

BIOGEOGRAFIJA - GEOBOTANIKA

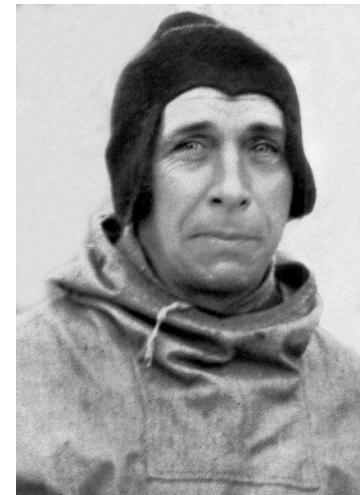


FLORA I VEGETACIJA TIJEKOM GEOLOŠKE PROŠLOSTI

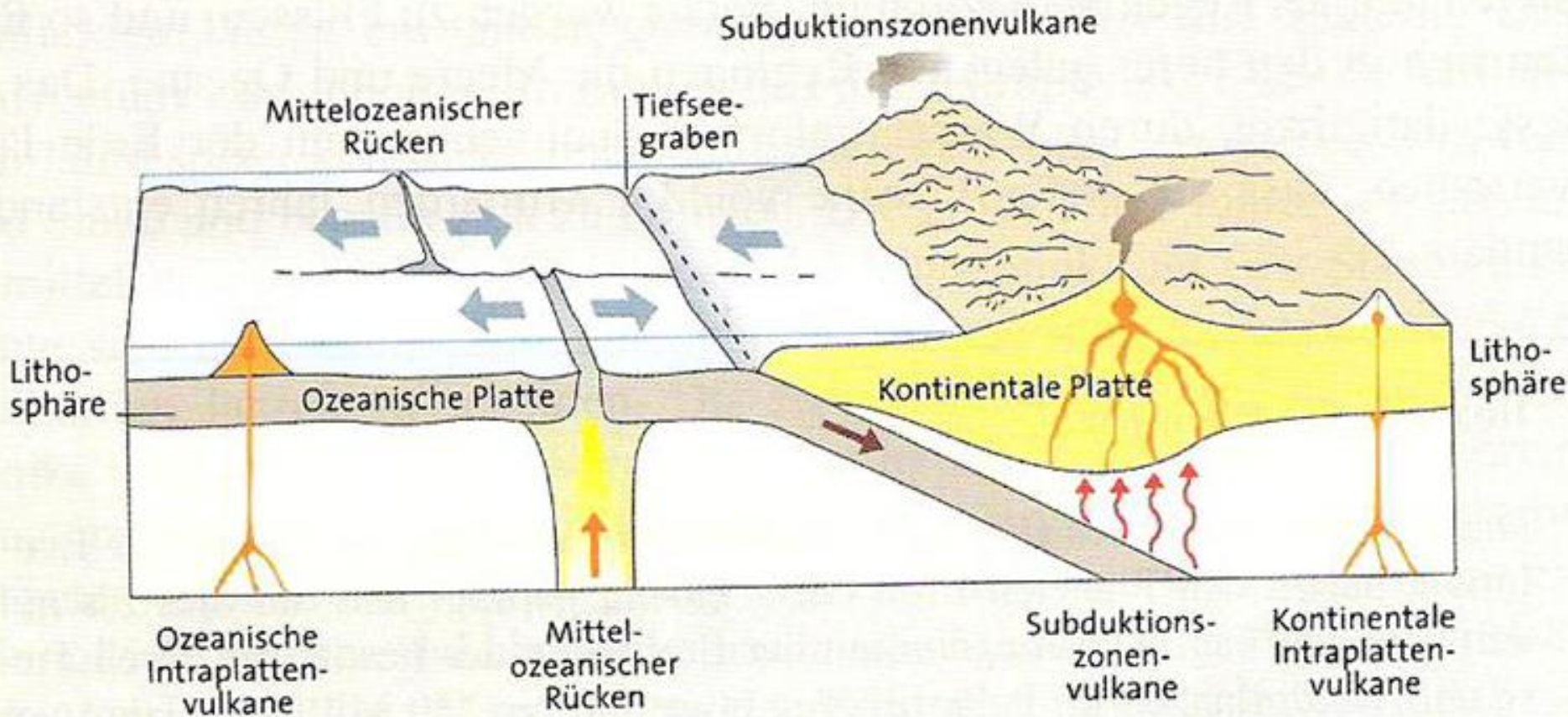
FLORA I VEGETACIJA TIJEKOM GEOLOŠKE PROŠLOSTI

- da bi se mogao razumjeti današnji raspored flore i vegetacije na Zemlji, važno je poznavati njihov povijesni razvoj:
 - razvoj zemljine površine,
 - klimatske promjene i
 - evoluciju biljaka

RAZVOJ POVRŠINE ZEMLJE



- povijesni razvoj kopna i kontinenata tumače se **Wegenerovom teorijom** pomicanja kontinenata (1915. g.), a temelji se na:
 - geomorfološkim (uočljiva kompatibilnost oblika Južne Amerike i Afrike) i
 - biogeografskim činjenicama (disjunkcije areala koje se nisu mogle ni na koji drugi način objasniti)
- u početku je bila odbačena
- početkom 60-tih godina modificirano je prihvaćena kao **tektonika ploča**

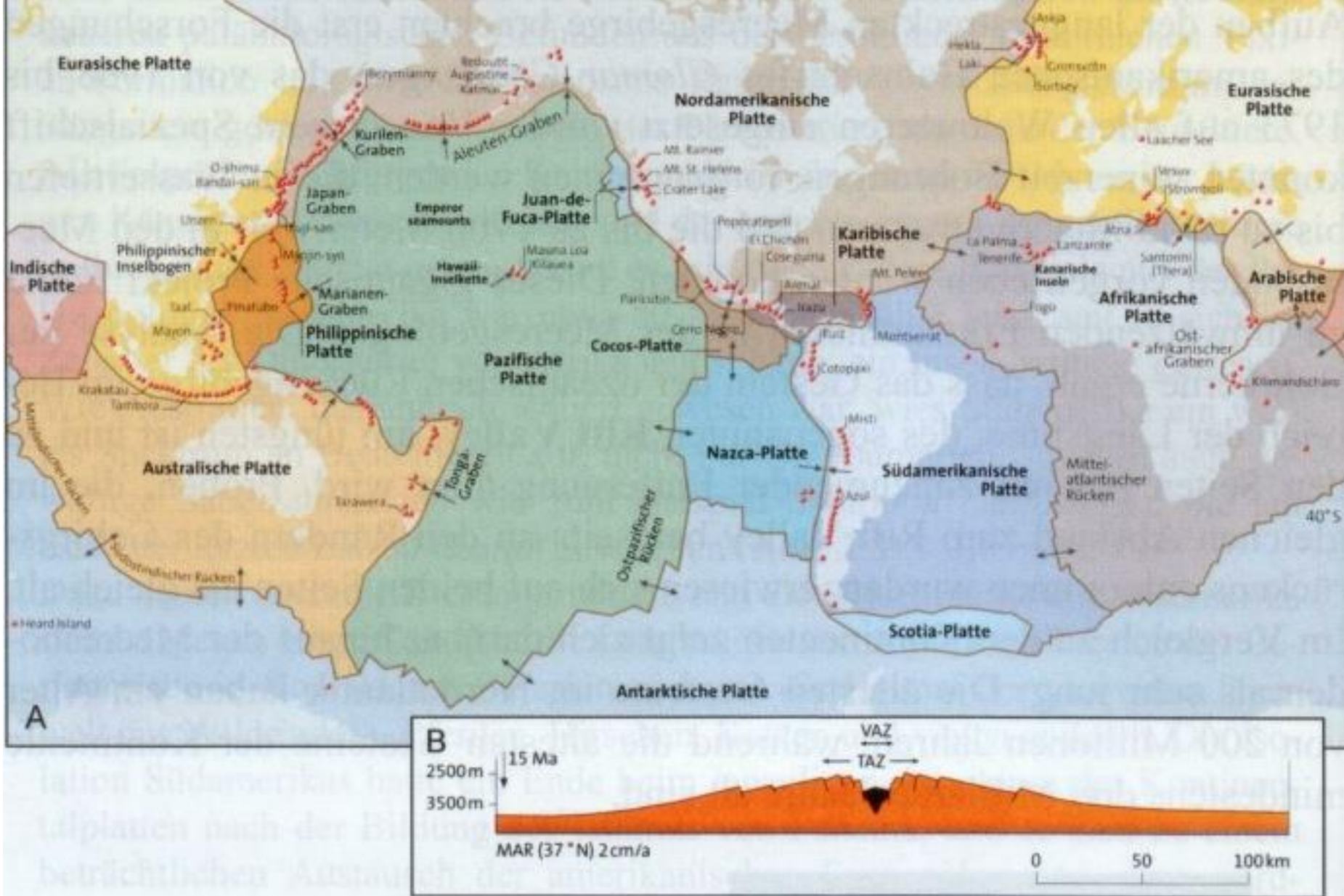


ZONA SUBDUKCIJE
(konvergentna /ili
destruktivna/ međa)
U OTVORENOM
OCEANU → SKUPINA
VULKANSKIH OTOKA

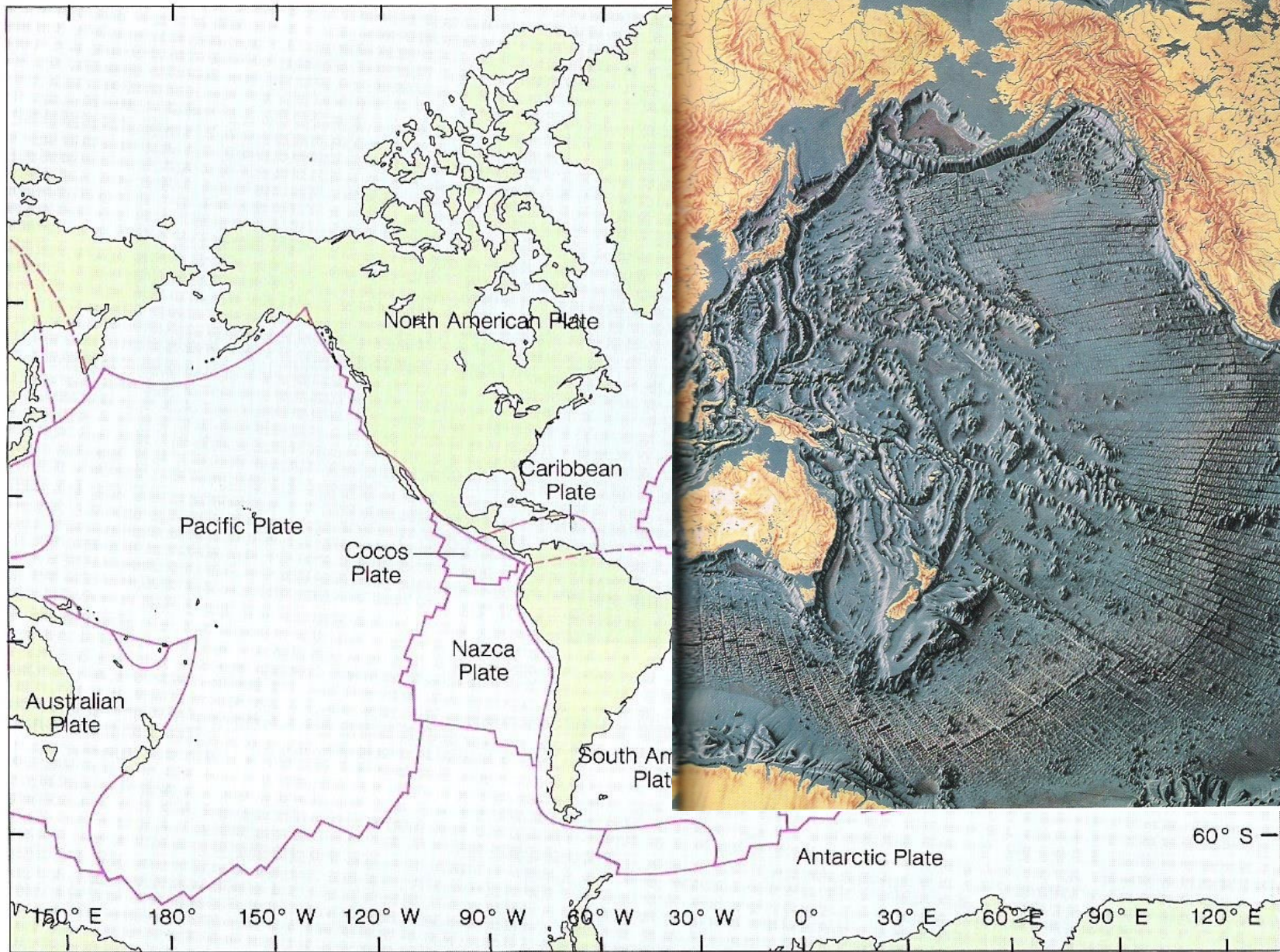
PUKOTINE, BRAZDE
IZ KOJIH IZLAZI LAVA
I STVARA NOVO
OCEANSKO DNO
GURAJUĆI I
RAZDVAJAJUĆI
OCEAN./KONT.
PLOČE
(divergentna ili
konstruktivna međa)
(1-10 cm god.)

**ZONA SUBDUKCIJE NA
GRANICI OCEANSKE I
KONTINENTALNE PLOČE**
→ OCEAN. PLOČA SE
PODVLAČI ISPOD
KONTIN. → IZDIZANJE
PLANIN. LANACA (npr.
Ande)

**NA MJESTU
SUDARANJA DVIJU
KONTINENTALNIH
PLOČA → PLANINSKI
SUSTAVI (npr. Alpe,
Himalaja)**



GLAVNE PLOČE I NAJPOZNATIJI AKTIVNI I MIRUJUĆI VULKANI
 (cirkumpacifički “vatreni obruč”),
 VAZ – vulkanski aktivna zona, TAZ – tektonski aktivna zona



- planet Zemlja nastao je prije **otpr. 4,6 mrd. god.**
- užareni planet postepeno se hladio → vodena para iz atmosfere kondenzirala se i u obliku kiše padala na površinu planeta → sve veće vodene površine
 - pretpostavlja se da se **prvi ocean** formirao prije **otpr. 3,8 mrd. god.**
- postepeno se formirala i tanka **zemljina kora**:
 - najprije se sastojala od najmanje 15 ploča (debelih 20-70 km, koje su se pomicala po tekućoj podlozi)
 - od njih se kasnije izdvojilo 7 najdominantnijih ploča: afrička, euroazijska, indo-australijska, američka, pacifička, nazca i antarktička

- međusobnim sudaranjem kontinentalnih ploča, prije **otpr. 1 mrd. god.**, formiran prvi, veliki superkontinent - **Rodinia**

- uglavnom se protezao na južnoj hemisferi i relativno brzo ponovno raspao na manje kontinentalne ploče

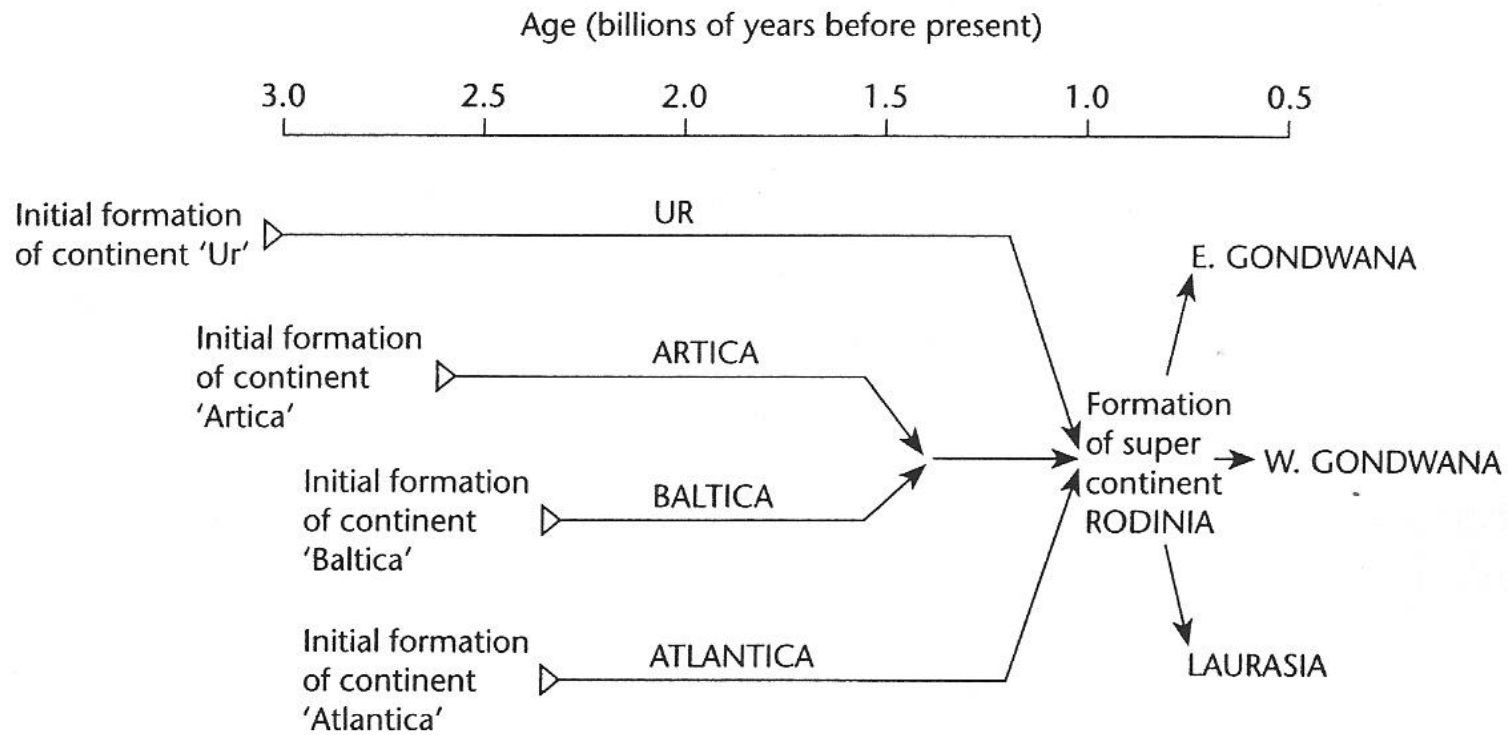


Figure 2.1 Diagrammatic representation of major continental development and movement in the Earth's early history (redrawn from Rogers, 1996).

- u karbonu (prije otpr. 350 mio. god.) nastao je dugotrajniji superkontinent – **Pangea**

- s neznatnim izmjenama potrajao cijeli perm i trijas

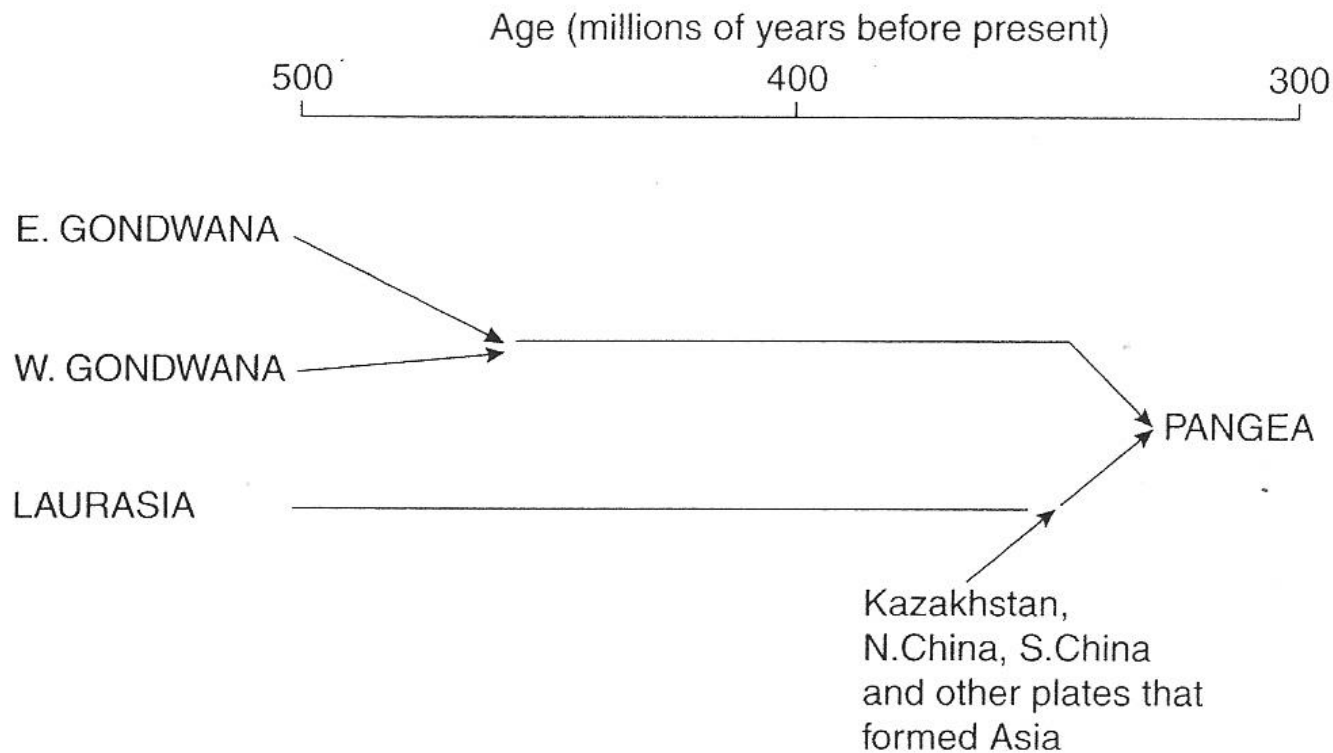


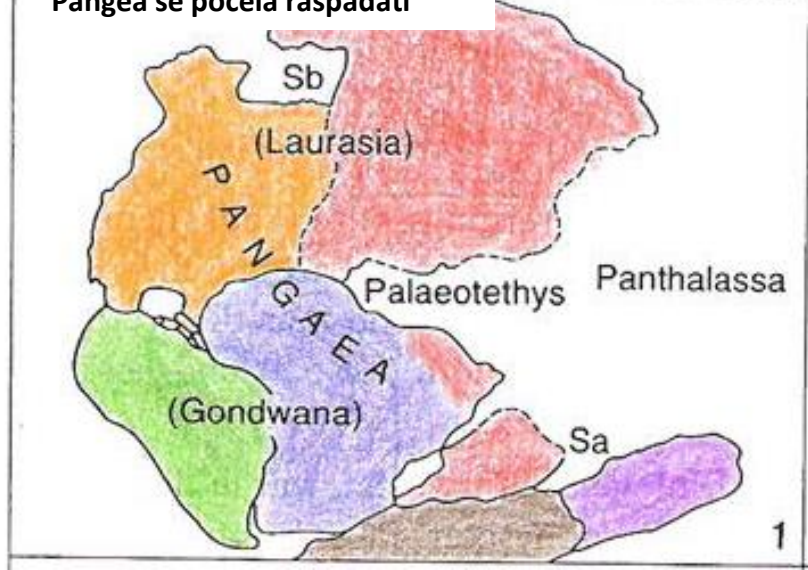
Figure 3.1 Diagrammatic representation of major continental development and movement in Earth's history during the Cambrian and Ordovician (~543–443 Ma) (redrawn from Rogers, 1996).

JURA/KREDA – odvajanje Laurazije i Gondvane

KREDA – počinje raspadanje Gondvane vor 120 Mio. J.

TRIJAS/JURA – Pangea se počela raspadati

vor 200 Mio. J.



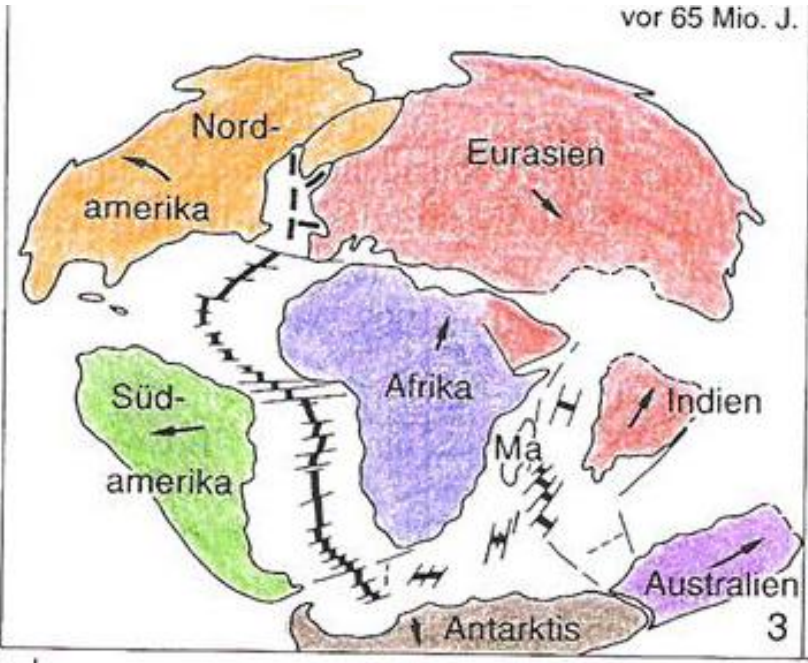
1



2

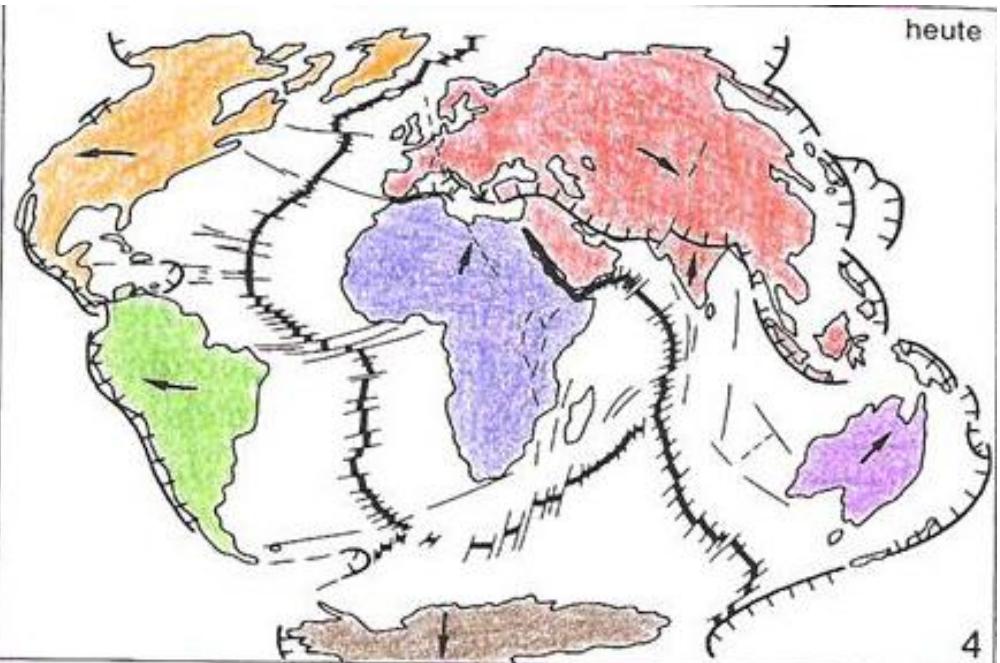
TERCIJAR i KVARTAR – kontinenti zauzimaju današnji položaj

vor 65 Mio. J.



3

heute



4

oceanische Rücken mit Transformations...

KLIMATSKE PROMJENE

Milankovićev ciklus – matematička teorija o povezanosti klimatskih promjena u prošlosti s kruženjem Zemlje oko Sunca – količina zračenja koje dolazi sa Sunca ovisno o položaju Zemlje i sunca:

1. putanja Zemlje oko Sunca (od elipse do gotovo kružne putanje)
2. kut osi rotacije u odnosu na horizontalu
3. os rotacije Zemlje (opisuje krug poput osi rotacije zvрка)

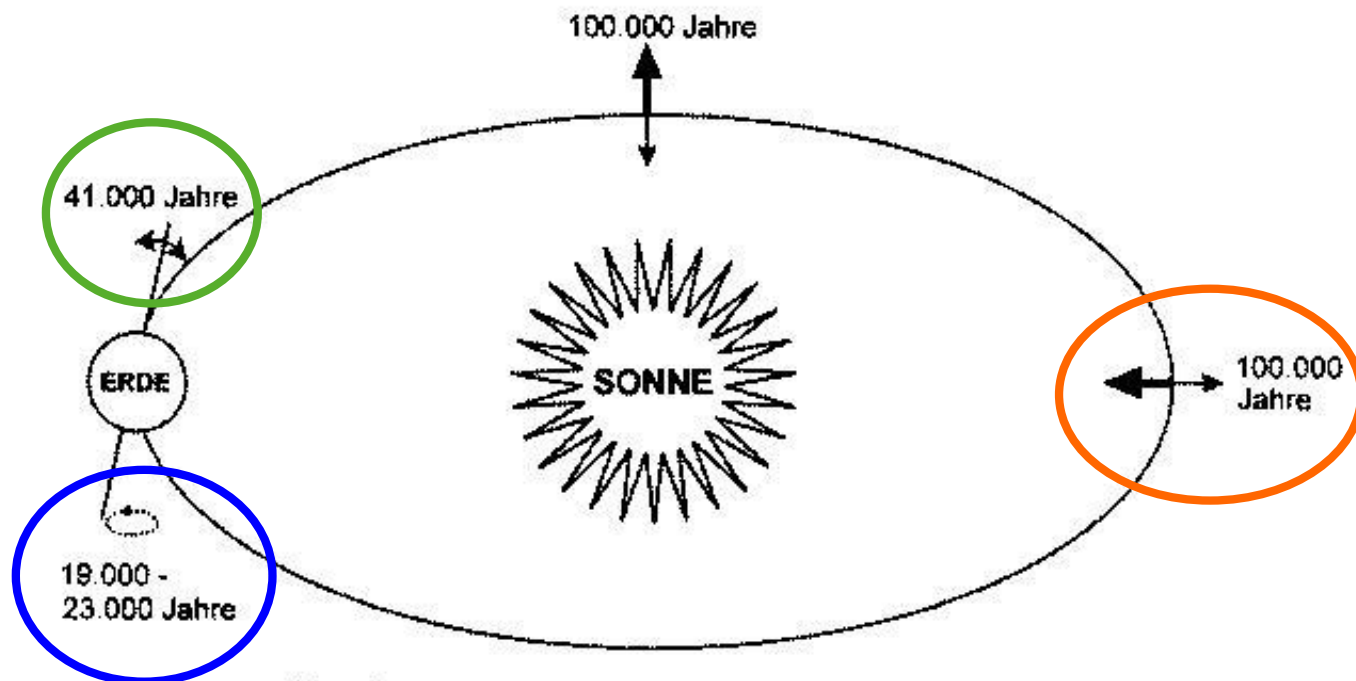
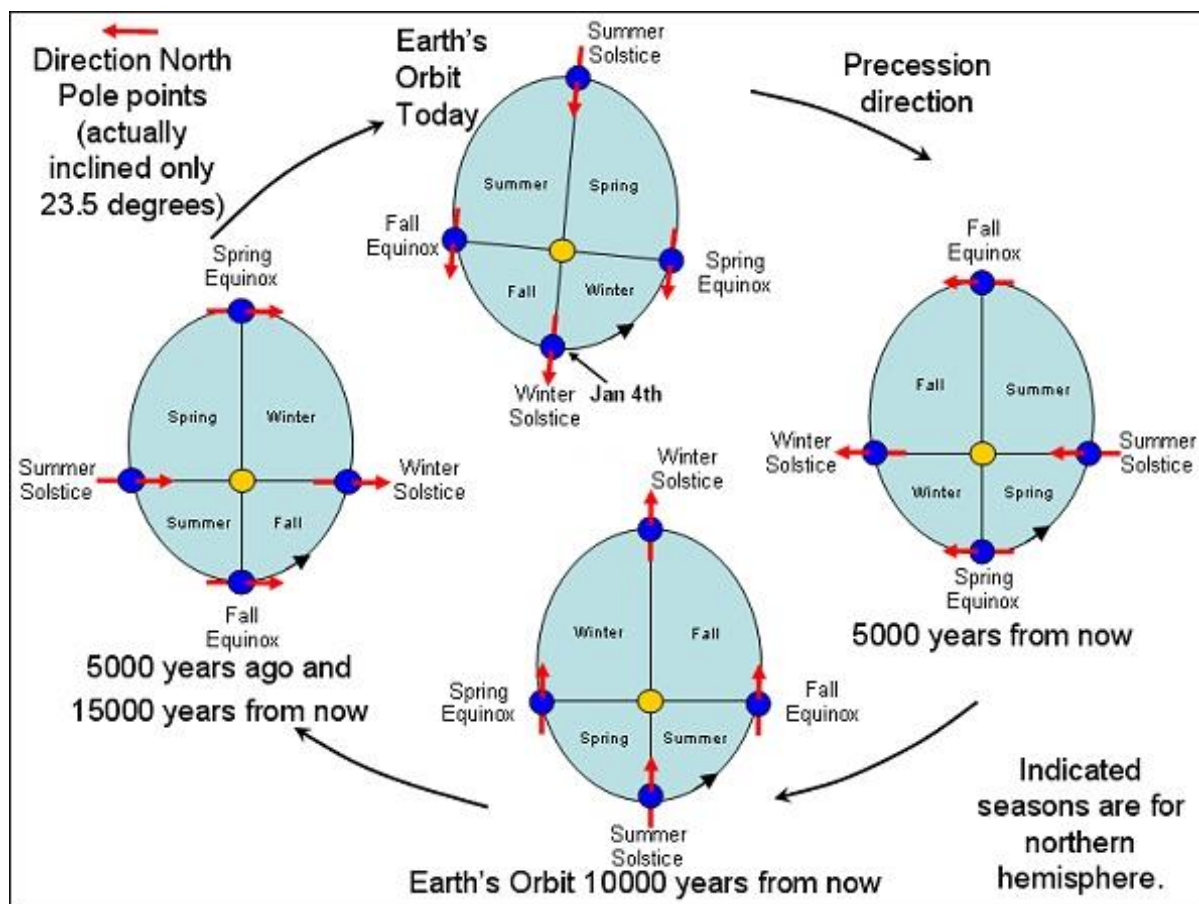


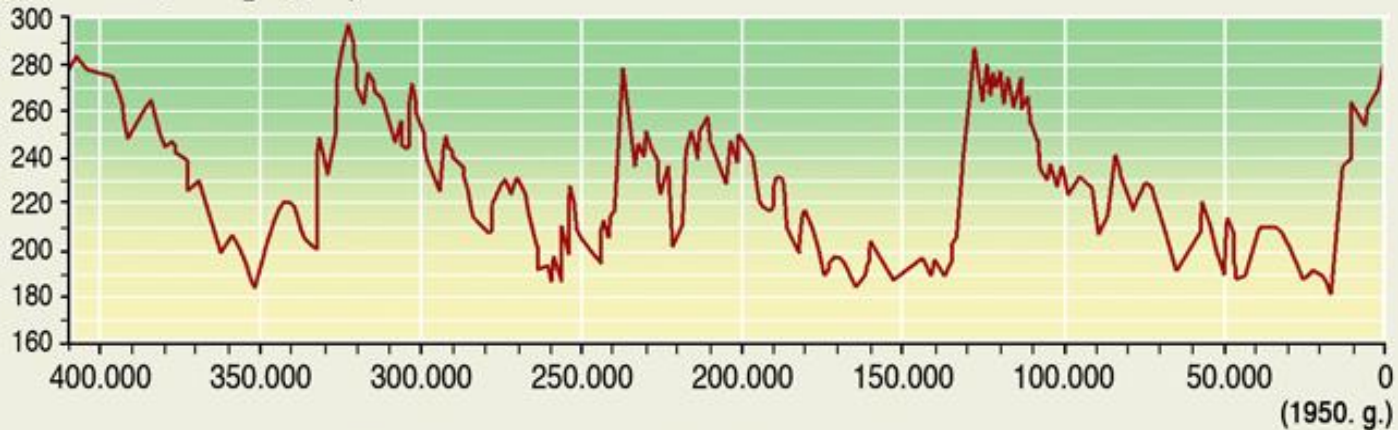
Abb. 6 Die zyklischen Schwankungen der Erdbahn nach Milankovic erklären die Periodizität der Vereisungszyklen

- Milankovićeви ciklusi – periodičke varijacije u regionalnoj solarnoj radijaciji uzrokovane promjenama u kretanju Zemlje
- služe kao model unutar pleistocena te se na temelju njega mogu odrediti ledena doba svakih 100 000 godina
- nisu i ne mogu biti jedini uzročni faktor jer ne objašnjavaju ni početak ni kraj, kao ni učestalost ledenih doba

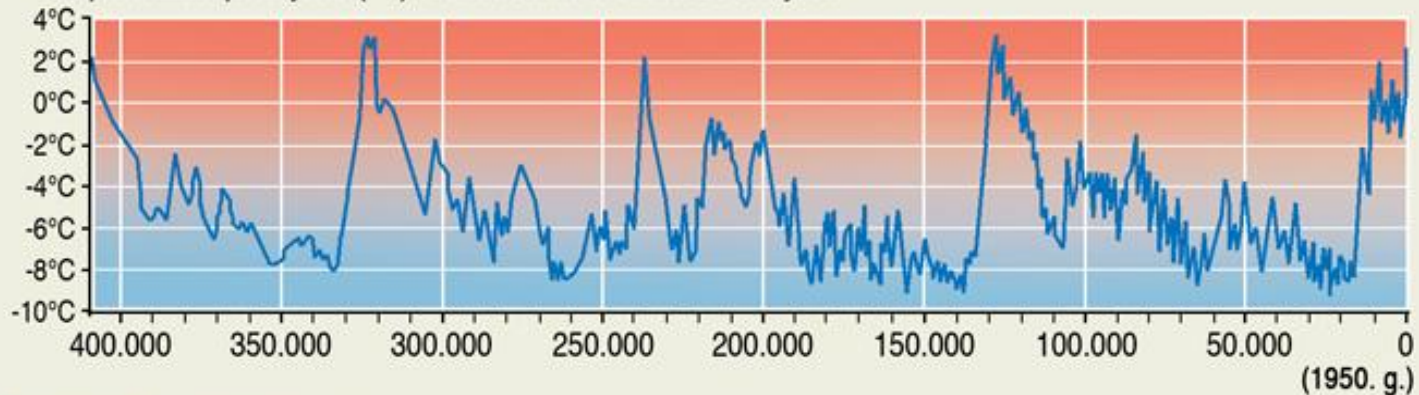


Temperature i koncentracija CO₂ u atmosferi tijekom proteklih 400.000 godina (na osnovi podataka iz ledenih jezgri u bazi Vostok)

Koncentracija CO₂ u ppm_v



Temperaturne promjene (°C) u odnosu na sredinu 20 stoljeća

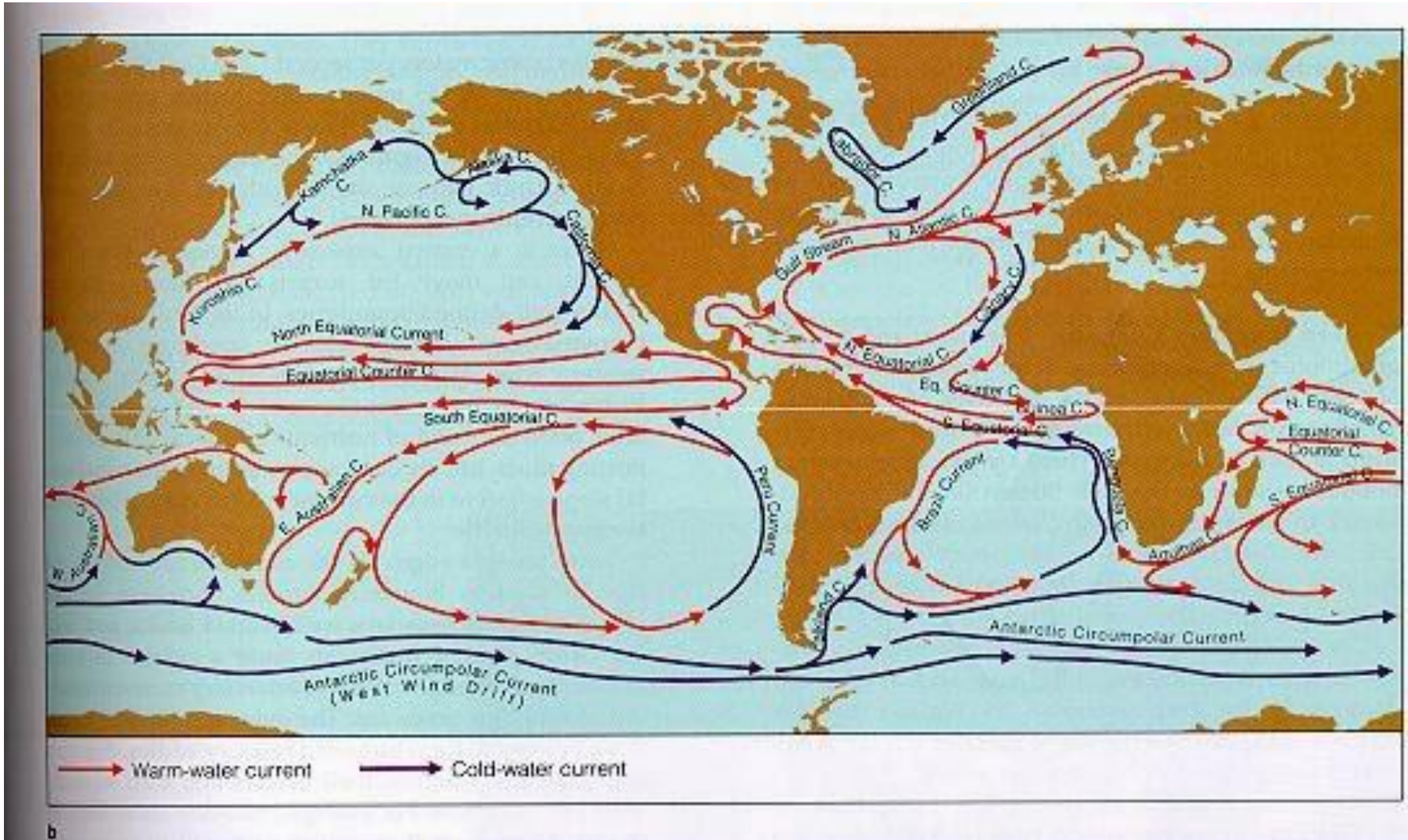


UNEP/GRID-Arendal
United Nations Environment Programme

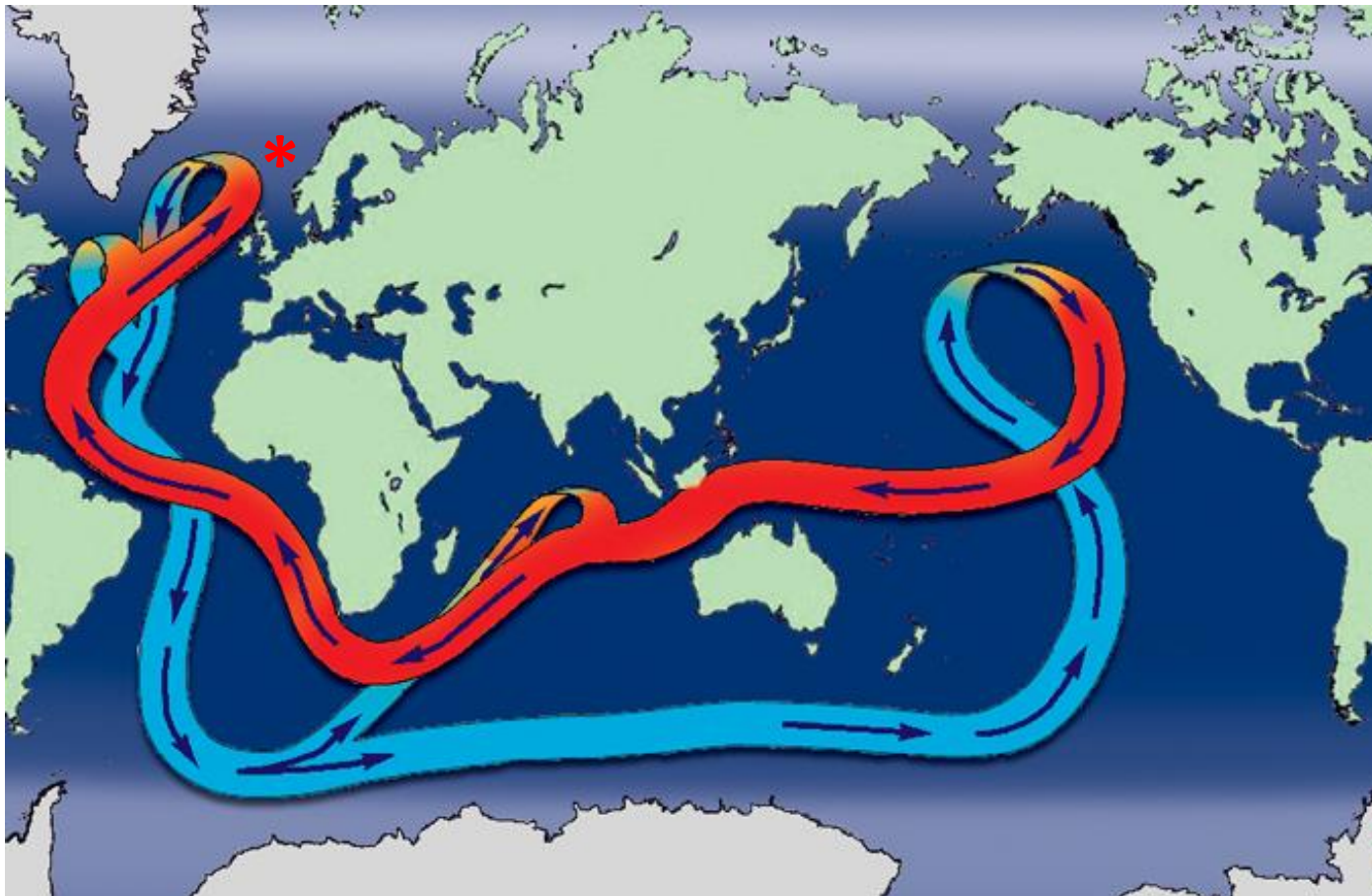
(uz oscilacije i nepravilnosti ledena doba u ciklusima svakih 100 000 godina, faze zatopljenja u trajanju oko 20 000 godina /vrlo pojednostavljeno/)

MORSKE STRUJE

- ovise o: rotaciji Zemlje, prevladavajućim vjetrovima, temperaturi, salinitetu, privlačnoj sili mjeseca i riječnim tokovima



- topla i vrlo slana Gofska struja * u Atlantiku se hladi i tone, pa kao dubinska, hladna i slana teče oko cijelog svijeta prema Pacifiku, gdje se postepeno zagrijava i diže i opet kreće prema Atlantiku



termohalina
regulacija,
globalna
tekuća vrpca

1



1. vrlo topla Golfska struja zagrijava hladne vjetrove s kanadske ploče i Labradora → blaga klima u Europi

2



2. i 3. otapanjem arktičkog i grenlandskog leda u Atlantik se slijevaju goleme količine hladne i slatke vode → zaustavljaju i potiskuju slanu i toplu Golfsku struju prema jugu → hladni vjetrovi stižu u Europu → europska klima suha i hladna poput sibirske

3





Ako se sav led otopi...

- danas na Zemlji 21 milijun km³ leda
- porast temperature sa sadašnje prosječne 14°C na 26°C → sav led bi se otopio, a razina mora podigla za 66 m

**Skupine biljaka koje su uključene u pregled razvoja flore i vegetacije kroz povijest:
Pteridophyta – tradicionalne papratnjače**

Rhiniophyta (Psilopsida, Psilophytatae) – prapaprati †

Trimerophyta - prapaprati †

Lycopodiophyta (Lycopsida, Lycopodiatae) – crvotočine (npr. *Lycopodium clavatum*)

Monilophyta: Sphenopsida (Equisetatae) – preslice (npr. *Equisetum palustre*)

Filicopsida (Filicatae) – paprati (npr. *Dryopteris filix-mas*)



Lycopodium clavatum



Equisetum palustre



Dryopteris filix-mas

1. Gymnospermae - golosjemenjače

Pragymnospermatophyta – pragolosjemenjače †

Pteridospermatophyta – papratnjače sa
sjemenkama †

Gnetophyta (npr. *Welwitschia mirabilis*) –
(lisnate) golosjemenjače

Coniferophyta (npr. *Pinus sylvestris*) – igličaste
golosjemenjače

Cordaitidae – pračetinjače †

Ginkgophyta (npr. *Ginkgo biloba*) – viličaste
golosjemenjače

Cycadophyta (npr. *Cycas revoluta*) – perastolisne
golosjemenjače

Bennettitidae †

Welwitschia mirabilis



Ginkgo biloba



Cycas revoluta



Pinus sylvestris

2. Angiospermae - kritosjemenjače



Tilia platyphyllos



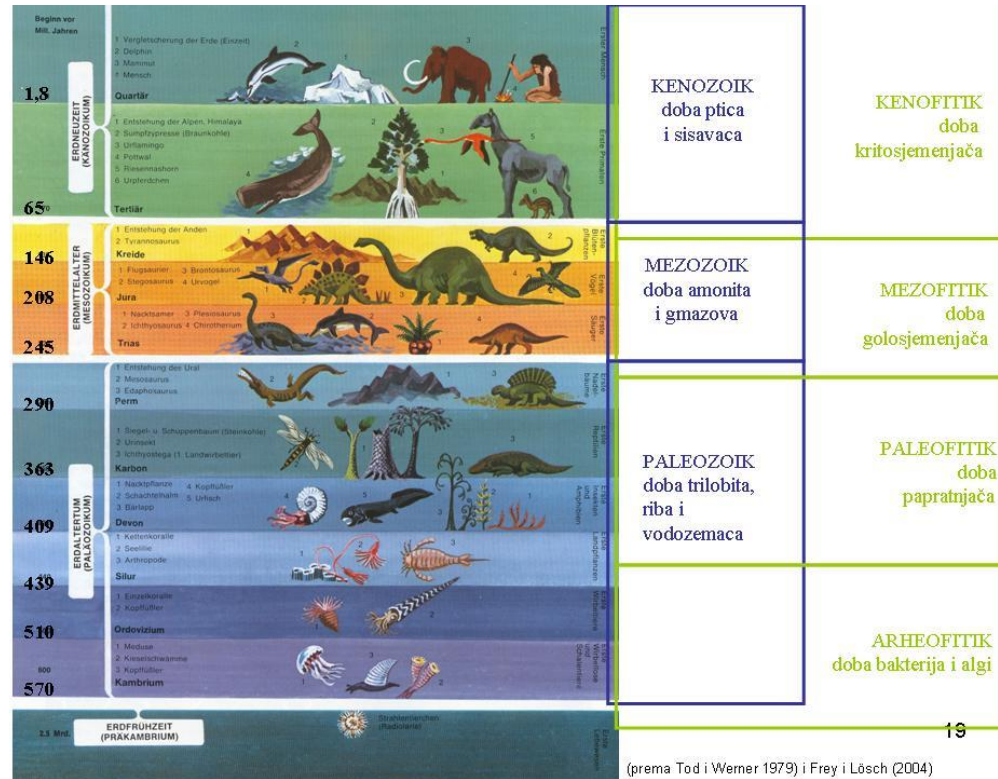
Galanthus nivalis

RAZVOJ (BILJNOG) ŽIVOTA NA ZEMLJI

- razvoj Zemlje i života na njoj iz dvije perspektive: biljne i životinjske, pa se razlikuju ere:

-zoik (paleozoik, mezozoik i kenozoik), koje se temelje na važnim evolucijskim “skokovima” i dr. obilježjima u životinjskom svijetu i

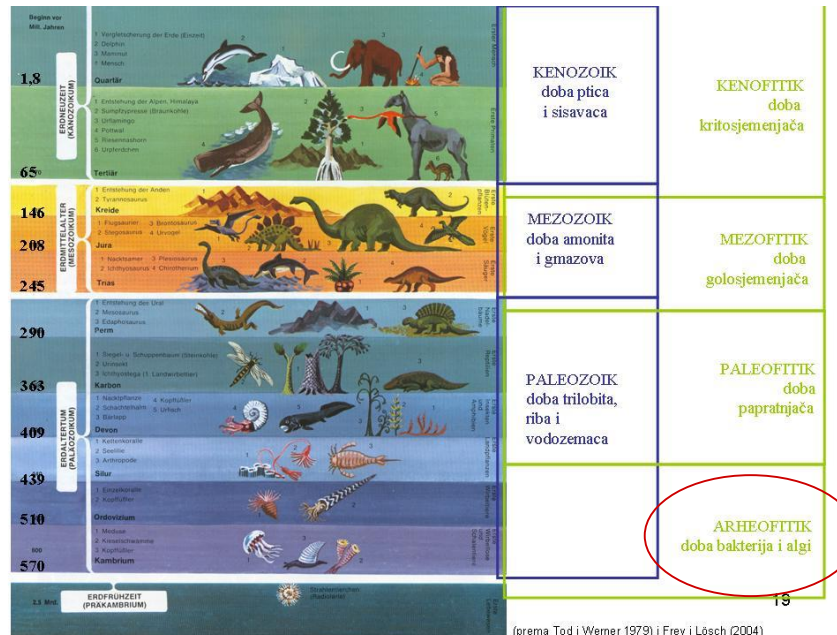
-fitik (arheofitik, paleofitik, mezofitik i neofitik) vezane za slične promjene i obilježja u biljnom svijetu



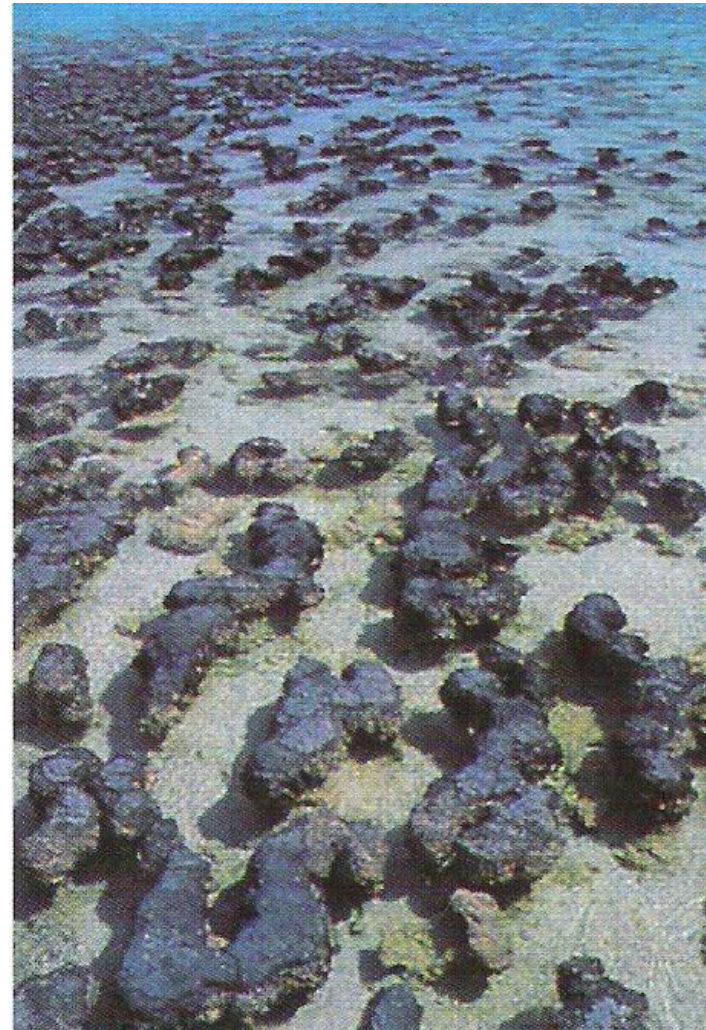
(prema Tod i Werner 1979) i Frey i Lösch (2004)

1. ARHEOFITIK ili EOFITIK

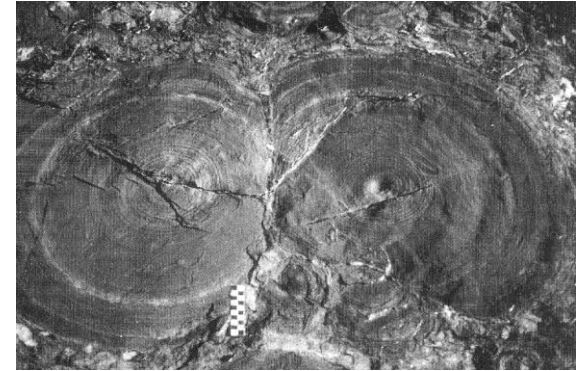
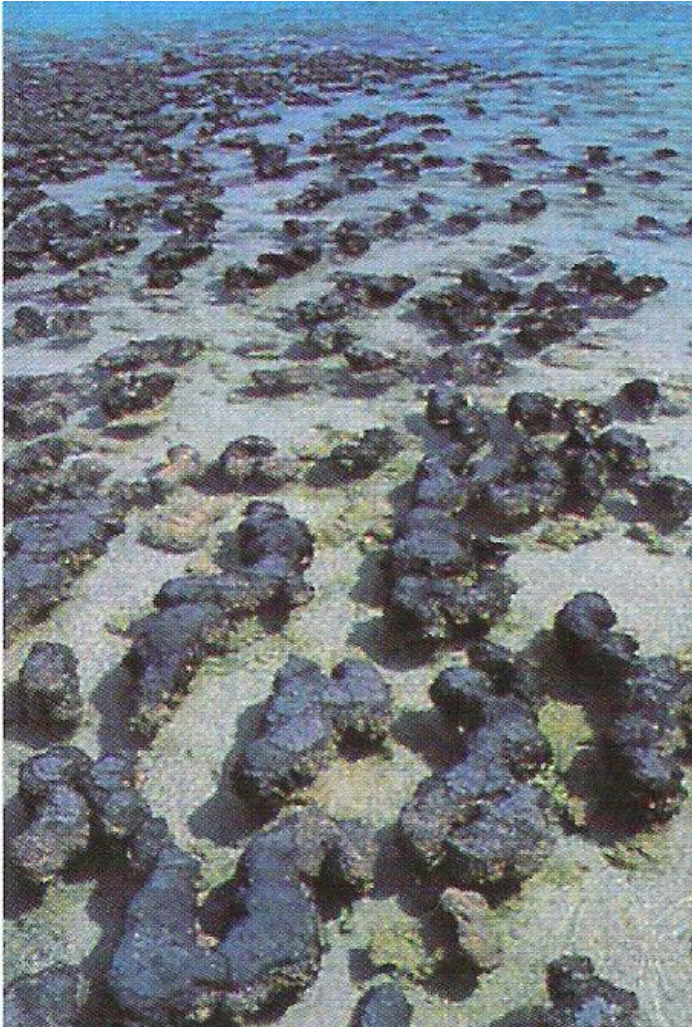
- traje od otpr. 2,6 mrd. god. (pojava fotosinteze) do prije otpr. 424 mio. god. (silur, odn. prelazak biljaka na kopno)
- razdoblje prokariotskih organizama, te pojave i dominacije eukariotskih algi i gljiva; život je vezan za vodu



- **prvi aerobni fotoautotrofi** pokrivali su velike površine poput modrozelenih presvlaka
- zahvaljujući njima značajno je porastao **udio kisika u atmosferi**
- aerobni fotoautotrofi i fotosinteza (cijepanje vode i redukcija CO₂)
- vjerojatno se već počeo formirati i **ozonski sloj** u najvišim slojevima atmosfere, koji je pružao zaštitu od UV-zračenja i omogućio organizmima naseljavanje izloženijih staništa



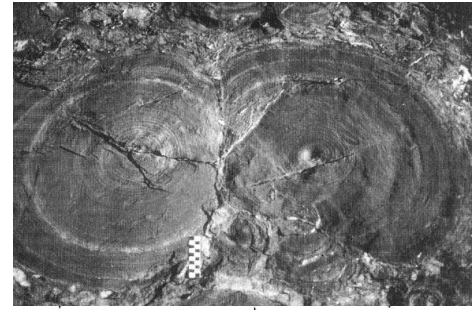
PROCES STVARANJA RECENTNIH STROMATOLITSKIH STRUKTURA



Conophyton
star oko
3,5 mrd. god.

- recentne stromatolitske strukture, nalik koraljnim grebenima (Shark Bay, zap. Australija)
- nastaju zahvaljujući aktivnosti različitih cijanobakterija - nakupine imaju 20-30 cm u promjeru i do 60 cm visine
- aerobni fotoautotrofi i fotosinteza (cijepanje vode i redukcija CO_2)

Conophyton



A new layer of sediment is trapped, and the process repeats to develop a laminated structure over time



Micro-organisms require light and respond by growing upwards



Microbially mediated precipitation of calcium carbonate



Sediment particles accumulate on top and are bound into a layer by micro-organisms



Thin mat of microbes on sediment surface

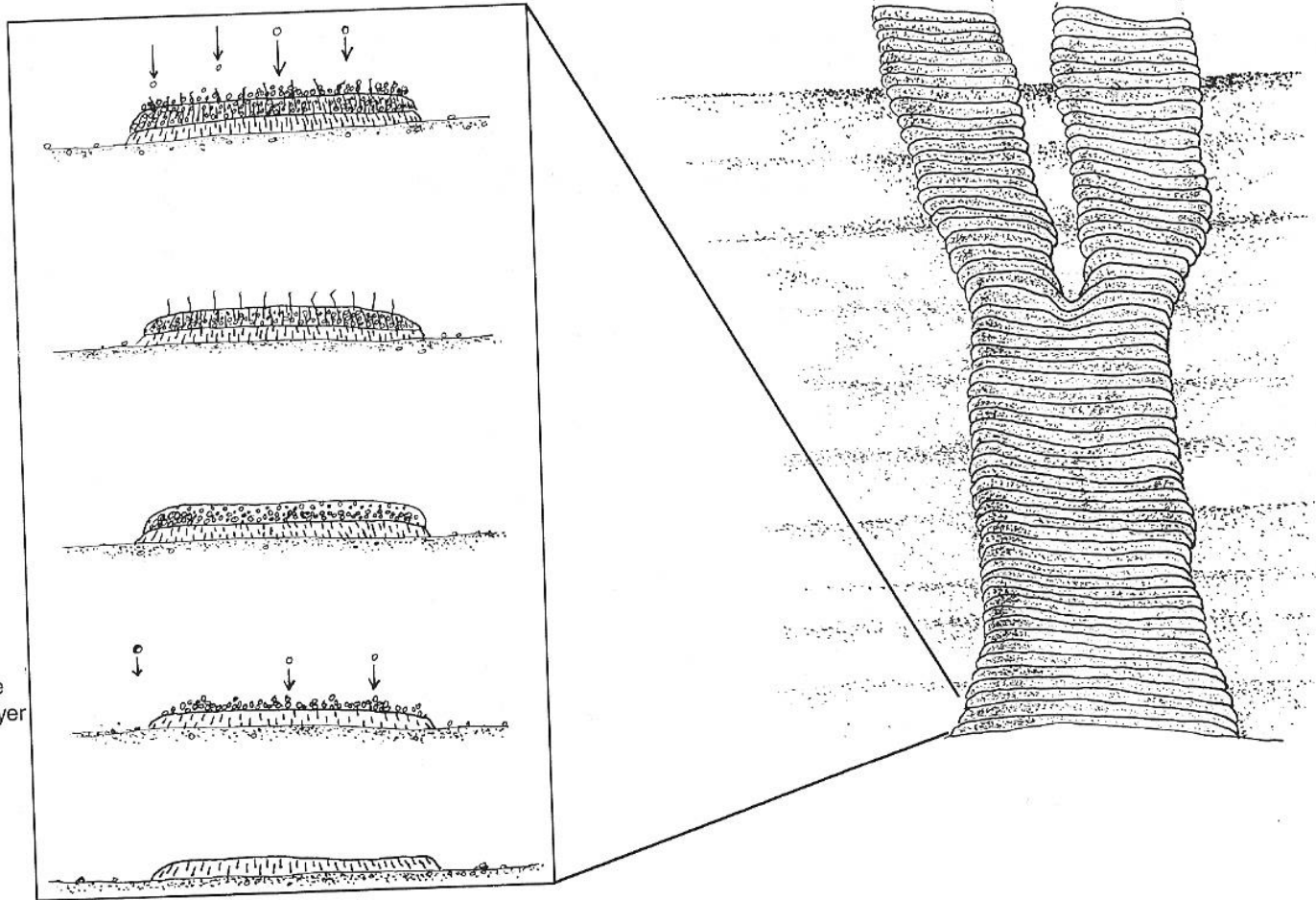


Figure 2.8 Process of stromatolite formation on the west coast of Australia.

- najstariji nalaz **višestaničnih algi** (prije otpr. 800-700 mio. god.)
morfološki jako slični današnjim zelenim algama Cladophorales (potječe
iz Svanbergfjellet-formacije s otoka Spitsbergen, sjeverno od Norveške)

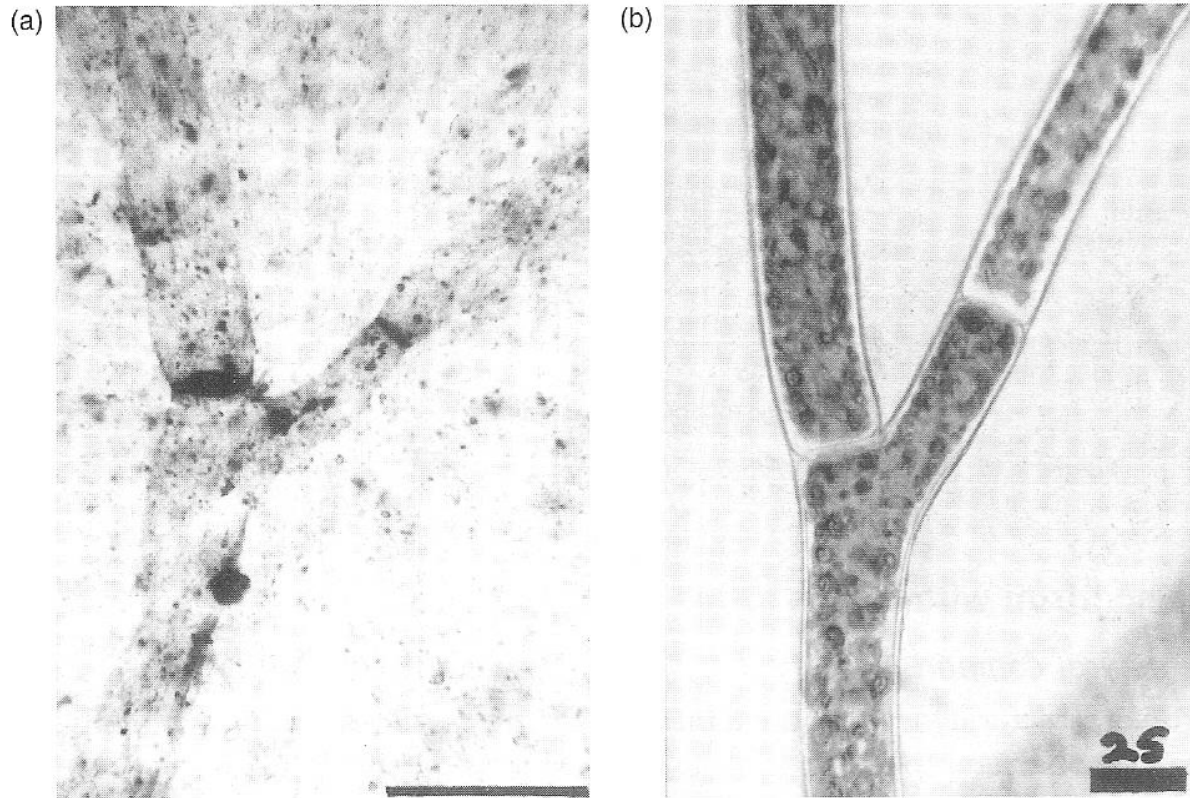


Figure 2.14 (a) Fossil green alga from Spitzbergen shales, Svanbergfjellet Formation. (b) Extant cladophorean green alga, *Cladophora* sp. (photographs N. Butterfield).

- iz ordovicija i silura (prije otpr. 470-430 mio. god.)
potječu najstariji fosilni dokazi o pojavi i razvoju:

- specijaliziranih stanica za transport vode i
nutrijenata,

- zaštite od isušivanja,

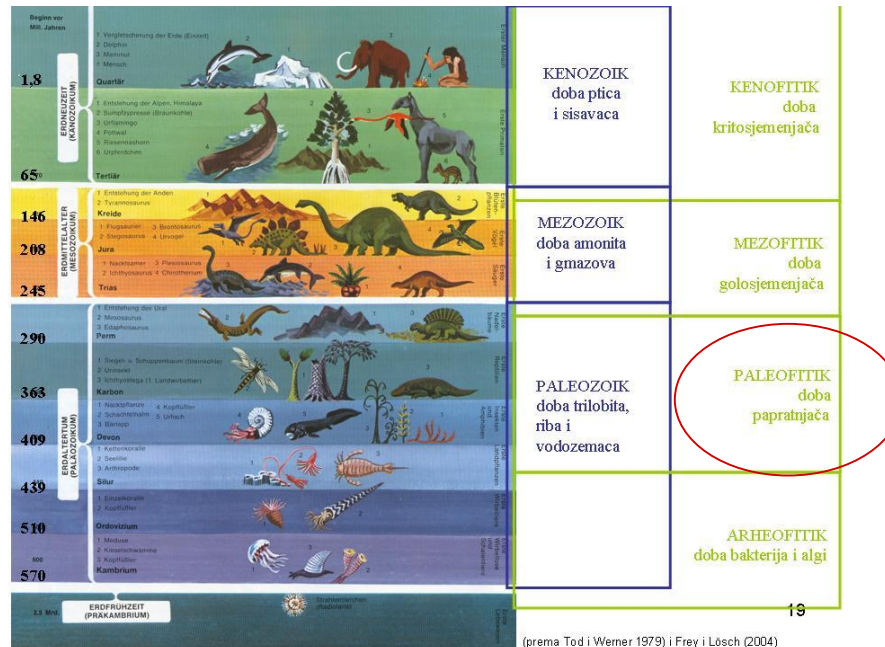
- mehaničkog potpornog tkiva i

- reproduktivnih organa koji nisu ovisili
isključivo o vodi,

što je bilo neophodno za **prelazak biljaka na kopno**

2. PALEOFITIK (doba papratnjača)

- traje od **silura** (prije otpr. 424 mio. god.), tj. prelaska biljaka na kopno, do **perma** (prije otpr. 256 mio. god.), tj. pojave i početka dominacije golosjemenjača
- razdoblje razvoja kopnenih biljaka i vrhunac razvoja papratnjača



- prve kopnene biljke potječu iz gornjeg silura i donjeg devona (prije otpr. 400 mio. god.) – **Rhiniophyta** (Psilopsida, Psilophytatae) - prapaprati

- niske zeljaste biljke koje nisu imale morfološku razdiobu na tri osnovna organa, ali su fiziološki odgovarale osnovnom uzorku pravih kormofita (iako u vrlo primitivnom obliku) - imale su:

- dihotomski (viličasto) razgranjene stabljike s jednostavnim, primitivnim provodnim elementima,
- puči,
- podzemne dijelove za apsorpciju vode i
- reproduktivne organe koji nisu ovisili isključivo o vodi

- npr. *Aglaophyton*, *Cooksonia*, *Rhynia*

Aglaophyton

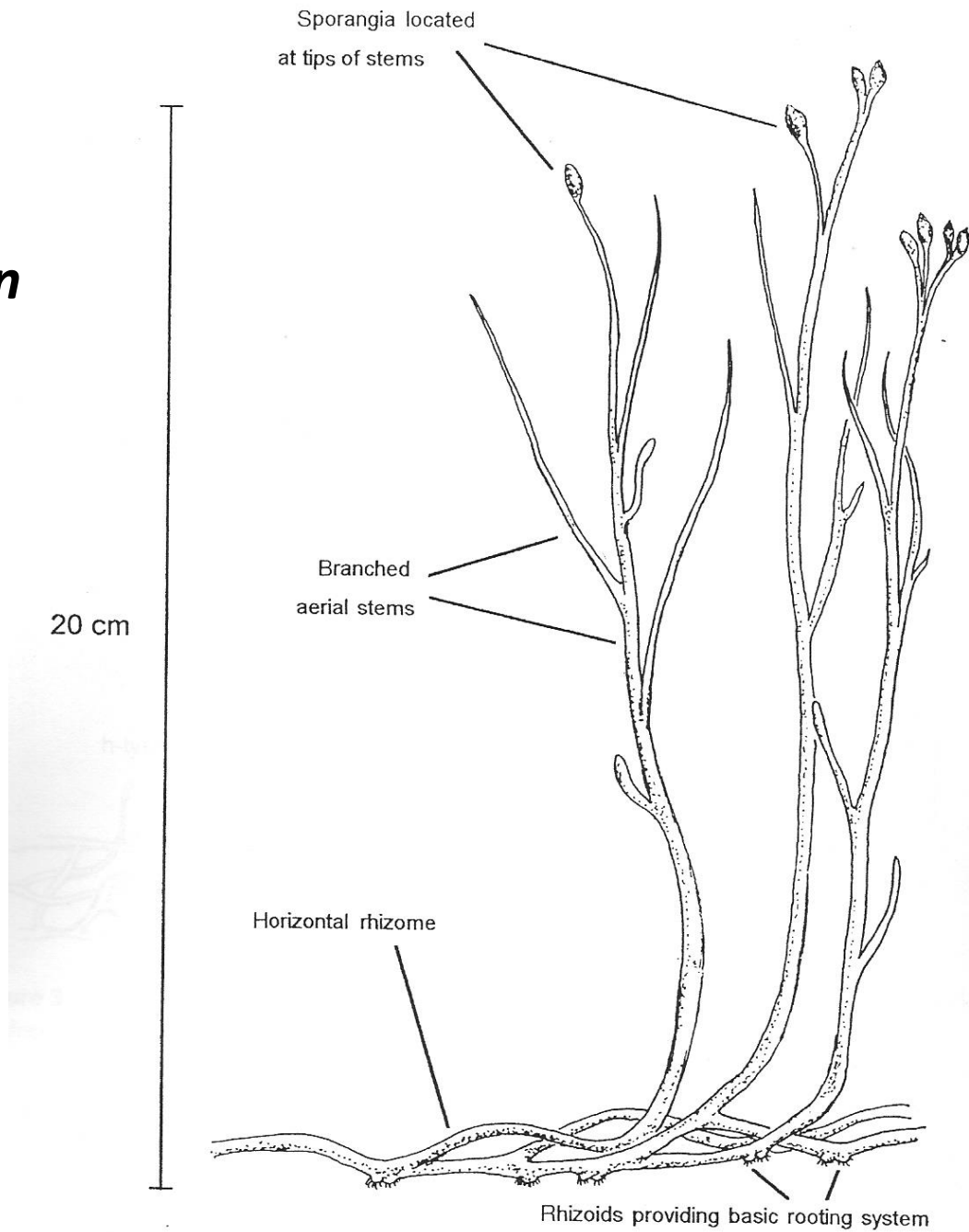
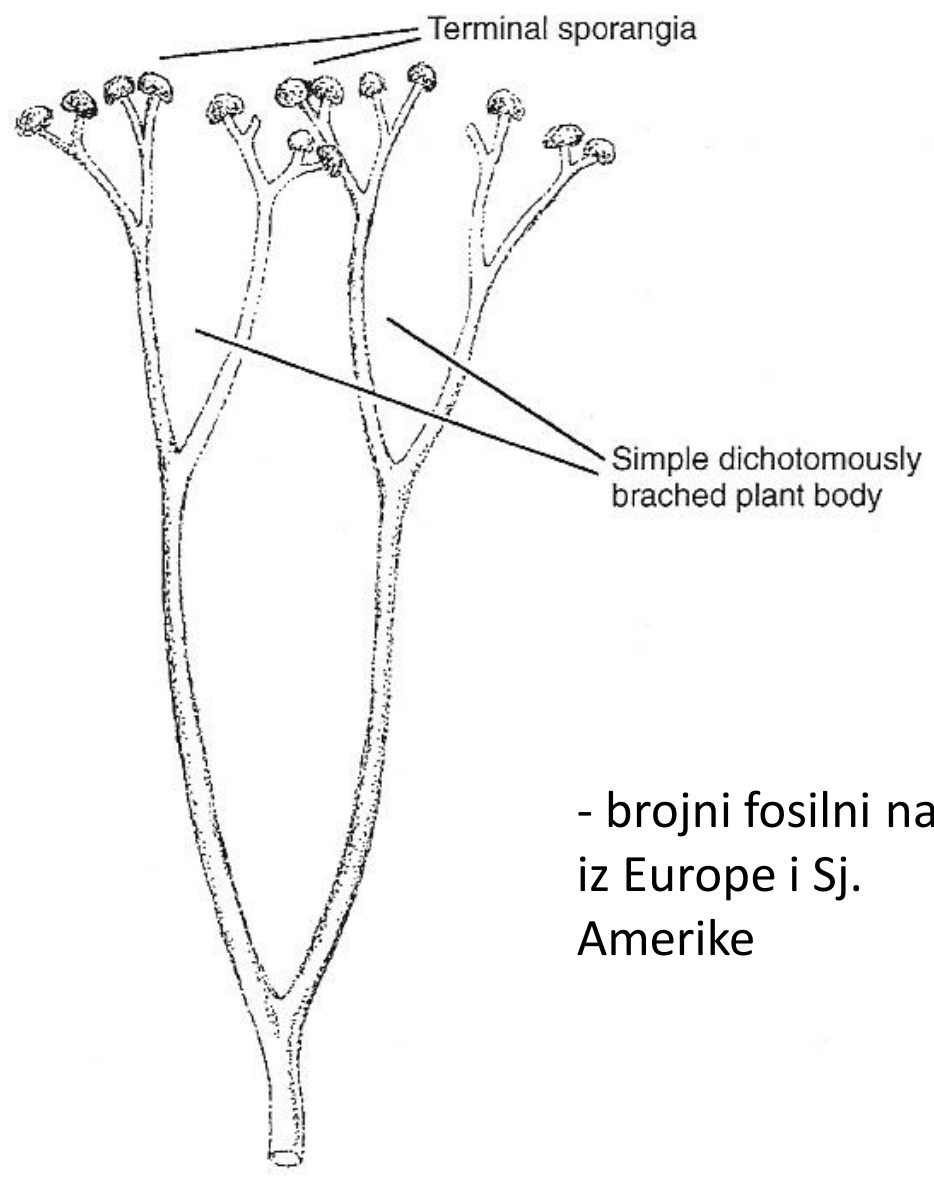


Figure 3.13 Reconstruction of fossil *Aglaophyton major* (redrawn from Bell, 1992).

Cooksonia



6.5 cm



- brojni fosilni nalazi
iz Europe i Sj.
Amerike

Figure 3.12 Photograph of fossil *Cooksonia* alongside sketch to indicate main features (photograph by H. Barks courtesy of P. Gesel; sketch redrawn from Bell, 1992).

Rhynia

- brojni fosilni nalazi
iz Europe

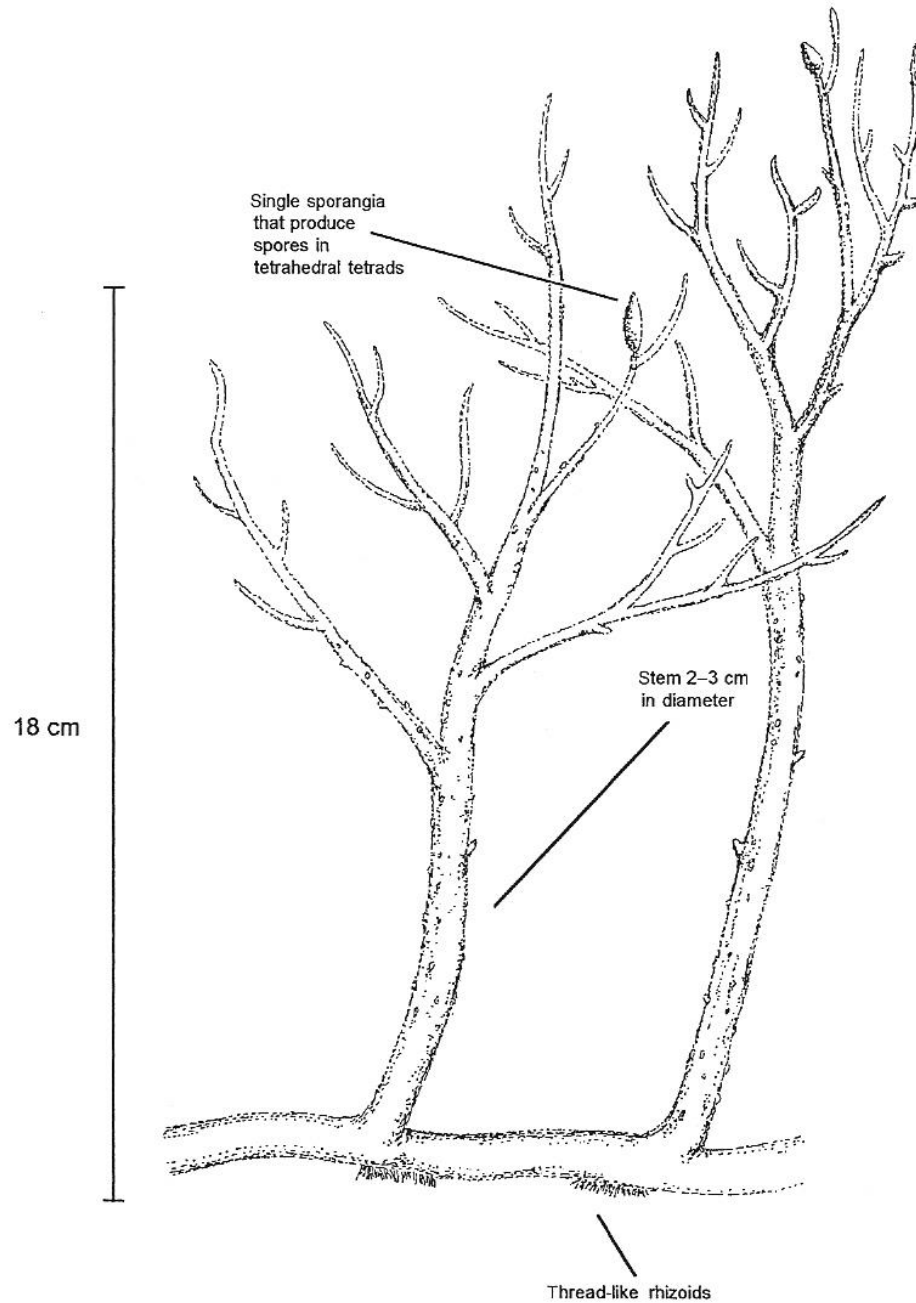


Figure 3.14 Reconstruction of fossil *Rhynia gwynne-vaughanii* (redrawn from Kenrick and Crane, 1997a).

Zosterophyllum

rani devon
(Zosterophyllopsida)

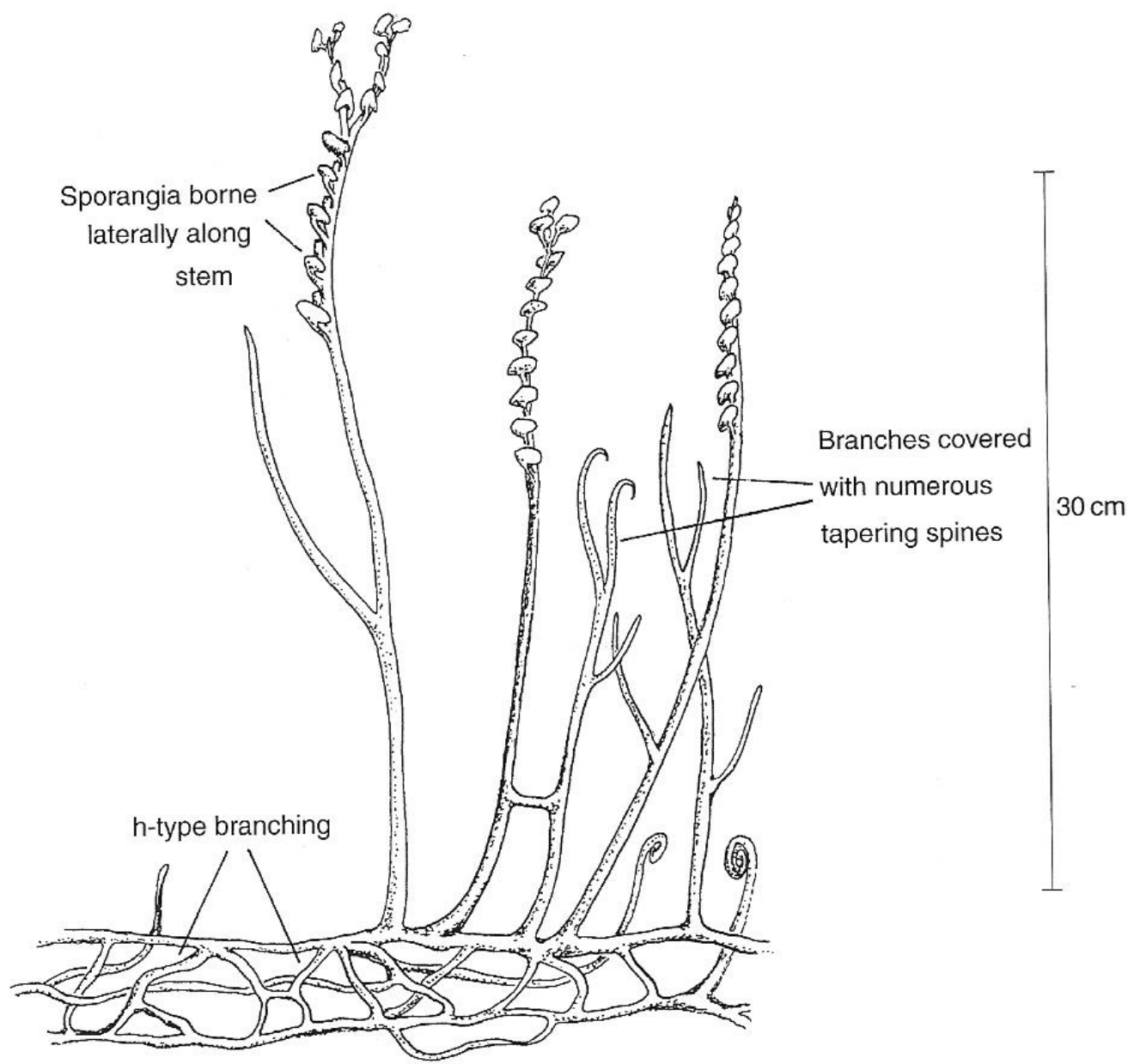
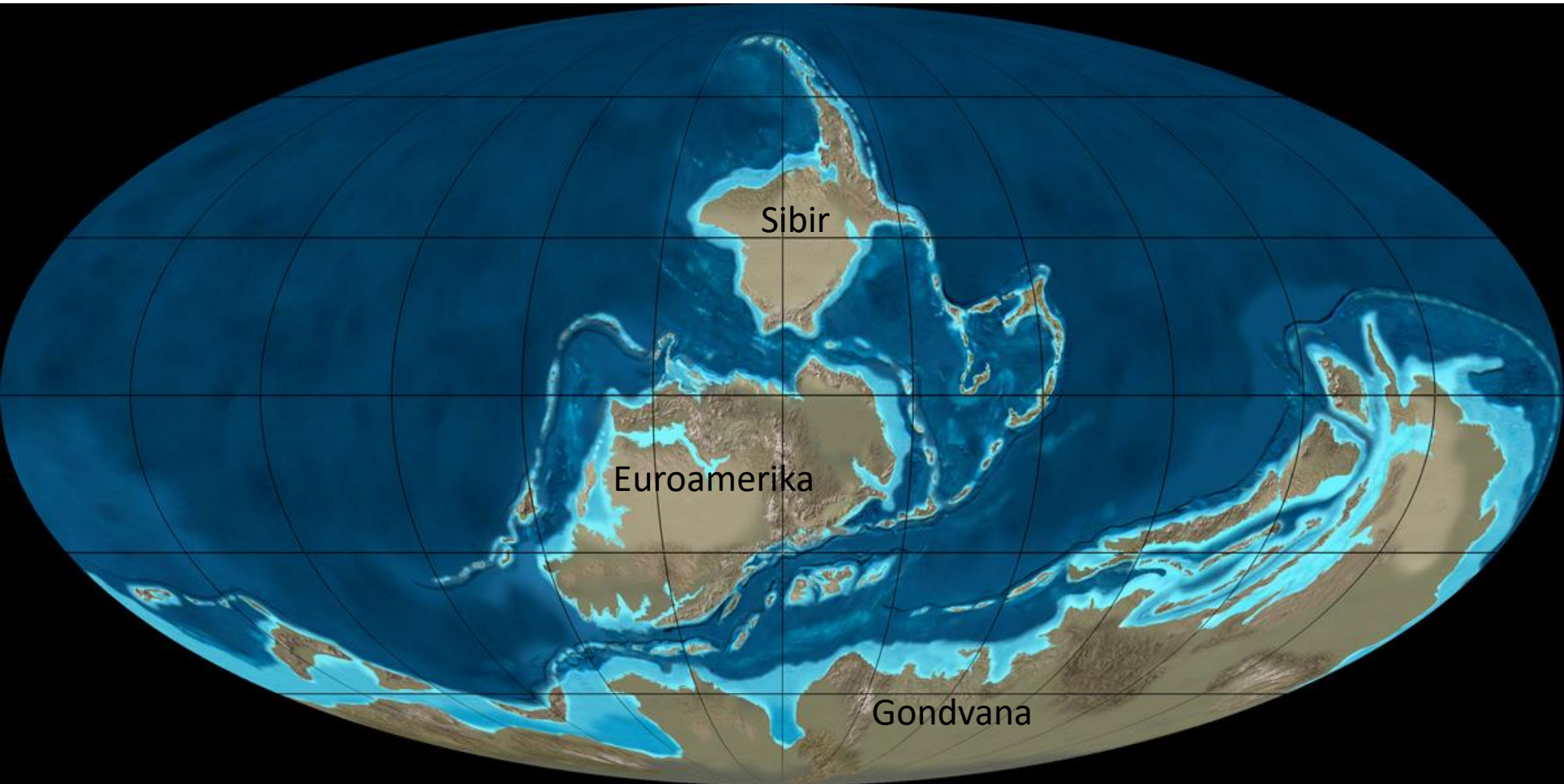


Figure 3.15 Reconstruction of fossil *Zosterophyllum divaricatum* (redrawn from Gensel and Andrews, 1987; Bell, 1992; White, 1990).

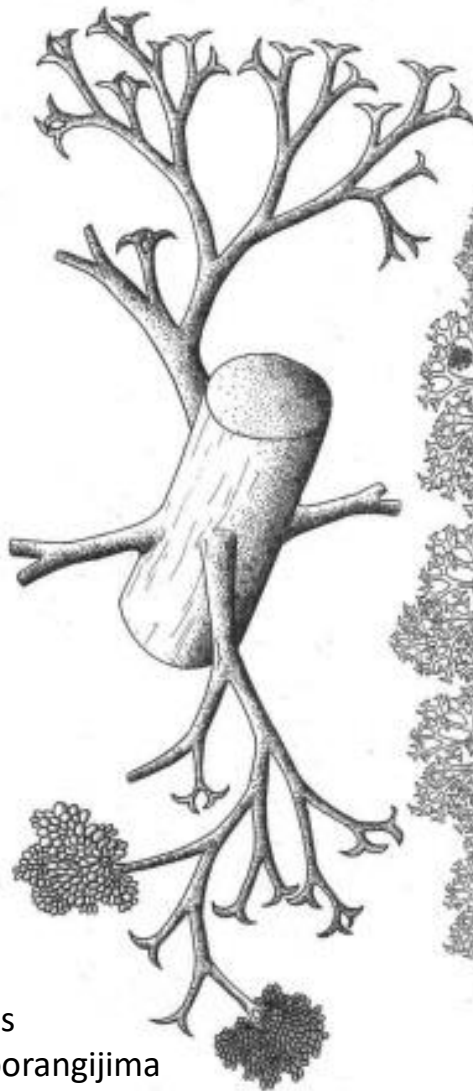
RANI DEVON (prije otpr. 400 mio. god.; globalni raspored kontinenata)



- devon: blaga, topla i vlažna klima bez oledbi

sterilni, vegetativni ogranči s jasno vidljivim višestrukom viličastim grananjem

Pertica quadrifaria



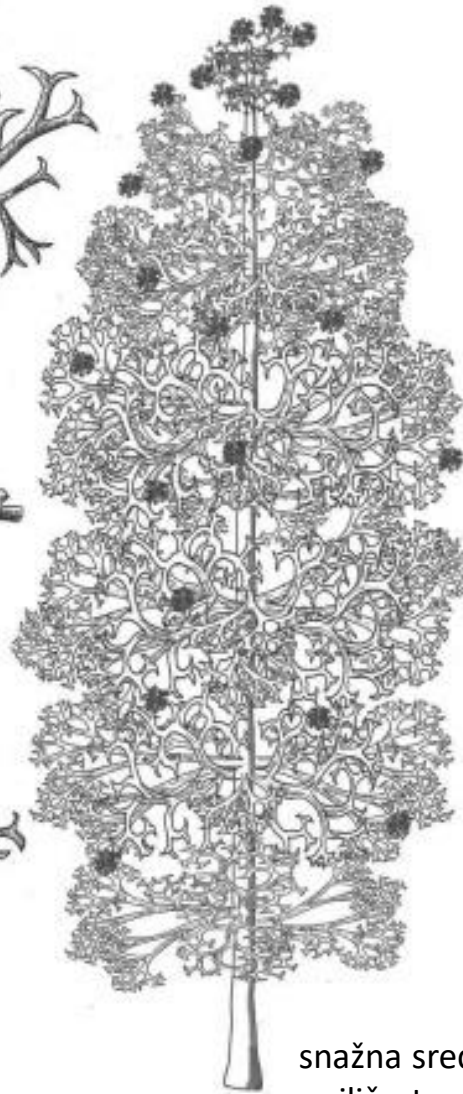
fertilni ogranči s terminalnim sporangijima

(prema Armstrong 2014)

Trimerophyta

- skupina koja predstavlja prelazni oblike između najranijih kopnenih biljaka (*Rhyniophyta*) i papratnjača i pragosjemenjača

- nalazi potječu iz srednjeg i kasnog devona, a najpoznatiji predstavnici su iz rodova *Trimerophyton*, *Psilophyton* i *Pertica*



snažna središnja os s viličasto razgranatim bočnim osima, visoka oko 1 m

Psilophyton forbesi



Psilophyton
ukupne visine
oko 60 cm
predstavnik je
izumrle skupine
papratnjača iz
srednjeg i kasnog
devona
(Trimerophyta)

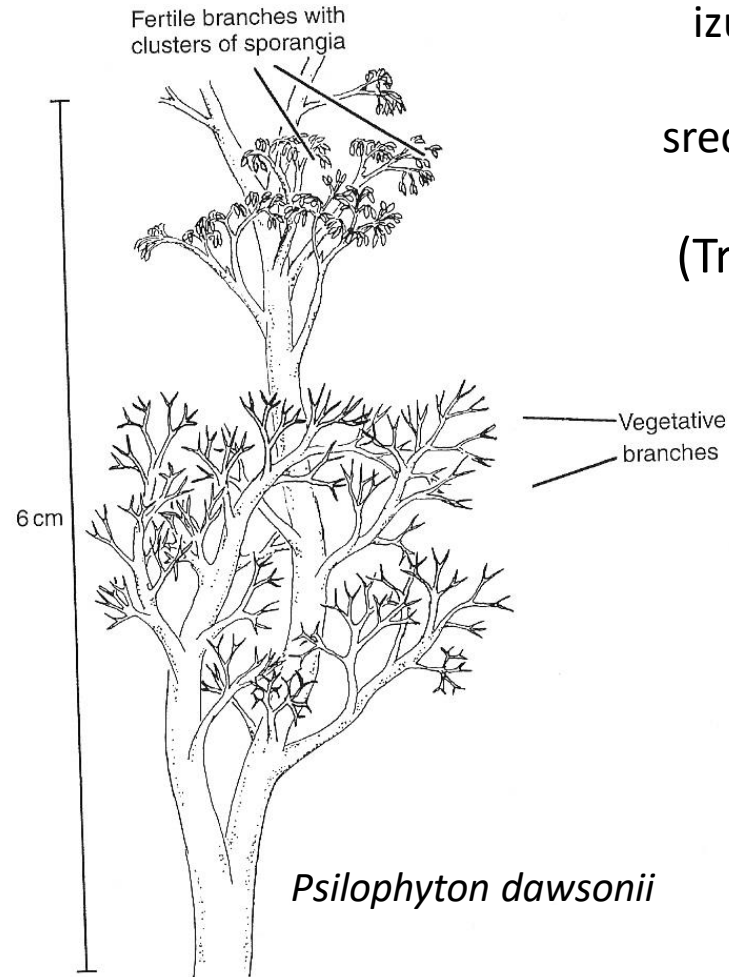


Figure 3.17 Photograph of *Psilophyton forbesi* alongside sketch of *Psilophyton dawsonii* to indicate main features (photograph R. Lupia, PP33630; sketch redrawn from Kenrick and Crane, 1997a).

- tijekom devona izdvojile su se skupine papratnjača koje i danas postoje:

- **crvotočine** (Lycopsida),
- **preslice** (Sphenopsida) i
- **paprati** (Filicopsida)

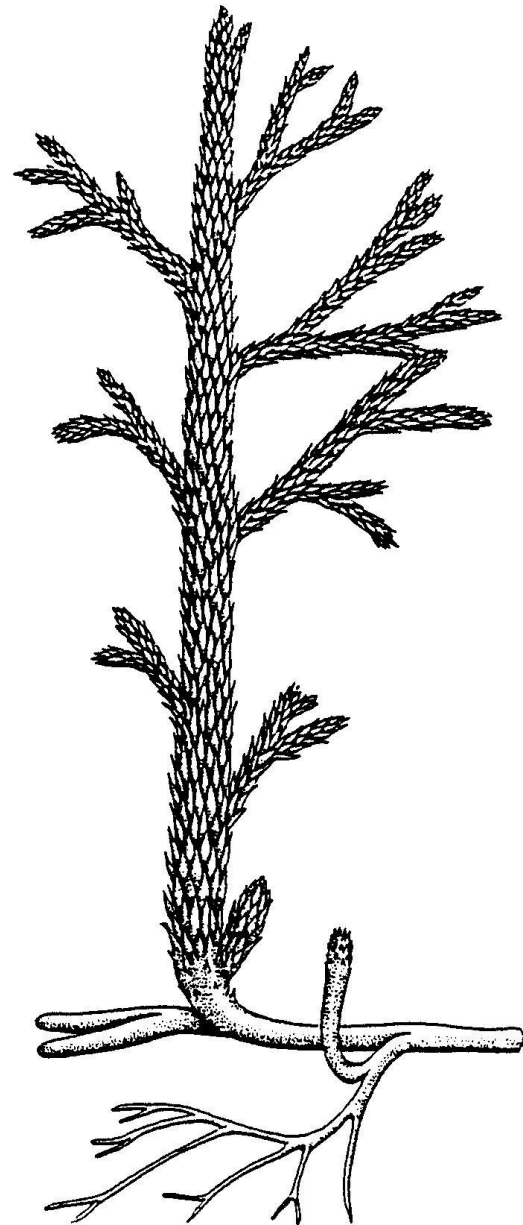
- u kratkom vremenu biljke su razvile različite poboljšane, naprednije **prilagodbe za život na kopnu**

- tome je u devonu naročito pogodovala općenito blaga, topla i vlažna klima bez oledbi

Asteroxylon

- razvijeniji oblik Lycopsidea:
**papratnjače sa listastim
strukturama** (povećana
asimilacijska površina) i
pučima

npr. *Asteroxylon*,
Drepanophycus,
Protolepidodendron



Baragwanathia

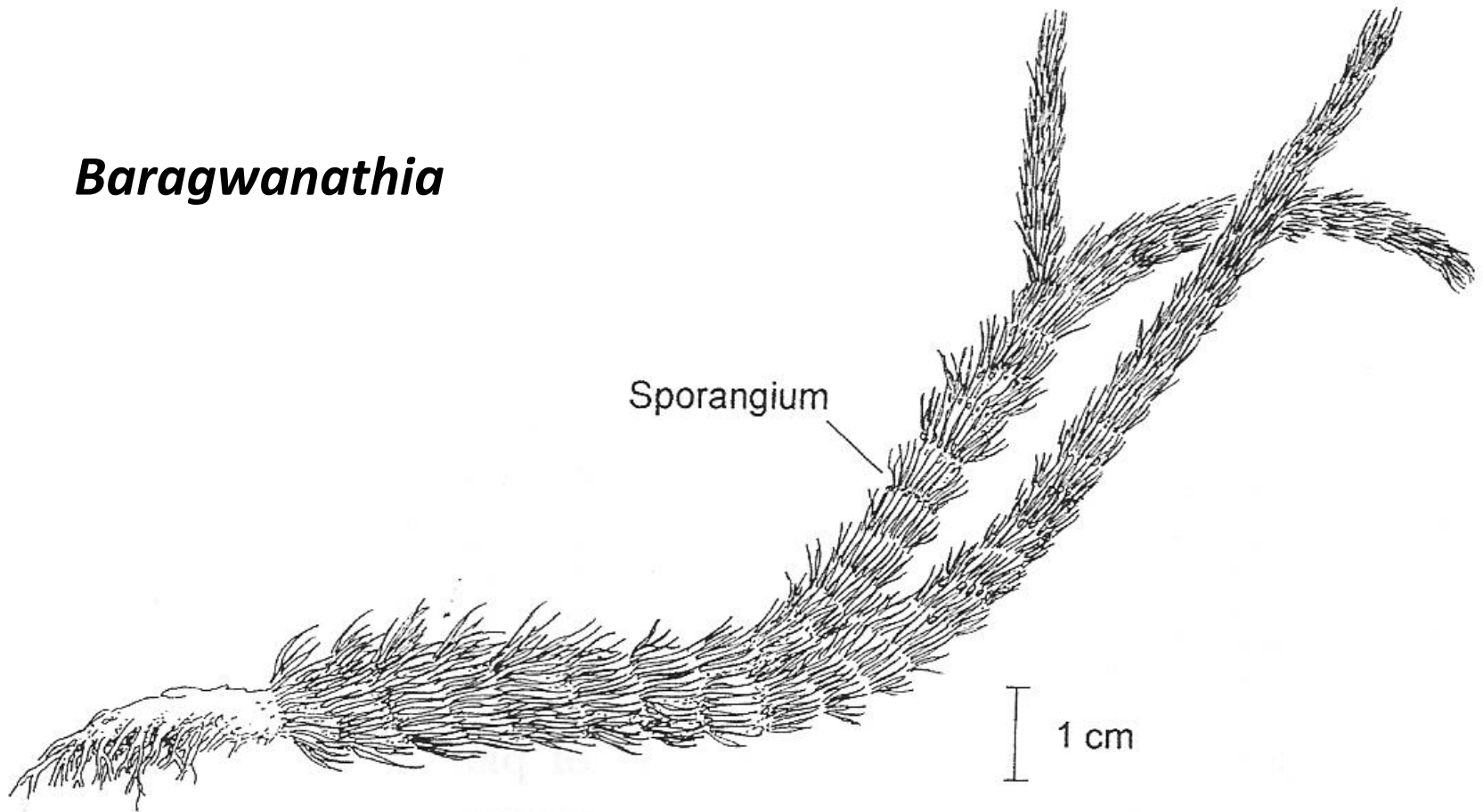
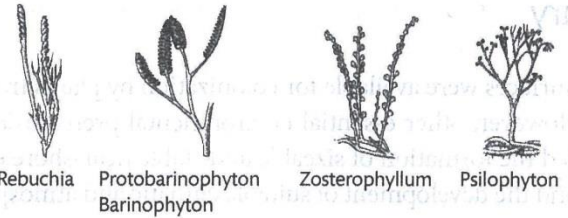


Figure 3.16 Reconstruction of fossil *Baragwanathia longifolia* (redrawn from White, 1990).

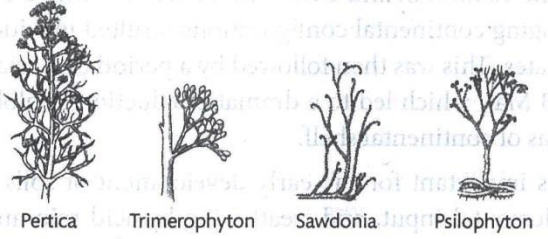
- karakteristični fosilni nalazi za područje Gondvane (naročito brojni u Australiji)
- ogranaci su bili ekstremno dugački, izdižući se od rizomske baze gotovo 1 m

(b)

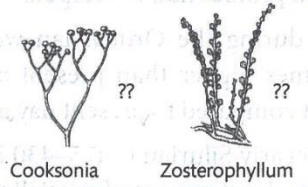
Siberian-North Laurussia ●



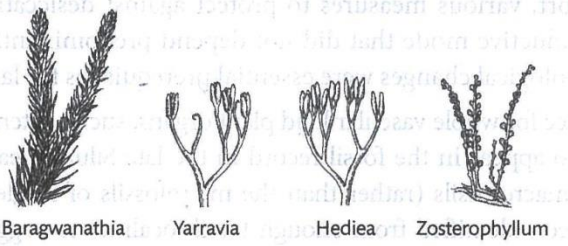
South Laurussia-China ○



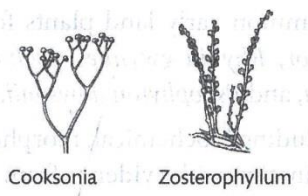
Kazakhstan ◐



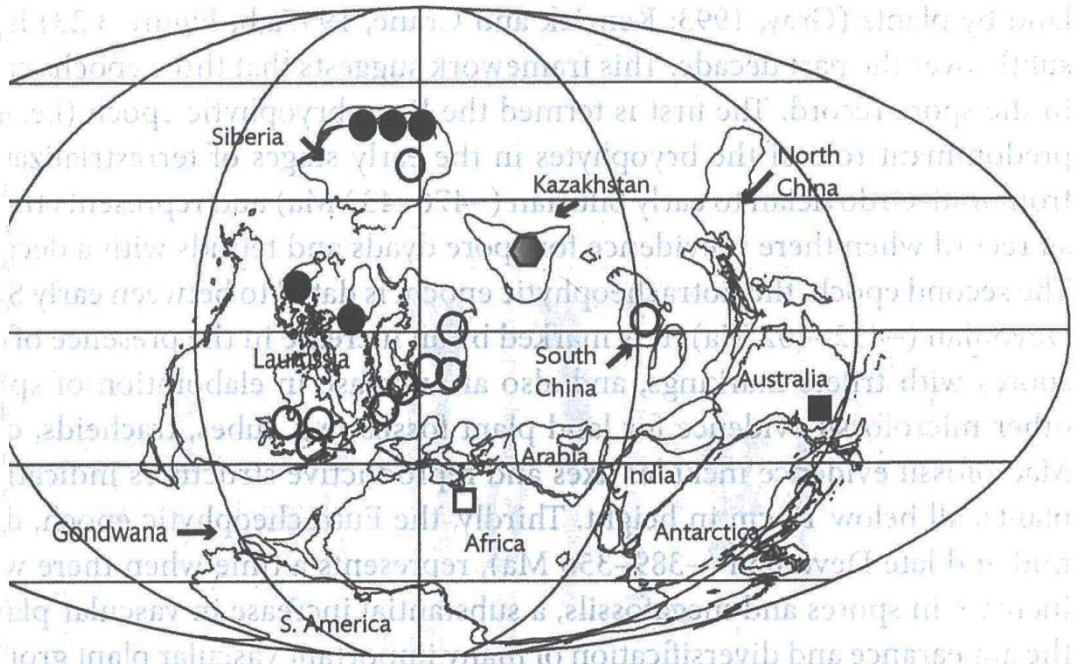
Australia ■



Northern Gondwana ◻



Early Devonian (390 Ma)



Biogeografska rasprostranjenost najranijih kopnenih biljaka (rani devon , otpr. 417-390 mio. god.) (Willis i McElwain 2014)



KRAJOLIK U KASNOM SILURU / RANOM DEVONU

KRAJOLIK U DEVONU

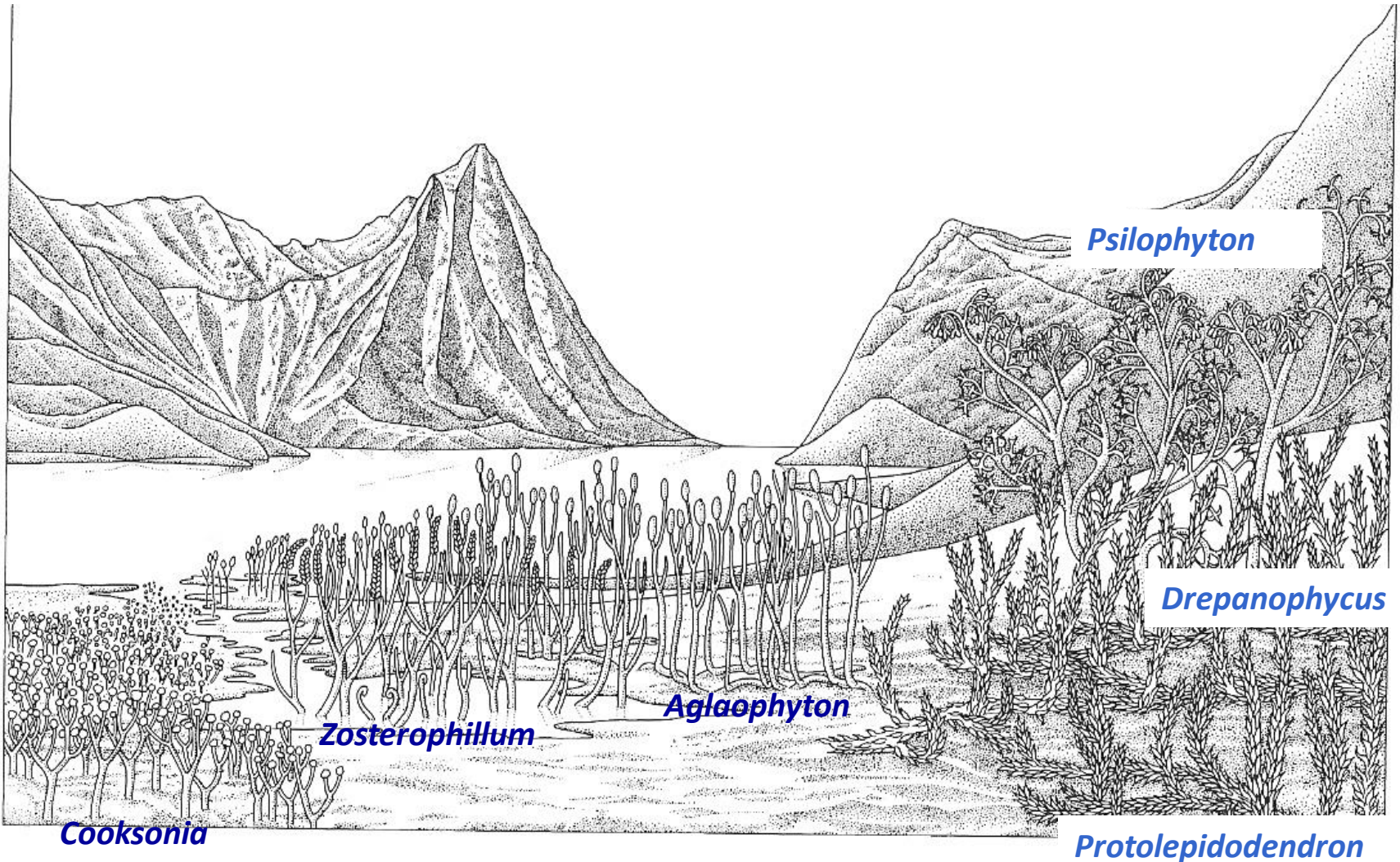
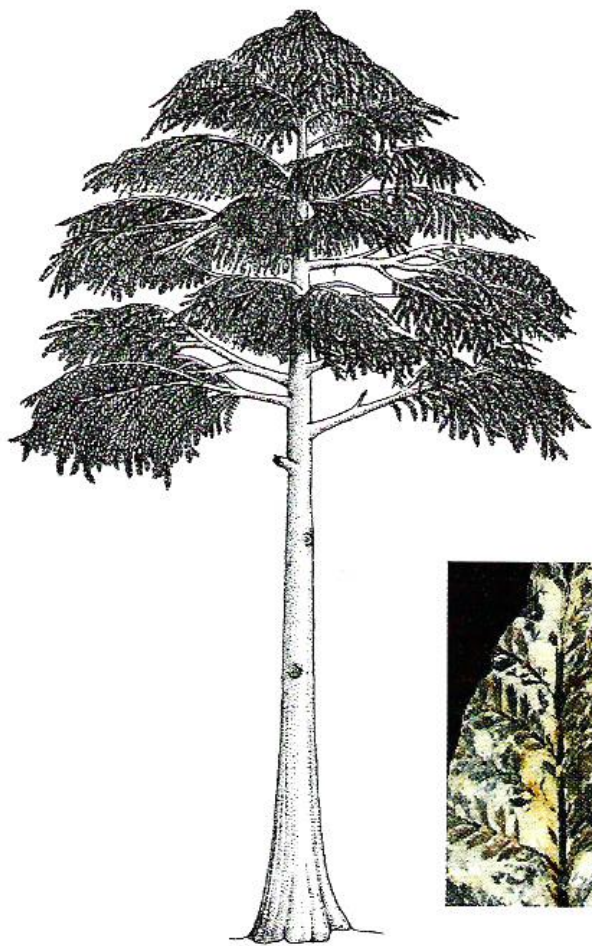


Abb. 5-5: Erstes pflanzliches Leben auf dem Land. Im Unterdevon (vor etwa 409–386 Mio. J.) besiedelten einfache Gefäßpflanzen den Grenzbereich zwischen Meer und Land, später auch das Land. Von links bis zur Bildmitte: *Cooksonia*, *Zosterophyllum* und *Rhynia*, **RANI DEVON** Beginn des Mitteldevons (vor etwa 386 Mio. J.) war bereits ein **SREDNJI DEVON** größere und komplexere Pflanzengestalten entwickelt, z. B. (von hinten nach vorn) *Psilophyton*, ein robuster Immerophyt, und *Drepanophycus* und *Protolepidodendron*, frühe bärlappartige Pflanzen. Alle diese frühen Landpflanzen waren mikrophyll beblättert. Nur Gattungen genannt. (Nach Raven et al. 1992.)

- u srednjem i kasnom devonu pojavljuje se posebna skupina biljaka – **Pragymnospermatophyta** - pragosjemenjače,
- izumrle, ali bile su vrlo važne u evoluciji biljaka
- predstavljaju **razvojnu poveznicu između ranih papratnjača i golosjemenjača**
- uglavnom drvoliki predstavnici pragosjemenjača imali su osobine i papratnjača i golosjemenjača:
 - imali su **sekundarni rast u debljini** – drvo, poput današnjih golosjemenjača, ali
 - reproduktivni organi bili su kao u papratnjača, tj. imali su **spore**
- predstavljaju jednu od botaničkih “**izgubljenih karika**”- povezuju danas različite, odvojene skupine (papratnjače i golosjemenjače)
- npr. *Archaeopters*



Archaeopteris:

- impresivno drvo oko 8,5 m visine i 1,5 m u promjeru,
- sa snažno razvijenim glavnim korijenom i bočnim ograncima,
- s fertilnim (sa sporangijima i, vjerojatno, heterosporama), te
- sterilnim (s listovima) i kombiniranim ograncima velikih listova,

- važan sastojak najranijih šuma na vlažnom tlu

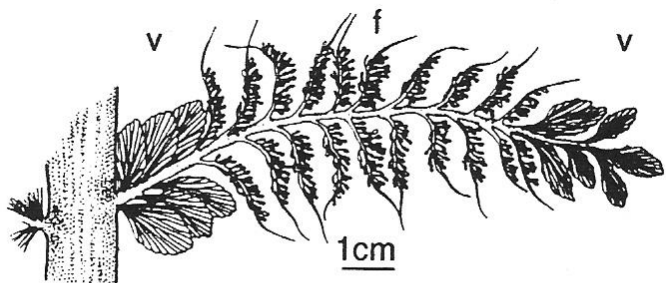
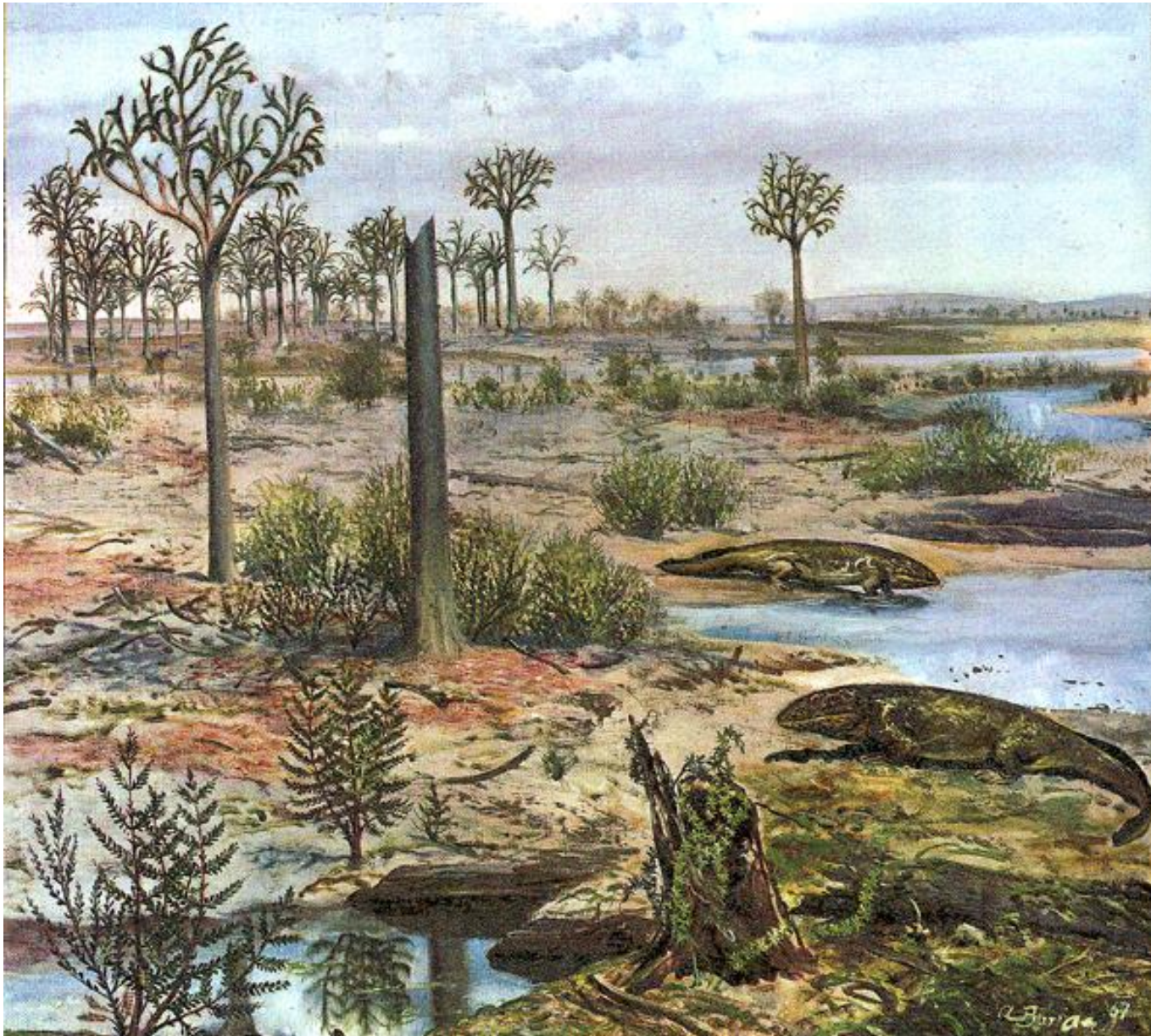


Abb. 5-18: *Archaeopteris* spec. Megaphyll mit vegetativen (v) und fertilen (f) Fiedern. (Nach Andrews 1961, aus Strasburger 1991.)



KRAJOLIK U GORNJEM DEVONU

6 4: The first forests

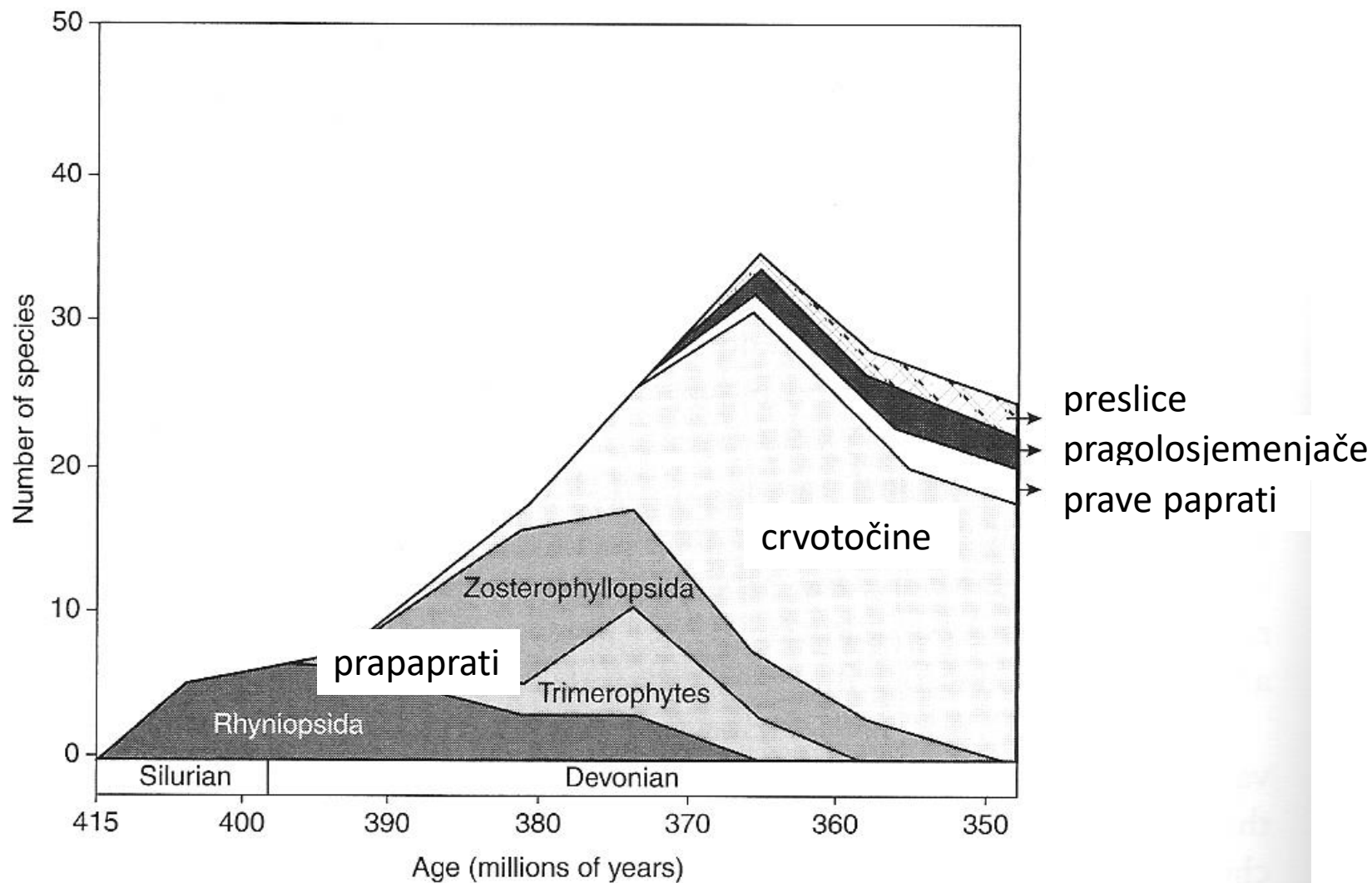
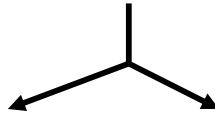


Figure 4.4 Evolution and diversification of vascular land plants during the mid to late Devonian (~390–365 Ma) (redrawn from Niklas *et al.*, 1985a). Data are taken from a compilation of approximately 18 000 fossil plant species citations.

PAPRATNJAČE iz donjeg devona razvile su se u dva smjera



ZELJASTE
PAPRATNJAČE

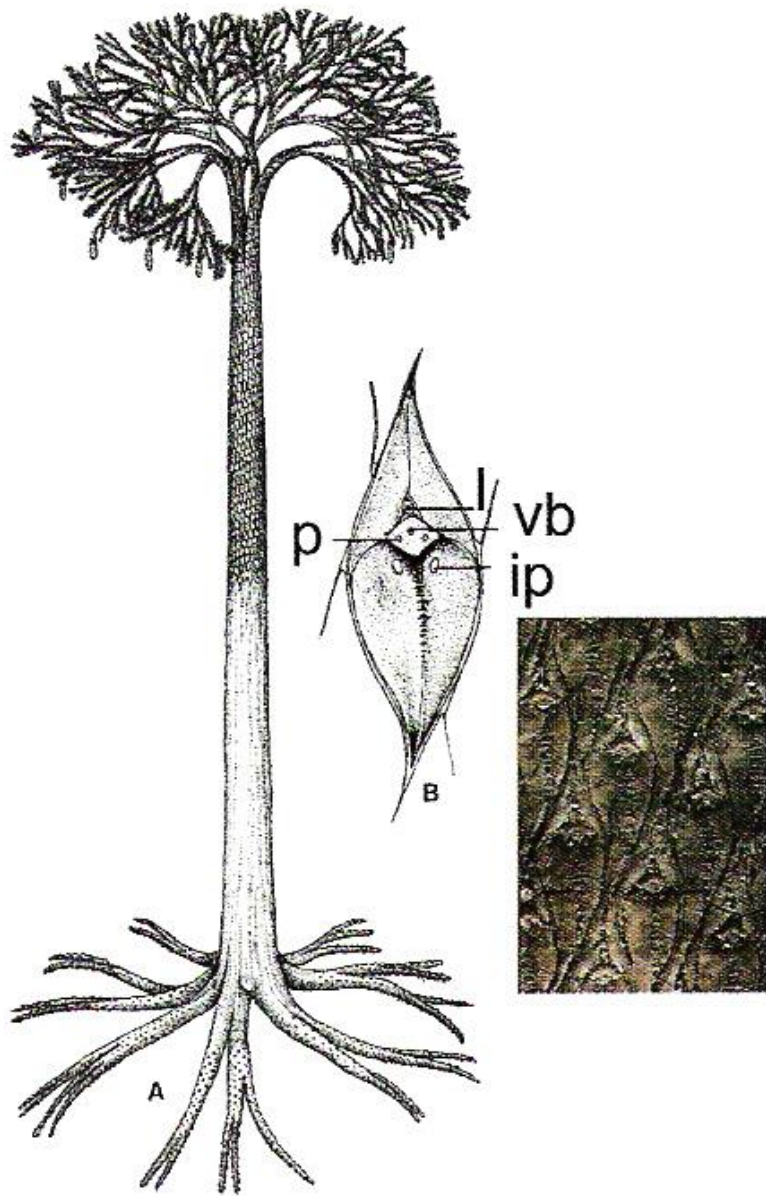
u srednjem devonu
DRVENASTE
PAPRATNJAČE
do 40 m visine i do 2 m
debljine



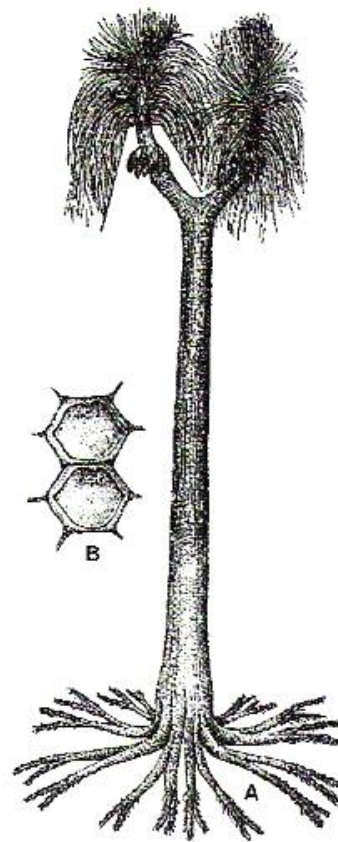
u karbonu
“KARBONSKE ŠUME
KAMENOG
UGLJENA”

drvenaste crvotočine –
Lepidodendrales, npr.
Lepidodendron, *Sigillaria*,

drvenastie preslice
npr. *Calamites* i dr.
(heterosporne)

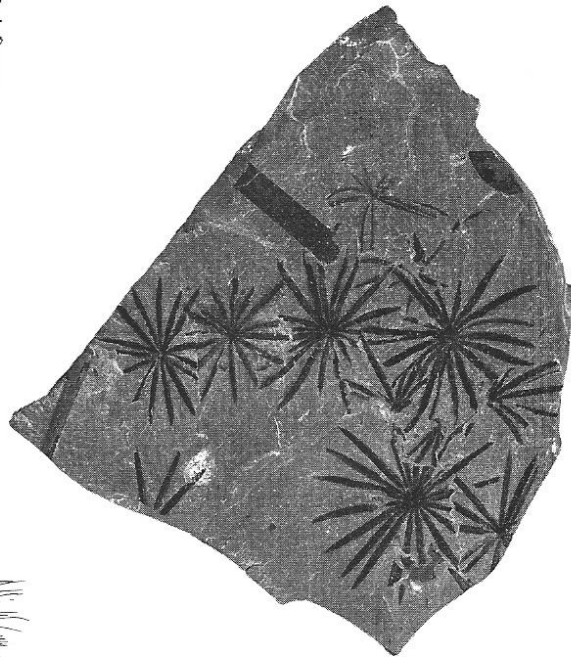
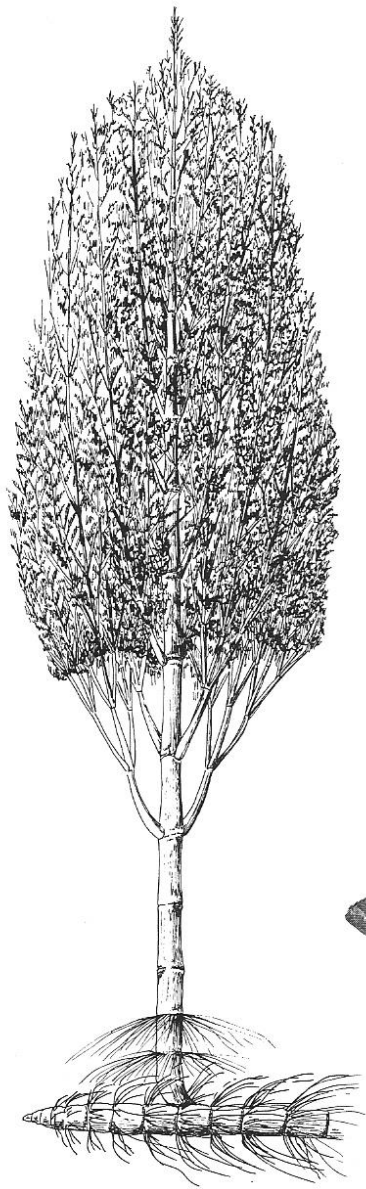


Lepidodendron



Sigillaria

(crvotočine)



Calamites (preslice)

left: *Calamites*: a horsetail the size of a tree (approximately 10 m high).

top right: Branches of *Calamites* bearing leaves and cones; *Palaeostachya* and *Asterophyllites* (Late Carboniferous, Wales). Block measures approximately 15 cm.

above right: The leaves of *Calamites* were borne in whorls, approximately 15 mm in size; *Annularia radiata* (Late Carboniferous, Wales).

Lepidodendron

Sigillaria

Calamites i *Archeocalamites*

drvenaste
crvotočine i
prave paprati

selagine

vegetacija karbona razvijena u močvarama tadašnjeg tropskog područja sjeverne hemisfere (ekološki sličnim današnjim močvarnim šumama močvarnog čempresa na J-I Sjeverne Amerike) – gornji karbon u dolini Rajne, Njemačka

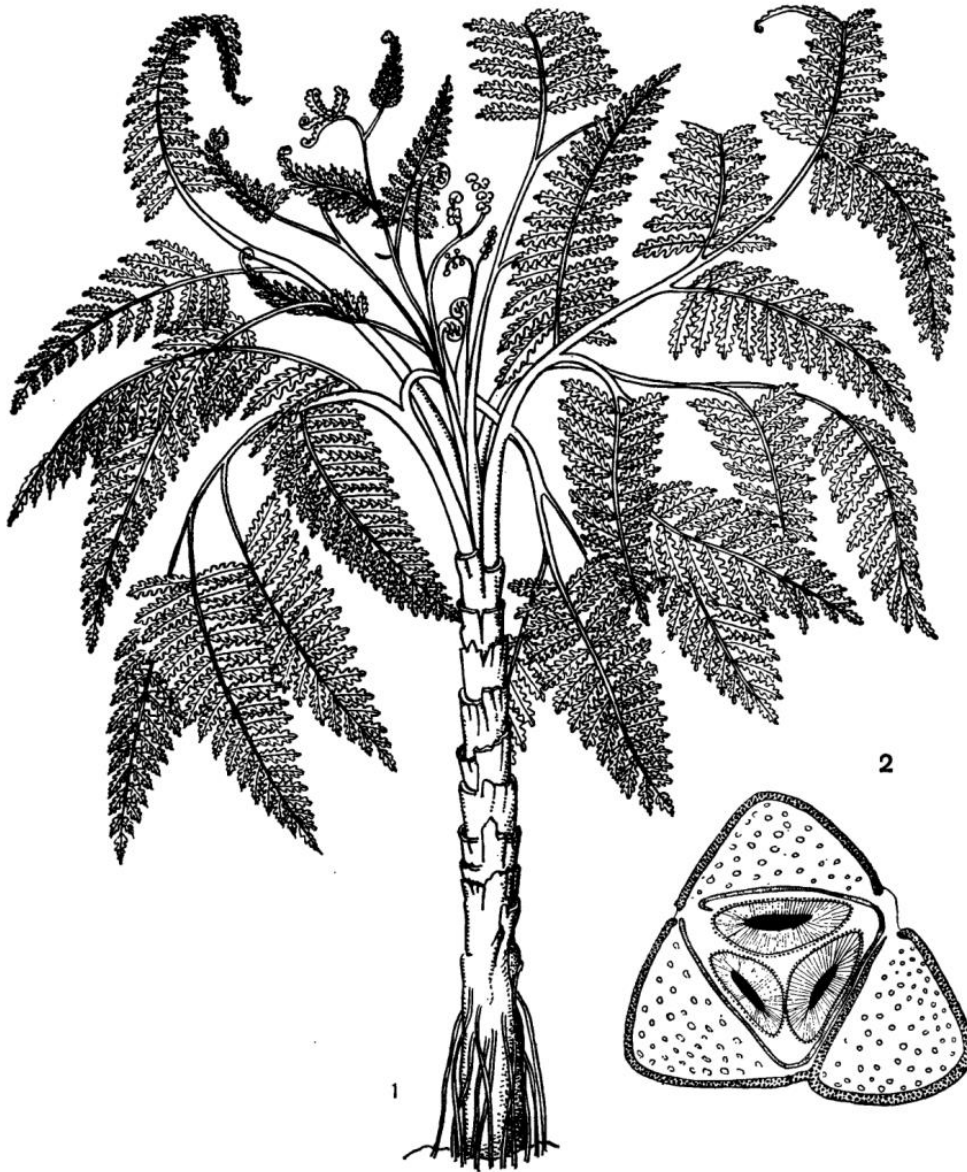
- uz džinovske papratnjače (npr. *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Archaeocalamites*, *Calamites*) i pragosjemenjače (npr. *Archaeopteris*), u šumama karbona (i perma) bile su zastupljene i 2 skupine **ranih golosjemenjača**:

Pteridospermatophyta – papratnjače sa sjemenkama

i

Cordaitidae - pračetinjače

Medullosa



Pteridospermatophyta -
papratnječe sa sjemenkama

- izgledale su kao paprati
(najčešće kao mala stabla s
višestruko rasperanim
listovima),

- razmnožavale su se
sjemenkama

- pojavile su se još u gornjem
devonu, a smatraju se
precima perastolisnih
golosjemenjača –
Cycadophyta

Рис. 159. Медуллоза Ноэ (Medullosa poei):

1 — общий вид, реконструкция; 2 — схема поперечного среза через стебель с тремя меристемами.

Cordaitidae – pračetinjače

- stabla visoka do 30 m i promjera oko 1 m
 - sekundarni rast u debljinu
 - stabla su zauzimala nešto suša staništa, kasnije zajedno s prvim pravim četinjačama
-
- karbon - perm
 - preci pravih četinjača (Coniferophyta)



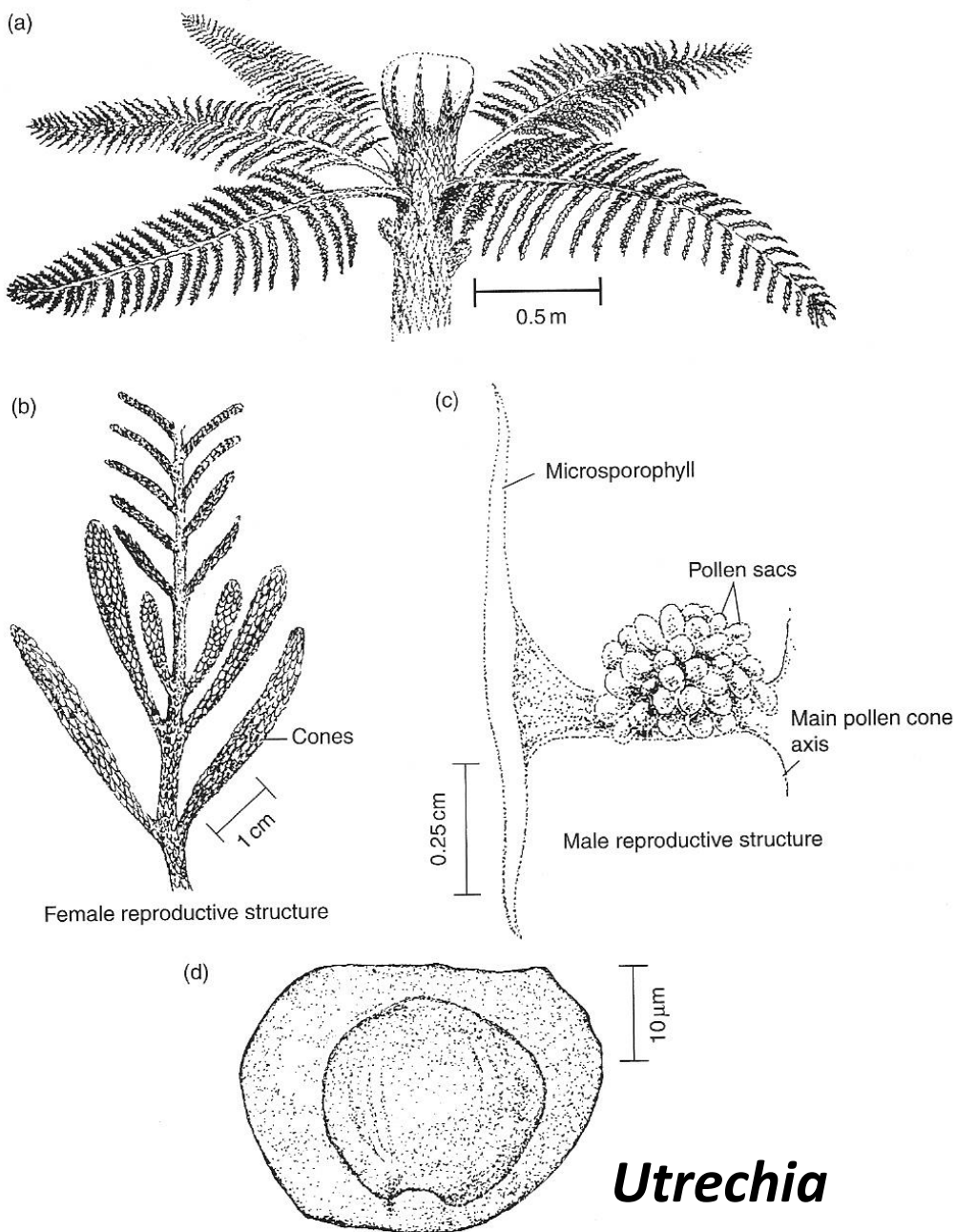


Figure 5.13 Coniferales, *Utrechia*: (a) habit; (b) female reproductive structure; (c) male reproductive structure (enlarged portion of male cone); (d) pollen (redrawn from Meyen, 1987).

- prve prave četinjače (Coniferophyta)

- pojavljuju se u permu i mezozoiku
(izumrle)

- povezuju karbonskih pračetinjače
(Cordaitidae) i današnjih četinjače

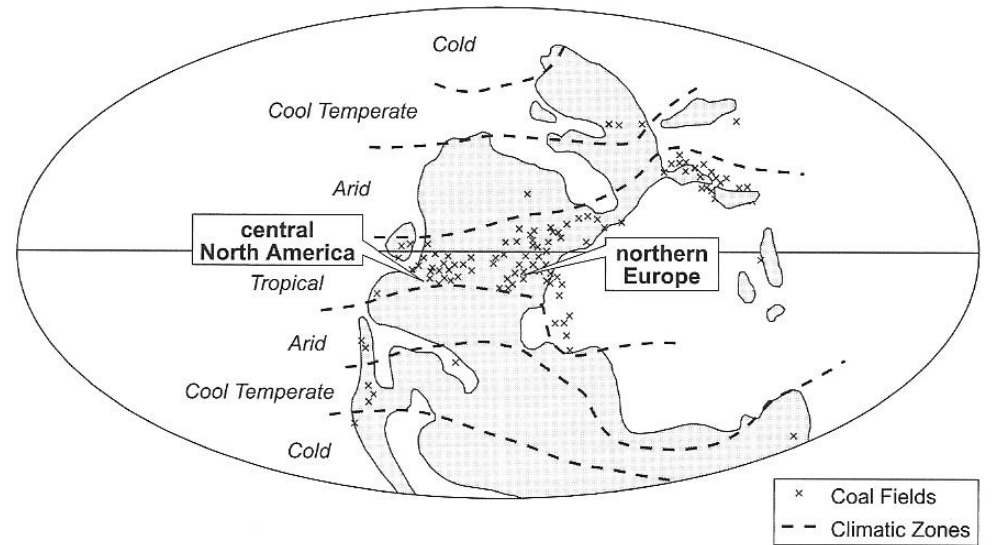
- habitusom su nalikovale
današnjim araukarijama

- predstavnici prvih pravih četinjača
također su zauzimali nešto suša
staništa na višim položajima i činili
su veliki dio tadašnjih šuma



Karbon

- u karbonu dolazi do spajanja Laurazijae i Gondvane i formira se superkontinent – **Pangea** (protezao se sjevernom i južnom hemisferom, od 70° N do Južnog pola)



above: During the Carboniferous, a single large landmass called Pangea spanned the Northern and Southern Hemispheres. The greatest concentration of coal formed within the tropical belt.

-zbog velikog područja kojim se Pangea protezala klima nije svuda imala jednake karakteristike: raščlanjena klima za posljedicu ima i floristička raščlanjenost, pa su se mogla razlikovati floristička carstva:

- Arktokarbonsko na sjevernoj hemisferi: područja floristički vrlo bogatih tropskih močvarnih šuma (kamenog ugljena) i

- Gondvansko na južnoj hemisferi - hladnija, humidna klima s izraženim godišnjim dobima, (kod tadašnjih vrsta prisutni godovi i listopadnost) → vrstama općenito mnogo siromašnije od sjevernog carstva

pomicanje kontinentalnih ploča i nastanak superkontinenta Pangeae poremetio je tadašnja atmosferska i oceanska strujanja
zbog čega dolazi do



nastanka **ledenog doba** u kasnom karbonu/ranom permu koje za posljedicu ima:

- ledom okovani južni dio kontinenta
- u sjevernoj hemisferi osjetno hladnija i suša klima



sredinom perma ponovno dolazi do **zatopljenja**



ali! - globalna klima gornjeg perma jest toplija, no ne i optimalna kao u karbonu; karakteriziraju je:

- velike sezonske temperaturne promjene,
- osjetno **aridnija**, suša klima u unutrašnjosti kontinenta i oko ekvatora

Early Carboniferous (359-345 Ma)

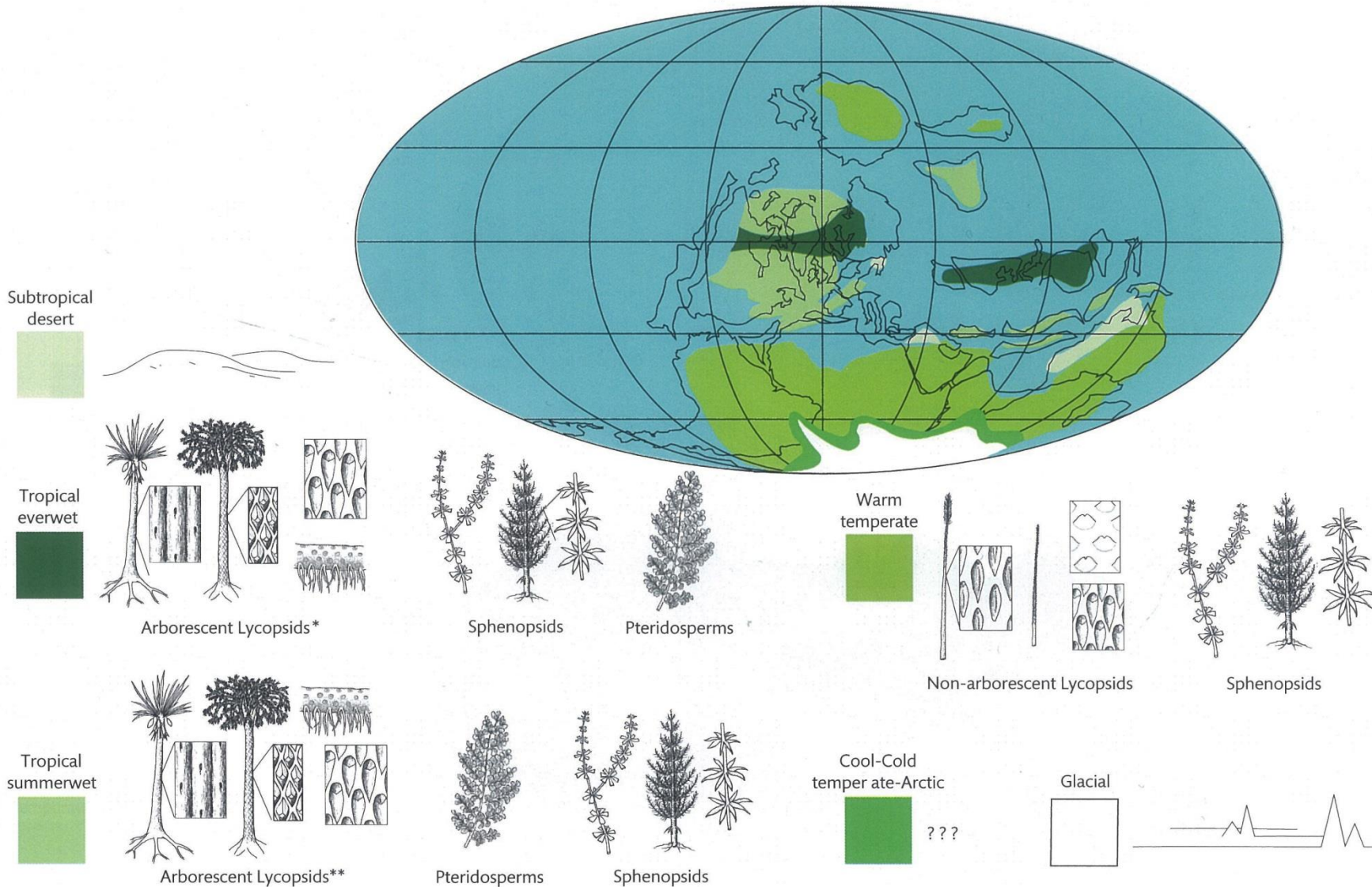


Plate 1 (Fig 4.34) Suggested biomes for the Early Carboniferous (359-345 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

Raspored kontinenata i bioma u ranom karbonu

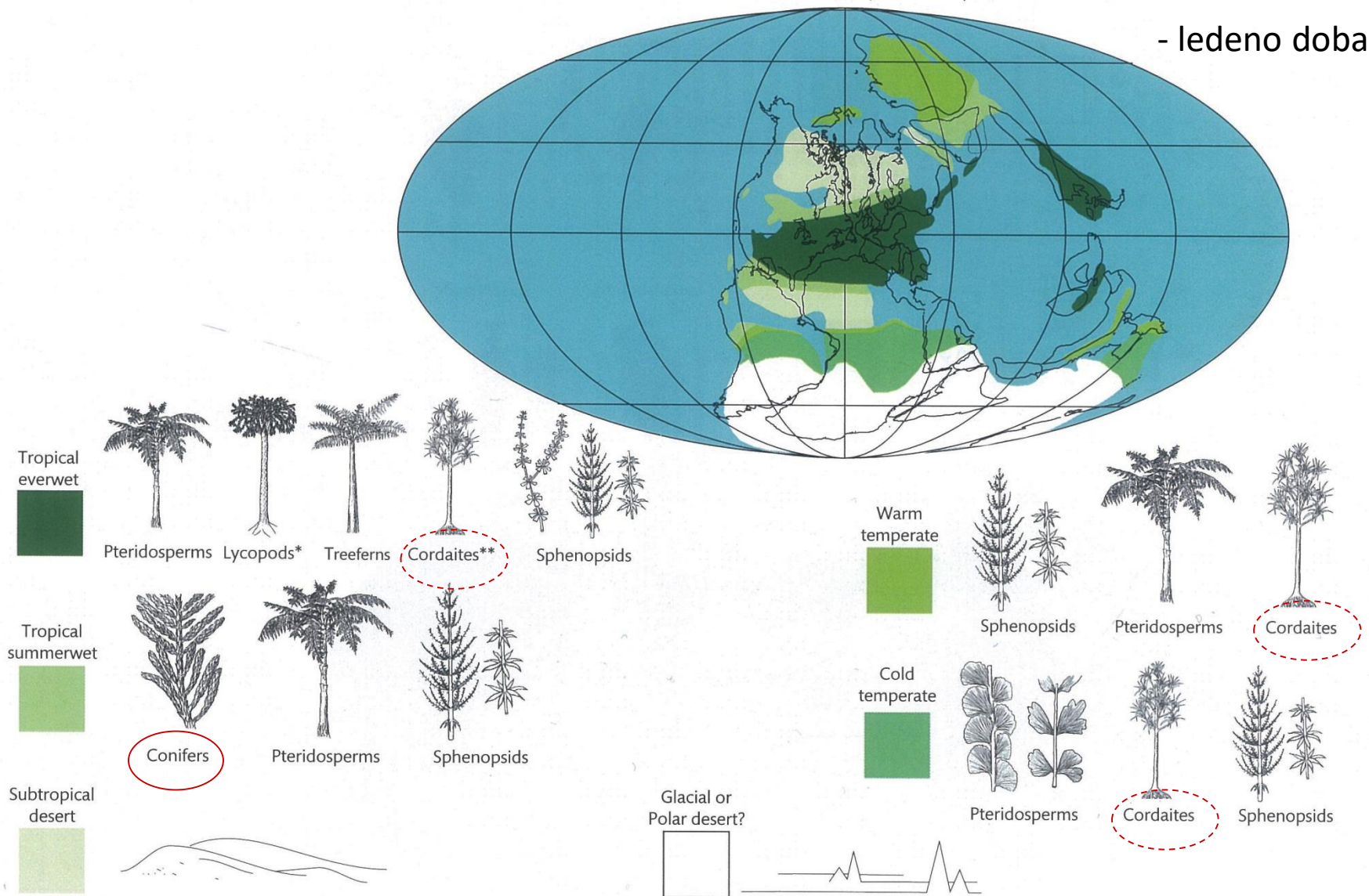


Plate 2 (Fig 4.35) Suggested biomes for the Late Carboniferous (308–299 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

Raspored kontinenata i bioma u kasnom karbonu

hladna, pa toplija, ali i aridnija klima u karbonu i permu na sjevernoj hemisferi uzrokovala je :

- **izumiranje** biljaka tropskih šuma drvenastih papratnjača i pteridospermi i pračetinjača (osnova za nastanak kamenog ugljena)
- preostali su uglavnom zeljasti nasljednici preslica, crvotočina i pravih paprati iz prizemnog sloja tadašnjih šuma
- u većoj količini pojavljuju se i mahovine
- u sastavu šuma, ali i općenito, **dominaciju preuzimaju četinjače** (koje su svojim razvijenijim provodnim sustavom i prilagodbom sušim staništima bile bolje prilagođene i spremnije za novonastale klimatske promjene)

hladna, pa toplija, ali i aridnija klima u karbonu i permu na južnoj hemisferi uzrokovala je :

- **izumiranje** drvenastih papratnjača, ponajviše crvotočine
- pojavu **prvih skupina Ginkgophyta i četinjača (Coniferophyta)** koje su naseljavale uglavnom suša staništa na višim pozicijama
- velike površine prekrivale su **močvare** s dominantnim drvenastim papratnjačama i novim pteridospermama - prije svega drvenasti i grmoliki predstavnici listopadne skupine pteridospermi - roda ***Glossopteris***, po kojem je tadašnja flora Gondvanae nazvana *Glossopteris*-flora i zadržala se do trijasa

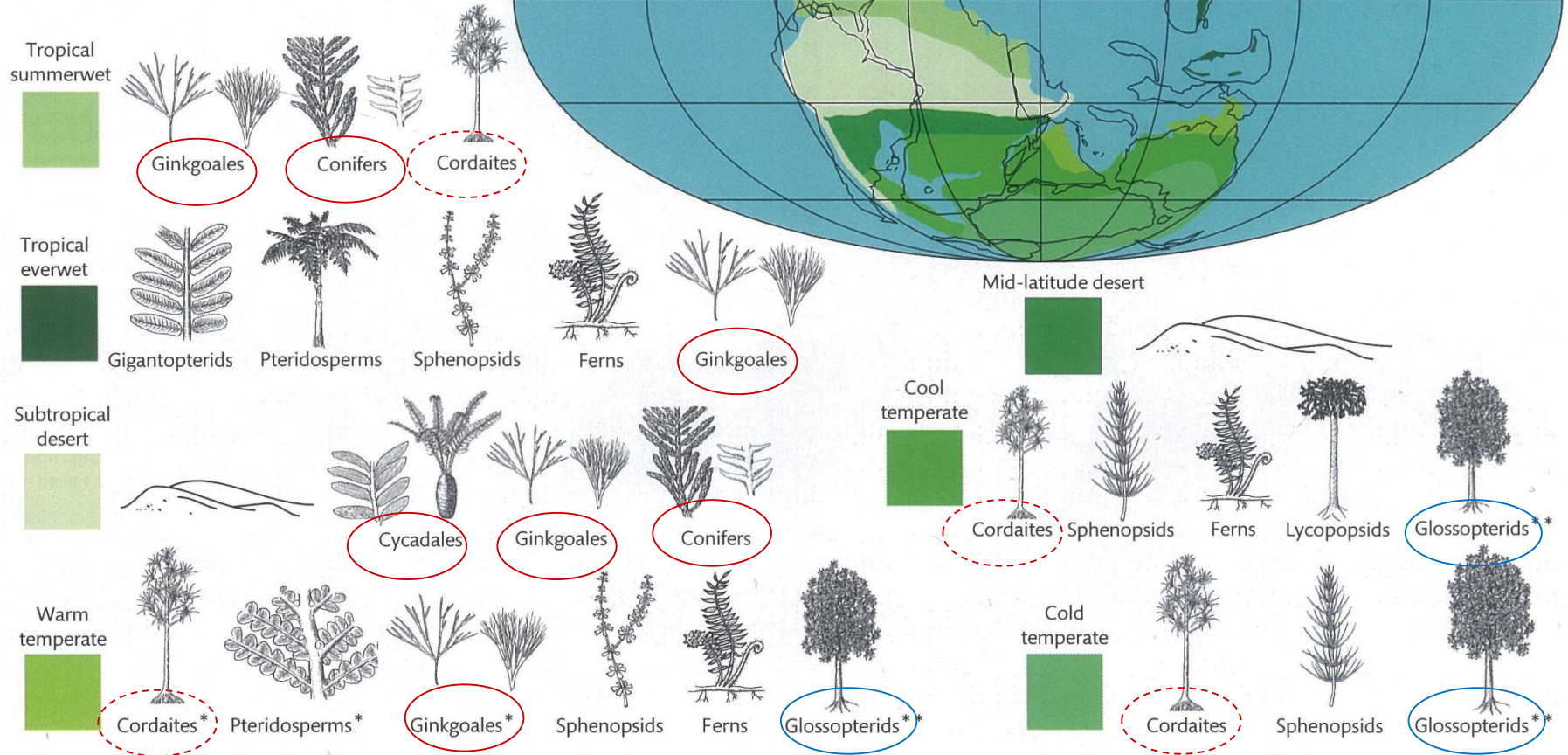


Plate 3 (Fig 5.12) Suggested biomes for the Middle Permian (267-260 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

Raspored kontinenata i bioma u srednjem permu

Glossopteris-flora

listopadne papratnjače sa
sjemenkama
(Pteridospermatophyta)
perm

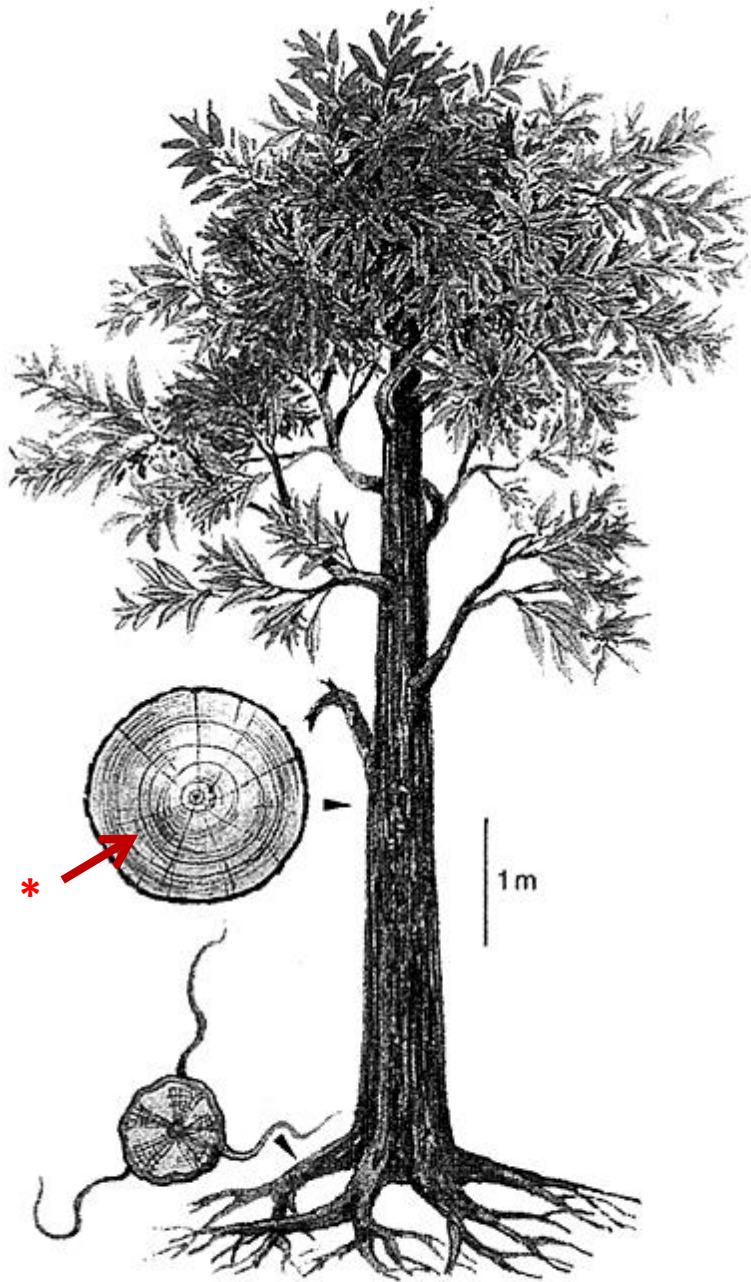


Abb. 5-23: *Glossopteris*-Baum. Rekonstruktion. Höhe etwa 10 m. (Aus White 1990.)



Abb. 2.18. *Glossopteris*, Fundort Skaar Ridge Antarctica aus dem Perm, von T.N. Taylor, University of Kansas, Lawrence, USA (Foto: Hans Kerp)

- zbog izraženog sezonaliteta, predstavnici *Glossopteris* flore ostavili su veliki broj fosilnih tragova: lišće i drvo s izraženim godovima*

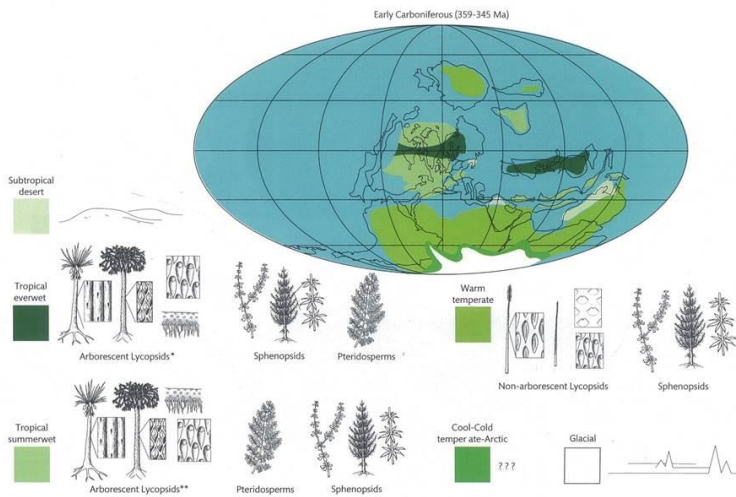


Plate 1 (Fig 4.34) Suggested biomes for the Early Carboniferous (359-345 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

Raspored kontinenata i bioma u ranom karbonu

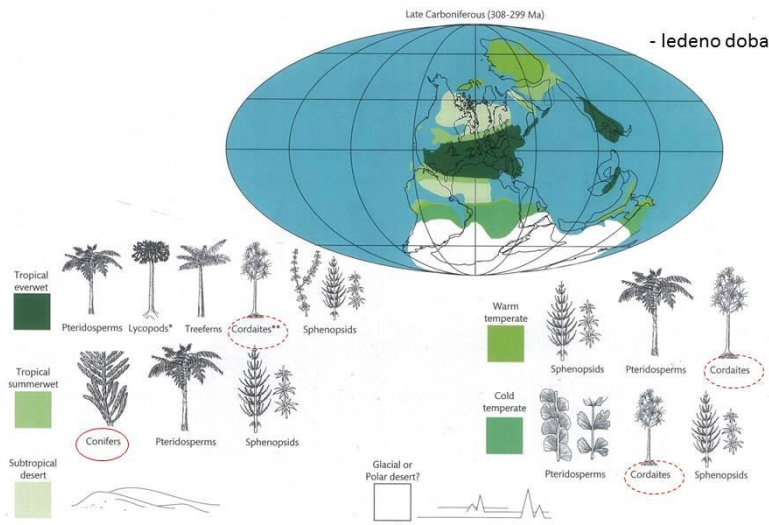


Plate 2 (Fig 4.35) Suggested biomes for the Late Carboniferous (308-299 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

Raspored kontinenata i bioma u kasnom karbonu



- zatopljenje, ali i velike sezonske temperaturne oscilacije te aridnija klima **u permu** za posljedicu su imali velika izumiranja dosadašnjeg tipa vegetacije, prije svega velikih papratnjača, a pogodovali su razvoju različitih skupina golosjemenjača koje su bile bolje prilagođene novonastalim promjenama, čime započinje njihova dominacija

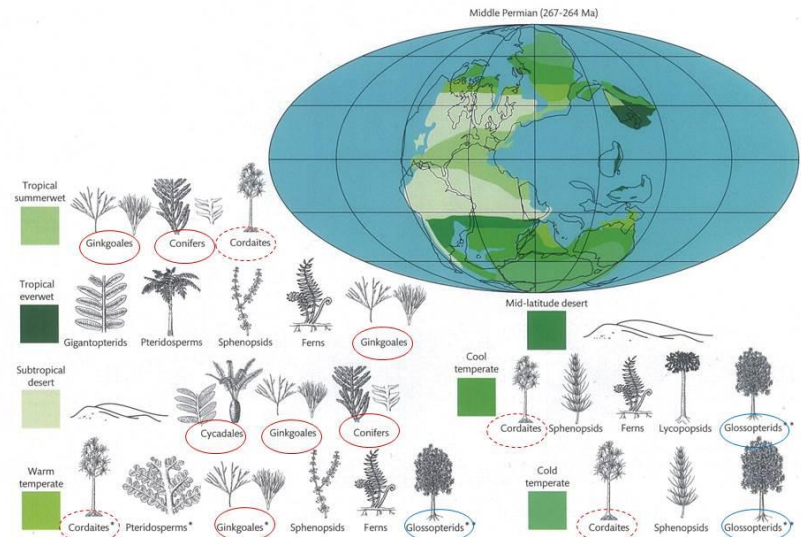
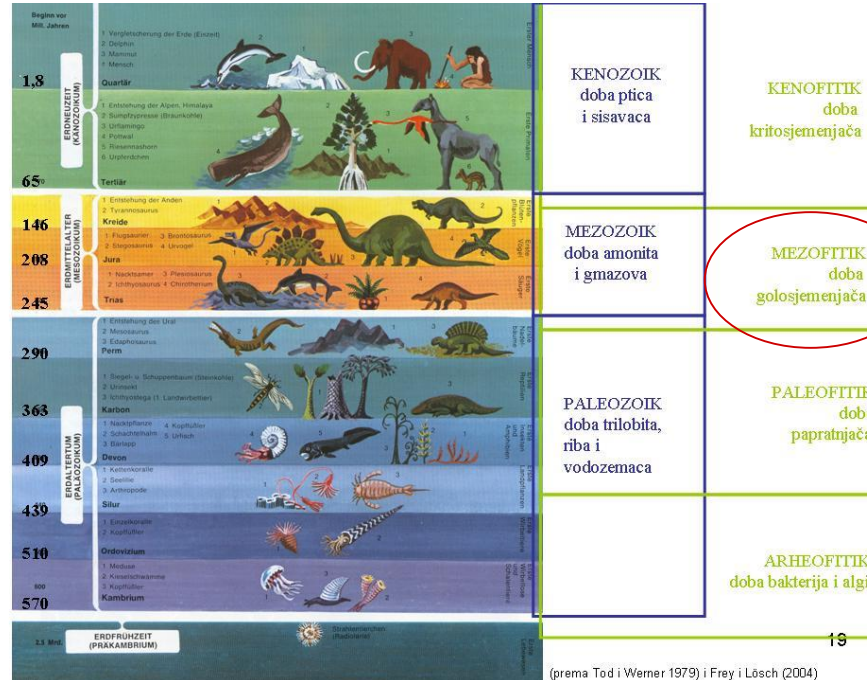


Plate 3 (Fig 5.12) Suggested biomes for the Middle Permian (267-260 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

Raspored kontinenata i bioma u srednjem permu

3. MEZOFITIK (doba golosjemenjača)

- razdoblje vrhunca razvoja i dominacije golosjemenjača
- traje od **perma** (otpr. 256 mio. god. B.P.) - pojave i početka dominacije golosjemenjača, do **krede** (otpr. 97 mio. god. B.P.) - pojave i početka dominacije kritosjemenjača



(prema Tod i Werner 1979) i Frey i Löscher (2004)

- u permu se pojavljuju nove skupine golosjemenjača:
 - Cycadophyta i Bennettitales (perastolisne g.),
 - Ginkgophyta (viličaste g.), i
 - razni oblici papratnjača sa sjemenkama *Glossopteris*

čijem je razvoju i povećanju areala pogodovala toplija i aridnija klima tijekom perma

- u juri je klima najvećim dijelom bila **vrlo topla** (u rasponu od umjereno-tople do tropske), **bez oledbi**, a pravi procvat doživljavaju Ginkgoatae, Cycadophytina, Coniferae
- u **globalnoj vegetaciji dominiraju golosjemenjače**, a može se razlikovati 5 tadašnjih vegetacijskih bioma

- optimalna klima: vrlo topla, bez oledbi, s malim temperaturnim gradijentom od ekvatora do polova

Early Jurassic (206-180 Ma)

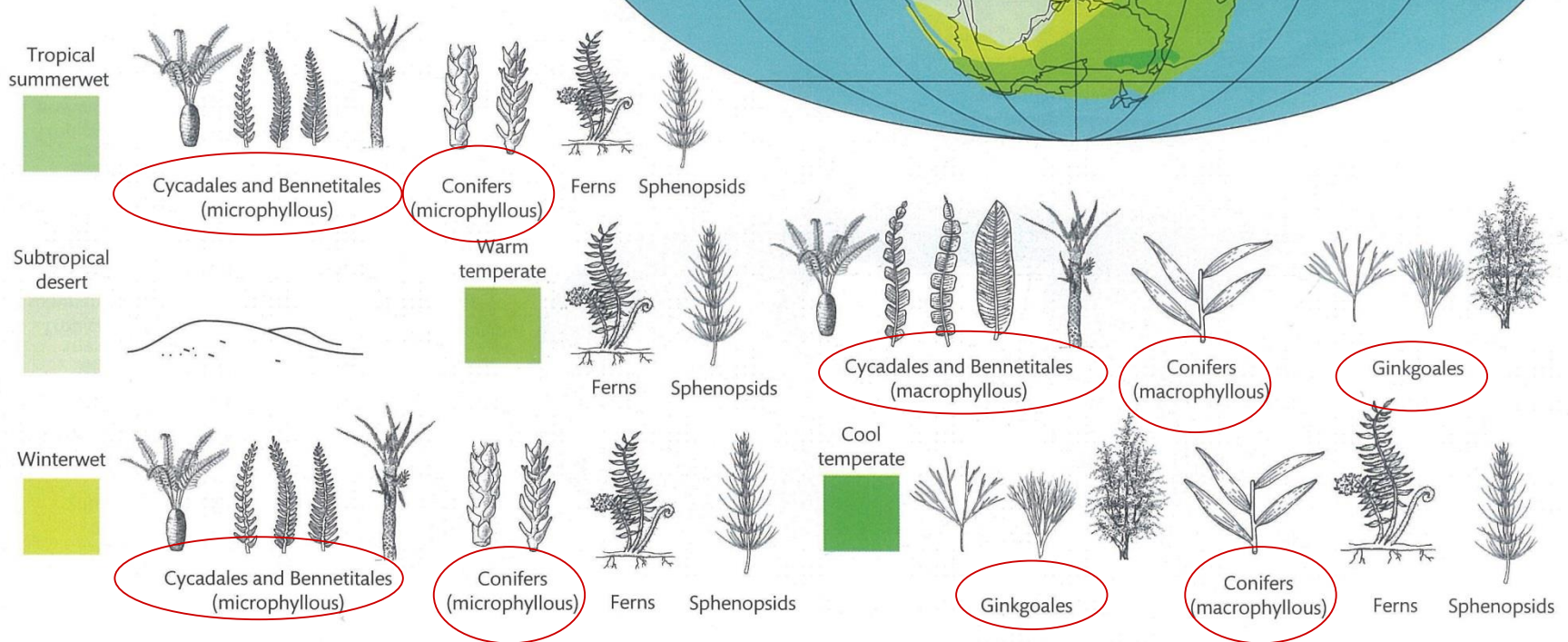
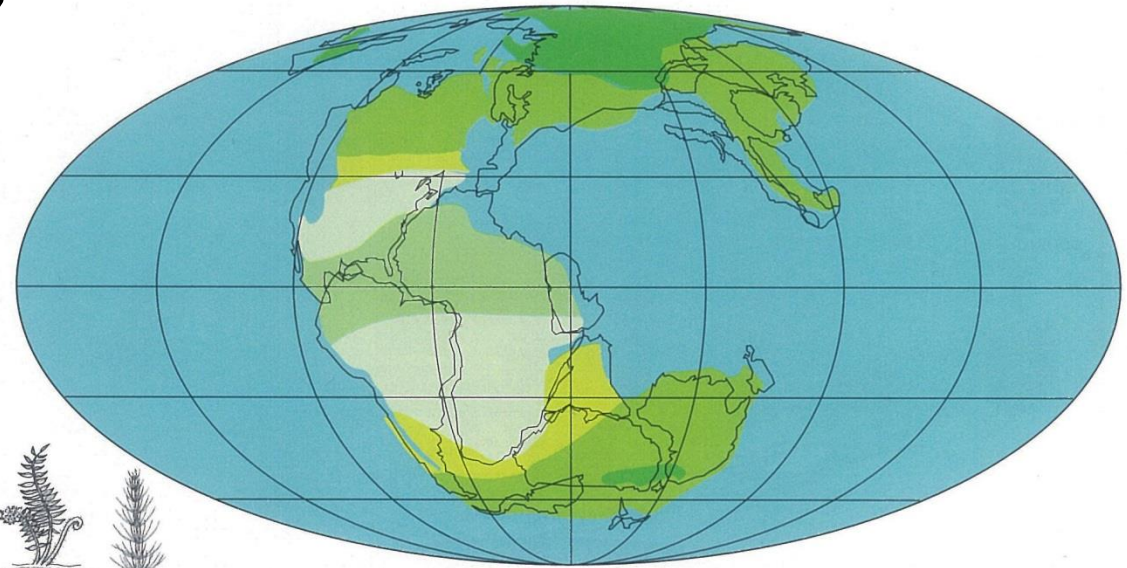


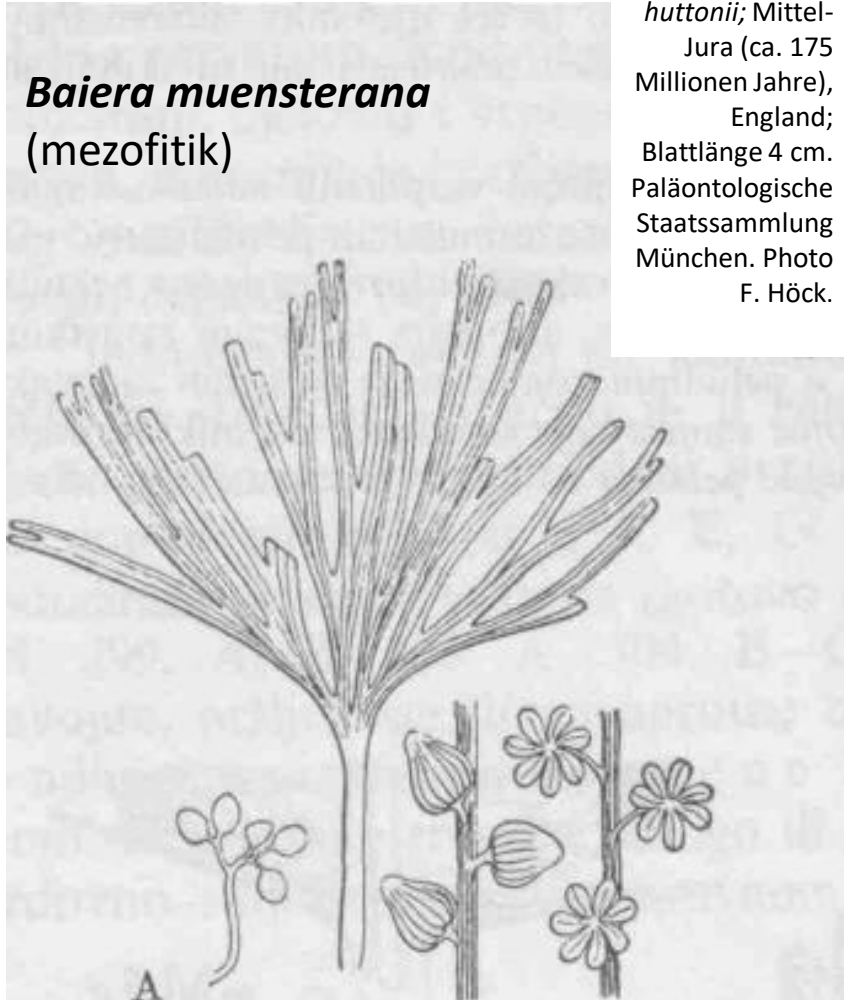
Plate 4 (Fig 5.19) Suggested biomes for the Early Jurassic (206-180 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

Raspored kontinenata i bioma u juri

Ginkgophyta

viličaste golosjemenjače

(primjeri nekih od izumrlih vrsta)



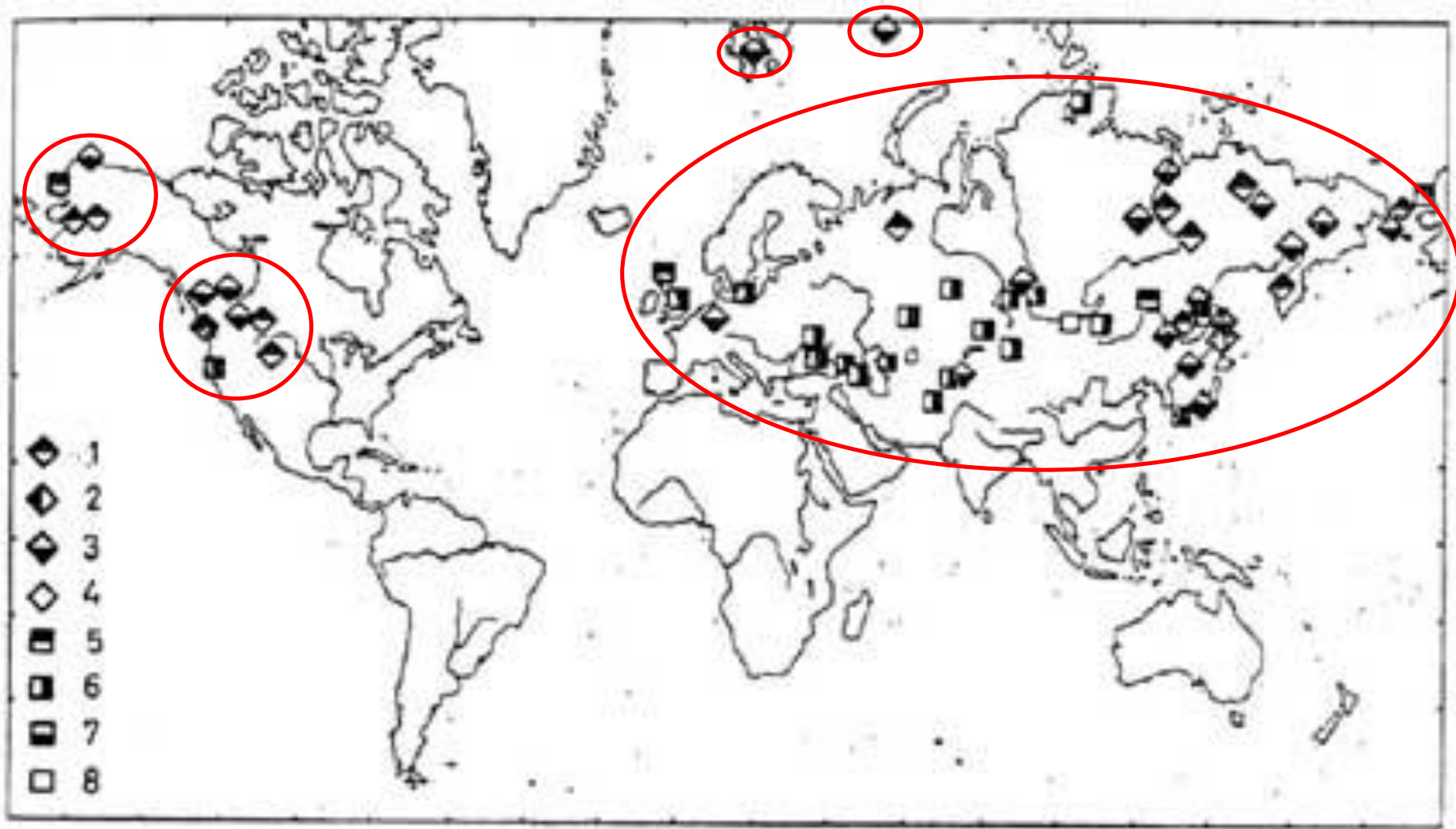
Baiera muensterana

(mezofitik)

Ginkgo huttonii (jura)

Fossile Blätter
des *Ginkgo*
huttonii; Mittel-
Jura (ca. 175
Millionen Jahre),
England;
Blattlänge 4 cm.
Paläontologische
Staatssammlung
München. Photo
F. Höck.



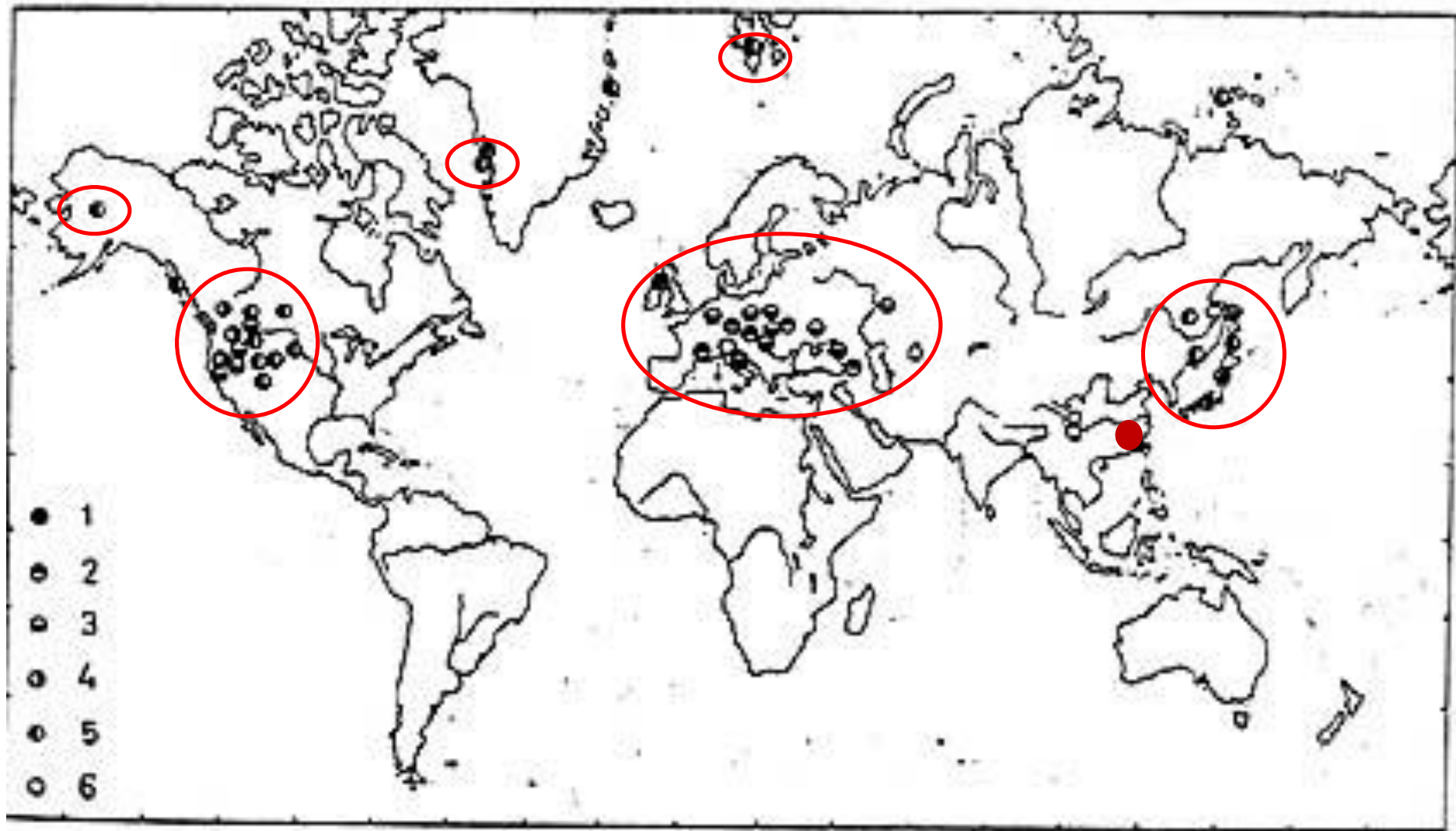


***Ginkgo* – fosilni nalazi iz jure i krede**
 te nekadašnji areal rasprostranjenosti ovog roda

Fossilfunde der Gattung *Ginkgo* aus dem Jura und der Kreide (Original von Tralau).

1 = obere, 2 = mittlere, 3 = untere Kreide, 4 = Kreide allgemein, 5 = oberer, 6 = mittlerer, 7 = unterer Jura, 8 = Jura allgemein

http://userpage.fu-berlin.de/leinfelder/palaeo_de/edu/lebfooss/gingko/index.html



***Ginkgo* – fosilni nalazi iz tercijara (i areal rasprostranjenosti) te preostali recentni prirodni areal ●**

Fossilfunde der Gattung *Ginkgo* aus dem Tertiär und das rezente Areal.

1 = rezent (ob. spontan?), 2 = Pliozän, 3 = Miozän, 4 = Oligozän, 5 = Eozän und Paläozän, 6 = Tertiär allgemein.

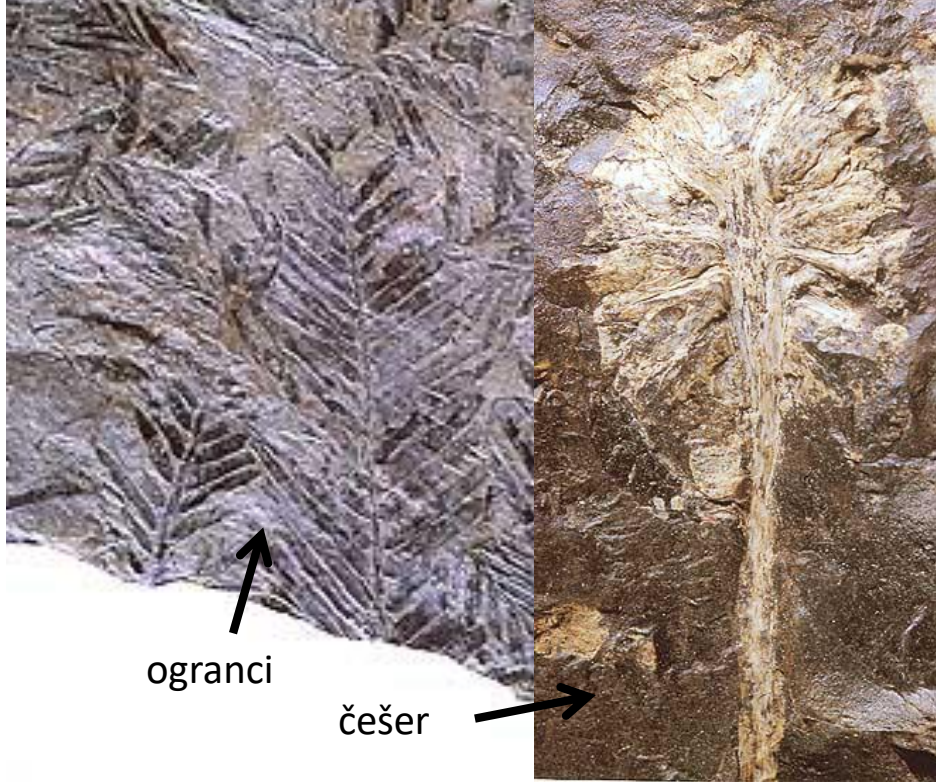


Ginkgo biloba
(recentan)

MEZOZOJSKI/MEZOFITSKI RELIKTI KOJI SU U PROŠLOSTI IMALI PUNO VEĆI AREAL RASPROSTRANJENOSTI



Großes Bild: Metasequoia-Zweige; Alt-Tertiär, Spitzbergen; auch an den Zweigen stehen die Nadeln einander paarweise gegenüber; Nadellänge ca. 1,5 cm. Paläontologische Staatssammlung München. Photo F. Höck. Zum Vergleich (kleines Bild): Metasequoia-Zapfen; Alt-Tertiär, Montana/USA; am rechten Bildrand der Rest eines Ginkgo-Blattes; Zapfen samt Stiel 5cm lang. Paläontologische Staatssammlung München. Photo F. Höck.



ogranci

češer

Metasequoia glyptostroboides
- metasekvoja



MEZOZOJSKI/MEZOFITSKI RELIKTI KOJI SU U PROŠLOSTI IMALI PUNO VEĆI AREAL RASPROSTRANJENOSTI



Großes Bild: Metasequoia-Zweige; Alt-Tertiär, Spitzbergen; auch an den Zweigen stehen die Nadeln einander paarweise gegenüber; Nadellänge ca. 1,5 cm. Paläontologische Staatssammlung München. Photo F. Höck. Zum Vergleich (kleines Bild): Zweig der Sequoia langsdorfii; Miozän, Türkei; Zweiglänge 6 cm. Paläontologische Staatssammlung München. Photo G. Bergmeier.

Sequoia sempervirens – obalna sekvoja
(recentna vrsta)



Sequoia langsdorfii
- sekvoja (izumrla vrsta)



Sequoia (+ fossilni nalazi, šrafirano recentni areal), ***Metasequoia*** ■ fossilni nalazi, ■ recentni areal)

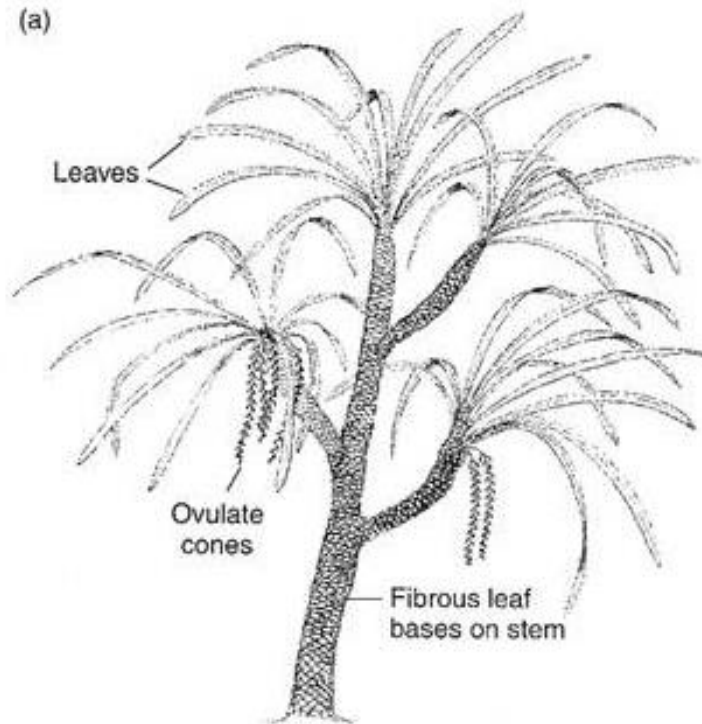
Vorzeitliche und heutige Verbreitung der *Sequoia* (schraffiert rezent, + fossil) und *Metasequoia* (* rezent, # fossil) (nach Studt und Cheney, verändert).

http://userpage.fu-berlin.de/leinfelder/palaeo_de/edu/lebfooss/metasequoia/index.html

Cycadophyta perastolisne golosjemenjače

- pojavile su se u permu (prije otpr. 280 mio. god.) i kao “živi fosili” preživjele do danas (u tropskim i suptropskim područjima)

- habitusom podsjećaju na palme, sa skupinom velikih zavojito poredanih, jednostruko (ili dvostruko) rasperanih listova;



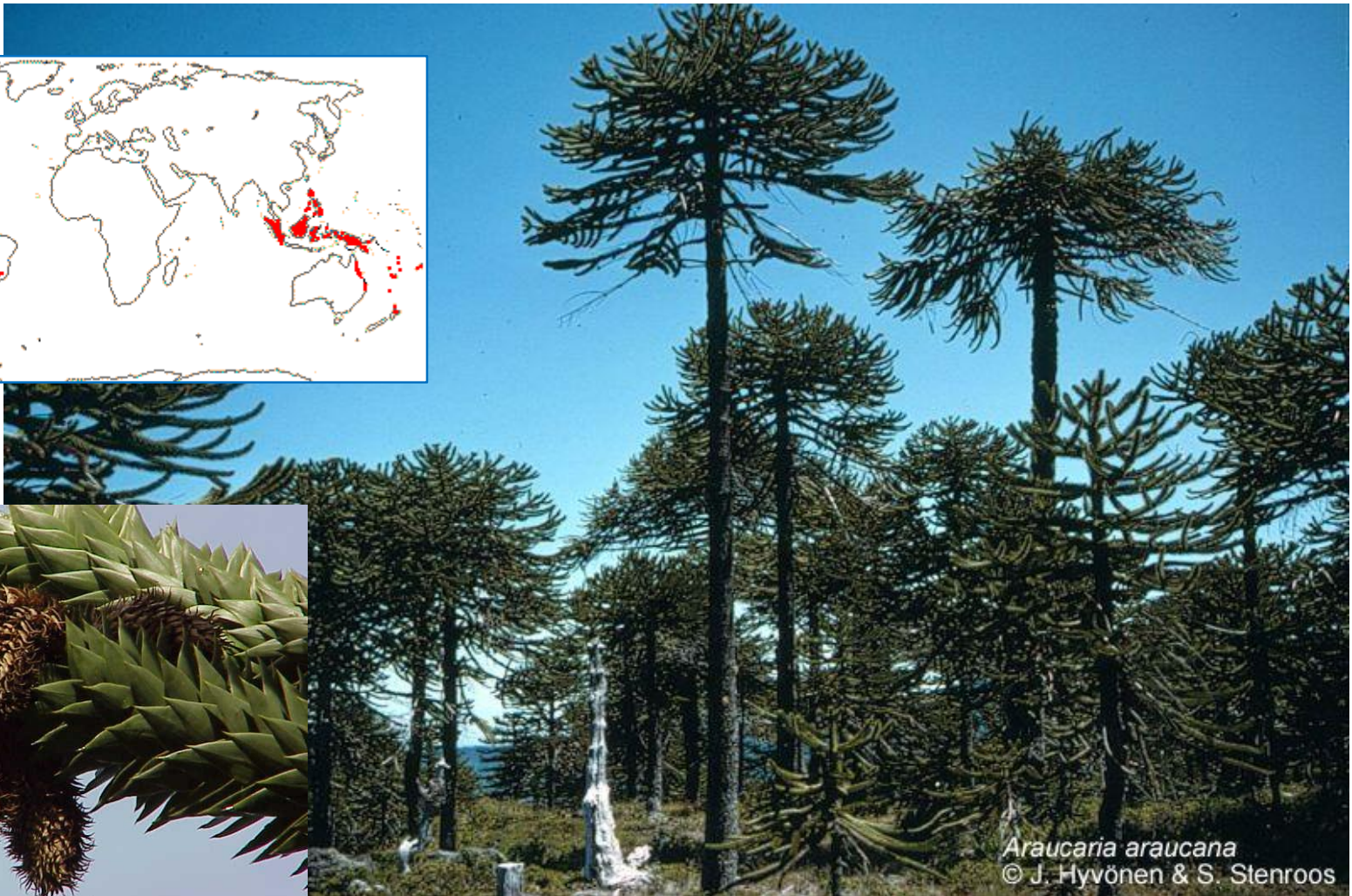
- od izuzetno bogate i raširene skupine Cycadophyta u mezofitiku danas je preostalo samo 10 rodova, siromašnih vrstama, koji imaju disjunktne areale u tropskom i subtropskom području



Cycas revoluta

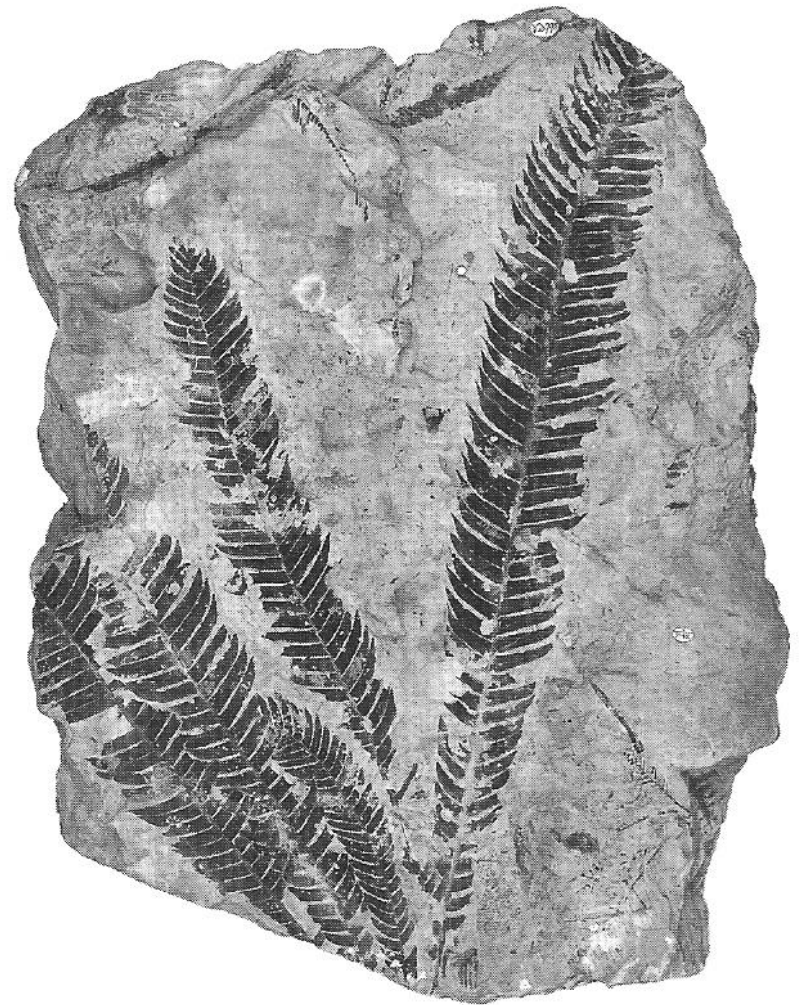
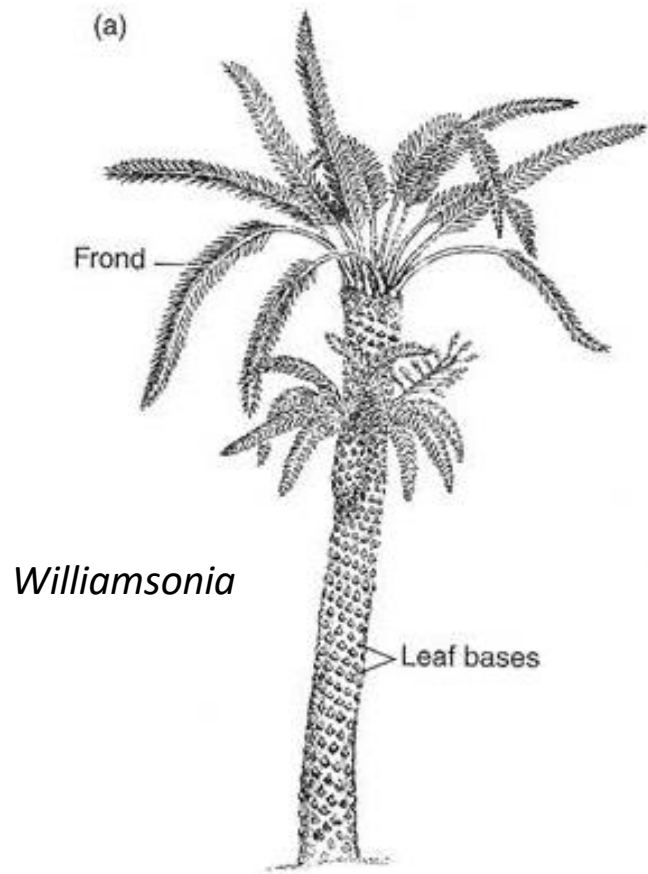


- od četinjača mezofitik je obilježila i porodica **Araucariaceae**, rasprostranjena i na sjevernoj i na južnoj hemisferi, a danas je reducirana na male disjunktne areale u južnoj hemisferi





Diorama of araucariad forest from 200 million years ago
<https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/ww0803.htm>



Bennettitatae

perastolisne golosjemenjače

- vjerojatno su se razvile iz pteridospermi

(poput *Medullosa-e*),

- bile su bogato razvijene u mezofitiku (trijas – kreda) i nakon toga izumrle

above: Leaves of the extinct cycad-like Bennettitales, *Zamites gigas*, 40 cm long, from the Jurassic of Yorkshire, England.



Jurassic flora included many forms still living today, such as cycads, ginkgoes, conifers and ferns.

<https://www.pinterest.com/pin/616359899005973505/>

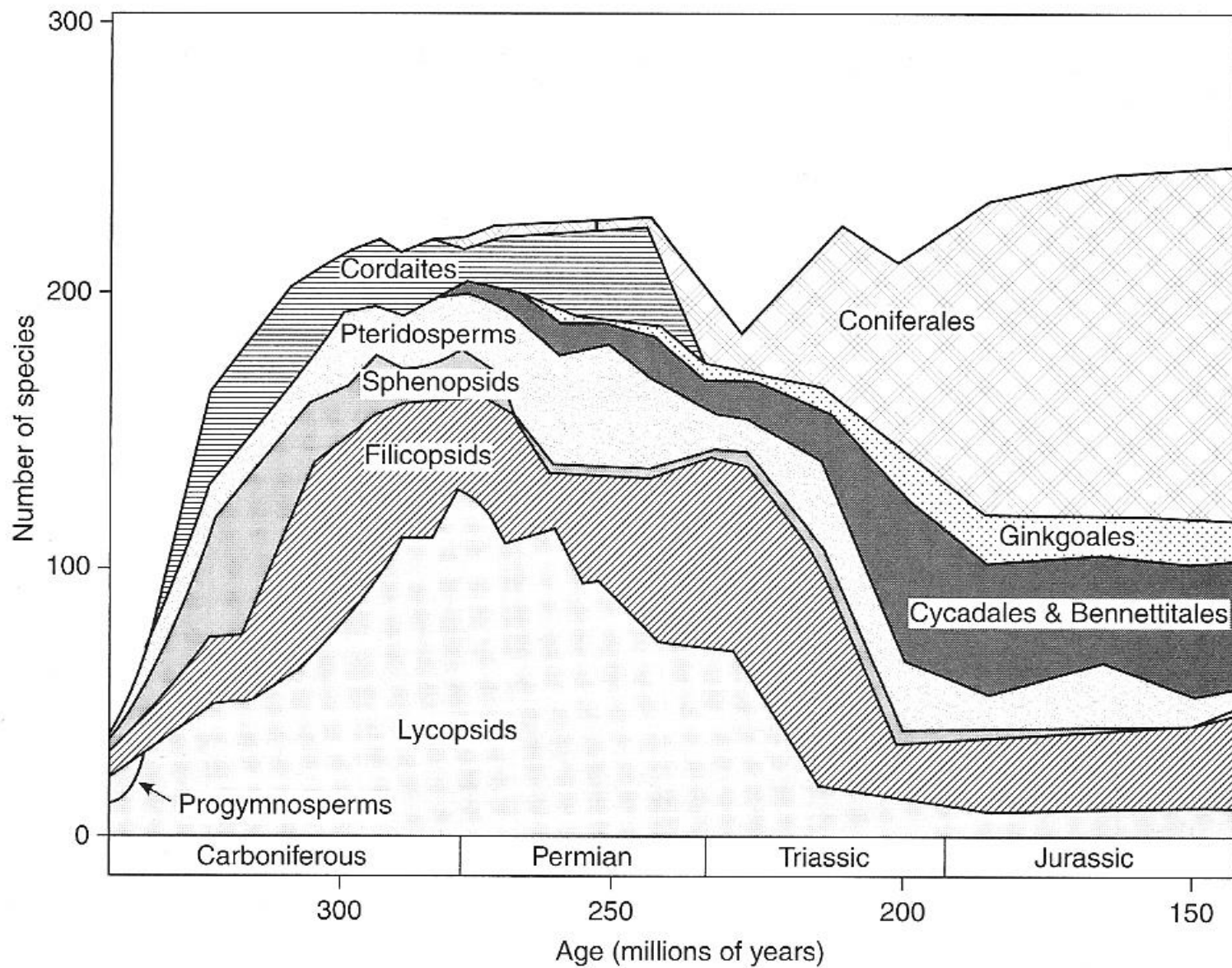


Figure 5.1 Evolution and diversification of the seed plants during the Permian (redrawn from Niklas *et al.*, 1985a). Data are taken from a compilation of approximately 18 000 fossil plant species citations.

- u kredi ponovno dolazi do klimatskih promjena (zbog odvajanja i raspadanja Gondvane):

- u ranoj kredi općenito je prevladavala vrlo povoljna **topla i rel. vlažna klima**, izuzev na južnom dijelu Gondvane (koji je bio nešto hladniji)

- u kasnoj kredi počinje novo **globalno zatopljenje s povećanjem suše**

- do tada dominirajuće skupine golosjemenjača (Coniferophyta, Cycadophyta, Bennettitales, Ginkgophyta) i papratnjača nisu imale biološki potencijal za brzu prilagodbu na česte klimatske promjene i novonastale prilike (nešto slično kao svojevremeno velike papratnjače)

- to je otvorilo prostor za novu skupinu biljaka – **kritosjemenjače**, čiji sigurni nalazi potječu iz kasne krede, iako se pretpostavlja da su se pojavile još u juri

- globalno zatopljenje, aridnija klima, veći temperaturni gradijent od ekvatora do polova, pa time i veći broj različitih bioma u kojima se povećava udio nove skupine - kritosjemenjača

Late Cretaceous (70 Ma)

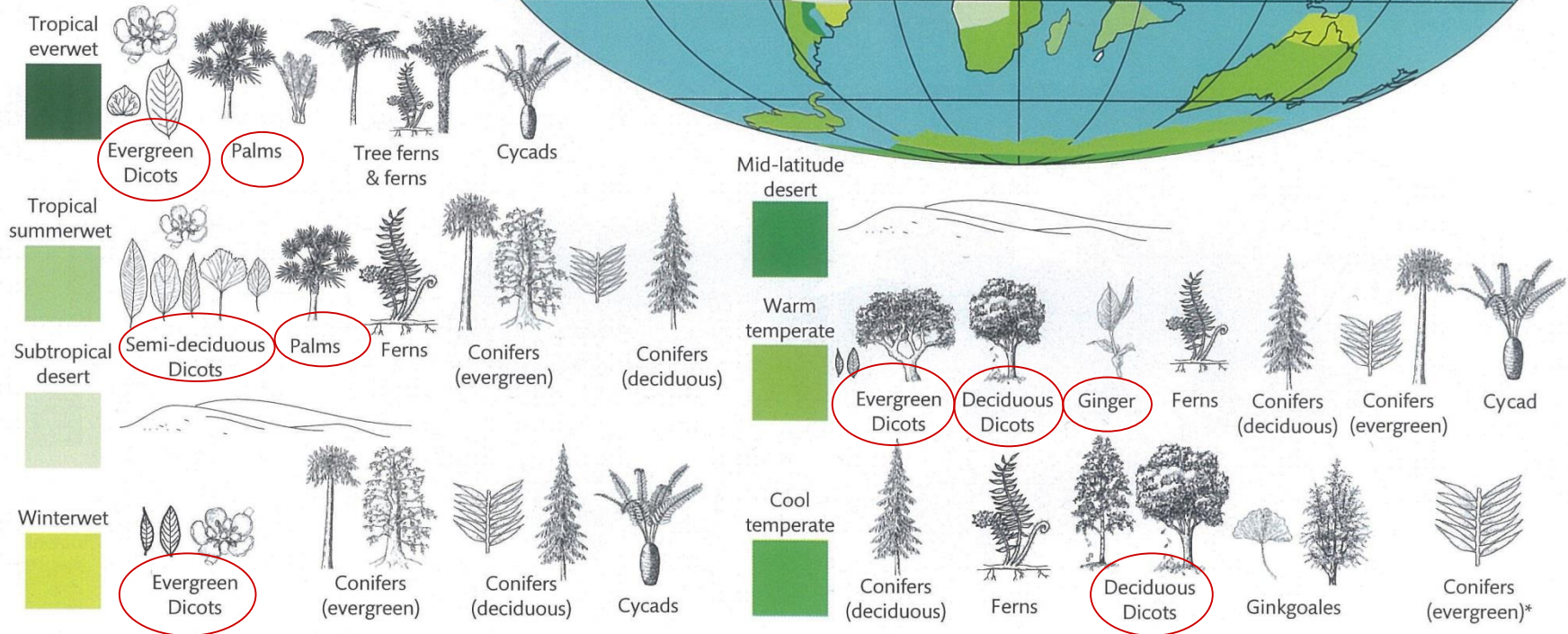
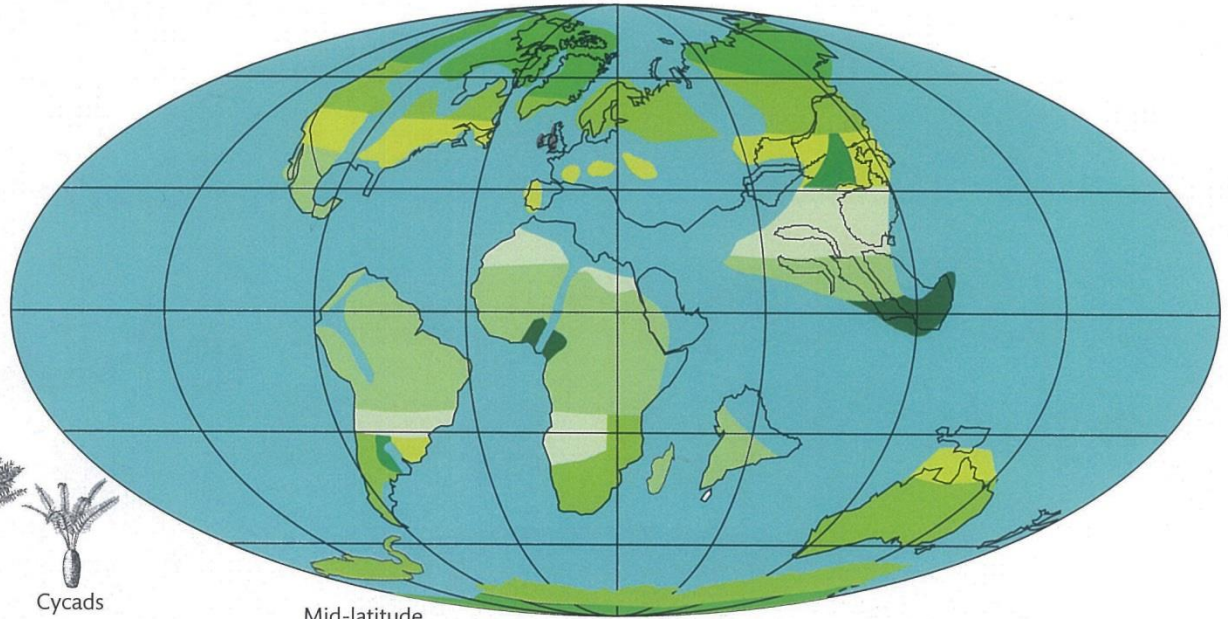
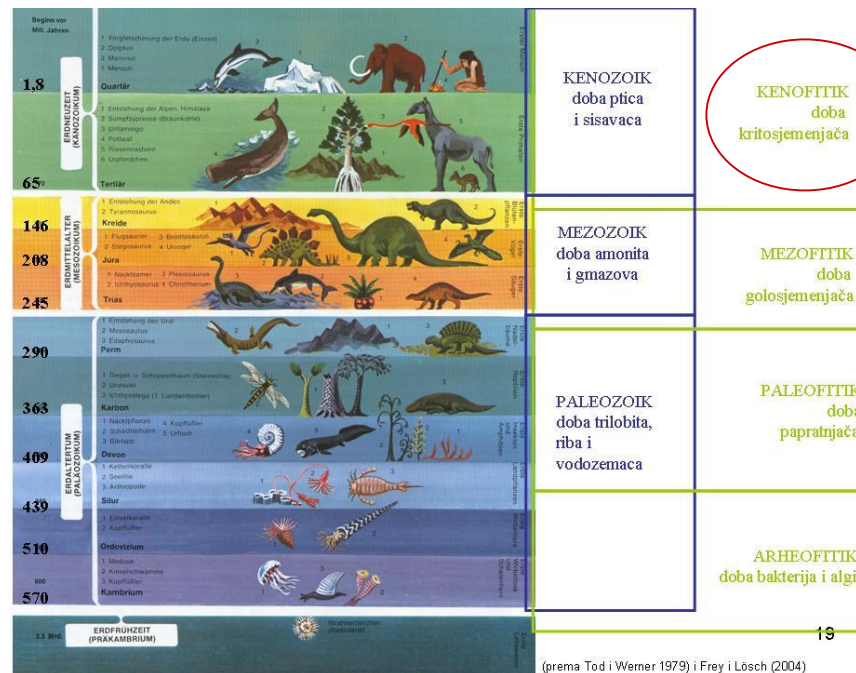


Plate 5 (Fig 6.27) Suggested biomes for the Late Cretaceous (72-66 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

KASNA KREDA, raspored kontinenata i osnovnih bioma

4. NEOFITIK (doba kritosjemenjača)

- razdoblje dominacije kritosjemenjača
- traje od **kasne krede** (otpr. 97 mio. god. B.P.), tj. pojave i početka dominacije kritosjemenjača, **do danas**



NEOFITIK = gornja KREDA + KENOZOIK

KENOZOIK (65 mio. god. - do danas):

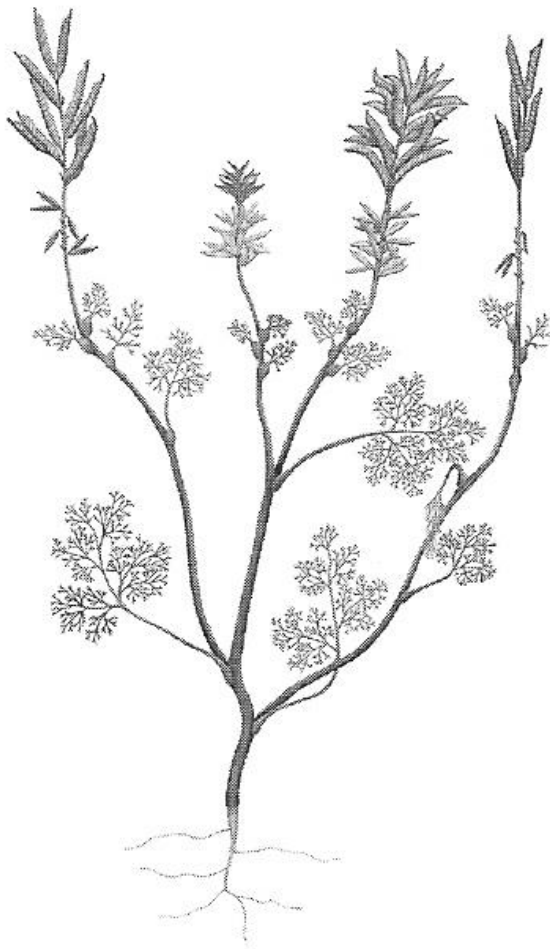
KVARTAR	(2,5/1,8* mio. god. – do danas):
HOLOCEN	(10 000 god.– do danas)
PLEISTOCEN	(2,5/1,8* mio. god. – 10 000 god.)

(TERCIJAR * (65–2,5/1,8* mio. god.):

NEOGEN (ili gornji tercijar) (23,8-2,5/1,8 mio. god.)
PLIOCEN (5,3–2,5/1,8 mio. god.)
MIOCEN (23,8-5,3 mio. god.)

PALEOGEN (ili donji tercijar) (65-23,8 mio. god.)
OLIGOCEN (33,7-23,8 mio. god.)
EOCEN (54,8-33,7 mio. god.)
PALEOCEN (65-54,8 mio. god.)

(*Došlo je do promjene u definiranju razdoblja i vremenske granice razdoblja, pa se još uvijek pojavljuju različiti podaci)



Archaeofructus sinensis



- neki od **najstariji fosilni nalaza** kritosjemenjača potječu **iz krede** (otpr. 120 mio. god. B.P.) - nalazi fosilnih cvjetova, plodova, polena i lišća
- prve kritosjemenjače vjerojatno su bile **zeljaste biljke i/ili mali grmovi** (zbog velike raznolikosti nalaza kritosjemenjača iz krede, pretpostavlja se da su se pojavile i ranije)

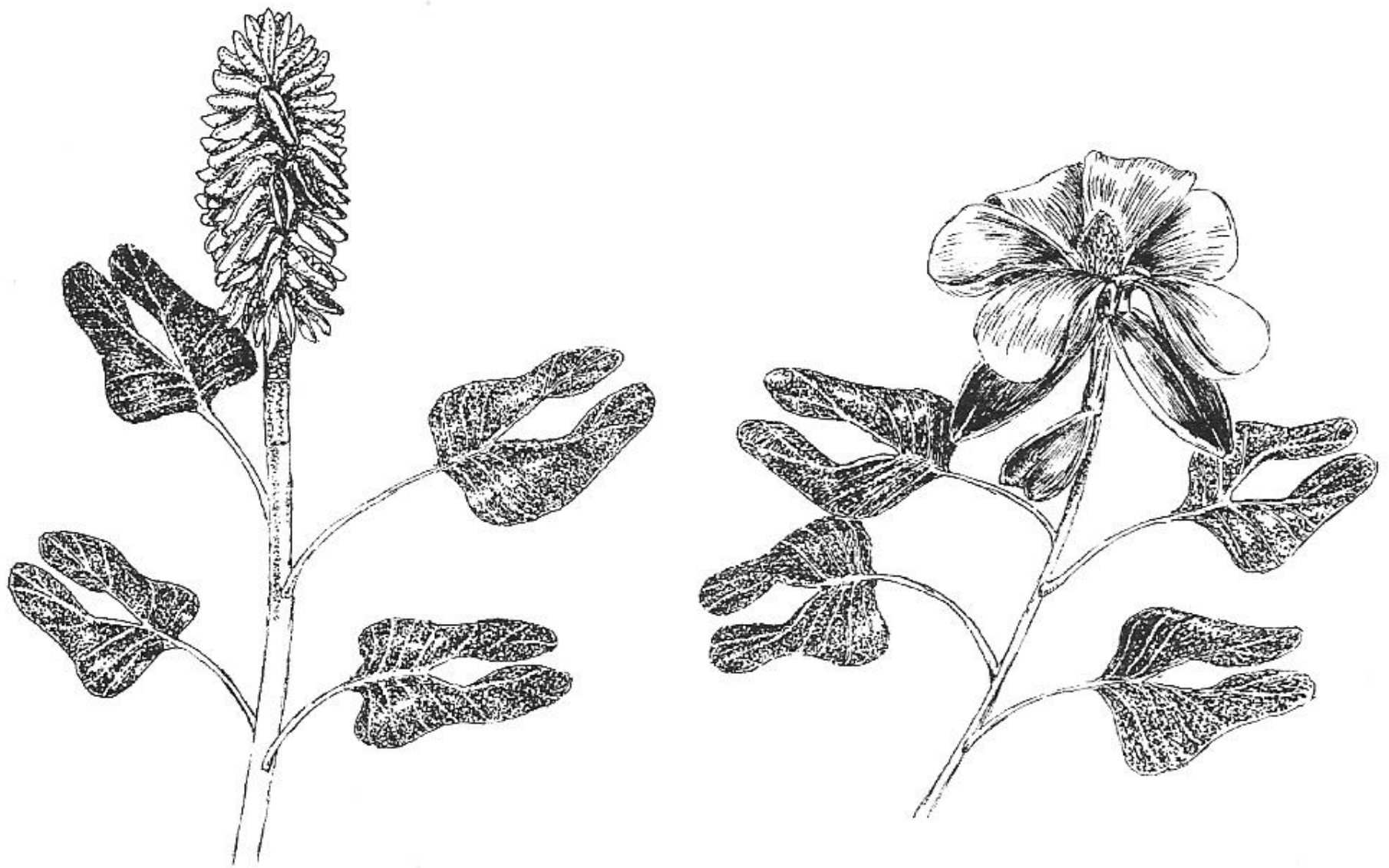
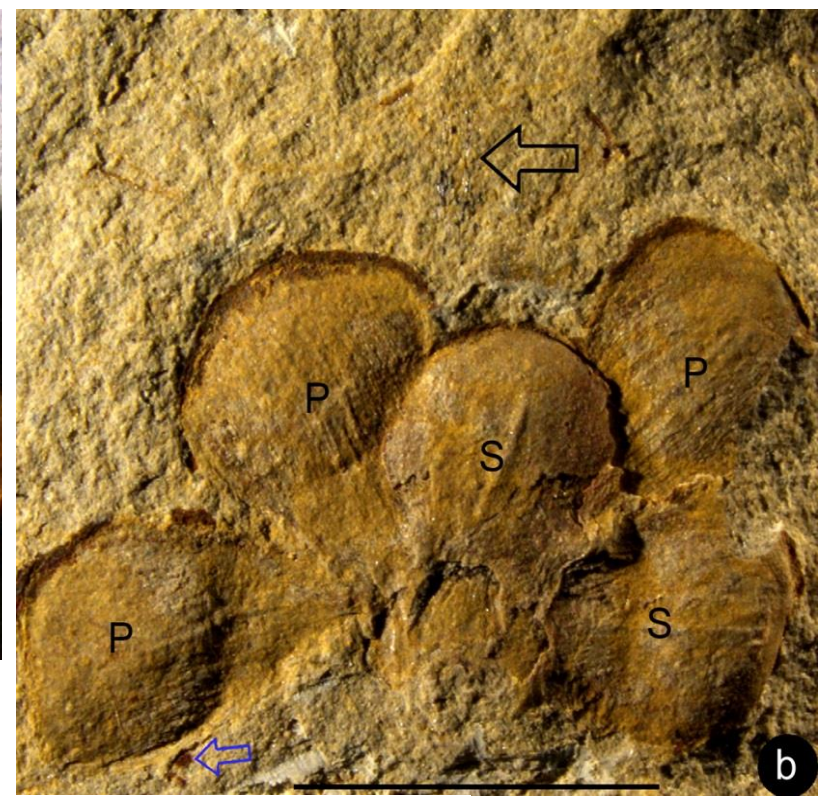
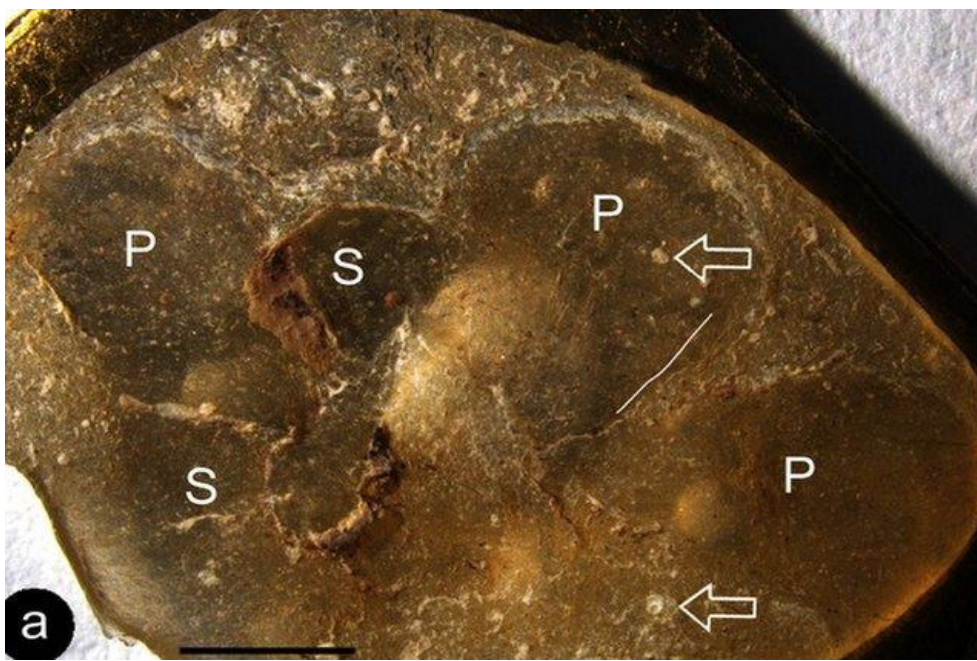
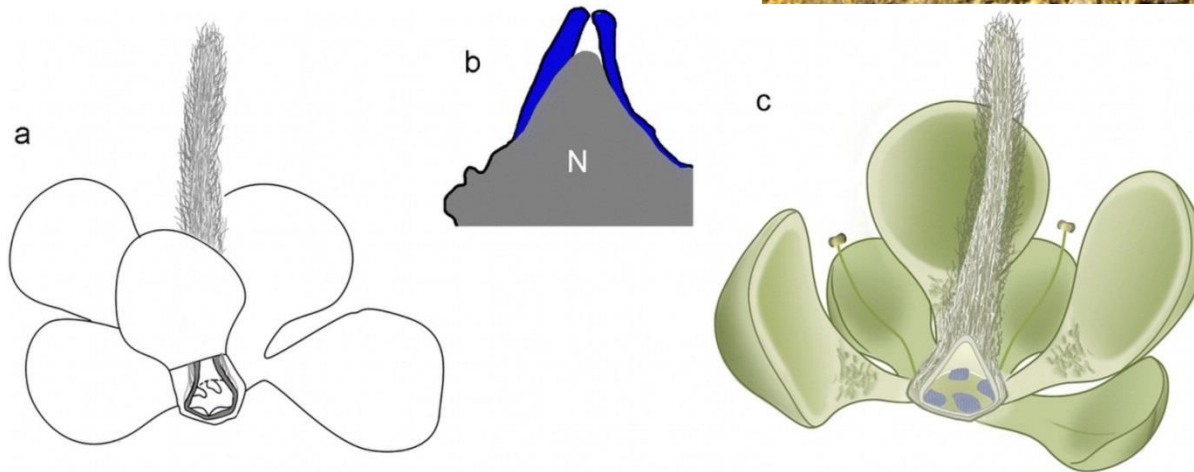


Figure 6.3 Fossil *Archaeanthus linnenbergeri* (~100 Ma), indicating many similarities with members of extant Magnoliaceae (redrawn from Dilcher and Crane, 1984).



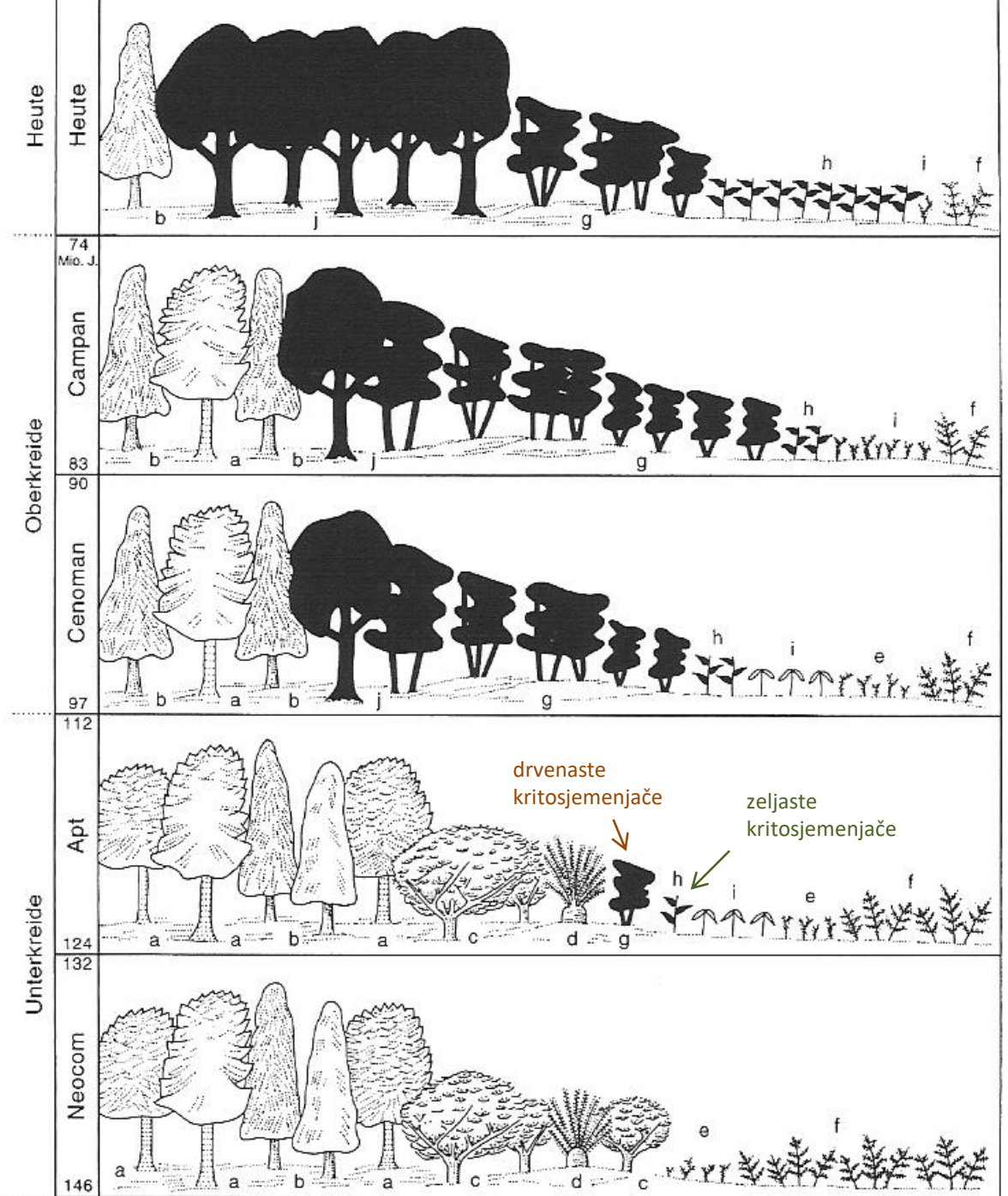
Euanthus panii (jura, Kina)



- 2017. g. kineski stručnjaci objavili su pronalazak najstarijeg fosilnog nalaza kritosjemenjača iz jurskih slojeva

- u vrlo kratkom vremenu, najbrže od svih dosadašnjih biljnih skupina, kritosjemenjače su preuzele dominaciju u biljnom pokrovu Zemlje, kako brojem različitih oblika, tako i veličinom areala

Abb. 5-29: Schematische Rekonstruktion der Verbreitung der hauptsächlichen Pflanzengruppen (nach Lebensformen) im Neocom, Apt, Cenoman, Campan und heute in mittleren Breitengraden Nordamerikas. a *Araucaria*-artige Koniferen, b Taxodiaceae, in Mitteleuropa heute Pinaceae, c strauchförmige Cycadeen, d Bennettiten vom *Cycadeoidea*-Typ, e krautige Bärlappgewächse, f Farne, g strauchförmige Angiospermen, h krautige Angiospermen, i krautige und strauchförmige Gnetopsida, j baumförmige Angiospermen. Große baumkronenbildende Angiospermen traten wahrscheinlich erst am Ende der Kreide bzw. am Beginn des Tertiärs auf. (Nach Crane 1987.)



Neosporna je velika i nagla ekspanzija kritosjemenjača, koja se pokušava objasniti različitim teorijama:

- npr. utjecaj razvoja velikog broja novih oblika dinosaura biljojeda, naročito skupina koje pasu nisku vegetaciju (i devastiraju mlada stabla četinjača, koje se sporo ili nikako oporavljaju)

- npr. međusobni utjecaj kukaca i oprašivača te nagli, paralelni razvoj obje skupine

Kritosjemenjače su nesumnjivo imale bolji biološki potencijal za brže prilagodbe okolišu, pa time i za povećavanje svojeg areala rasprostranjenosti.

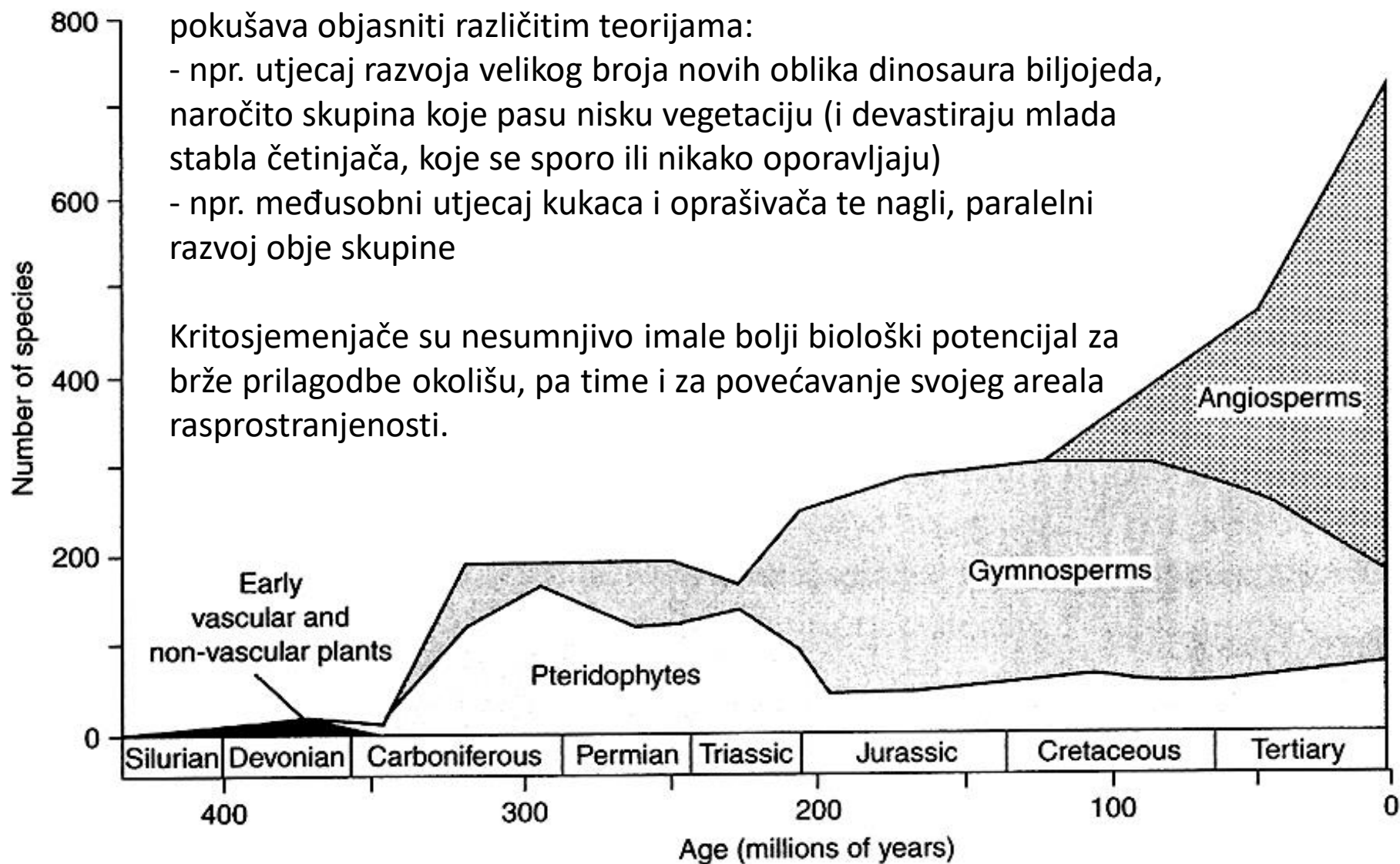


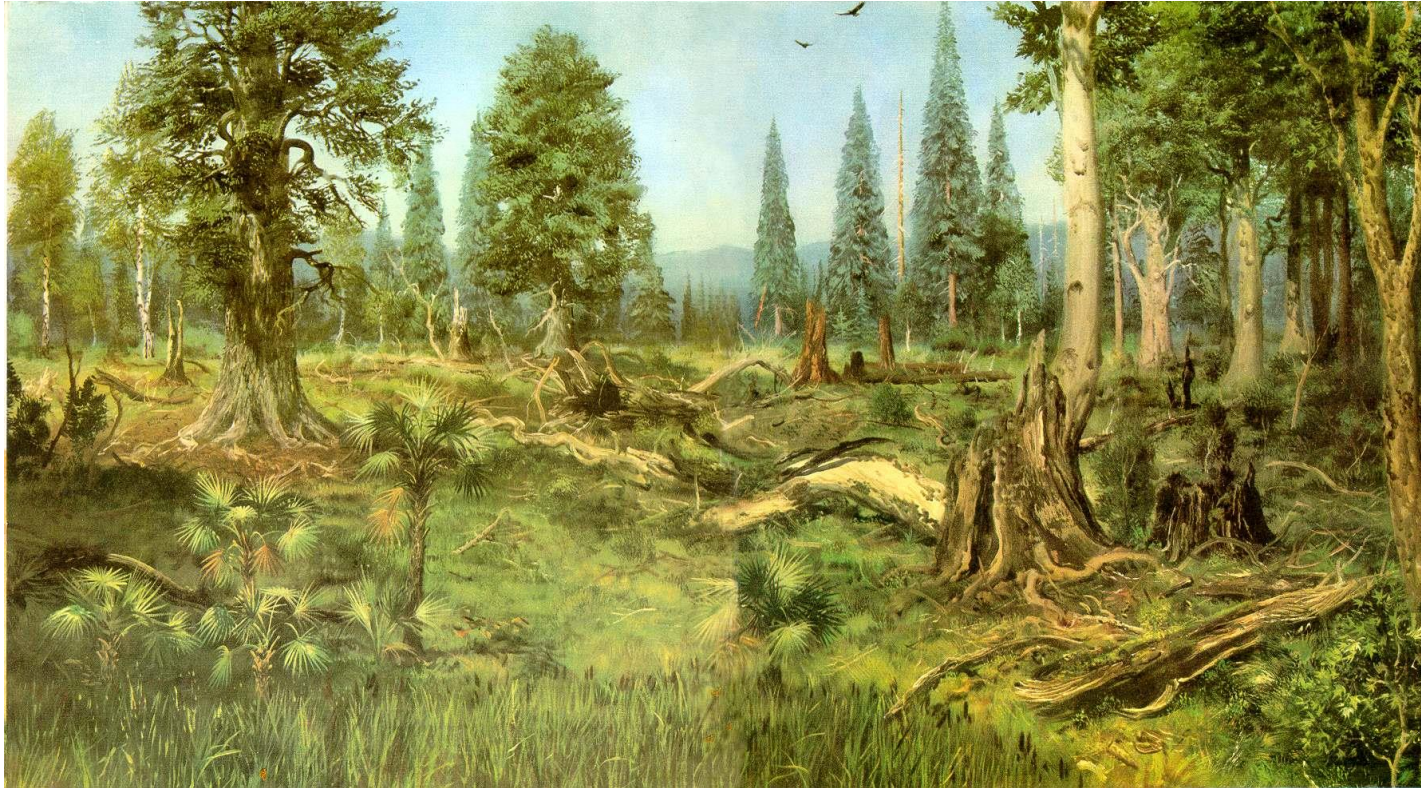
Figure 6.2 Evidence for the appearance and major expansion of the angiosperms from ~140 Ma and a dramatic increase in the number of angiosperms through the mid-Cretaceous (redrawn from Niklas *et al.*, 1983).

Bujnom razvoju skupine kritosjemenjača pogodovale je i klima paleogena i neogena (tercijara) (otpr. 65-1,8 mio. god. B.P.), koja se može općenito podijeliti u dva razdoblja:

1) razdoblje od početka paleocena do sredine eocena (otpr. 65-45 mio. god. B.P.) smatra se **najtoplijim u povijesti Zemlje**: npr. temperatura oceana bila je 9-12°C viša nego danas, površinska temperatura antarktičkih mora kretala se između 15-17°C

(paleocensko-eocenski termalni maksimum /PETM/ - porast temperature >5°C u nekoliko tisuća godina → max. temp. oko 100 000 godina → eocenski optimum nekoliko milijuna godina)

2) razdoblje od sredine eocena do kraja pliocena (otpr. 45-1,8 mio. god. B.P.) obilježila je drastična globalna promjena klime s **padom temperature i velikim povećanjem suše**



- npr. u tercijaru **u srednjoj Europi:**

- srednja godišnja temperatura bila oko 22°C, a

- tropske i suptropske šume pružale su se sve do 59- 63° N, tako da su palme rasle sve do Aljaske, odn. u Europi - do Danske

- u Europi su prevladavale **tropsko-suptropske lovorolisne vazdazelene šume*** (Lauraceae, Moraceae, Juglandaceae, palme, tropske paprati),

- prema sjeveru su bile s primjesama listopadnih vrsta i četinjača, a sjever (tada još povezanih kontinentata) su prekrivale **listopadne i miješane šume sa četinjačama *** (arktotercijarna flora): *Pinus* - bor, *Picea* - jela, *Platanus* - platana, *Fagus* - bukva, *Corylus* - lijeska, *Betula* - breza, *Alnus* - joha, *Juglans* - orah, *Ulmus* - brijest, *Acer* - javor, *Vitis* – vinova loza, *Tilia* - lipa, *Populus* - topola, *Salix* - vrba i *Fraxinus* - jasen prisutni i danas u Europi, u umjerenom pojasu,

- u paleogenu (prvom dijelu tercijara), klima je bila vrlo povoljna: topla i vlažna, bez oledbi, s rel. malim gradijentom temperature od ekvatora do polova

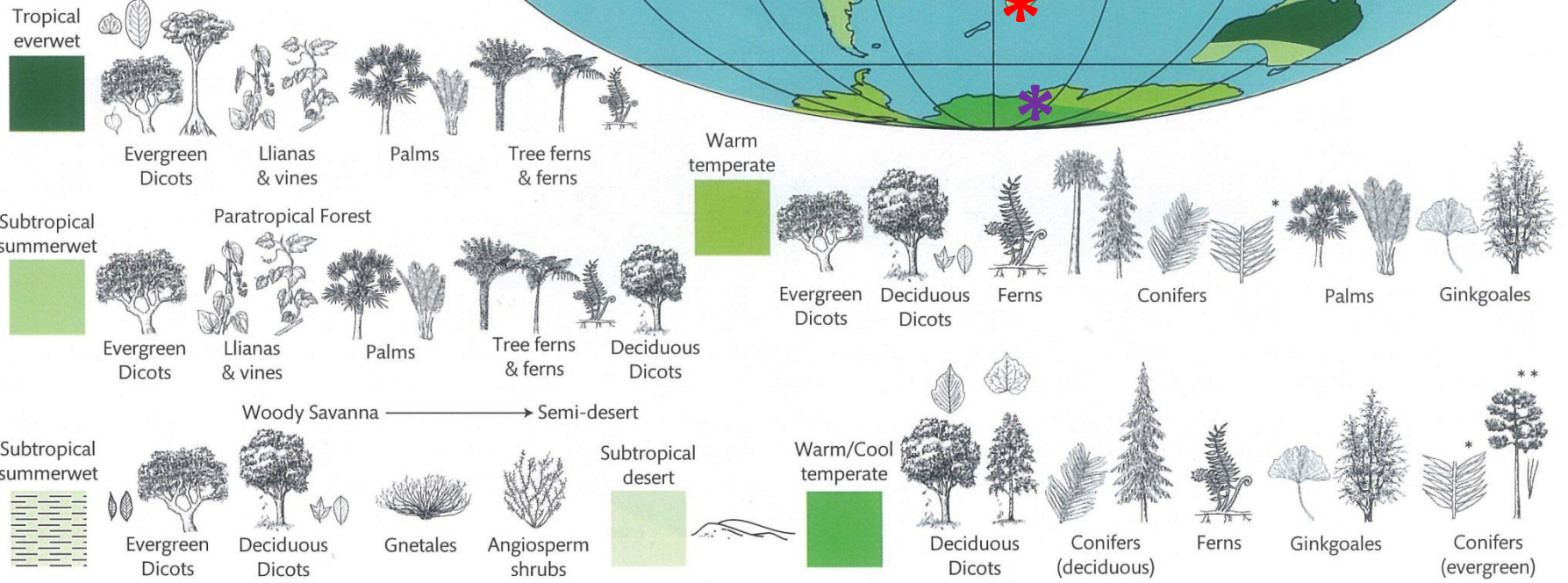
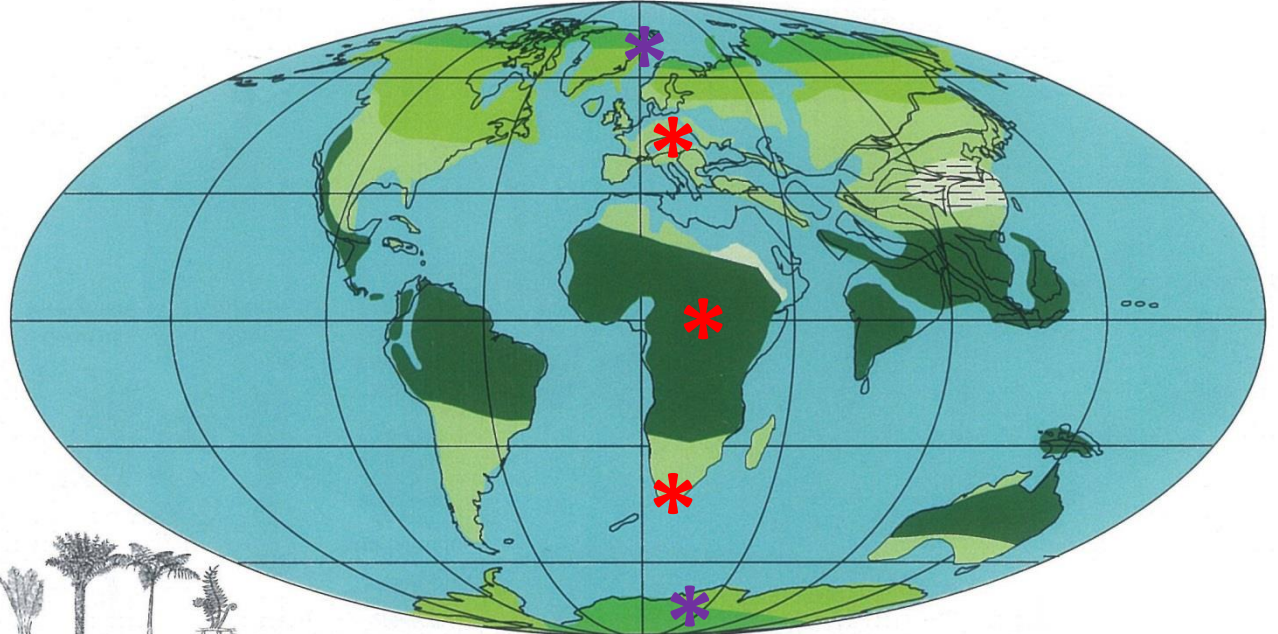
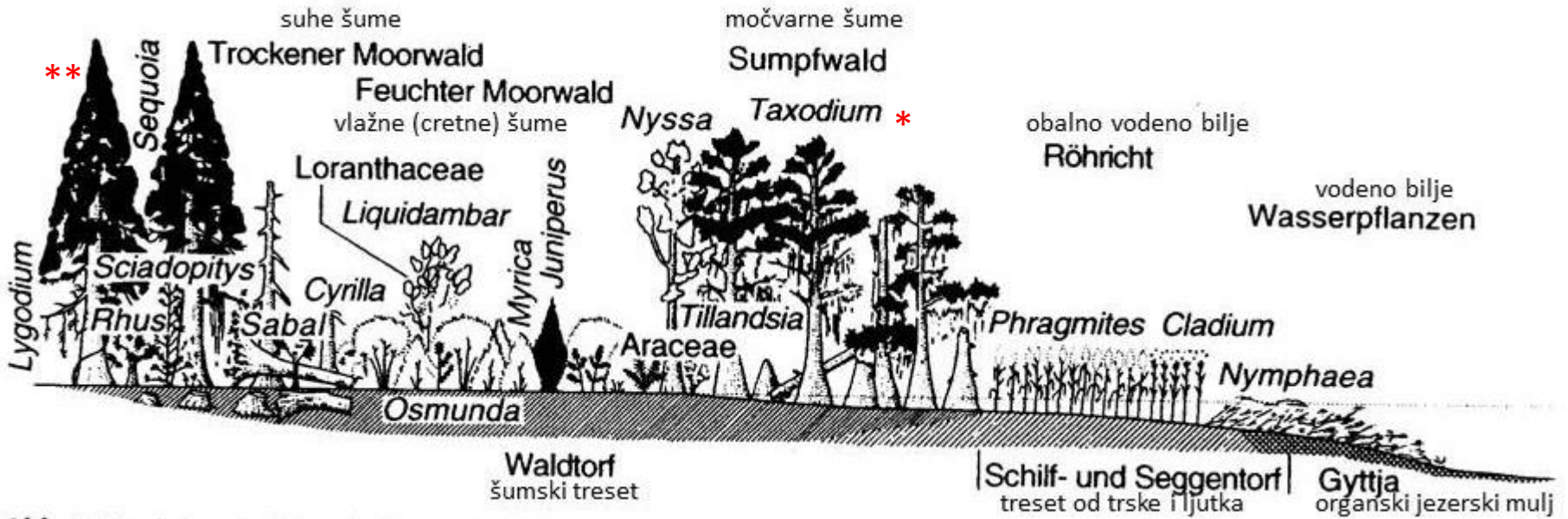


Plate 6 (Fig 7.6) Suggested biomes for the late Palaeocene and early Eocene (60-50 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

TERCIJAR - eocen, raspored kontinenata i osnovnih bioma



Rekonstrukcija krajolika u tercijaru na području srednje Europe;
visinska raščlanjenost vegetacije od najnižih (vodenih površina) do termofilnih šuma (na višim položajima)

Slijedeće svojte su bile prisutne u vegetaciji srednje Europe u tercijaru, ali su u pleistocenu izumrle, a nakon pleistocena ostale su sačuvane:

- u toplijim područjima S. Amerike (*Taxodium, Sequoia*),
- u ist. Aziji (*Ginkgo, Cercidiphyllum*)



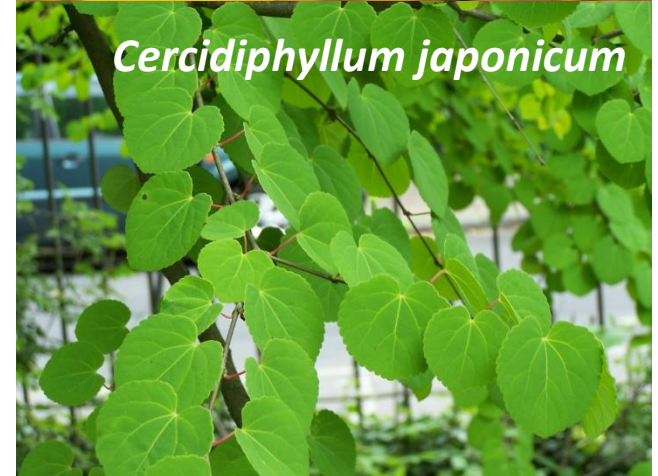
Taxodium distichum



Sequoia sempervirens



Ginkgo biloba



Cercidiphyllum japonicum

Slijedeće svojte su bile prisutne u vegetaciji srednje Europe u tercijaru, ali su u pleistocenu izumrle, a nakon pleistocena ostale su sačuvane u oba ostala područja (S. Amerika i ist. Azija) (*Tsuga*, *Magnolia*, *Liriodendron*, *Sassafras*, *Carya*, *Diospyros*)



Tsuga canadensis, Am



Carya tomentosa, Am



Diospyros peregrina, Az



*Liriodendron tulipifera,
Am*



Sassafras albidum, Am



Magnolia officinalis, Az

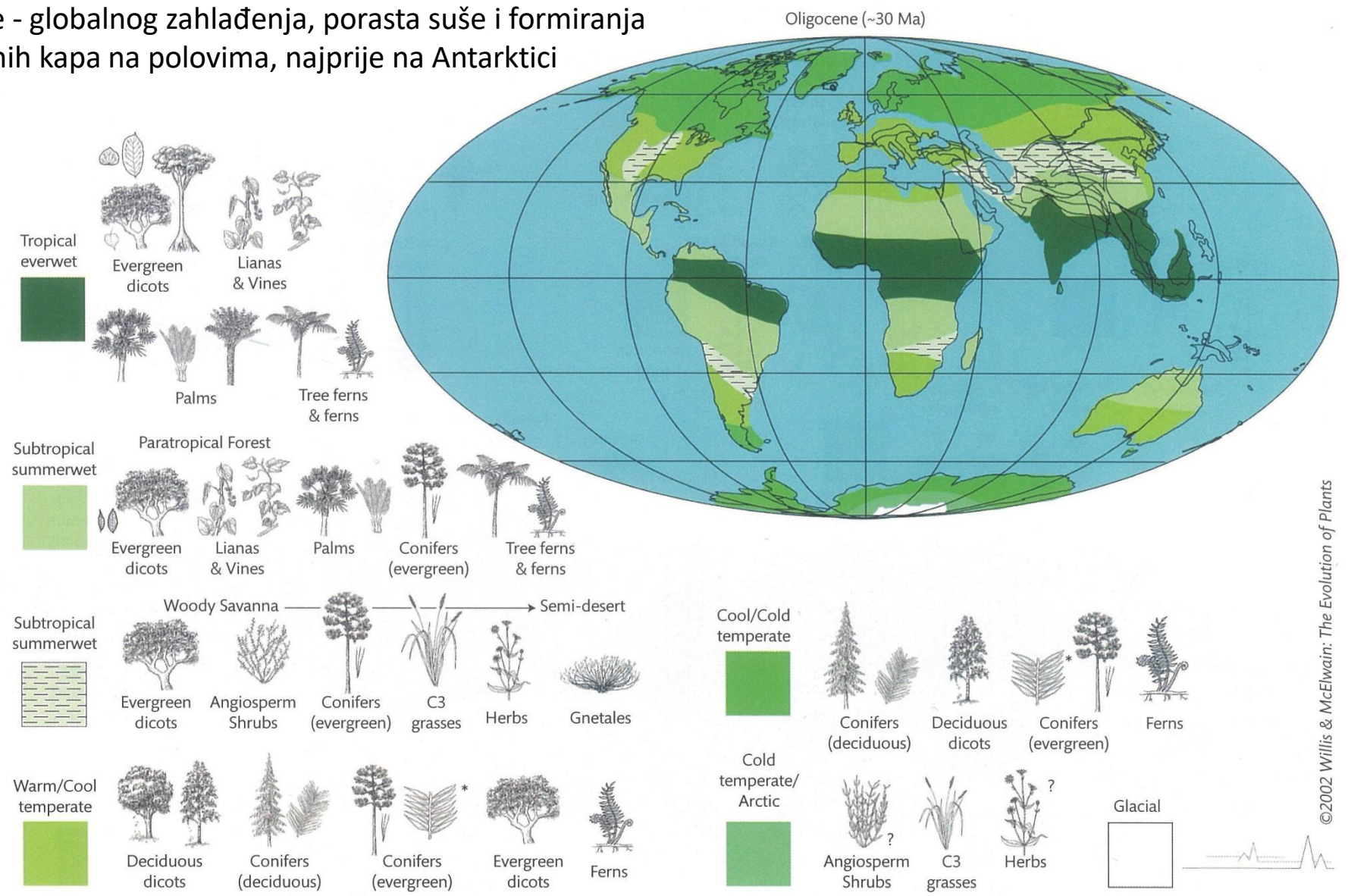
- u drugom dijelu paleogena, na prijelazu eocena u oligocen došlo je do značajnog **globalnog zahlađenja**, porasta suše i početka stvaranja **antarktičkog leda**

- s porastom hladnoće i suše od eocena nadalje (prije otpr. 34 mio. god.) **smanjivale su se površine tropskih i paratropskih šuma, a širila se vegetacija umjerenih zona**

- do kraja miocena (prije otpr. 10 mio. god.) ledena kapa pokrivala je južni pol i počela se formirati na sjevernom polu

- s obzirom da je ponovno uspostavljen značajni **temperaturni gradijent** između ekvatora i polova, povećao se i ukupan broj **različitih bioma** - do kraja miocena bilo ih je **10** i ti se biomi i danas mogu prepoznati

- u drugom dijelu paleogena dolazi do pogoršanja klime - globalnog zahlađenja, porasta suše i formiranja ledenih kapa na polovima, najprije na Antarktici



©2002 Willis & McElwain: The Evolution of Plants

Plate 7 (Fig 7.11) Suggested biomes for the Oligocene (34–23 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

TERCIJAR - oligocen, raspored kontinenata i osnovnih bioma

- u paleogenu (od kasnog eocena, od prije pribl. 47 mio. god. nadalje) razvili su se vegetacijski tipovi, koji su i danas karakteristični za aridne klimatske zone svijeta
- npr. **savana, stepa, pustinja, tundra, neki mediteranski tipovi**

- razvoj **trava i travnjačkih ekosustava** započeo je prije otpr. 60 mio. god. (paleocen), polako su se, ali postojano širili, da bi već krajem tercijara činili značajan udio u vegetaciji

- pogoršanje klime dodatno je potaknulo razvoj i širenje novih vegetacijskih tipova, koji su i danas karakteristični za aridne klimatske zone svijeta, poput savana, stepa, pustinja, tundri i nekih mediteranskih tipova

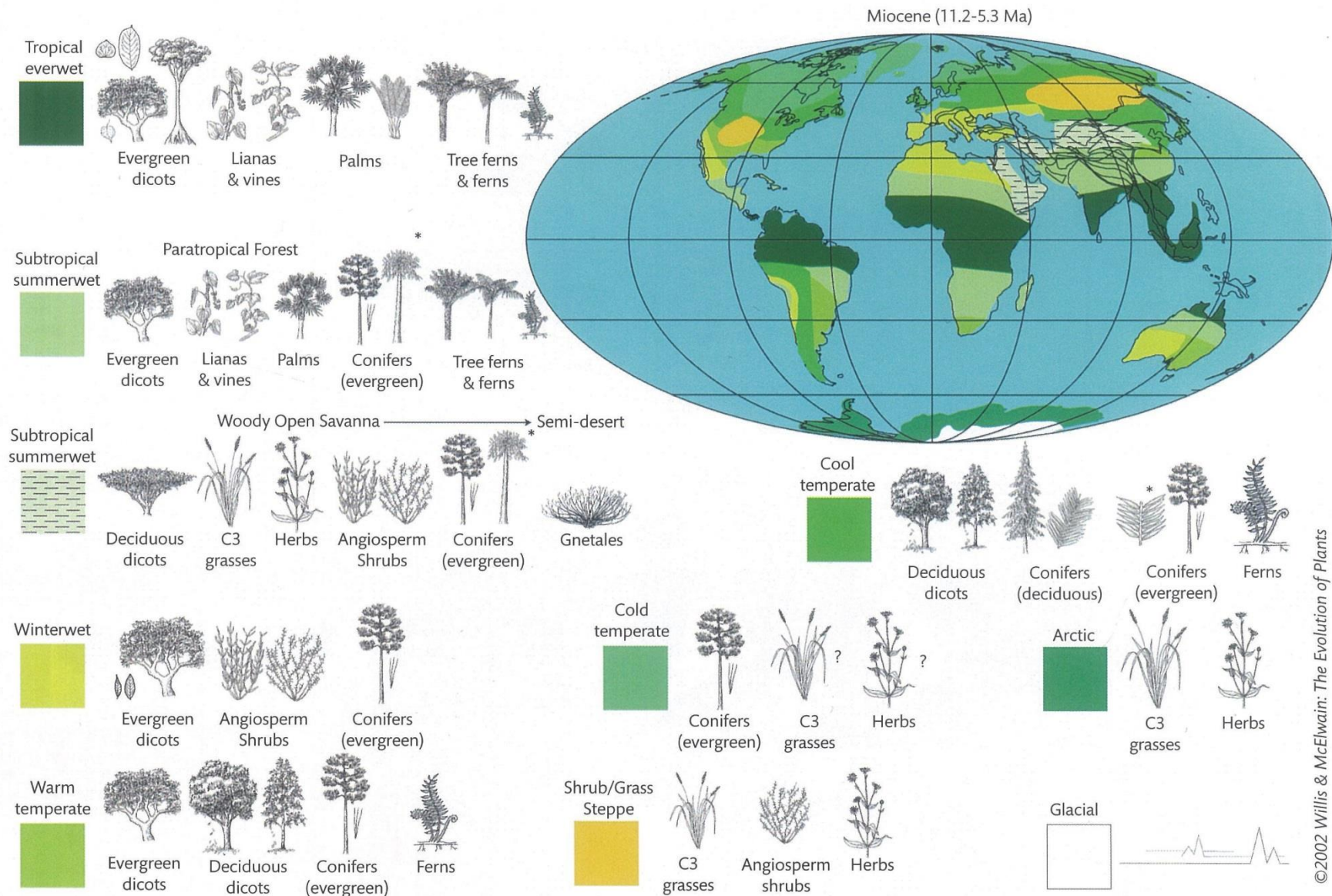


Plate 8 (Fig 7.15) Suggested biomes for the Late Miocene (11.2-5.3 Ma), with representatives of the most abundant and/or dominant fossil plant taxa shown.

NEOGEN, raspored kontinenta i osnovnih bioma

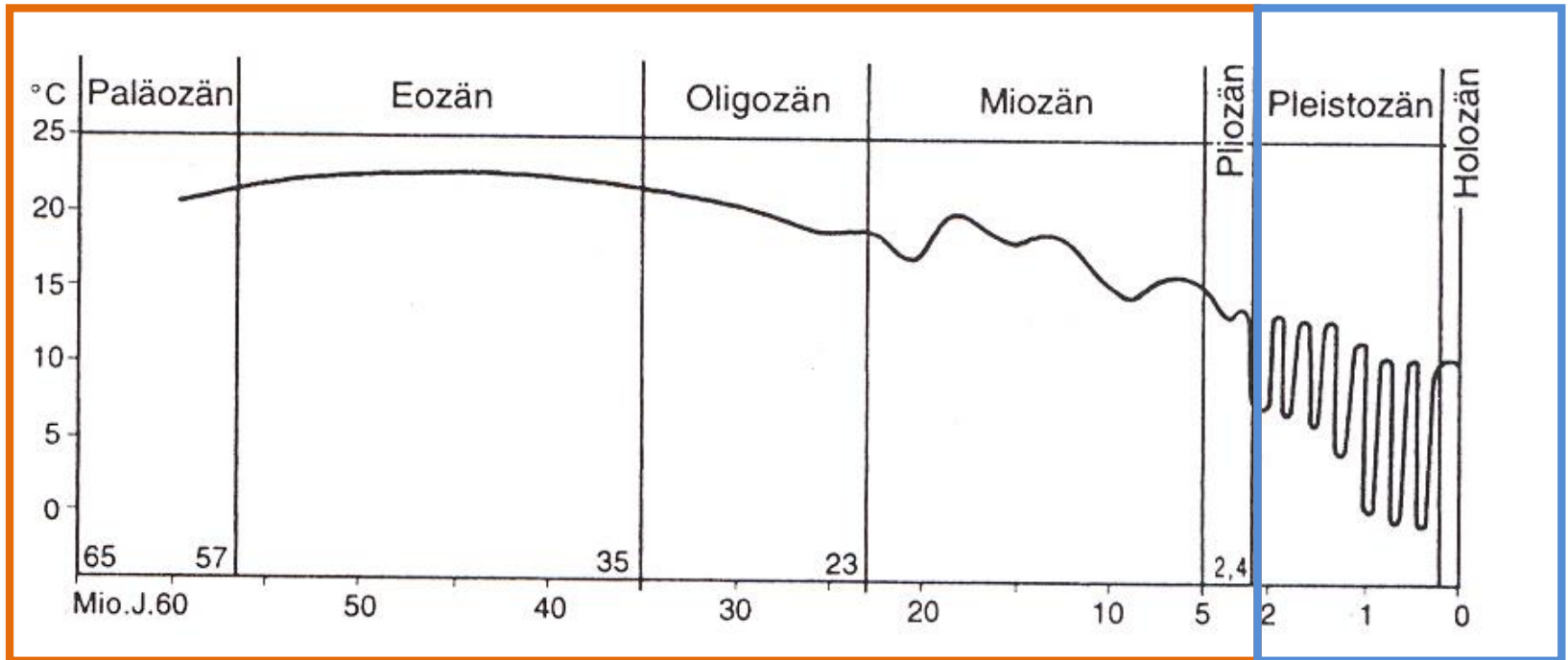
- u posljednjem dijelu neogena – pliocenu:
 - klima na Zemlji nalikovala je današnjoj,
 - globalno raščlanjenje flore, bioma **otprilike je odgovaralo današnjem**,
 - flora Europe, djelomično i Sj. Amerike, bila je puno **bogatija tada** nego što je danas
- uzrok smanjenja raznolikosti flore Europe i Sj. Amerike bio je niz brzih i naglih izmjena **ledenih doba** (oledbi, glacijala) i faza zatopljenja (interglacijala), koji su obilježili prvo razdoblje kvartara - pleistocen

(TERCIJAR)

PALEOGEN

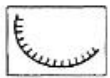
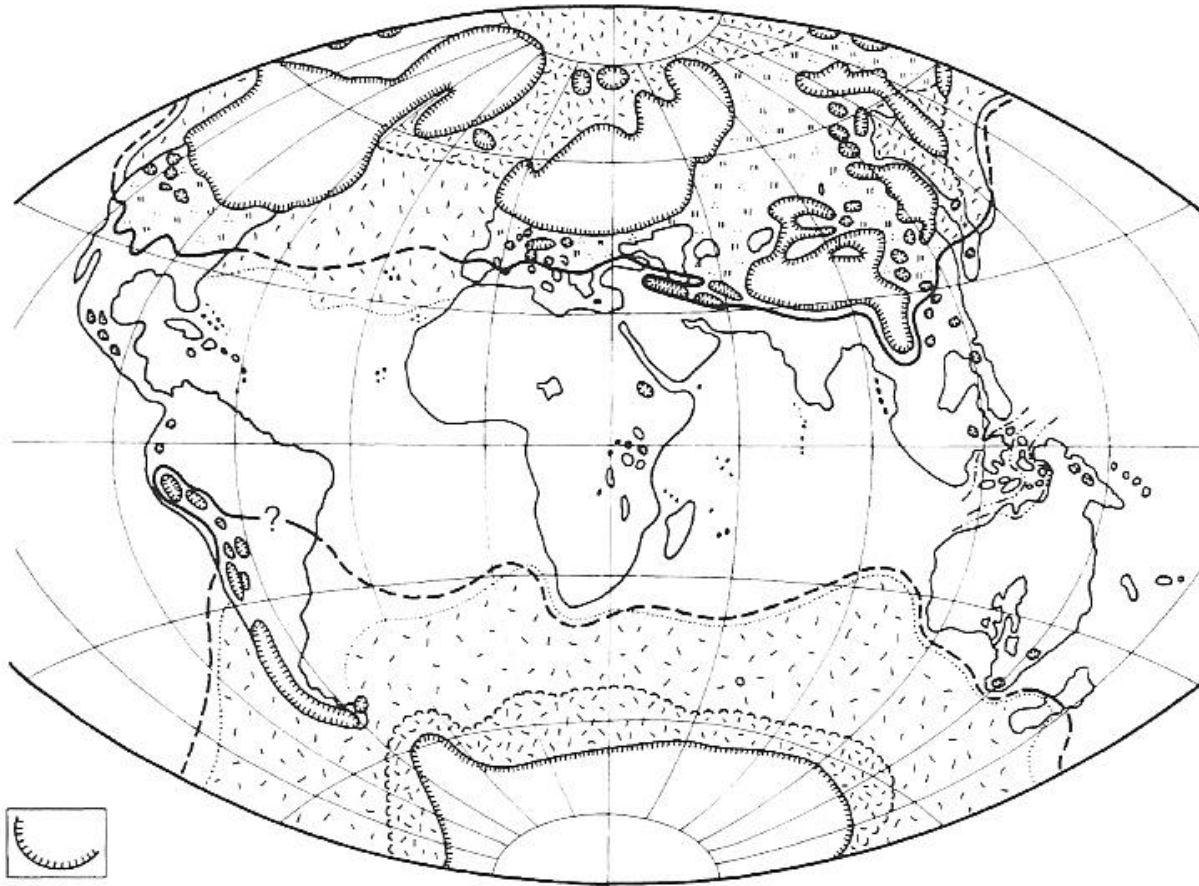
NEOGEN

KVARTAR

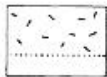


- u doba oledbi - pleistocenu, srednje godišnje temperature u Europi pale su za 8-12°C, a u tropskom području za 4-8°C;
- 2/3 Europe bilo je pokriveno ledom, čija debljina je dosegala 2-3 km, a snježna kapa u Alpama bila 1200-1400 m niže nego što je danas
- šumska flora i vegetacija potisnute su daleko na jug i drvenaste vrste opstale su u malim populacijama u J i J-I Europi, te J-Z Aziji;
- dijelove Europe, koji nisu bili pod ledenjacima, pokrivala su tundre i stepe;
- termofilna arktotercijarna flora u Europi izumire (*Sequoia*, *Taxodium*; *Magnolia*, *Liquidambar*, *Nyssa* i dr.)

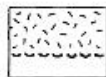
PRIKAZ
 RAZMJERA
 MAKSIMALNIH
 OLEDBI U
 PLEISTOCENU



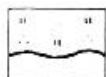
Großflächige Vergletscherungen, Eisschild



Treibeis



Packeis

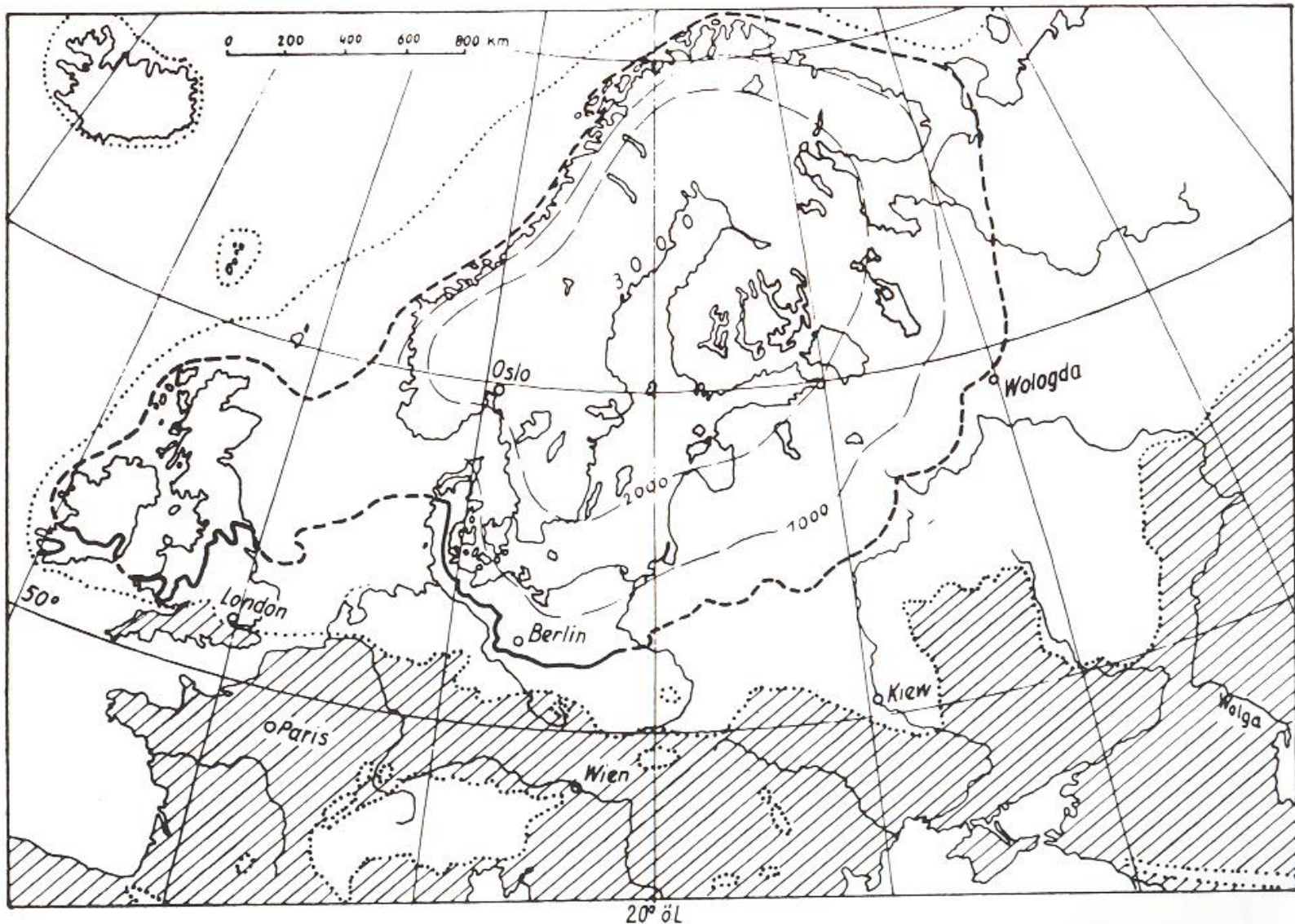


Tundren, Löß-Steppe, Grenze des Baumwuchses

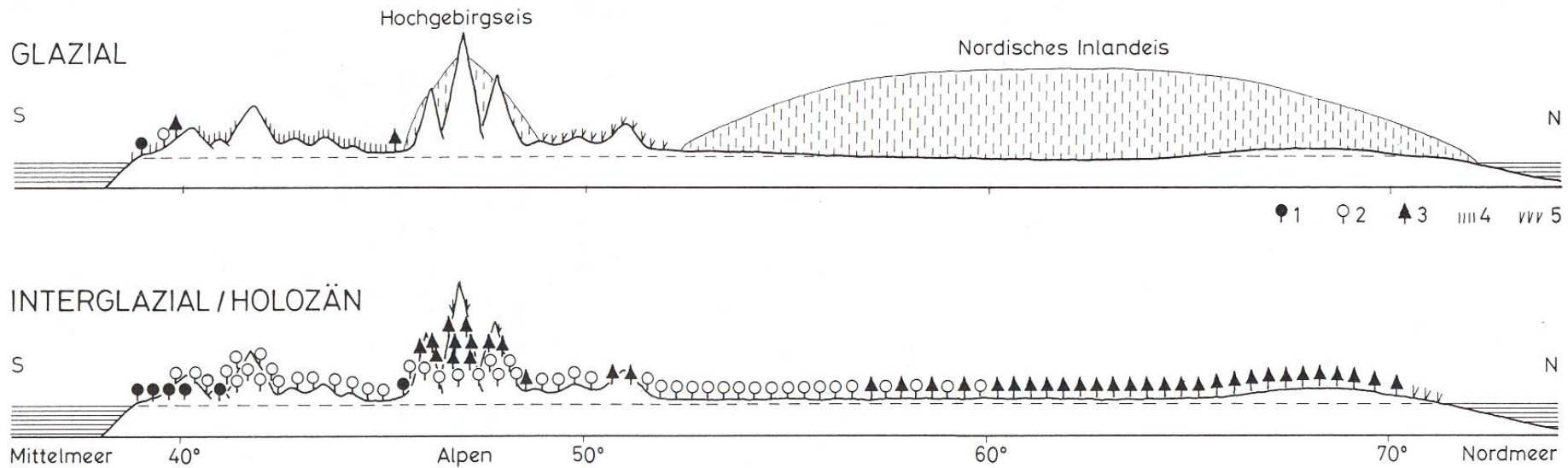
Abb. 5-34: Maximale Vergletscherung der Erde im Pleistozän (Elster-/Mindel-Glazial bzw. Saale-/Riß-Glazial). (Nach Krutzsch 1989.)

Elster-/Mindel Glazial: 400.000 bis 320.000 Jahren vor heute,

Saale-/Riß Glazial: 300.000 bis 130.000 Jahre vor heute



Položaj i veličina ledenih kapa za vrijeme oledbi na području Europe. Točkasta linija prikazuje maksimalnu veličinu ledenih kapa u pleistocenu, a crtkana linija označava granice posljednje oledbe. (prema Küster 1996)

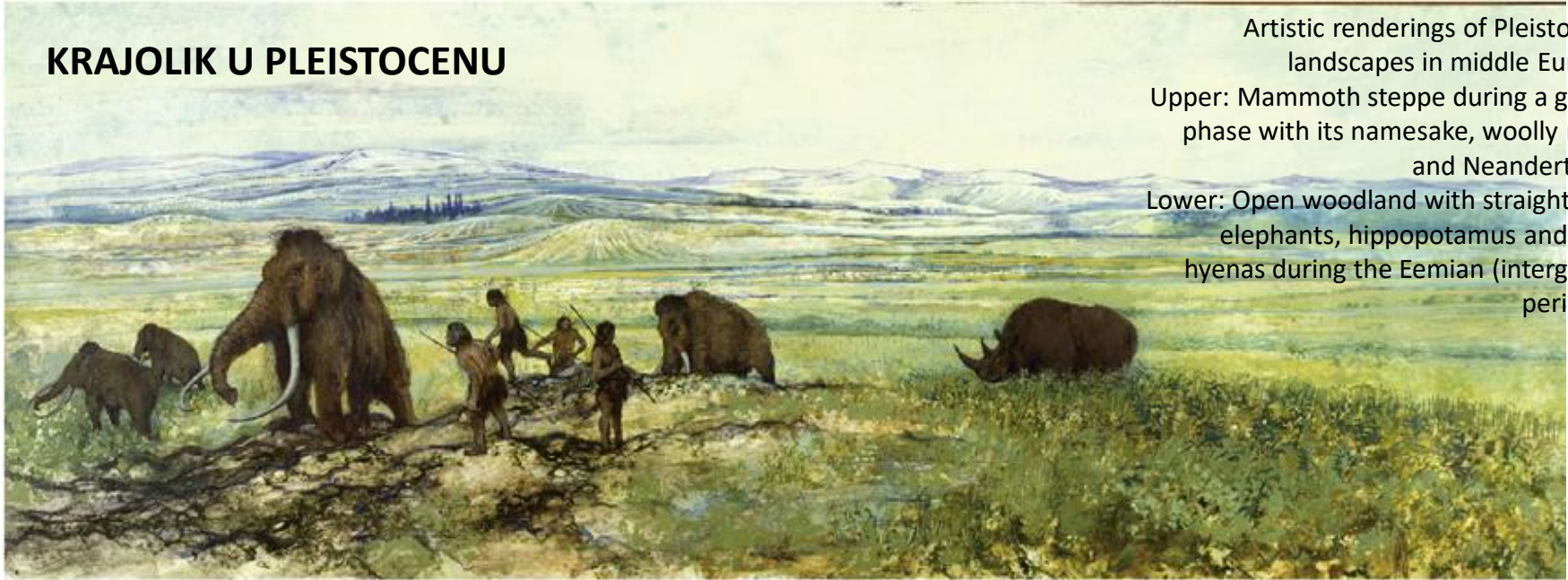


Vegetacija Europe u uzdužnom (sjever-jug) presjeku tijekom glacijala (ledena doba srednjeg i mlađeg pleistocena) i interglacijala.

1 – tvrdolisne šume, **2** – listopadne šume, **3** – četinjače,
4 – stepe, **5** – stepa-tundra i tundra.

(prema Lang 1994)

KRAJOLIK U PLEISTOCENU



Artistic renderings of Pleistocene landscapes in middle Europe.
Upper: Mammoth steppe during a glacial phase with its namesake, woolly rhino and Neanderthals.
Lower: Open woodland with straight tusk elephants, hippopotamus and cave hyenas during the Eemian (interglacial period).



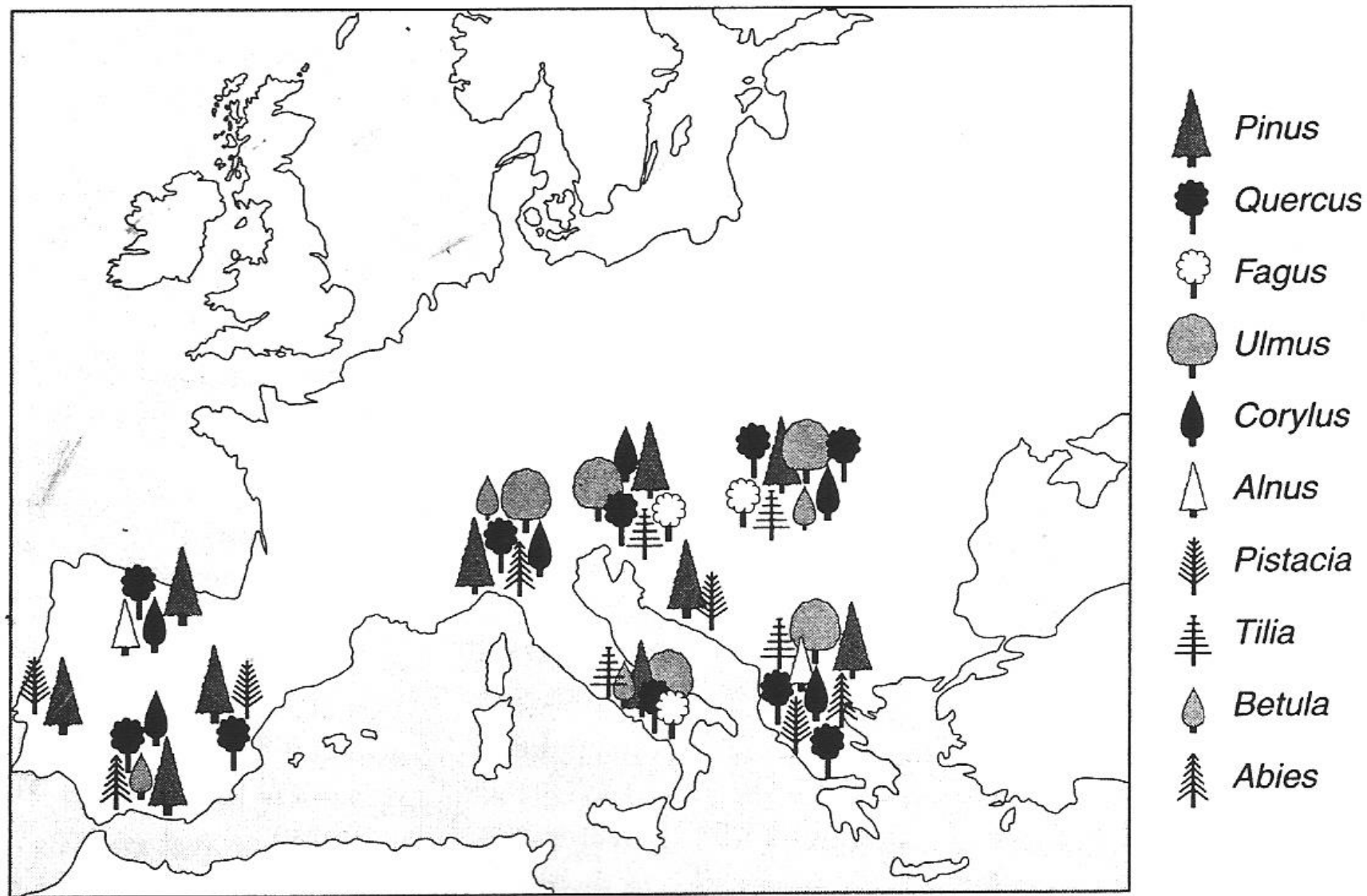
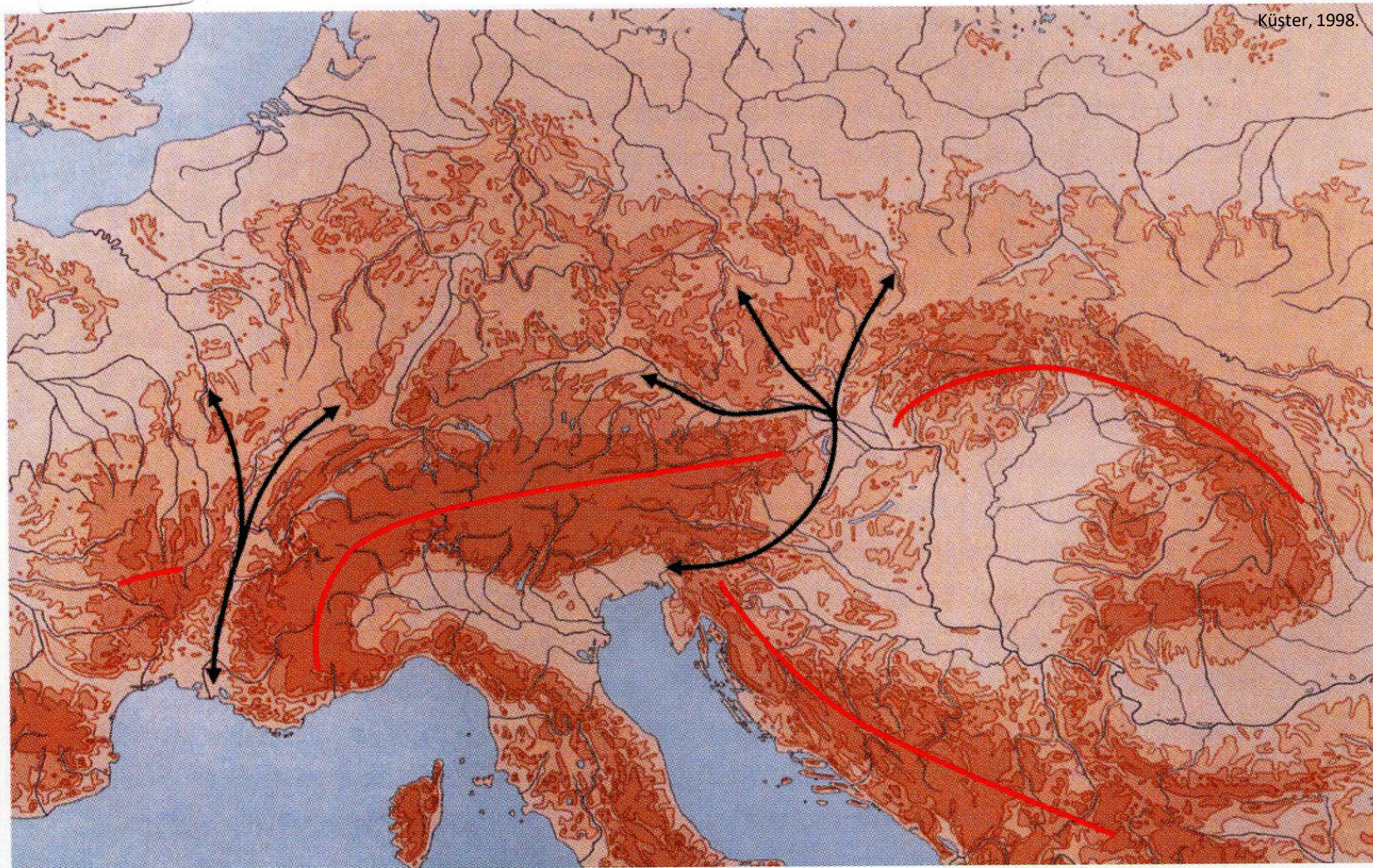


Figure 10.6 Refugial areas for temperate tree taxa in the three southern peninsulas of southern Europe during the last full glacial (~100 000–15 000 years ago). Evidence from microfossils, macrofossils, and macrofossil charcoal data (redrawn from Willis, 1996).



širenje drvenastih vrsta tijekom pleistocena



smjer pružanja planinskih masiva

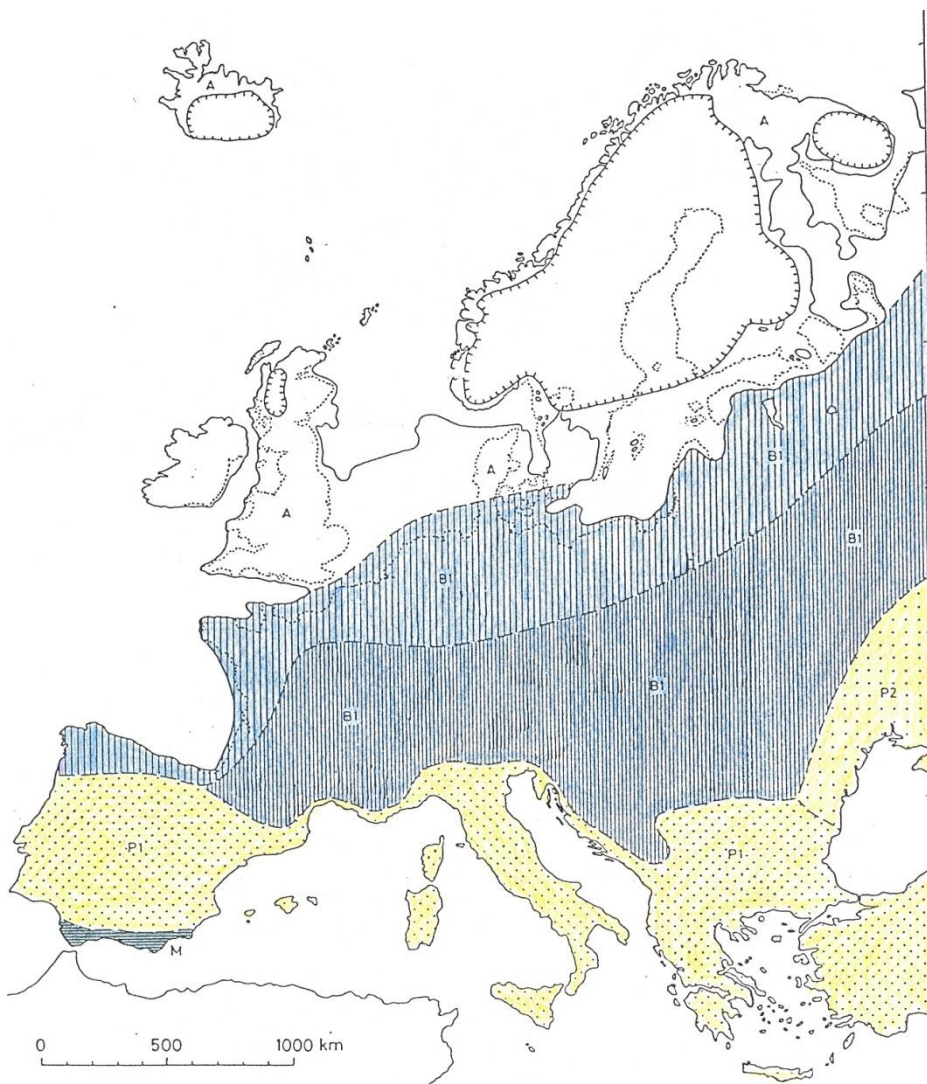
Tabelle 2.1. Zahl der Arten in den Baumgattungen des sommergrünen Laubmischwald-Gebiets im östlichen Nordamerika (linke Ziffer) und in Mitteleuropa (rechte Ziffer, aus Ellenberg 1982)

Laubbäume		Nadelbäume					
7:5	<i>Acer</i>	2:0	<i>Amelanchier</i> (St)	1:1	<i>Abies</i>	1:0	<i>Chamaecyparis</i>
3:2	<i>Alnus</i>	1:0	<i>Aralia</i>	1:1	<i>Larix</i>	1:0	<i>Juniperus</i> (St, SEur)
5:2	<i>Betula</i>	1:0	<i>Asinima</i>	3:1	<i>Picea</i>	1:0	<i>Taxodium</i>
1:1	<i>Carpinus</i>	6:0	<i>Carya</i>	7:4	<i>Pinus</i>	1:0	<i>Thuja</i>
2:2	<i>Crataegus</i>	2:0	<i>Castanea</i> (SEur)	1:1	<i>Taxus</i>	1:0	<i>Tsuga</i>
1:1	<i>Fagus</i>	1:0	<i>Catalpa</i>	13:8		5:0	
4:2	<i>Fraxinus</i>	2:0	<i>Celtis</i> (SEur)	=====			
2:1	<i>Ilex</i>	1:0	<i>Cercis</i> (SEur)	18:8			
1:1	<i>Malus</i>	1:0	<i>Diospyros</i>	östl. Nordam. : Mitteleuropa			
5:3	<i>Populus</i>	1:0	<i>Gleditschia</i>				
5:3	<i>Prunus</i>	1:0	<i>Gymnocladus</i>				
0:1	<i>Pyrus</i> *	2:0	<i>Illicium</i>				
20:4	<i>Quercus</i>	2:0	<i>Juglans</i> (SEur)				
4:8	<i>Salix</i> *	1:0	<i>Liquidambar</i>				
1:4	<i>Sorbus</i> *	1:0	<i>Liriodendron</i>				
2:2	<i>Tilia</i>	2:0	<i>Magnolia</i>				
3:3	<i>Ulmus</i>	1:0	<i>Morus</i>				
66:45		2:0	<i>Nyssa</i>				
		1:0	<i>Ostrya</i> (SEur)				
		1:0	<i>Platanus</i> (SEur)				
		1:0	<i>Ptelea</i>				
		1:0	<i>Robinia</i> (subspont.)				
		4:0	<i>Rhus</i>	(St) = als Strauch auch in Mitteleuropa			
		1:0	<i>Sassafras</i>	(SEur) = in Südeuropa als Baum vertreten			
		1:0	<i>Zanthoxylon</i>	(subspont.) = im südöstlichen Mitteleuropa sich subspontan ausbreitend			
		40:0		* = Gattungen, die in Mitteleuropa artenreicher sind als im östlichen Nordamerika			
=====							
106:45							
östl. Nordam. : Mitteleuropa							

USPOREDBA BROJA VRSTA RAZLIČITIH DRVENASTI BILJAKA KOJE (NI)SU PREŽIVJELE OLEDBE U PLEISTOCENU, A BILE SU PRISUTNE PRIJE OLEDBI NA PODRUČJU IST. SJ. AMERIKE I SREDNJE EUROPE.

SEur označava rodove koji su tijekom pleistocena izumrli u srednjoj Europi, ali su preživjeli u refugijalnom području južne Europe.

Vegetacija Europe prije približno 10 000 godina



A (bijelo): arktička vegetacija (tundra); male površine alpske vegetacije u srednjoj i južnoj Europi nisu uzete u obzir;

B1 (široko šrafirano): borealne šume i grmlje breze, te breze i bora, s dominirajućom brezom (*Betula*);

B1 (usko šrafirano): borealne šume bora i breze, s dominirajućim borom (*Pinus sylvestris*);

M (vodoravno šrafirano): mediteranske vazdazelene šume, s dominirajućim hrastom crnikom (*Quercus ilex*);

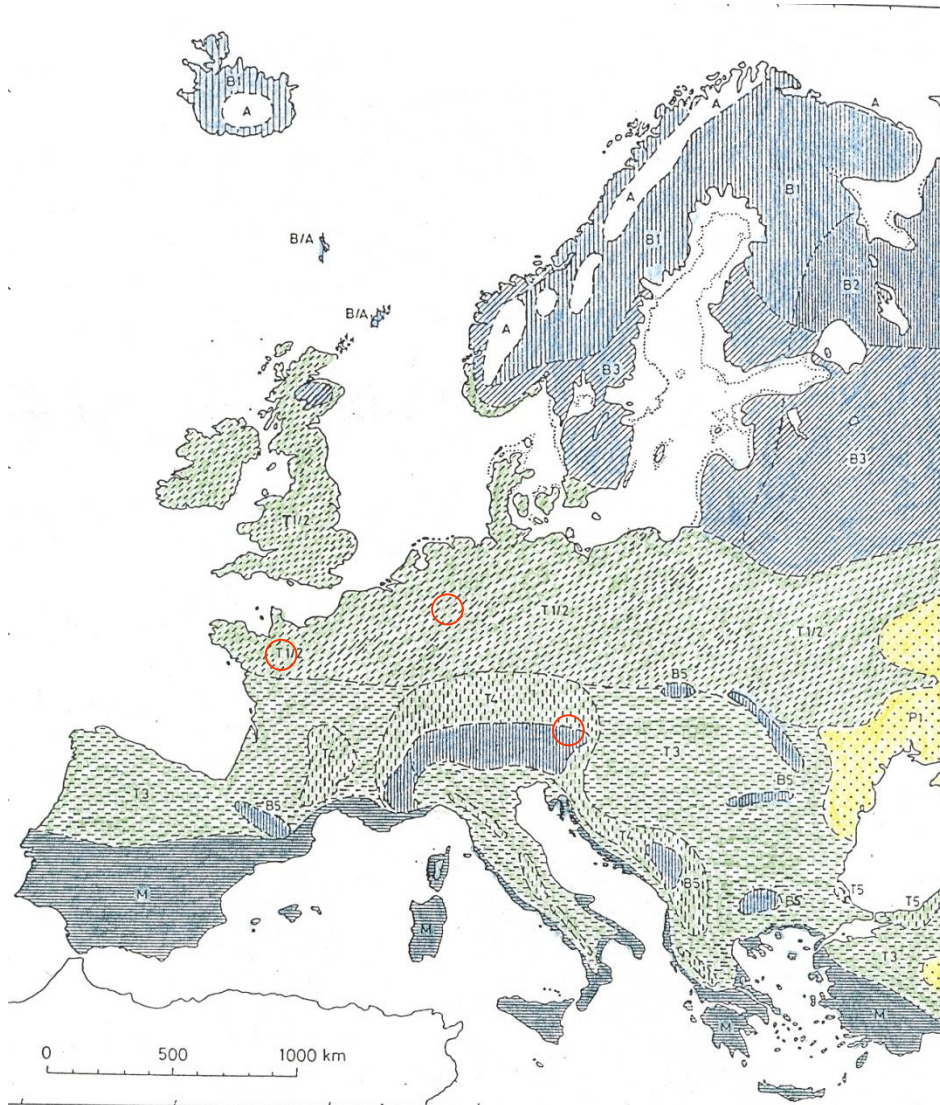
P1 (istočkano): šumske stepe s listopadnim vrstama hrasta (*Quercus*) i drugim listopadnim drvećem;

P2 (istočkano): stepe.

Nakon zadnje oledbe, ledene kape su se postepeno povlačile prema polovima, a šumska vegetacija vraćala u područja u kojima su se poboljšavali klimatski uvjeti i omogućavali rast i razvoj šuma.

Vegetacija Europe prije približno

5 000 godina



A (bijelo): arktička vegetacija (tundra); male površine alpske vegetacije u srednjoj i južnoj Europi nisu uzete u obzir;

B1 (široko okomito šrafirano): borealne šume i grmlje breze (*Betula*);

B1 (uže okomito šrafirano): borealne šume breze i bora (*Pinus sylvestris*) i borove šume bez smreke (*Picea*);

B2 (usko okomito šrafirano): borealne smrekove šume, te šume smreke i bora;

B3 (koso šrafirano): poluborealne miješane listopadne i crnogorične šume, na zapadu sa borom, bez smreke, a na istoku sa smrekom; crtkana linija označava zapadnu granicu smreke;

B5 (usko okomito šrafirano): planinske i subalpske crnogorične šume; crtkana linija označava zapadnu granicu smreke; većinom u dodiru s alpskom zonom bez drveća;

● M (vodoravno iscrtkano): mediteranske vazdazelene šume; granica je dobrim dijelom još uvijek hipotetska;

● P1 (istočkano): šumske stepe;

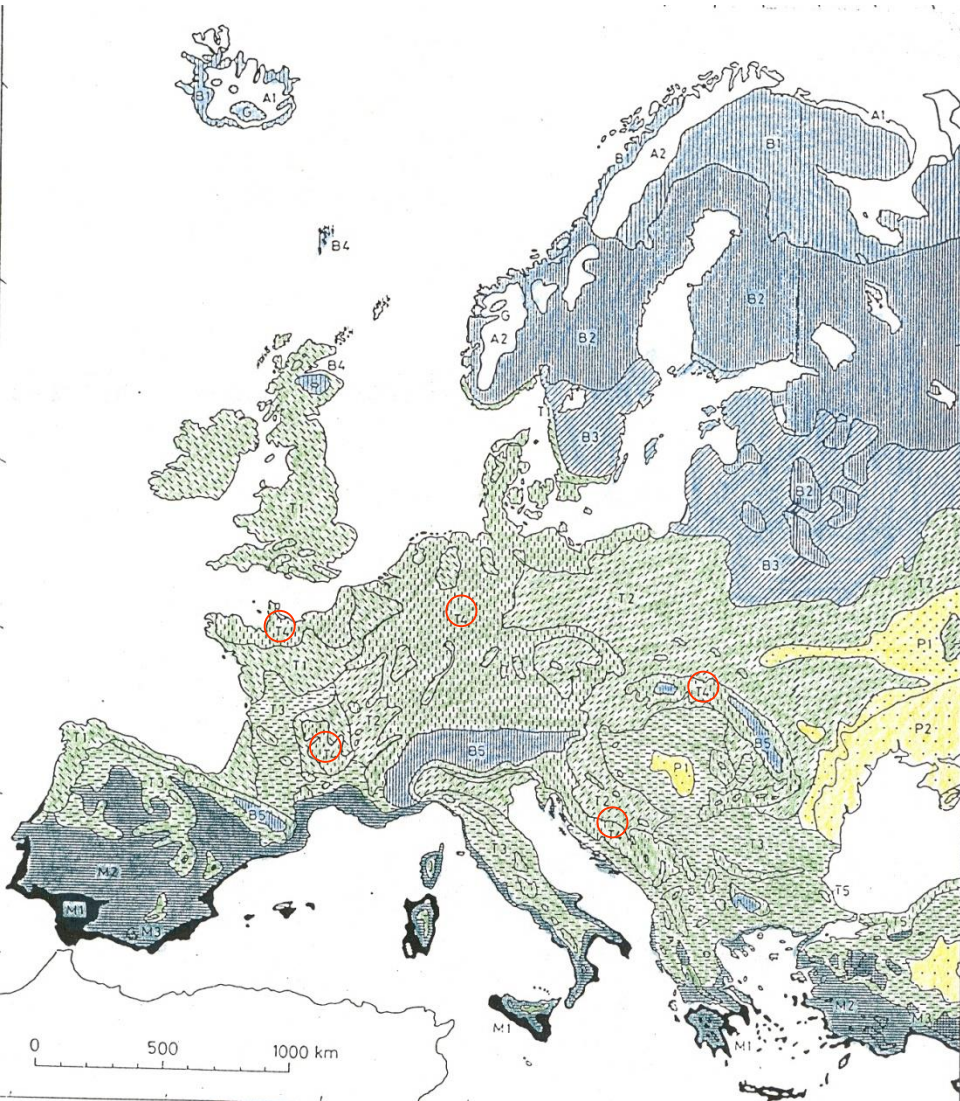
T1/2 (koso iscrtkano): listopadne miješane šume hrasta (*Quercus*) u umjerenom klimatskom pojasu;

T3 (vodoravno iscrtkano): termofilne listopadne miješane šume hrasta u umjerenom klimatskom pojasu;

T4 (okomito iscrtkano): bukove šume, te šume bukve (*Fagus*) i jele (*Abies*) u umjerenom pojasu;

T5 (okomito iscrtkano): šume orijentalne bukve u umjerenom pojasu

Današnja potencijalna prirodna vegetacija Europe



A – arktička i alpska zona: Vegetacija patuljastog i visokog grmlja i travnjaka. Zajednice bez drveća u arktičkoj zoni tundre dalekog sjevera i alpskih zona europskih planina.

B – Borealna i hemiborealna zona: Vazdazelene crnogorične šume (tajga), te miješane crnogorične i listopadne šume u sjevernoj Europi, crnogorične šume planinskih i subalpskih područja europskih planina.

T – Umjerena zona: Šume listopadnog širokolisnog drveća u zapadnoj, srednjoj i istočnoj Europi, te planinskom području južne Europe.

M – Mediterranska zona: Vazdazelene tvrdolisne šume i grmlje Sredozemlja.

P – panonsko-pontsko-anatolska zona: Šumske stepe, stepe i polupustinje. Ovaj pojas raširen je od zapadnog ruba Crnog mora, preko Ukrajine, do južnog Sibira i Kazahstana.

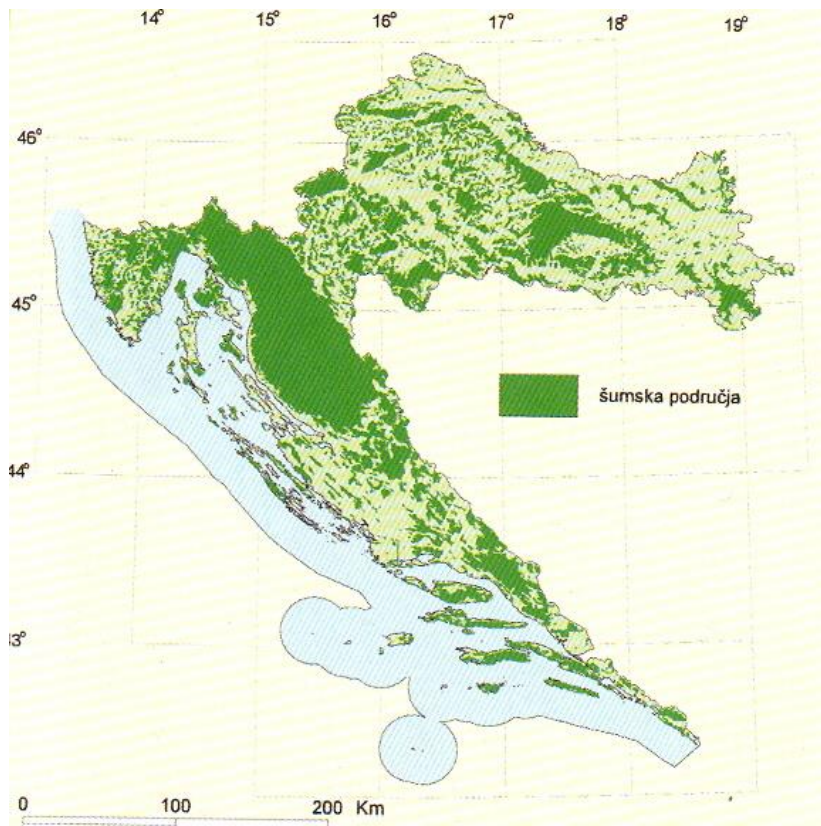
(prema Lang, 1994)

Iako bi prema prirodnom potencijalu većina Europe trebala biti pokrivena šumom:

- svega 20-30% ukupne površine čine šume u velikom dijelu današnje Europe, naročito srednjoj i zapadnoj Europi
- svega 15% krajolika srednje Europe može se smatrati prirodnim

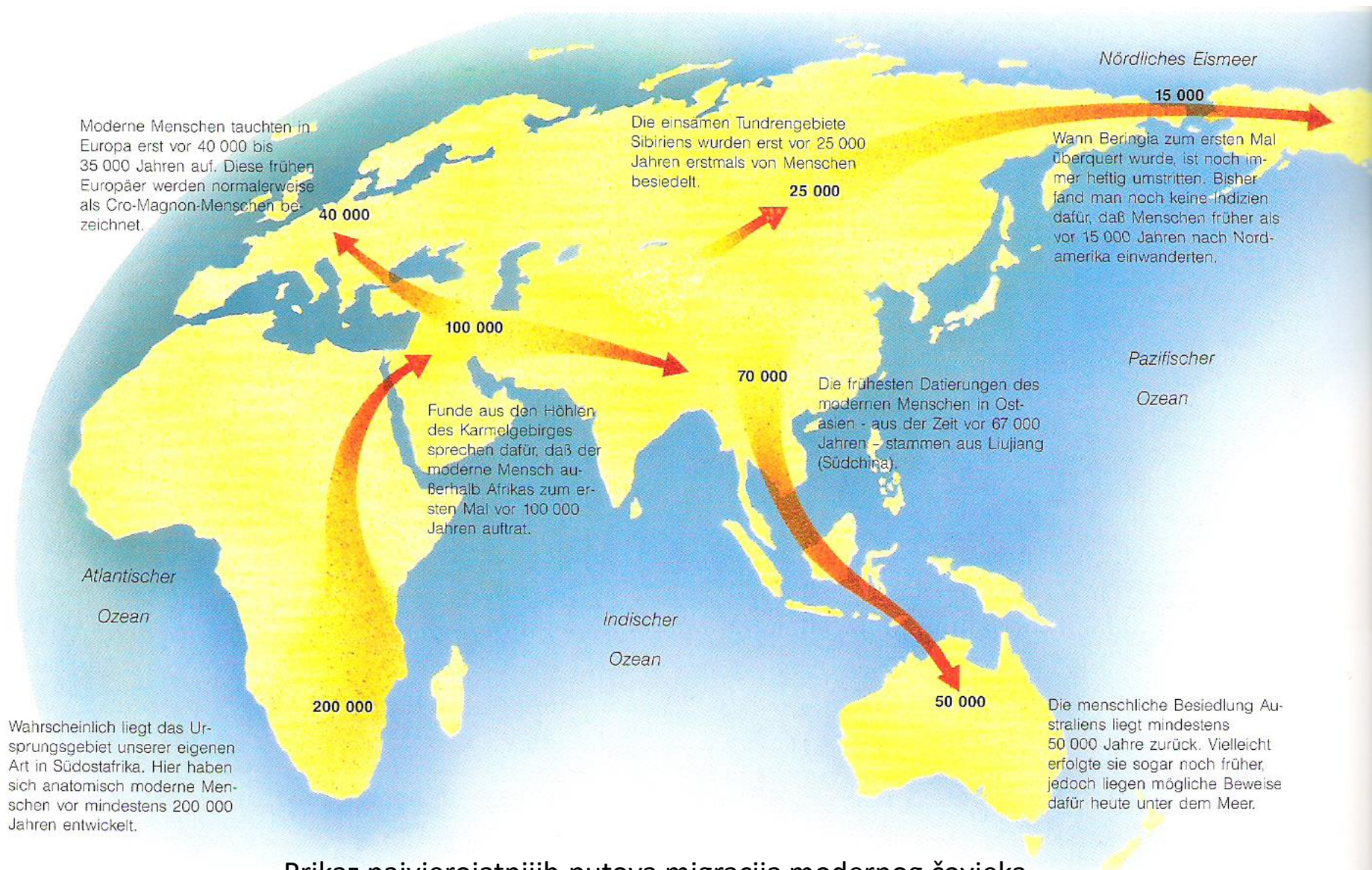


- npr. smrekove šume Schwarzwalda, nisu prirodne za ovo područje već su kultivirane, kao i mnoge druge na području Njemačke



- 44% kopnenog dijela Hrvatske pokriveno je šumom i ta je površina postojana posljednjih sto godina
- 95% sastojina imalo je do prije otpr. 10 godina prirodni sastav (tj. po sastavu su vrlo slične prašumama iz kojih su nastale)

Razlog što se današnja vegetacija Europe uvelike razlikuje od svojeg prirodnog potencijala je čovjek, koji je kroz povijest (holocen) svojim načinom života utjecao na promjene okoliša.



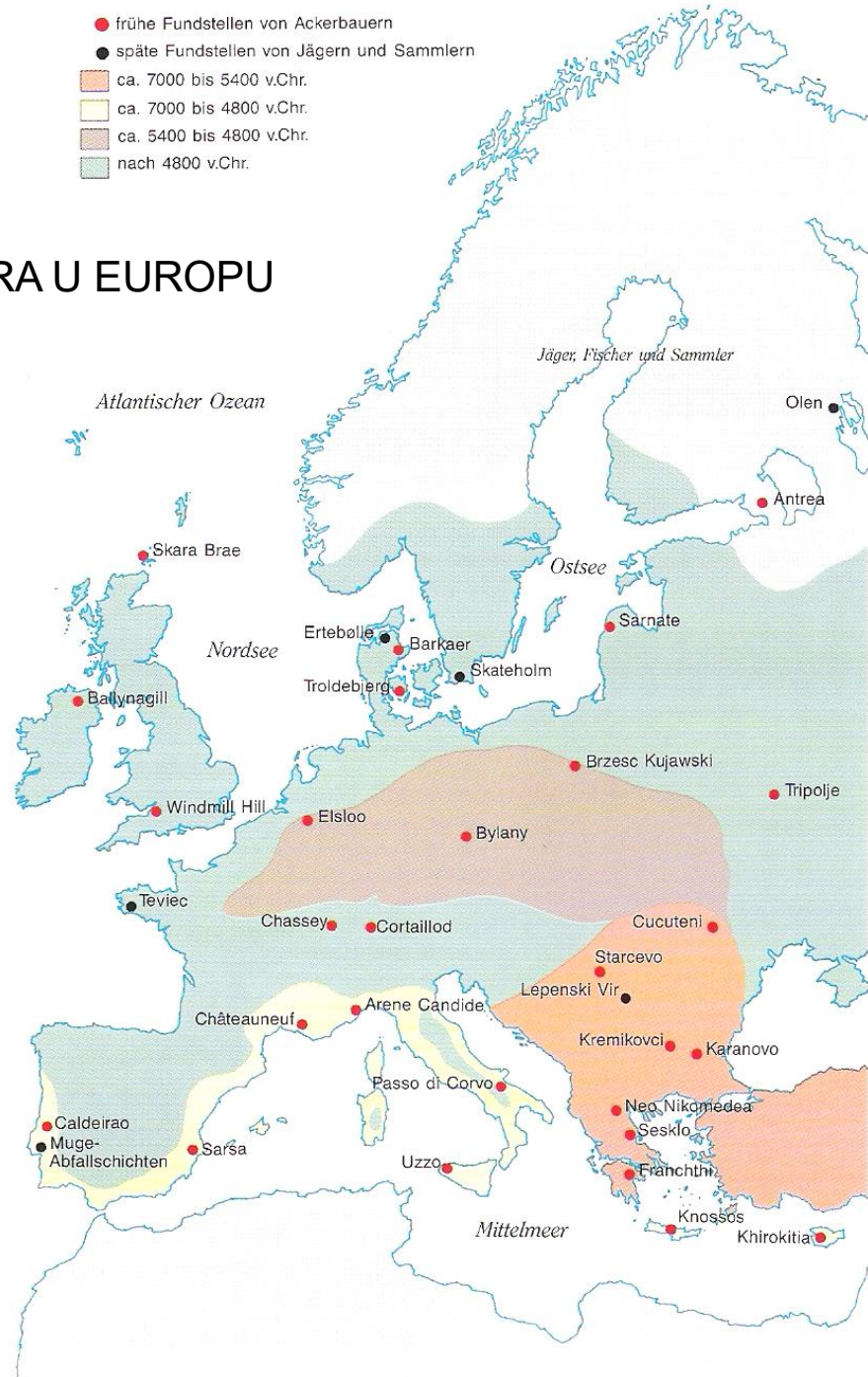
Prikaz najvjerojatnijih putova migracija modernog čovjeka

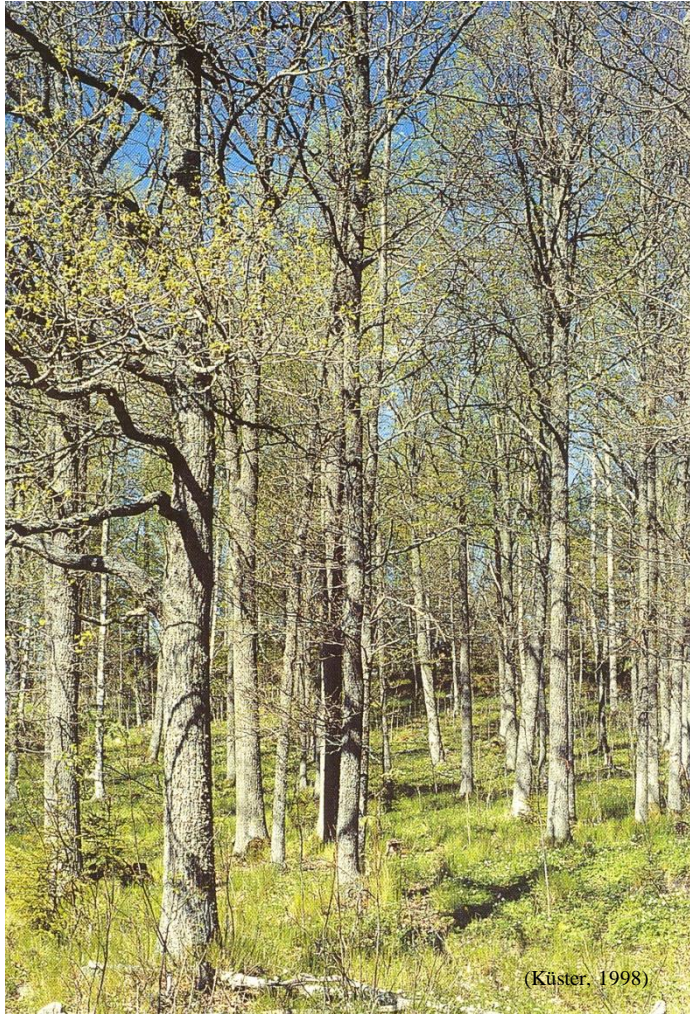


Područje tzv. plodnog polumjeseca ili plodnog bliskoistočnog luka

- frühe Fundstellen von Ackerbauern
- späte Fundstellen von Jägern und Sammlern
- ca. 7000 bis 5400 v.Chr.
- ca. 7000 bis 4800 v.Chr.
- ca. 5400 bis 4800 v.Chr.
- nach 4800 v.Chr.

ŠIRENJE NEOLITSKIH KULTURA U EUROPU





Rekonstrukcija neolitskog poljodjelstva: osnivanje polja na iskrcenom šumskom području.

Svijetla hrastova šuma u kakvima su najvjerojatnije prvi europski poljodjelci osnivali svoja polja.

A

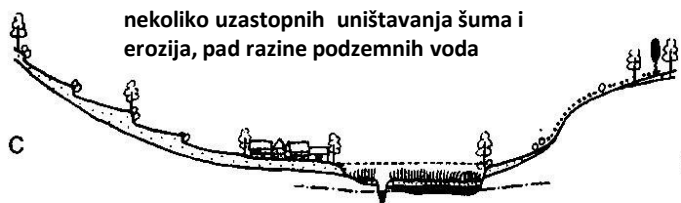
mali antropogeni utjecaj



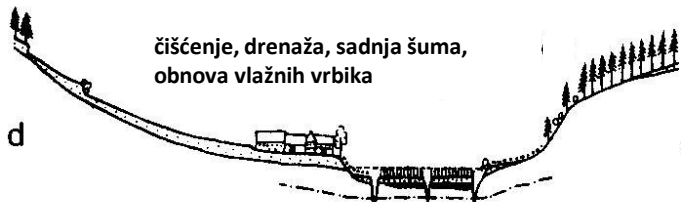
a

uznapredovalo krčenje šuma,
zamjetna erozija tla

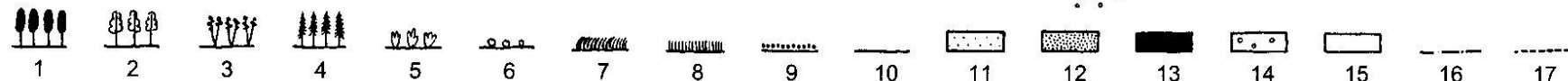
b

nekoliko uzastopnih uništavanja šuma i
erozija, pad razine podzemnih voda

c

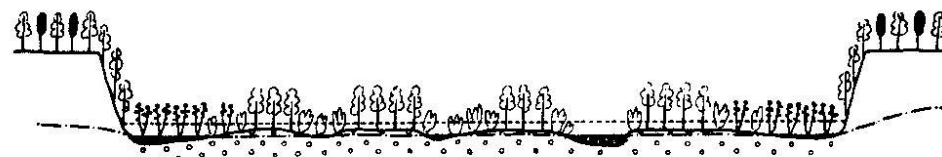
čišćenje, drenaža, sadnja šuma,
obnova vlažnih vrbika

d

**B**

mali antropogeni utjecaj

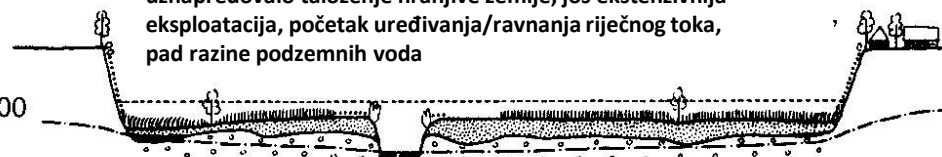
B.C.

početak taloženja tla i ekstenzivne eksploatacije,
najviši vodostaj raste, razina podzemnih voda pada

around 1000

uznapredovalo taloženje hranjive zemlje, još ekstenzivnija
eksploatacija, početak uređivanja/ravnanja riječnog toka,
pad razine podzemnih voda

around 1800

izgradnja nasipa uz rijeku: riječne livade pretvorene u polj. površine, nema više
prihranjivanja tla poplavama, dublje korito rijeke

around 1900



Razvoj krajolika uz riječne obale srednje Europe viših (A) i nižih (B) položaja (obala) rijeke s rastućom deforestacijom drenažom, erozijom i nanošenje hranjivog tla u području poplavnih livada (prema Ellenberg 1996): 1 – šuma bukve, 2 – miješane listopadne šume hrasta i dr., 3 – močvarna područja johe, 4 – uzgoj šuma četinjača, 5 – vrbici, 6 – drugo grmlje, 7 – vlažni travnjaci, 8 – jako vlažni travnjaci, 9 – suhi travnjaci, 10 – obradive površine, 11 – les, 12 – livadna ilovača, 13 – močvara, 14 – šljunak, 15 – drugi tipovi tla, 16 – prosječna razina podzemnih voda, 17 – najviši vodostaj.

Table 4.1.2. Vegetation and climatic elements of late- and postglacial time. Columns for time, pollination zone I–XII (from Overbeck 1975), vegetation period, climate history and prehistory of man. (Walter and Straka 1970)

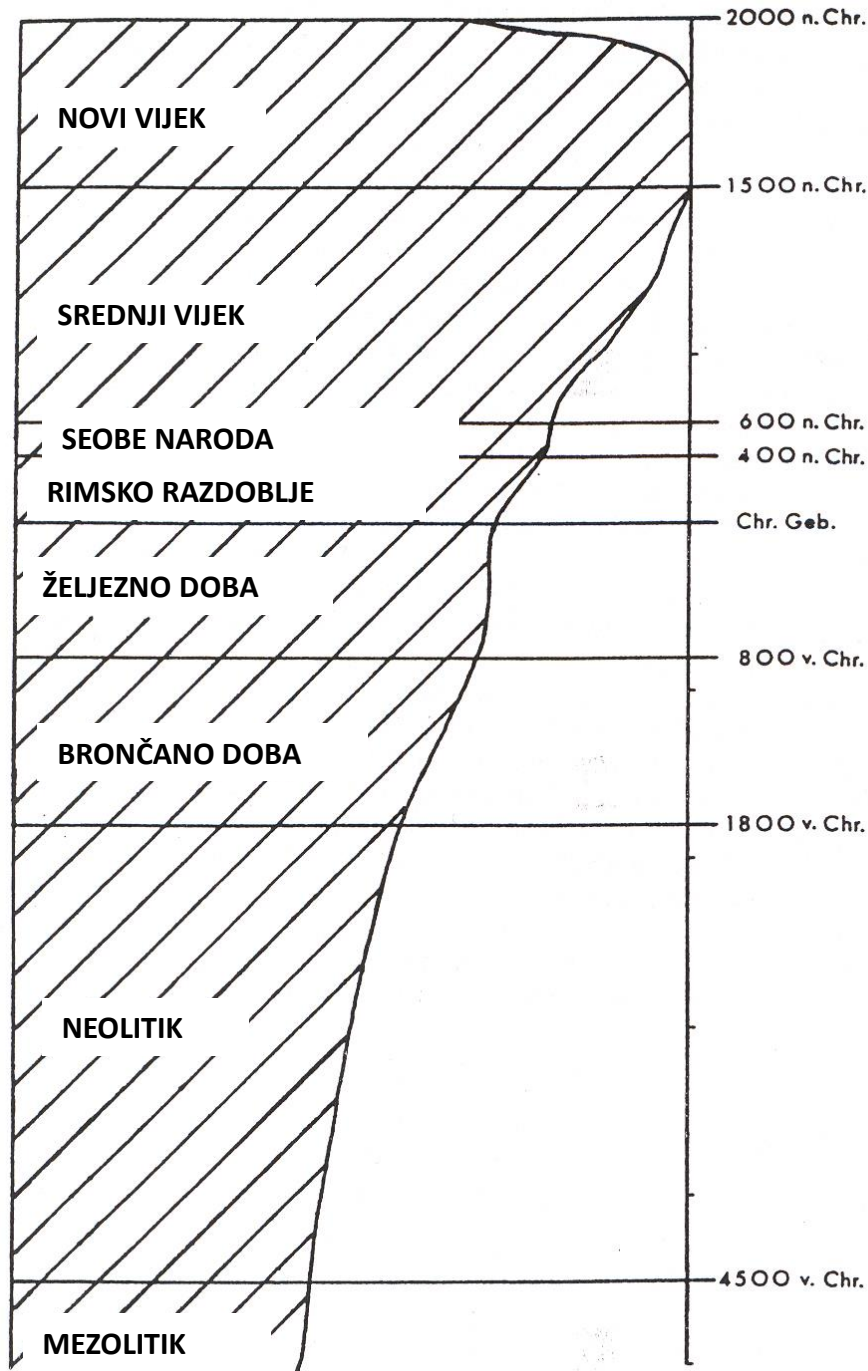
Year (BP)	Pollination Zone	Vegetation	Climate	Prehistory
1000	XII	Forest plantations		
		Beech	Post-interglacial period (sub-Atlanticum)	Historical period
		bukva	(relatively cool and moist)	Iron Age
0	XI			
		bukva-hrast	Late interglacial period (sub-boreal)	Bronze Age
-1000	X		(warm and dry)	
-2000				
	IX	miješana šuma hrasta (hrast, brijest, lipa, jasen)	Middle interglacial period (Atlanticum)	Late
-3000			(warm and moist, climate optimum)	Middle Neolithic
-4000				
	VIII			Early
-5000				
	VII	lješnjak	Early interglacial (boreal)	Mesolithic
-6000			(warm and dry)	
	VI	lješnjak-bor		
-7000				
	V	breza-bor	Pre-interglacial (increasing temperatures)	
-8000				
	IV	tundra siromašna drvećem	Late sub-arctic period (return of cold)	
-9000				
	III	breza-bor	Middle sub-arctic period (Alleröd) (temporarily warmer)	
-10000				
	II	tundra siromašna drvećem	Early sub-arctic period	Palaeolithic
-11000				
	I	tundra bez drveća	Late arctic period (cold)	
-12000				

Postglacial

Late Ice Age

Main glaciation

Prikaz promjene brojnosti biljnog svijeta u srednjoj Europi tijekom pojedinih povijesnih razdoblja, kao rezultat utjecaja čovjeka (prema Glavač, 1996) .



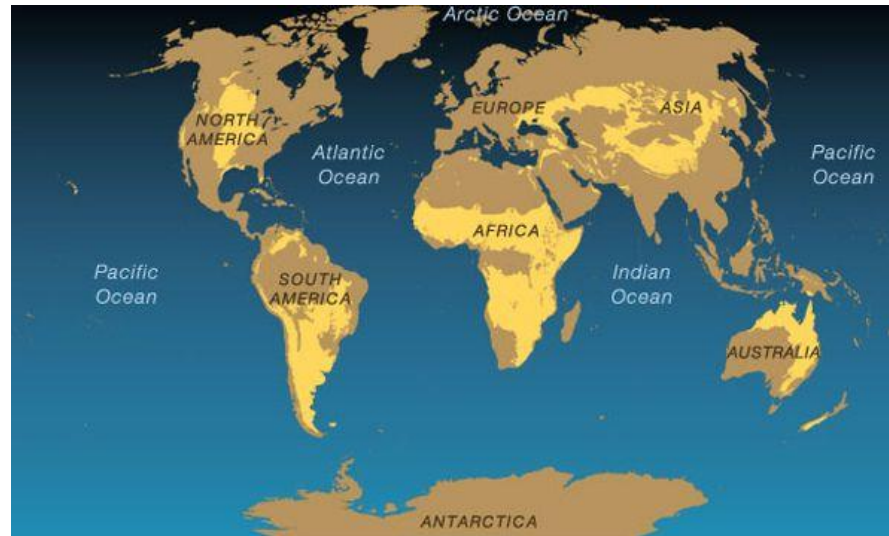
TRAVNJACI – (polu)prirodna staništa



LIVADA (sijeno, otava, /otavić/)



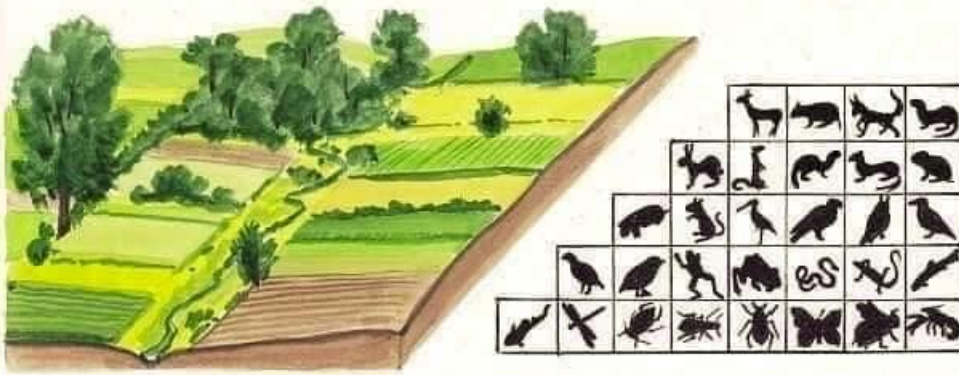
PAŠNJACI



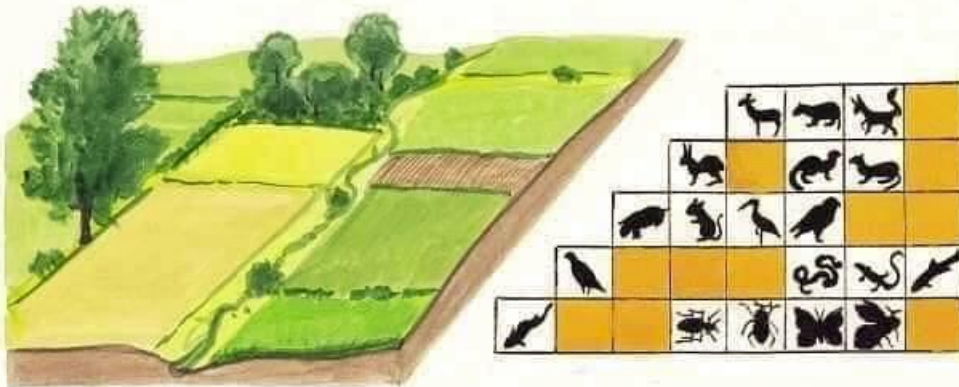
GLOBALNA RASPROSTRANJENOST PRIRODNIH TRAVNJAKA

Uzroci smanjenja broja biljnih vrsta i različitih staništa u srednjoj Europi i njihovo uniformiranje, naročito u drugoj polovici 20. stoljeća:

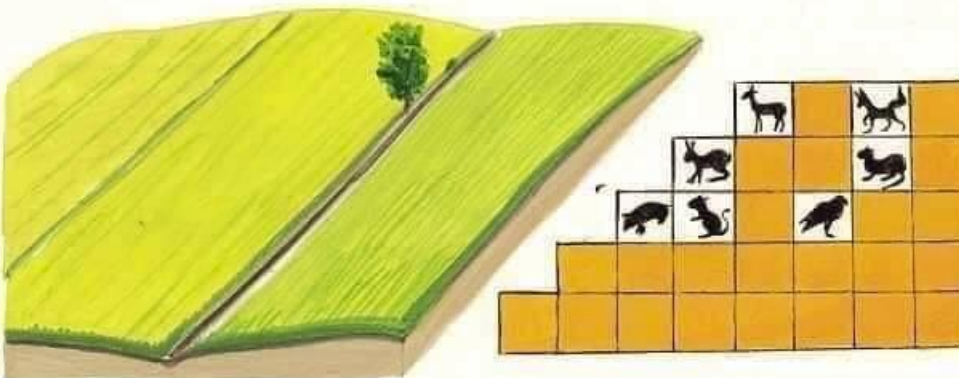
- mijenjanje toka rijeka i potoka, izravnavanje zemljišta i putova, čime nestaju mala, specifična staništa poput malih bara, terasa, međaša i sl.,
- melioracija putem dubokog oranja, mjera odvodnjavanja, kultiviranje močvarnih područja i paralelna primjena sve većih količina mineralnih gnojiva,
- stalni razvoj i primjena novih snažnijih oruđa koji sve više olakšavaju intervencije u prirodi,
- smanjenje raznolikosti usjeva i kultiviranih vrsta u korist velikih poljoprivrednih površina pod monokulturama,
- pojednostavljivanje plodoreda,
- sve manje mehaničkog uklanjanja korova, a sve veća primjena herbicida i kemijskih sredstava protiv raznih nametnika,
- sve veća potreba za zelenim površinama koje se pretvaraju u industrijske zone, prometnice, stambene objekte i dr.



PRIKAZ UTJECAJA
 RAZNOLIKOSTI
 STANIŠTA
 NA UKUPNU
 BIORAZNOLIKOST



MOZAIČNOST staništa – DA!



FRAGMENTIRANOST staništa – NE!

	BILJKE	ŽIVOTINJE	EKOSUSTAV
DANAS	agrikultura, moderne tehnike uzgoja	<i>Homo faber</i>	antropogena devastacija ekosustava
HOLOCEN	kultivirane biljke	domestikacija životinja	antropogene promjene u ekosustavima
PLEISTOCEN		<i>Homo sapiens</i>	svi kopneni ekosustavi, uključivši i pustinje, halofitne zajednice, hladna područja prilagodba biljaka na različite klimatske zone
TERCIJAR	listopadno drveće	slatkovodne ribe, humanizacija	
KREDA	kritosjemenjače		
JURA		prve ptice	
TRIJAS		dinosauri, rani sisavci	
PERM	golosjemenjače		postepeno raste bioraznolikost
KARBON	prve drvolike i drvenaste papratnjače	gmazovi i dinosauri	močvarne šume (suhi dijelovi kopna nisu kolonizirani)
DEVON		dvodihalice, vodozemci, kukci	prvi razvijeniji kopneni ekosustavi na vlažnim mjestima
SILUR	prve kopnene biljke	prvi vertebrata	prvi jednostavni ekosustavi na kopnu blizu obala bez konzumenata
KAMBRIJ	alge	sve skupine životinja osim vertebrata	razvijeniji vodeni sustavi
ALGONKIJ (PROTEROZOIK)	fotosinteza, disanje uz pomoć kisika		(atmosfera s kisikom), jednostavni vodeni ekosustavi
ARHAIK (ARHEOZOIK)	prvi kemosintetski aktivni organizmi		(anaerobni vodeni ekosustavi?) termofilni organizmi
prvi oceani / rana atmosfera	početak biološke evolucije: prve stanice		okoliš bez kisika (oceani bez soli?)