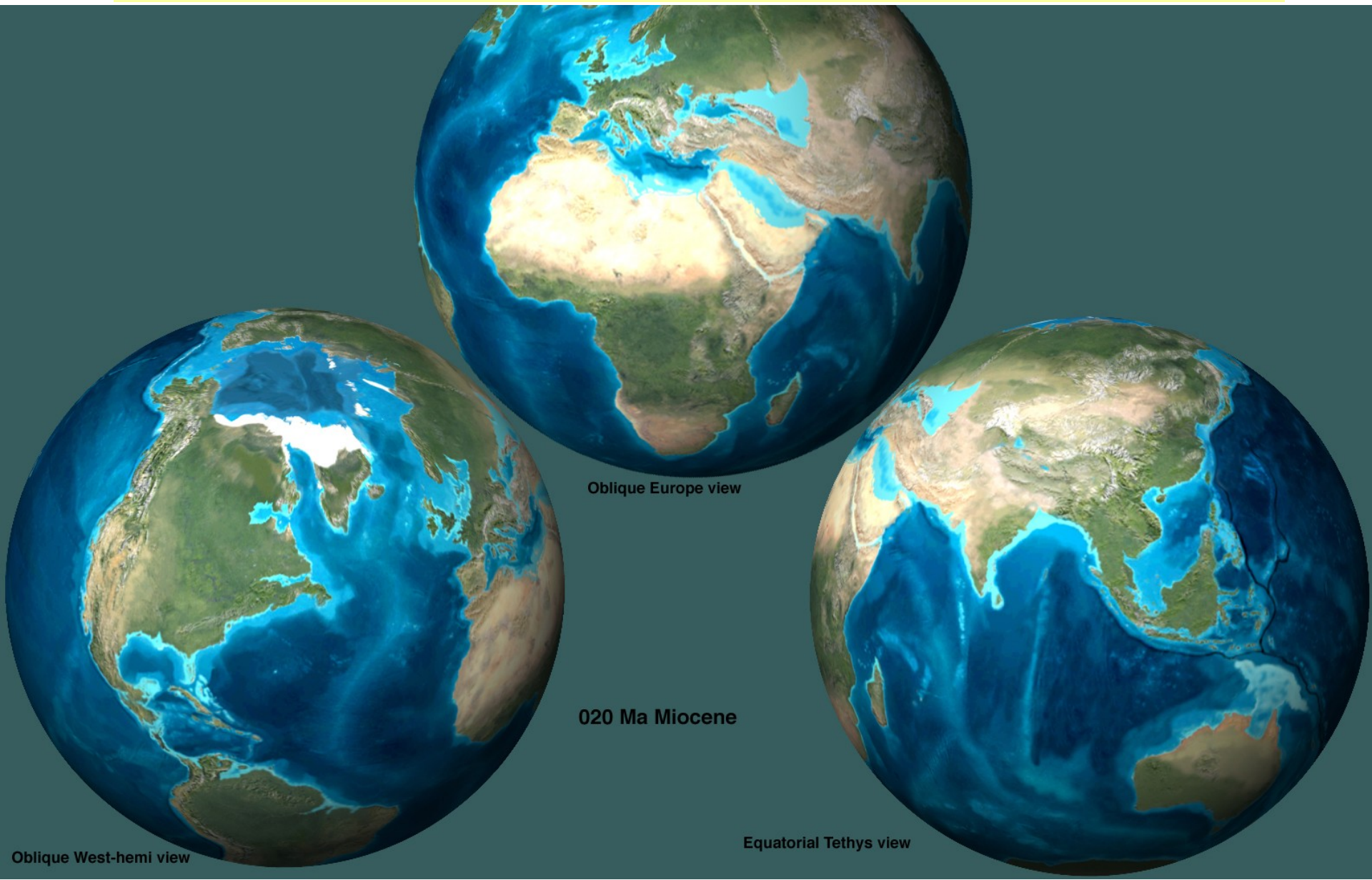


# Kenozoická desková tektonika

- V eocénu byla Amerika (1-2) kompletně separována, Austrálie (3) se oddělila od Antarktidy, Indie (4) ležela jako ostrov v Indiku. Jižní Amerika a Antarktida jsou ještě téměř spojeny. Alpinské vrásnění (5) v Eurasii.



**Pohled na polokoule ve spodním miocénu (Antarktida je pod ledem, na jihu Afriky a J. Ameriky vzniká tundra, severní tundra je pozdější-pliocénní)**





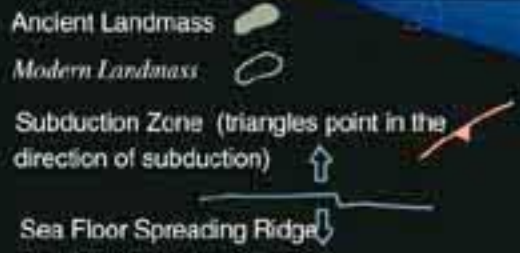
# Paleogeografie ve středním miocénu

Middle Miocene 14 Ma

Paratethys

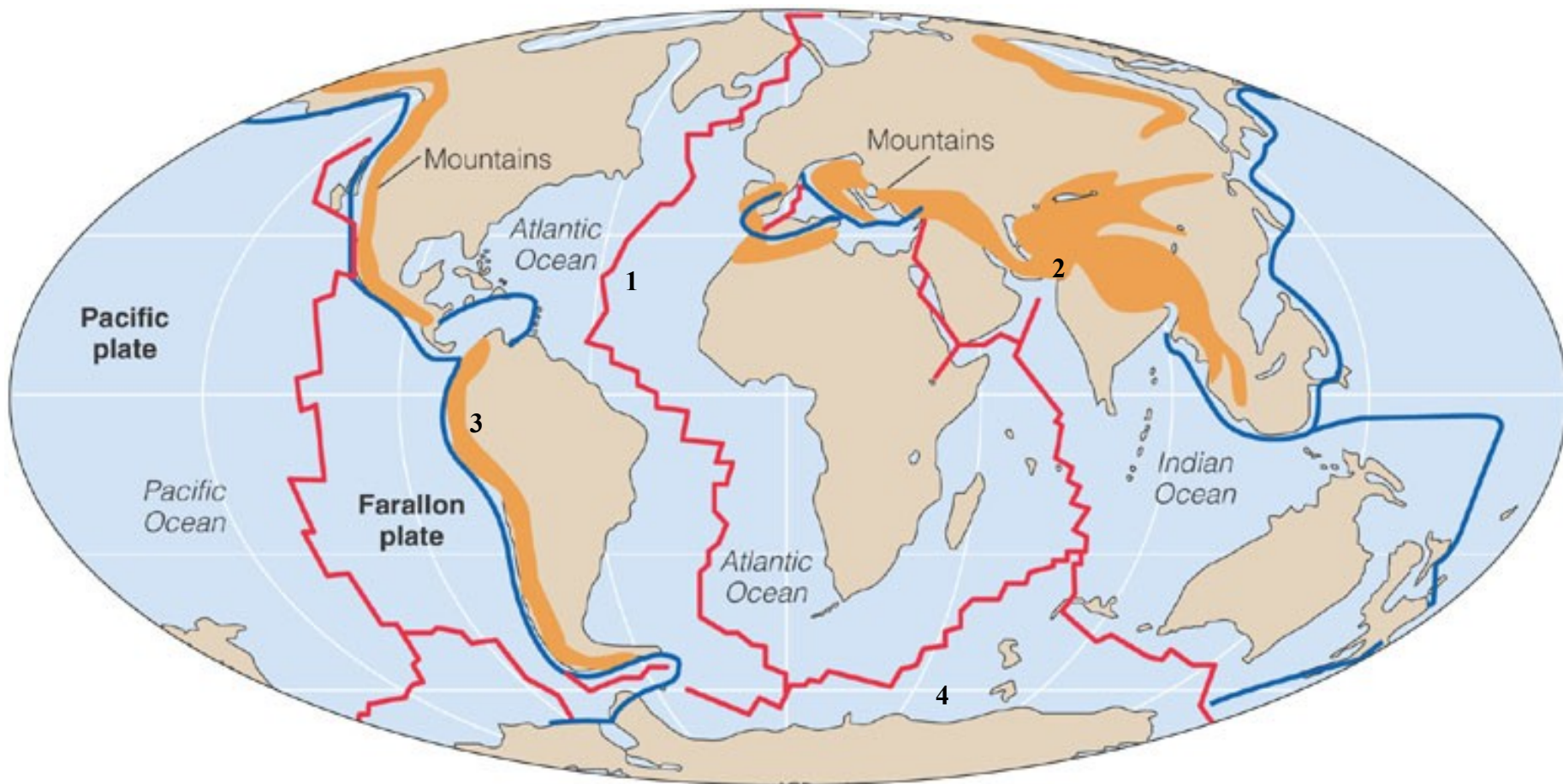


Drakeova úžina otevřena  
(cirkumantarktický proud)



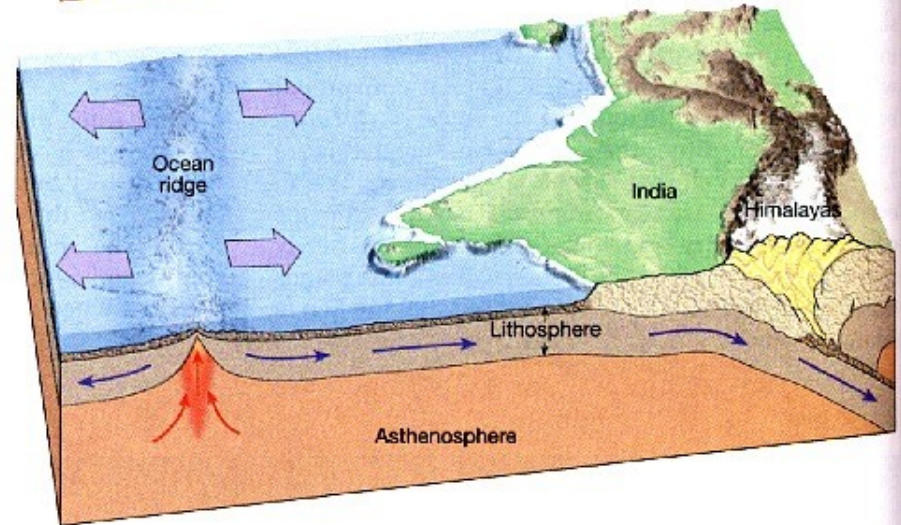
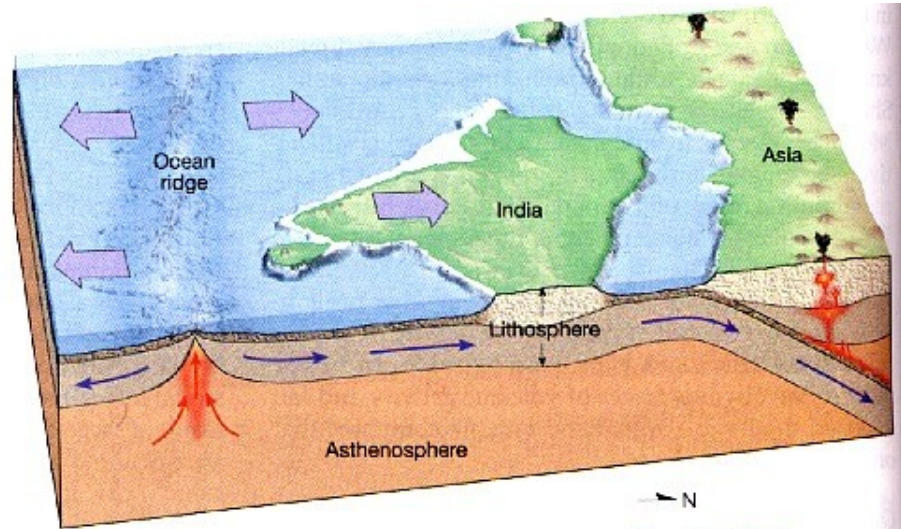
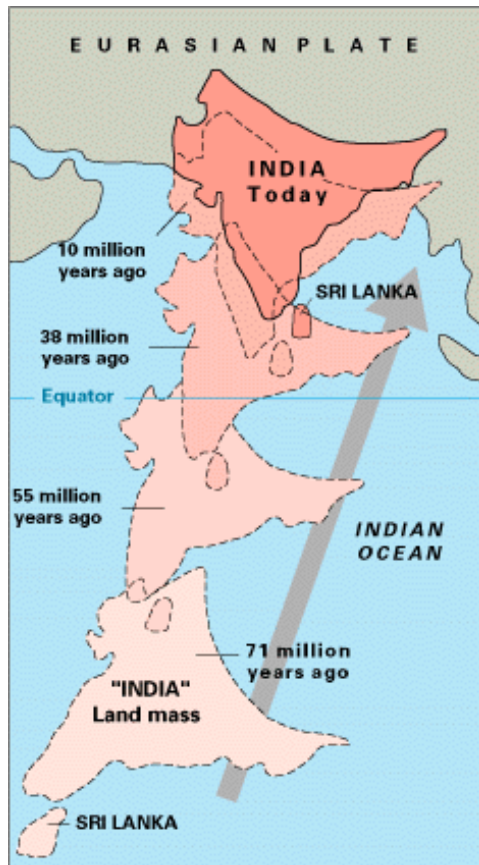
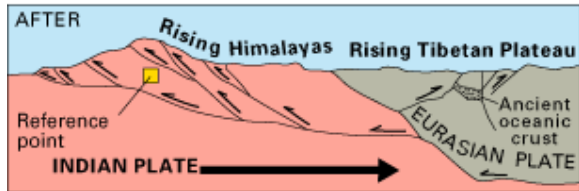
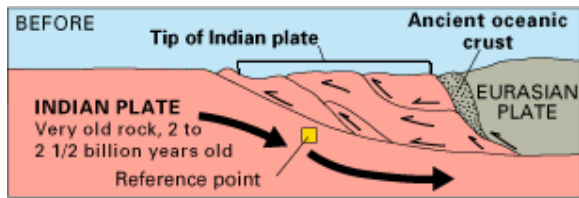
- Během miocénu: Atlantik (1) se kontinuálně rozšiřoval, Indie i arabská deska (2) kolidovala s Eurasií = vrcholí alpínská orogeneze (dtto záp. J. a S. Ameriky) (3)

Cirkumantarktická cesta (4) byla plně otevřená (studený proud) => rozšiřování antarktického kontinentálního ledovce



(b) Miocene Epoch (25–15 MYA)

# Model kolise indické a eurasijské desky



from: <http://www.geo.lsa.umich.edu/~crlb/COURSES/270>

both from: <http://pubs.usgs.gov/publications/text>

# Impakty

Impact ejecta at the  
Paleocene-Eocene boundary

Morgan F. Schaller,<sup>1\*</sup> Megan K. Fung,<sup>1</sup> James D. Wright,<sup>2</sup>  
Miriam E. Katz,<sup>1</sup> Dennis V. Kent<sup>2,3</sup> - Science 354 (2016)

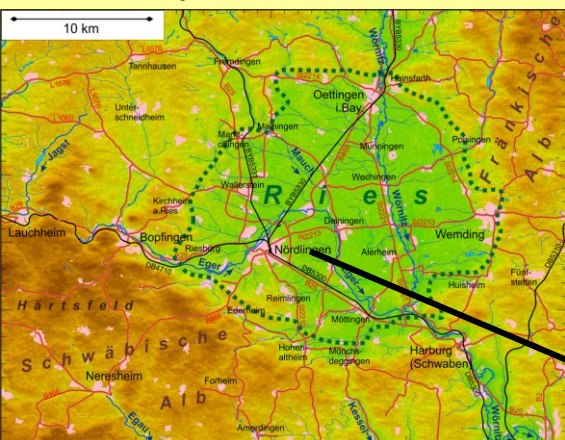
Extraterrestrial impacts have left a substantial imprint on the climate and evolutionary history of Earth. A rapid carbon cycle perturbation and global warming event about 56 million years ago at the Paleocene-Eocene (P-E) boundary (the Paleocene-Eocene Thermal Maximum) was accompanied by rapid expansions of mammals and terrestrial plants and extinctions of deep-sea benthic organisms. Here, we report the discovery of silicate glass spherules in a discrete stratigraphic layer from three marine P-E boundary sections on the Atlantic margin. Distinct characteristics identify the spherules as microtektites and microkrystites, indicating that an extraterrestrial impact occurred during the carbon isotope excursion at the P-E boundary.

We hypothesize that the rapid onset of the carbon isotope excursion (CIE) at the Paleocene/Eocene boundary (V55 Ma) may have resulted from the accretion of a significant amount of <sup>12</sup>C-enriched carbon from the impact of a V10 km comet, an event that would also trigger greenhouse warming leading to the Paleocene/Eocene thermal maximum and, possibly, thermal dissociation of seafloor methane hydrate. Indirect evidence of an impact is the unusual abundance of magnetic nanoparticles in kaolinite-rich shelf sediments that closely coincide with the onset and nadir of the CIE at three drill sites on the Atlantic Coastal Plain. After considering various alternative mechanisms that could have produced the magnetic nanoparticle assemblage and by analogy with the reported detection of iron-rich nanophase material at the Cretaceous/Tertiary boundary, we suggest that the CIE occurrence was derived from an impact plume condensate.



**Popigaj – Sibiř, Rusko, impakt 35.7 +/- 0.2 Ma, svrchní eocén,  
prům. impaktu cca 8 km, prům. kráteru = 100 km**

# Městečko Nördlingen v kráteru Ries (Bavorsko), impakt před 14,9 miliony let, vltaviny



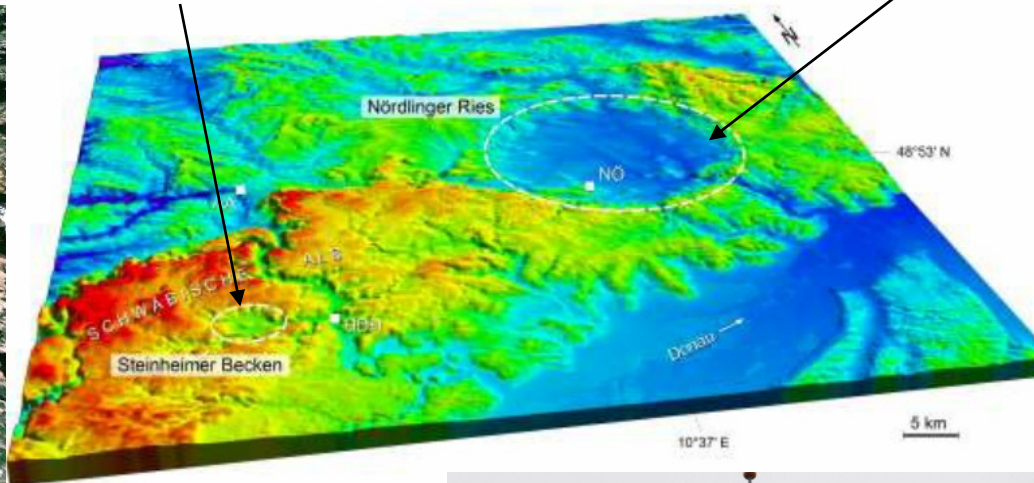
Meteorit o průměru více než 500 m vytvořil kráter Ries široký 22 km. Existence kráteru byla potvrzena v roce 1750. [http://www.ries-krater.de/](#)

----- a bližší pohled





Steinheim



Ries



Suevit – roztavený a utuhlý horninový materiál po impaktu

Nördlingen –  
kostel ze suevitu



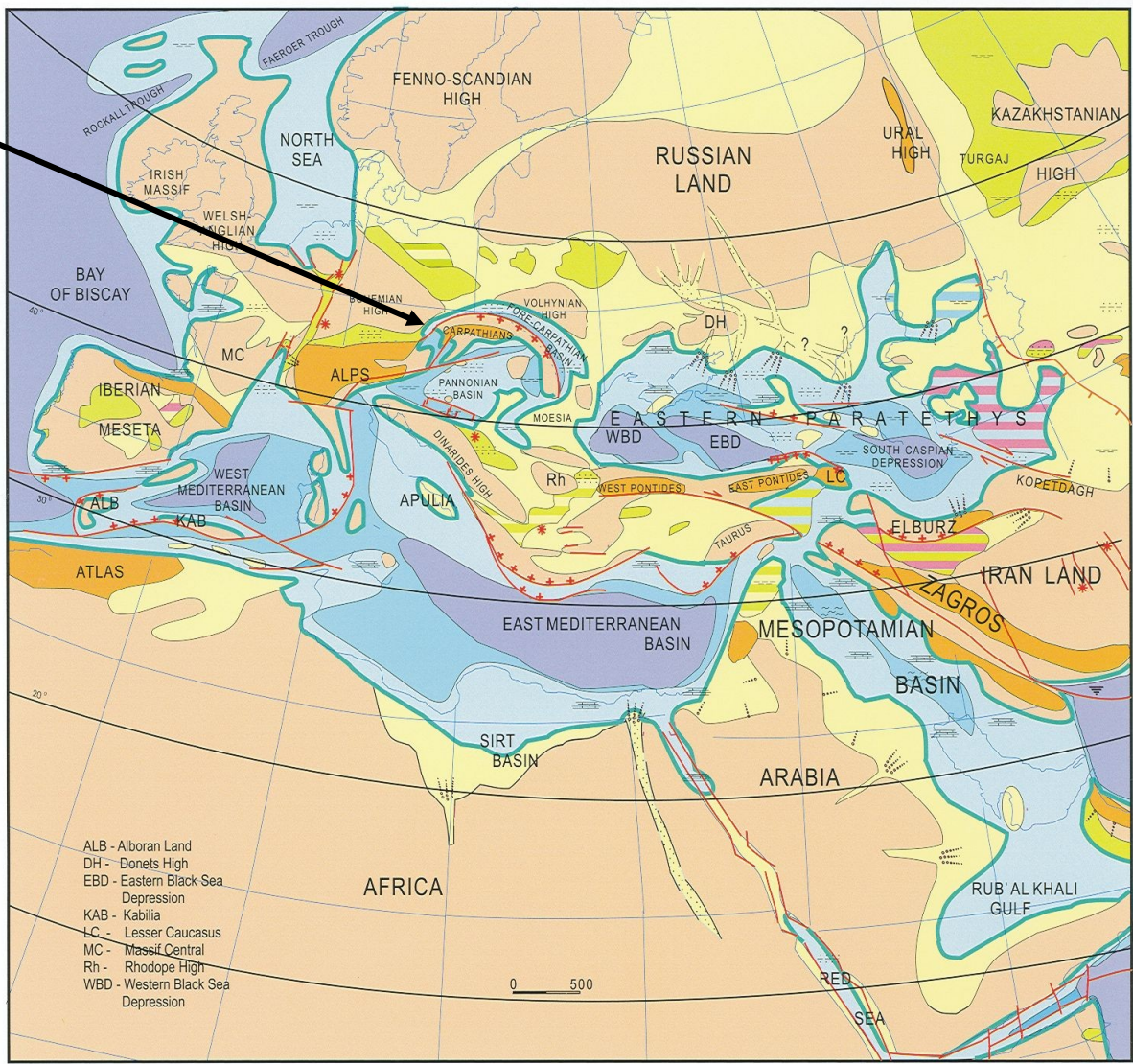


# Paleogeografie mediteránní oblasti a Paratethys ve středním miocénu

M. Kovac, V.A. Krasheninnikov,  
 T.N. Pinchuk, B.I. Pinkhasov, S.V. Popov,  
 G. Popescu, F. Rögl, A. Rusu,  
 A.V. Zajtsev, A.S. Zastrozhnov

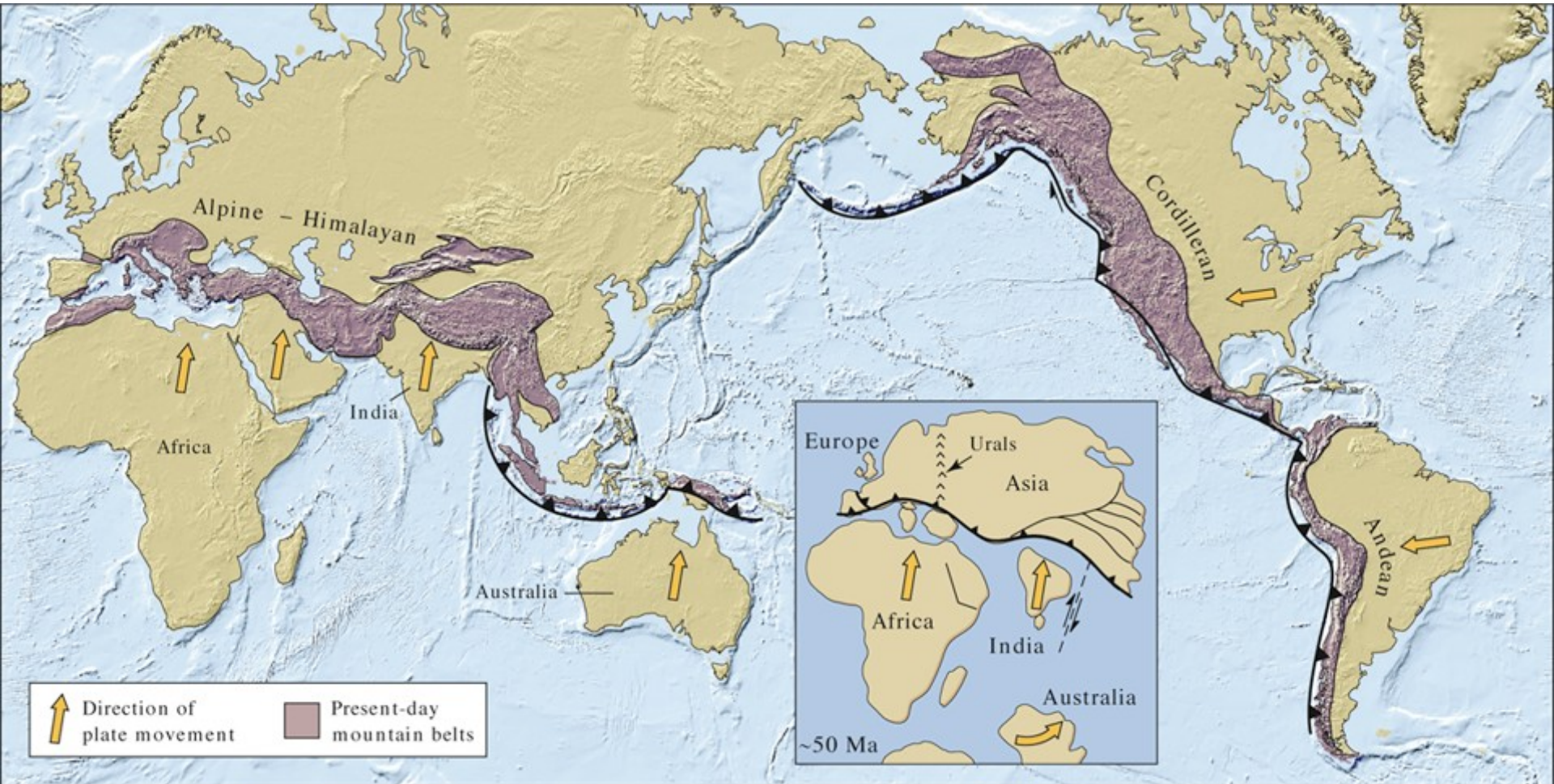
Early Middle Miocene  
 16 - 15 Ma

**J. Morava**



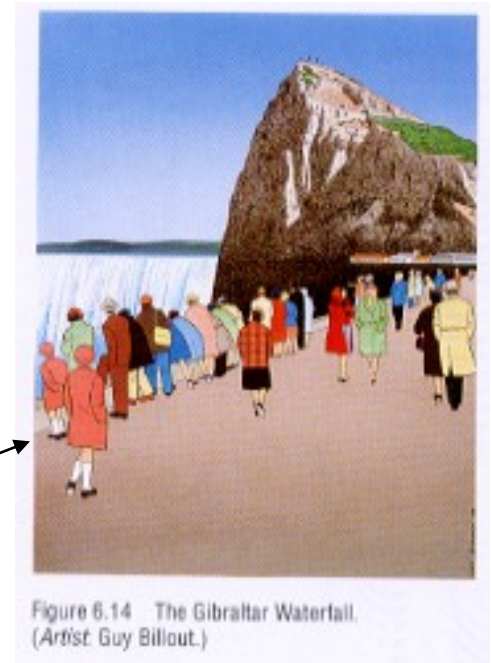
Paleontological Institute RAS, Moscow

# Orogény v neogénu



# Messinská krize (kombinace klima/tektonika):

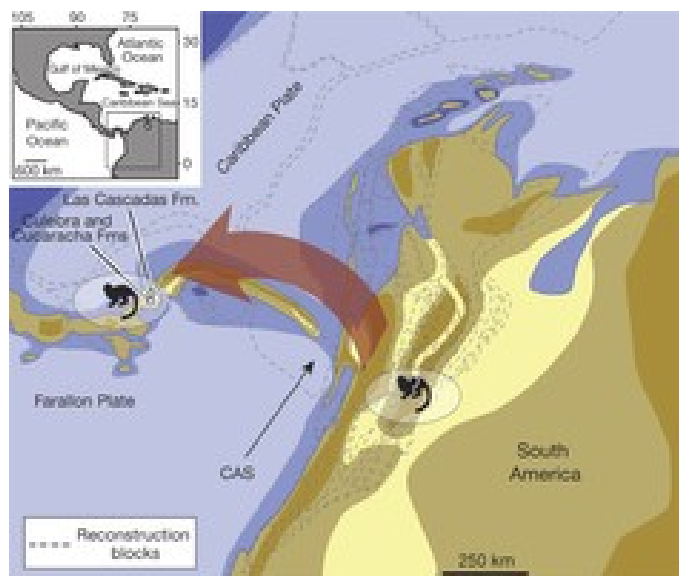
- Během posledních 20 Ma:
  - **Arabská deska naráží na eurasijskou, blokuje spojení Středozemní oblasti s Indikem**
  - **Mediterrán se stává epikontinentálním mořem spojeným úzkým průlivem jen s Atlantikem**
  - **I toto spojení se periodicky uzavírá vlivem posunu africké desky k severu**
  - ~ 6.0 - 5,5 Ma = **úplné uzavření Gibraltaru vede k vysušování mediterránní oblasti, popř. opakované vysoušení a zaplavování**
  - **4,8 Ma návrat mořského režimu prostřednictvím Gibraltaru**



**100 x větší než Viktoriiny vodopády**



**Messin (Medit. oblast)**



**Doklady propojení S. aj. Ameriky se začínají objevovat již před 10 Ma.**

# Paleogeografie v pleistocénu

Pleistocene 18,000 years ago

kontinentální ledovec



tundra

tajga

prairie

pampy stepy

kontinentální ledovec

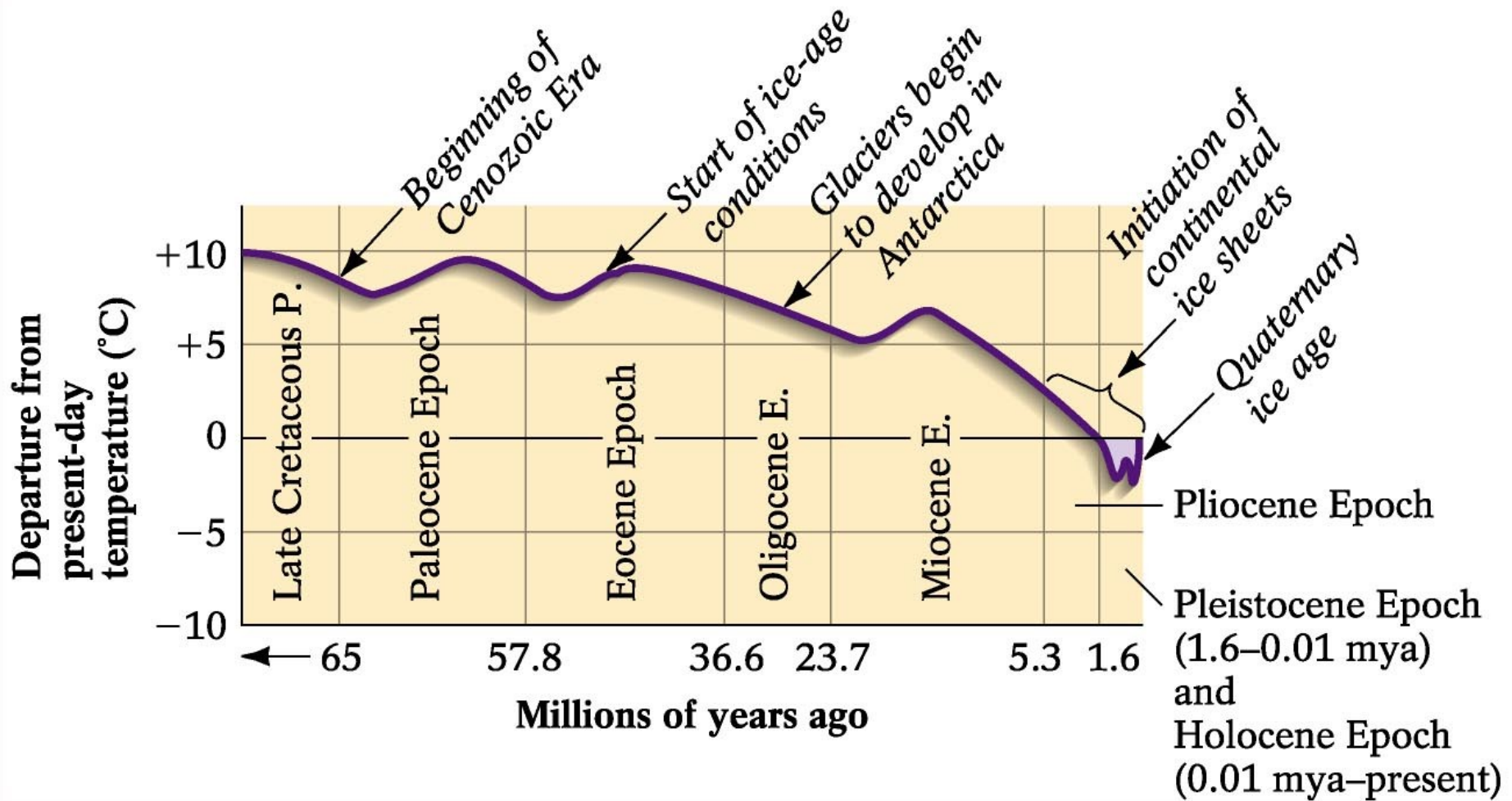
- Ancient Landmass
- Modern Landmass
- Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
- Sea Floor Spreading Ridge

# Dnešní obraz planety

## Modern World

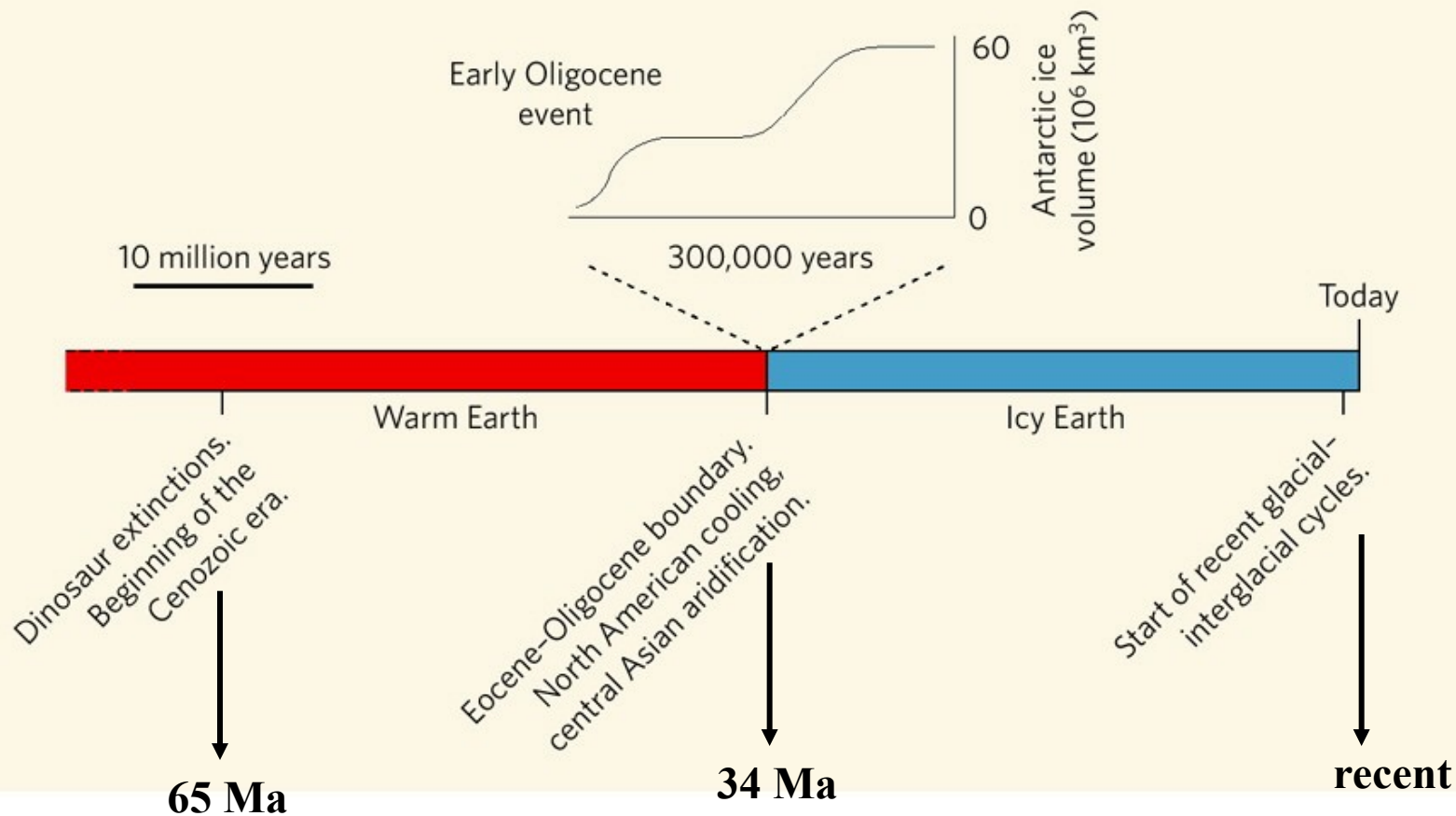


# Křivka globálních klimatických změn během kenozoika

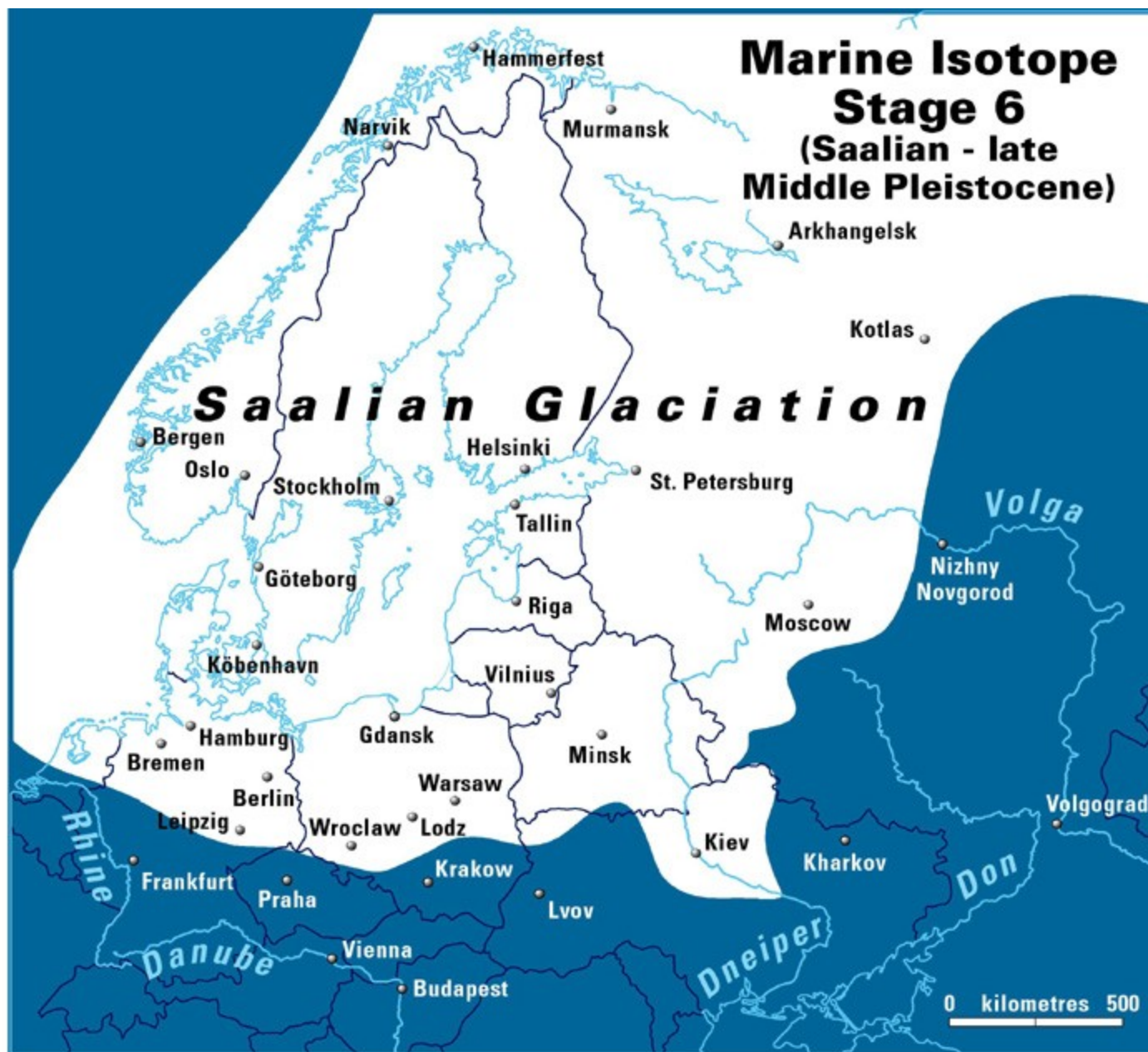




# Událost na hranici eocén/oligocén – „grand copoure“

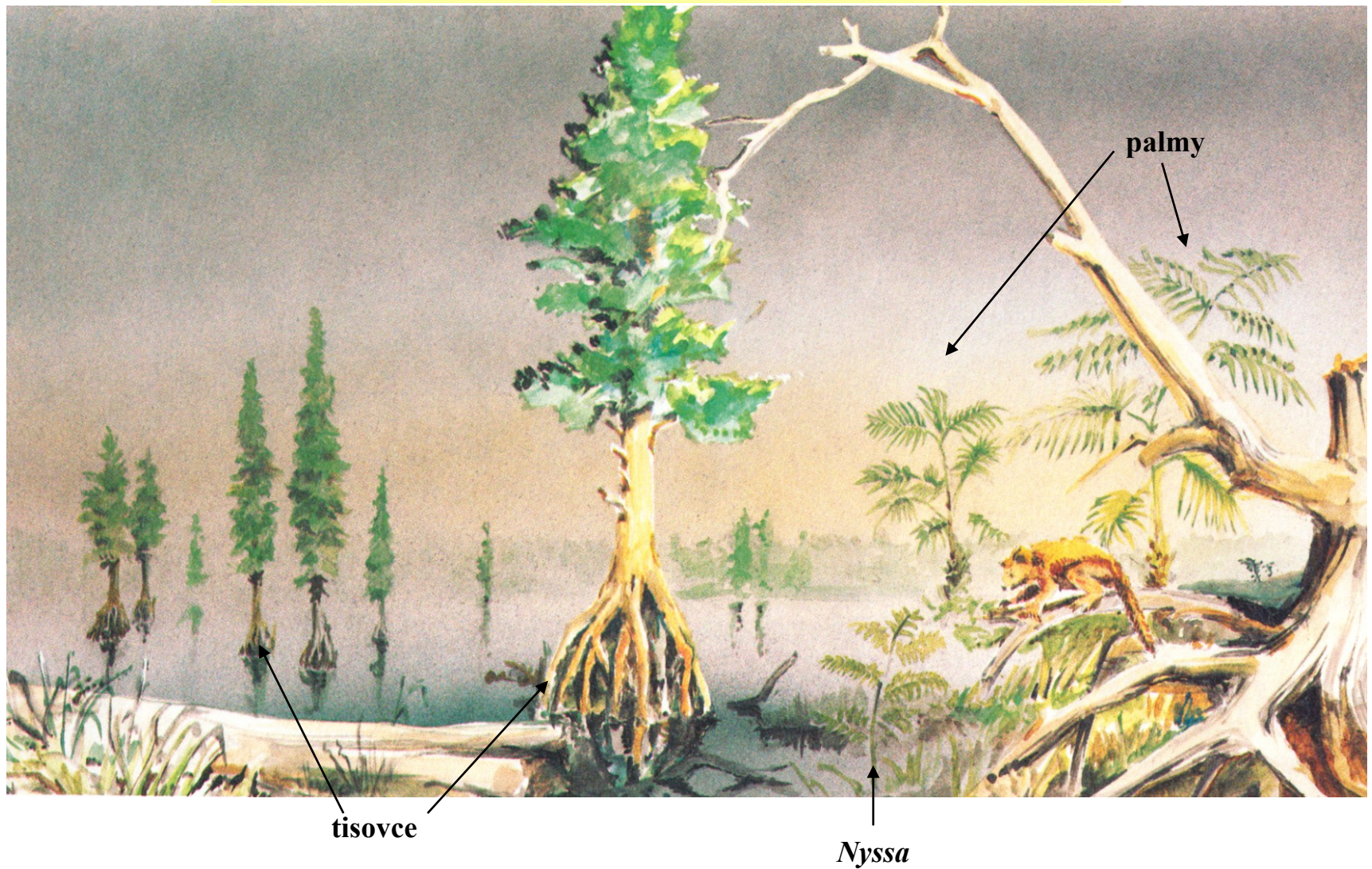


# Rozšíření kontinentálního ledovce v Evropě – střední pleistocén



# **Život v kenozoiku**

# Bažinaté lesy severní polokoule v eocénu



**Fynbos – dnešní porost Jižní Afriky – analog převládající vegetace v oligocénu ?**





## Fynbos



## Typičtí zástupci jehličnanů neogénu



*Taxodium dubium*, neogén, vídeňská pánev

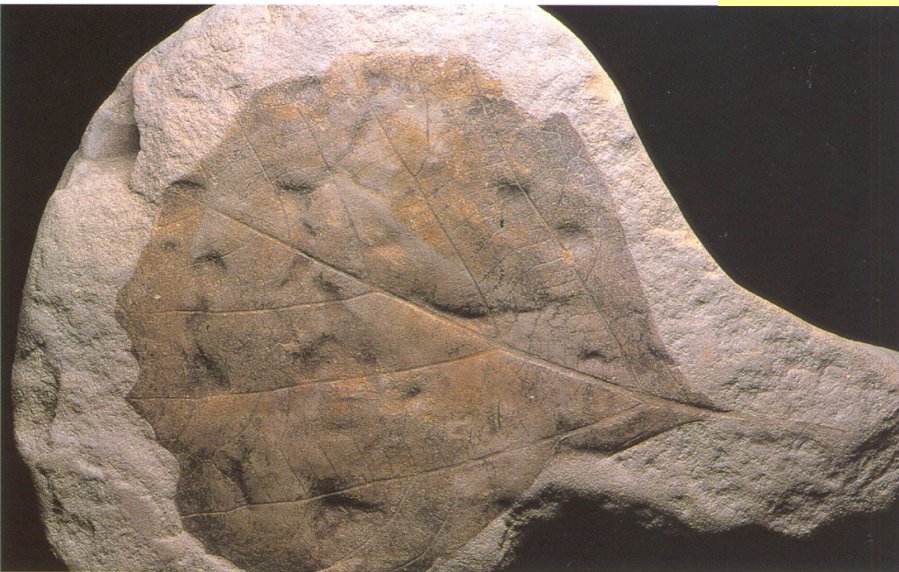


*Sequoia affinis*, neogén, Kalifornie

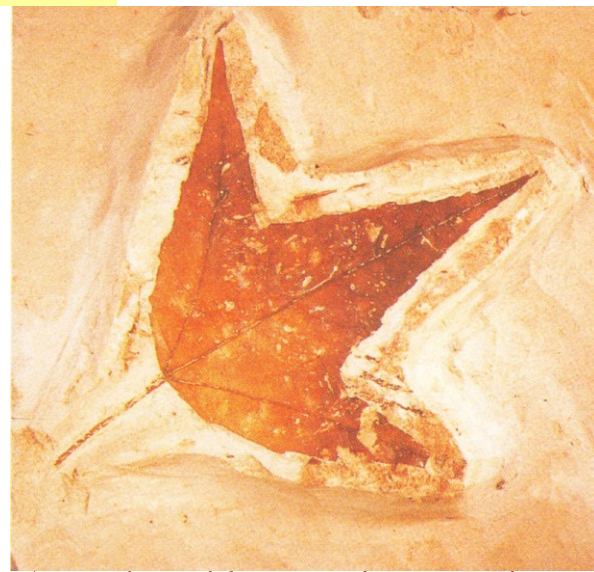


*Glyptostrobus europaeus*  
neogén, Podkrušnohoří

# Ukázky flóry kenofytika



*Platanus cuneiformis*, sv. křída, Kunštát



*Acer tricuspidatum*, miocén, Bílina



*Alnus julianiformis*, miocén,  
Březno u Chomutova



*Comptonia acutiloba*,  
miocén, Bílina



*Juglans acuminata*  
miocén, Mor. N. Ves



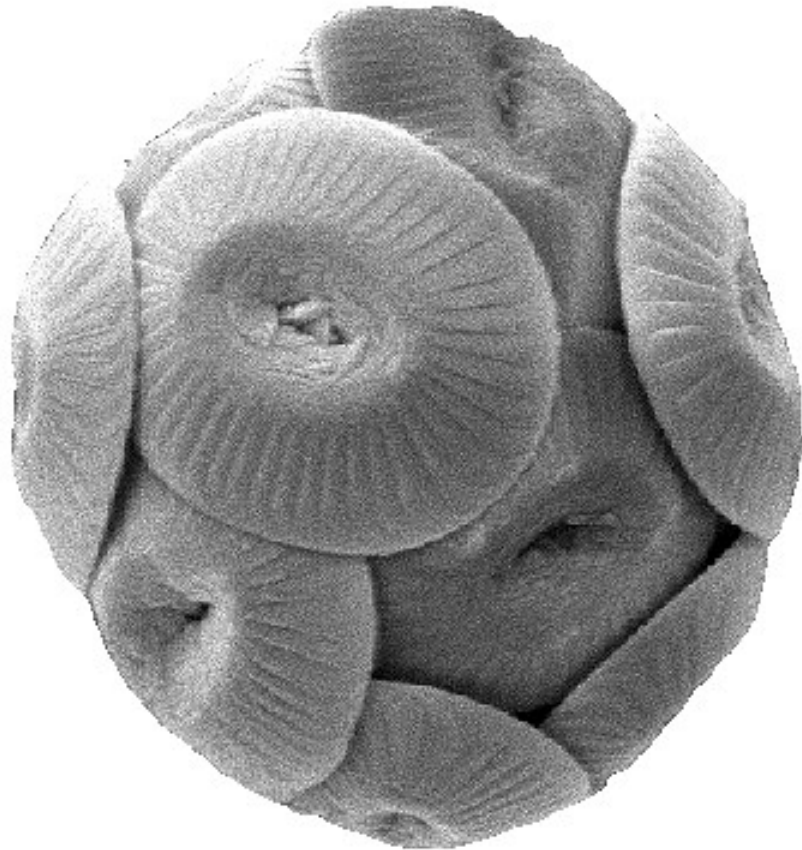
# Mořský plankton a bezobratlí

- Kokolitky, rosivky, dinoflageláti obnovují po K/T krizi diverzitu – rozvoj fytoplanktonu
- Foraminifera jak planktonní (Globigerinida) tak bentická opět rozrůzňují a hrají i horninotvornou roli (např. numuliti v tethydní oblasti)
- Koráli (Hexacoralla) se stávají dominantní útesotvornou skupinou
- Bivalvia a gastropoda nabírají na četnosti
- Echinoidea evolvují do nových forem, zvyšují svoji diverzitu

## Obnovený rozvoj fytoplanktonu:

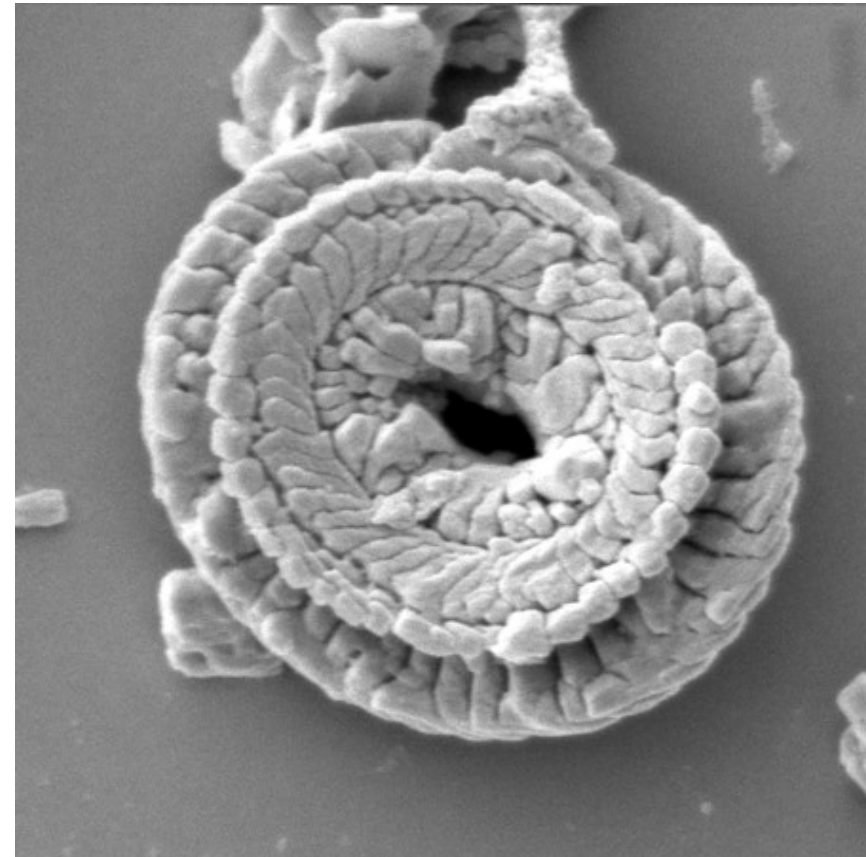
- Coccolithophyceae – kokolitky
- Silicoflagellata – silikoflageláti
- Bacillariophyceae - rozsivky

Kokolitky, fytoplankton,  
jednobuněční bičíkovci,  
kalcifikované šupinky  
<kalcit, < autotrofní,  
moře

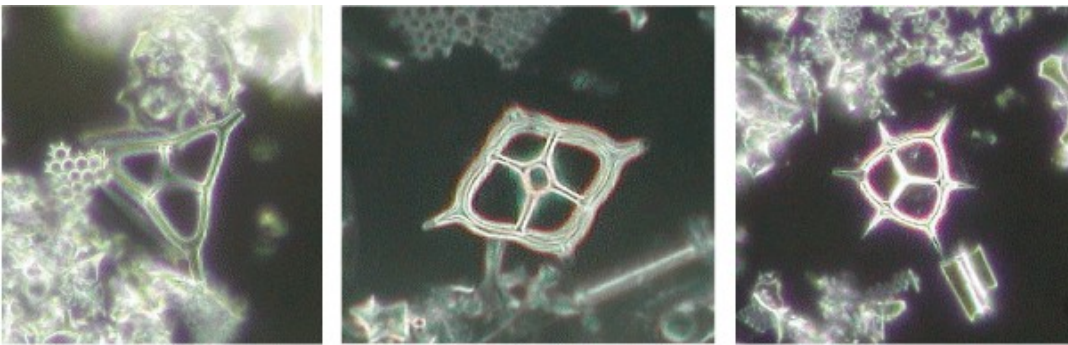


kokosféra

*Coccolithus pelagicus*, miocén



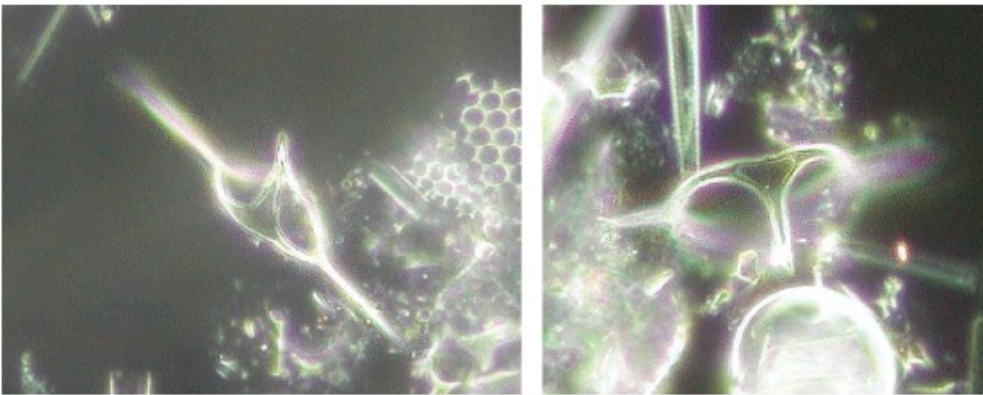
kokolit



1

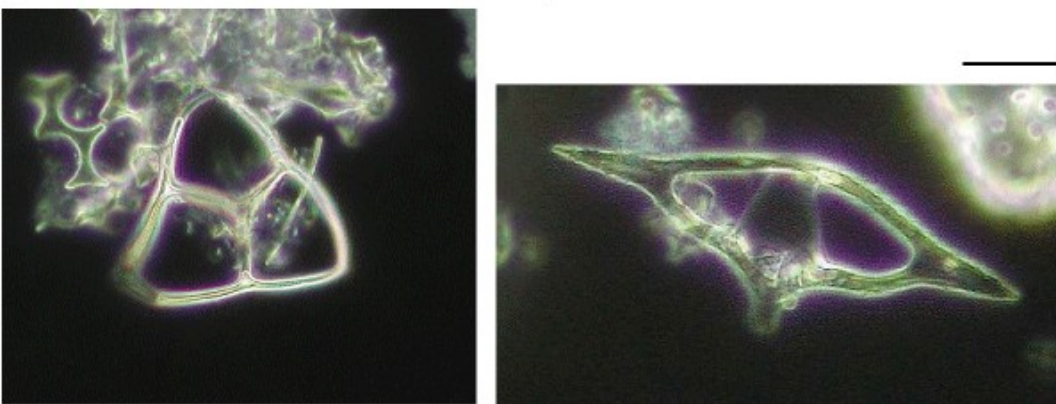
2

3



4

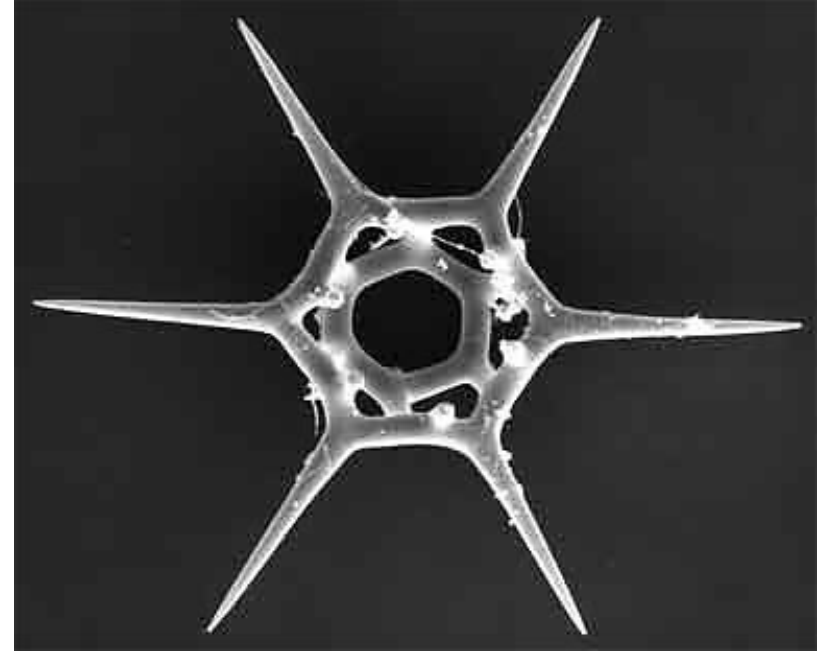
5



6

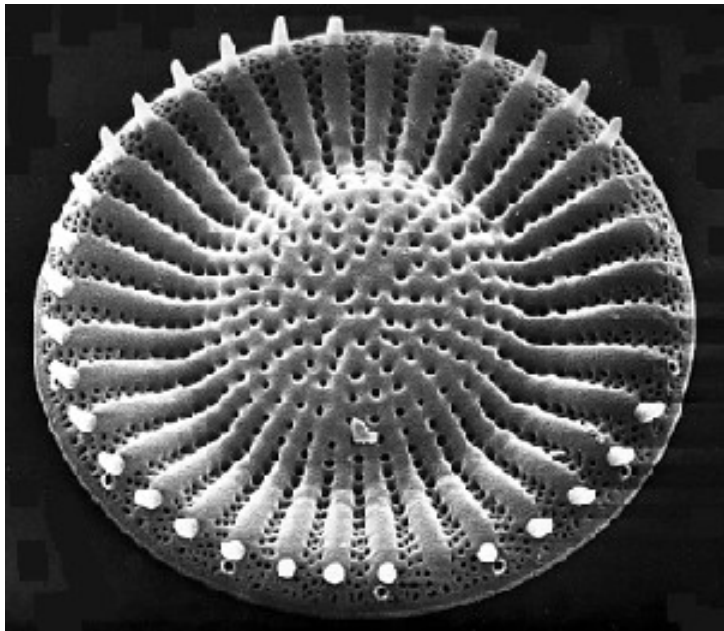
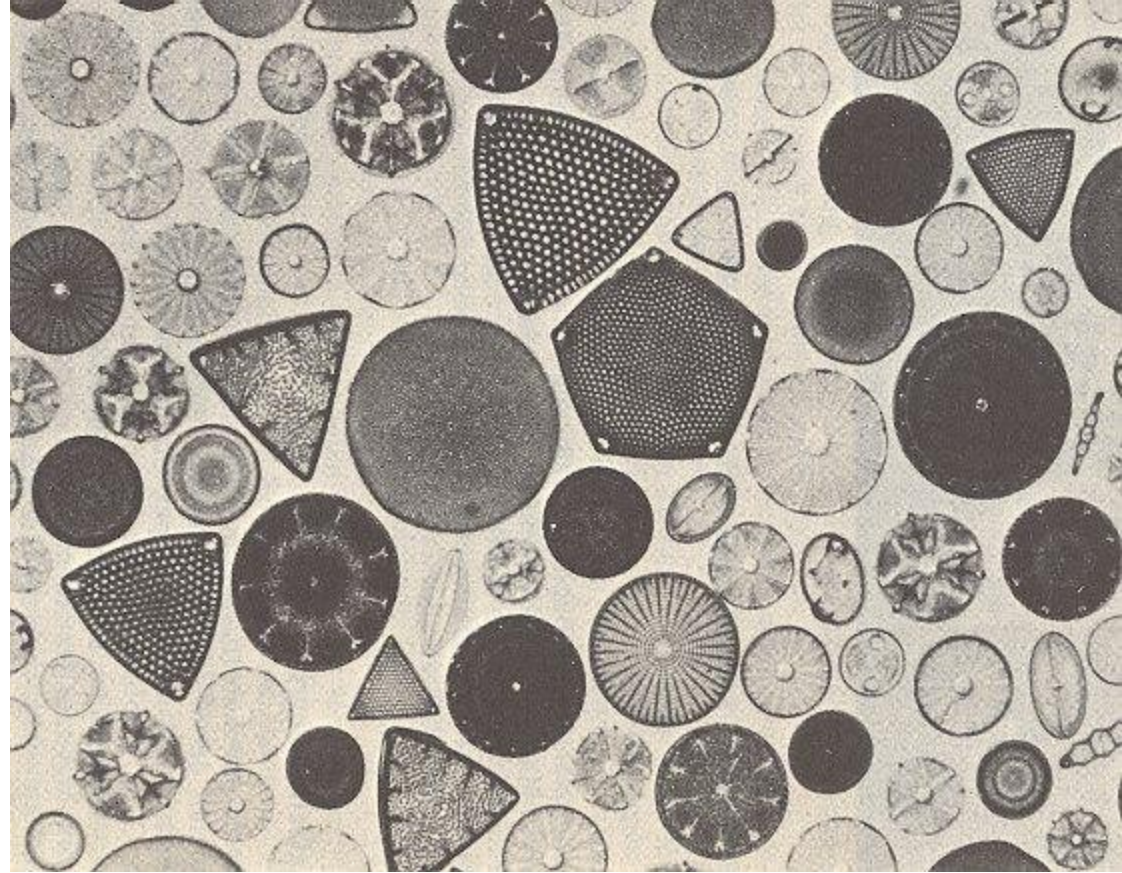
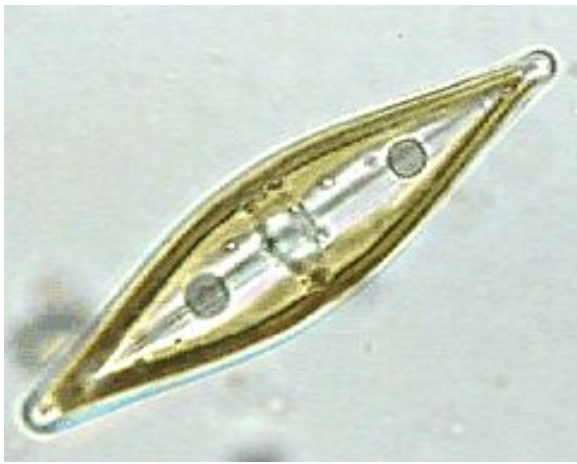
7

příklady recentních silikoflagelát



*Dictyocha*, recent

**Silicoflagellata, mořští bičíkovci  
fytoplankton  
autotrofní,  
kostříčka z opálu**

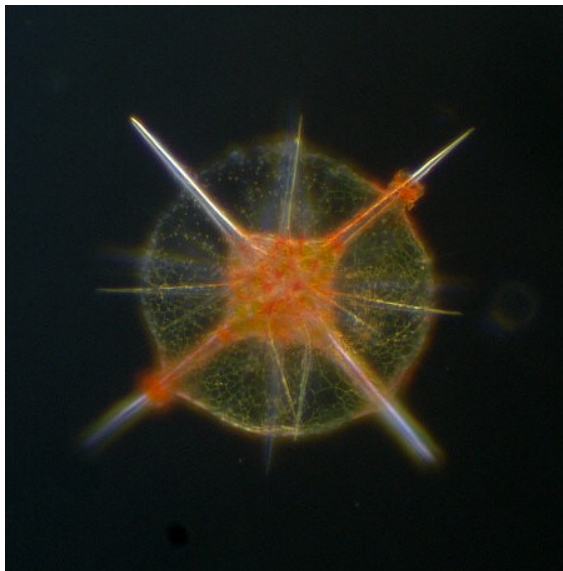


**Bacillariophyceae (Diatomeae)- rozsivky,  
jednobuněční i koloniální,  
opálová schránka,  
mořské i sladkovodní**

# Obnovený rozvoj zooplanktonu:

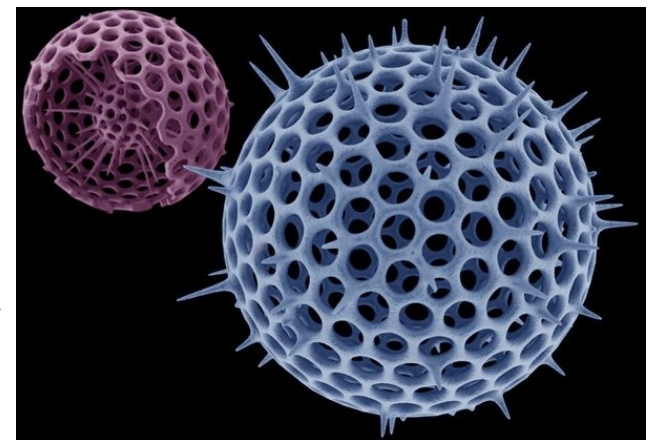
- Radiolaria – mřížovci
- Foraminifera - dírkovci

**Radiolaria**, jednobuněčný plankton,  
křemitá kostra (opál),  
radioláriová bahna



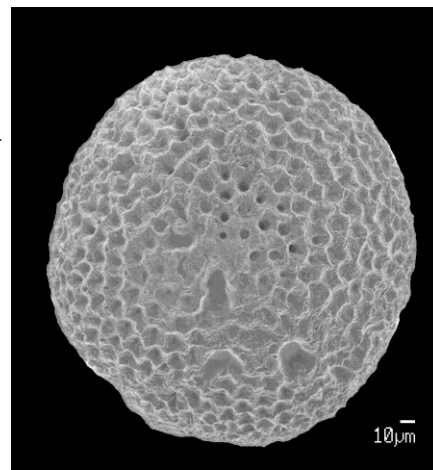
živý organizmus

kostřičky

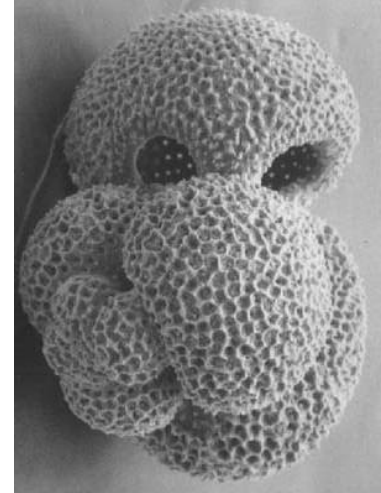


**Foraminifera, jednobuněční,  
v kenozoiku rozkvět globigerinid – plankton,  
globigerinová bahna**

**bentos – v paleogénu horninotvorný rod Nummulites  
= numulitové vápence (Tethys)**



*Praeorbulina circularis*



*Globoquadrina ?*



*Elphidium*, endemické druhy  
v Paratehys



*Litophyllum* sp., recent ruduchy



osmičetní koráli (Octocoralla)

útesy

šestičetní koráli (Hexacoralla)



*Triaenodon obesus*

The White-Tip Reef Shark~Eniwetok Atoll  
PHOTO BY PETER V. FANKBONER



Coral Taxonomist  
Dick Randall  
Eniwetok Atoll

PHOTO BY PETER V. FANKBONER

## HEXACORALLA



*Dendrophyllia cornigera*, miocén, Pauvrelay, Francie



*Flabellum* sp.,  
miocén  
Korytnica, Polsko

## CIRRIPEDIA



*Balanus concavus*, miocén, Eggenburg, Dolní Rakousko



*Creusia phrya*, pliocén, Almería, Španělsko



## Bivalvia



*Pecten coalingensis*, pliocén, Kalifornie



*Ostrea titans*, pliocén, Kalifornie

## Echinoidea



*Dendraster*, pleistocén, Kalifornie



*Clypeaster partschi*, miocén, Rakousko

**Gastropoda**



*Phalium saburon*, miocén  
Rakousko



*Murex*, miocén,  
Rakousko



*Cancellaria cancellata*  
pliocén, Sicílie



*Tudicla rusticula*  
miocén, Grund,  
Dolní Rakousko



*Leptoconus diversiformis*  
eocén, Grignon, Francie

# Vertebrata

## Elasmobranchii



*Carcharocles*, miocén

## Teleostei



*Mene rhombea*,  
Monte Bolca, eocén,  
Itálie, 45 Ma



*Archaehippus asper*, Monte Bolca, eocén



*Isurus hastalis*, miocén Mikulov,

**Elasmobranchii  
(izolované zuby)**



*Carcharocles megalodon*, miocén, Mikulov



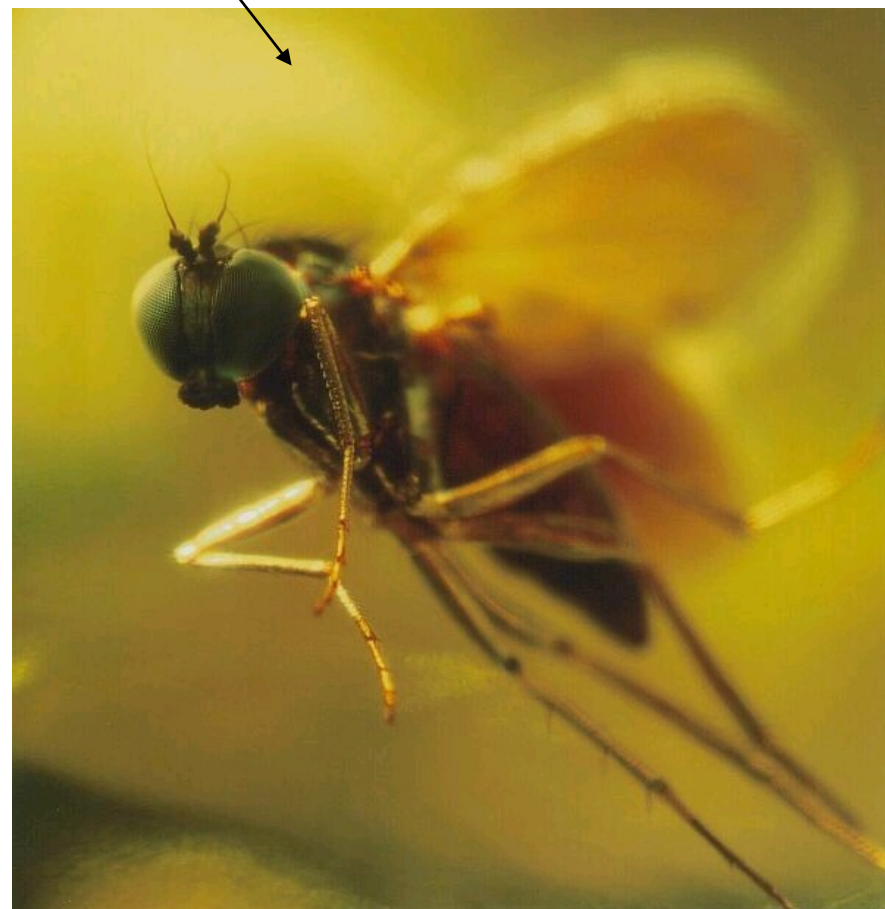
*Hemipristis serra*, miocén, Mikulov



*Galeocerdo aduncus*, miocén, Mikulov

# Souše

**Kenozoický jantar a  
jeho svědectví o hmyzu  
(komáři,  
mouchy,  
vážky)**



**Fosilní „nosorožík“,  
Messel (Německo),  
Eocén (~ 48 Ma)**



# Amphibia



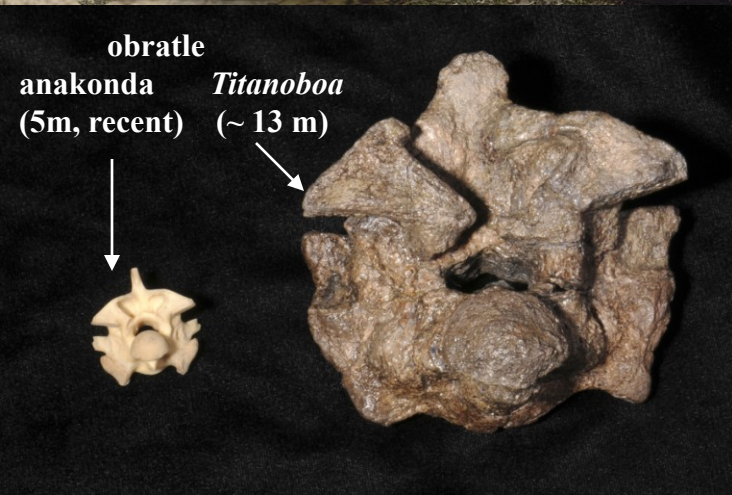
*Andrias scheuchzeri* (Urodela), neogén, Öhningen, Švýcarsko,  
~ 70 cm, („Homo diluvii tristis testis“)

**SQUAMATA, OPHIDIA**



***Palaeopython* – fosilní krajta, Messel (Německo), eocén (~ 48 Ma)**





*Titanoboa cerrejonensis*  
 paleocén, Cerrejón, Sev. Kolumbie

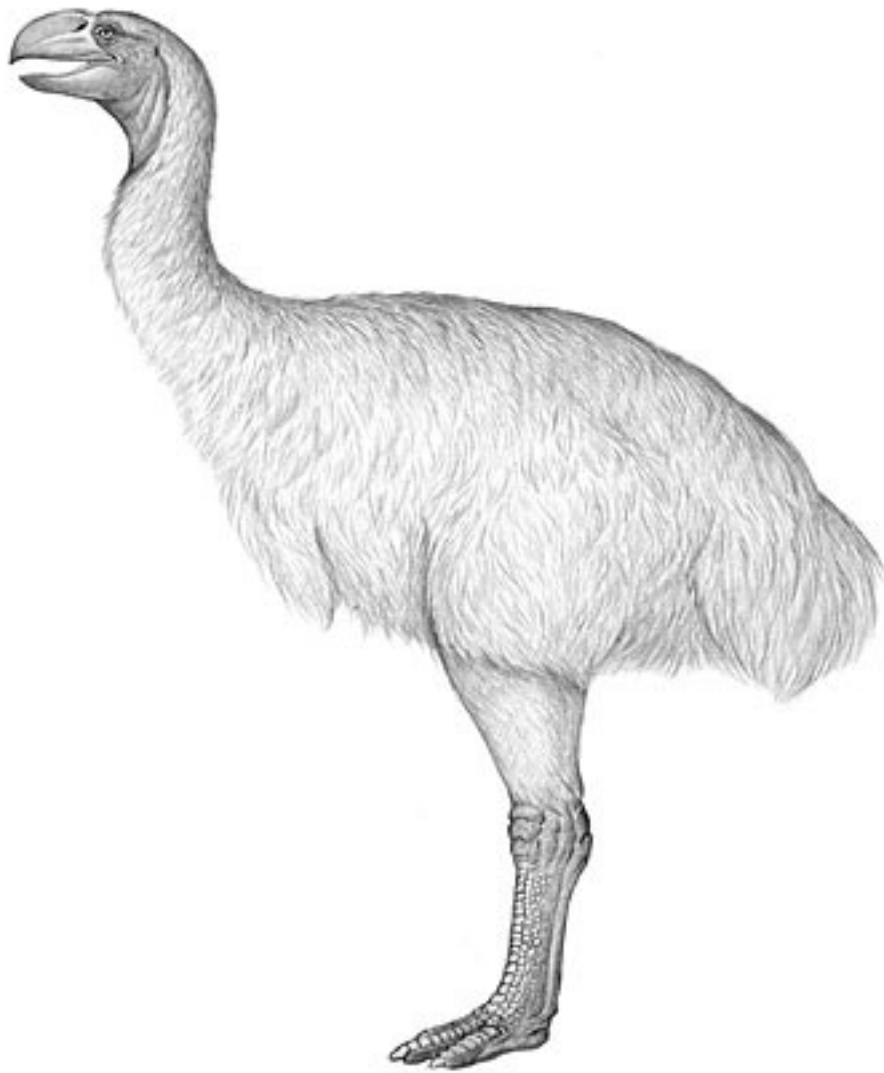
# AVES



*Diatryma*, ptáci, ~ 2 m  
sp. eocén, Sev. Amerika, Evropa



*Phorusrhacus*, obří nelétavý  
pták, endemit Jižní Ameriky,  
1.5 m



***Genyornis newtoni*, pleistocén, Austrálie – jeho vymření je prokazatelně spojeno s příchodem člověka na kontinet (~ 40 Ka)**

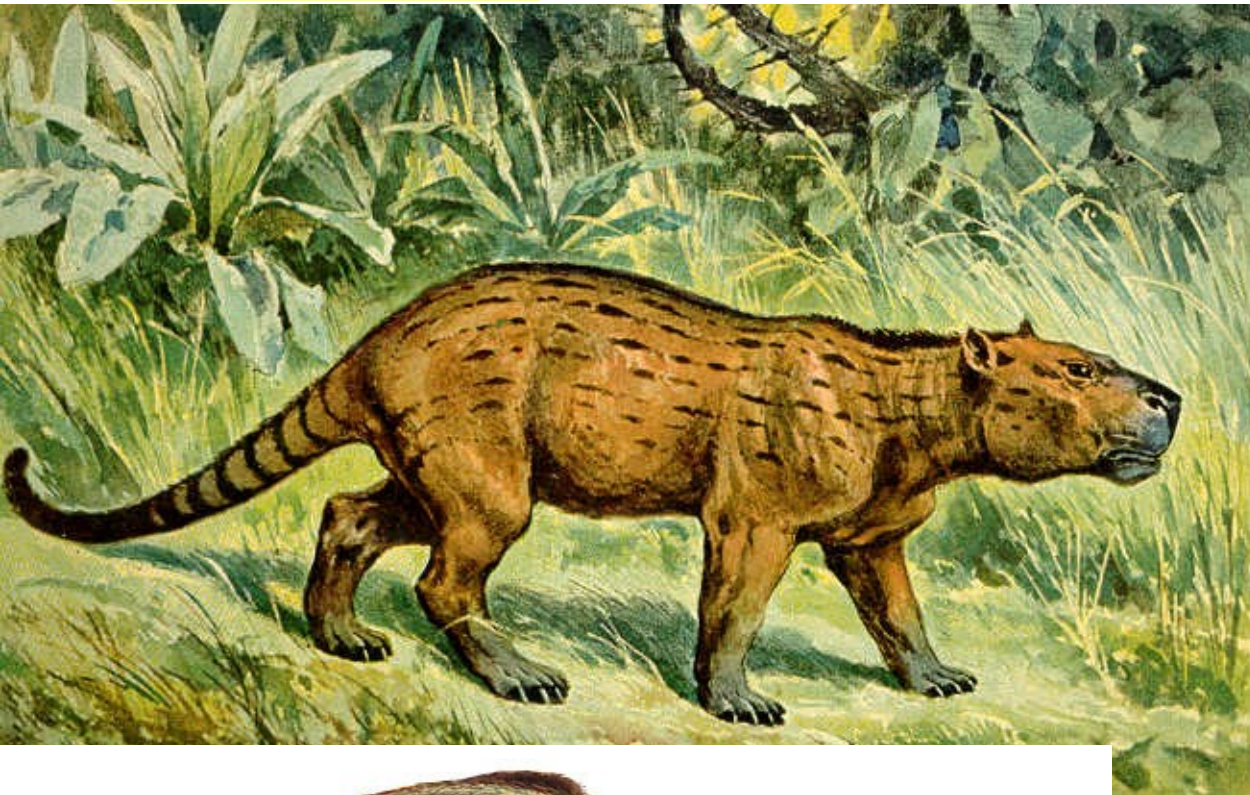


C. BUELL

***Titanis walleri*,**  
obří (cca 2 m, 150 kg) nelétavý pták,  
imigrant při velké americké výměně,  
Texas, nejvyšší pliocén (5-2.2 Ma)



# MAMMALIA



*Pantolambda*, Eutheria,  
placentálové, paleocén  
S. Amerika, insektivorní zuby,  
velikost ovce



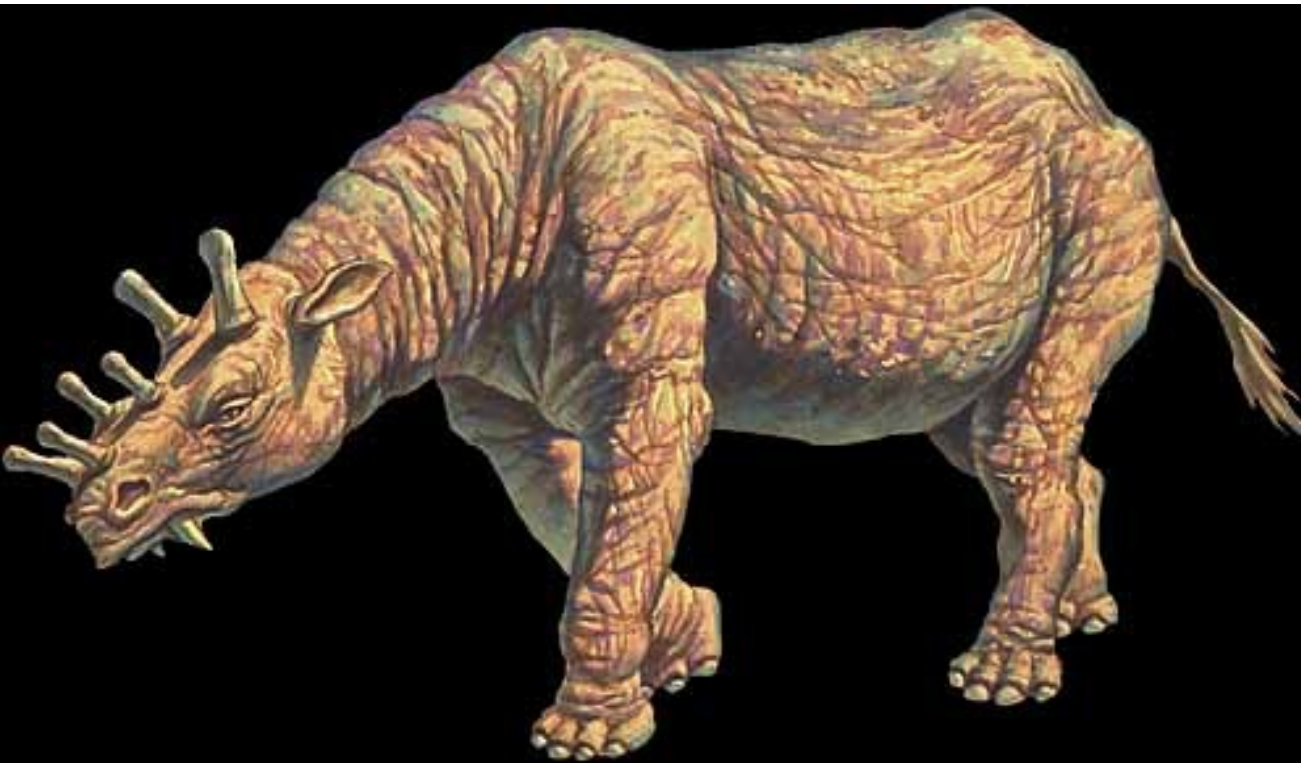
*Ptilodus*, rozšířený v paleocénu na západě  
Sev. Ameriky, Multituberculata, vakové kosti,  
živorodí, stromoví lezci, cca 50 cm



*Prothylacinus*, vačnatý dravec (Marsupialia),  
silné špičáky, rozvoj v miocénu Ameriky



***Hyaenodon*, Creodonta, masožravý placentál, Amerika, čeleď od eocénu i Eurasie, velikost medvěda, v miocénu Creodonta vymírají, dříve? předchůdci šelem - dnes paralelní polyfyletická skupina**



***Uintatherium* býložravý placentál, velikost slona, řezáky krní, špičáky = funkce klů, největší zvířata v paleocénu**

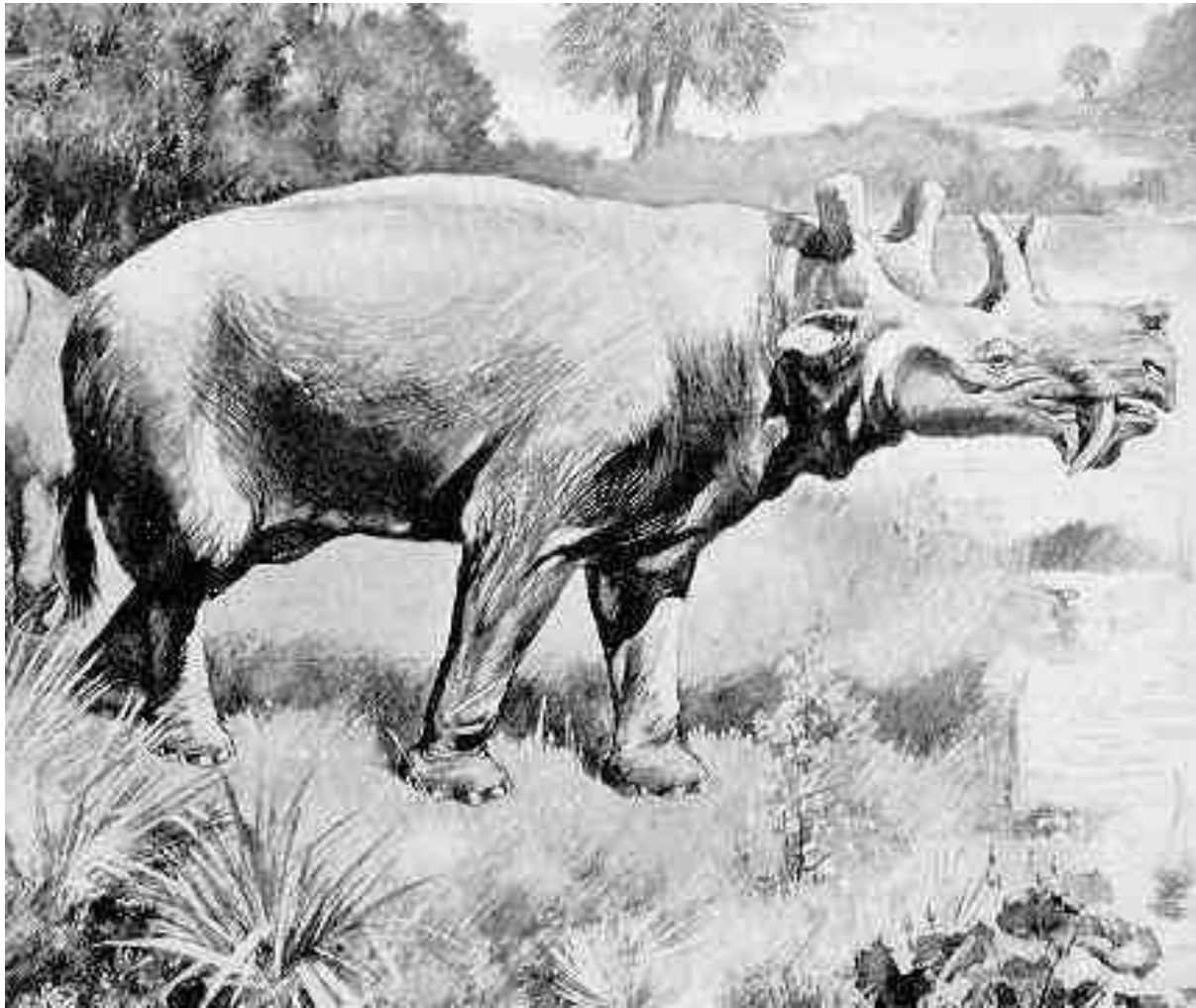


***Paramys*, paleocén-eocén, první hlodavci**

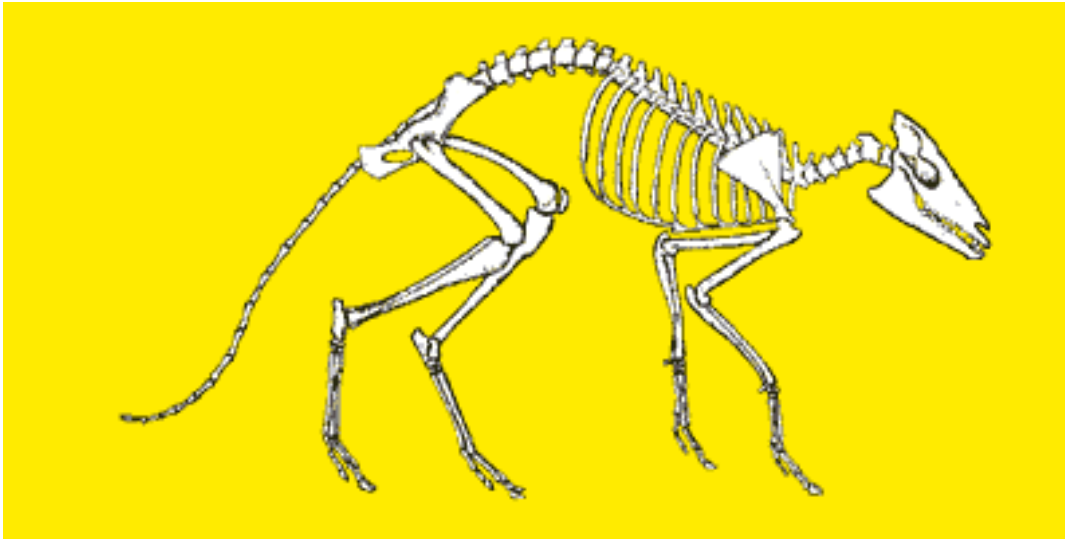




***Tingamarra*, 55 Ma, všežravý drobný kopytník,  
jediný placentál zjištěný v Austrálii,  
mizí ještě během paleocénu**



***Eobasileus*** – šestirohý nosorožcovitý býložravec, ~ 2 m, charakteristická forma časných savců tropického prostředí eocénu. Měl malý mozek ve srovnání s proporcemi těla (viz též dříve dinosauři).



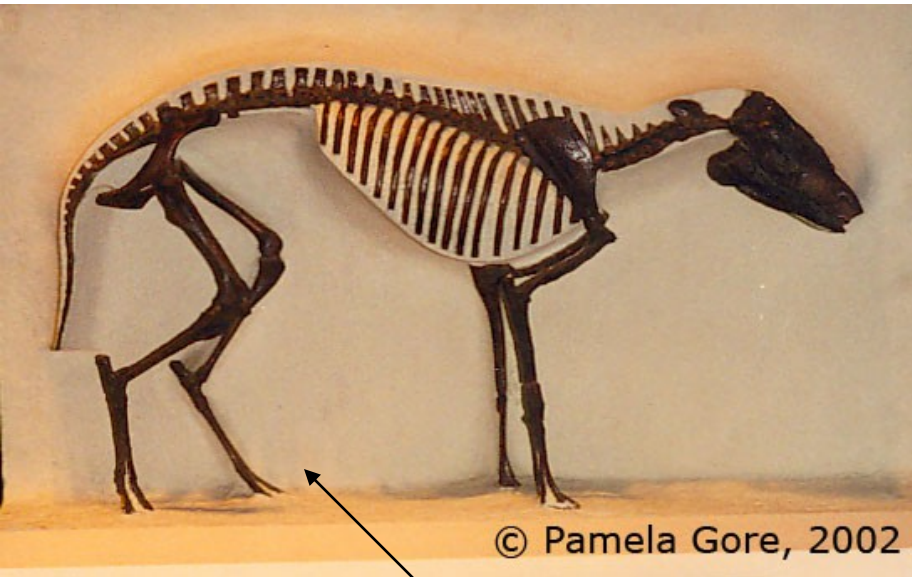
***Diacodexis*** – úsvit sudokopytníků,  
Suimorpha, spodní eocén,  
Evropa, Asie, Amerika



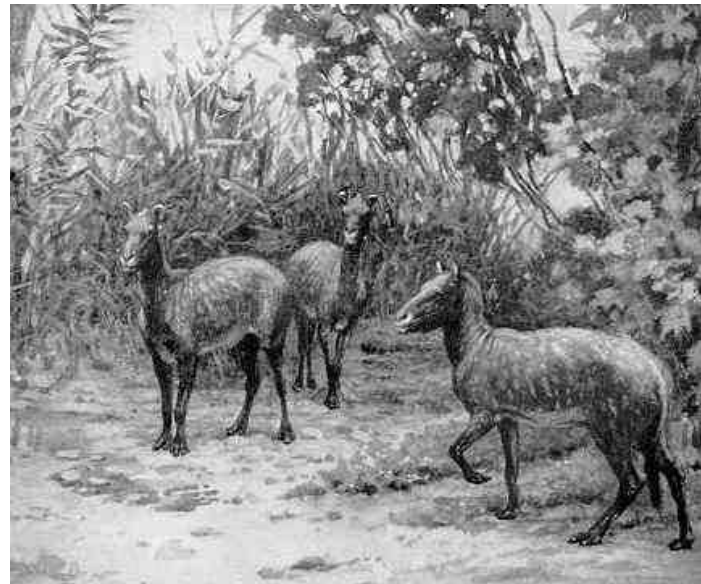
*Megaceros*, „jelen“, pleistocén Evropy



# Nástup lichokopytníků – koňů, eocén



© Pamela Gore, 2002

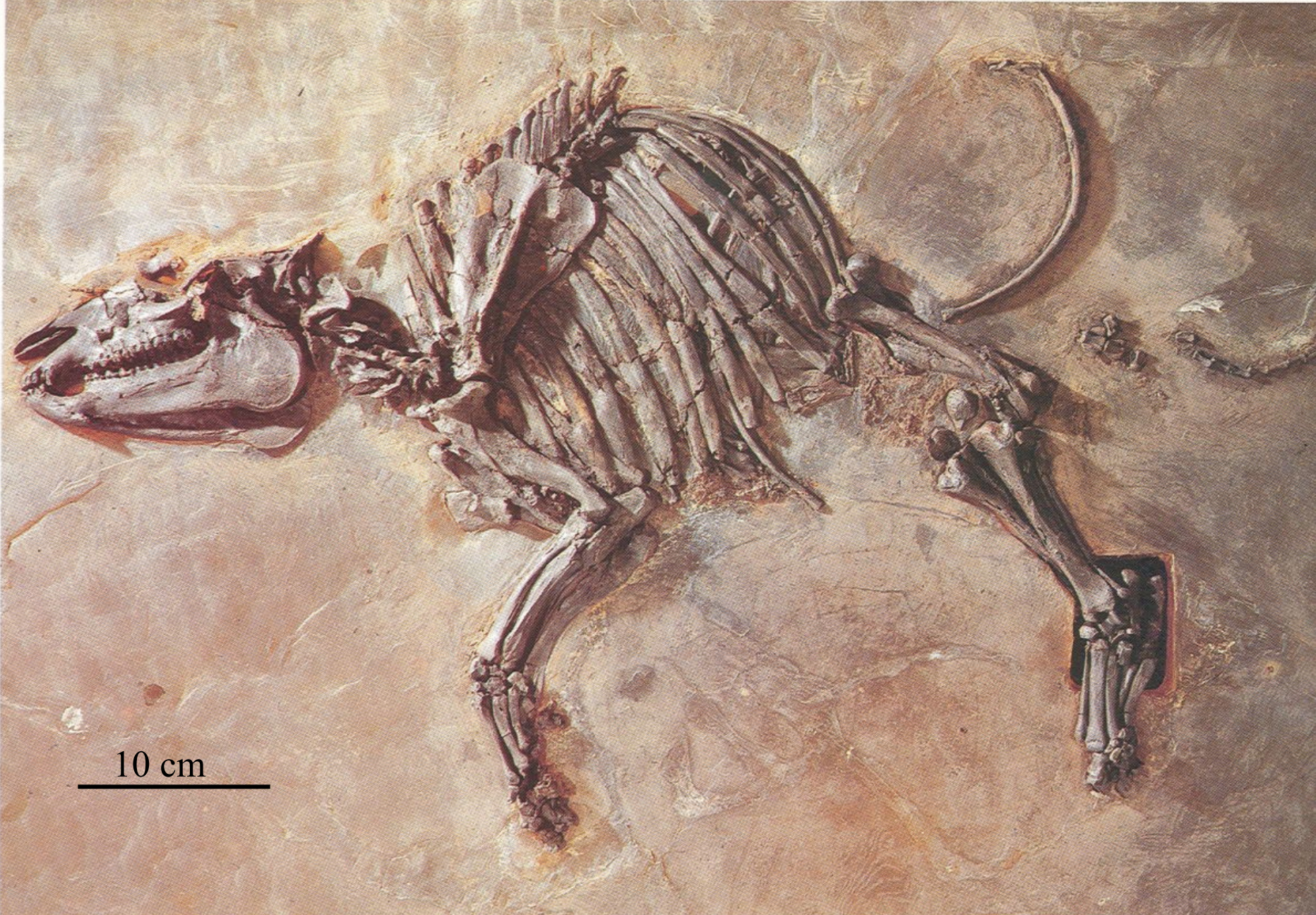


premoláry nemají  
charakter stoliček

*Hyracotherium*, eocén,  
kostra, zuby



*Heptodon*, tapír (lichokop.),  
tapíři - nástup sv.eocén



***Propalaeotherium* – „prakoník“, Messel (Německo), eocén (~ 48 Ma)**

## *Eurohippus messelensis*



pregnant mare (*Eurohippus messelensis*), Grube Messel (Germany); age 47 million years

Copyright: Senckenberg Forschungsinstitut Frankfurt

*The tiny specimen—full grown, Eurohippus was about the size of a modern fox terrier--preserves a mare and her unborn foal (circled in the image above) in exquisite detail, with many of the bones in anatomical position. Also visible are parts of the uterus, including the placenta and the so-called broad ligament that attaches the uterus to the mare's lumbar vertebrae and helps support the fetus. The soft tissue is not preserved directly, but as images formed by the petrification of bacteria that replaced the soft tissue when the animals died.*

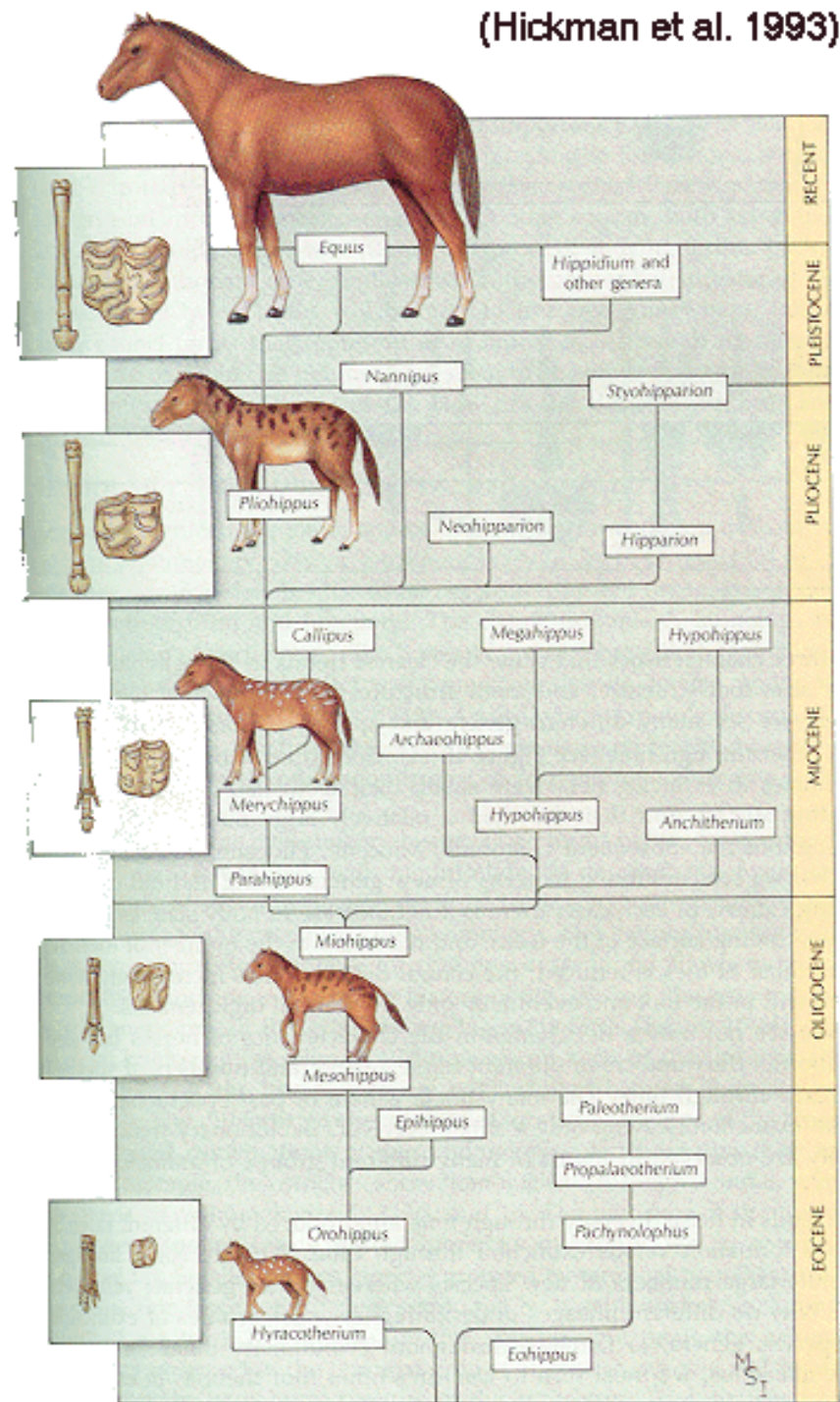
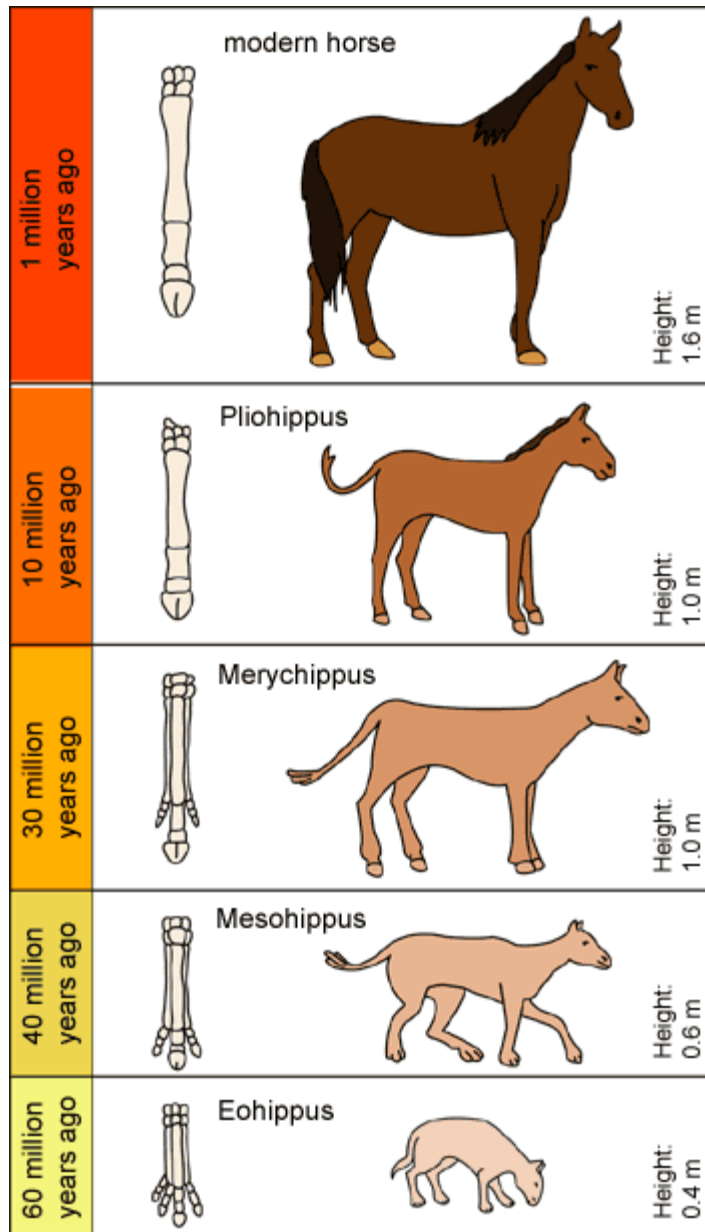
*Comparing the fossil to the known phases of fetal development and birth in modern horses, Jens Lorenz Franzen of the Senckenberg Research Institute and his colleagues determined that the mare did not die during birth. The fetus was nearly at term when the pair died, but it was still facing upside down rather than having rotated into the right side up birth position.*

*The exact cause of death of the mare and foal is unknown. But like many of the animals at Messel, they may well have perished from asphyxiation when ancient Lake Messel belched up a cloud of noxious carbon dioxide gas, as it did from time to time as a result of volcanic activity.*

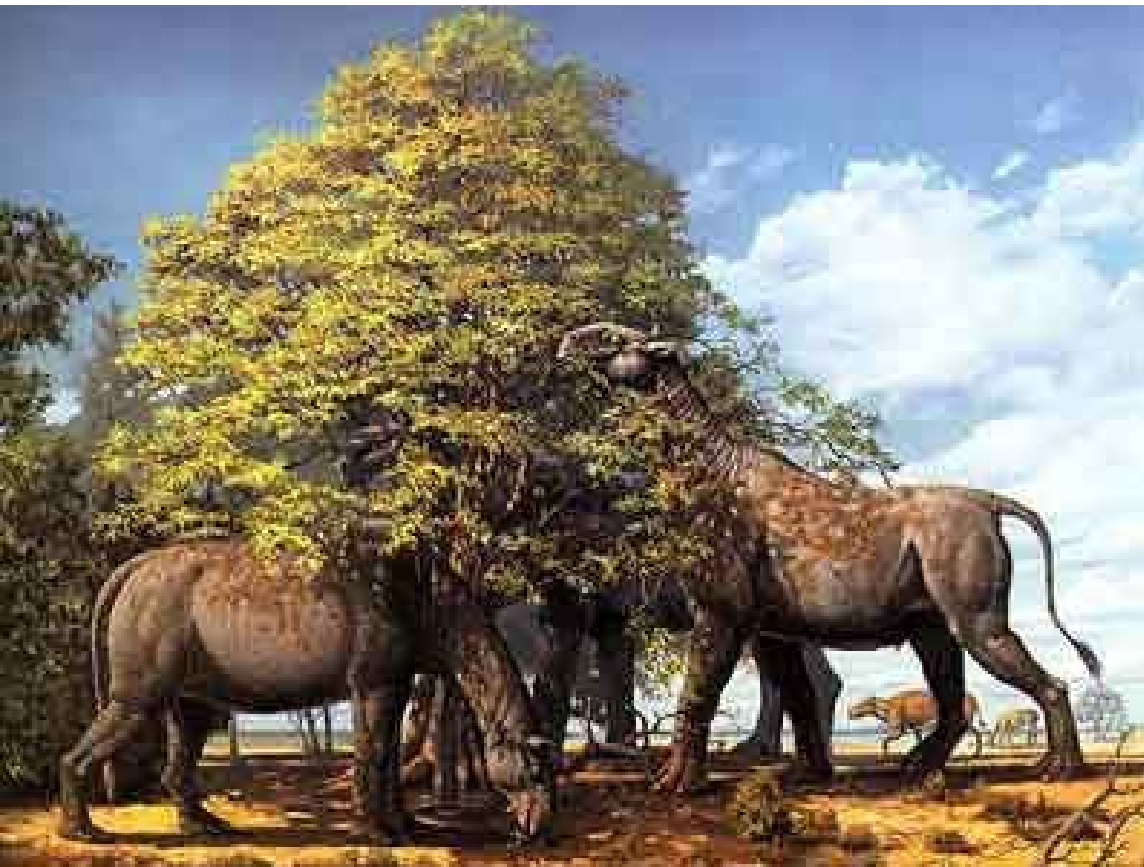
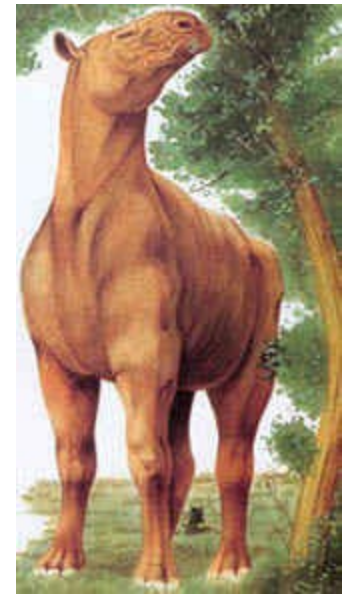




***Mesohippus bairdi***, tříprstý oligocénní koník, pohyblivý, spásající listy (nikoliv trávy), cca 55 cm vysoký.



***Indricotherium*, nosorožcovití  
lichokopytníci, dosahovali  
v oligocénu Asie značných  
velikostí – 9m**

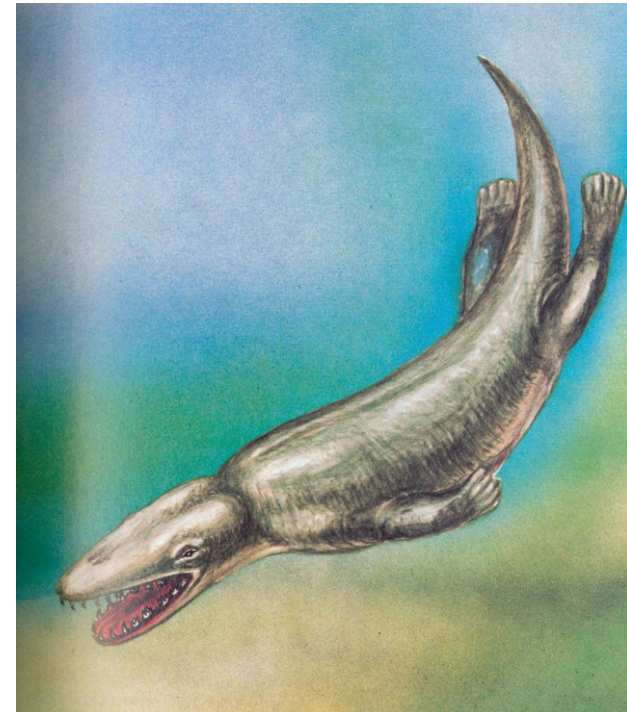
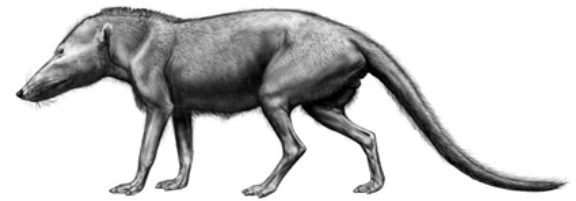


*Coelodonta antiquitatis*,  
srstnatý nosorožec,  
pleistocén  
součastník člověka



# CETACEA

*Pakicetus*, první kytovec, Pákistán,  
spodní eocén, < ještě souše, odštěpení  
od kopytníků

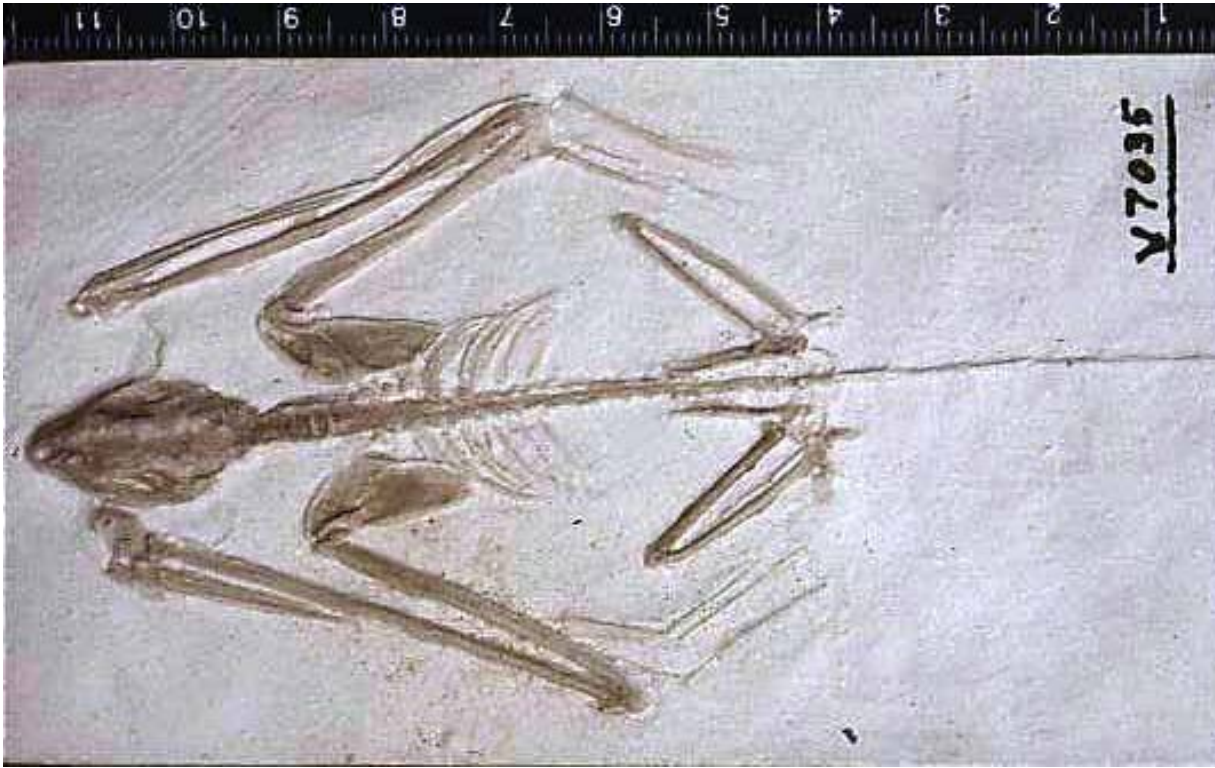


# LAGOMORPHA



*Palaeolagus*, zajícovci, sv. eocén, Sev. Amerika

**CHIROPTERA – nástup spodní eocén, původ nejasný (paleocén Francie, zoubky -? hmyzožravci)**



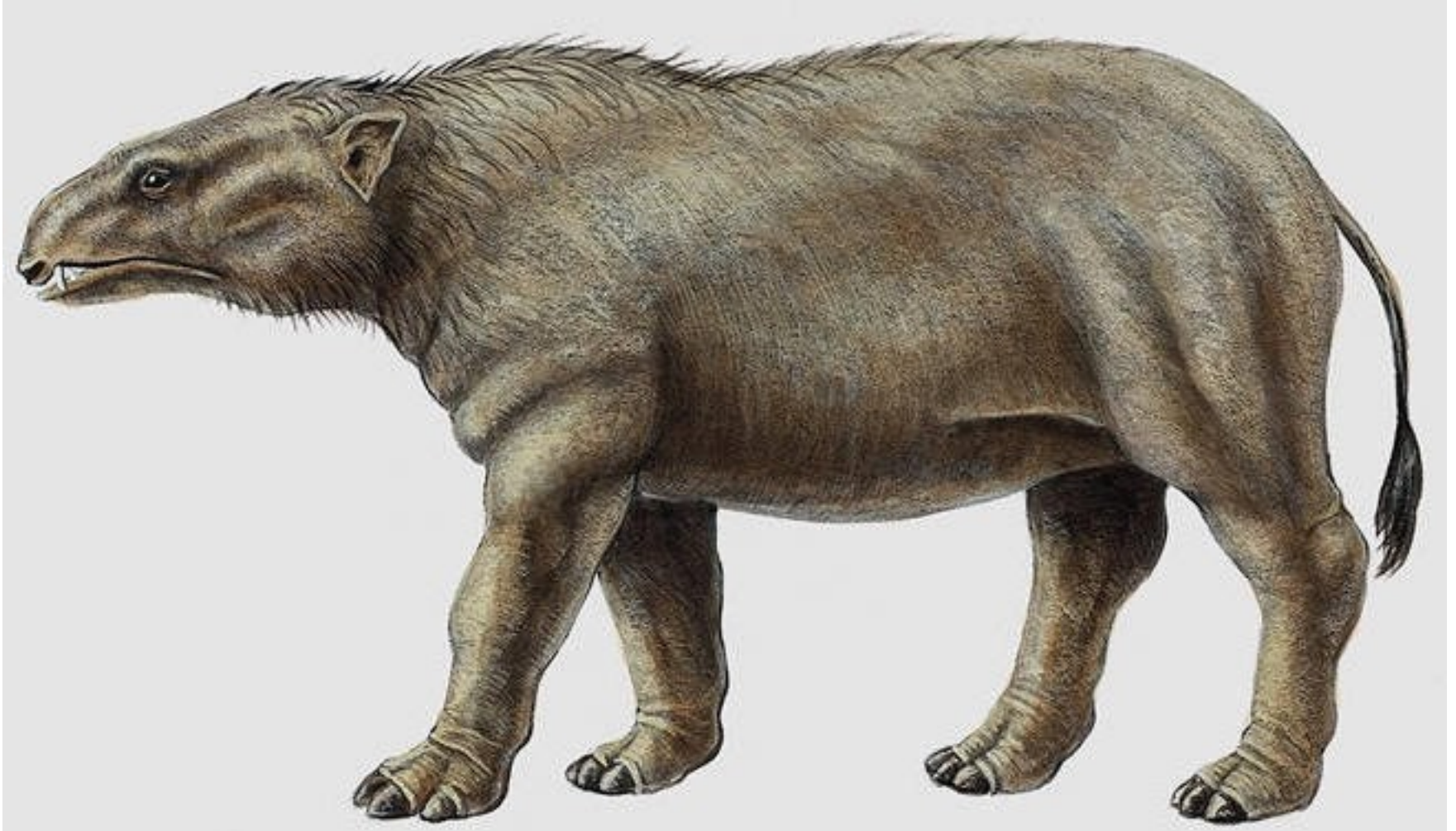
*Icaronycteris index*, eocén, nejstarší známý netopýr, v ušní oblasti již specializace kostí ukazující na schopnost echolokace.



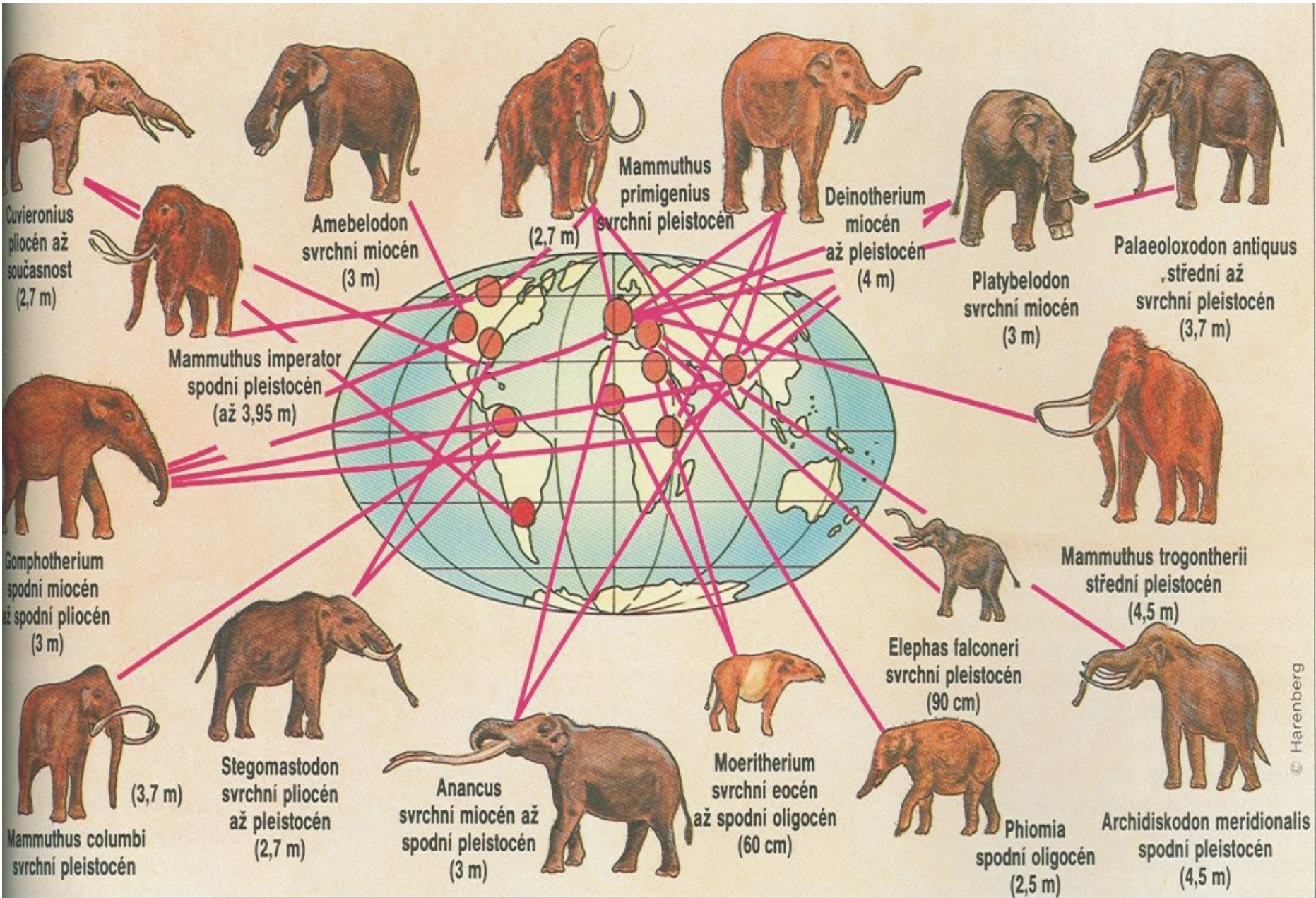
***Palaeochiropteryx tupaiodon*, 25-30 cm, nejhojnější druh netopýrů v eocénu, Messel, Německo**



## PROBOSCIDEA

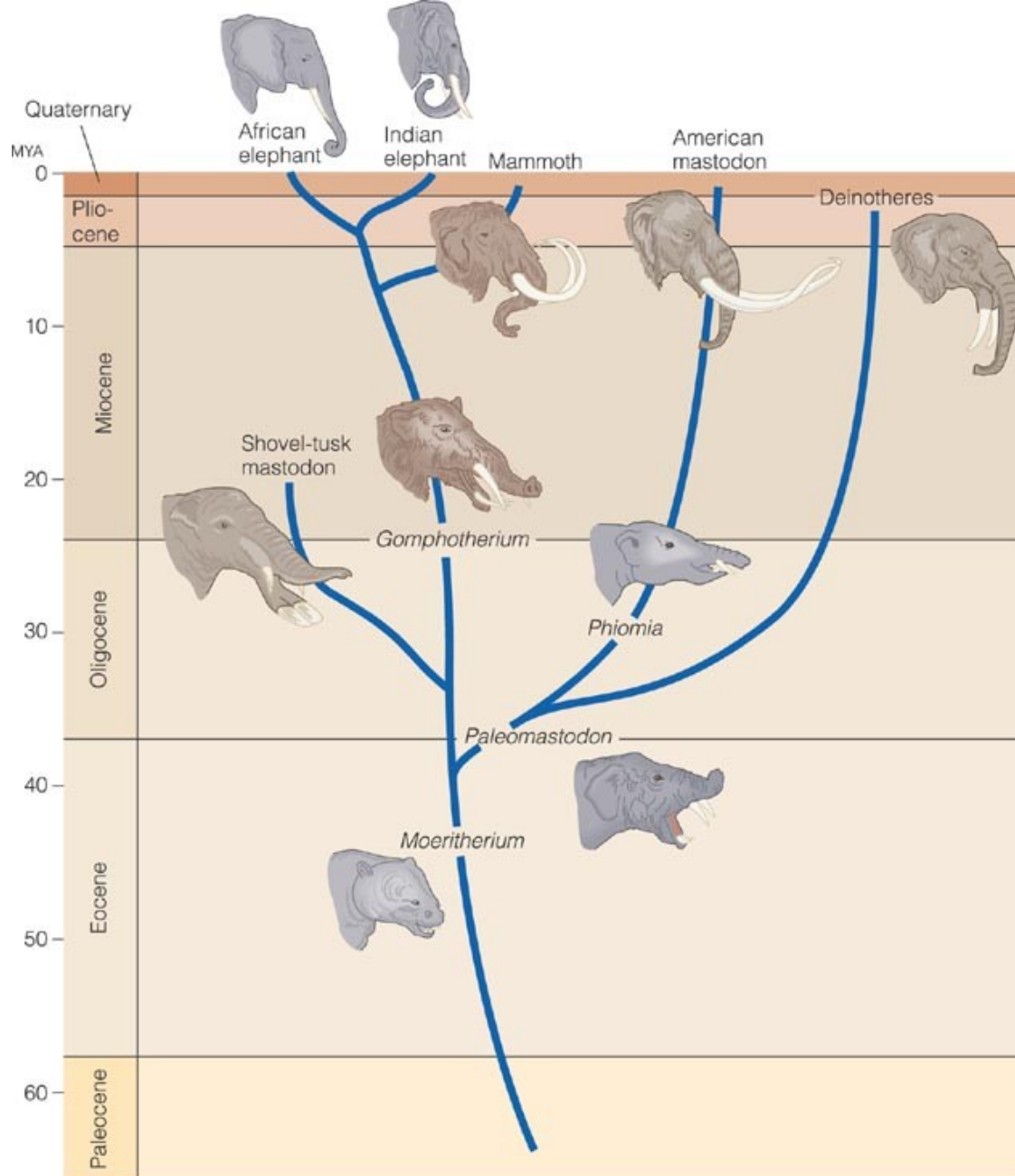


*Moeritherium*, velikost vepře, svrchní eocén, Egypt (Fajum), nástup chobotnatců, řezáky=kly

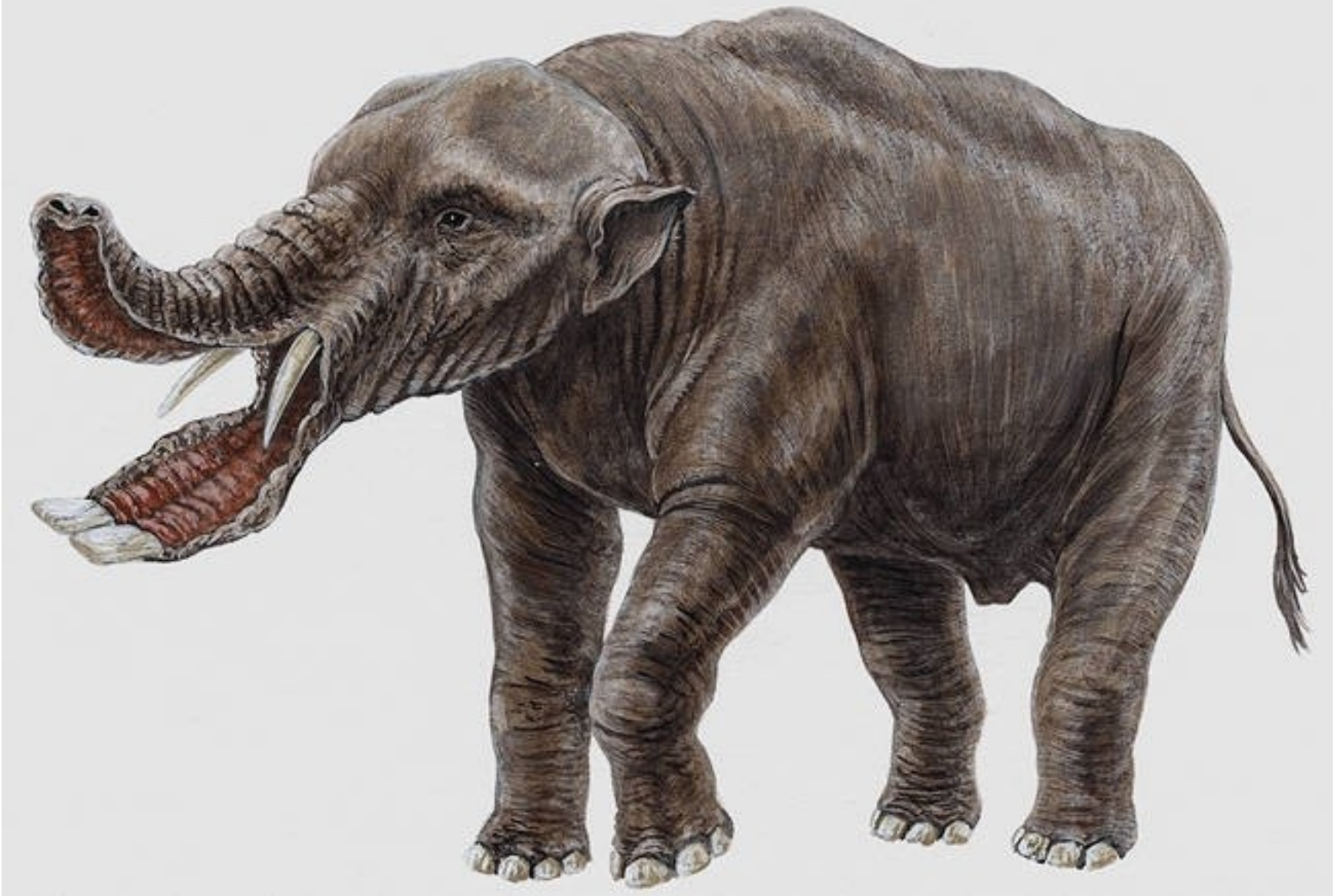


© Harenberg

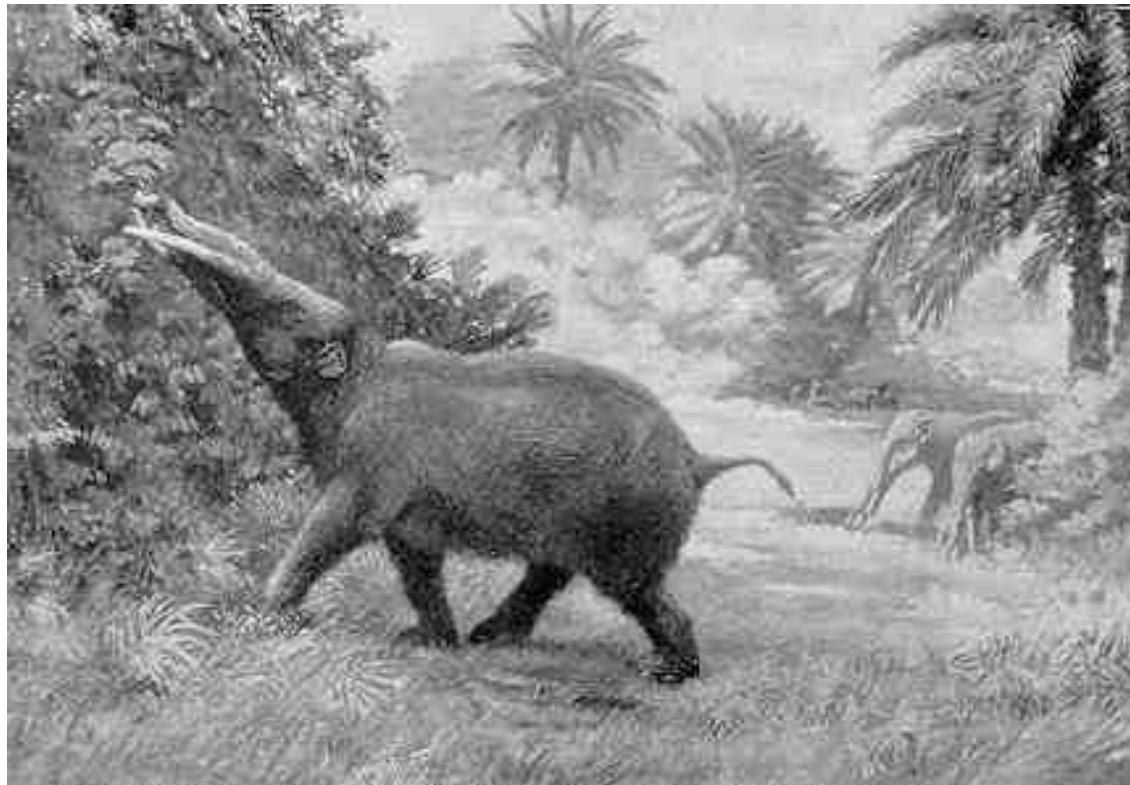
**Diverzita a rozšíření chobotnatců od eocénu (~ 40 Ma)**



**Vývoj některých významných rodů chobotnatců**



*Platybelodon*, miocén, Eurasie



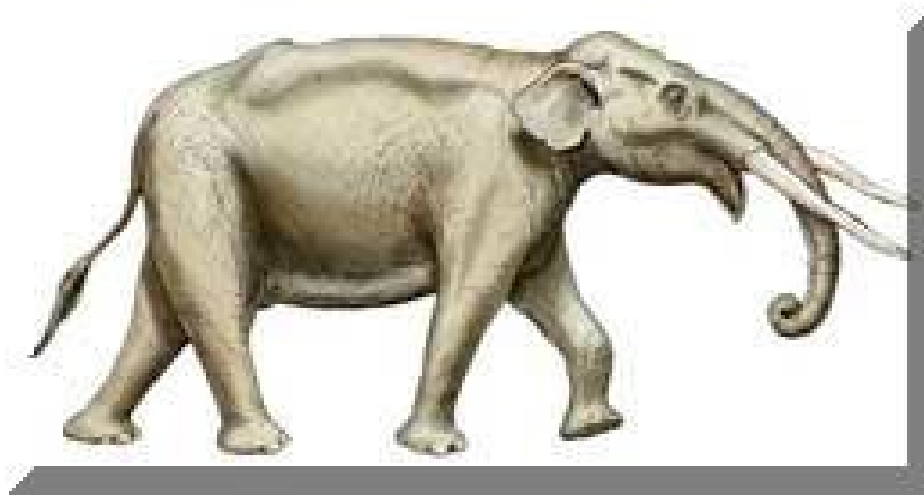
***Trilophodon*, chobotnatec se 4 kly,  
rozšířený široce v Eurasii během miocénu  
až pliocénu**



*Deinotherium*, typický zástupce miocénních (Morava) chobotnatců, přežívá až do pleistocénu, Afrika, Eurasie



*Mammuthus primigenius*, rozvoj a vymírání během pleistocénu  
příčiny (klíma, člověk ?)



*Cuvieronius*, drobný (~ 2m) chobotnatec z pliocénu jihu Severní a severu Jižní Ameriky, později jen Jižní Amerika až do holocénu



# CARNIVORA

Šelmy

*Nimravus* - nástup sv. eocén, rozvoj v oligocénu  
= oligocénní „šavlozubí tygři“



*Nimravus brachyops*

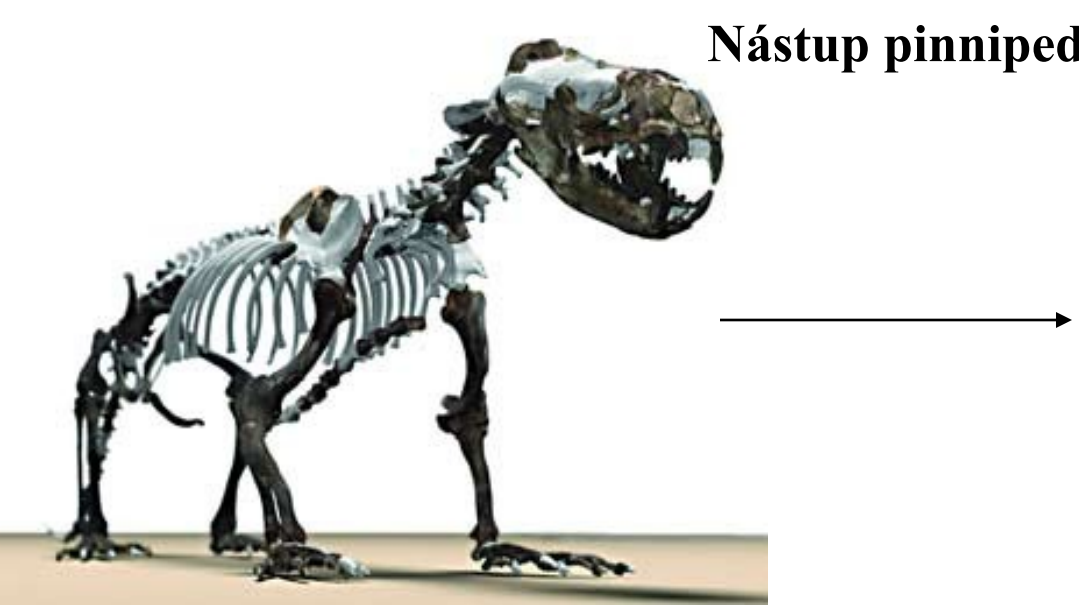




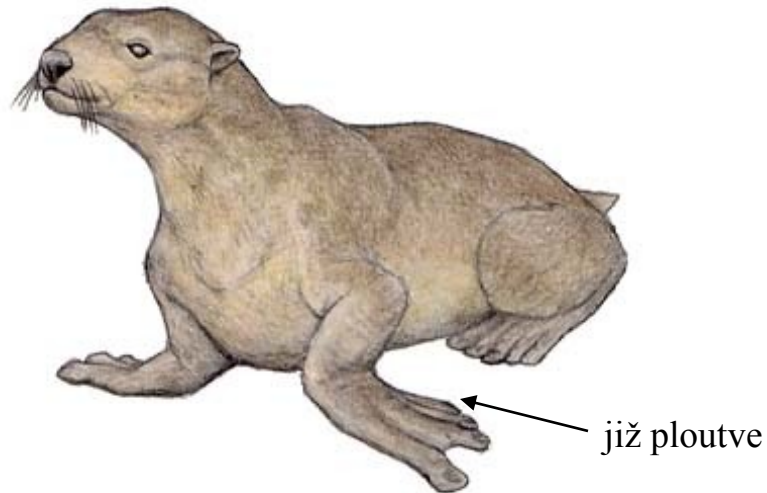
***Machairodus*, Felidae, šavlozubý „tygr“,  
svrchní miocén Evropy**



## Nástup pinnipedii



*Puijilla darwini* – fosilní kráterové jezírko ostrova Devon (Kanada, Arktida, 20-24 Ma)  
nástup pinnipedii – sladká voda, silné kosti (silné svaly, dobrý plavec), zploštělé prstní kůstky (= plovací blány, nikoliv ploutve, ale dobrý plavec), dlouhý ocas, ? mozaiková evoluce



*Enaliarctos*, sv. oligocén/miocén (Kalifornie, Oregon), šelmy → ploutvonožci (voda)

## Pholidota

Ve středním eocénu  
žil na území střední Evropy  
(Německo) i tento 90 cm vysoký příbuzný  
luskounů (Pholidota) rodu *Eurotamandua*



ne (dříve řazený  
k mravenečnickům)



*Eurotamandua*, stř. eocén, Německo



***Ernanodon antelios*, savec, paleocén Mongolsko, Čína, cca 50 cm.  
Palaeoanodonta – sesterská skupina Pholidota.**

**Ne mravenečník, ale příbuzný luskounů**

The fossil of the ancient mammal was discovered in rocks in Mongolia. Peter Kondrashov and Alexandre Agadjanian from the Borissiak Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences in Moscow describe *E. antelios* as having strong forelimbs and large claws, which it used to scratch and dig for food. Examination of the bones led the authors to suggest that the mammal is more closely related to pangolins than it is to armadillos and anteaters.

**Nature, 489, 7414, 2012**

# Xenarthra



***Glyptodon***, obří „pásovec“ (~ 2m),  
chudozubí, Cingulata,  
Pleistocén, Jižní Amerika





***Megalonyx jeffersoni*, obří pozemní lenochod, Xeanarthra, Folivora pleistocén, J. Amerika**

## Ungulata J. Ameriky



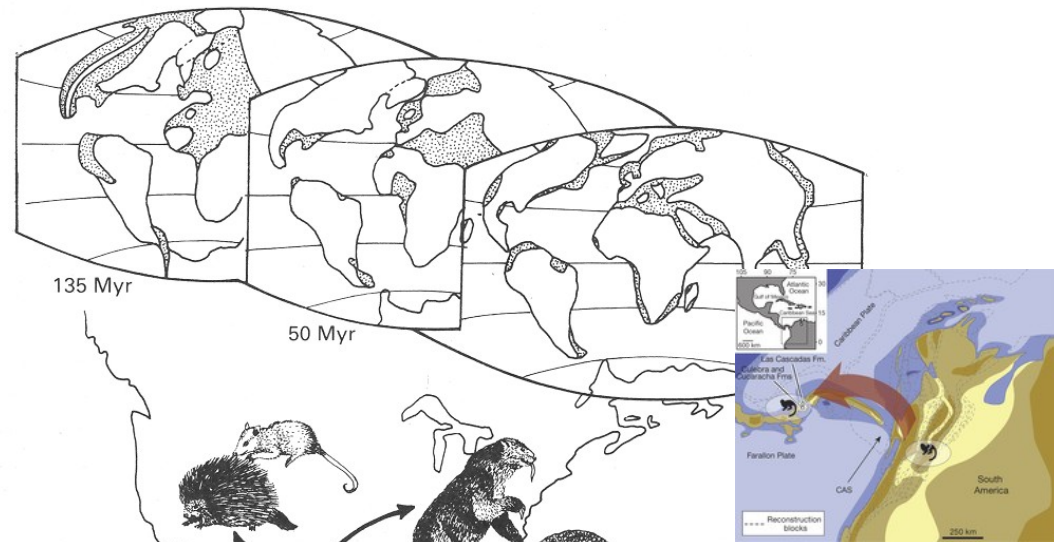
*Homalodotherium*, miocén, J. Amerika, typický zástupce notoungulat, endemických kopytnatců, dlouhá izolace (~ 60 Ma), konec- Panamská šíje (~ 3 Ma) - viz dále



# Velká americká výměna

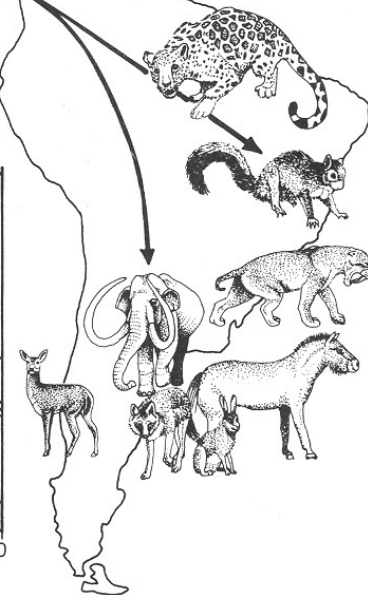
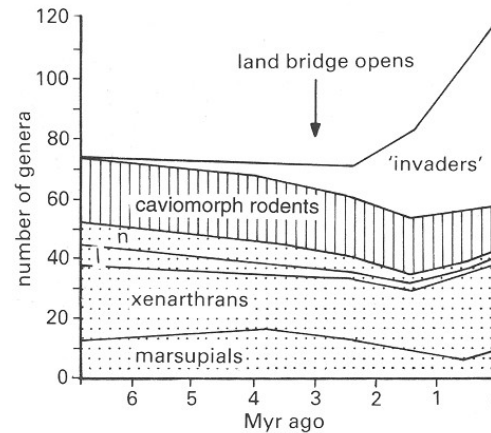
(biogeografická historie panamské šíje, Benton 1997)

konfigurace kontinentů



Pohyb skupin savců po vytvoření pevninského mostu (~ 13 Ma, nový údaj):  
k severu – hmyzožravci, dikobrazi, pásovci, glyptodonti, pozemní lenochodi, mravenečníci  
k jihu – jaguáři, veverky, šavlozubí tygři, chobotnatci, koně, zajícovci, etc.

Graf znázorňující snížení diverzity savců v Jižní Americe po otevření suchozemského mostu (l-litopterna, n-notoungulata)



# Primates

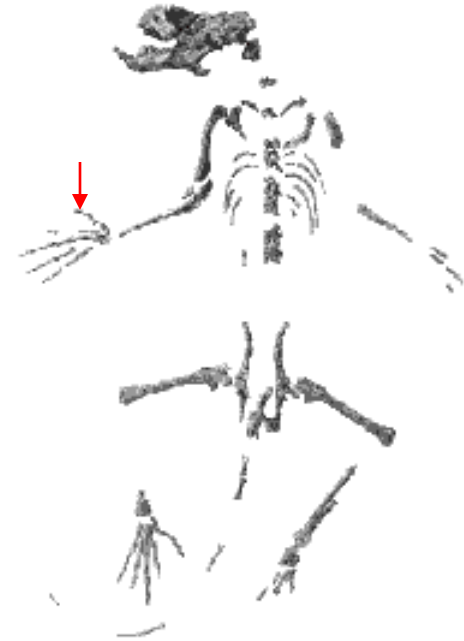
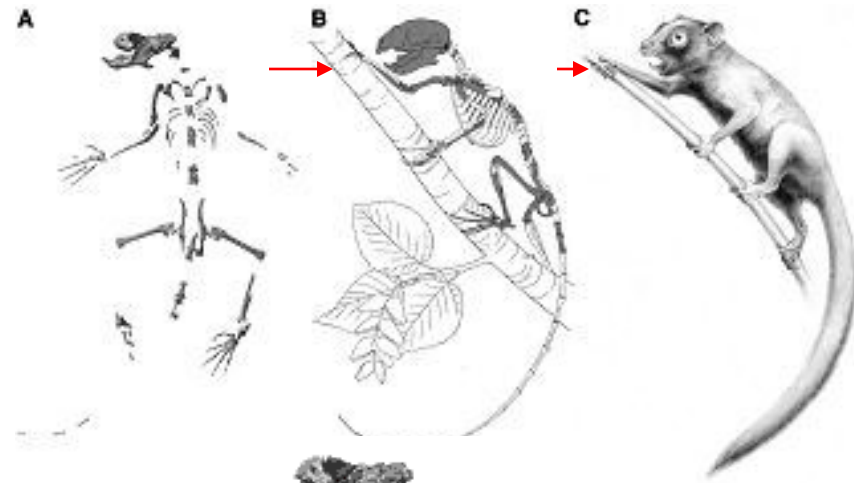
## Strepsirhini



*Notharctus*, poloopice, sp. eocén, Wyoming



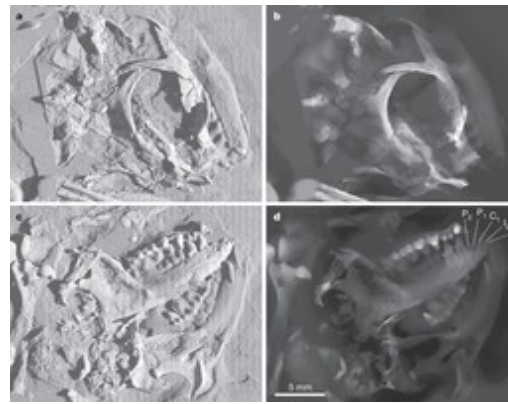
*Necrolemur antiqua*, poloopice, sp. eocén, Francie



*Carpolestes simpsoni*, paleocén, ~57 Ma (S. Amerika), měl už **opisitní palec** (uchopování)= **nástup primátů**, ale plesiomorfnní znaky (oči na boku hlavy, neuměl skákat), potrava – plody, listí => ne dravec

*Archicebus achilleus*

Čína, eocén, ~ 55 Ma, Tarsiida

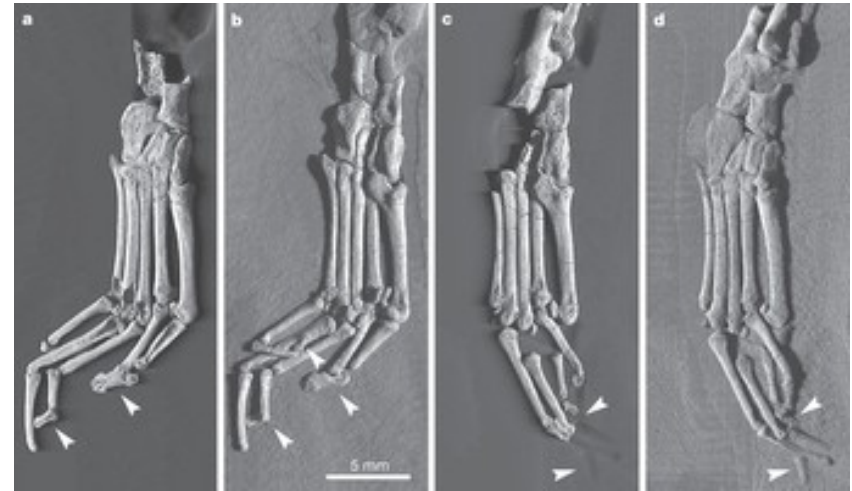


Lebka + čelisti

tomografie



Lebka, části páteře, pánev



Levá (a, b) a pravá (c, d) končetina

**Zatím nejbazálnější známý člen tarsiiformního kládu. Podporuje hypotézu, že časní primáti byli pravděpodobně diurnální, arboreální a primárně insektivorní savci velikosti současných lemurů.**

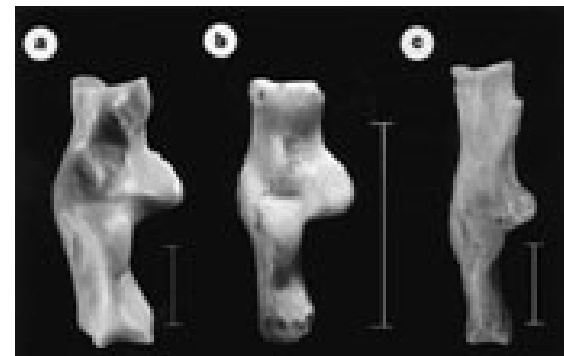
***Eosimias* – Jv. Asie, 45 Ma,  
většina autorů považuje tyto  
fosilní primáty za nejstarší  
anthropoidy**



**rekonstrukce**



**čelisti**



**tarzální kůstky**



2 However, it has different types of teeth and toes, suggesting it is actually from an early group of mammals which existed before the diversification of primates.

3 If that is correct then the creature known as Darwinius masillae may be the missing link between small mammals and the apes which evolved into humans.



Darwinius masillae



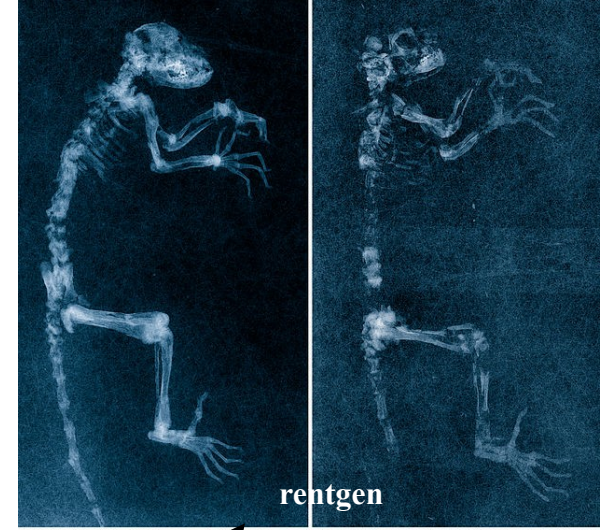
Apes



Early hominids



Modern man



rentgen

Plate A

10 cm

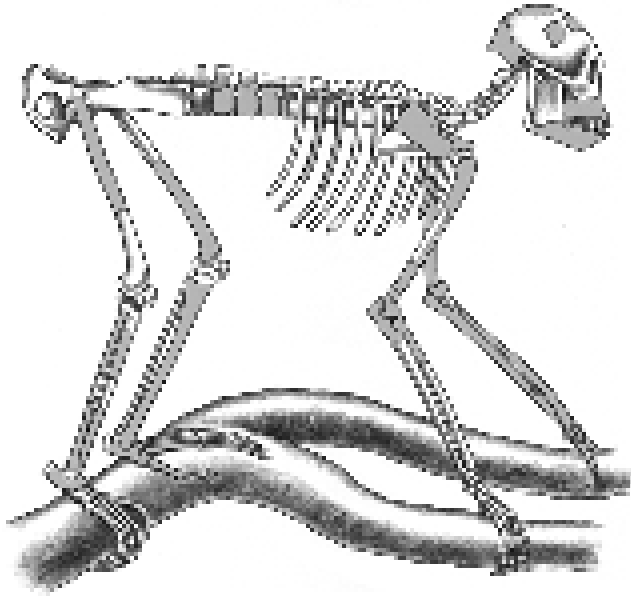
Plate B

1 The fossil found at the Messel Shale Pit in Germany is similar to a lemur.

*Darwinius masillae*, eocén , Messel, ~ 47 Ma, (čeled' Notharctidae) samička, obsah žaludku = ovoce, anatomie zachována perfektně (i ochlupení). Nemá osteologické znaky sdílené lemury a tarsiidy (např. čistící dráp na druhém prstu), zatímco **dlátovité přední zuby s vloženými špičáky a hlezenní kost v kotníku odhaluje vztahy k vyšším primátům**. Jde podle většiny autorů o přímého předka anthropoidů. Chybí však kostní přepážka v oční jamce, kterou většina anthropoidů má.



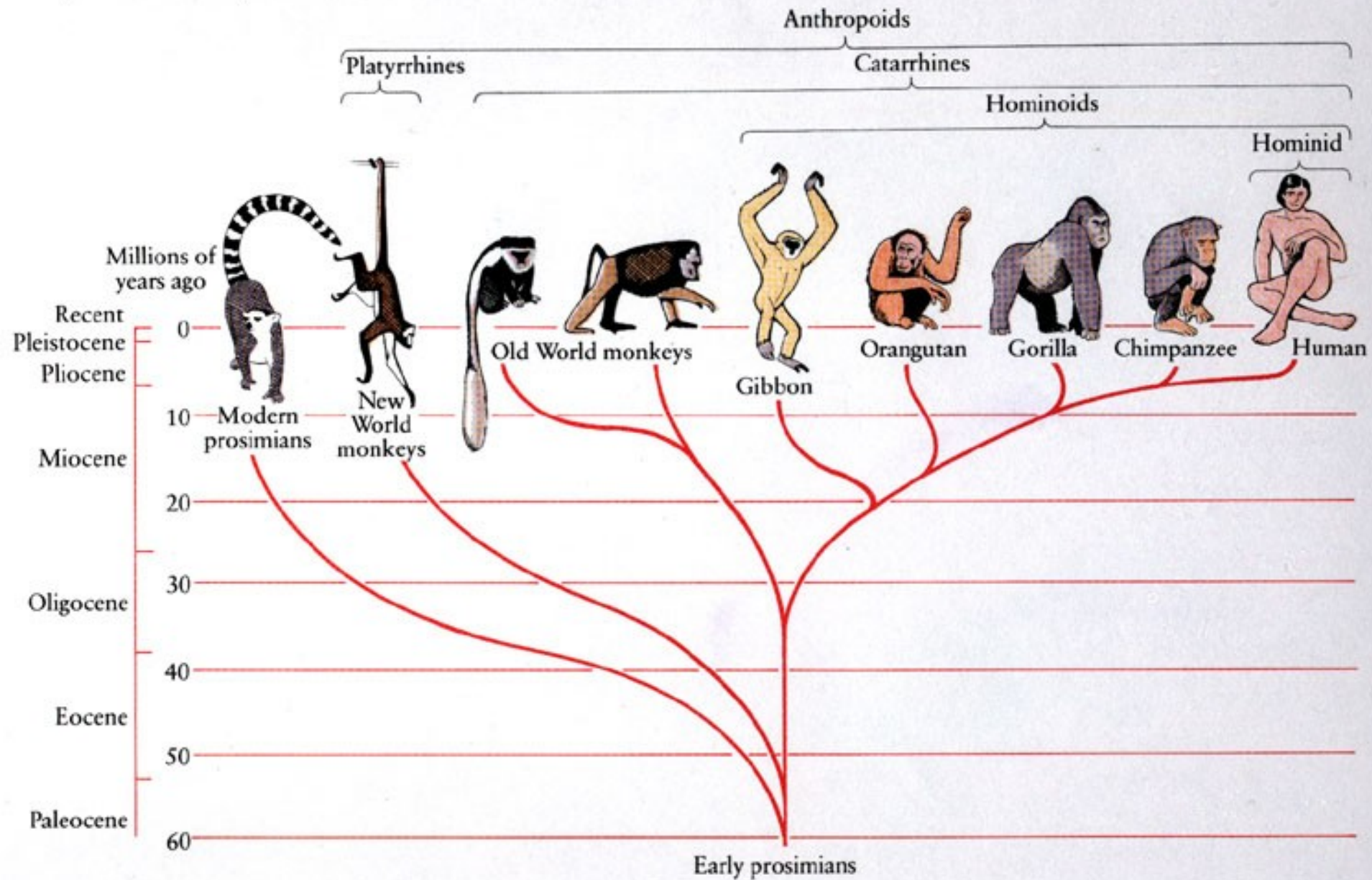
## Simiiformes (Anthropoidea)



*Catopithecus brownii*, antropoid, sv. eocén, Egypt (Fajum), ~37 Ma, má už postorbitální septum jako všichni primáti se žlutou skvrnou na sítnici (septum drží oční, ž. skvrna = koncentrace fotorecepčních buněk) => výrazné zlepšení zraku, ostrý (nerozmazaný) asi dichromatický.

Vazby (?) na čel. Eosimiidae (stř. eocén jv. Asie – Čína , Thajsko) => antropoidi pocházejí z Asie (?)

A primate evolutionary tree



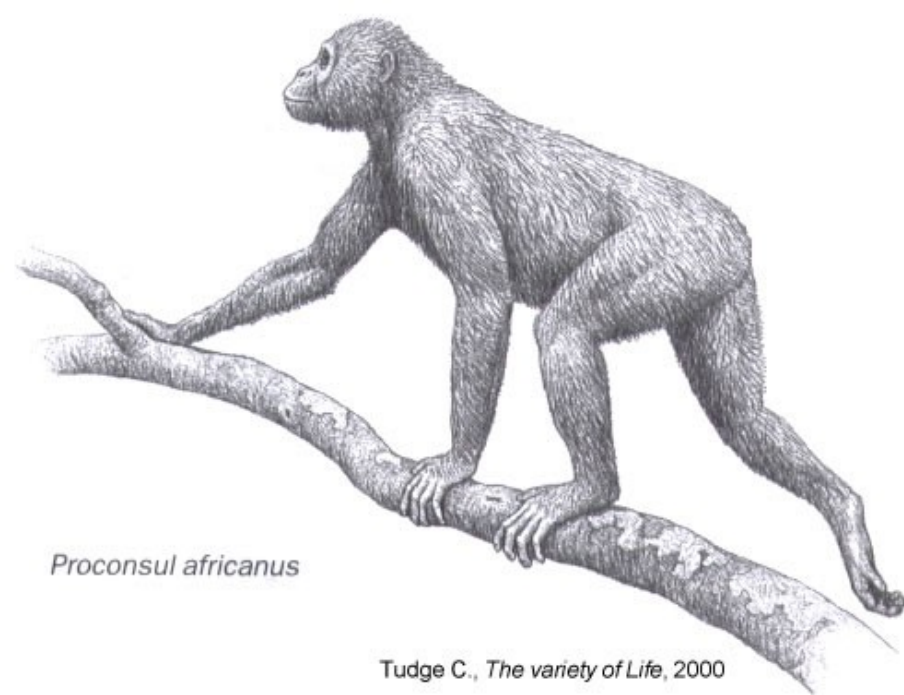
Oligocene primates from China reveal  
divergence between African and  
Asian primate evolution

Xijun Ni,1,2\* Qiang Li,1,2 Lüzhou Li,1 K. Christopher Beard3,4

**Hranice eocén/oligocén**

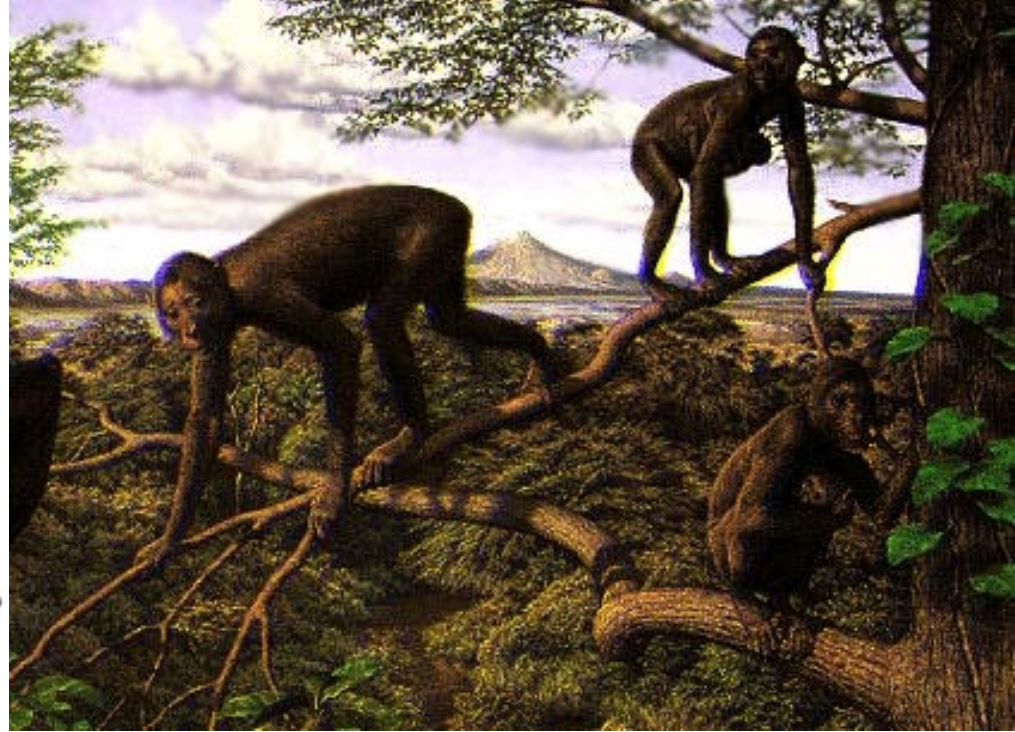
Profound environmental and faunal changes are associated with climatic deterioration **during the Eocene-Oligocene transition (EOT) roughly 34 million years ago**. Reconstructing how Asian primates responded to the EOT has been hindered by a sparse record of Oligocene primates on that continent. Here, we report the discovery of a diverse primate fauna from the early Oligocene of southern China. In marked contrast to Afro-Arabian Oligocene primate faunas, this Asian fauna is dominated by strepsirhines. There appears to be a strong break between Paleogene and Neogene Asian anthropoid assemblages. **Asian and Afro-Arabian primate faunas responded differently to EOT climatic deterioration, indicating that the EOT functioned as a critical evolutionary filter constraining the subsequent course of primate evolution across the Old World.**



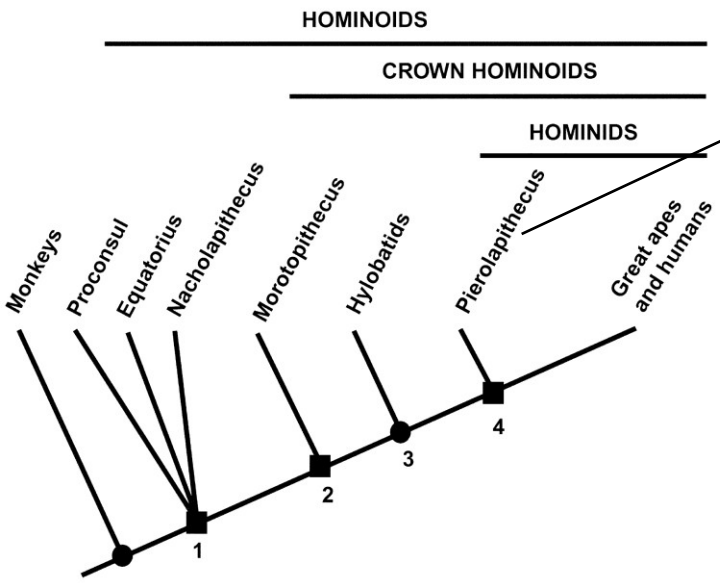
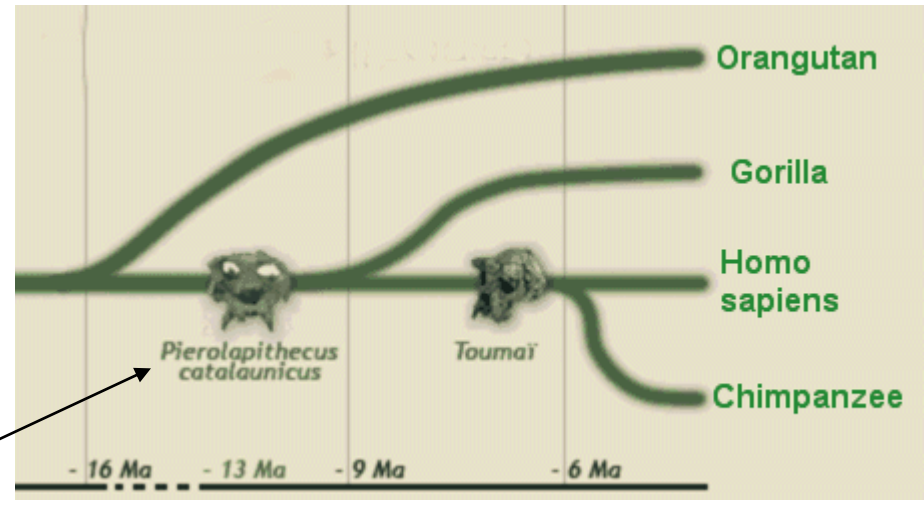
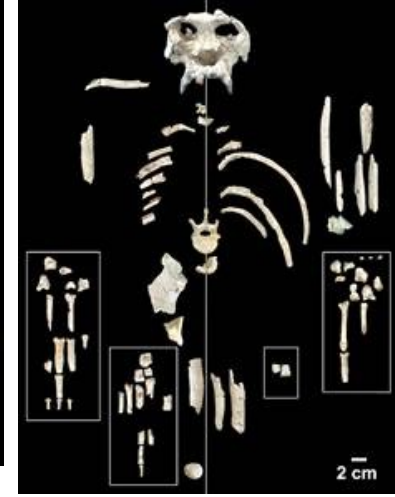
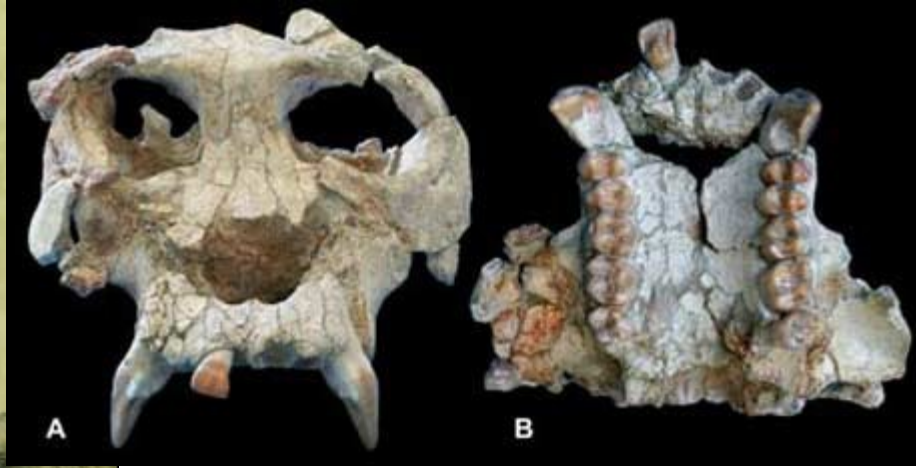
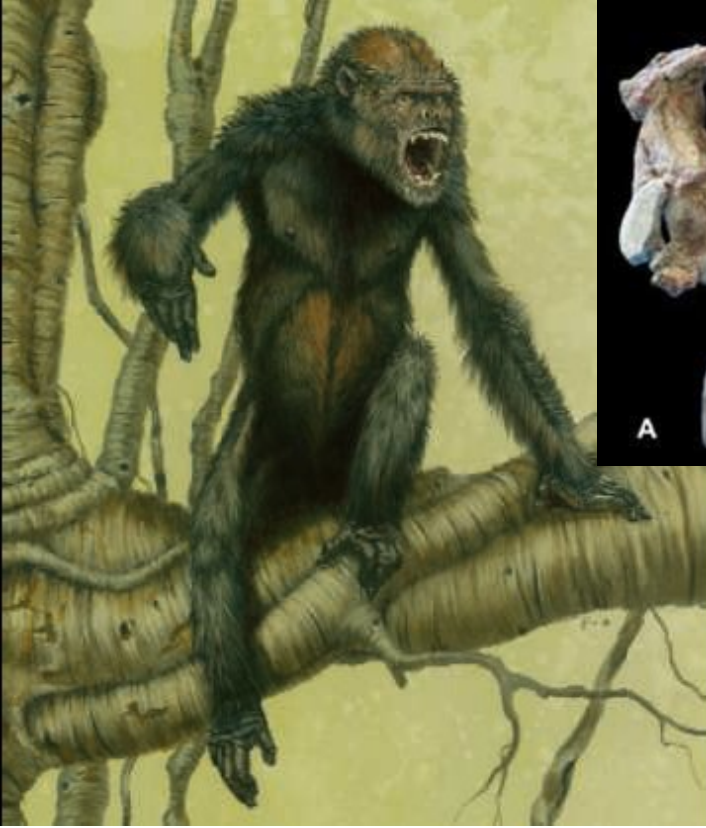


*Proconsul africanus*

Tudge C., *The variety of Life*, 2000



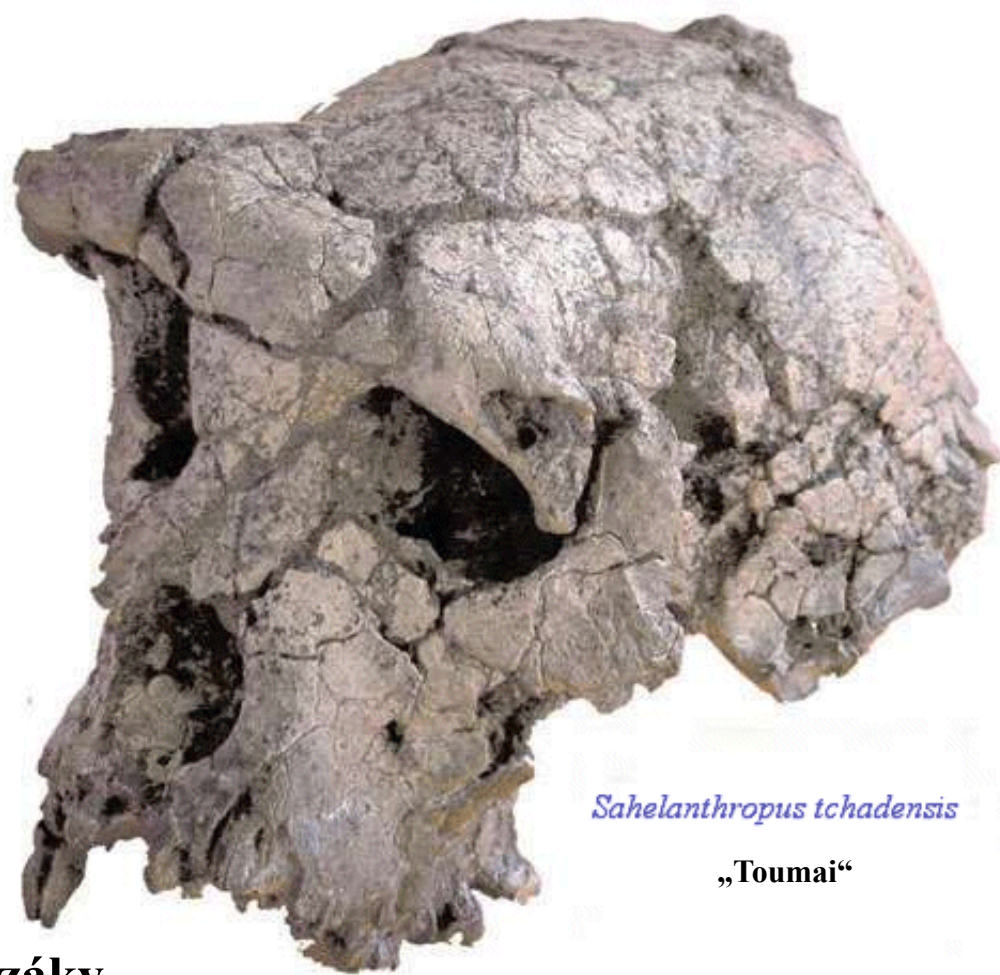
***Proconsul*, hominoid, 18 Ma – stadium vedoucí k hominidům**



*Pierolapithecus catalaunicus*, nedávno objevený hominid, 13 Ma, pozice blízko štěpení lidoopů



***Sahelanthropus*, hominidní znaky: řezáky  
a dolní tvář, záp. břeh jezera Čad, 6.5 Ma  
mozek ~ 380 cm<sup>2</sup>**



*Sahelanthropus tchadensis*

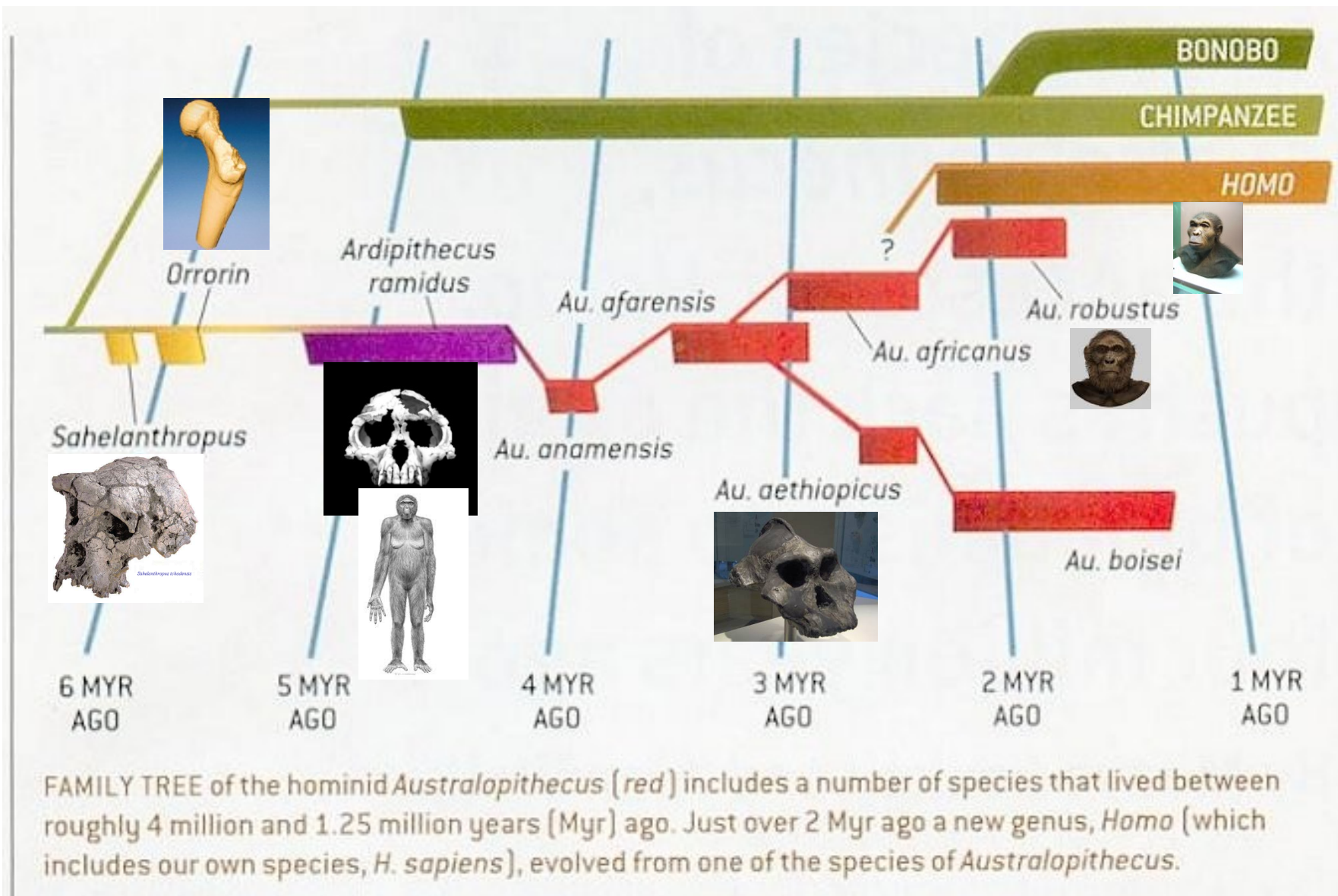
„Toumai“



femur



***Orrorin tugenensis*, 6 Ma, první bipédní (?) hominid – viz femur  
(= úsvit podčeledi Homininae)**



**Klimatická hypotéza – východoafrický rift, vznik S-J pohoří, rozdělení populací hominidů na východní a západní, na V ústup deštých pralesů a vznik savan = bipedie a vývoj k *Homo*, na Z pralesy a šimpanzi zůstávají na stromech (ovšem *Ardipithecus* je nalézán i v lesních společenstvech)**

## 2 různé strategie pro život v savaně

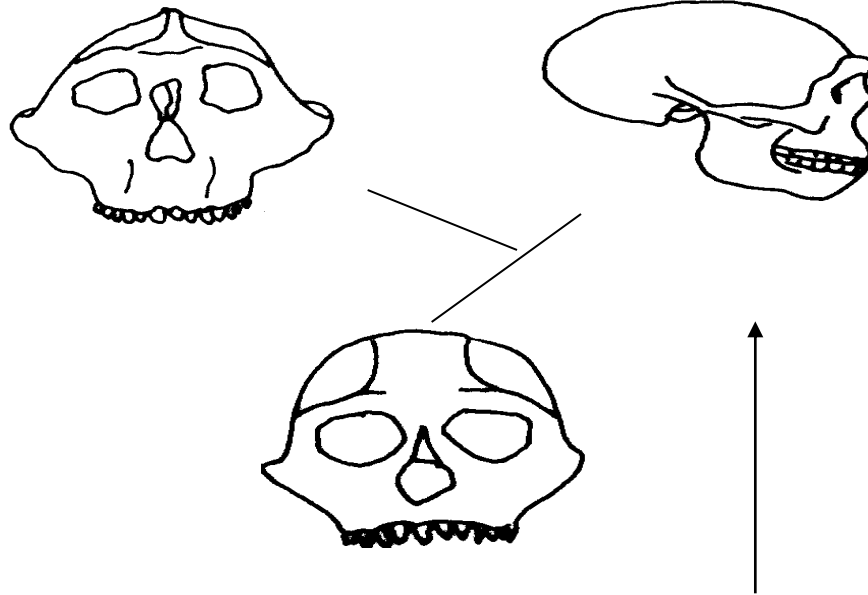
### *Paranthropus* -

robustní  
australopitekus

hledání nekvalitní potravy,  
velké tělo, masivní lebka a  
čelisti

### *Homo* -

hledání kvalitní potravy,  
maso, hlízy,  
velký mozek, rozsáhlé  
používání nástrojů



*Australopithecus afarensis*



*Australopithecus afarensis*



Surface terrain nearby the *sediba* site



*Kenyanthropus platyops*

Kenya (potrava: traviny, jejich semena i oddenky a podobně),



*Australopithecus sediba*

(viz dále)



„Paranthropus“ aethiopicus

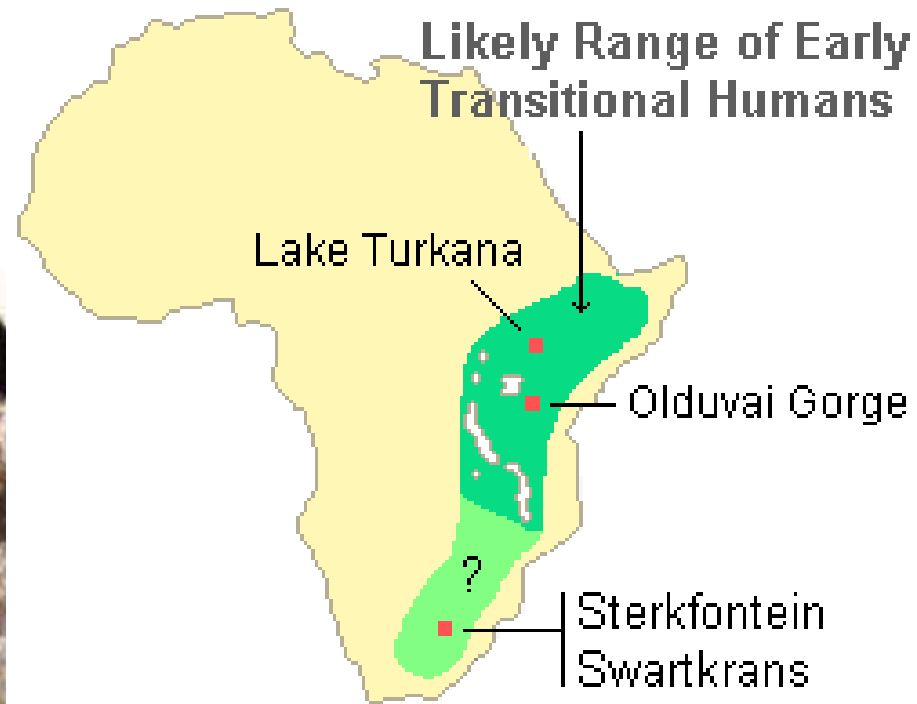




*Australopithecus (Paranthropus) robustus*



*Homo erectus*



Likely Range of Early Transitional Humans

Lake Turkana

Olduvai Gorge

?

Sterkfontein  
Swartkrans

# *Australopithecus sediba*. A New Species of *Homo*-Like Australopith from South Africa

Lee R. Berger,<sup>1,2\*</sup> Darryl J. de Ruiter,<sup>3,4</sup> Steven E. Churchill,<sup>4,5</sup> Peter Schmid,<sup>6,7</sup> Kristian J. Carlson,<sup>8,4</sup> Paul H. G. M. Dirks,<sup>2,7</sup> Job M. Kibii<sup>1</sup>

Despite a rich African Plio-Pleistocene hominin fossil record, the ancestry of *Homo* and its relation to earlier australopithecines remain unresolved. Here we report on two partial skeletons with an age of 1.95 to 1.78 million years. The fossils were encased in cave deposits at the Malapa site in South Africa. The skeletons were found close together and are directly associated with craniodental remains. Together they represent a new species of *Australopithecus* that is probably descended from *Australopithecus africanus*. Combined craniodental and postcranial evidence demonstrates that this new species shares more derived features with early *Homo* than any other australopith species and thus might help reveal the ancestor of that genus.

The origin of the genus *Homo* is widely debated, with several candidate ancestors being proposed in the genus *Australopithecus* (1–3) or perhaps *Kenyanthropus* (4). The earliest occurrence of fossils attributed to *Homo* (*H. aff. H. habilis*) at 2.33 million years ago (Ma) in Ethiopia (5) makes it temporally antecedent to all other known species of the genus *Homo*. Within early *Homo*, the hypodigms and phylogenetic relationships between *H. habilis* and another early species, *H. rudolfensis*, remain unresolved (6–8), and the placement of these species within *Homo* has been challenged (9). *H. habilis* is generally thought to be the ancestor of *H. erectus* (10–13), although this might be questioned on the basis of the considerable temporal overlap that existed between them (14). The identity of the direct ancestor of the genus *Homo*, and thus its link to earlier *Australopithecus*, remains controversial. Here we describe two recently discovered, directly associated, partially articulated *Australopithecus* skeletons from the Malapa site in South Africa, which allow us to investigate several competing hypotheses regarding the ancestry of *Homo*. These skeletons cannot be accommodated within any existing fossil taxon; thus, we establish a new species, *Australopithecus sediba*, on the basis of a com-

bination of primitive and derived characters of the cranium and postcranium.

The following is a description of *Au. sediba*: Order Primates Linnaeus 1758; suborder Anthropoidea Mivart 1864; superfamily Hominoidea Gray 1825; family Hominidae Gray 1825; genus *Australopithecus* DART 1925; species *Australopithecus sediba* sp. nov.

**Etymology.** The word *sediba* means “fountain” or “wellspring” in the seSotho language.

**Holotype and paratype.** Malapa Hominin 1 (MH1) is a juvenile individual represented by a partial cranium, fragmented mandible, and partial postcranial skeleton that we designate as the species holotype [Figs. 1 and 2, supporting online material (SOM) text S1, figs. S1 and S2, and table S1]. The first hominin specimen recovered from Malapa was the right clavicle of MH1 (UW88-1), discovered by Matthew Berger on 15 August 2008. MH2 is an adult individual represented by isolated maxillary teeth, a partial mandible, and partial postcranial skeleton that we designate as the species paratype. Although MH1 is a juvenile, the second molars are already erupted and in occlusion. Using either a human or an ape model, this indicates that MH1 had probably attained at least 95% of adult brain size (15). Although additional growth would have occurred in the skull and skeleton of this individual, we judge that it would not have appreciably altered the morphology on which this diagnosis is based.

**Locality.** The two *Au. sediba* type skeletons were recovered from the Malapa site (meaning “homestead” in seSotho), situated roughly 15 km NNE of the well-known sites of Sterkfontein, Swartkrans, and Kromdraai in Gauteng Province, South Africa. Detailed information regarding geology and dating of the site is in (16).

## 1,95–1,78 Ma

Stable carbon isotope, and dental microwear texture data for two individuals of *Au. sediba*, 2-million-year-old hominins from South Africa, show that they consumed a mostly C3 diet that probably included harder foods, and both dicotyledons (for example, tree leaves, fruits, and wood or bark) and monocotyledons (for example, grasses and sedges); this diet contrasts with previously described diets of other early hominin species.

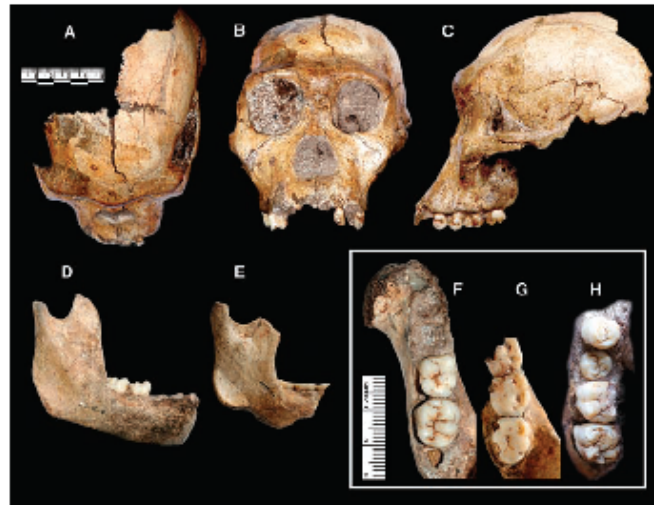
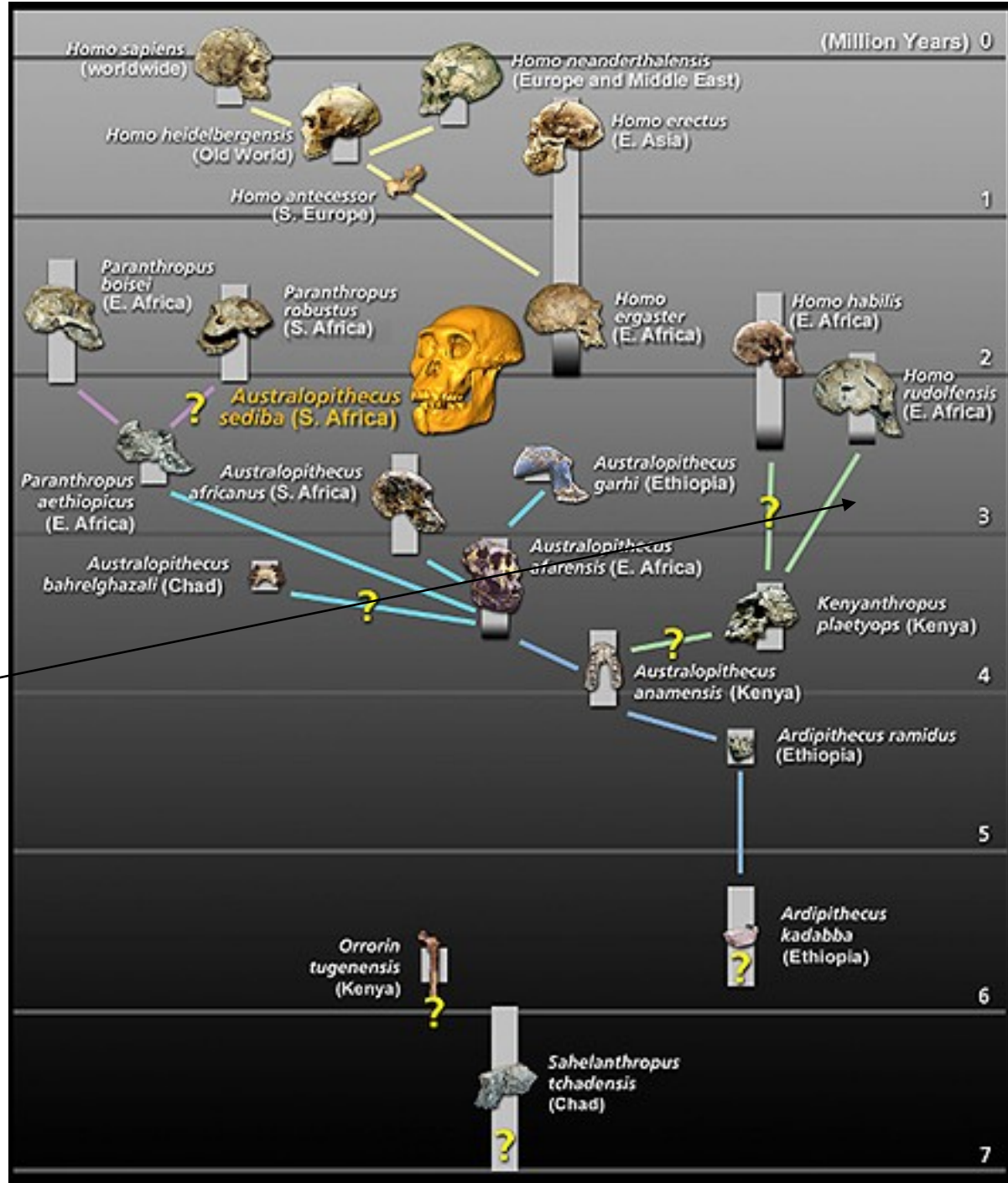


Fig. 1. Craniodental elements of *Au. sediba*. UW88-50 (MH1) juvenile cranium in (A) superior, (B) frontal, and (C) left lateral views. (D) UW88-8 (MH1) juvenile mandible in right lateral view, (E) UW88-54 (MH2) adult mandible in right lateral view, (F) UW88-8 mandible in occlusal view, (G) UW88-54 mandible in occlusal view, and (H) UW88-50 right maxilla in occlusal view (scale bars are in centimeters).

<sup>1</sup>Institute for Human Evolution, University of the Witwatersrand, Private Bag 3, Wits 2050, South Africa. <sup>2</sup>School of Geosciences, University of the Witwatersrand, Private Bag 3, Wits 2050, South Africa. <sup>3</sup>Department of Anthropology, Texas A&M University, College Station, TX 77843, USA. <sup>4</sup>Department of Evolutionary Anthropology, Box 90383, Duke University, Durham, NC 27708, USA. <sup>5</sup>Anthropological Institute and Museum, University of Zürich, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich, Switzerland. <sup>6</sup>Department of Anthropology, Indiana University, Bloomington, IN 47405, USA. <sup>7</sup>School of Earth and Environmental Sciences, James Cook University, Townsville, Queensland 4811, Australia. <sup>8</sup>To whom correspondence should be addressed. E-mail: profleberger@yahoo.com

**Další z možných interpretací vývoje hominidů (Samadhi 2014)**



Viz nové nálezy u Ledi Geraru, 2.8 Ma



*H. floresiensis*

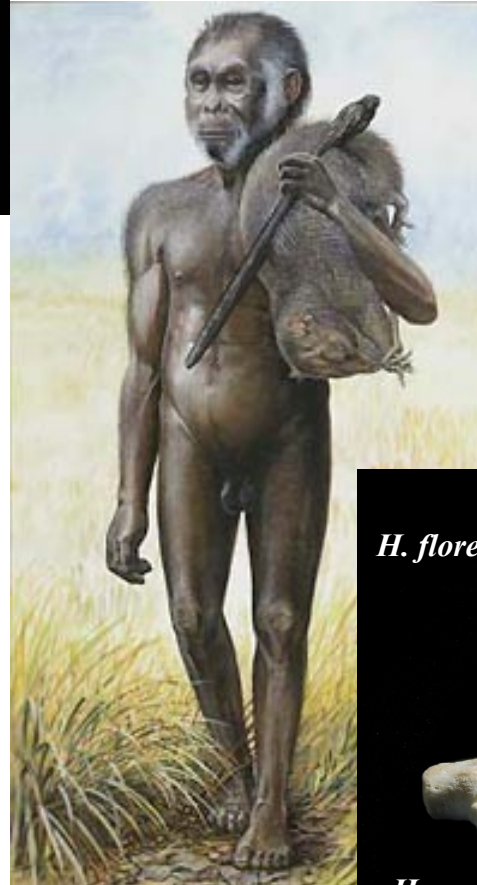


*H. sapiens*

*Homo floresiensis* – vymírá před 12. 000 lety !

Názory:

- ? trpasličí forma větve *Homo erectus*
- ? trpasličí forma *H. sapiens*
- nebo kreténská forma *H. sapiens* – (hypothyroidismus, nanoocephalie)
- samostatný druh (viz kosti chodidla vpravo)



*H. floresiensis*

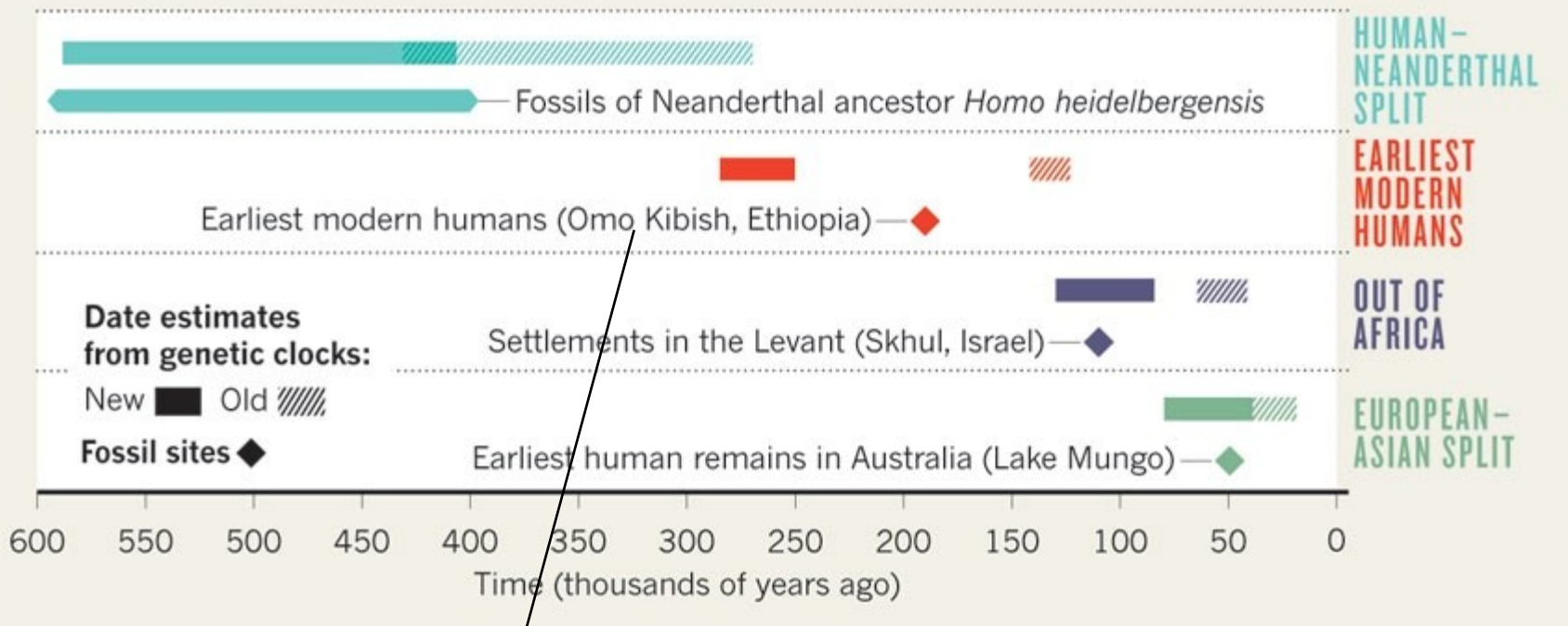


*H. sapiens*



# BETTER AGREEMENT OVER THE HUMAN STORY

Dates estimated from DNA evidence conflicted with those from fossil sites that document key events in prehistory, but dates gained using a slower DNA clock are resolving some conflicts.



Údaje genetiků a paleoantropologů se sblíží

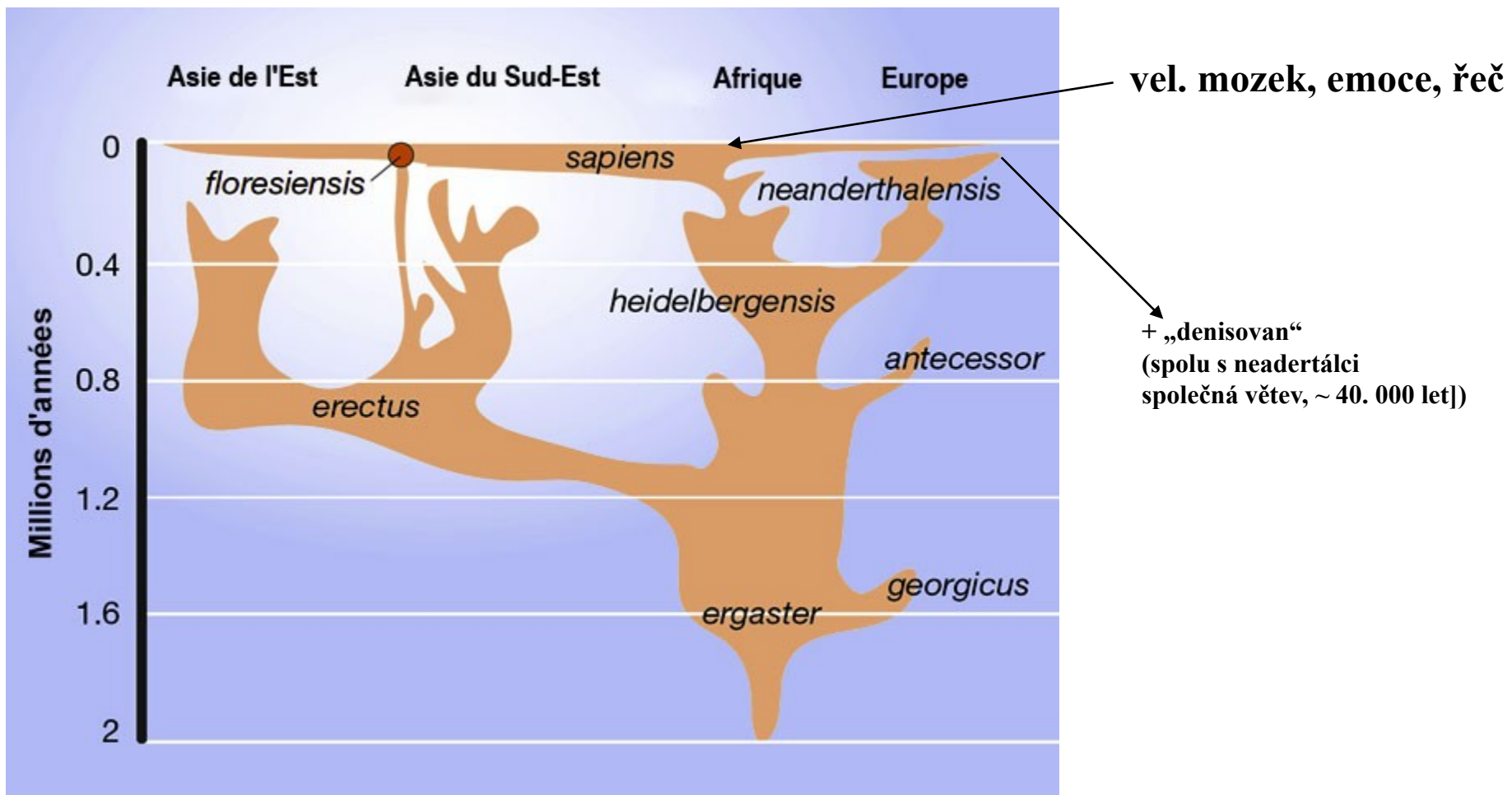


lokalita



Lebka *H. sapiens*

Omo Kibish, Etiopie



**Figure 1. *Homo floresiensis* in the context of the evolution and dispersal of the genus *Homo*.**

a, The new species as part of the Asian dispersals of the descendants of *H. ergaster* and *H. erectus*, with an outline of the descent of other *Homo* species provided for context.

b, The evolutionary history of *Homo* is becoming increasingly complex as new species are discovered. *Homo floresiensis* (left) is believed<sup>1</sup> to be a long-term, isolated descendant of Javanese *H. erectus*, but it could be a recent divergence. 1, *H. ergaster*/*African erectus*; 2, *georgicus*; 3, Javanese and Chinese *erectus*; 4, *antecessor*; 5, *cepranensis*; 6, *heidelbergensis*; 7, *helmei*; 8, *neanderthalensis*; 9, *sapiens*; 10, *floresiensis*. Solid lines show probable evolutionary relationships; dashed lines, possible alternatives.

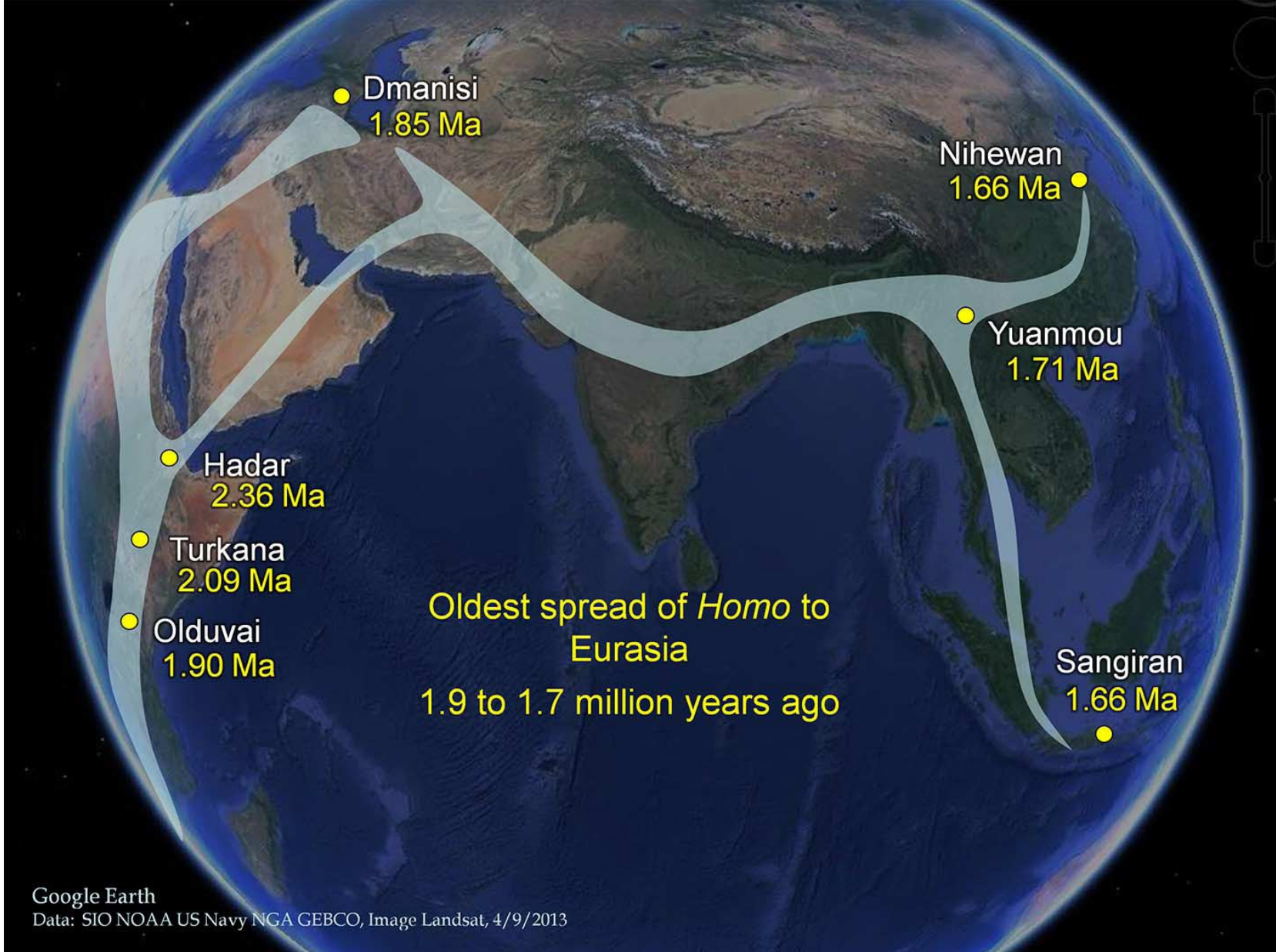


Fig. 2. Key sites and first appearances in the dispersal of early Homo from Africa.

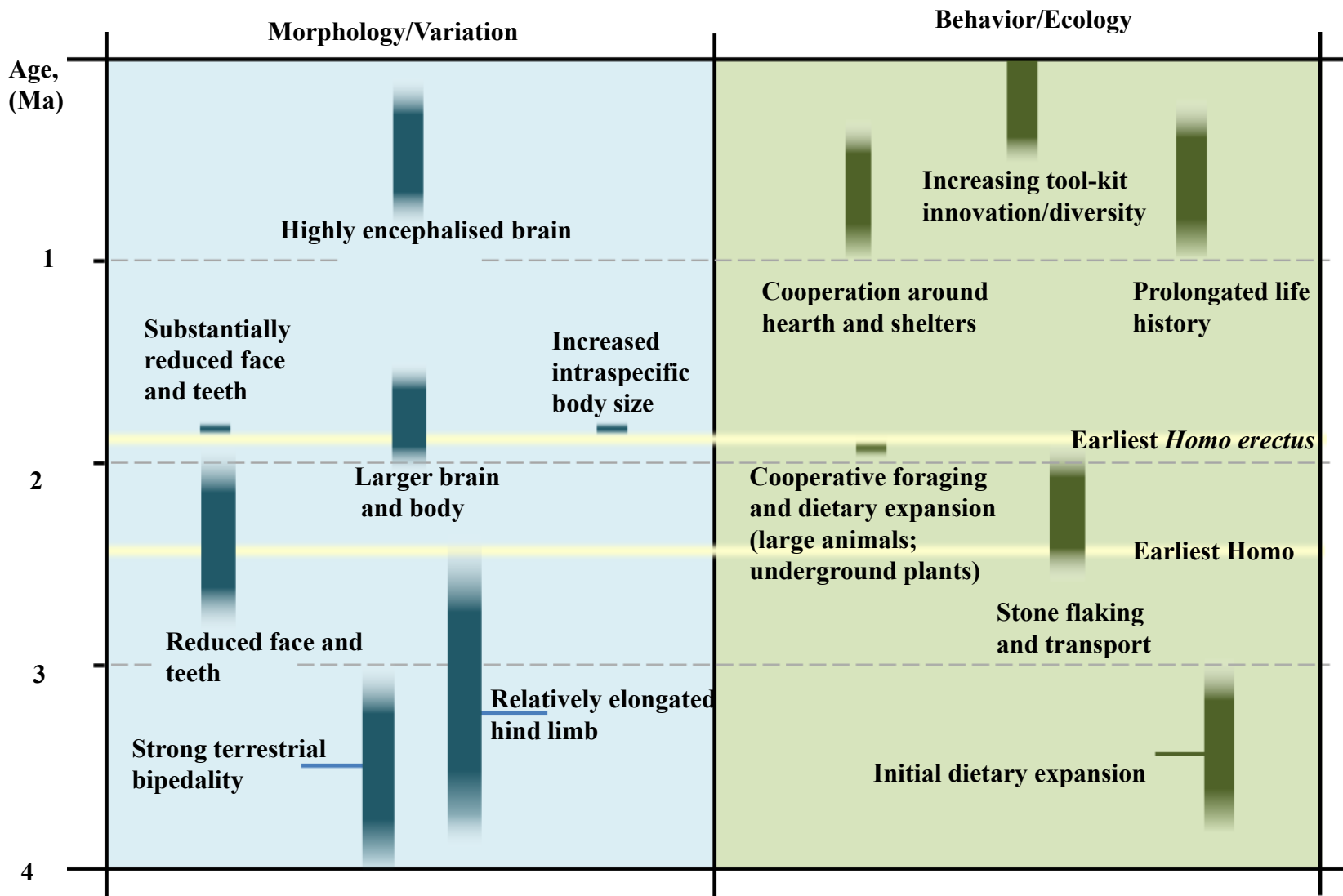


Fig. 3. Evolutionary timeline of important anatomical, behavioral, and life history characteristics that were once thought to be associated with the origin of the genus *Homo* or earliest *H. erectus*.



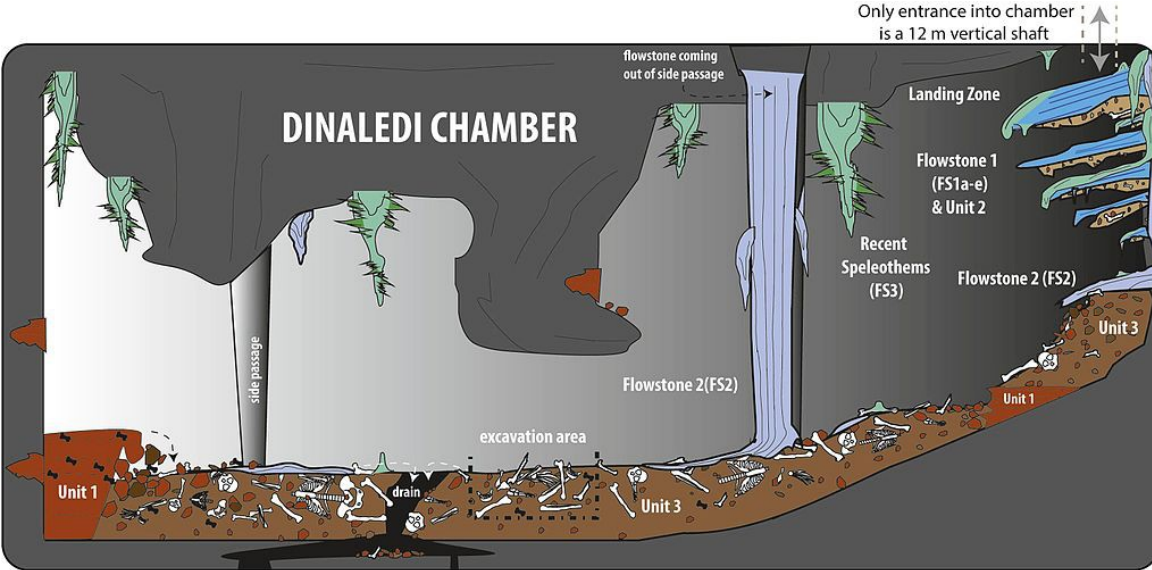


LD 350-1 is a fossil [hominin mandible](#) fragment discovered in 2013 at the Ledi-Geraru site. It was stratigraphically dated to 2.80 to 2.75 million years old

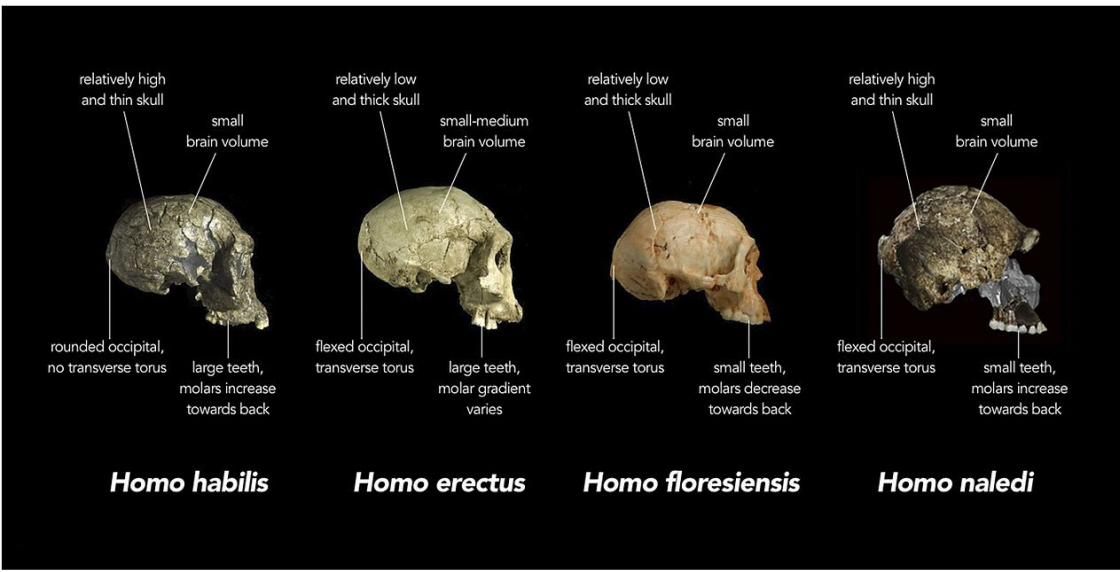
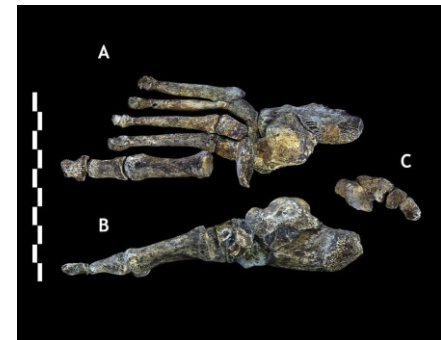
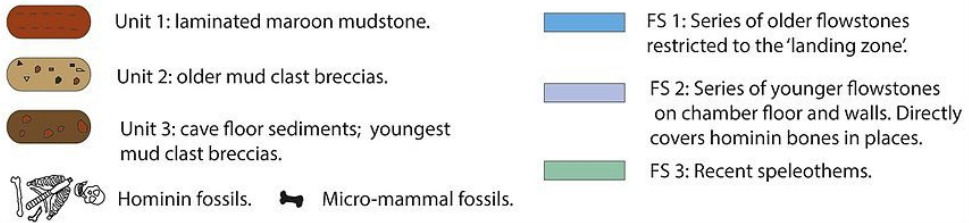
# Homo



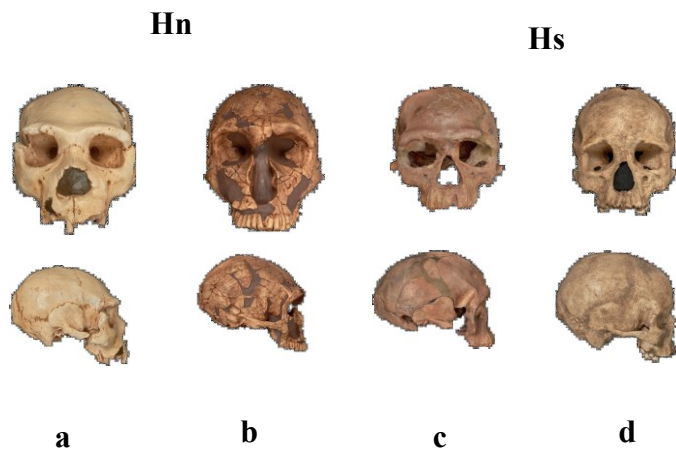
The oldest known fossil of our genus comes from an evolutionary hotspot in Ethiopia, a place already known as home of *Australopithecus* (Lucy), the oldest stone tools and younger *Homo* species.  
Ledi-Geraru, 2.8 Ma (samozřejmě s velkou debatou)



Stratigraphic position of flowstones and sedimentary units (not to scale- sketch only)



*Homo naledi*, 45 kg, 150 cm, bipedální, pánev a ramena cca Australop., nohy spíše Homo, stáří - asi mladší než 3 Ma, ?? Nejstarší Homo, slepá vývojová větev ??, (Lee Berger 2013), V oblasti lokalit Swartkrans a Sterkfontain



**Jebel Irhoud (Maroko)**

**Společná cesta Hn a Hs (~ 400, 000 let)**

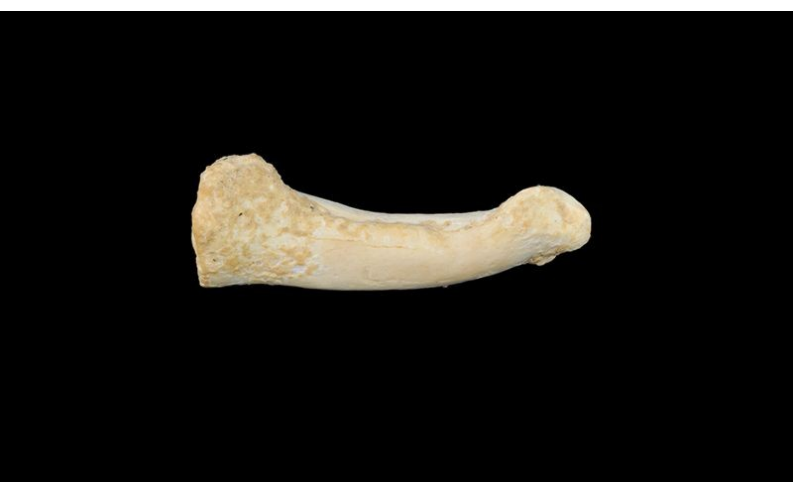
**Figure 1 | Skull-shape differences.** Structural differences in ancient skulls can illuminate evolutionary steps. Replica casts of the original skulls are shown. **a**, A skull found in Sima de los Huesos, Spain, that is around **430,000 years** old<sup>12</sup> is thought to represent an early form of Neanderthal. The Sima cranium exhibits some traits observed in more-recent Neanderthals, such as the characteristic Neanderthal brow-ridge shape, but also retains some more ancestral features not seen in later Neanderthals, such as a broader face and smaller average brain size. **b**, An approximately **60,000–40,000-year-old** skull<sup>16</sup> from La Ferrassie, France, is an example of a late Neanderthal. **c**, Hublin *et al.*<sup>1</sup> and Richter *et al.*<sup>2</sup> report approximately **350,000–280,000-year-old** fossils from Jebel Irhoud in Morocco that could represent an early stage in *Homo sapiens* evolution. The facial shape of a Jebel Irhoud fossil previously discovered at the site<sup>5</sup> shows similarities to the structure of more-modern humans, such as the presence of delicate cheekbones. However, the shape of the braincase (the section of the skull enclosing the brain) is archaic in form, and has an elongated shape that is less globular than the structure of more-modern *H. sapiens*. **d**, An approximately **20,000-year-old** *H. sapiens* fossil<sup>16</sup> from Abri Pataud, France, has a globular braincase. Scale bar, 5 cm.

The News & Views article ‘Palaeoanthropology: On the origin of our species’ by Chris Stringer and Julia Galway-Witham (*Nature* **546**, 212–214; 2017)



zuby (stol., třen.)

lokalizace



***Homo luzonensis***  
**(Filipiny, 3 jedinci, 50 000 let,  
velikost – hobit)**

článek prstu (noha)

**We identified a mosaic of features including facial, mandibular and dental morphology that aligns the Jebel Irhoud material with early or recent anatomically modern humans and more primitive neurocranial and endocranial morphology. In combination with an age of  $315 \pm 34$  thousand years (as determined by thermoluminescence dating)<sup>3</sup>, this evidence makes Jebel Irhoud the oldest and richest African Middle Stone Age hominin site that documents early stages of the *H. sapiens* clade in which key features of modern morphology were established. Furthermore, it shows that the evolutionary processes behind the emergence of *H. sapiens* involved the whole African continent.**

New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens*

*Nature*

**546,**

289–292

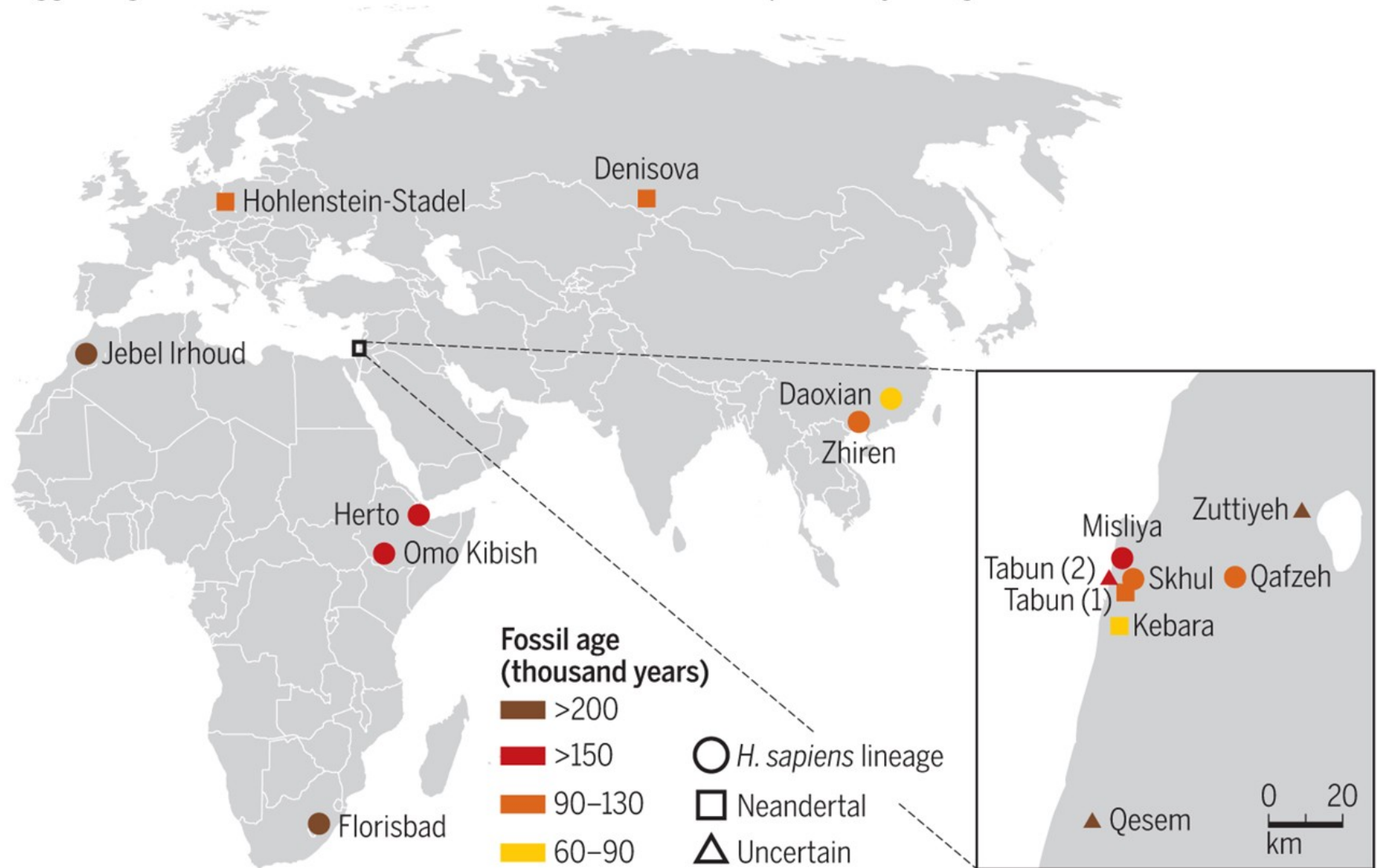
(08 June 2017)



**Misliya Cave (Israel) – *Homo sapiens*, 177-194.000 let (nejstarší nález mimo Afriku!!!!)**

# Earliest modern human migrations from Africa

Hershkovitz *et al.* report an age of ~180,000 years for a modern human fossil from Misliya in Israel, suggesting that modern humans left Africa much earlier than previously thought.



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 Press, 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 Extinctions 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)



Plutonium from atomic weapons testing, found in soil beginning in 1951, could mark the Anthropocene.

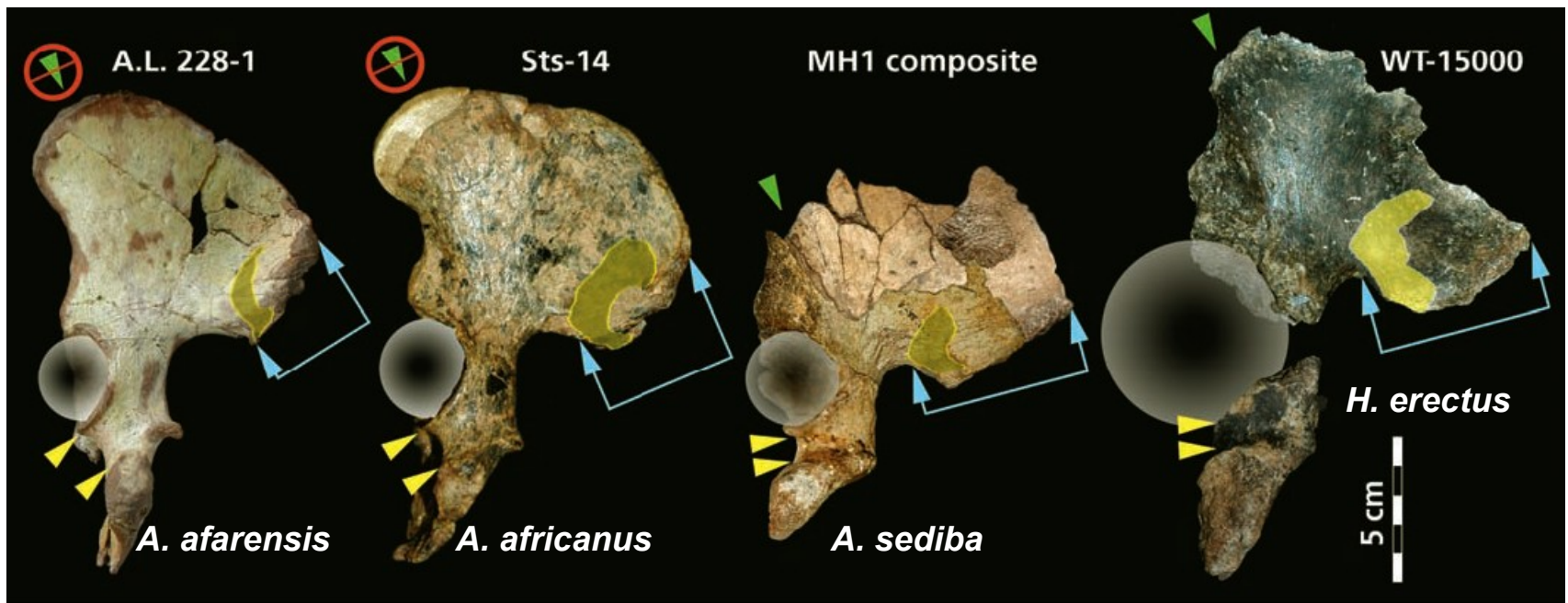


Fig. 4. Representative ossa coxae, in lateral view, from left to right, of *Au. afarensis* (AL 288-1), *Au. africanus* (Sts 14), *Au. sediba* (MH1), and *H. erectus* (KNM-WT 15000). The specimens are oriented so that the iliac blades all lie in the plane of the photograph (which thus leads to differences between specimens in the orientation of the acetabula and ischial tuberosities). MH1 possesses derived, Homo-like morphology compared to other australopithecines, including a relative reduction in the weight transfer distance from the sacroiliac (yellow) to hip (circle) joints; expansion of the retroauricular surface of the ilium (blue arrows) (determined by striking a line from the center of the sphere representing the femoral head to the most distant point on the posterior ilium; the superior arrow marks the terminus of this line, and the inferior arrow marks the intersection of this line with the most anterior point on the auricular face); narrowing of the tuberoacetabular sulcus (delimited by yellow arrows); and pronouncement of the acetabulocrystal (green arrows) and acetabulosacral buttresses.

www.sciencemag.org SCIENCE VOL 328 9 APRIL 2010 203  
 RESEARCH ARTICLES  
 Downloaded from www.sciencemag



Femur *A. afarensis*



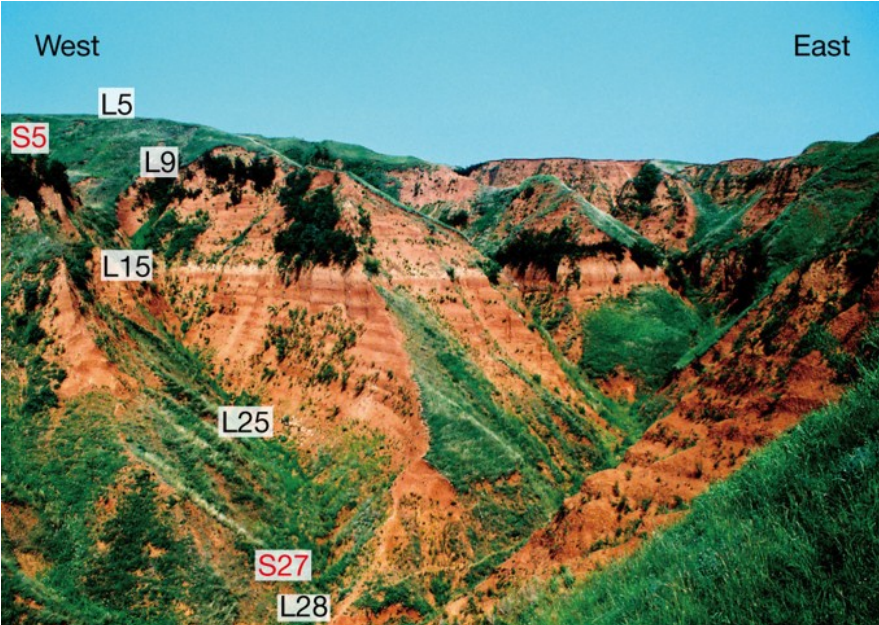
**Korálky (náhrdelník z mušlí) staré 44 000 let, Jižní Afrika.**

Evidence for symbolic behaviour, such as shell beads, appeared at least 80,000 years ago in southern Africa. This behaviour then seemingly disappeared and did not return until roughly 20,000 years ago — when humans with cultural links to modern San hunter-gatherers began to produce engraved bones and other complex artefacts.

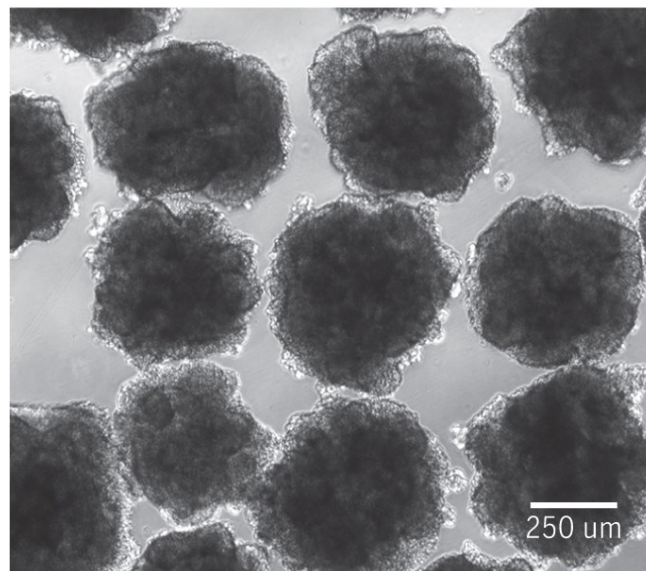
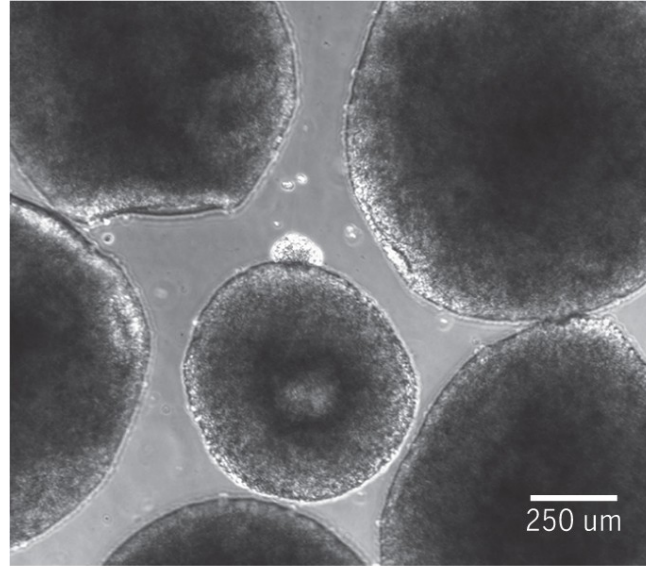


*Homo sapiens*, Misliya Cave (Israel), 177-194 Ka, nejstarší nález mimo Afriku

Their team discovered the jaw fragment in 2002, in Misliya Cave, the highest of Mt Carmel's caves. It is just a few kilometres away from the Skhul cave, one of the sites where the 80,000–120,000-year-old remains were found in the 1920s and 1930s. Using several different methods, the team estimates the jaw and teeth to be 177,000–194,000 years old. (Nature 7684, 2018)



Stř. Čína – Čínské sprašové plató, Quin-Ling Mts., nástroje homininů, 2.1 Ma – nejstarší doklady mimo Afriku



Compared with brain organoids grown from ordinary human cells (top), those with a Neanderthal gene variant (bottom) differ in appearance and behavior