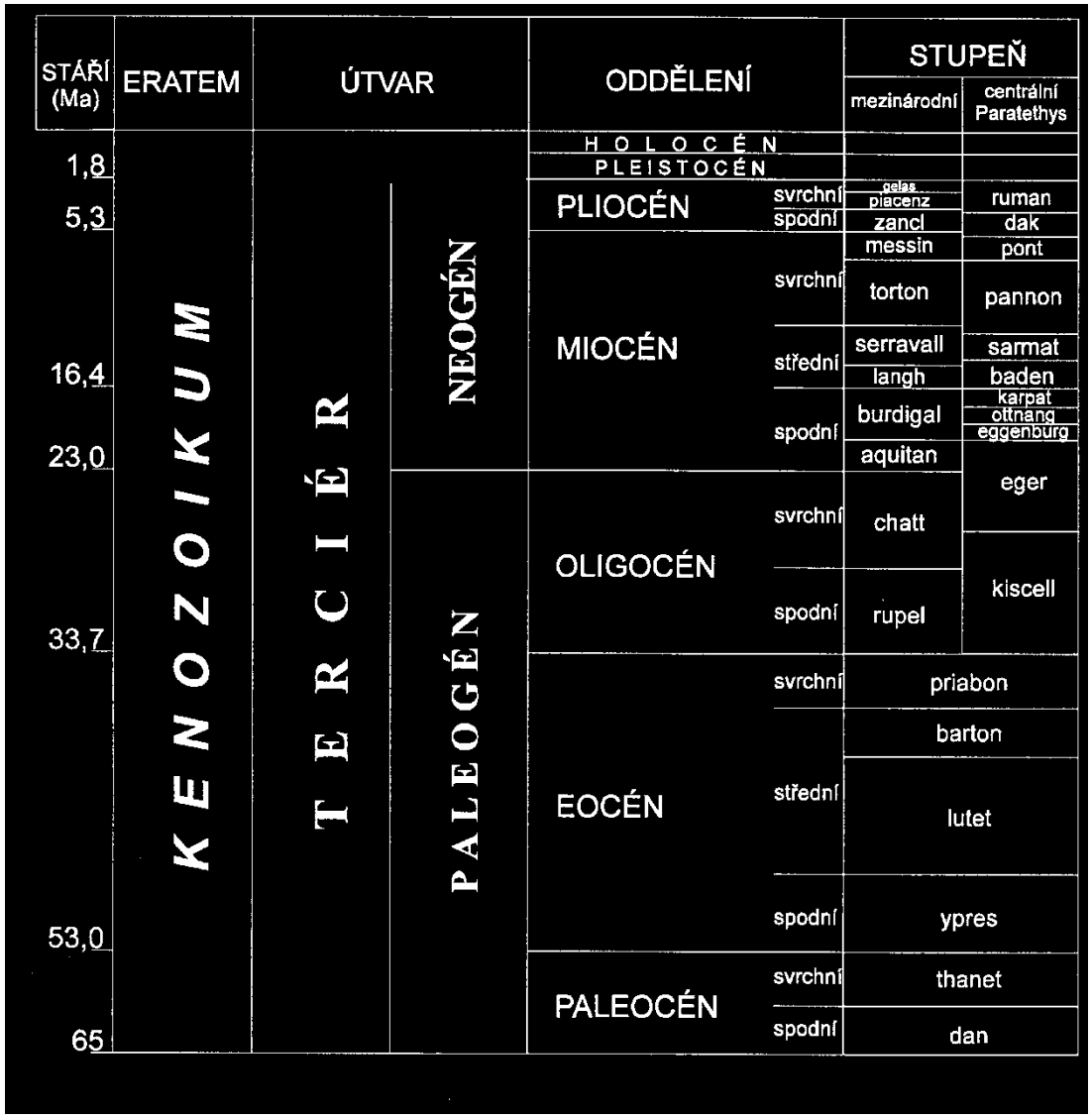
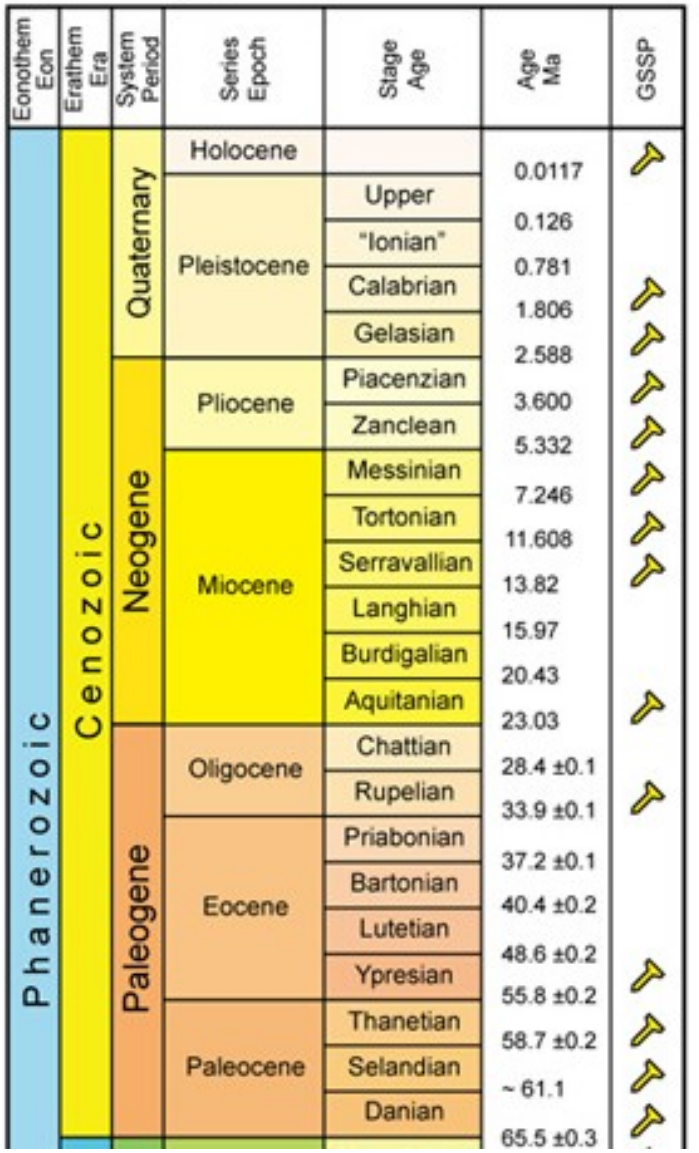
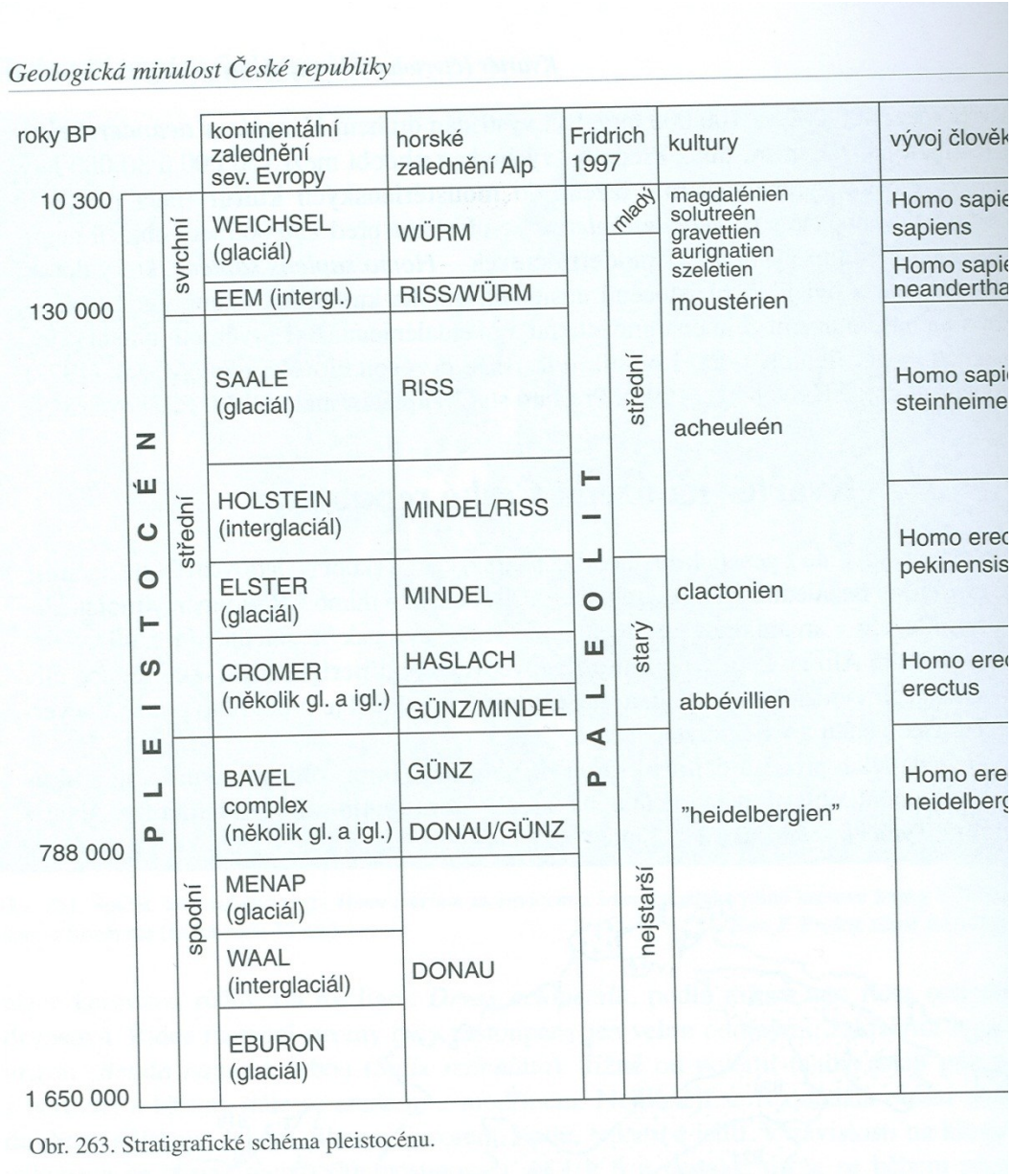
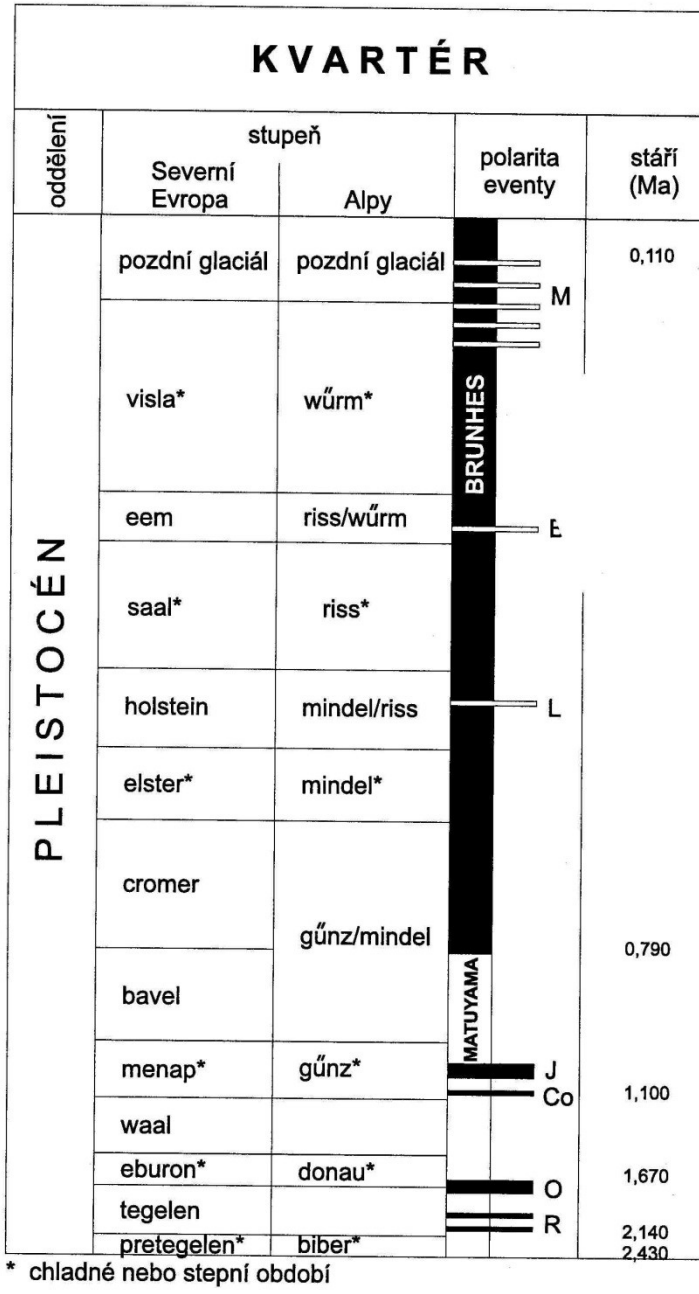

STÁŘÍ (Ma)
ERATEM
ÚTVAR
ODDĚLENÍ
STUPEŇ
mezinárodní
centrální Paratethys
1,8
5,3
16,4
23,0
33,7
53,0
65
KENOZOIKUM
TERCIÉR
NEOGÉN
PALEOGÉN
HOLOCÉN
PLEISTOCÉN
PLIOCÉN
svrchní
spodní
gelas
piacenz
zancl
ruman
dak
MIOCÉN
messin
pont
torton
pannon
střední
serravall
sarmat
langh
baden
karpat
burdigal
ottnang
eggenburg
aquitan
eger
OLIGOCÉN
chatt
kiscell
rupel
EOCÉN
priabon
barton
lutet
ypres
PALEOCÉN
thanet
dan


Eonothem Eon
Erathem Era
System Period
Series Epoch
Stage Age
Age Ma
GSSP
Phanerozoic
Cenozoic
Quaternary
Neogene
Paleogene
Holocene
Pleistocene
Pliocene
Miocene
Oligocene
Eocene
Paleocene
Upper
"Ionian"
Calabrian
Gelasian
Piacenzian
Zanclean
Messinian
Tortonian
Serravallian
Langhian
Burdigalian
Aquitanian
Chattian
Rupelian
Priabonian
Bartonian
Lutetian
Ypresian
Thanetian
Selandian
Danian
0.0117
0.126
0.781
1.806
2.588
3.600
5.332
7.246
11.608
13.82
15.97
20.43
23.03
28.4 ±0.1
33.9 ±0.1
37.2 ±0.1
40.4 ±0.2
48.6 ±0.2
55.8 ±0.2
58.7 ±0.2
~ 61.1
65.5 ±0.3



Obr. 263. Stratigrafické schéma pleistocénu.



Obr. 91. Základní členění pleistocénu (podle Musil, 1996).

CENOZOIC- MAJOR EVENTS

- Mammals rapidly diversify
- Decline of reptiles
- Diversification of
  - Angiosperms - grasses
  - Insects
  - Birds

End of Cenozoic – climatic oscillations.
- evolution of hominids

Marine Invertebrates and Phytoplankton

- **Coccolithophores, diatoms, and dinoflagellates recover from K-T**
- **Foraminifera diversify**
- **Corals become dominant reef-builders**
- **Bivalves and gastropods are two major groups of benthos**
- **Echinoids evolve new forms and diversify**

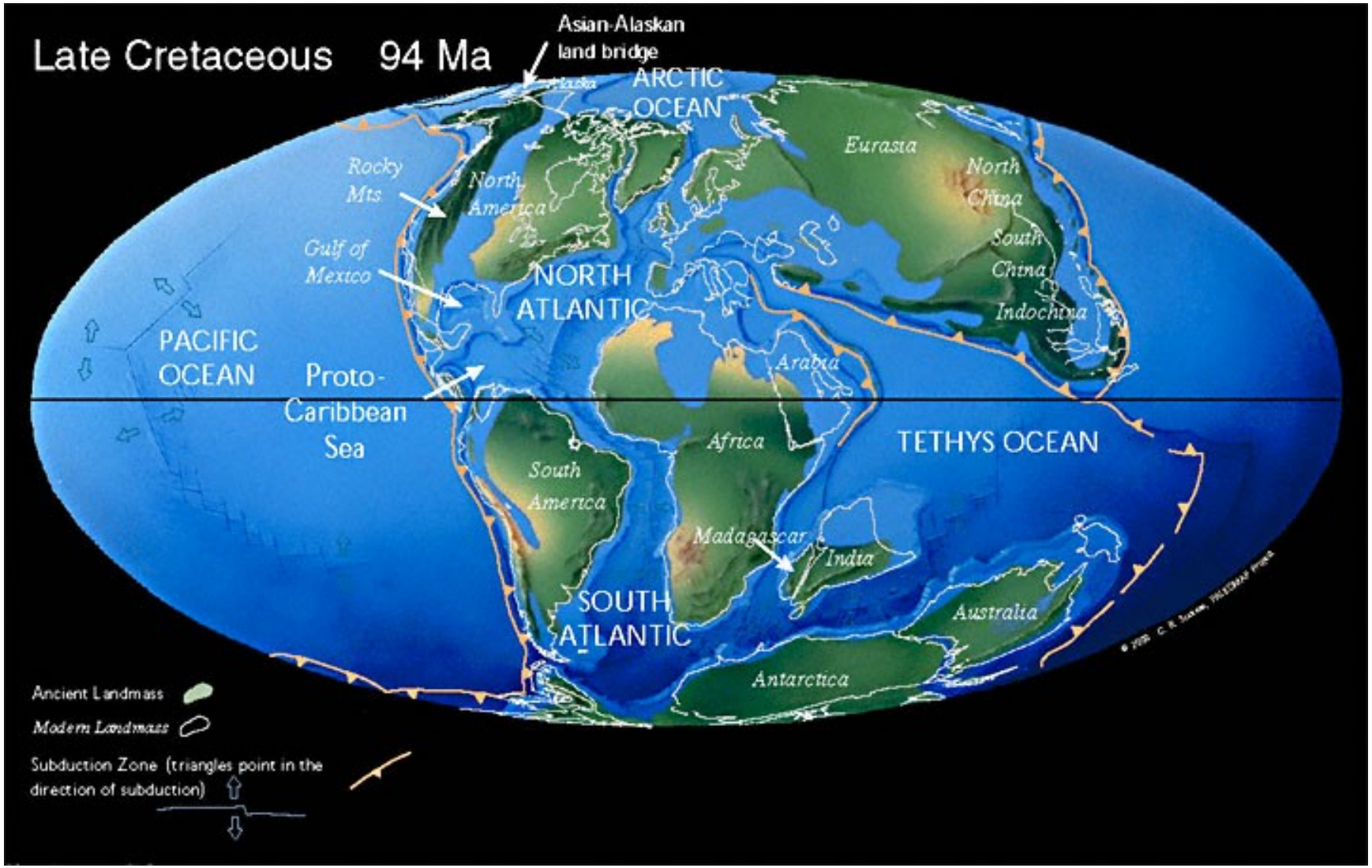
Quaternary extinctions

- Occur 10,000 years ago
- End of Pleistocene
- Small % killed
- High % of megafauna killed
- Highest % in Australia & Americas

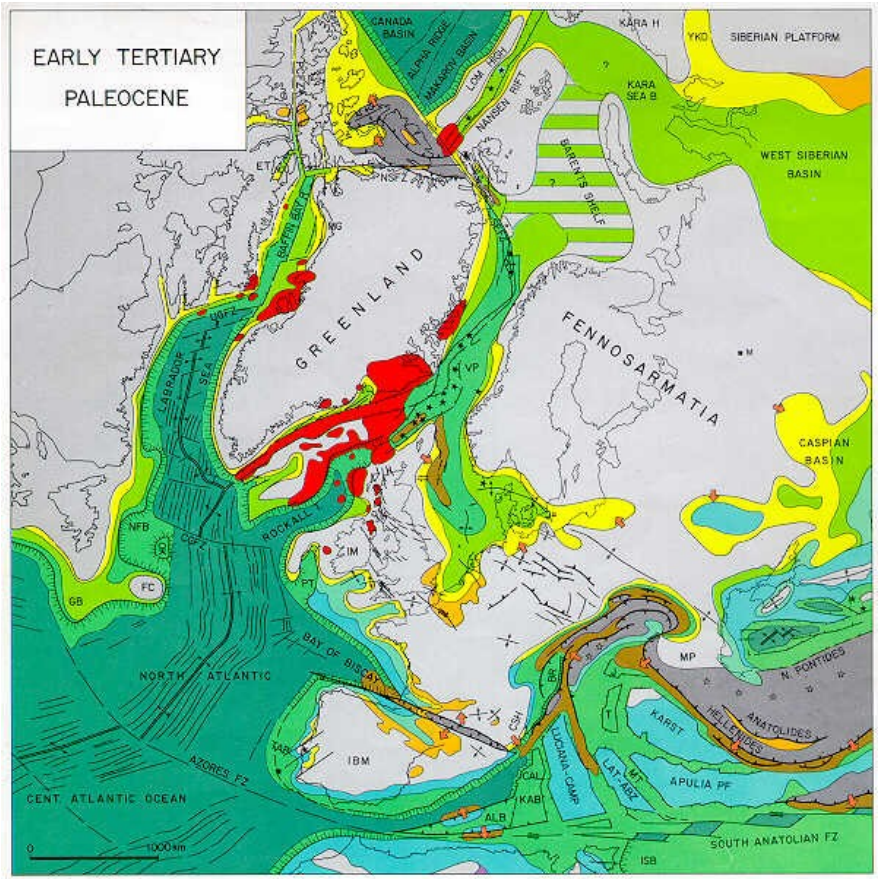
Quaternary extinctions

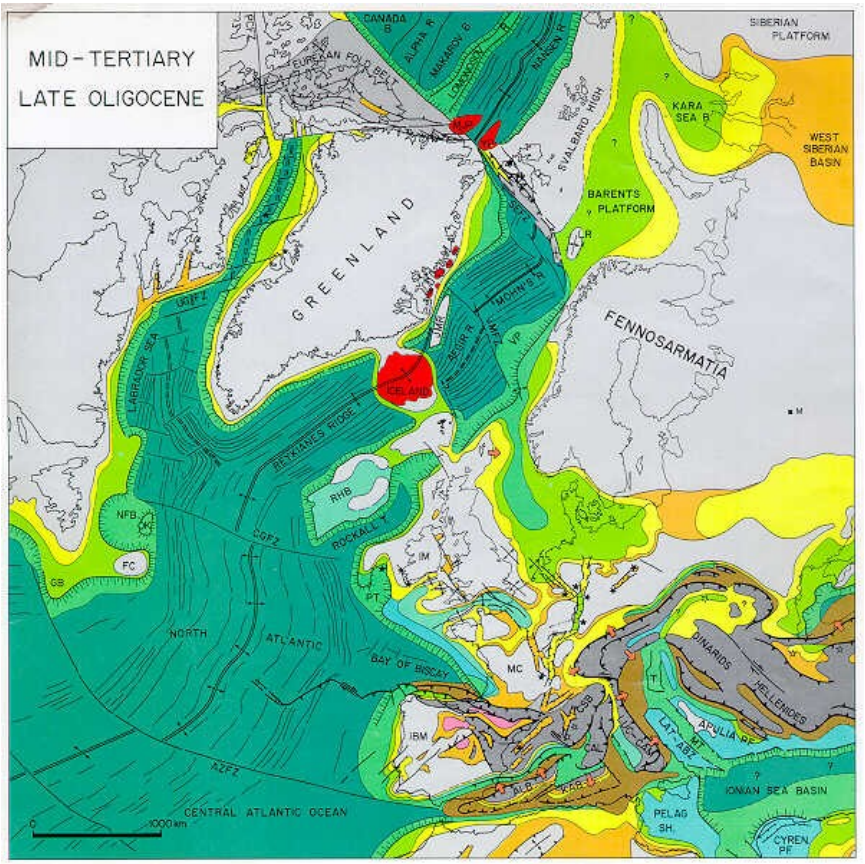
- Climate change?
- Overkill?
- Disease?
- Yet to be resolved

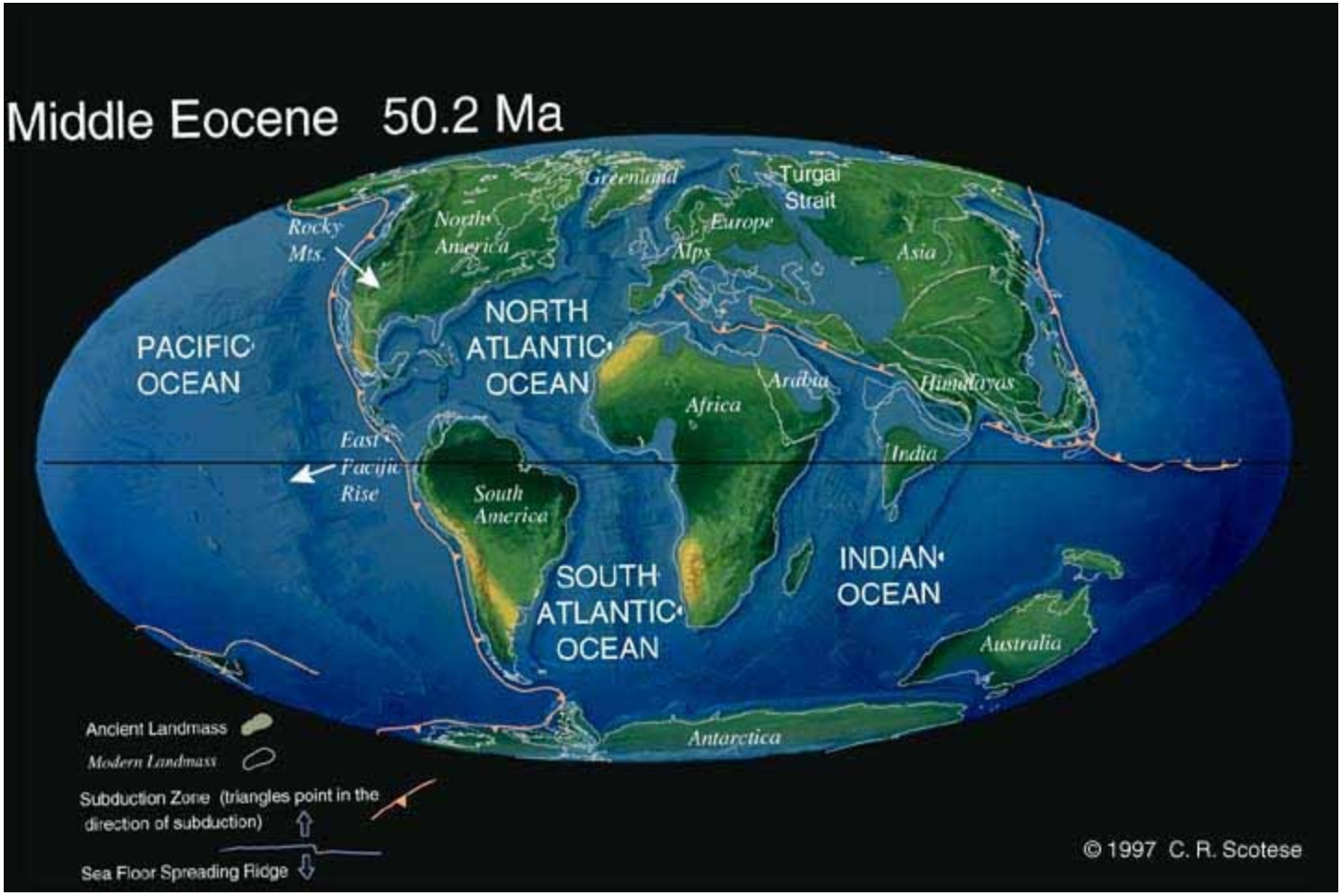
Paleogeography and tectonics


Late Cretaceous 94 Ma
Asian-Alaskan land bridge
ARCTIC OCEAN
Eurasia
North China
South China
Indochina
Rocky Mts
North America
Gulf of Mexico
NORTH ATLANTIC
PACIFIC OCEAN
Proto-Caribbean Sea
Arabia
Africa
TETHYS OCEAN
South America
Madagascar
India
Australia
SOUTH ATLANTIC
Antarctica
Ancient Landmass
Modern Landmass
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)

Opening of the Norwegian Greenland Sea

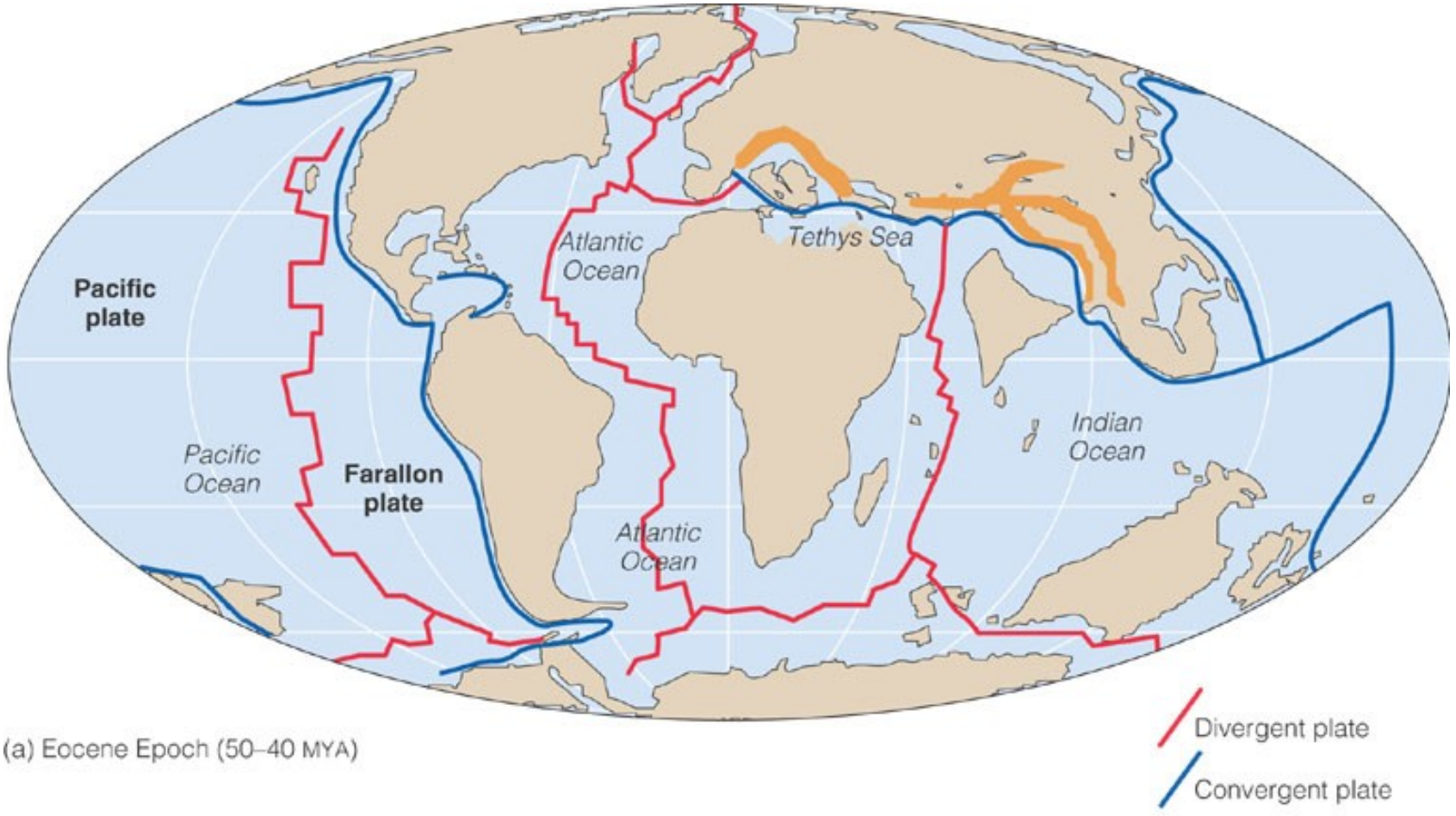




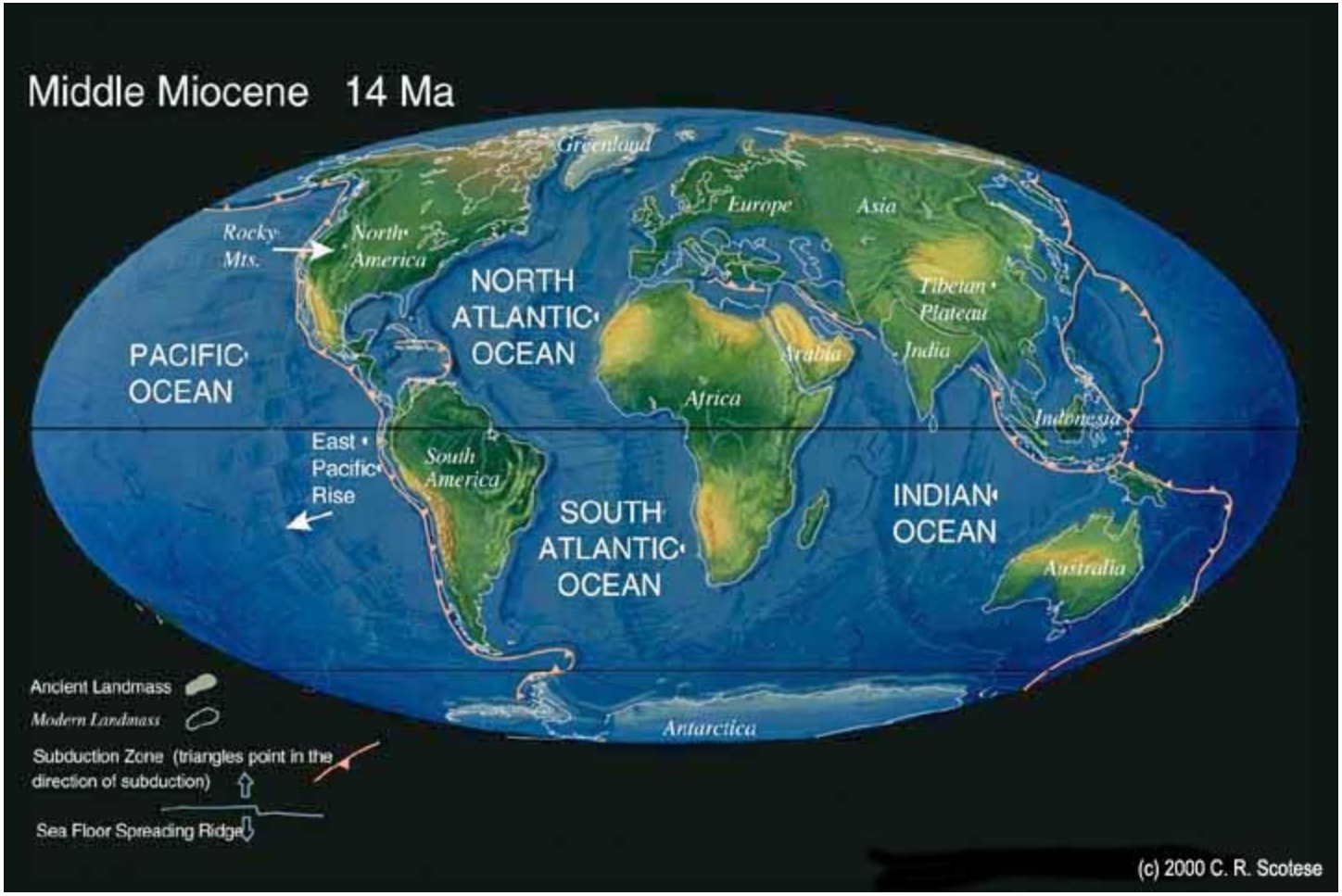

Middle Eocene 50.2 Ma
Greenland
Turgai Strait
Rocky Mts.
North America
Europe
Alps
Asia
PACIFIC OCEAN
NORTH ATLANTIC OCEAN
Arabia
Himalayas
Africa
East Pacific Rise
India
South America
SOUTH ATLANTIC OCEAN
INDIAN OCEAN
Australia
Antarctica
Ancient Landmass
Modern Landmass
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
Sea Floor Spreading Ridge
© 1997 C. R. Scotese

Cenozoic Plate Tectonics

- By Eocene time- the Americas had completely separated, Australia had started to separate from Antarctica but India had not yet collided with Eurasia. South America and Antarctica are still attached.



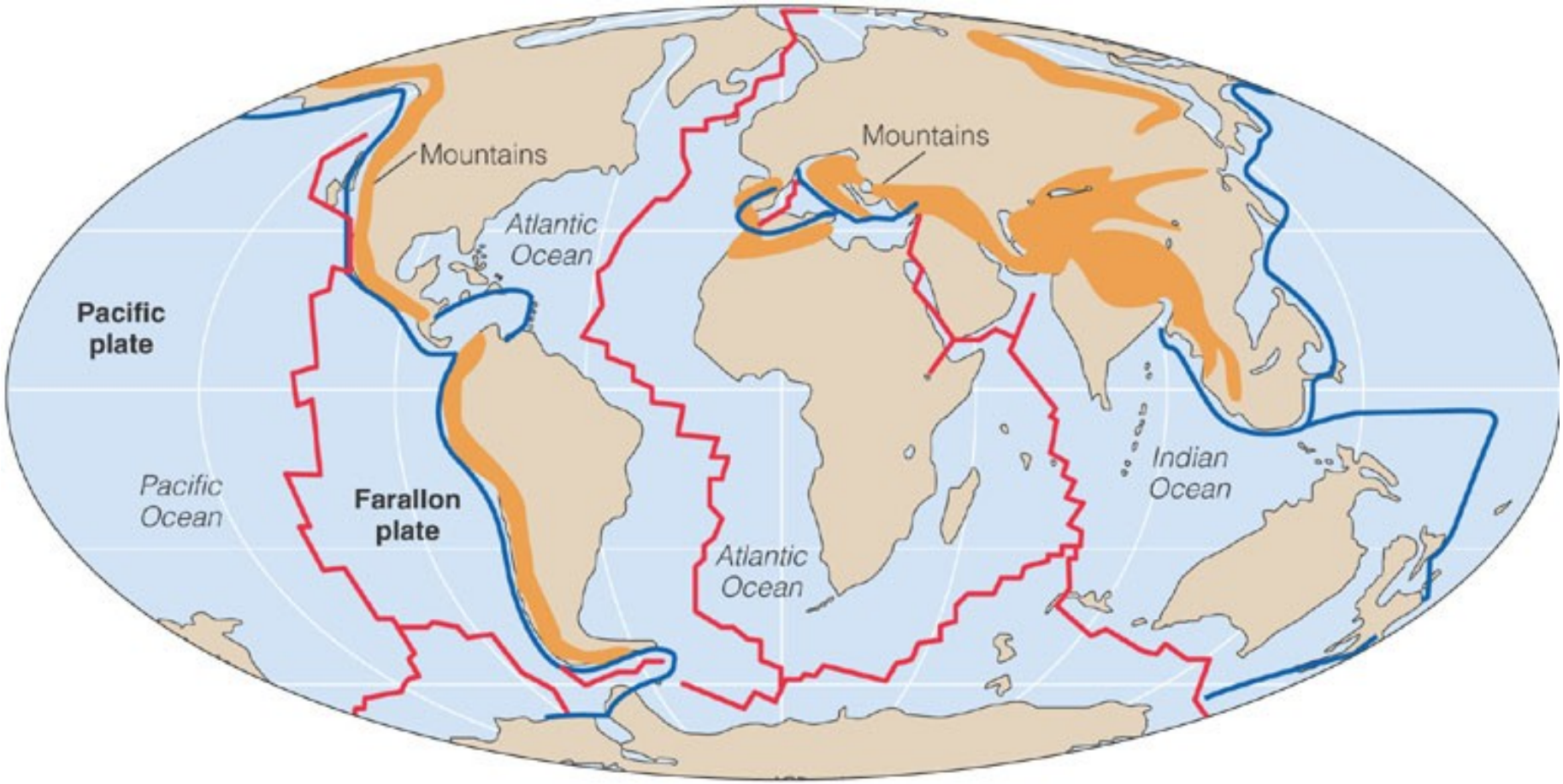
(a) Eocene Epoch (50–40 MYA)


Middle Miocene 14 Ma
Greenland
Europe
Asia
Rocky Mts.
North America
NORTH ATLANTIC OCEAN
Tibetan Plateau
PACIFIC OCEAN
Arabia
India
Africa
Indonesia
East Pacific Rise
South America
SOUTH ATLANTIC OCEAN
INDIAN OCEAN
Australia
Antarctica
Ancient Landmass
Modern Landmass
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
Sea Floor Spreading Ridge
(c) 2000 C. R. Scotese

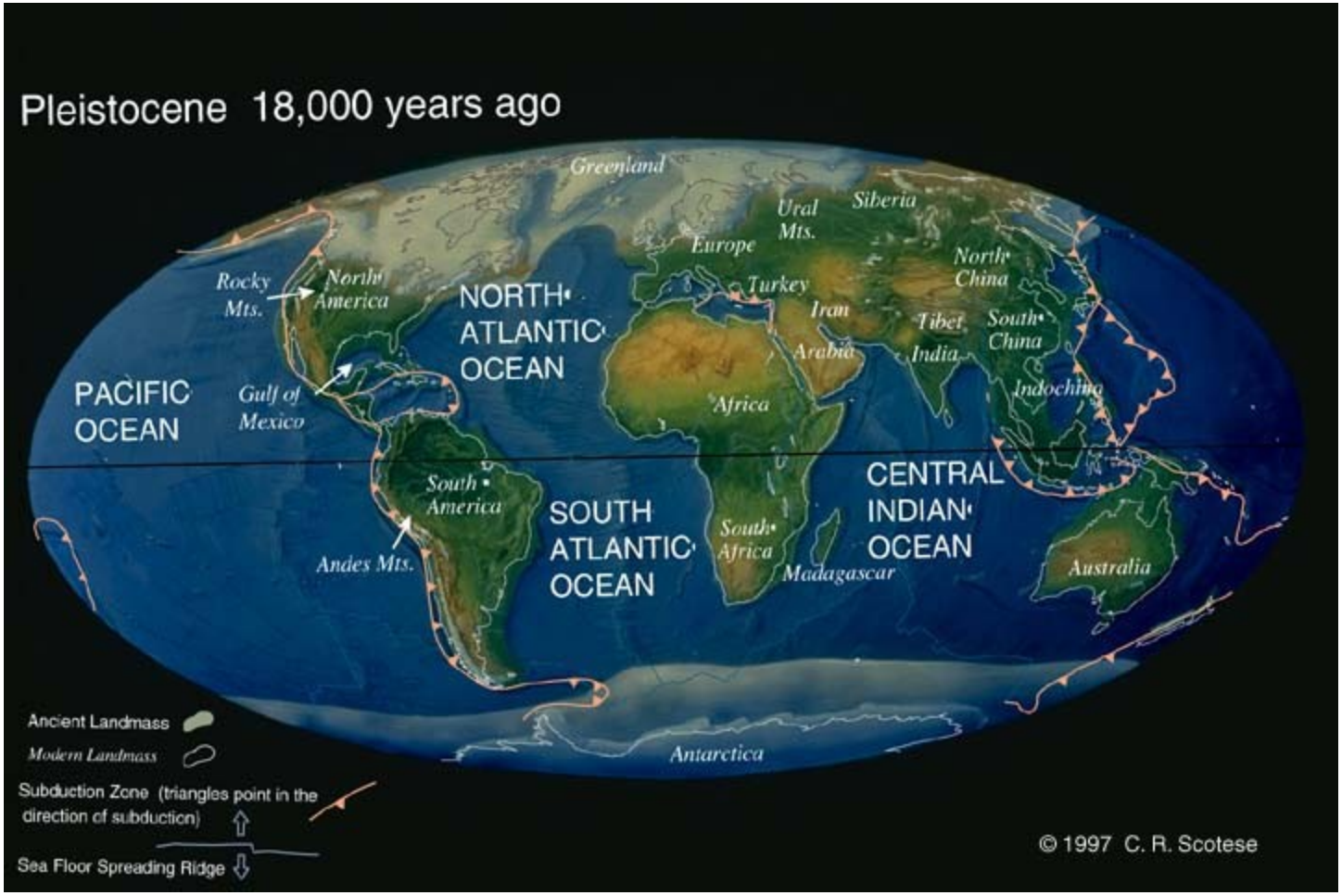
Cenozoic Plate Tectonics

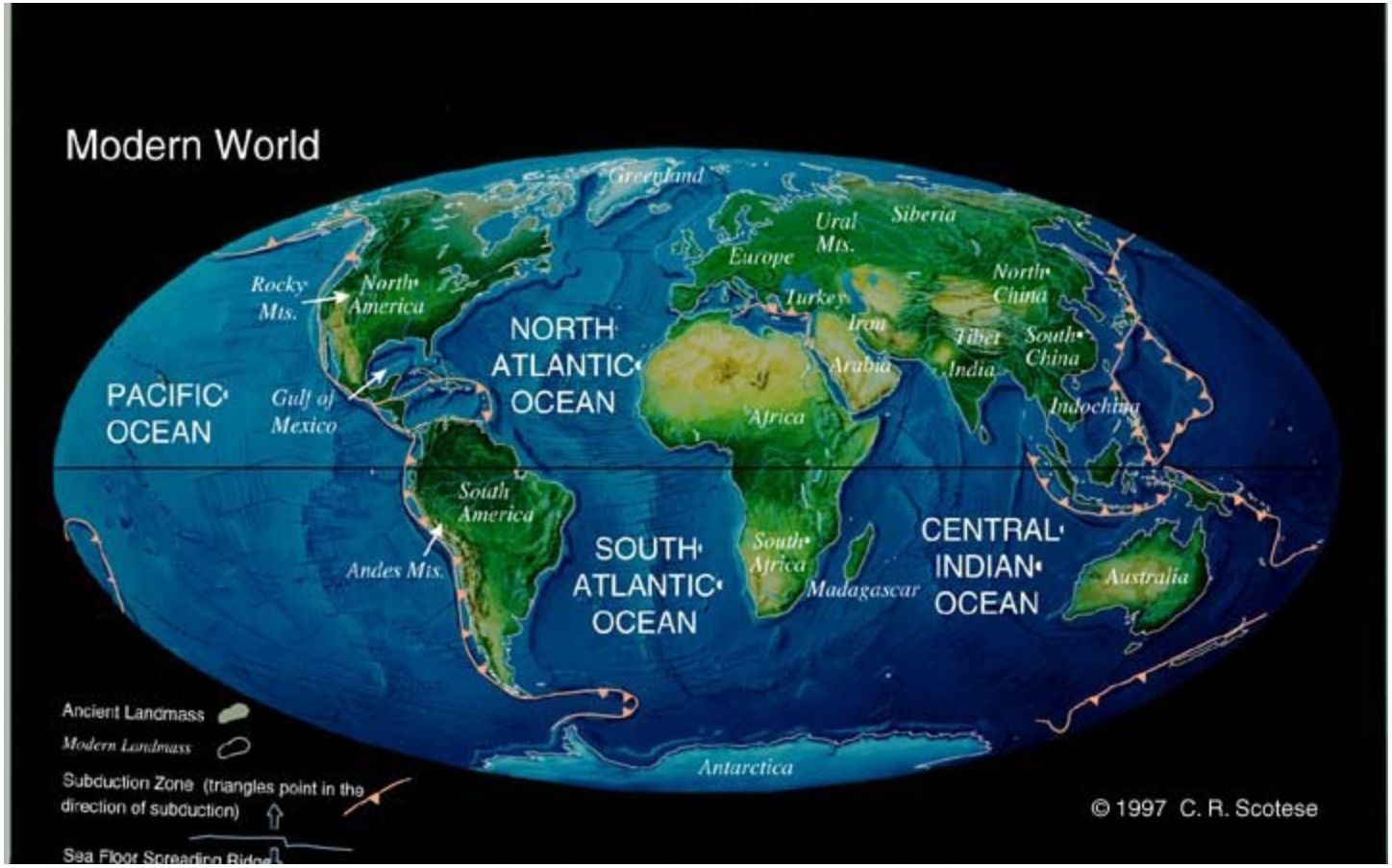
- During Miocene time - the Atlantic Ocean basin continued to widen and India had collided with Eurasia

  The circum-Antarctic seaway was now open and the Antarctic Ice Sheet fully developed



(b) Miocene Epoch (25–15 MYA)

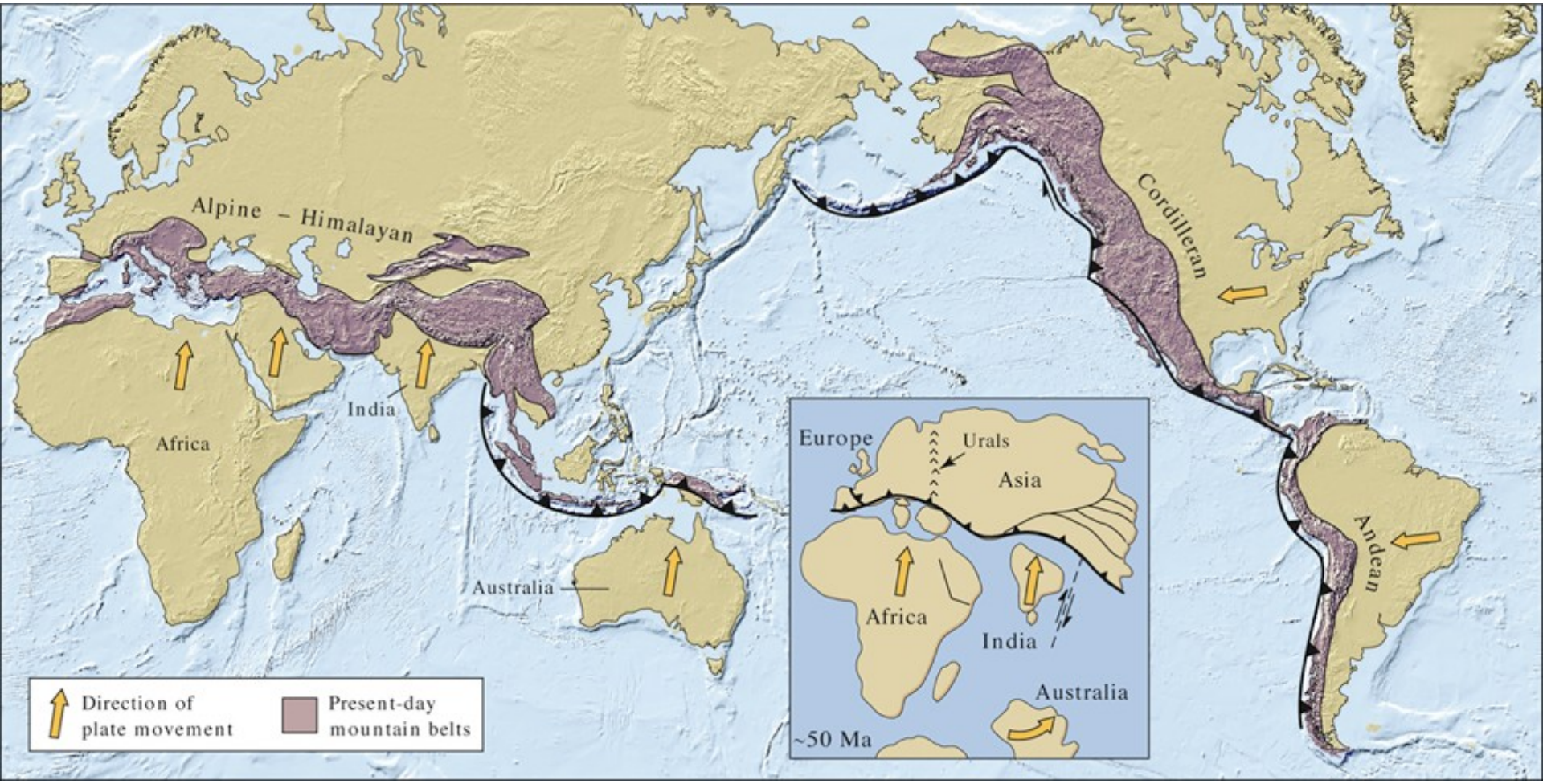

Pleistocene 18,000 years ago
Greenland
Ural Mts.
Siberia
Europe
North China
Rocky Mts.
North America
Turkey
Iran
Tibet
South China
NORTH ATLANTIC OCEAN
Arabia
India
PACIFIC OCEAN
Gulf of Mexico
Africa
Indochina
South America
CENTRAL INDIAN OCEAN
SOUTH ATLANTIC OCEAN
South Africa
Madagascar
Andes Mts.
Australia
Antarctica
Ancient Landmass
Modern Landmass
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
Sea Floor Spreading Ridge
© 1997 C. R. Scotese


Modern World
Greenland
Ural Mts.
Siberia
Europe
Rocky Mts.
North America
Turkey
North China
Iran
Tibet
South China
Arabia
India
PACIFIC OCEAN
Gulf of Mexico
NORTH ATLANTIC OCEAN
Africa
Indochina
South America
Andes Mts.
SOUTH ATLANTIC OCEAN
South Africa
Madagascar
CENTRAL INDIAN OCEAN
Australia
Antarctica
Ancient Landmass
Modern Landmass
Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
Sea Floor Spreading Ridge
© 1997 C. R. Scotese

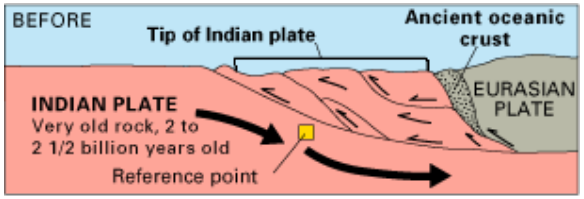
The Alpine orogen

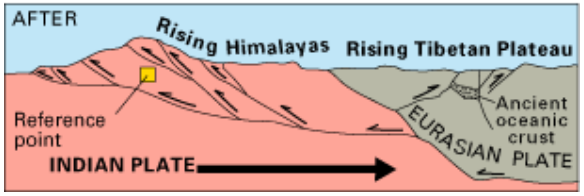
- **Northward migration of Africa and Arabia** closed the Tethys Sea
  - Floor of the Tethys crumpled into emerging mountains
  - **Intense folding and faulting (Eocene-Miocene)**
- Formed the modern **Mediterranean Sea**

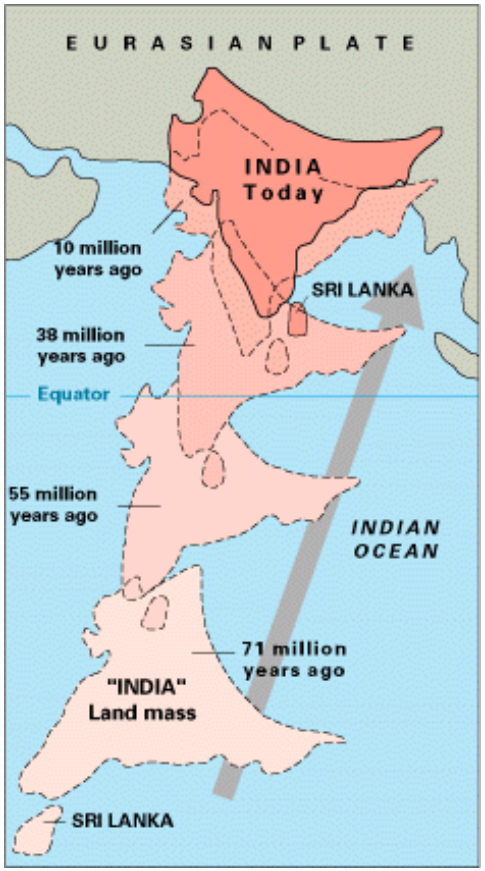
Orogens of the Neogene

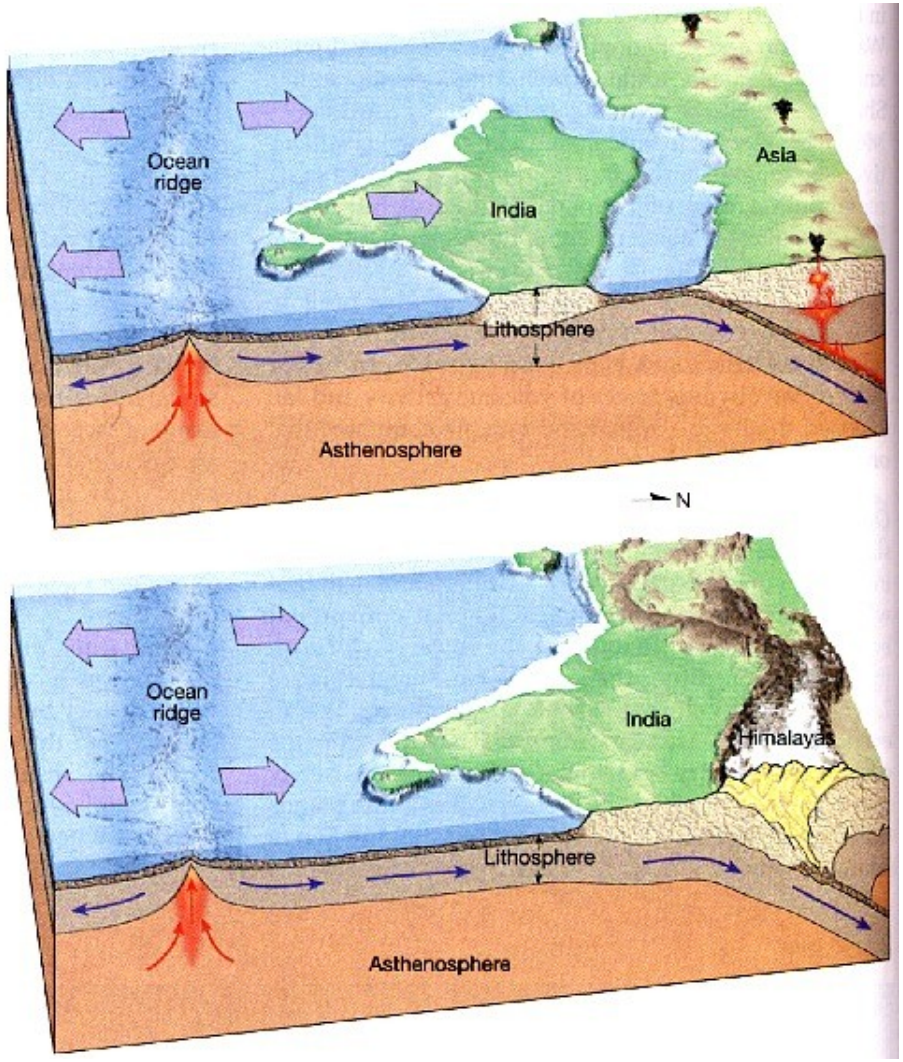


model for India and Asia collision









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

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

Evolution of the Tethys

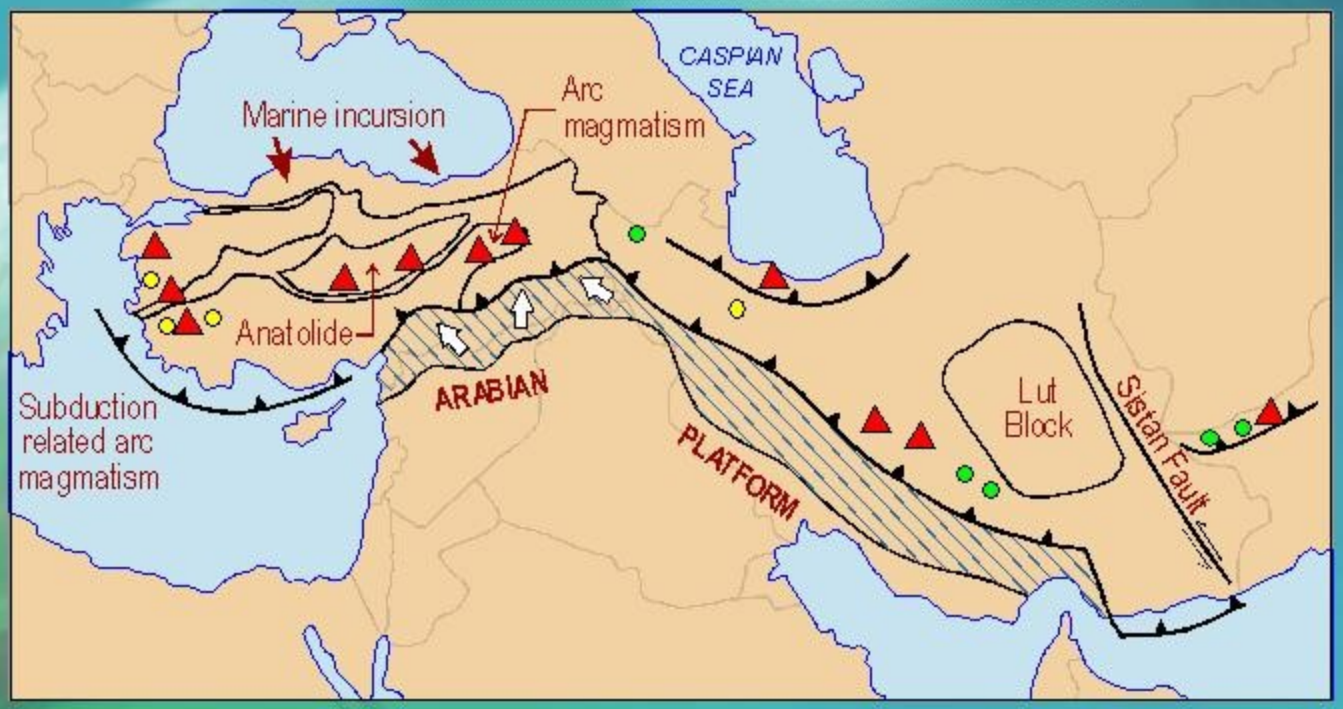
MID TO LATE TRIASSIC

MID TERTIARY

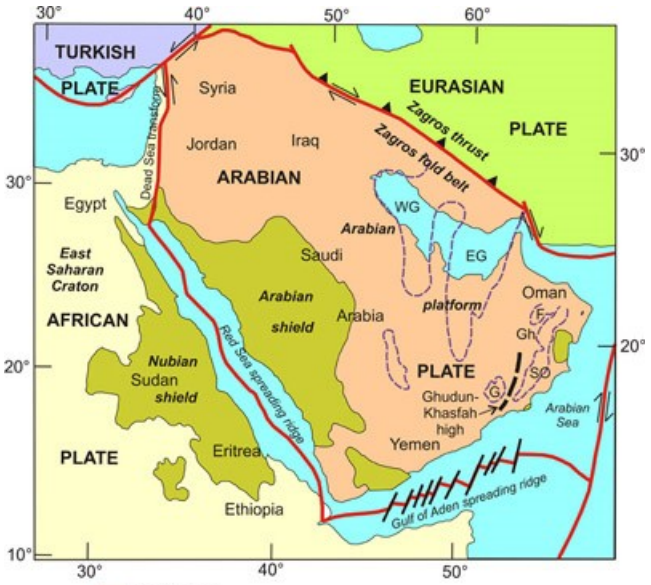
Peter Leaman & John-Mark Staude

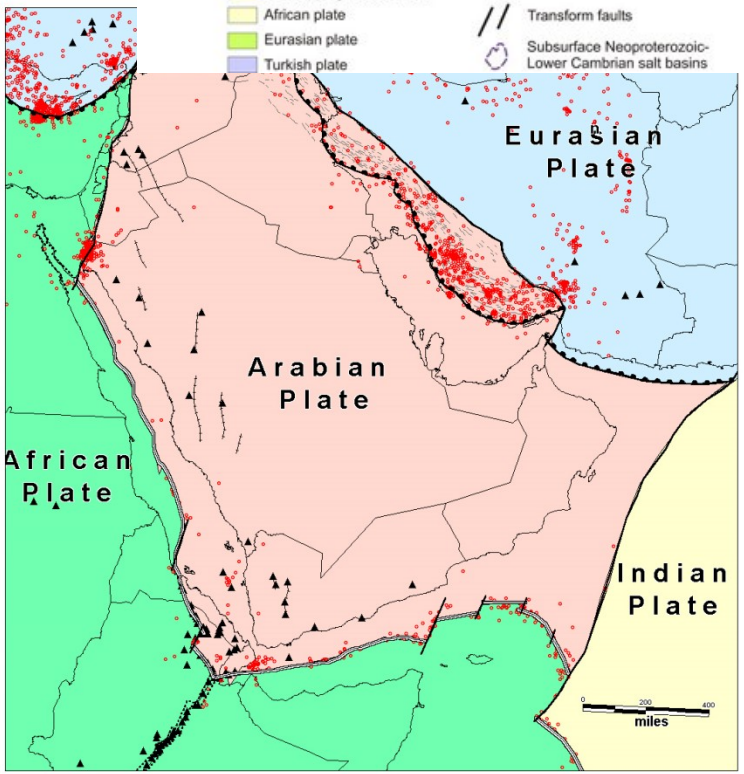
Evolution of the Tethys

Lower Miocene to Lower Pliocene (20 – 5 Ma)



Peter Leaman & John-Mark Staude





imple Arabian Plate Map

xplanation

- Volcanic Linear
- Anticlinal
- Arabian Plate
- African Plate
- Indian Plate
- Eurasian Plate
- Epicenter
- Volcano
- Spreading Center Plate Contact
- Rift
- Convergence Plate Contact
- Strike-Slip Plate Contact

WHPierce Exploration
www.whpierceexploration.com

Schematic Arabian Plate Map

Walter H. Pierce
3 March 2002

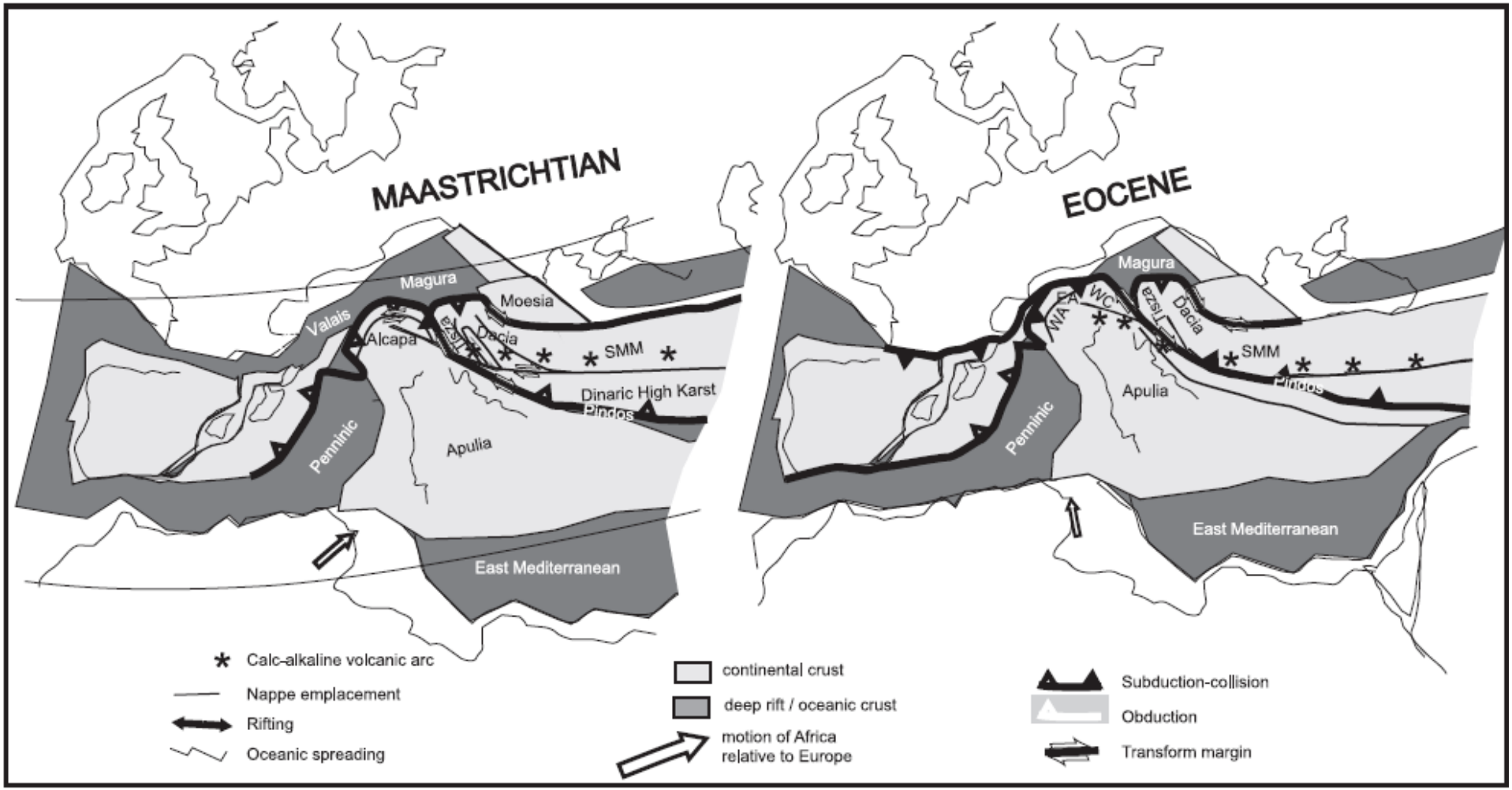
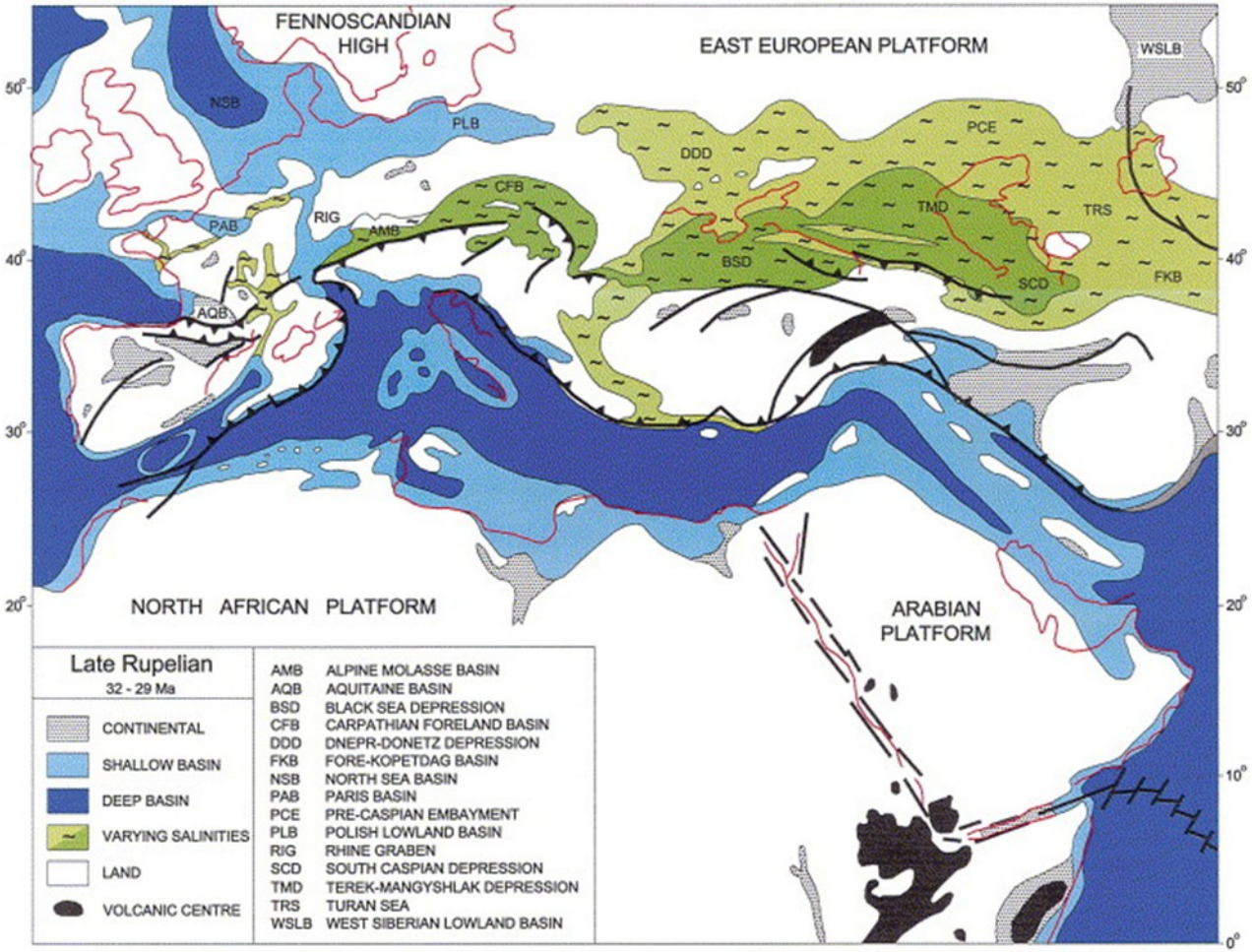
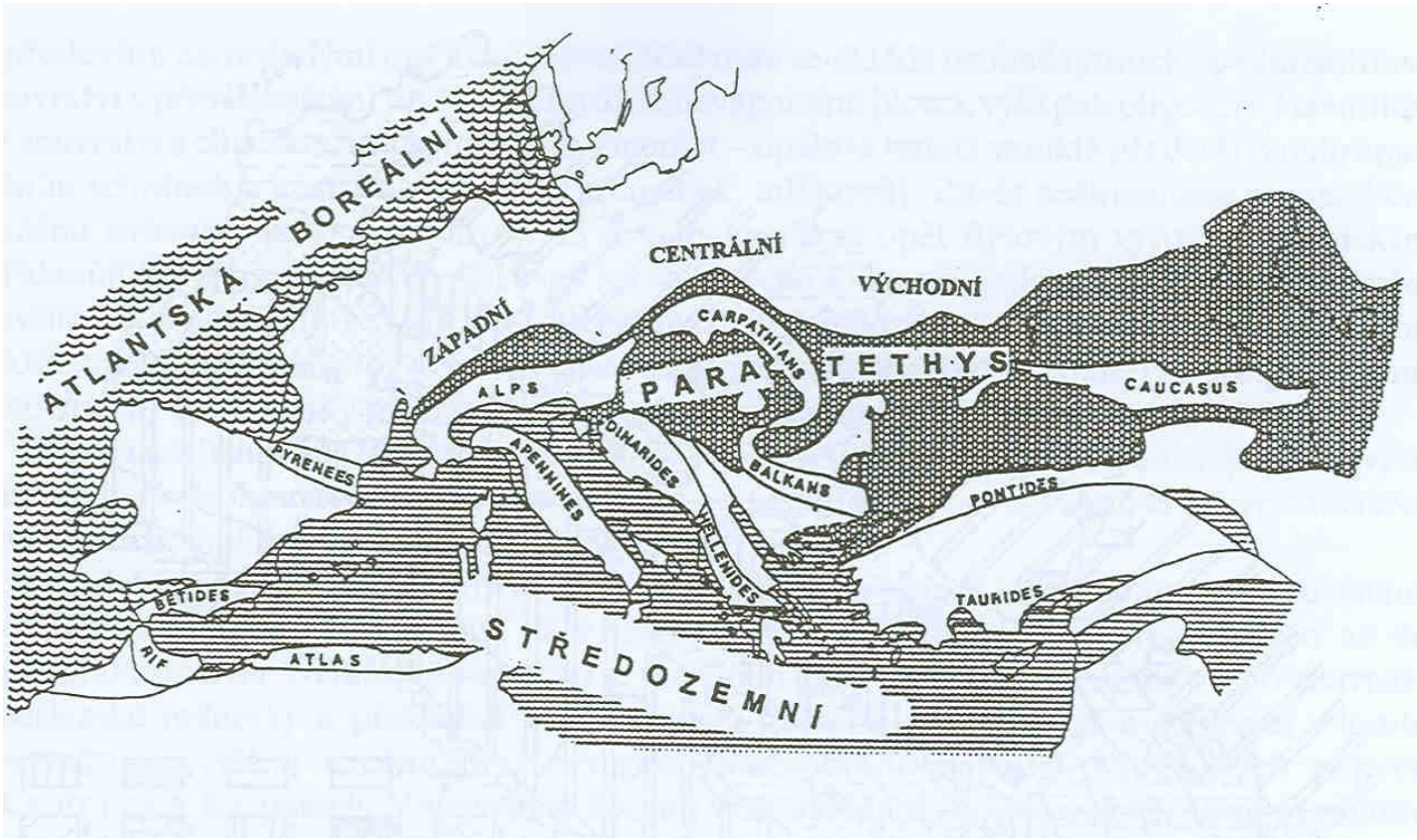


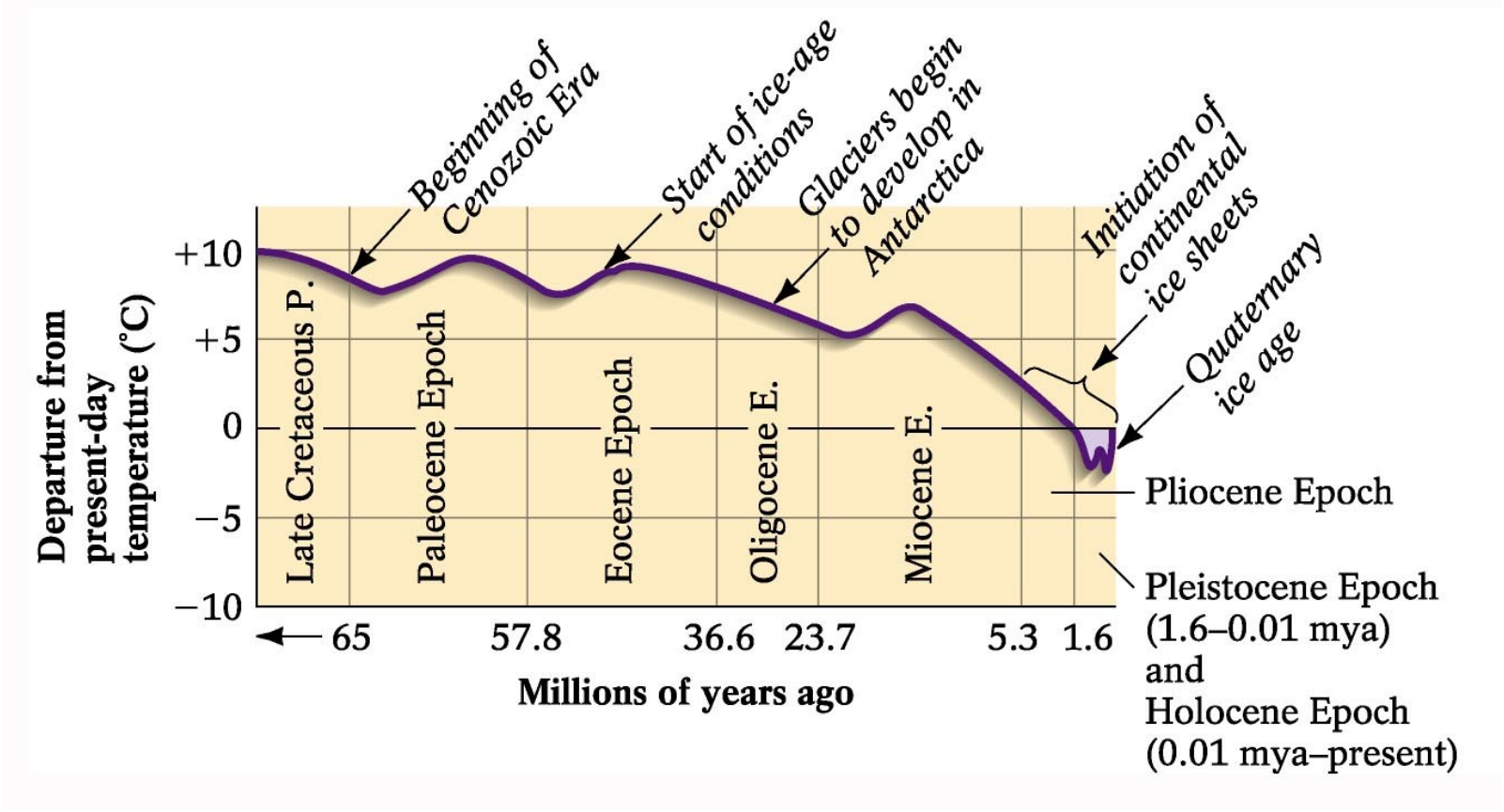
Fig. 26. Proposed position of units in the Maastrichtian and Eocene times. Same description as for Fig. 22.

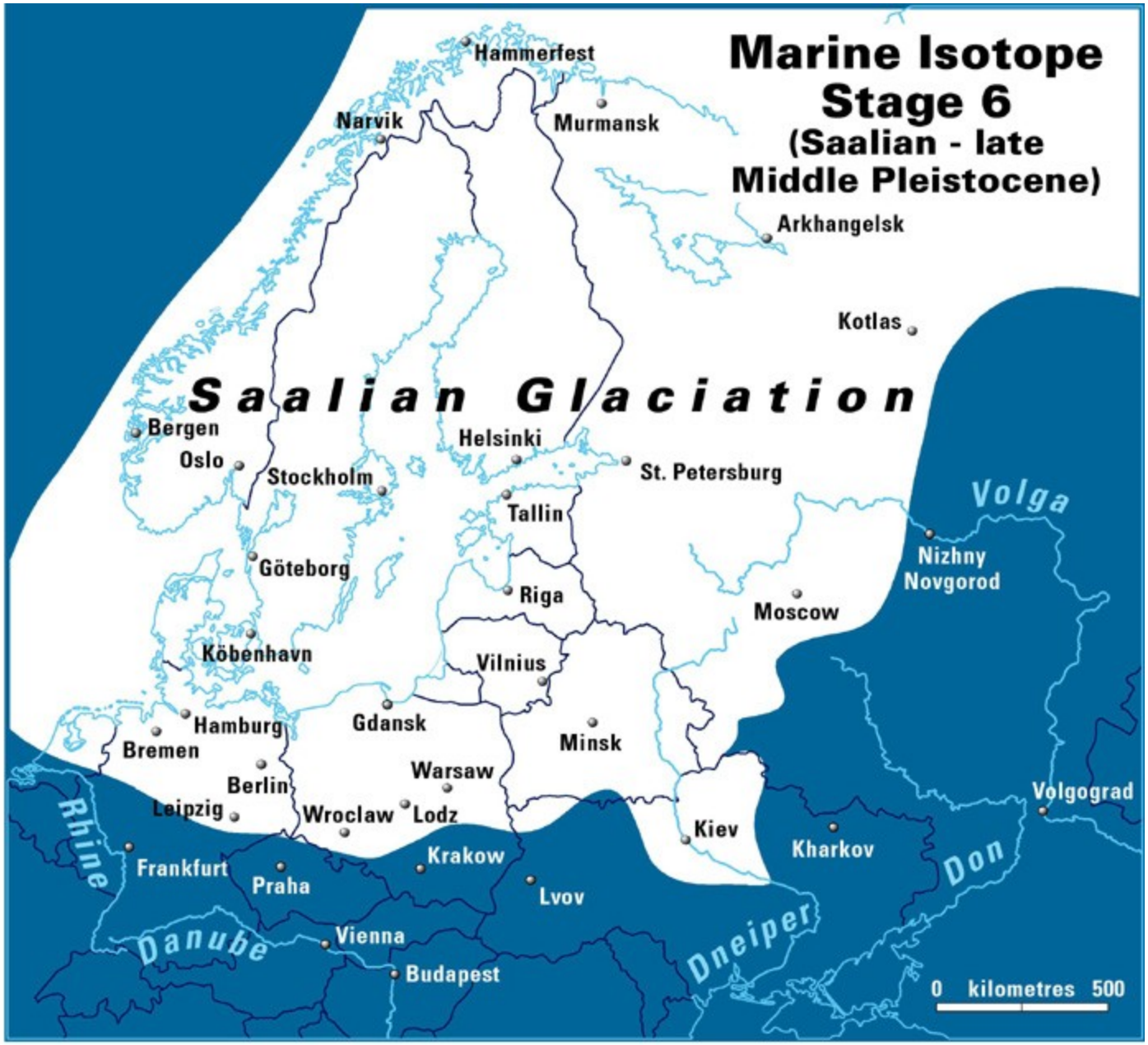

FENNOSCANDIAN HIGH
EAST EUROPEAN PLATFORM
NORTH AFRICAN PLATFORM
ARABIAN PLATFORM
NSB
PLB
WSLB
PCE
DDD
CFB
TMD
TRS
PAB
RIG
AMB
BSD
SCD
FKB
AQB
50°
40°
30°
20°
10°
0°
Late Rupelian
32 - 29 Ma
CONTINENTAL
SHALLOW BASIN
DEEP BASIN
VARYING SALINITIES
LAND
VOLCANIC CENTRE
AMB ALPINE MOLASSE BASIN
AQB AQUITAINE BASIN
BSD BLACK SEA DEPRESSION
CFB CARPATHIAN FORELAND BASIN
DDD DNEPR-DONETZ DEPRESSION
FKB FORE-KOPETDAG BASIN
NSB NORTH SEA BASIN
PAB PARIS BASIN
PCE PRE-CASPIAN EMBAYMENT
PLB POLISH LOWLAND BASIN
RIG RHINE GRABEN
SCD SOUTH CASPIAN DEPRESSION
TMD TEREK-MANGYSHLAK DEPRESSION
TRS TURAN SEA
WSLB WEST SIBERIAN LOWLAND BASIN

Geschichte des Mediterran
Tethys und Paratethys

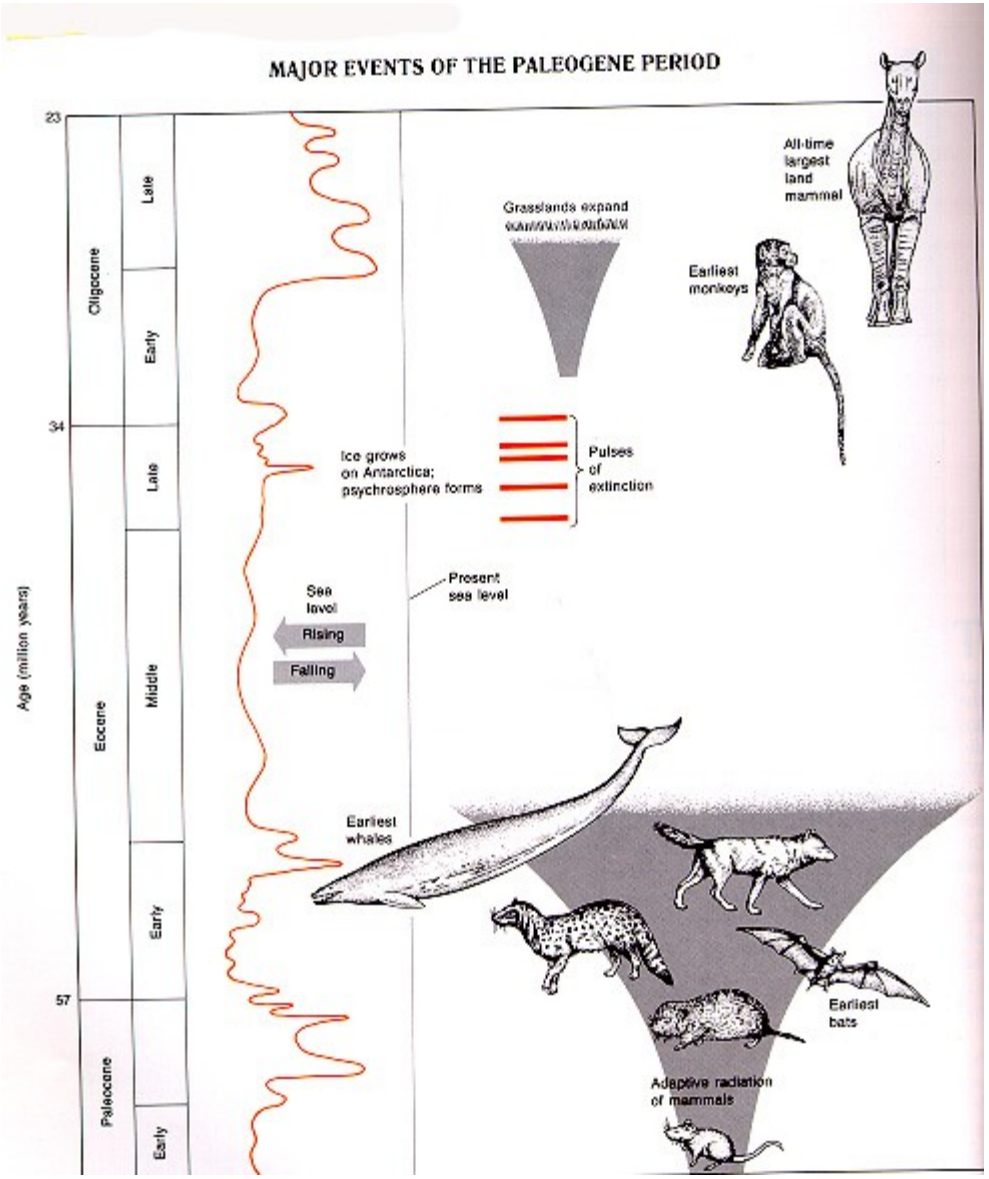

ATLANTSKÁ
BOREÁLNÍ
ZÁPADNÍ
CENTRÁLNÍ
VÝCHODNÍ
CARPATHIANS
PARA
TETHYS
ALPS
CAUCASUS
PYRENEES
APENNINES
DINARIDES
HELLENIDES
BALKANS
PONTIDES
BETIDES
TAURIDES
RIF
ATLAS
STŘEDOZEMNÍ

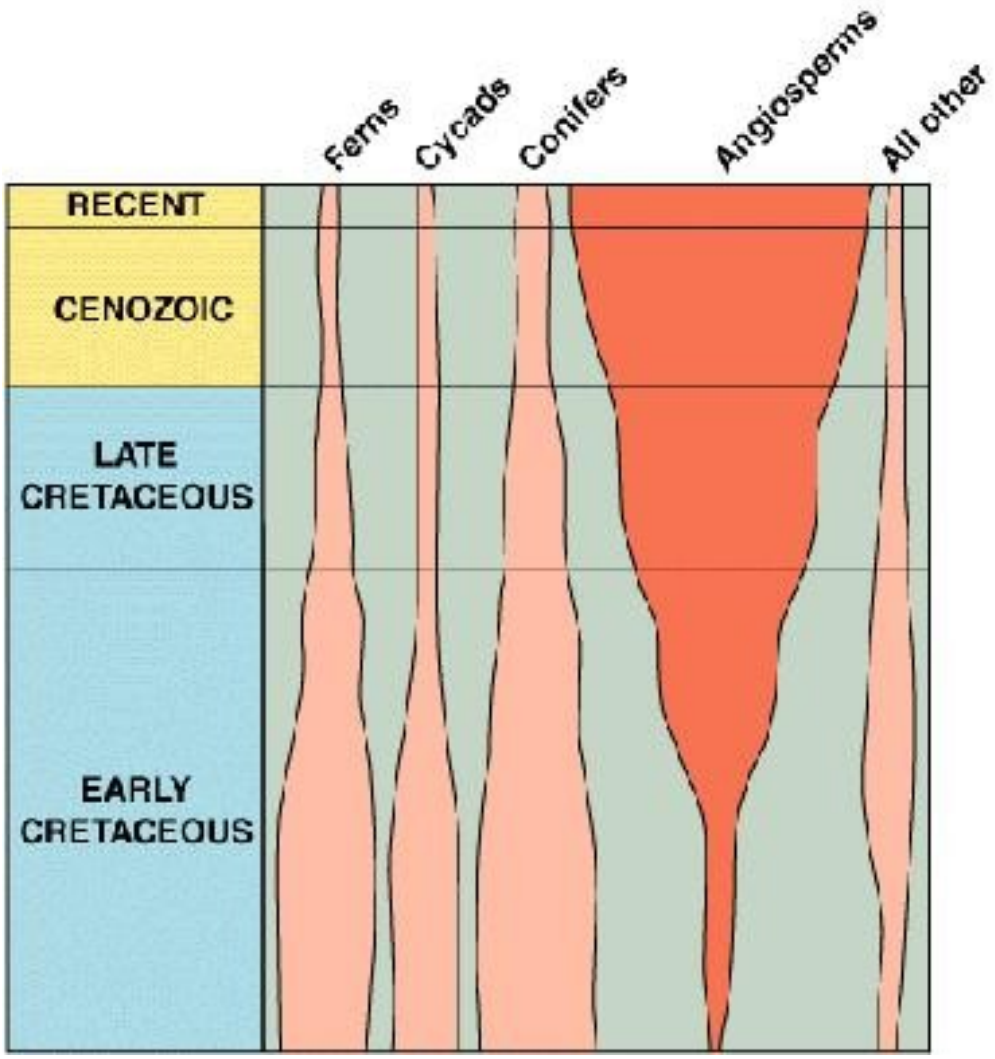
Changes in Global Climate during the Cenozoic



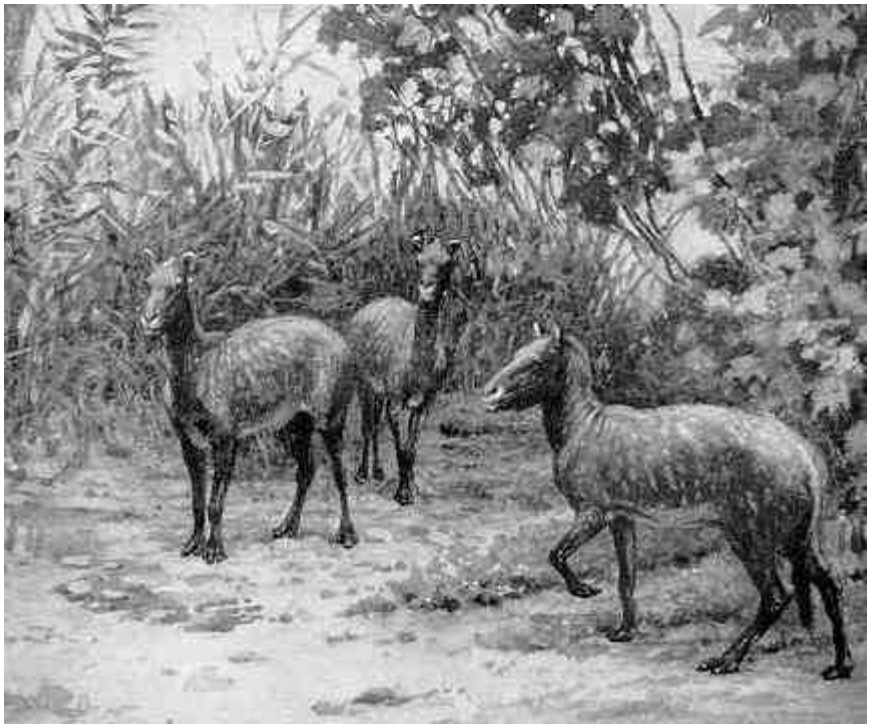

Marine Isotope Stage 6
(Saalian - late Middle Pleistocene)
Saalian Glaciation
Hammerfest
Narvik
Murmansk
Arkhangelsk
Kotlas
Bergen
Oslo
Stockholm
Helsinki
St. Petersburg
Tallin
Volga
Nizhny Novgorod
Göteborg
Riga
Moscow
Köbenhavn
Vilnius
Hamburg
Gdansk
Bremen
Minsk
Warsaw
Berlin
Leipzig
Wroclaw
Lodz
Volgograd
Rhine
Kiev
Kharkov
Frankfurt
Krakow
Don
Praha
Lvov
Danube
Vienna
Dneiper
Budapest
0 kilometres 500

Life in Cenozoic

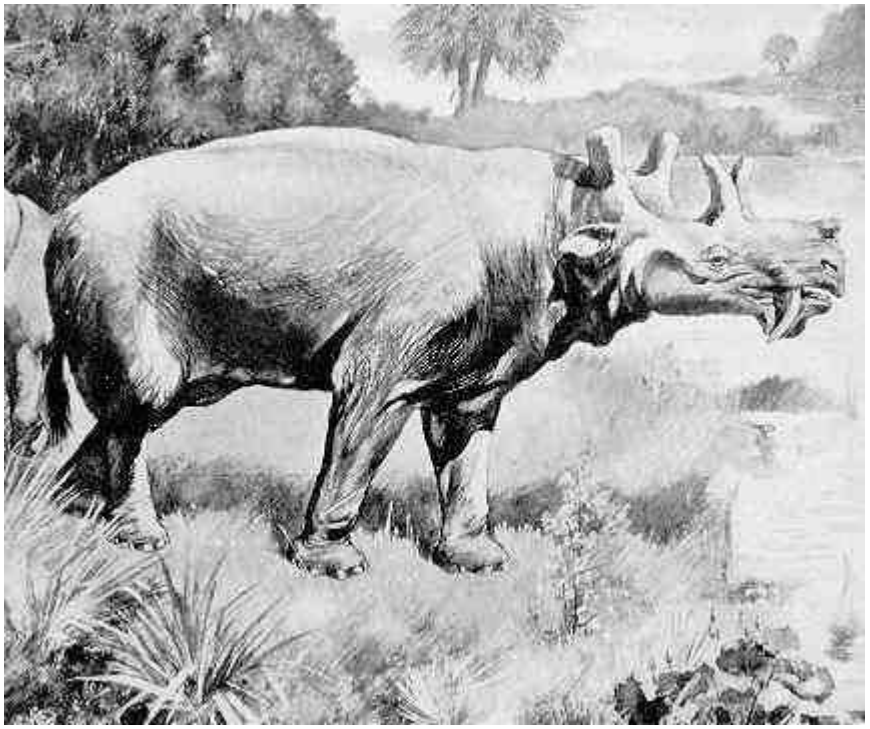

MAJOR EVENTS OF THE PALEOGENE PERIOD
Age (million years)
23
34
57
Oligocene
Eocene
Paleocene
Late
Early
Late
Middle
Early
Early
All-time largest land mammal
Grasslands expand
Earliest monkeys
Ice grows on Antarctica; psychosphere forms
Pulses of extinction
Present sea level
Sea level
Rising
Falling
Earliest whales
Earliest bats
Adaptive radiation of mammals


Ferns
Cycads
Conifers
Angiosperms
All other
RECENT
CENOZOIC
LATE CRETACEOUS
EARLY CRETACEOUS

Monotremata
Marsupialia
Insectivora
Primata
Chiroptera
Dermoptera
Edentata
Pholidota
Rodentia
Lagomorpha
Cetacea
Carnivora
Pinnipedia
Artiodactyla
Perissodactyla
Tubulidentata
Proboscidea
Hyracoidea
Sirenia
EARLY MAMMALS
Monotremata
Marsupialia
Placentalia

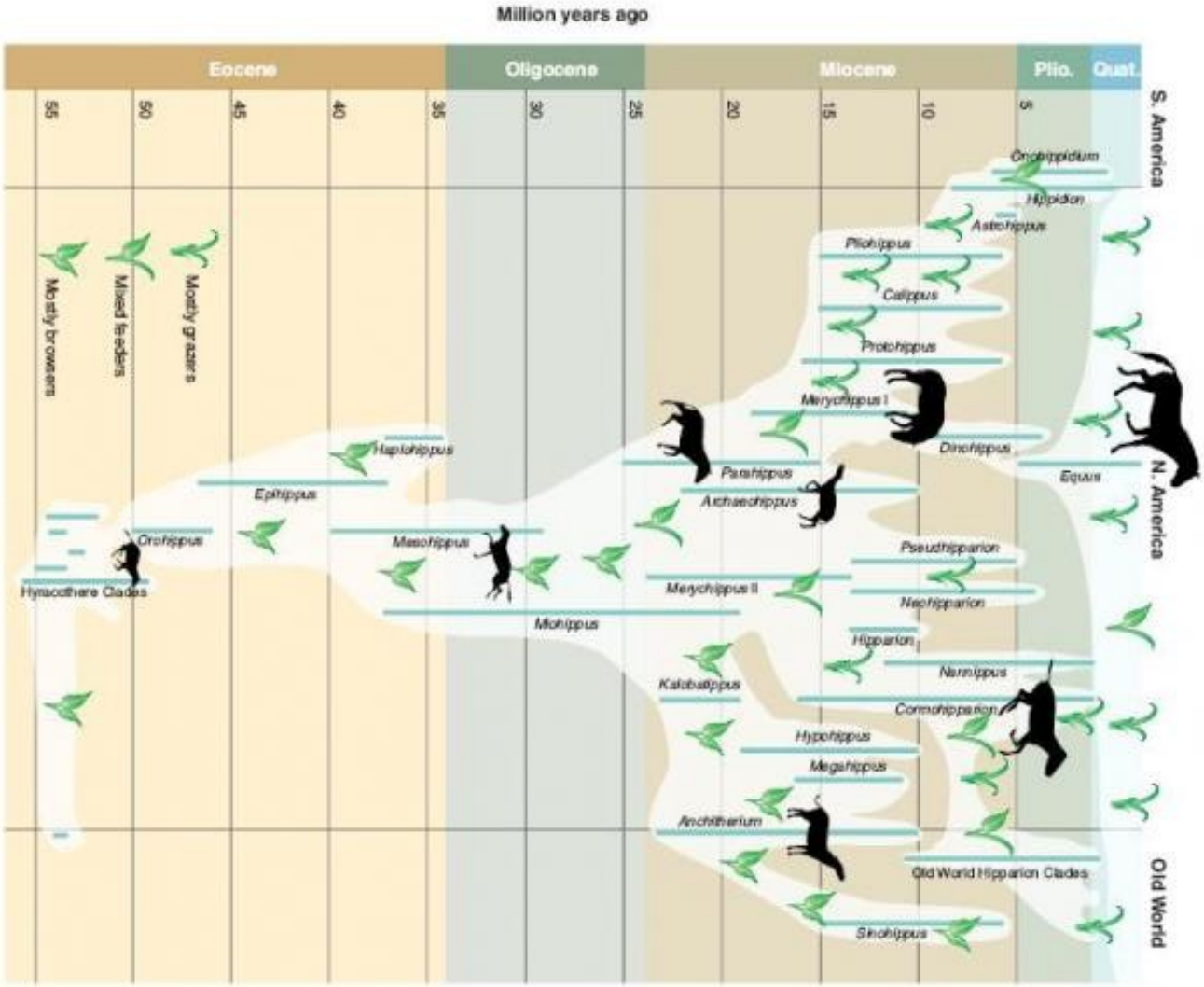


Hyracotherium (Eohippus) - a cat-sized ancestor of the horse

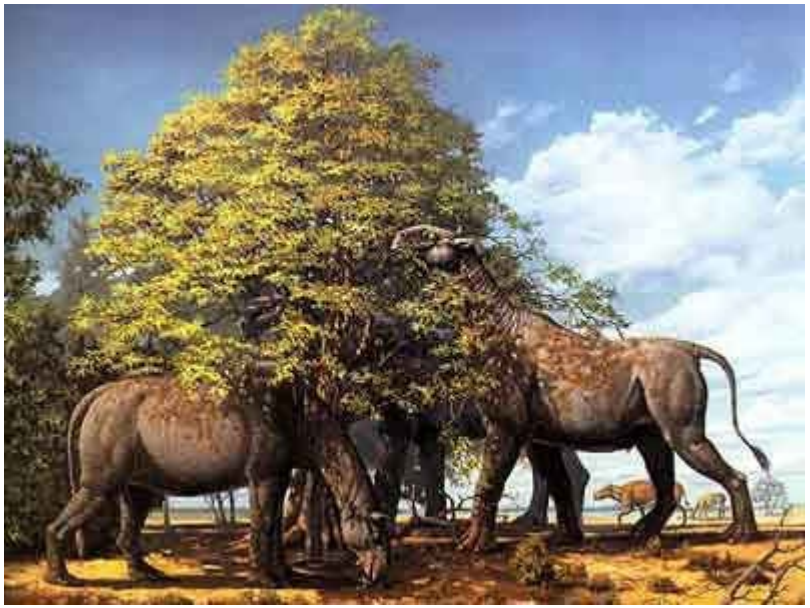


Eobasileus, a 6-horned rhinoceros-like animal that stood 2 meters at the shoulder. It was one of many types of early mammals that flourished in the tropical Eocene. Like the dinosaurs before it, it's brain was tiny in proportion to its massive body.

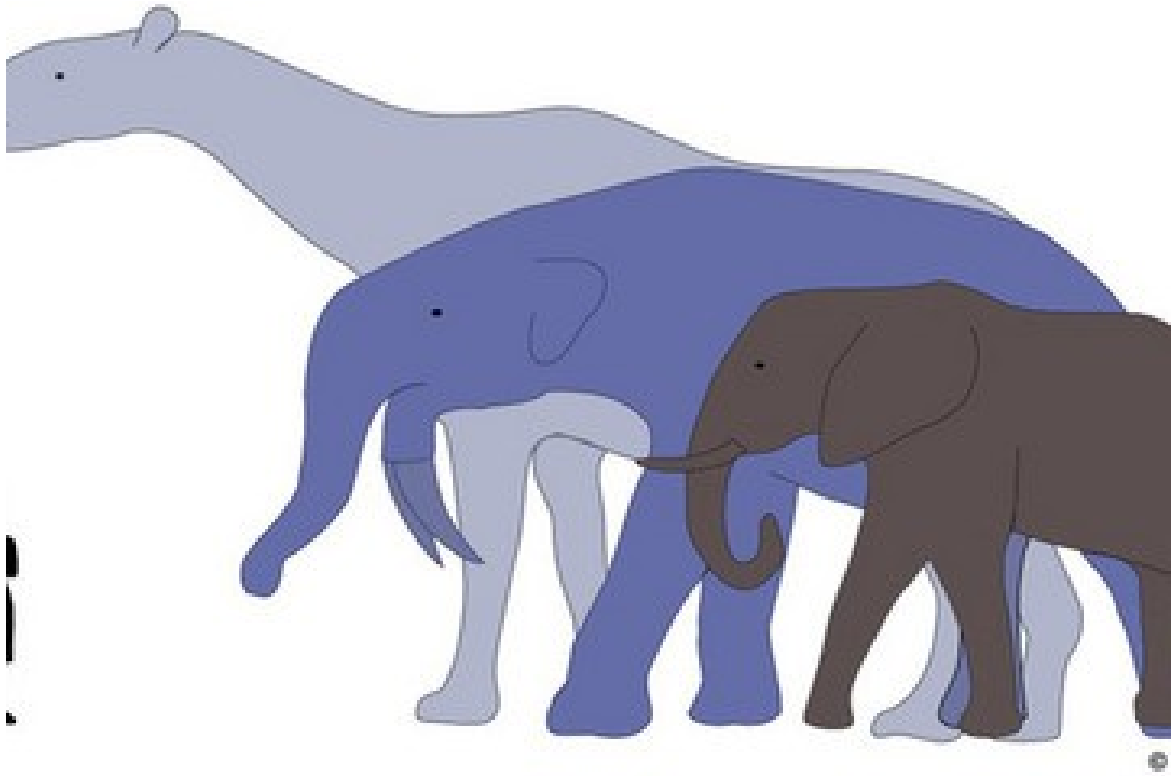
(Hickman et al. 1993)


Million years ago
Eocene
Oligocene
Miocene
Plio.
Quat.
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
S. America
N. America
Old World
Mostly browsers
Mixed feeders
Mostly grazers
Onohippidium
Hippidion
Astrohippus
Pliohippus
Callippus
Protohippus
Merychippus I
Dinohippus
Equus
Haplohippus
Parahippus
Archaeohippus
Ephippus
Orohippus
Mesohippus
Merychippus II
Pseudhipparion
Nechipparion
Hyracotherium Clades
Miohippus
Hipparion
Nannippus
Kalobatippus
Cormohipparion
Hypohippus
Megahippus
Anchitherium
Old World Hipparion Clades
Sinohippus

Mesohippus bairdi, a browsing, short-necked, three-toed Oligocene horse (Perrisodactyla, Equiidae). It fed on leaves (not grass) stood about 55 cm tall.



Indricotherium – 9m

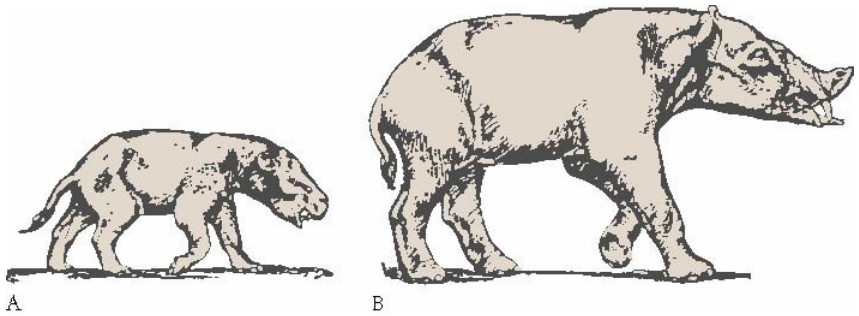


The largest land mammals that ever lived, Indricotherium and Deinotherium, would have towered over the living African elephant. The tallest on diagram, Indricotherium, an extinct rhino relative, lived between 37 and 23 million years ago, while Deinotherium (an extinct relative of modern elephants) was around from 8.5 million to 2.7 million years ago

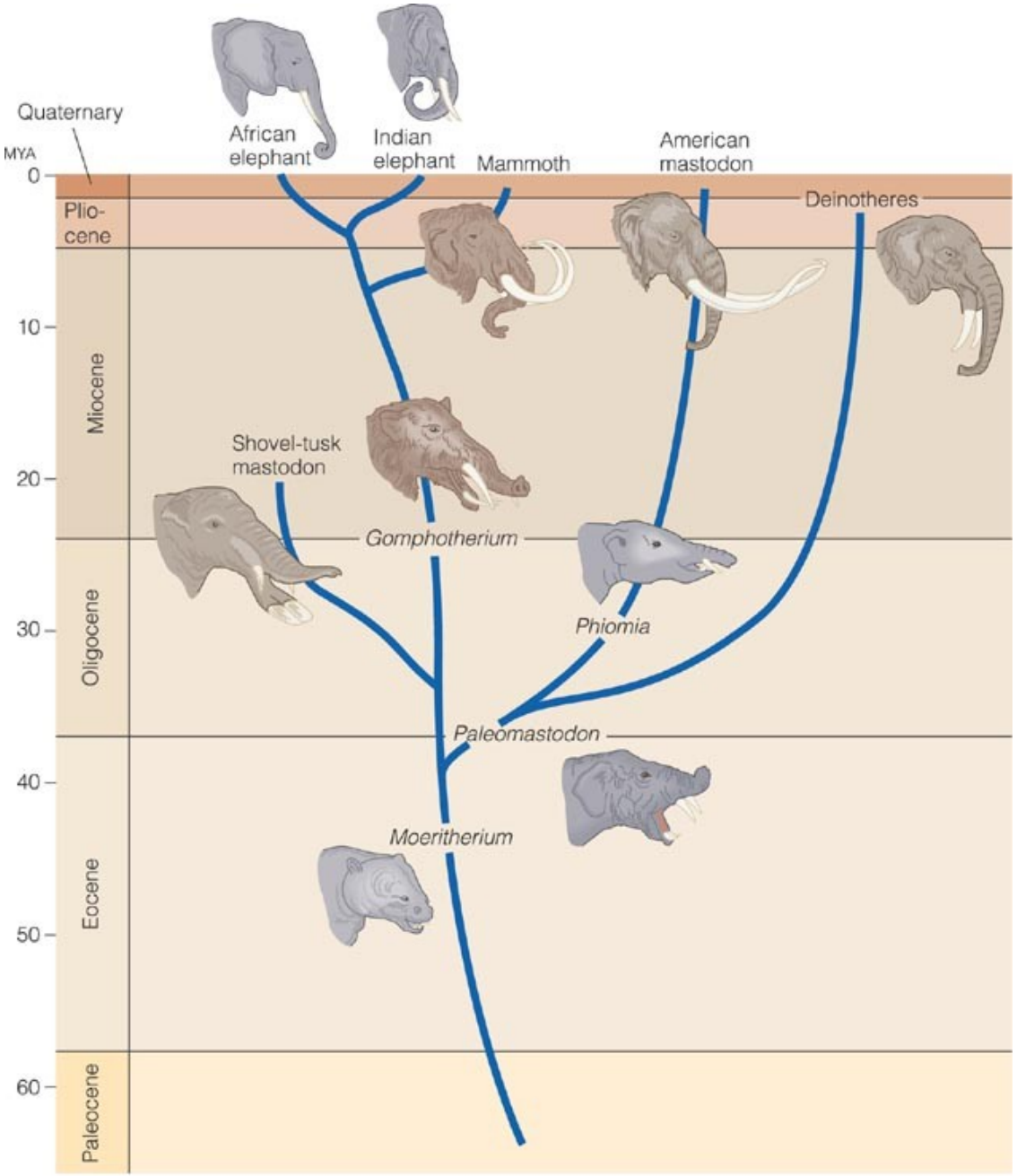
The biggest mammals were plant-eaters that roamed Eurasia and Africa and reached 17 tons — up to five times the mass of an average African elephant

Eocene

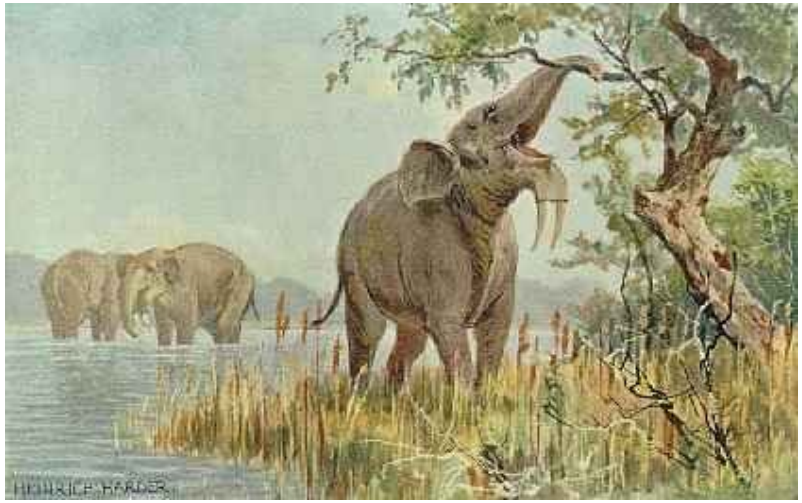
- Bats first evolve

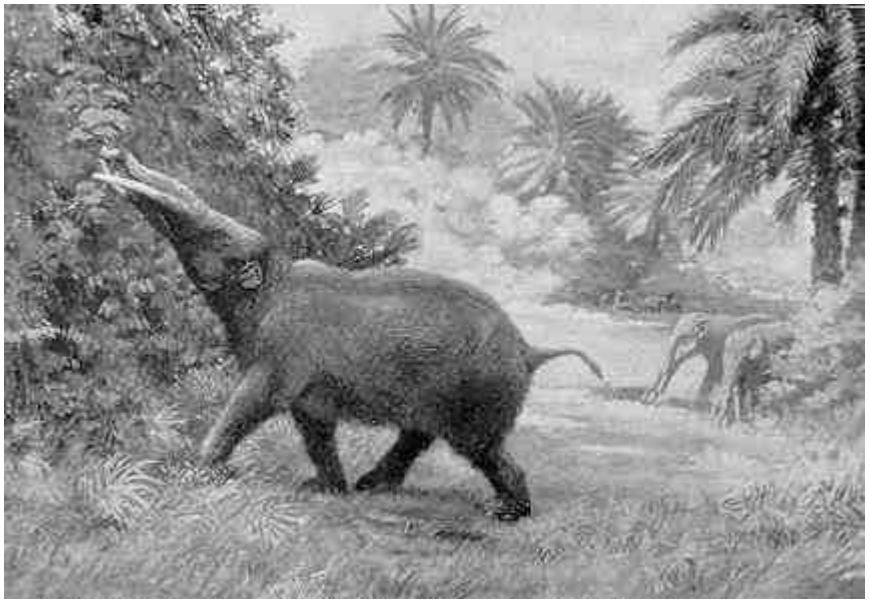


- Elephants
  - *Moerithium*
    - Earlist
    - Pig sized



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

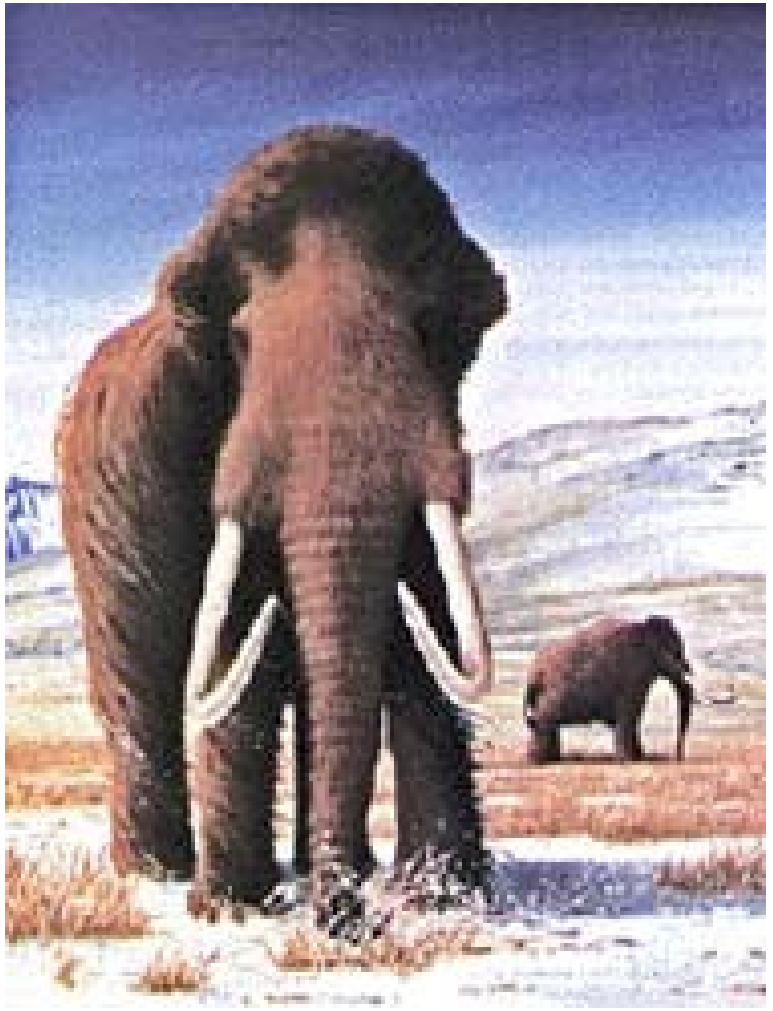




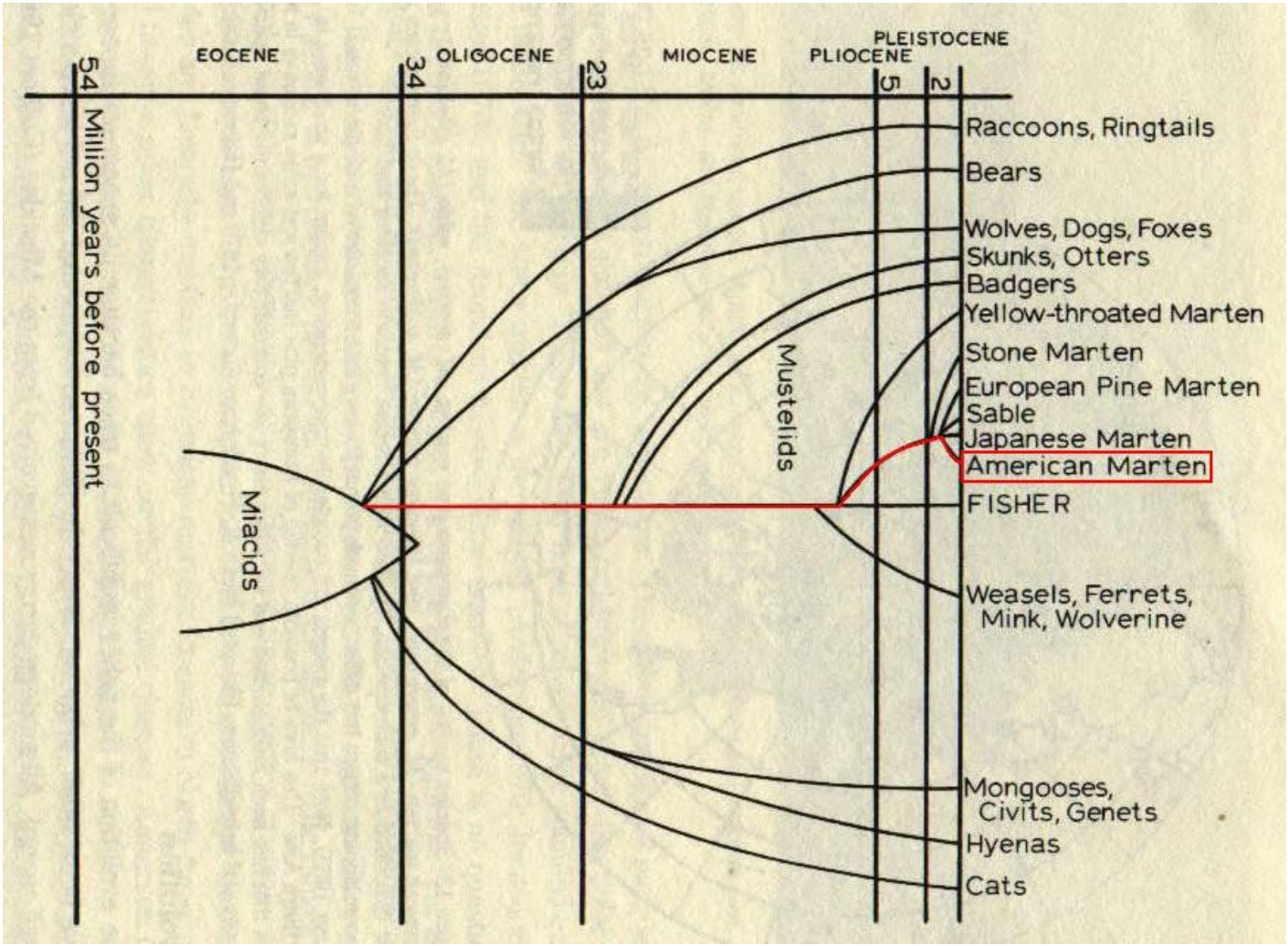
Deinotherium

Four tusked Mastodon (*Trilophodon*). These large animals spread widely across Eurasia during the Miocene and Pliocene

Coleodonta, the Woolly Rhinoceros of the last ice-age, was a contemporary of early man

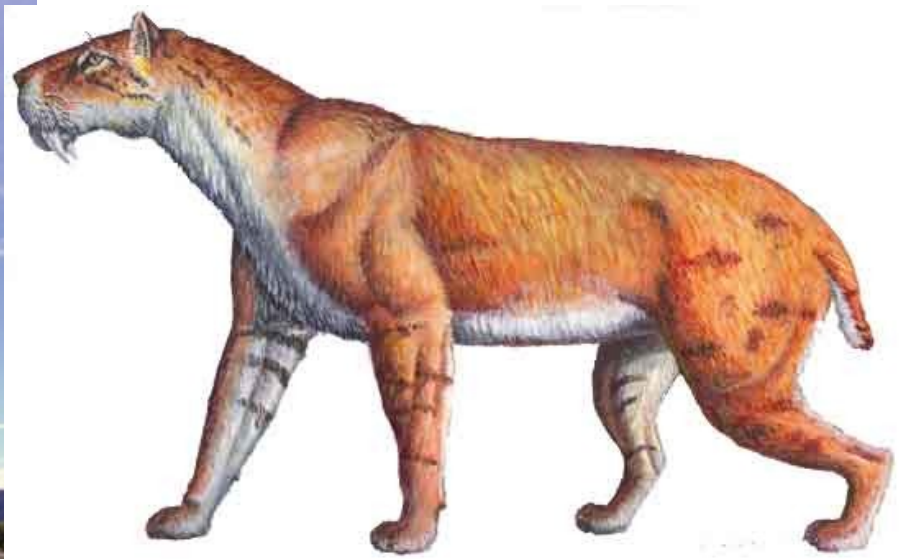


Mammoths, which rose and fell during the Pleistocene epoch


EOCENE
OLIGOCENE
MIOCENE
PLIOCENE
PLEISTOCENE
54
34
23
5
2
54 Million years before present
Miacids
Mustelids
Raccoons, Ringtails
Bears
Wolves, Dogs, Foxes
Skunks, Otters
Badgers
Yellow-throated Marten
Stone Marten
European Pine Marten
Sable
Japanese Marten
American Marten
FISHER
Weasels, Ferrets,
Mink, Wolverine
Mongooses,
Civits, Genets
Hyenas
Cats

Smilodon enjoyed a long time in the prehistoric sun, persisting from the Pliocene epoch to about 10,000 B.C., when early humans hunted the dwindling population to extinction (or, possibly, rendered Smilodon extinct by hunting its prey to extinction!). The only other prehistoric cat to match Smilodon's success was Homotherium, which spread across wider swathes of territory (Eurasia and Africa, as well as North and South America) and was perhaps even more dangerous. **Homotherium's** canines were sleeker and sharper than those of Smilodon (which is why paleontologists call it a "scimitar-toothed" cat), and it had a hunched, hyena-like posture. (Homotherium may have resembled hyenas in another respect: there's evidence that it hunted in packs, a good strategy for bringing down multi-ton Woolly Mammoths.)

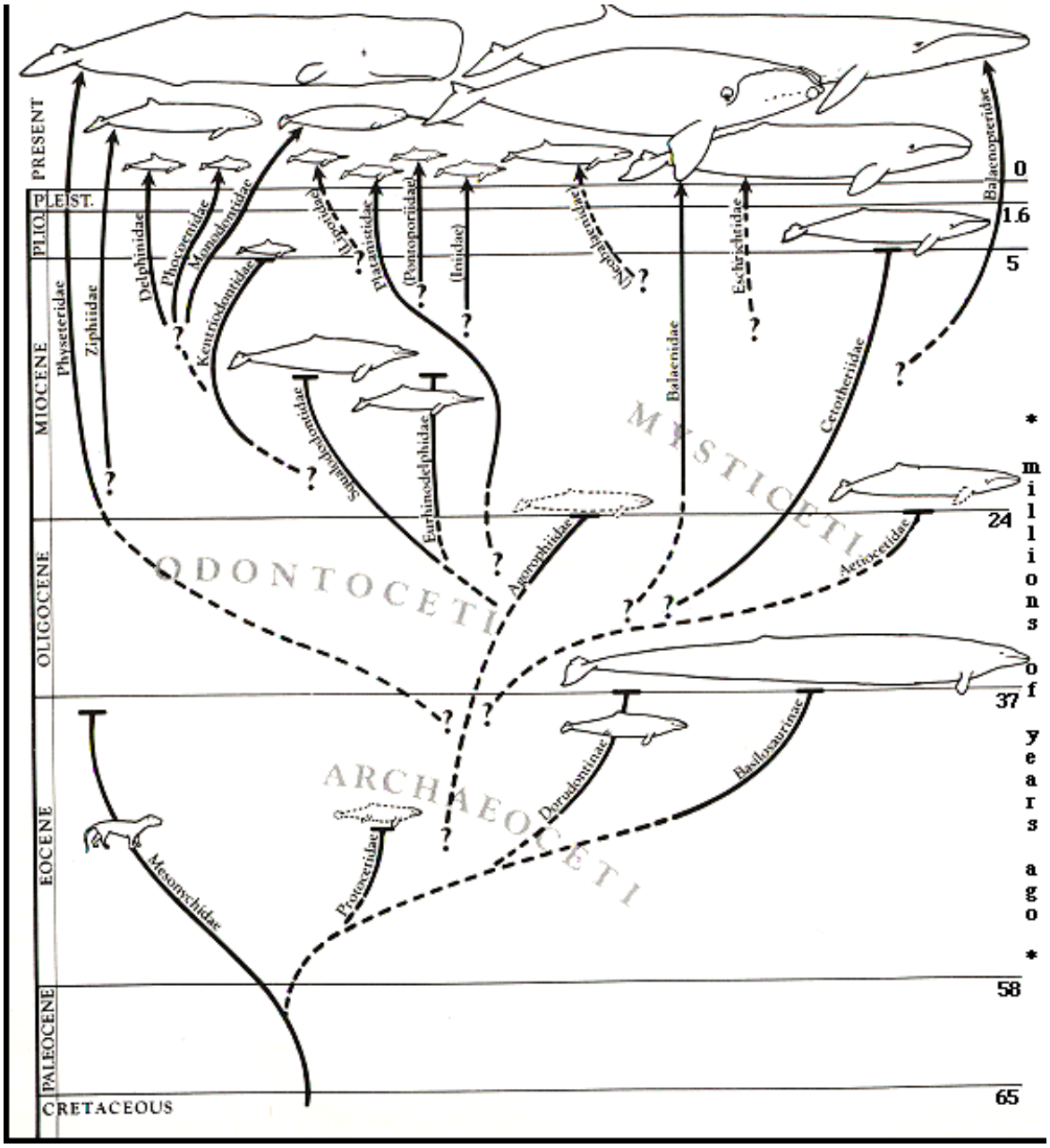
Smilodom



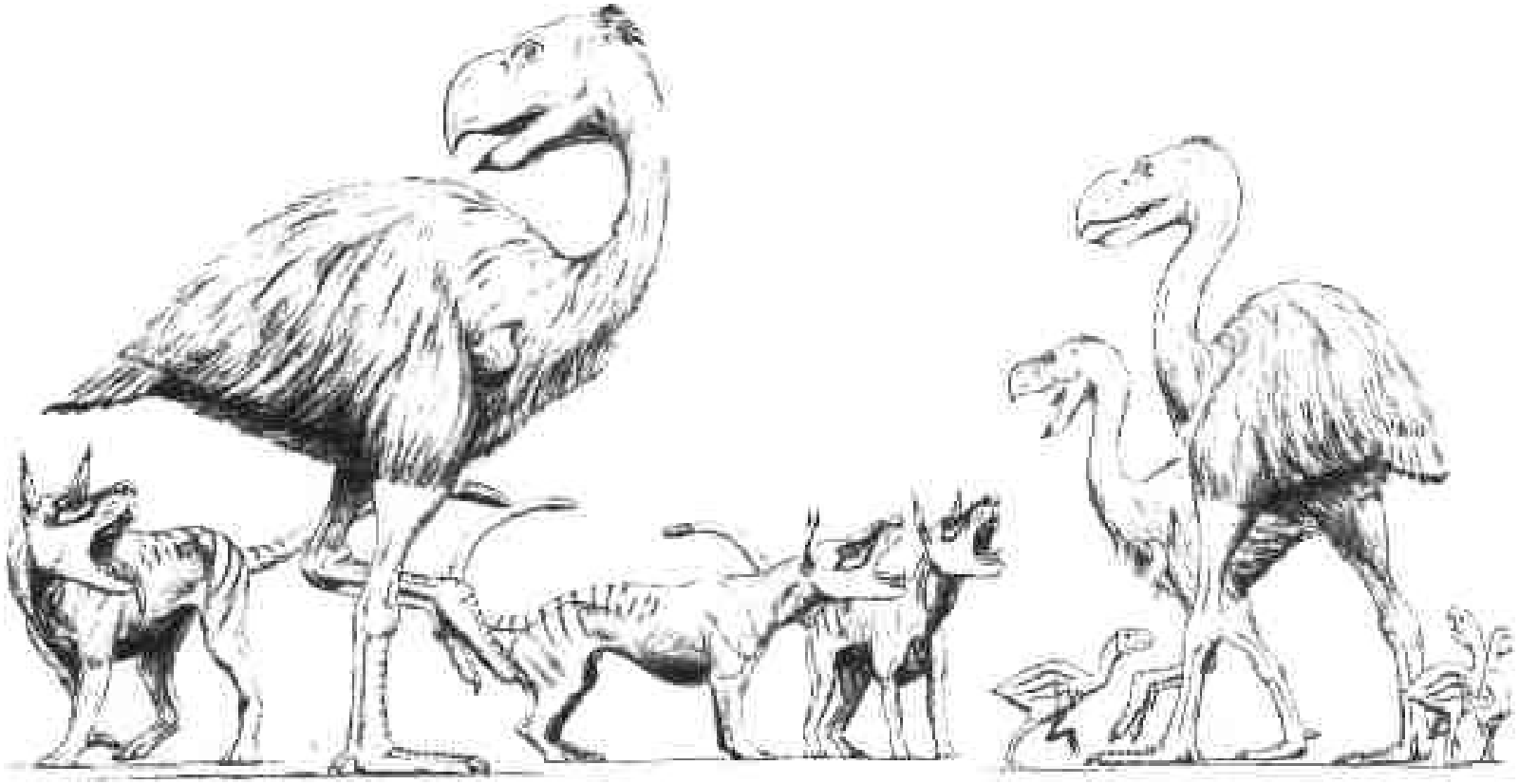
Homotherium

Cetacea and Sirenia

- 90 species of whales, dolphins, and porpoises are distributed worldwide.
- Cetaceans have fishlike bodies with forelimbs modified as flippers.

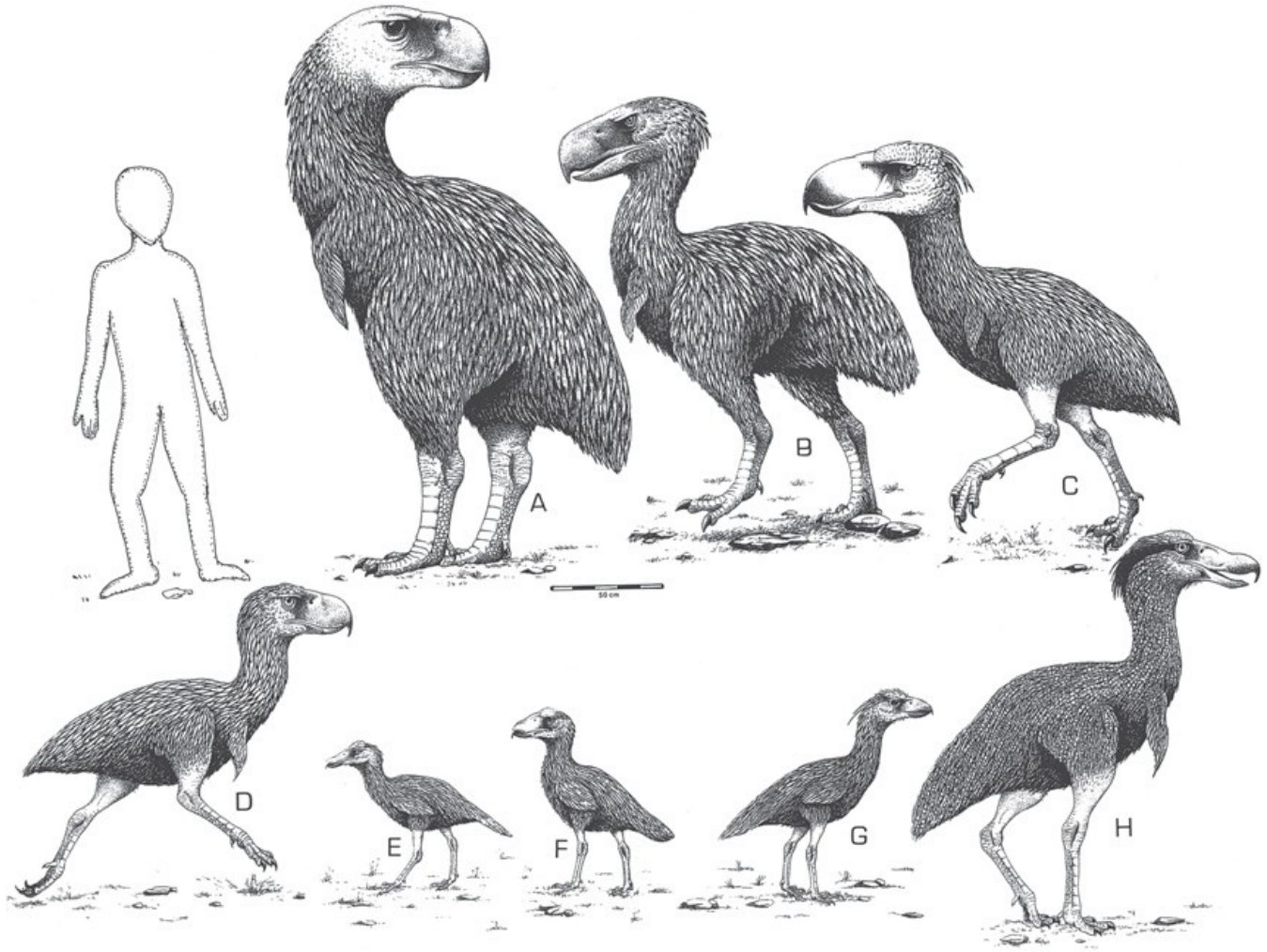

PRESENT
PLEIST.
PLIO.
MIOCENE
OLIGOCENE
EOCENE
PALEOCENE
CRETACEOUS
Physeteridae
Ziphiidae
Delphinidae
Phocoenidae
Monodontidae
Kentriodontidae
Platanistidae
(Pontoporiidae)
(Iniidae)
Eschrichtiidae
Balaenopteridae
Balaenidae
Cetotheriidae
Squalodontidae
Eurhinodelphidae
Agorophiidae
Aetiocetidae
Dorudontinae
Basilosaurinae
Protocetidae
Mesonychidae
ODONTOCETI
MYSTICETI
ARCHAEOCETI
0
1.6
5
24
37
58
65
millions of years ago

In the late Paleocene and middle Eocene the 9ft (2 m)tall ***Diatryma*** dominated North America and perhaps Europe. They are alternately thought to have been the predators of the period or eaters of rushes and tussocks. They and a rare terrestrial alligator seem to the best candidates for top predator in the first Paleocene



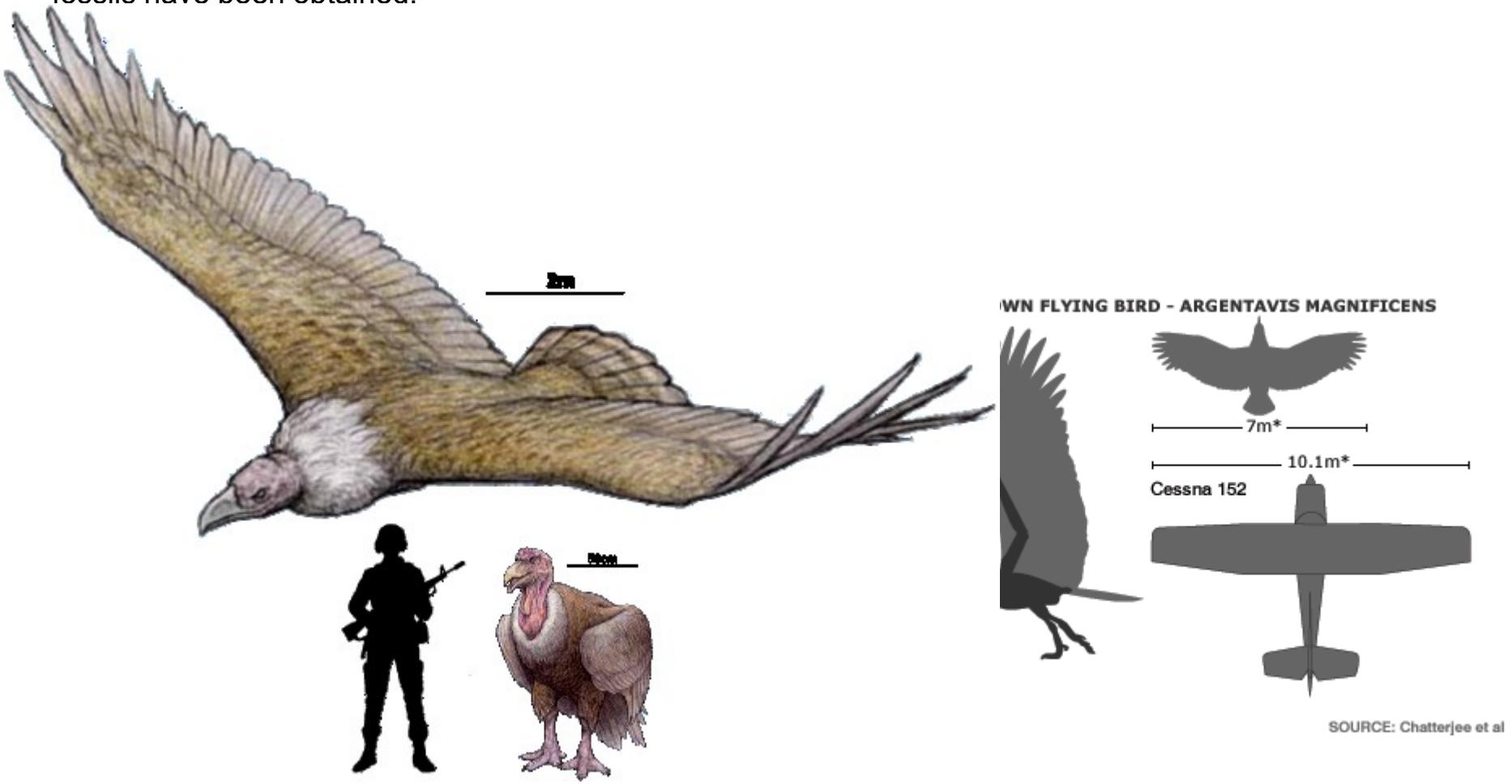
Pachyaene attack ***Diatryma*** **(~8 feet tall)**

Brontornis burmeisteri stood as high as 3m and may have weighed as much as 350–400 kg

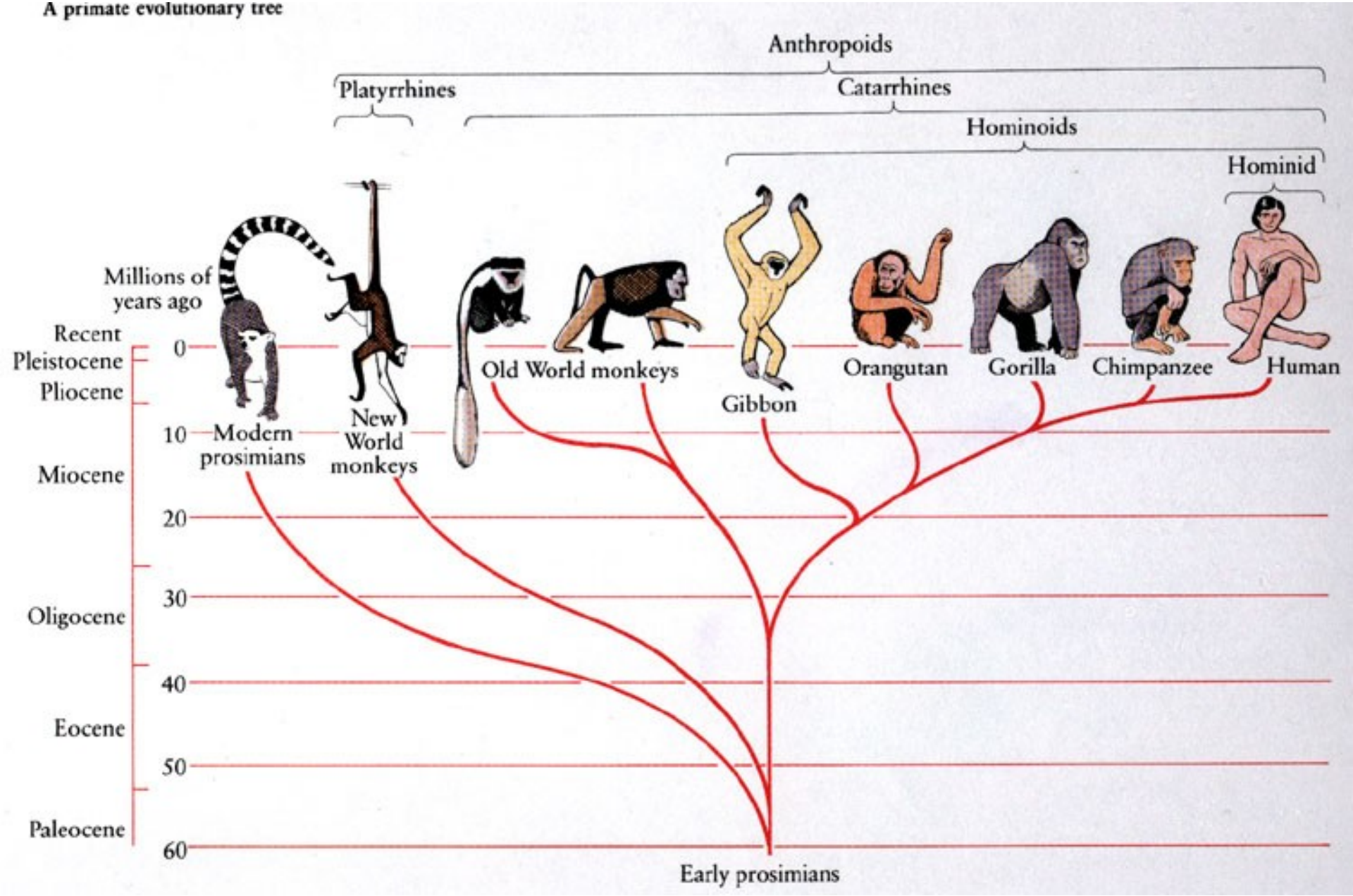


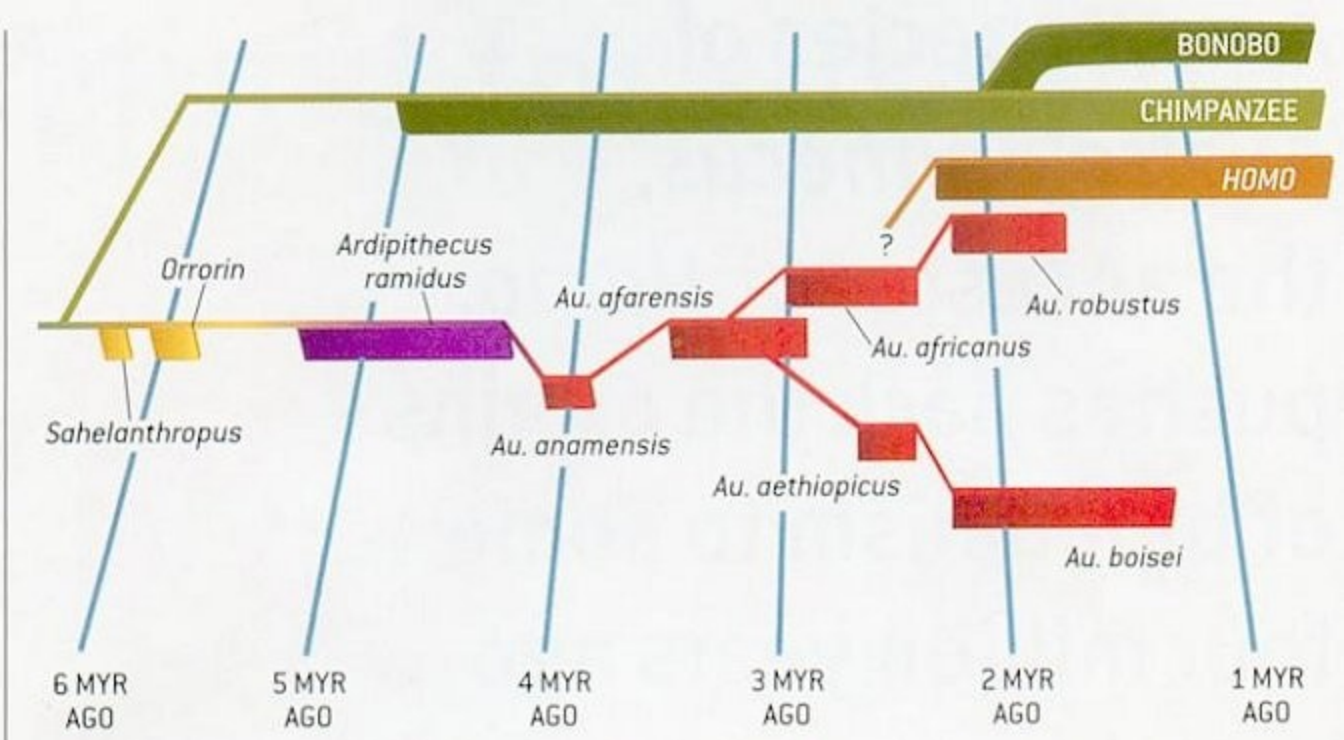
A selection of terror birds. A - Brontornis burmeisteri; B - Paraphysornis brasiliensis; C - Phorusrhacos longissimus; D - Andalgalornis steuletti; E - Psilopterus bachmanni; F - Psilopterus lemoinei; G - Procariama simplex; H - Mesembriornis milneedwardsi and the silhouette of a man (1.75 m high) for scale (Herculano M.F. Alvarenga)

Argentavis magnificens (literally "magnificent Argentine bird") is the largest flying bird ever discovered. This bird, sometimes called the Giant Teratorn, is an extinct species known from three sites from the late Miocene (6 million years before present) of central and northwestern Argentina, where a good sample of fossils have been obtained.



A primate evolutionary tree





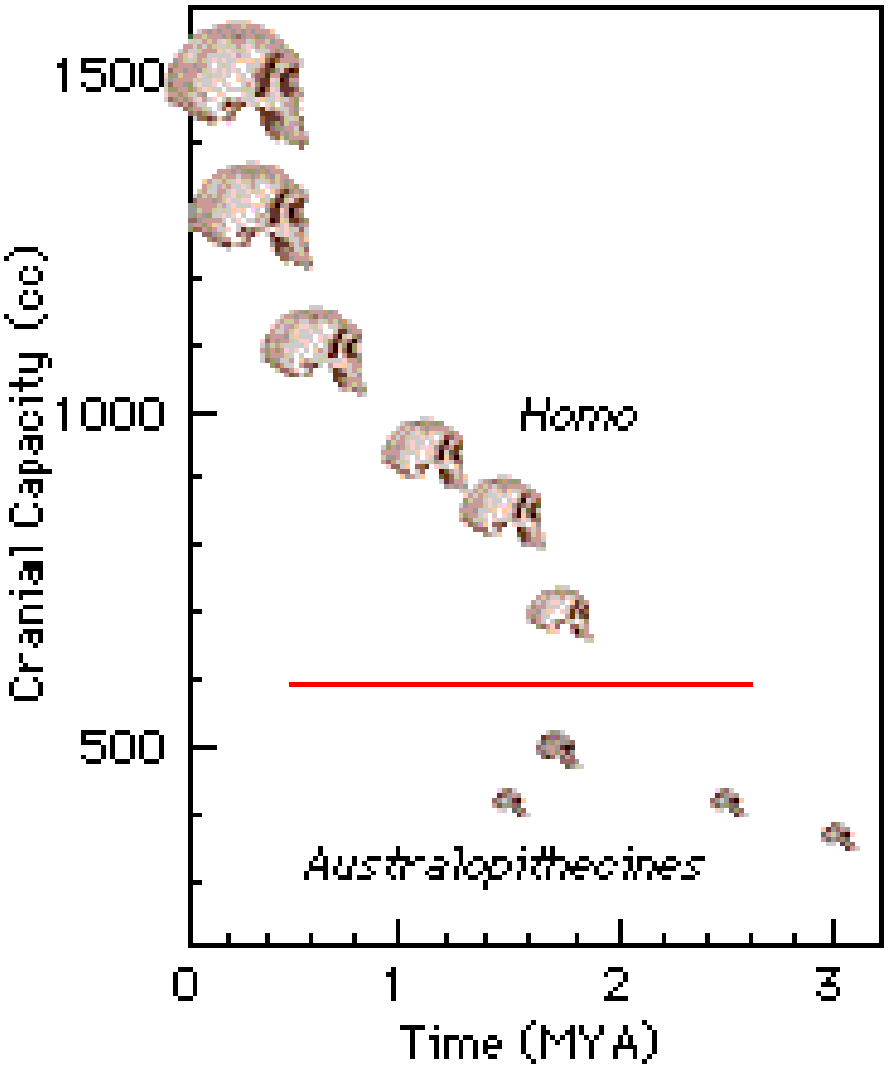
FAMILY TREE of the hominid *Australopithecus* (*red*) includes a number of species that lived between roughly 4 million and 1.25 million years (Myr) ago. Just over 2 Myr ago a new genus, *Homo* (which includes our own species, *H. sapiens*), evolved from one of the species of *Australopithecus*.

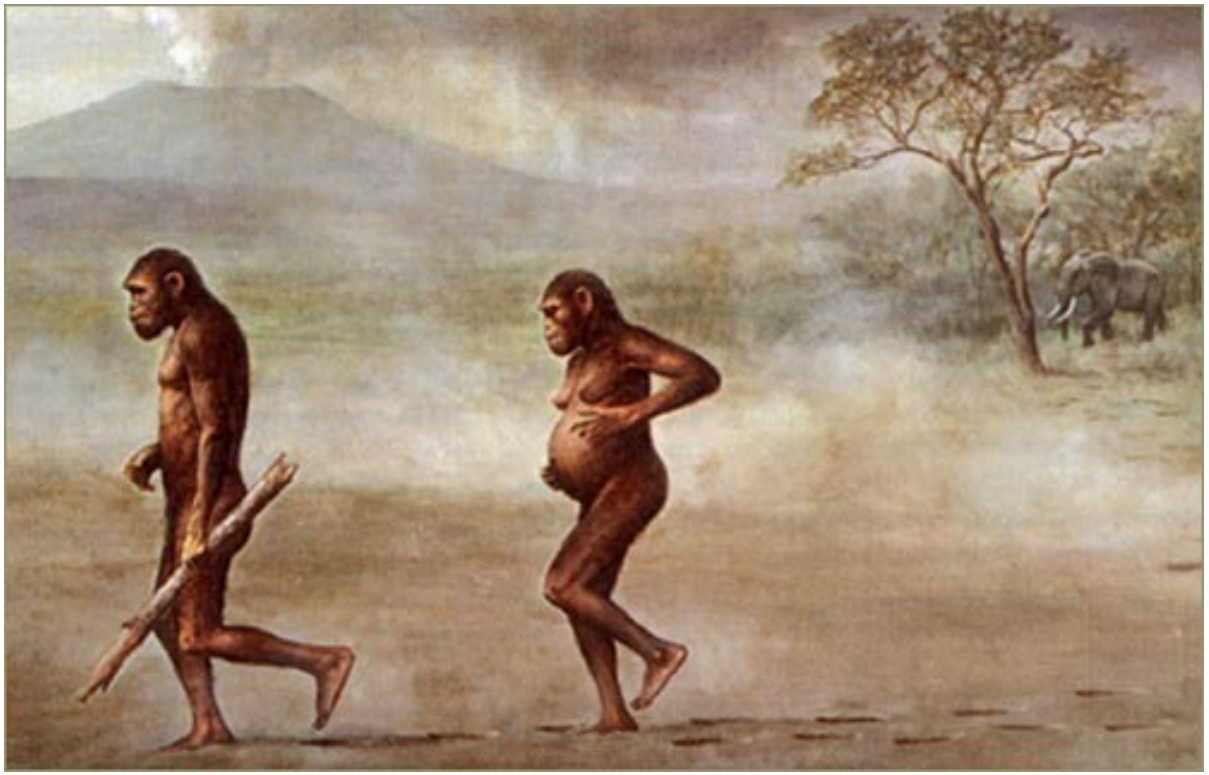
Evolution of Family Hominidae within the Order Primates

- Usually defined by the evolution of bipedal locomotion
- Oldest indisputably bipedal hominids are 4.4 Ma (*Ardipithecus ramidus*), but may have evolved by 6 Ma (*Orrorin tugenensis*)

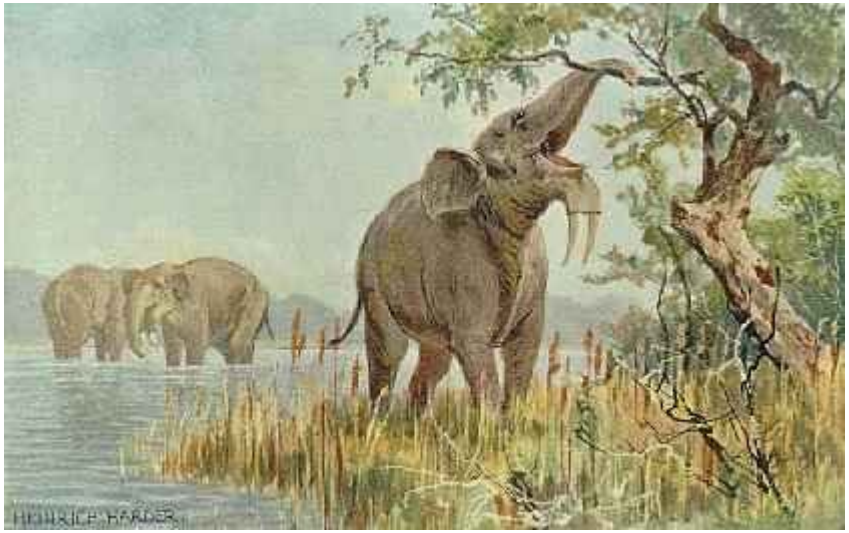
Major Events in Human Evolution

1. Evolution of Hominidae
2. Habitation of diverse environments
3. Gracile vs. robust hominids
4. Use of stone tools
5. Evolution of big brains
6. Movement outside of Africa

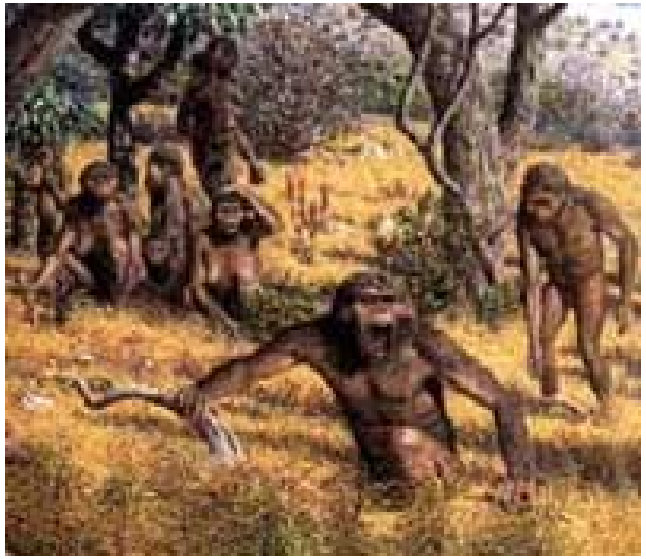

1500
1000
500
Cranial Capacity (cc)
Homo
Australopithecines
0
1
2
3
Time (MYA)



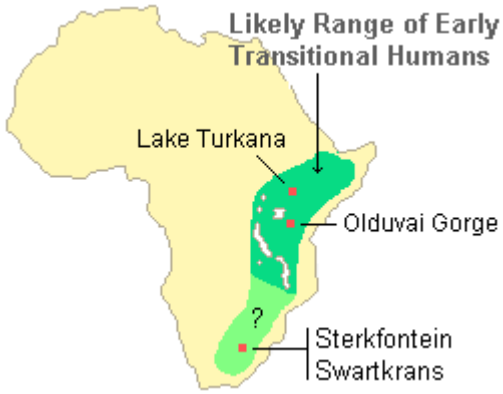
Early hominids, *Australopithecus afarensis*

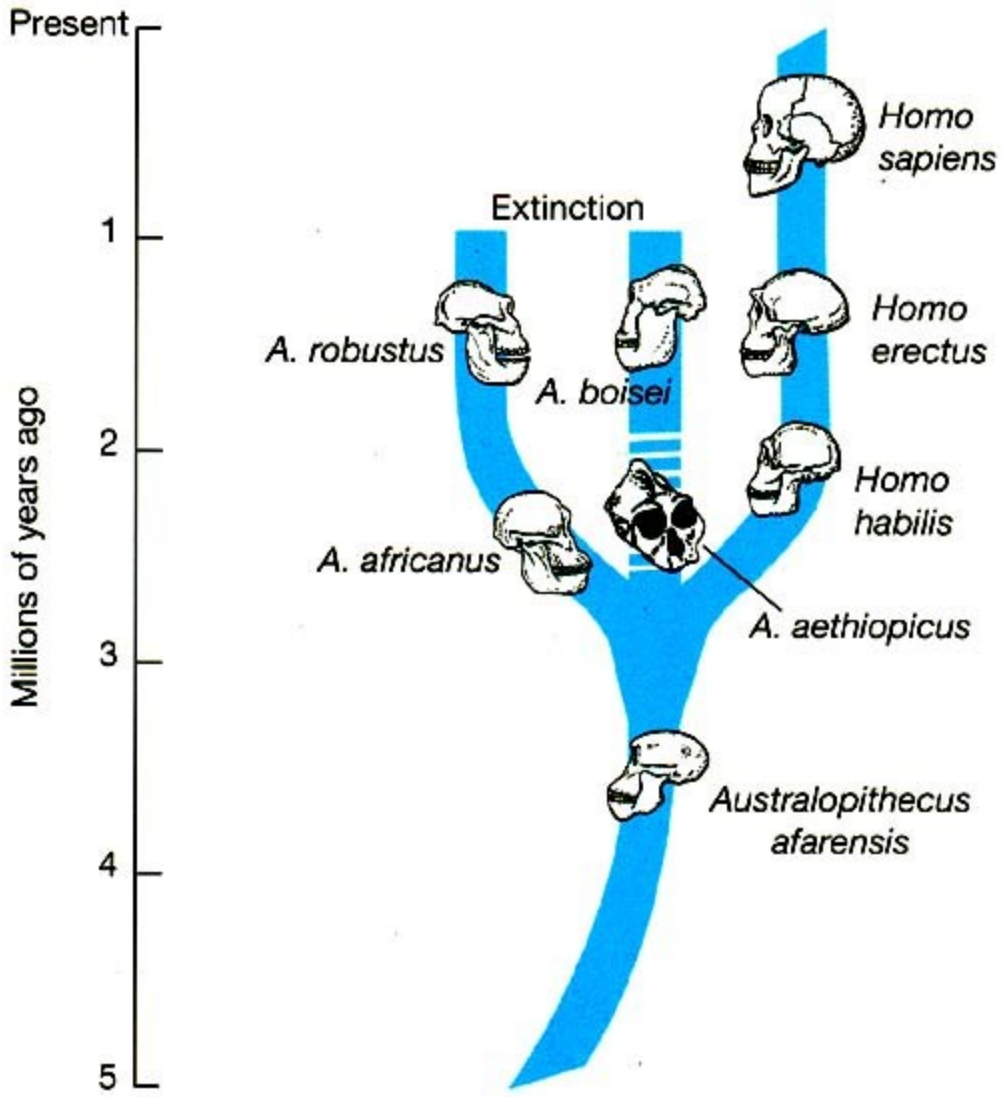


Deinotherium



Australopithecus robustus


Likely Range of Early
Transitional Humans
Lake Turkana
Olduvai Gorge
?
Sterkfontein
Swartkrans


Present
1
2
3
4
5
Millions of years ago
Extinction
Homo sapiens
Homo erectus
Homo habilis
A. robustus
A. boisei
A. africanus
A. aethiopicus
Australopithecus afarensis

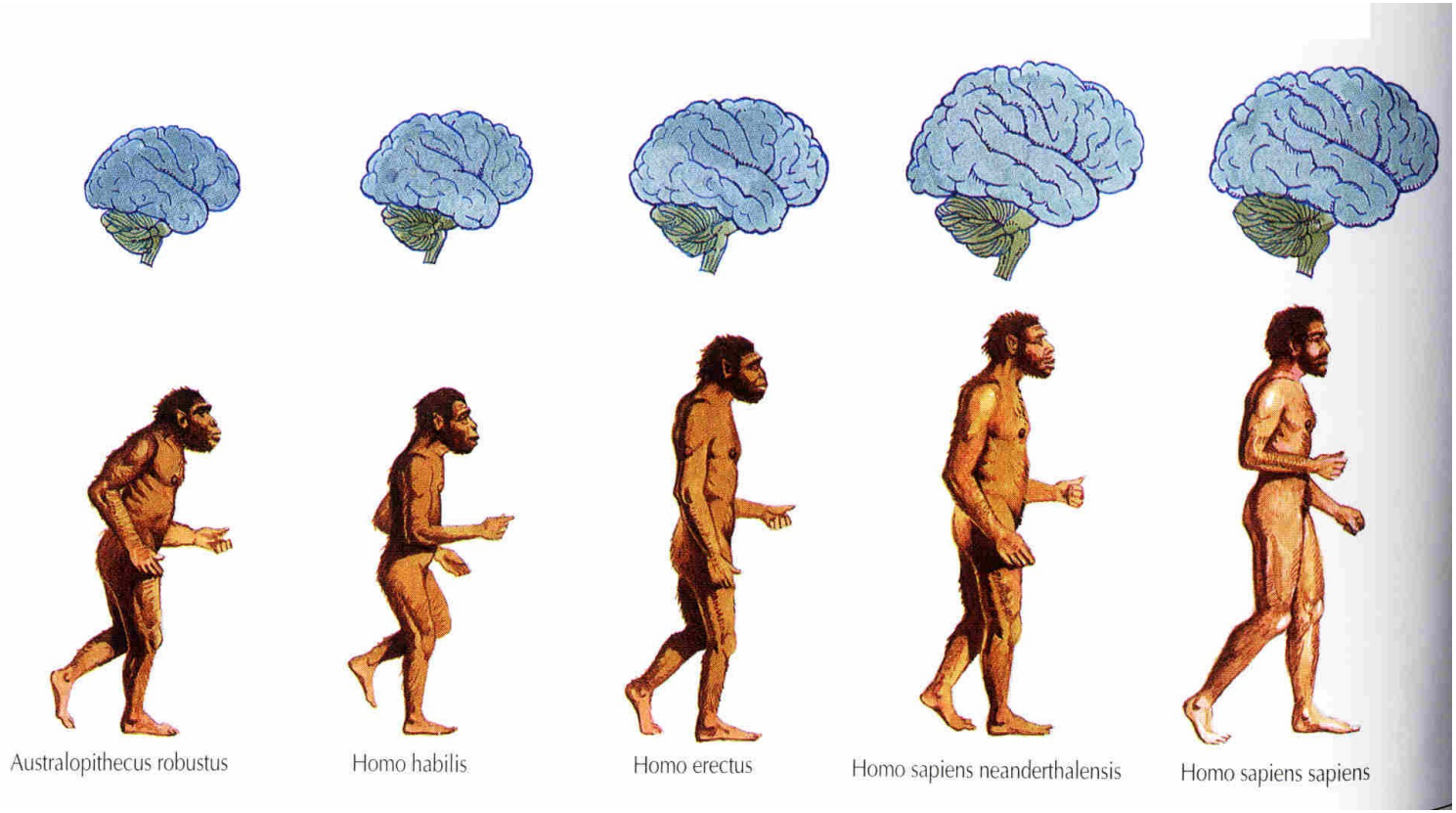
Na počátku kvartéru (1, 8 Ma) se v Africe vynořil *Homo erectus*, který pak představuje nejdéle žijící druh tohoto rodu (mizí až okolo 100 Ka). Jeho nejstarší zástupci jsou ještě nachýleni, zatímco pozdní zástupci považovaní některými autory již za sapientní lidi se pohybovali plně vzpřímeně a měli vyvinutější osteologii i muskulaturu oblastí řídících řeč.

Souběžně se závěrem jeho výskytu se objevuje kolem 800 Ka **archaický *H. sapiens*** (včetně *H. heidelbergensis*) rozšířený opět v Africe, Evropě a Asii a mizí zhruba ve stejné době jako *H. erectus*. V Evropě jsou poté starší sapientní populace zastoupeny **neandertálci** (*H. sapiens neanderthalensis*), lidmi s velkou mozkovnou a odolnými vůči chladu (na Moravě lokality Kůlna, Ochoz, Šipka). Jejich nástroje i kosterní zbytky se objevují kolem 230 Ka (především však 80 Ka) a mizí okolo 35 Ka. **Nástup anatomicky moderních sapientních forem (*H. sapiens sapiens*) je ještě plný nejasností.** Podle některých autorů se vynořují v Jižní Africe v období 125 Ka (Langebaan) a 38 Ka jsou doloženy již i v Evropě. Jeho populace jsou robustnější než populace dnešního člověka a podle většiny názorů **nepocházejí přímo z neandertálské linie**, kterou zřejmě ze společných areálů vytlačily.

Neanderthals may not be completely extinct

By Bart B. Van Bockstaele
Apr 25, 2010 in Science

Neanderthals, an archaic human species, is thought to be extinct but new data shows that they may actually still live on, in us modern humans, the result of interbreeding between the two species.
The science journal Nature reports that new research shows that archaic humans such as Neanderthals may be extinct as a separate species but that they may still live on in the DNA of modern humans.
Research presented on 17 April 2010 at the annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists in Albuquerque, New Mexico shows that a genetic analysis of 1,983 people from 99 populations in Africa, Europe, Asia, Oceania and the Americas indicates that extinct species such as the Neanderthals have interbred twice with the ancestors of modern humans.


Australopithecus robustus
Homo habilis
Homo erectus
Homo sapiens neanderthalensis
Homo sapiens sapiens

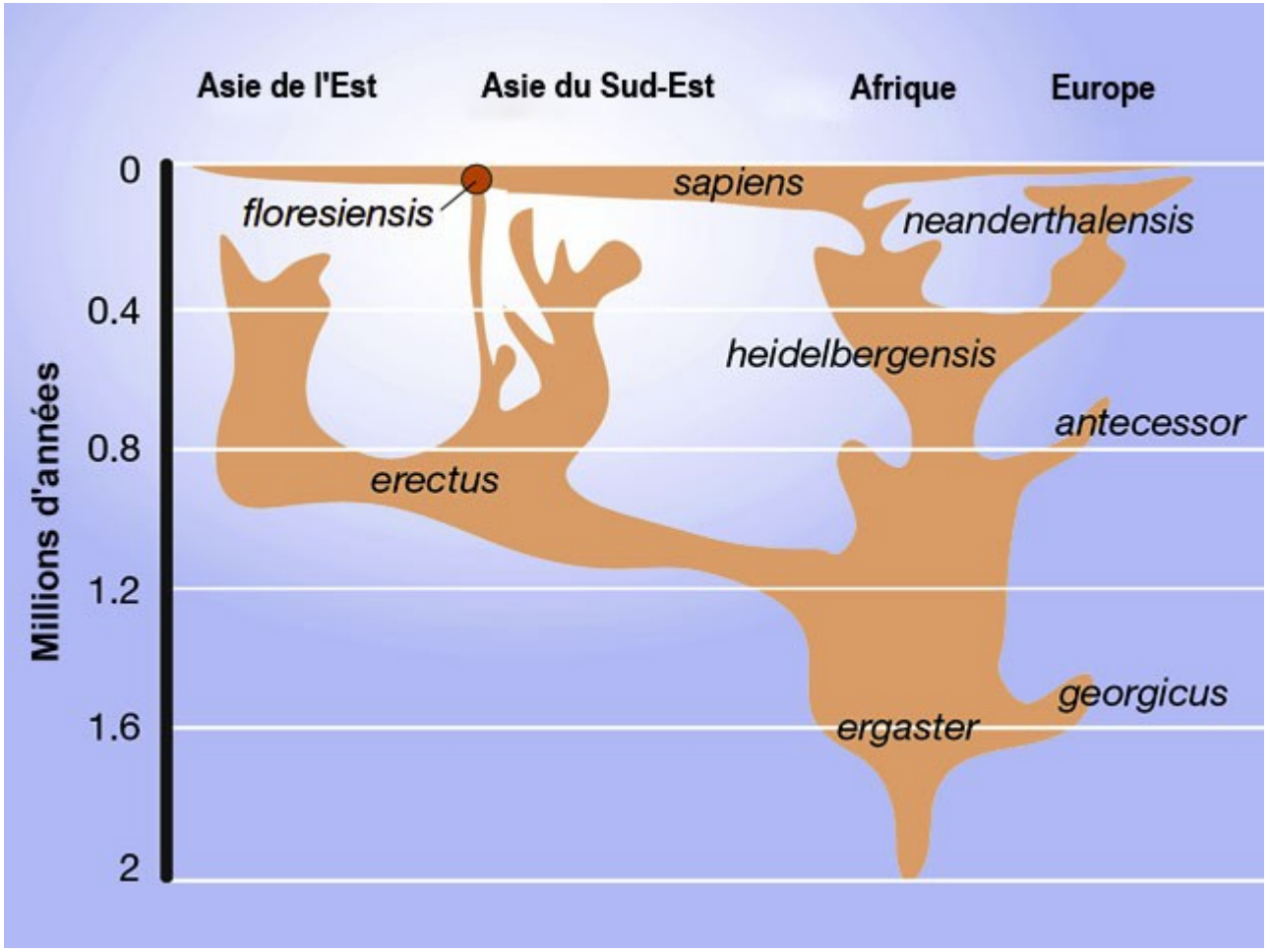
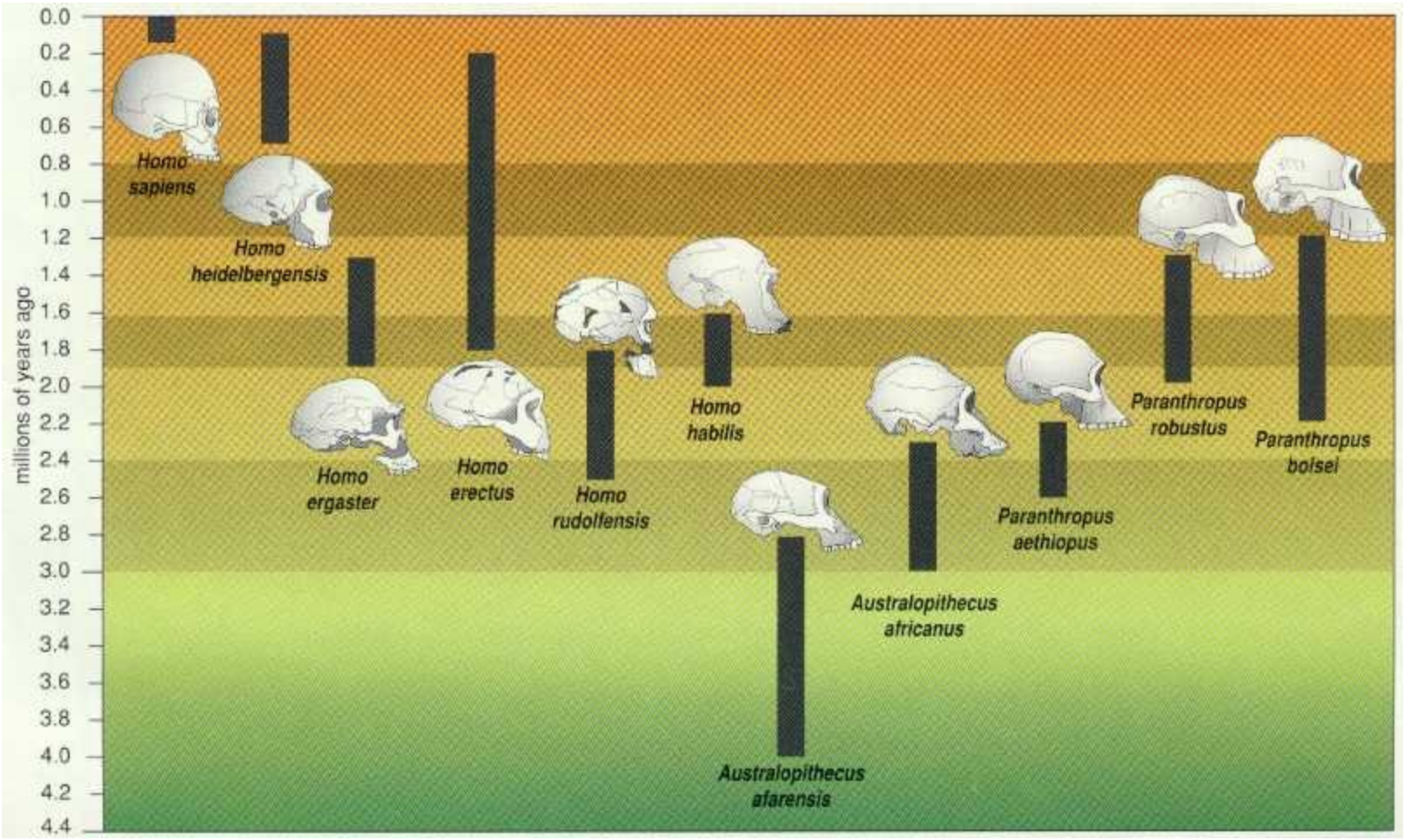
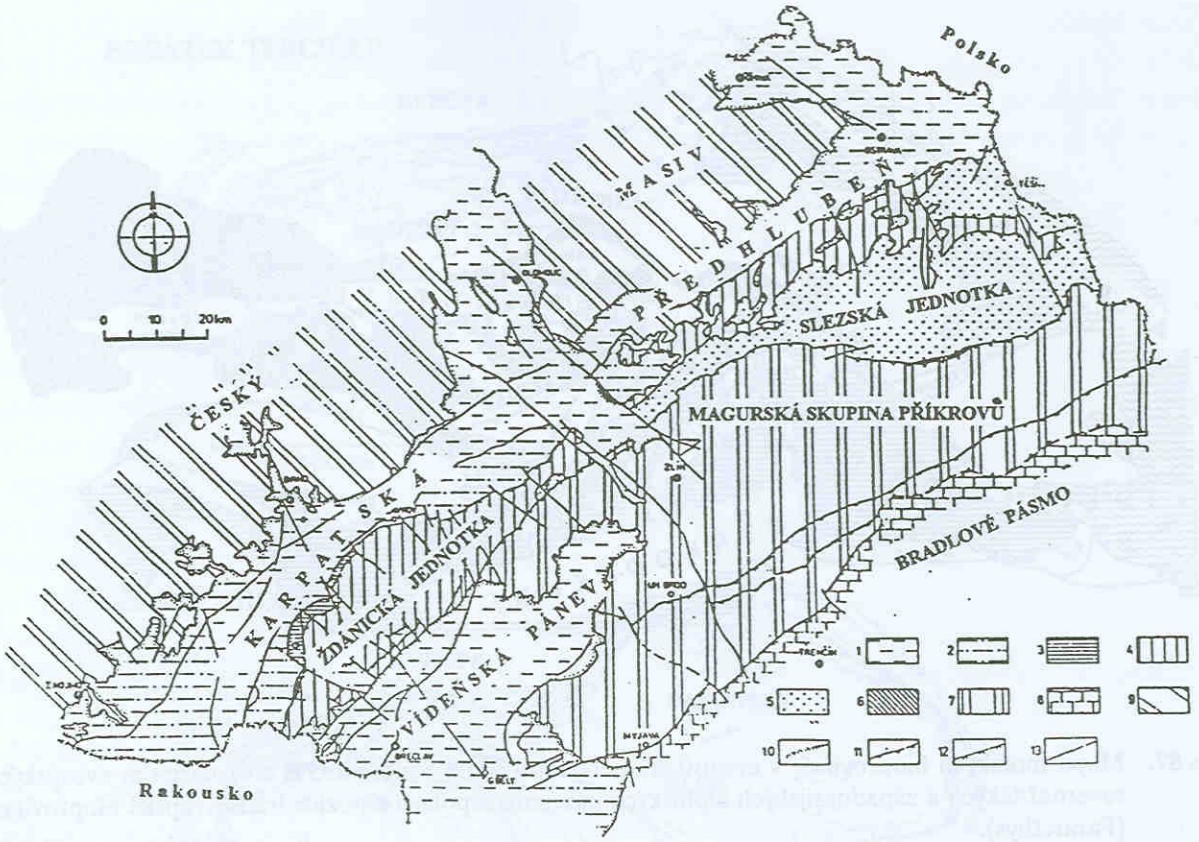


Figure 1. *Homo floresiensis* in the context of the evolution and dispersal of the genus *Homo*.
a, The new species as part of the Asian dispersals of the descendants of *H. ergaster* and *H. erectus,* with an outline of the descent of other *Homo* species provided for context.

b, The evolutionary history of *Homo* is becoming increasingly complex as new species are discovered. *Homo floresiensis* (left) is believed1 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.


millions of years ago
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0
4.2
4.4
Homo sapiens
Homo heidelbergensis
Homo ergaster
Homo erectus
Homo rudolfensis
Homo habilis
Australopithecus afarensis
Australopithecus africanus
Paranthropus aethiopus
Paranthropus robustus
Paranthropus boisei

Geology



Obr. 88. Schéma geotektonických jednotek Západních Karpat na Moravě. Legenda: 1 – postorogenní sedimenty (baden – pliocén), 2 – spodní miocén karpatské předhlubně a vídeňské pánve, 3 – pouzdřanská jednotka, 4 – ždánicko – podslezská jednotka, 5 – slezská a zdounecká (z) jednotka, 6 – předmagurská jednotka, 7 – magurská skupina příkrovů, 8 – bradlové pásmo, 9 – Český masív, 10 – erozivní hranice, 11 – čelo příkrovů, 12 – čela tektonických šupin, 13 – zlomy.

Tabulka 53. Přehled účinků neoalpínských deformací oblasti vnějších Karpat (sestaveno podle ROTHA, 1980)

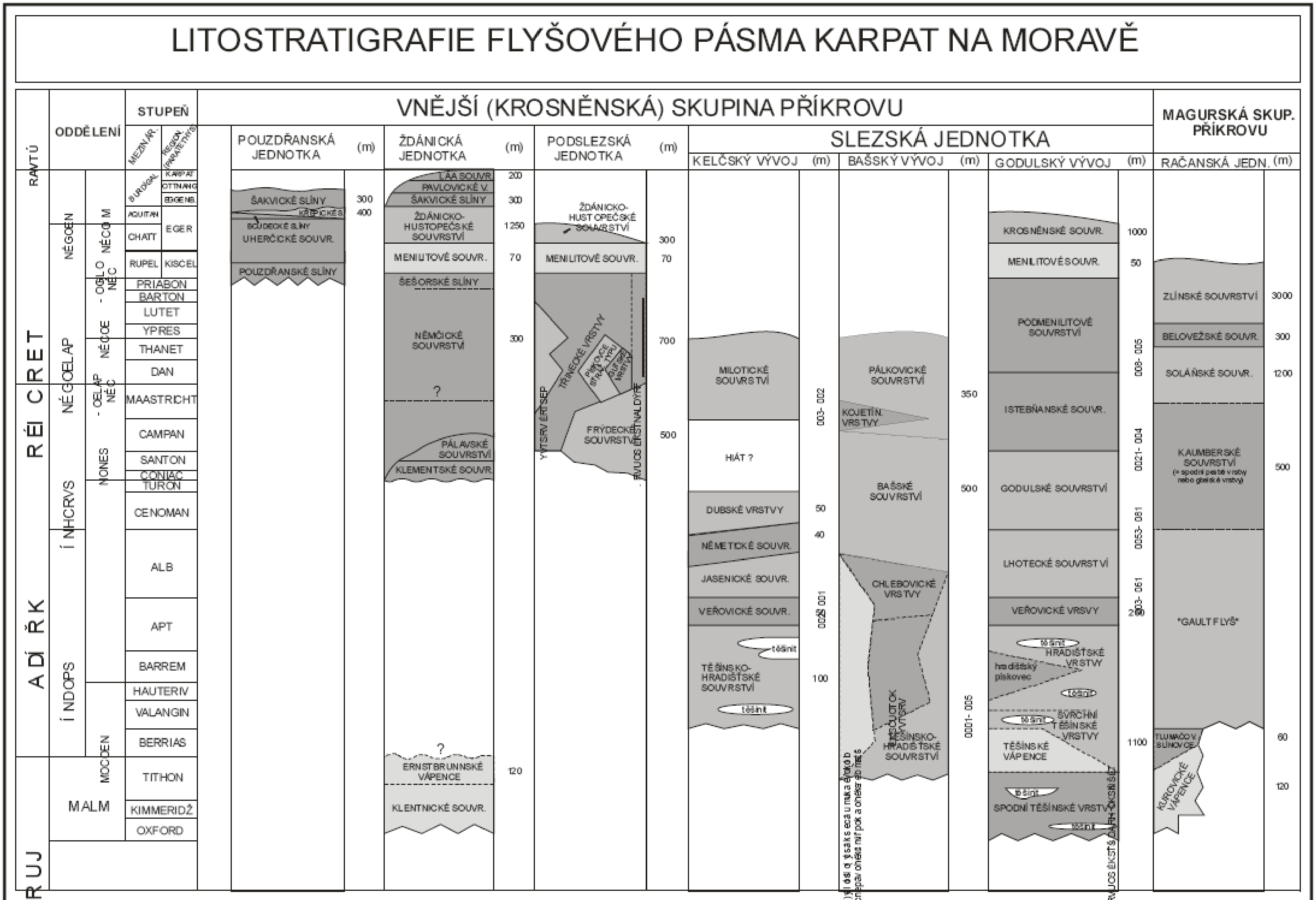
Útvar	Oddělení		Vrásnicí fáze	Hlavní deformační účinky
			10^6 let	
neogén	pliocén		moldavská	
	miocén		mladoštýrská	rotace soustavy bloků a po-otočení Západních Karpat
			17 staroštýrská	vznik slezského a ždánicko-podslezského příkrovu
			22 sávská	vznik skalského příkrovu ve v. Karpatech, výzdvih pod-slezské dílčí jednotky
paleogén	oligocén	sv.		
		stř.	33 helvetská	vznik račanského příkrovu, zčásti výzdvih slezské jednotky
		sp.	38	
	eocén	sv.	pyrenejská 40	hlavní vrásnění Západních Alp
		stř.	43 staropyrenejská /ilyrská/	vznik bělokarpatsko-krynického a bystrického příkrovu
		sp.		
	paleocén	sv.		
		stř.		pohyb bloků
		sp.	65 laramická	vznik kvazihomogenní konsolidované soustavy bloků ve vnitřních Karpatech
křída	svrchní			

Magurská skupina příkrovů

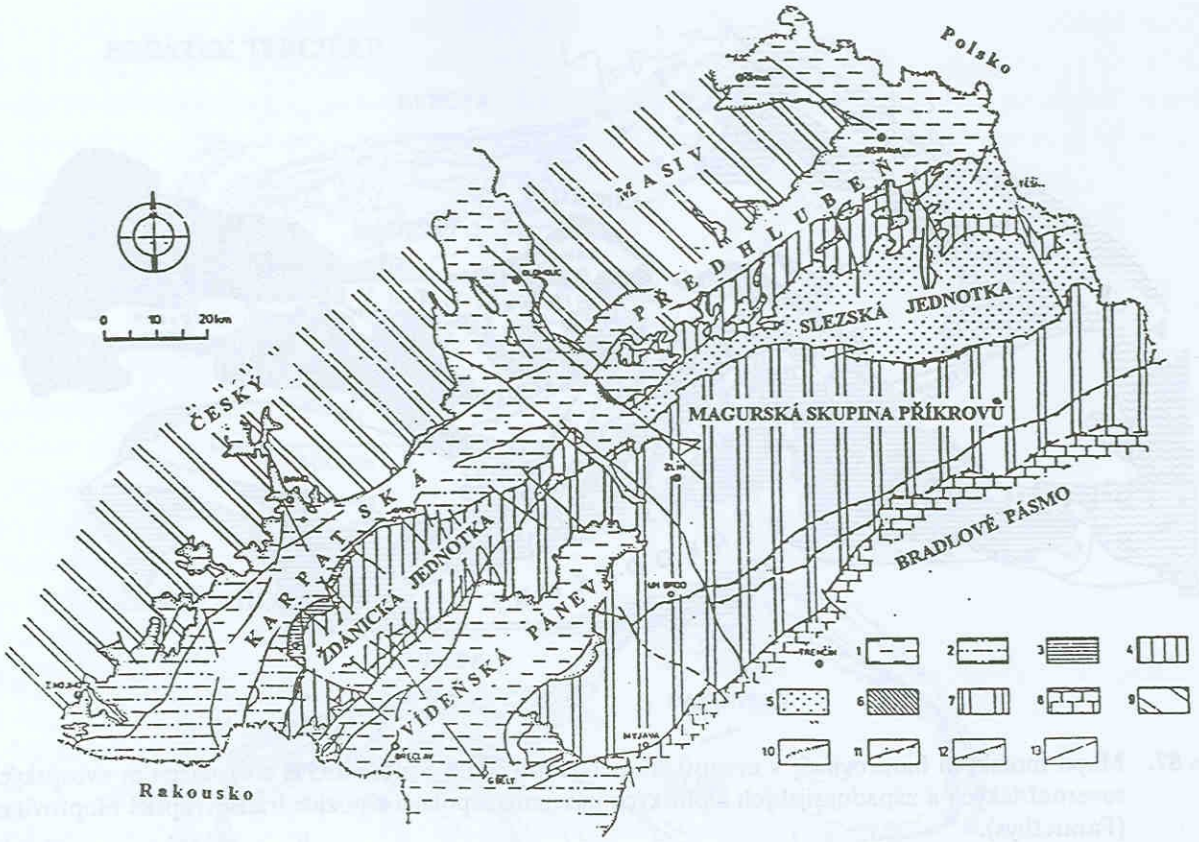
Během staršího terciéru se v magurském sedimentačním prostoru ukládaly typické **flyšové vývoje**. Roli při jejich vzniku hrály především **turbiditové proudy a sesuvy se skluzovými tělesy**. Střídají se různé typy jílovců, pískovců a slepenců (soláňské souvrství, belovežské souvrství), které vyplňovaly v paleogénu rychle poklesávající pánev mnohdy velmi mocnými souvrstvími, v celkové **mocnosti až 5 000 m**.

Od eocénu se začíná magurský prostor od jihovýchodu zvedat a sedimentace je směrem k předpolí postupně ukončována.

Ve spodním oligocénu, (středně až hrubě rytmický flyš, pískovce a jílovce), se stává magurský prostor souší a sedimentace pokračuje jen v pánvích vnější skupiny jednotek. Výsledný obraz geologické stavby magurského příkrovu je dán **helvetskými, sávskými a štýrskými** horotvornými pohyby. Ty postupně přesunuly těleso tohoto **bezkořenného příkrovu**. Po jeho dosunutí intrudovaly zřejmě ve středním miocénu v okolí Uherského Brodu **neovulkanity** (olivinické bazalty, trachybazalty, trachyandezity) vytvářející v horninách bělokarpatské jednotky především pravé a ložní žíly.



Obr. 80. Litostratigrafické schéma flyšového pásma Karpat na Moravě (podle Stráník, 1997).



Obr. 88. Schéma geotektonických jednotek Západních Karpat na Moravě. Legenda: 1 – postorogenní sedimenty (baden – pliocén), 2 – spodní miocén karpatské předhlubně a vídeňské pánve, 3 – pouzdřanská jednotka, 4 – ždánicko – podslezská jednotka, 5 – slezská a zdounecká (z) jednotka, 6 – předmagurská jednotka, 7 – magurská skupina příkrovů, 8 – bradlové pásmo, 9 – Český masív, 10 – erozivní hranice, 11 – čelo příkrovů, 12 – čela tektonických šupin, 13 – zlomy.

Slezská jednotka

Sedimentace v terciéru pokračuje ze svrchní křídy nepřerušeně (istebňanském souvrství) a má ráz **středně až hrubě rytmického flyše** s převládajícími drobovými pískovci až slepenci a především černošedými písčitými jílovci. Nad nimi se ukládá drobně rytmické **podmenilitové souvrství** s převládajícími tmavými převážně nevápnitými jílovci, výše pak oligocénní **menilitové souvrství** s charakteristickými **silicity** (menilit - opálová hmota vzniklá především nahromaděním schránek a kostřiček rozsivek, křemenek, mřížovců). Závěr sedimentace ve slezském bazénu ovlivnily **helvetské pohyby**. Ta je tedy završena opět **flyšovým vývojem**, rytmickým střídáním jílovců a slídnatých pískovců **krosněnského souvrství**, jejichž materiál pochází především ze zvedajícího se valu (kordilery) mezi magurským a krosněnským sedimentačním prostorem. Slezský prostor je poté vyzdvižen, sunut a na počátku **středního miocénu** dosunut jako **střižný bezkořenný příkrov** do nynější pozice.

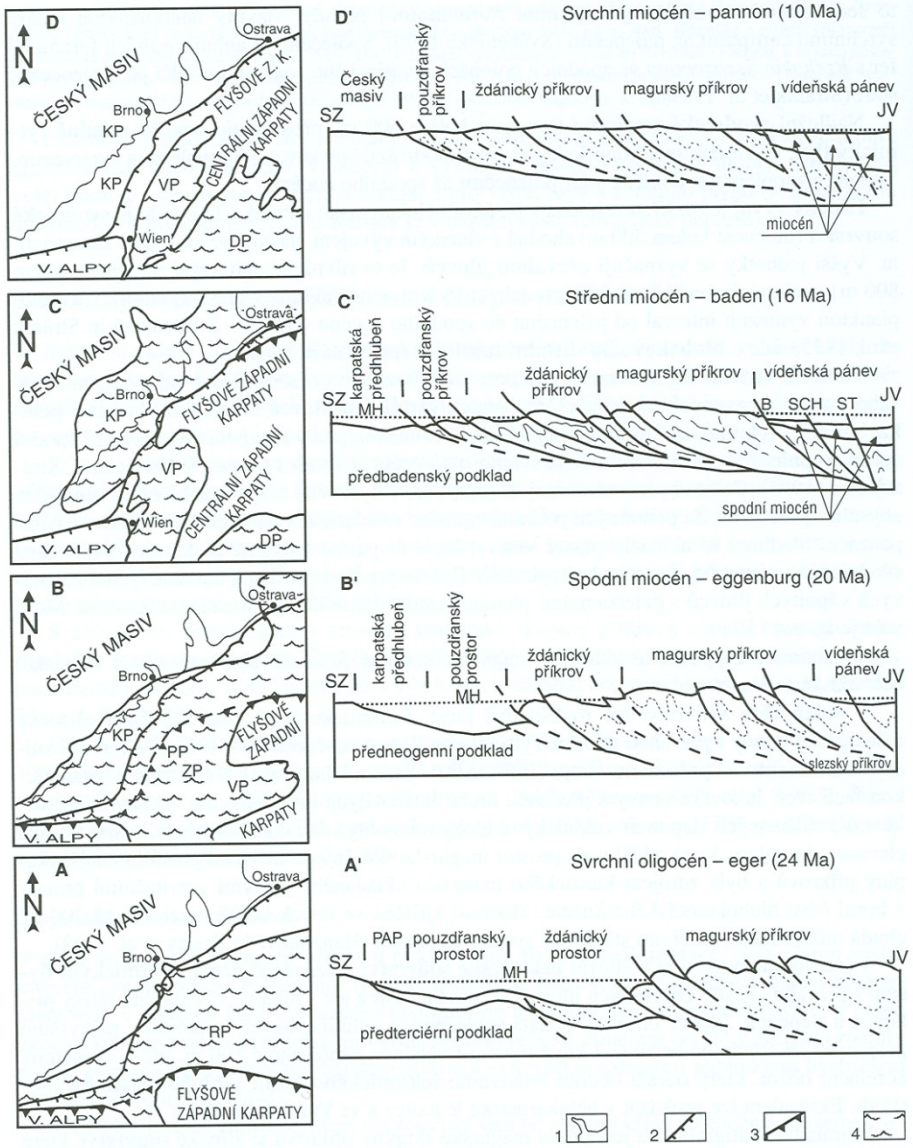
Ždánická jednotka

Terciérní vývoj sedimentačního prostředí ždánického prostoru pokračuje z křídy a do paleogénu až spodního miocénu. Převládají v něm jílovce. Při hranici paleogenu a neogenu se ukládá flyš **ždánicko-hustopečského souvrství**. Tato sedimentace **odráží helvetské pohyby** orogénu v nejvyšším oligocénu, odpovídá **krosněnské facii,** a přesahuje ve ždánické jednotce ještě do nejstaršího miocénu.

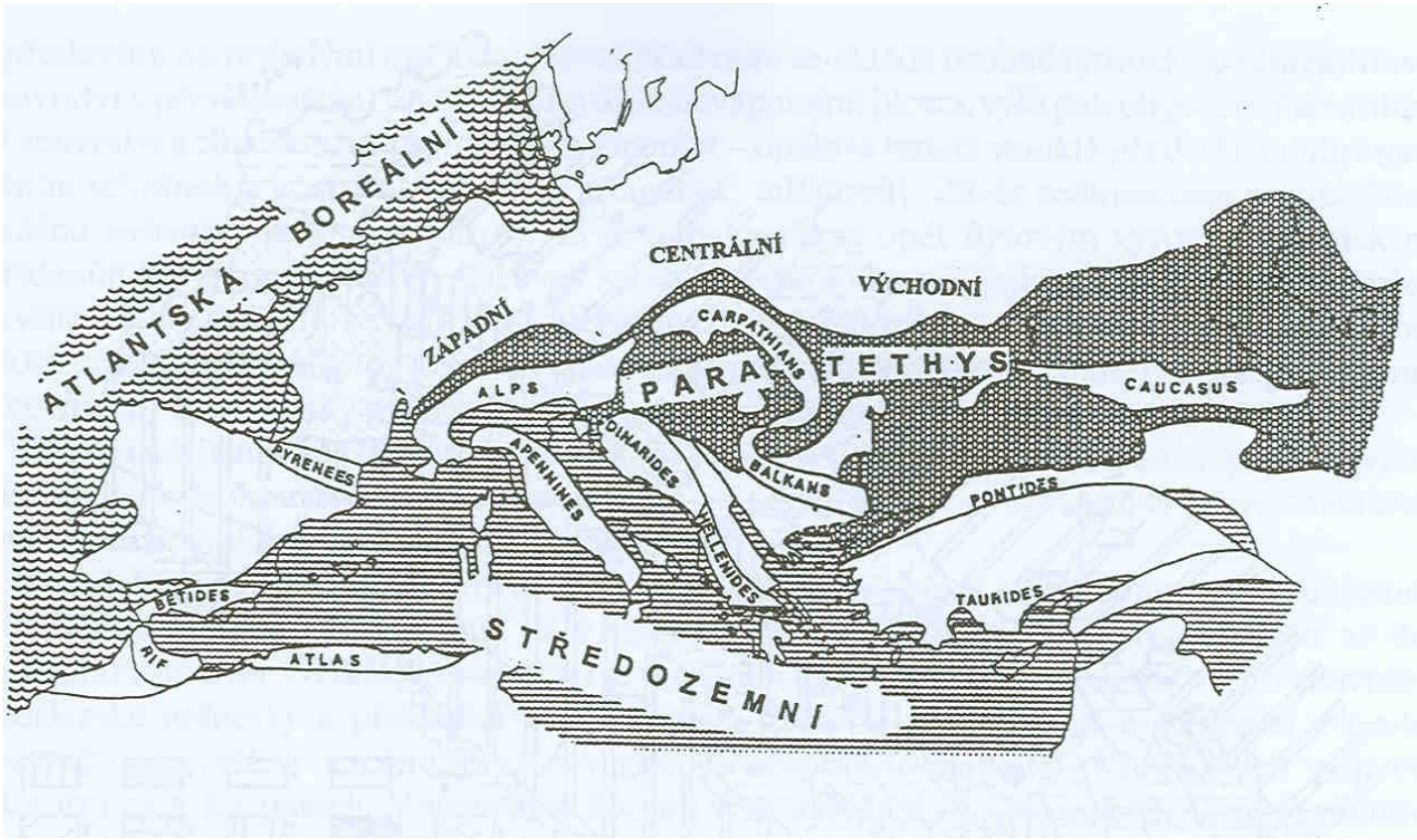
Nadložní spodnomiocenní pelity představují již sedimenty zbytkové pánve nesené sunutými příkrovy k předpolí. **Sávské** horotvorné pohyby totiž ve spodním miocénu výplň ždánického prostoru zvrásnily a **štýrské pohyby** v závěru spodního miocénu zformovaly do **příkrovové podoby** a dnešní pozice. Terciérní sedimentace v **podslezské jednotce** má podobnými rysy jako ve ždánické jednotce (viz dále).

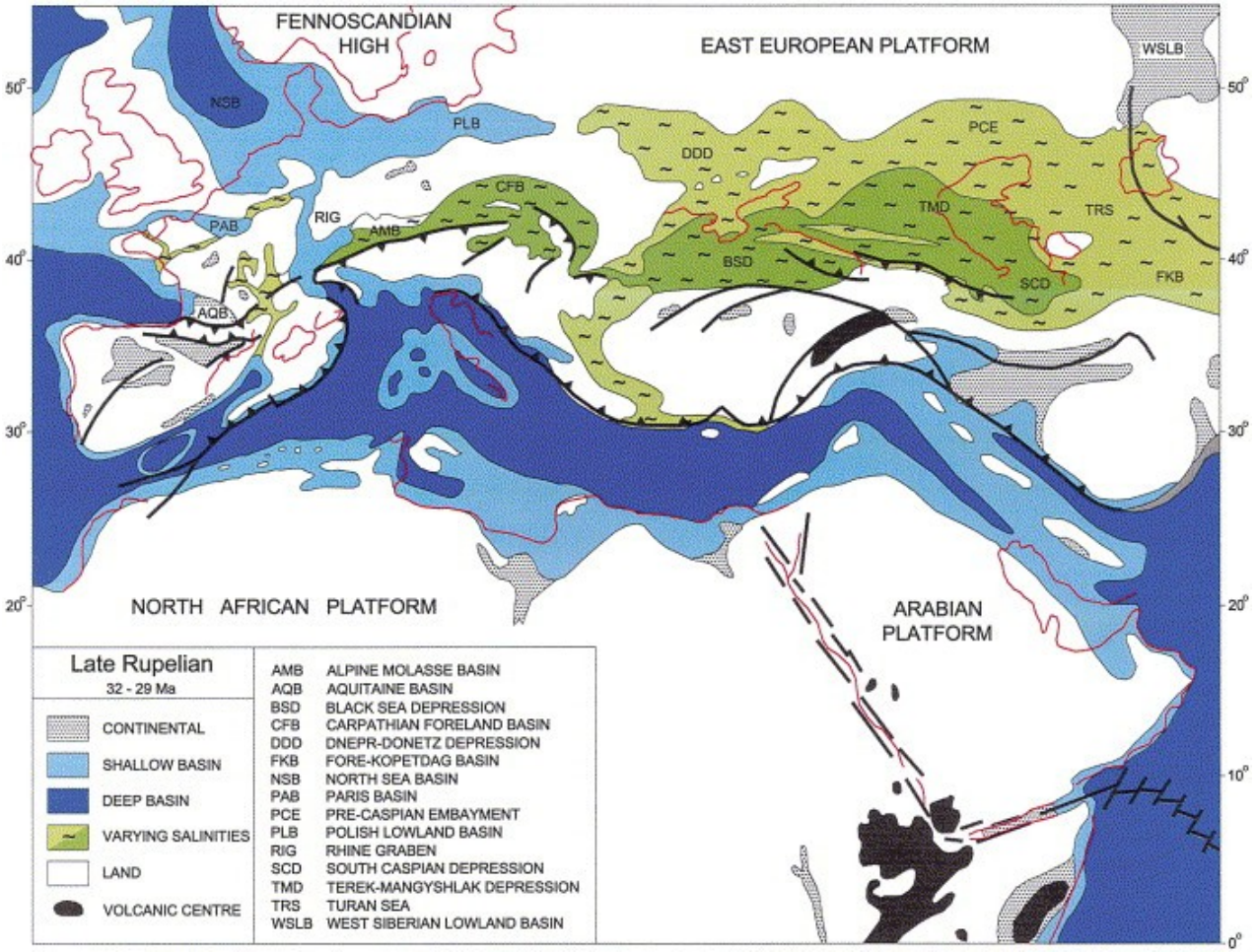
Pouzdřanská jednotka dnes leží před čelem ždánického příkrovu a vystupuje souvisle na povrch v **úzké šupině** mezi Strachotínem a Újezdem u Brna. Její historický vývoj můžeme interpretovat až **od svrchního eocénu**. Do spodního miocénu převládala sedimentace pelitů, která byla ukončena rytmickou flyšovou sedimentací šedých silně slídnatých pískovců a jílovců (ekvivalent již zmíněné **krosněnské litofacie)**.

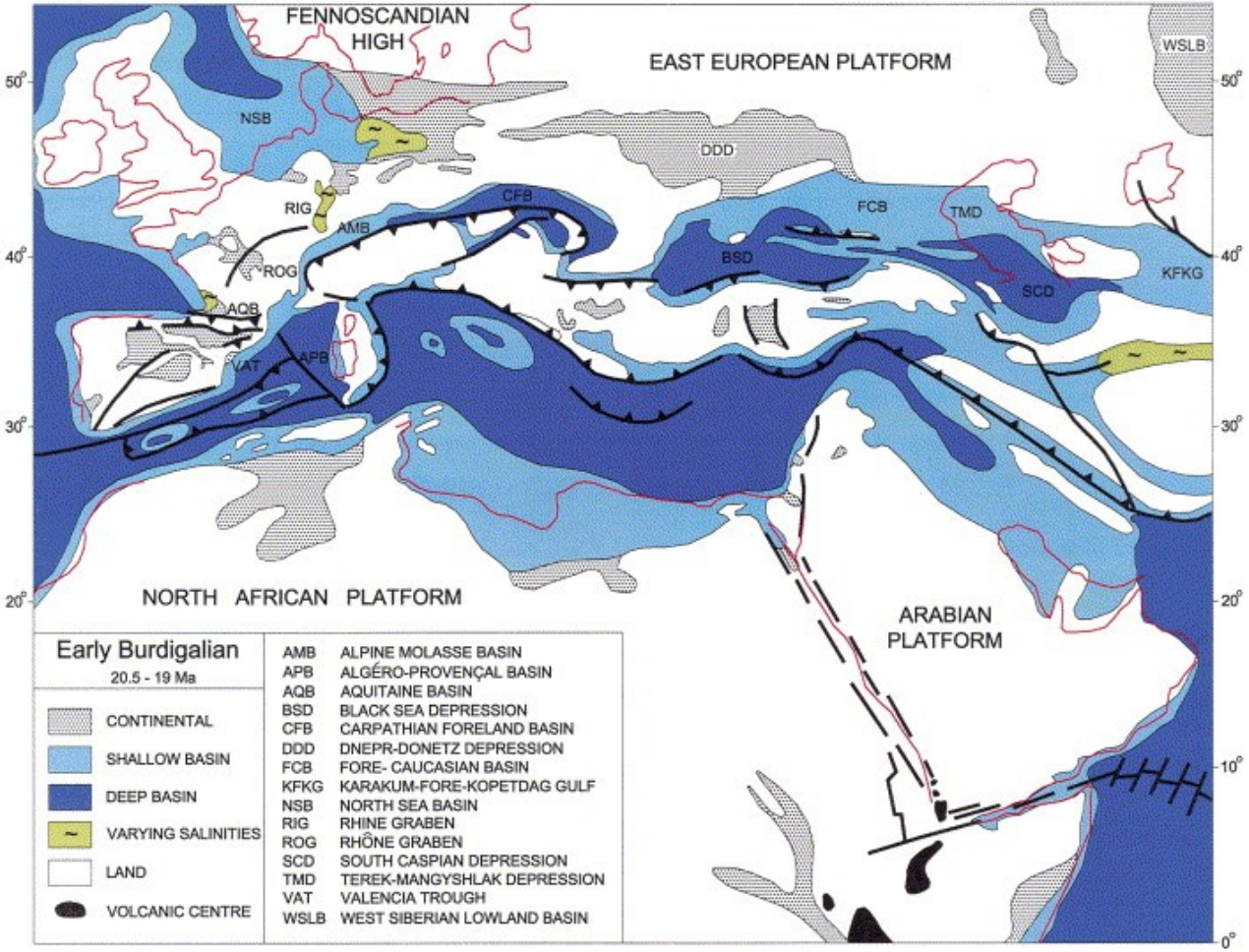
Vývoj pánve je **ukončen ve středním miocénu** opět pelitickou sedimentací. Počátek její sedimentace se v jednotlivých dílčích sedimentačních bazénech posouvá v čase a mládne od vnitřku směrem k předpolí vnějšího flyšového pásma. Oblast pouzdřanského prostoru se zvedá a během **štýrských pohybů** se vrásní a přesouvá ještě během karpatu k severovýchodu. Výsledkem je **šupinovitá stavba pouzdřanského příkrovu** nasedající na spodní miocén karpatské předhlubně (viz dále).

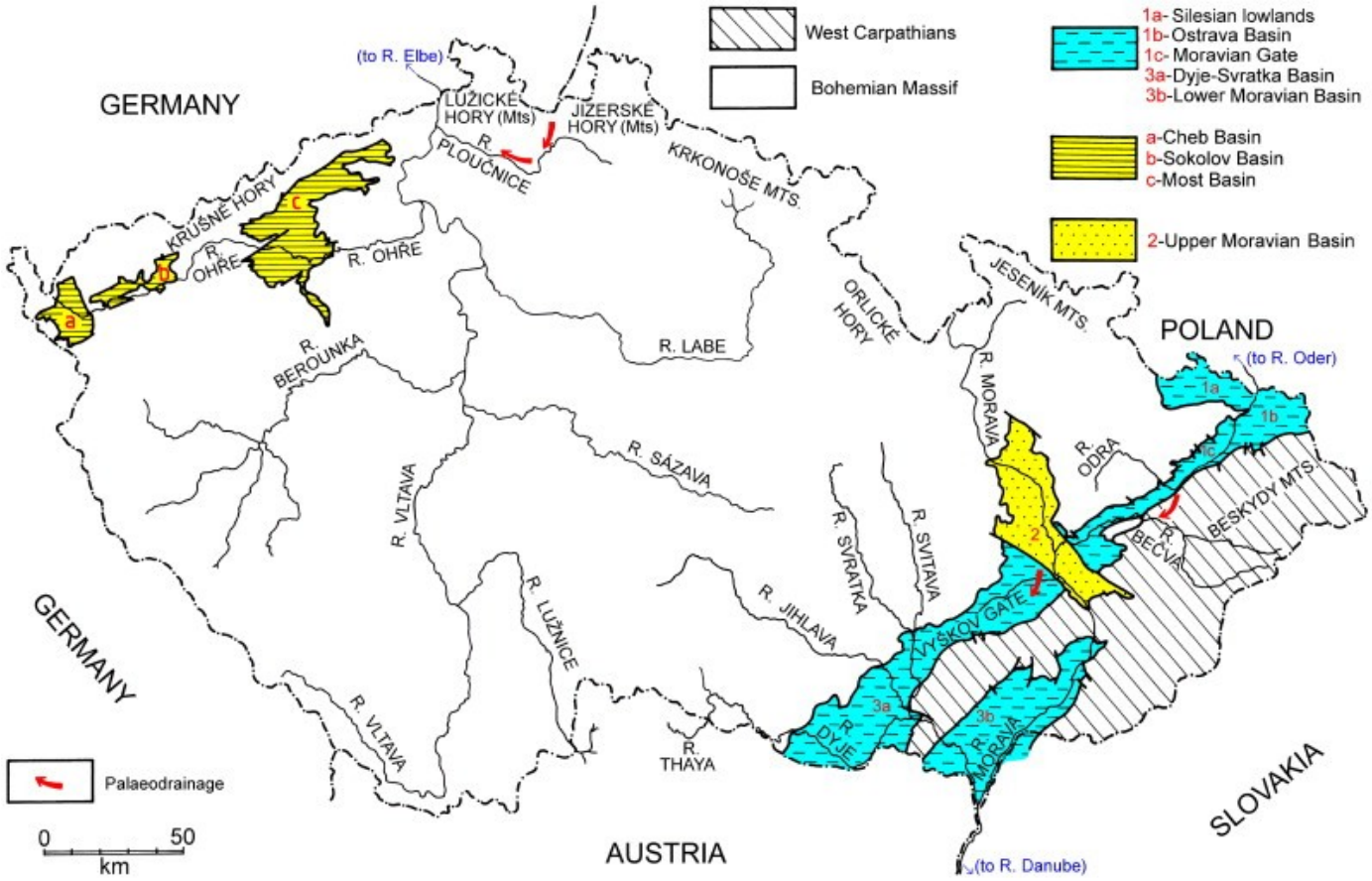


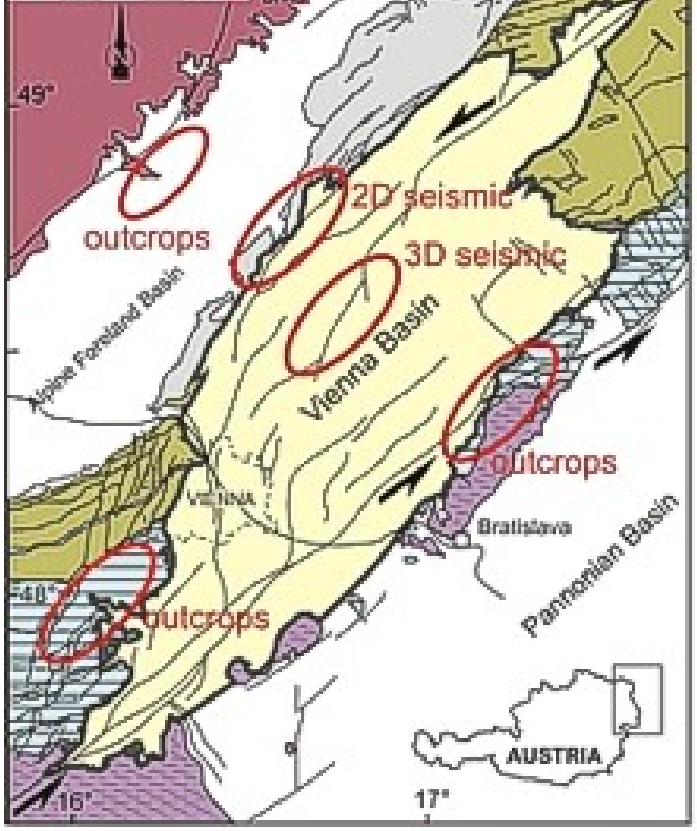
Obr. 244. Paleogeografické a tektonické schéma vývoje Západních Karpat na Moravě v terciéru (Z. Stráník – R. Brzobohatý, orig.). 1 – okraj Českého masivu vystupující na povrch; 2 – dnešní okraj přesunutých Západních Karpat; 3 – vnější okraj flyšových příkrovů; 4 – mořské pánve. MH – mořská hladina; PAP – prostor autochtonního paleogénu; B – zlomový systém Bulhar; SCH – schrattenberský zlomový systém; ST – steinberský zlomový systém; RP – zbytkové (reziduální) pánve; VP – vídeňská pánev; ZP – ždánický prostor; PP – pouzdřanský prostor; KP – karpatská předhlubeň; DP – dunajská pánev.


ATLANTSKÁ
BOREÁLNÍ
ZÁPADNÍ
CENTRÁLNÍ
VÝCHODNÍ
CARPATHIANS
PARA
TETHYS
ALPS
CAUCASUS
PYRENEES
APENNINES
DINARIDES
HELLENIDES
BALKANS
PONTIDES
BETIDES
TAURIDES
RIF
ATLAS
STŘEDOZEMNÍ


FENNOSCANDIAN HIGH
EAST EUROPEAN PLATFORM
NORTH AFRICAN PLATFORM
ARABIAN PLATFORM
NSB
PLB
PAB
RIG
CFB
AMB
AQB
DDD
PCE
TMD
TRS
BSD
SCD
FKB
WSLB
50°
40°
30°
20°
10°
0°
Late Rupelian
32 - 29 Ma
CONTINENTAL
SHALLOW BASIN
DEEP BASIN
VARYING SALINITIES
LAND
VOLCANIC CENTRE
AMB ALPINE MOLASSE BASIN
AQB AQUITAINE BASIN
BSD BLACK SEA DEPRESSION
CFB CARPATHIAN FORELAND BASIN
DDD DNEPR-DONETZ DEPRESSION
FKB FORE-KOPETDAG BASIN
NSB NORTH SEA BASIN
PAB PARIS BASIN
PCE PRE-CASPIAN EMBAYMENT
PLB POLISH LOWLAND BASIN
RIG RHINE GRABEN
SCD SOUTH CASPIAN DEPRESSION
TMD TEREK-MANGYSHLAK DEPRESSION
TRS TURAN SEA
WSLB WEST SIBERIAN LOWLAND BASIN

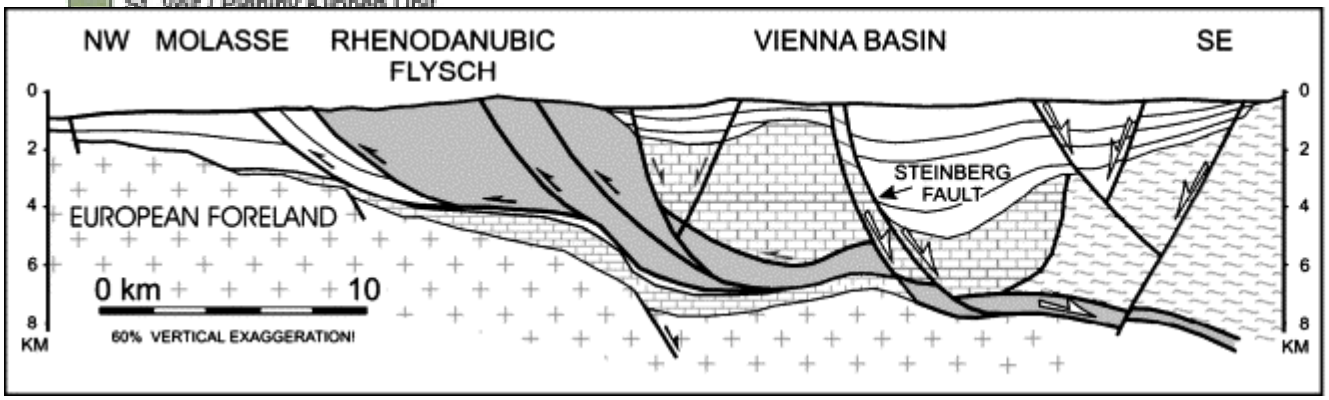

FENNOSCANDIAN HIGH
EAST EUROPEAN PLATFORM
NORTH AFRICAN PLATFORM
ARABIAN PLATFORM
NSB
RIG
ROG
AMB
CFB
DDD
FCB
TMD
BSD
SCD
KFKG
WSLB
AQB
VAT
APB
50°
40°
30°
20°
10°
0°
Early Burdigalian
20.5 - 19 Ma
CONTINENTAL
SHALLOW BASIN
DEEP BASIN
VARYING SALINITIES
LAND
VOLCANIC CENTRE
AMB ALPINE MOLASSE BASIN
APB ALGÉRO-PROVENÇAL BASIN
AQB AQUITAINE BASIN
BSD BLACK SEA DEPRESSION
CFB CARPATHIAN FORELAND BASIN
DDD DNEPR-DONETZ DEPRESSION
FCB FORE- CAUCASIAN BASIN
KFKG KARAKUM-FORE-KOPETDAG GULF
NSB NORTH SEA BASIN
RIG RHINE GRABEN
ROG RHÔNE GRABEN
SCD SOUTH CASPIAN DEPRESSION
TMD TEREK-MANGYSHLAK DEPRESSION
VAT VALENCIA TROUGH
WSLB WEST SIBERIAN LOWLAND BASIN

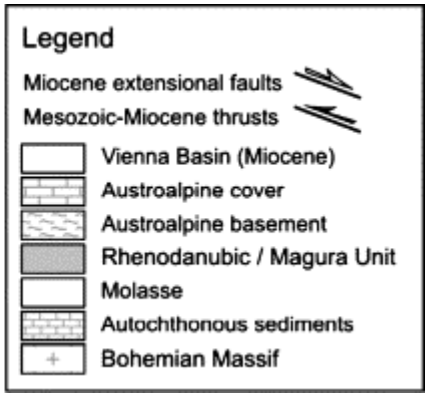

West Carpathians
Bohemian Massif
1a- Silesian lowlands
1b- Ostrava Basin
1c- Moravian Gate
3a-Dyje-Svratka Basin
3b-Lower Moravian Basin
a-Cheb Basin
b-Sokolov Basin
c-Most Basin
2-Upper Moravian Basin
GERMANY
(to R. Elbe)
LUŽICKÉ HORY (Mts)
JIZERSKÉ HORY (Mts)
R. PLOUČNICE
KRKONOŠE MTS.
KRUŠNÉ HORY
R. OHŘE
R. OHŘE
R. BEROUNKA
R. LABE
ORLICKÉ HORY
JESENÍK MTS.
POLAND
(to R. Oder)
R. MORAVA
R. ODRA
R. VLTAVA
R. SÁZAVA
R. SVRATKA
R. SVITAVA
R. BEČVA
BESKYDY MTS.
VYŠKOV GATE
R. JIHLAVA
R. LUŽNICE
R. DYJE
R. MORAVA
R. VLTAVA
R. THAYA
GERMANY
SLOVAKIA
AUSTRIA
(to R. Danube)
Palaeodrainage
0
50
km

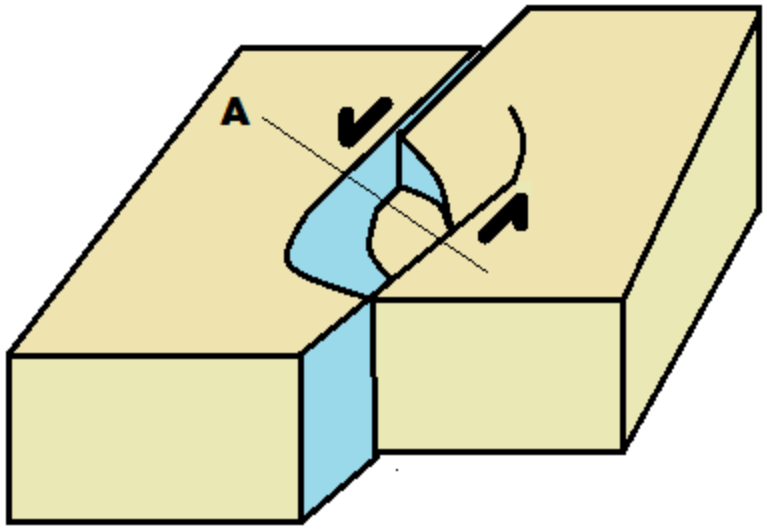


There are two structural levels in the VB. The lowest level is formed of folded rocks of Alpine orogeny. On this highly distorted base, a Neogene basin filling rests, made of marine, brackish and freshwater sediments of the Eggenburgian to Pliocene age. The Neogene formations are distorted by fault tectonics only (Jiříček 2002). The maximum thickness of the Neogene deposits in the central part of the VB is 5,500m. The basin developed as the **piggy-back** basin from Eggenburgian to lower Badenian, and as the **pull-apart basin** from the middle Badenian.

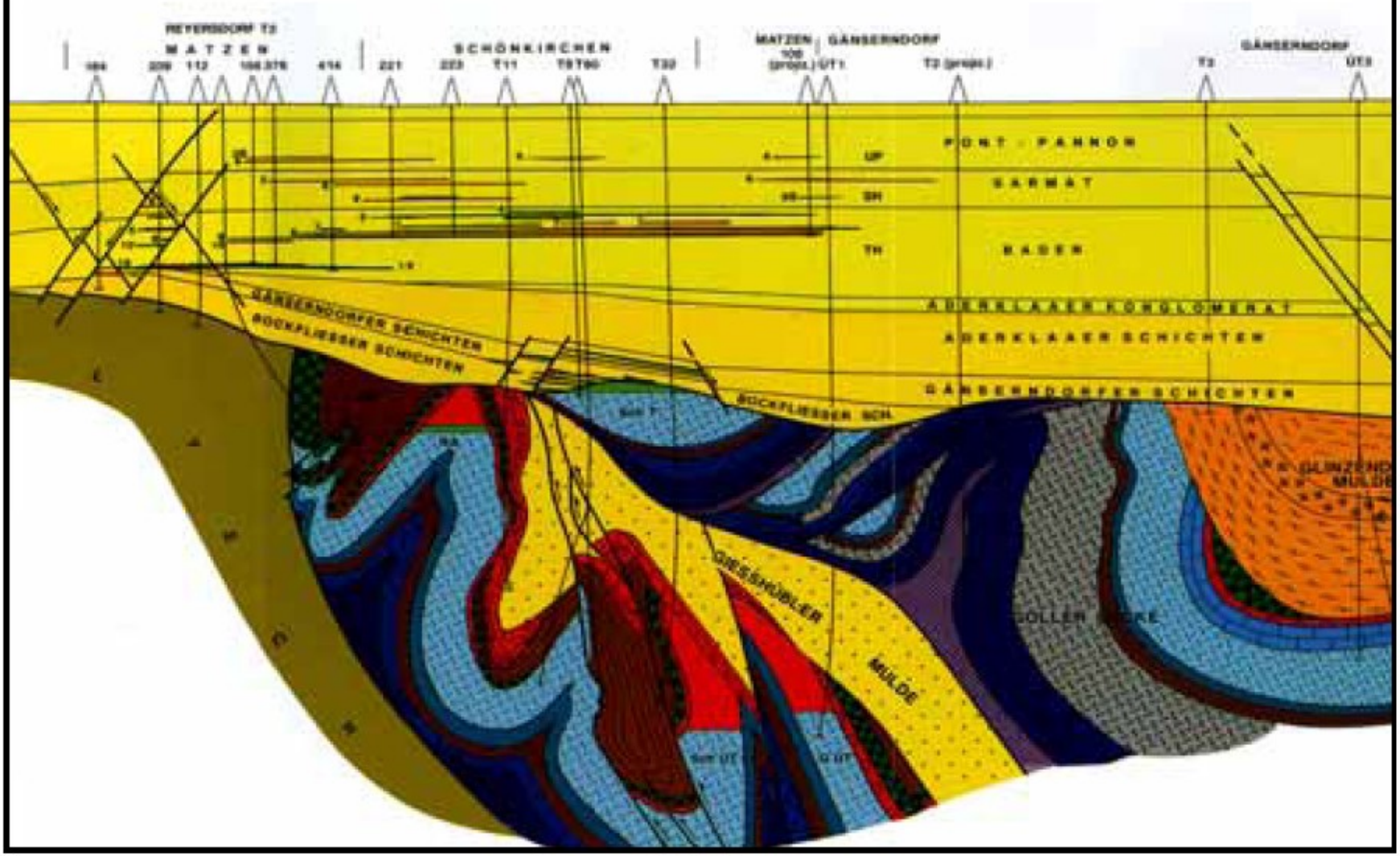
Bohemian Massif
Neogene sediments
Subsilesian / Silesian Unit
Rhenodanubic / Magura Unit
Austroalpine cover
Austroalpine basement
Thrust faults
Strike slip/normal faults






A

Introduction - Geology

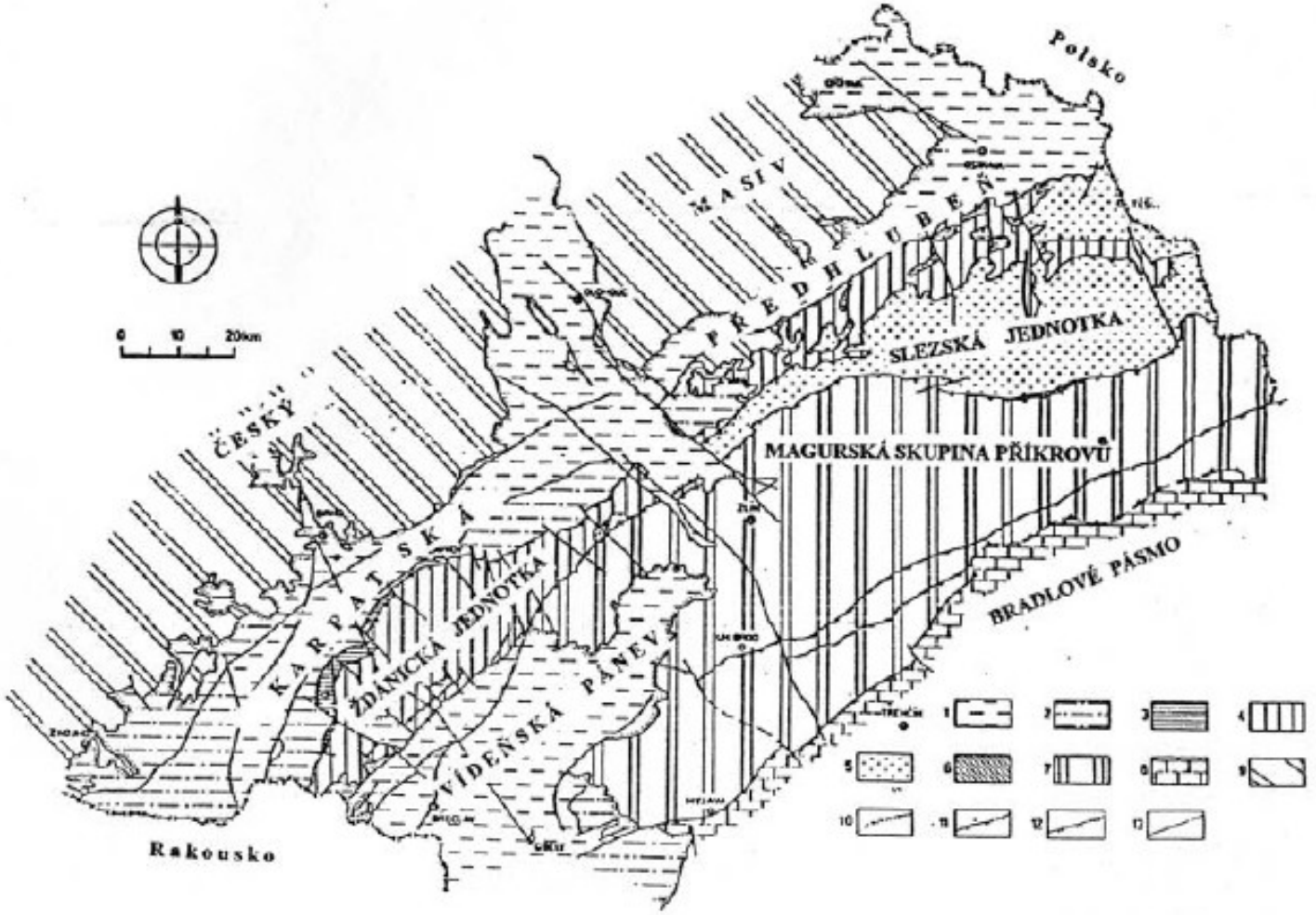


Z nesených pánví patří k nejvýznamnějším **pánev vídeňská**. Jde o naloženou **pánev sunutou** nejprve ve spodním miocénu se svým příkrovovým podkladem na platformu.

1. **Etapa vývoje.** V depresích tohoto mobilního podkladu (především jednotky magurské skupiny, dále též ždánická jednotka, centrálně karpatské jednotky a jednotky bradlového pásma) se **ve spodním miocénu** ukládaly převážně **mořské sedimenty**, na bázi nejprve pískovce a slepence suťového rázu, později slídnaté vápnité jílovce (šlíry) lužického souvrství (eggenburg - ottnang). Během stupně karpatu pokračovala sedimentace ukládáním mocných sledů písků a šedých písčitých vápnitých jílů až jílovců s četnými zuhelnatělými zbytky suchozemské flóry a **končila v brakických mělkovodních podmínkách uložením pestrých vápnitých jílů s anhydritem**. V tomto období vrcholí šikmá kolize orogénu s platformou. Sunutí příkrovů na jižní Moravě končí, na rozhraní Západních Karpat a Východních Alp vzniká **levostranná střižná zóna** umožňující dosouvání příkrovů na Ostravsku a v Polsku a rozevírající prostřednictvím horizontálních posunů depozitní centra **vídeňské pánve v nové podobě (pull apart)**.
2. **Etapa vývoje**

Do takto přebudované pánve, jejíž centrum se přesunulo více k jihu (na rakouské území), proniká **střednomiocenní** moře jako odraz rozsáhlé komunikace Paratethydy se světovým oceánem a ukládá během badenu především **vápnité jíly**. Organogenní vápence, písky a pestré jíly dokládají dočasná změlčení prostředí. **Koncem badenu** dochází k postupnému zvedání dna, změlčování, a **čistě mořská sedimentace končí**. V následujícím stupni sarmatu se již pánev vyvíjí v **brakických** místy i sladkovodních podmínkách s endemickou faunou svědčící o komplikované a neúplné komunikaci střední části Paratethydy s mořskými pánvemi. **Izolace vídeňské pánve** pokračuje i ve svrchním miocénu (pannon, pont). Pánev se mění ve vyslazující se **vnitrozemské jezero s endemickou faunou**, a je vyplňovaná především různými typy písků, podřadně i jílů. V nižším pannonu obsahují **kyjovskou** a v pontu pak **dubňanskou lignitovou sloj**. **Během pliocénu** se stává tato oblast **souší** s ustupující a končící **limnickou a fluviální** sedimentací (ve slovenské části vídeňské pánve). Souhrnná neogenní výplň vídeňské pánve přesahuje mocnost **5 000 m**. Její pestré faciální složení i geotektonická historie podmínily vznik různých typů pastí pro ropu a zemní plyn a vídeňská pánev se stala díky intenzivnímu průzkumu na **přírodní uhlovodíky** jednou z nejlépe prozkoumaných oblastí střední Evropy.

Obr. 247. Stratigrafické schéma neogénu karpatské předhlubně a vídeňské pánve na Moravě (R. Brzobohatý, orig.).

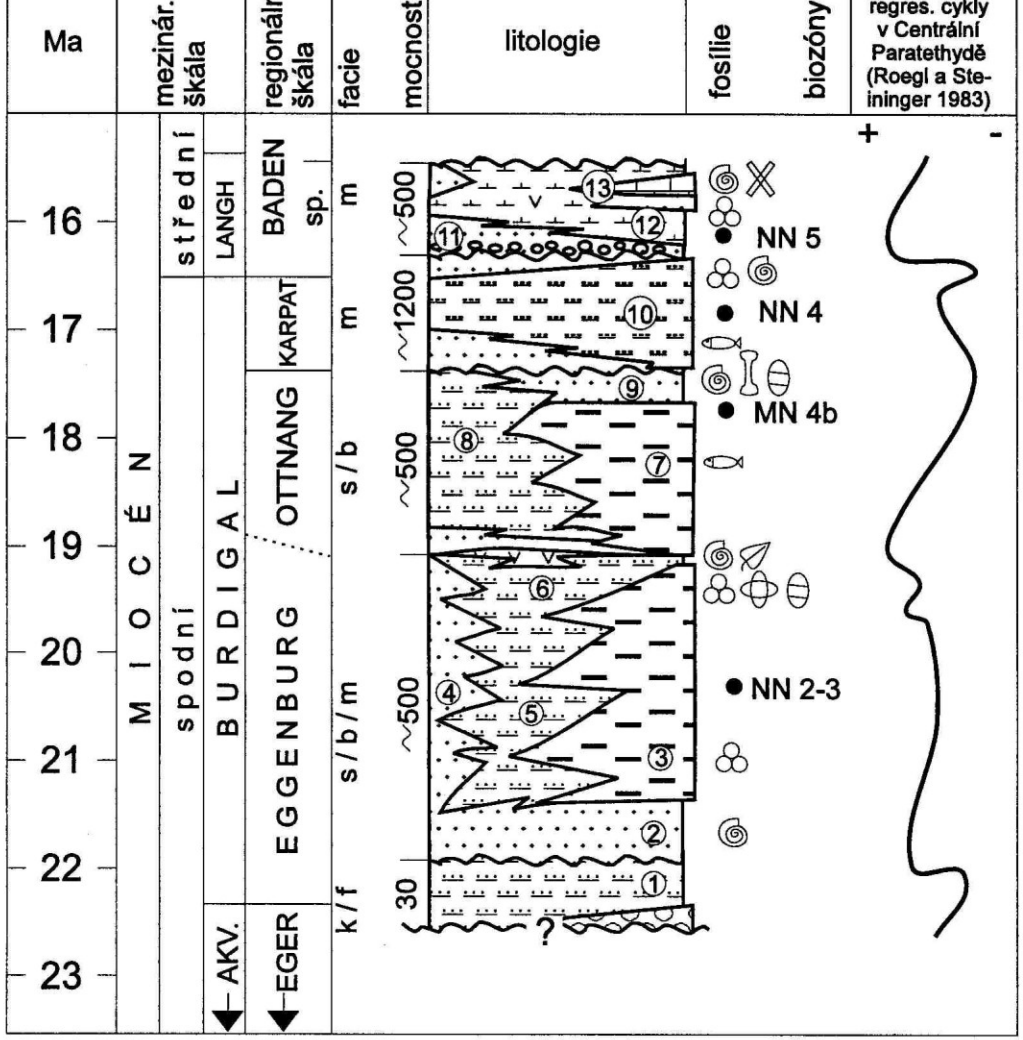

Polsko
MASIV
PŘEDHLUBEŇ
SLEZSKÁ JEDNOTKA
MAGURSKÁ SKUPINA PŘÍKROVŮ
BRADLOVÉ PÁSMO
ČESKÝ
KARPATSKÁ
ŽDÁNICKÁ JEDNOTKA
VÍDEŇSKÁ PÁNEV
Rakousko
0 10 20km

V předpolí příkrovů se během miocénu překládala směrem k severozápadu na Český masiv v několika vlnách depozitní centra druhé významné a převážně mořské pánve, kterou podle pozice označujeme jako **karpatskou předhlubeň**. Její sedimentární výplň leží dnes v převážné míře v **autochtonní pozici** buď před čelem příkrovů nebo pod nimi, místy se stala i součástí paraautochtonu nebo byla zavrásněna i do čel příkrovů.

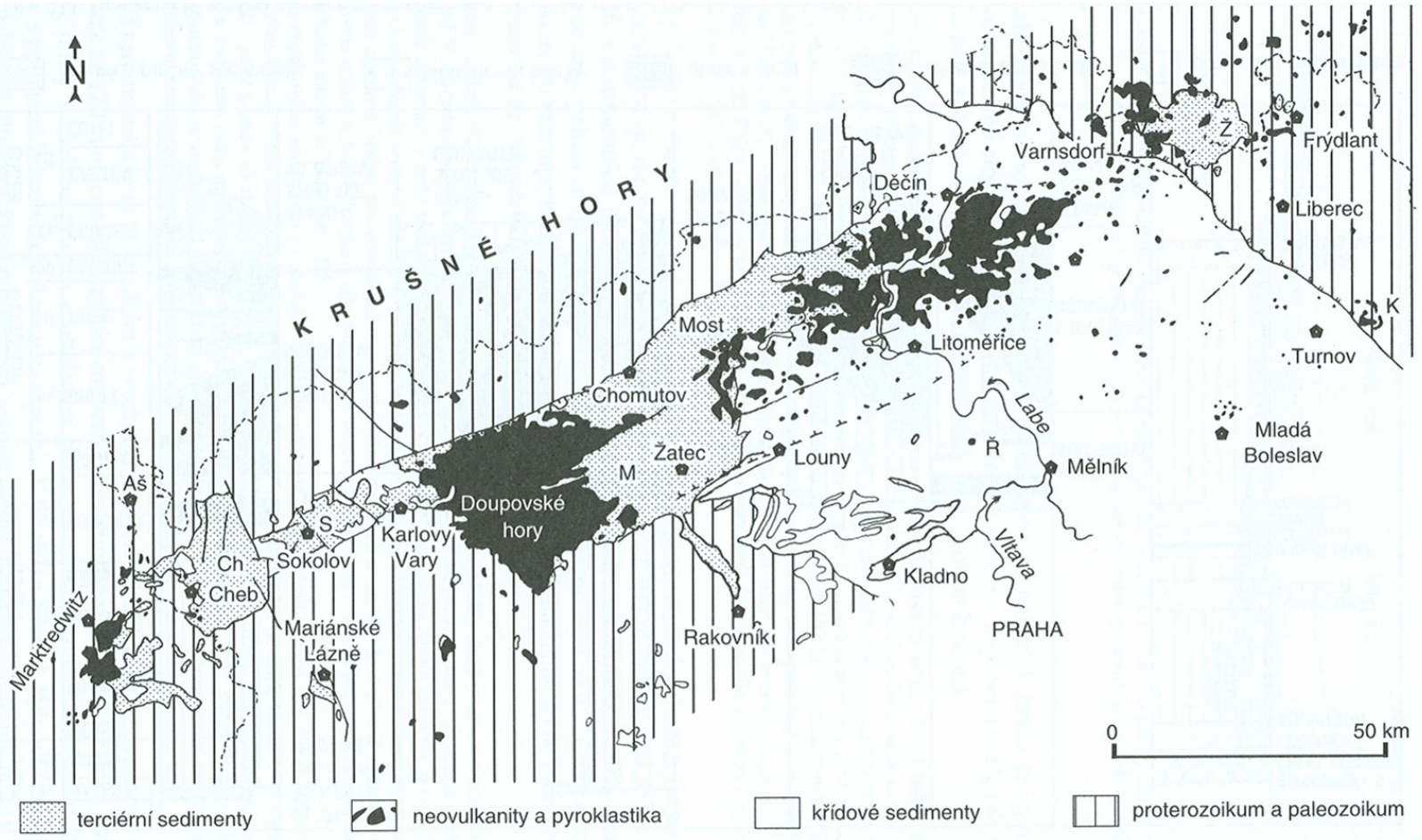
Na Moravě začíná předhlubeň poklesat v **egeru**, kdy se na Znojemsku ukládají proluviální pestré málo mocné soubory písků, štěrků a nevápnitých jílů představující splachy zvětralin. Výsledkem sávských pohybů v karpatském orogénu a eustatického zvýšení hladiny světového oceánu je **mořská transgrese** do prostoru předhlubně **v eggenburgu**. Na morfologicky členitém podloží jihovýchodních svahů Českého masivu se ukládají převážně hrubozrnné štěrky, směrem k východu pak glaukonitické drobové písky a pískovce. Výše následuje ukládání střídavě brakických a mořských jílů, jejichž fauna vykazuje vztahy k vídeňské pánvi. V jejich nejvyšší části jsou významné horizonty tufitických jílů a ryolitových tufitů.

Během **ottnangu** se území předhlubně mírně zvedá. Eggenburgské sedimenty jsou zčásti erodovány, sedimentují **brakické, lagunární a sladkovodní písky a nevápnité jíly**, v nejvyšší části pak tzv. **rzehakiové písky** s endemickou faunou měkkýšů a ryb a jistými transgresními tendencemi směrem k západu. Silná tektonická aktivita spojená s pohyby ve flyšových jednotkách posouvá osu sedimentace k severozápadu a znamená nástup nového **mořského sedimentačního cyklu** v **karpatu**. Na jižní Moravě se ukládají světle šedé písky zastupující se s vrstevnatými, vápnitými jíly s poprašky slíd a prachů na plochách laminace a bohatou mikrofaunou (tzv. **šlíry**), představující nejrozšířenější litotyp karpatu. Na Ostravsku probíhá sedimentace v morfologicky členitějším prostředí a karpat je zde tedy faciálně pestřejší. Na počátku badenu se tak osa sedimentace překládá opět dále k severozápadu. V prvních fázích transgrese se **v badenu** ukládají různé typy písků a štěrků, v hlubších částech pánve a ve vrcholné fázi transgrese sedimentují nevrstevnaté vápnité jíly (tzv. **tégly**) s velmi bohatou mikro- i makrofaunou dokládající výborné spojení s otevřeným mořem jako výsledkem **rozsáhlé mořské komunikace celé Paratethydy s Atlantským i Indickým oceánem**. V mělčích částech pánve se ukládají i řasové a mechovkové vápence (Kroužek, Podbřežice, Ptení, výskyty v Boskovické brázdě).

Během badenu se dosunují flyšové příkrovy severně od Moravské brány na Ostravsku a v Polsku a překrývají v této oblasti i sedimenty spodního badenu předhlubně. Jejich pohyb je spojen s výzdvihem jižní části předhlubně na Moravě, kde **mořská sedimentace definitivně končí**, zatímco na Ostravsku a Opavsku pokračuje ještě do konce badenu. V mořském zálivu zasahujícím z Polska se ukládají jíly se sádrovci a vápnité jíly, jejichž fauna dokládá celkové změlčování tohoto zálivu a postupné ukončení marinní sedimentace na celém území předhlubně na Moravě. U **Wieliczky loziska kamenne soli (střední baden-wielicz).**


Ma
mezinár. škála
regionální škála
facie
mocnost
litologie
fosílie
biozóny
regres. cykly v Centrální Paratethydě (Roegl a Steininger 1983)
+
-
16
17
18
19
20
21
22
23
M I O C É N
spodní
střední
BURDIGAL
LANGH
AKV.
BADEN sp.
KARPAT
OTTNANG
EGGENBURG
EGER
m
m
s / b
s / b / m
k / f
~500
~1200
~500
~500
30
?
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
NN 5
NN 4
MN 4b
NN 2-3
štěrky, slepence
písky, pískovce
písčité jíly
střídání siltovců a jílovců
jíly, jílovce
slíny
m mořské
b brakické
s sladkovodní
f fluviální
k kontinentální
mikrofauna
savci
řasy
cháry
sporomorfy
flóra
NN zóna nanoplanktonu

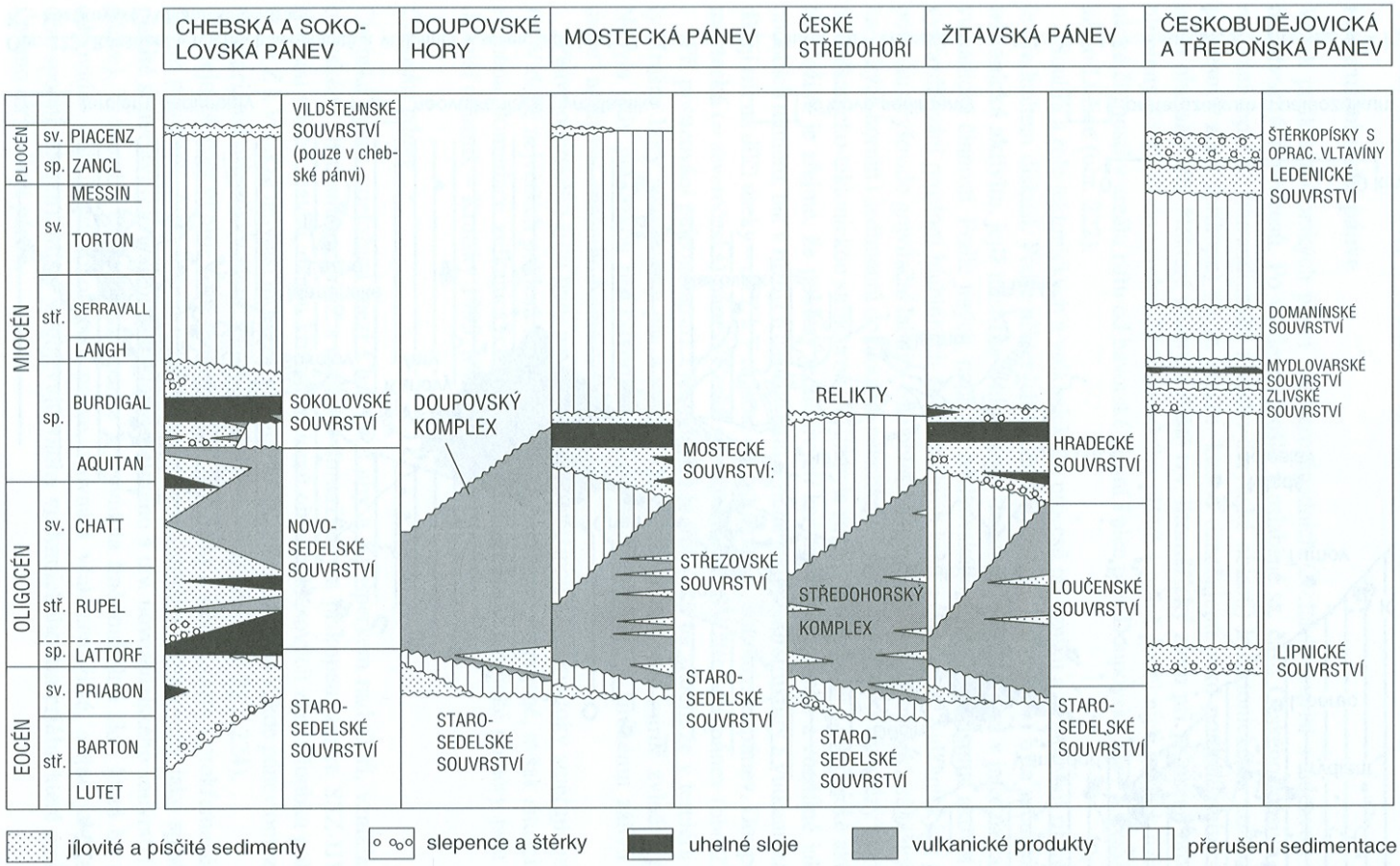
Český masiv



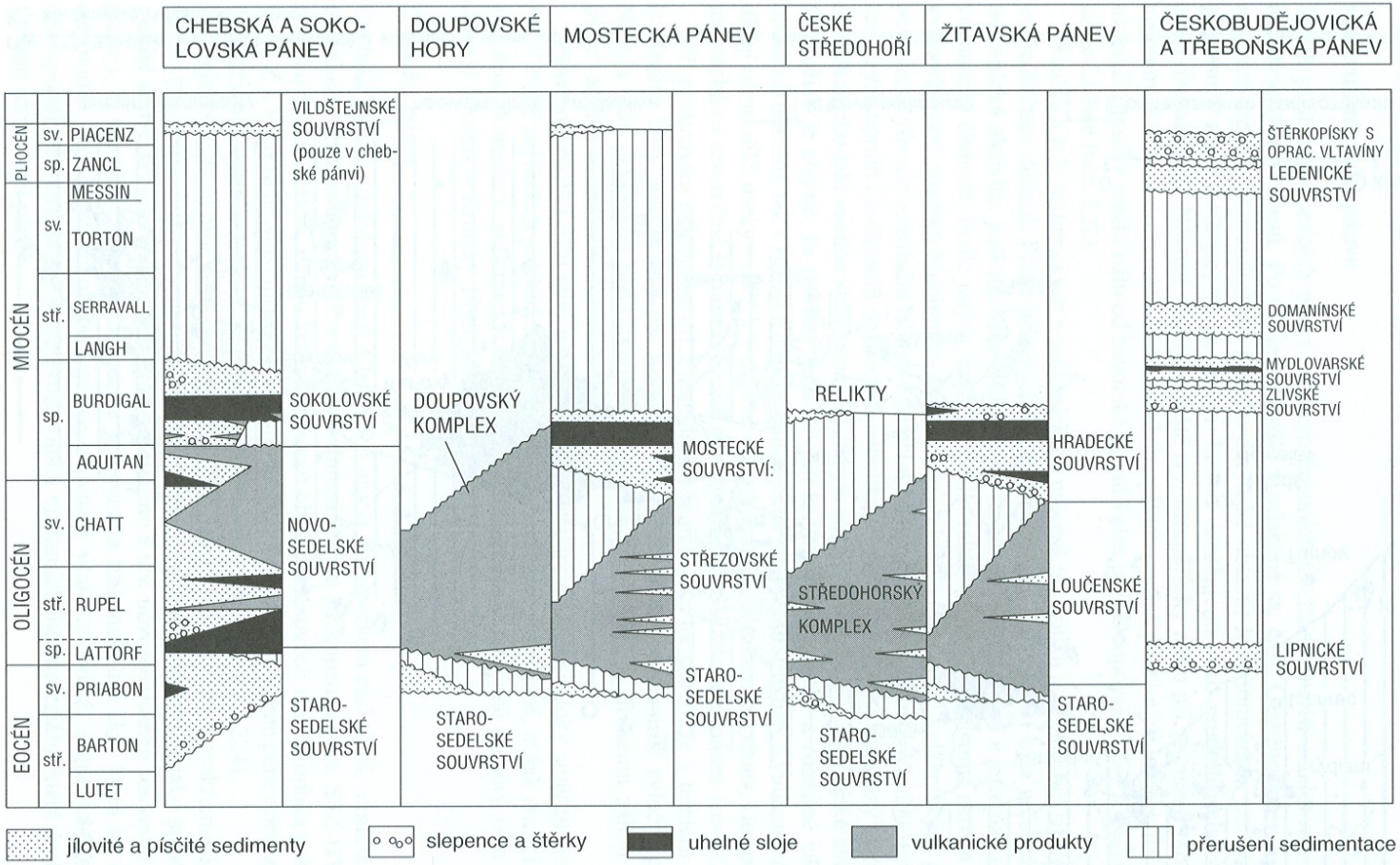
Obr. 222. Rozšíření terciérních sedimentů a vulkanitů v severozápadních Čechách a okolí. Pánve: Ch – chebská, S – sokolovská, M – mostecká, Ž – žitavská; Ř – Říp; K – kozákovské vulkanické centrum.

Cheb and Sokolov basins – sedimentation of clays and sands starts in Eocene. Oligocene-lowermost Miocene coal seams, especially in Sokolov basin, subtropic flora, Cypris formation – clays with silt and sand admixture

Most basin – between Doupov Mts(stratovolcano) and České středohoří Mts) Lake with river deltas. Eocene-Oligocene – clays, sands volcanic products. Main coal seams (10-30m)– lower Miocene. Than again sandsand clays. Big coal quarries, devastation.

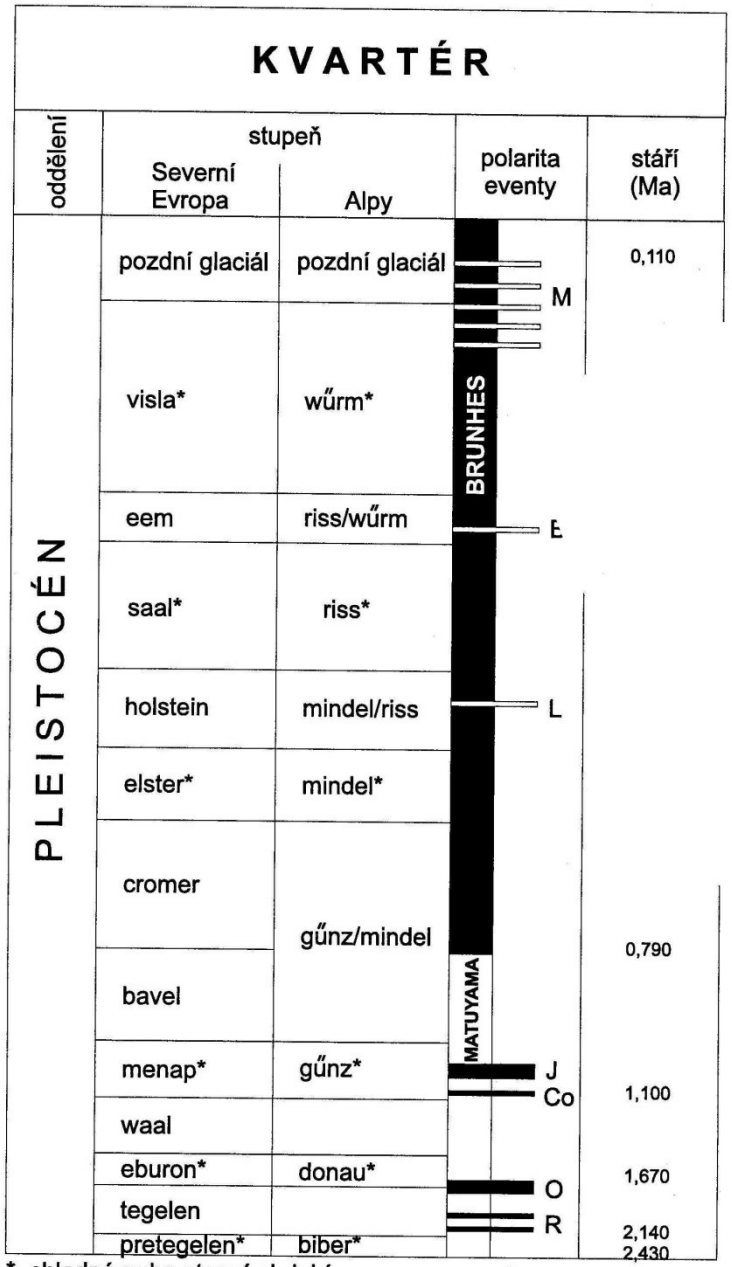


Obr. 223. Stratigrafické schéma hlavních terciérních pánví v Čechách (podle O. Shrbeného et al. 1994, upraveno). Názvosloví některých jednotek nebylo dosud přijato.

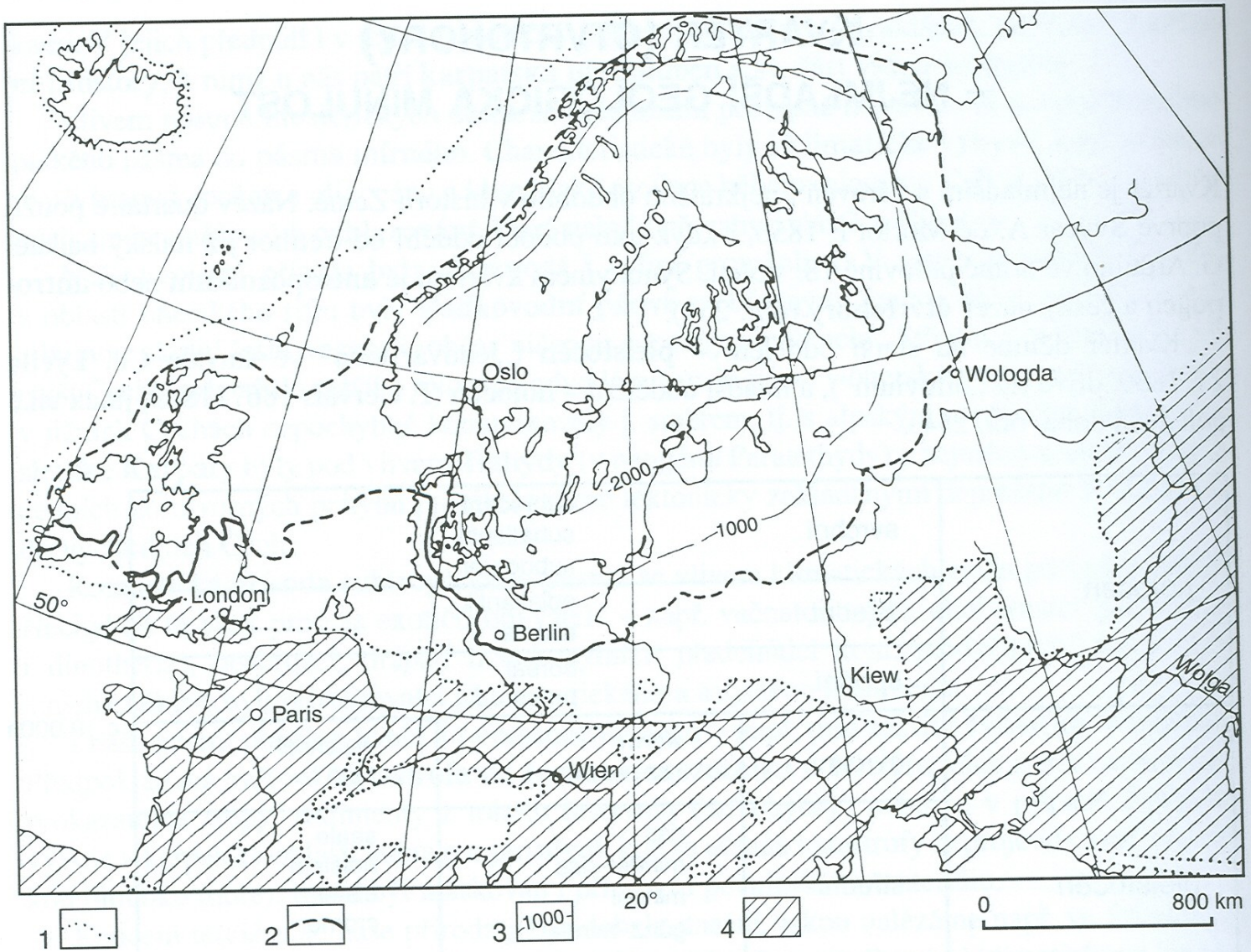


Obr. 223. Stratigrafické schéma hlavních terciérních pánví v Čechách (podle O. Shrbeného et al. 1994, upraveno). Názvosloví některých jednotek nebylo dosud přijato.

Jihočeské pánve (budějovická a třeboňská) byly po větší část paleogénu souší. Teprve počátkem oligocénu začínají poklesávat, i když odchylně oproti své historii křídové. S četnými hiáty jsou tyto pánve vyplňovány především ve starším oligocénu, dále spodním a středním miocénu a v pliocénu **štěrky, písky a jíly (místy s diatomity) říčního a jezerního původu**. Celková mocnost těchto uloženin nepřevyšuje 250 m. V pliocenních štěrkopíscích jsou časté redepozice vltavínů.



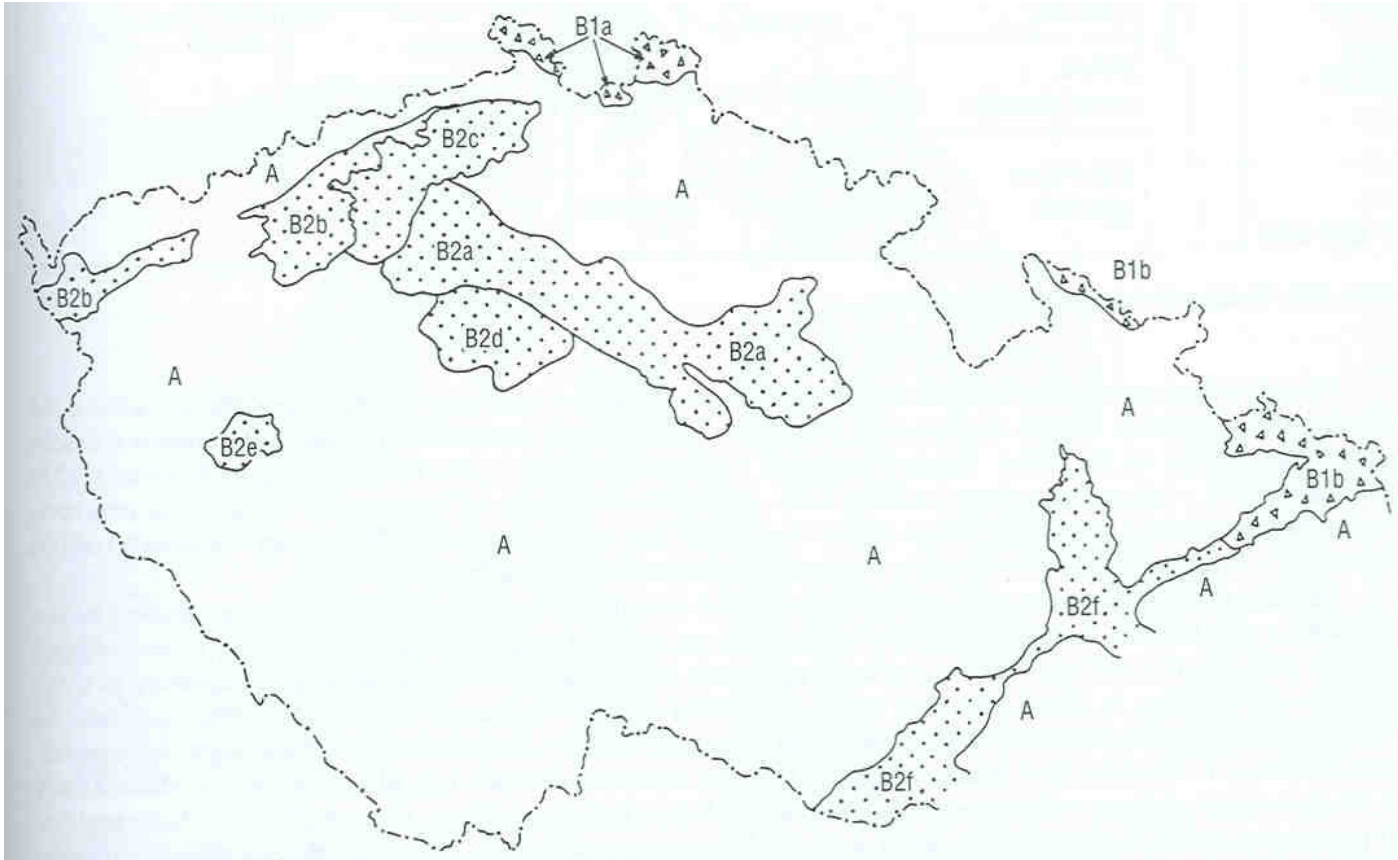
Obr. 91. Základní členění pleistocénu (podle Musil, 1996).



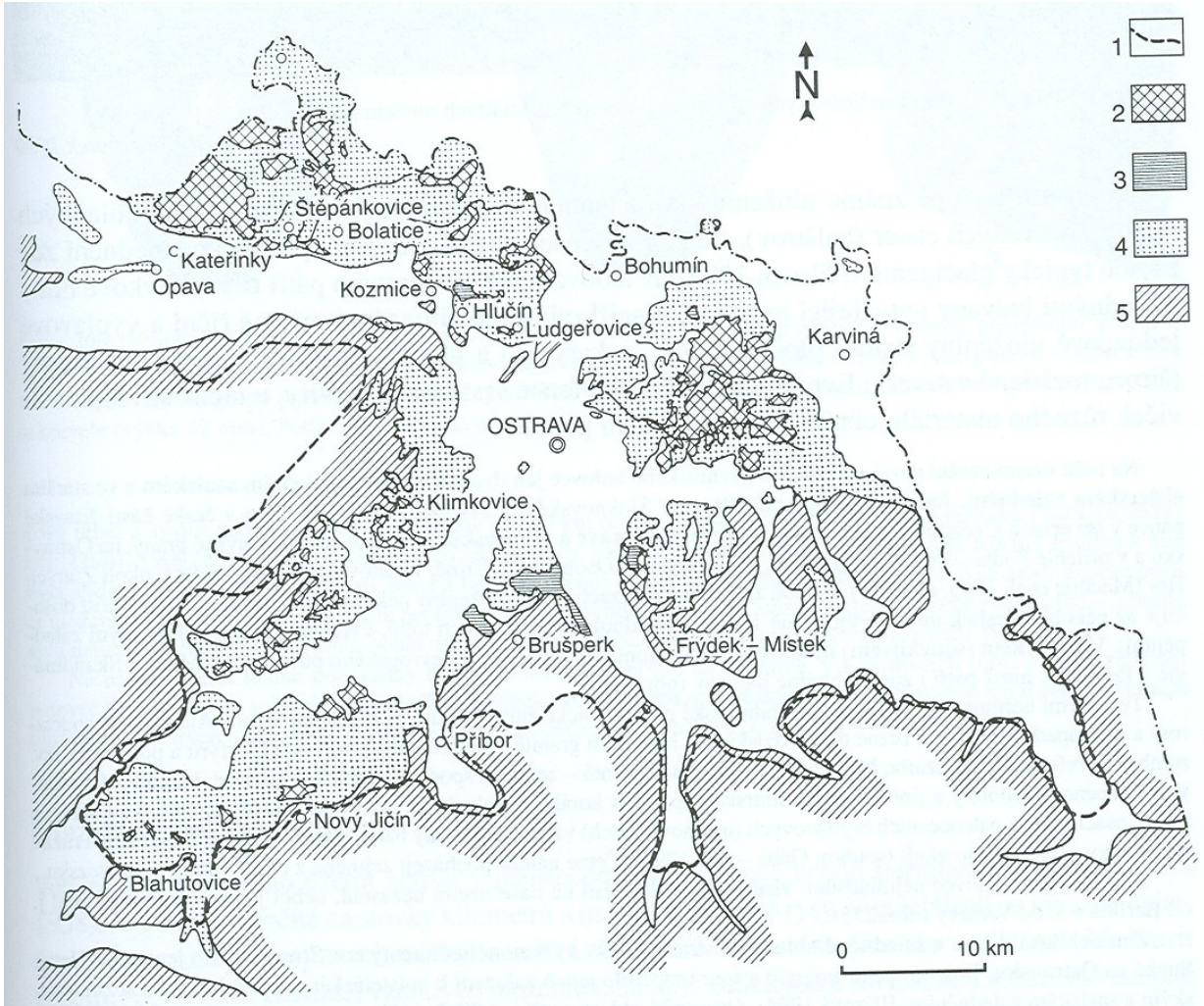
Obr. 255. Rozsah zalednění severní Evropy (podle P. Woldstedta 1958). 1 – hranice maximálního zalednění; 2 – hranice posledního (viselského) zalednění; 3 – mocnosti ledovce v metrech při posledním zalednění; 4 – nezaledněné oblasti.

Kvartér na Moravě a ve Slezsku. Ve střední Evropě patří k nejvýznamnějším oblastem kvartéru území Moravy právě pro svou polohu **mezi kontinentálním zaledněním na severu a alpským vysokohorským zaledněním na jihu**. Sedimenty kvarteru se ukládaly v **akumulačních oblastech**, které můžeme rozdělit na oblasti **kontinentálního zalednění** a **extraglacialni.** Na území severních Čech a severní Moravy pronikl v pleistocénu svým jižním okrajem **severský kontinentální ledovec** dvakrát (elster a saal) a zanechal zde glacigenní sedimenty (především tilly) sahající až do Moravské brány.

Spraš je úlomkovitá usazená hornina **navátá** větrem (čili v odborné terminologii *klastický sediment eolického původu*). Hlavní složkou je jemný křemitý prach (křemen, **živec** a slída; typická velikost částic 0,03-0,06 mm) s příměsí uhličitanu vápenatého, vytvářejícího sražené hrudky („cicváry“), a jílu. Typickou světle okrovou barvu mají na svědomí oxidy železa.
Spraše vznikaly ve velkém množství v pleistocénu (starších čtvrtohorách) v oblastech, do jejichž blízkosti dosahovalo kontinentální zalednění. Rozdrcené horniny, které po sobě zanechal ustupující ledovec se v suché krajině bez vegetace staly snadnou kořistí větru, který vyvál jemné částice na velké vzdálenosti. K usazování spraší docházelo především na závětrné straně hřbetů a údolí. Spraše hojně vyskytují i v České republice, zejména v nížinách jižní Moravy, kde v **Dyjskosvrateckém** a Dolnomoravském úvalu dosahují mocnosti kolem 5-15 m, místy i přes 30 m.



Obr. 262. Kvartér Českého masivu. A – denudační oblasti; B – akumulační oblasti: B1a – oblast kontinentálního zalednění severních Čech, B1b – oblast oderská. Extraglaciální oblasti: B2a – Polabí, B2b – podkrušnohorské pánve, B2c – České středohoří, B2d – Pražská plošina, B2e – Plzeňská kotlina, B2f – moravské úvaly (podle usnesení Čs. stratigrafické komise, J. Tyráček – M. Růžička 1992).



Obr. 264. Rozsah maximálního zalednění na severní Moravě a ve Slezsku. 1 – hranice největšího rozsahu saalského zalednění; 2 – souvkové hlíny; 3 – glacilakustrinní jíly a varvity; 4 – glacilakustrinní písky; 5 – horniny skalního podkladu (J. Macoun et al. 1965).

V Dyjskosvrateckém úvalu začíná fluviální akumulace ve staré předkvartérní říční síti, postupně vyklizované od neogenních převážně mořských sedimentů, již v pliocénu. **V Brněnské kotlině** je tohoto stáří nejstarší **terasa líšeňská**, pleistocenní je již terasa **stránská** (günz) a nejrozsáhlejší a nejmocnější v celém úvalu je **terasa tuřanská** (günz a cromer).Ukládala se v období, kdy Svitava tekla ještě mezi Stránskou skálou a Novou horou a vytvářela jižně od Brna rozsáhlé jezero. **Mladší terasa (riss**) táhnoucí se ze severního (Obřany, Maloměřice) do jižního okraje Brna se ukládala již po přeložení toku Svitavy do dnešní cesty a je označována jako **modřická**. Vývoj terasových úrovní pokračuje pak až do současnosti. Podobně jako na Svitavě a Svratce jsou jednotlivé morfostratigrafické úrovně znamenající střídání erozní a akumulační činnosti řek vyvinuty i na Dyji, Jihlavě a dalších menších tocích směřujících do úvalu. Mají však menší plošný rozsah než výše zmíněné terasy. V úvalu se rozlévala v pleistocénu i řada **průtočných jezer**, jejichž uloženiny jsou zachovány např. u Bulhar, Nových Mlýnů (mindel) a Znojma (poslední glaciál).

Území jižně od Moravské brány bylo v pleistocénu vystaveno velmi intenzivní **eolické činnosti**. Jejím výsledkem jsou proměnlivě mocné **pokryvy spraší** (zvláště jihovýchodních svahů elevací) obsahující často **různé typy půd**. Představují významné stratigrafické úrovně umožňující korelaci pleistocenních uloženin různého typu. Nejlépe zachovaný středoevropský sprašový profil s půdními komplexy **na Červeném kopci v Brně** je výsledkem 11 úplných glaciálních cyklů a umožňuje srovnat sedimentační genezi spraší, půd i říčních teras na Moravě. Jeho vyjímečnost je doplněna blízkostí pleistocenních fenoménů **na Stránské skále u Brna**. Její spodno- a střednopleistocenní profily sutí, spraší, půd a povodňových hlin spolu s perfektně zachovaným profilem **cromeru s bohatou faunou** obratlovců, měkkýšů a ostrakodů slouží jako další standard pro stratifikaci v celém dyjskosvrateckém úvalu i mimo něj. Nejrozsáhlejší **sprašové pokryvy** na Moravě byly naváty během **würmu** a pozdního glaciálu a nezřídka dosahují mocnosti 20 m. Jsou v nich zachovány i významné nálezy nástrojů a osteologických zbytků člověka i dalších antropologických objektů. K nejvýznamnějším **lokalitám paleolitu** na Moravě v nich patří Pavlov, Dolní Věstonice a Předmostí.