

Fosilna flora važna u genezi ugljena

Karbon-perm (antrakolit)

Ret-lijas

Tercijar

Paleobotanika i paludologija

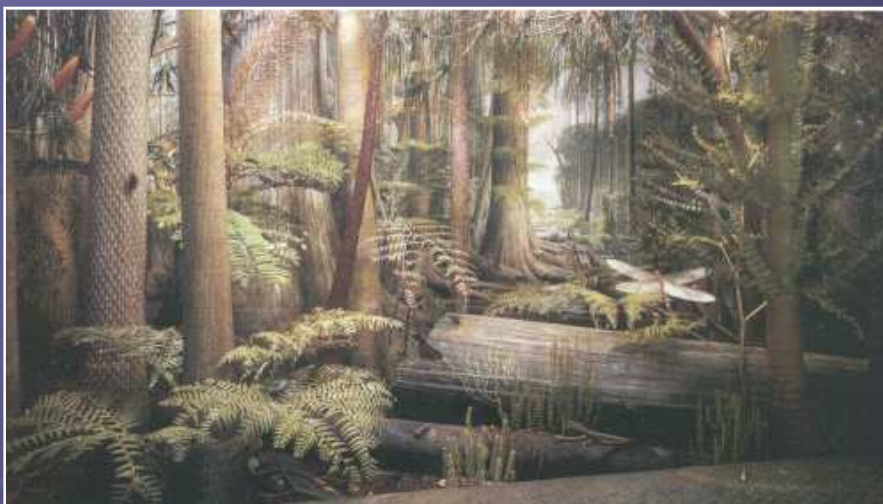
- Razvile su se s proučavanjem ugljena i ugljevitih stijena
- Stratigrafija odražava stupnjeve razvoja kopnenog bilja
 - Crvotočine
 - Paprati i preslice
 - Golasjemenjače
 - Četinjače i kritosjemenjače

Devon

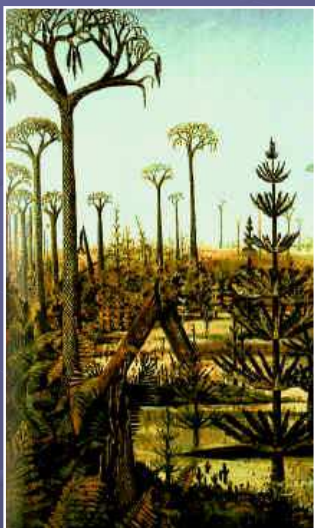


- Psilofiti – najprimitivnije kopnene biljke
 - *Rhynia major* (srednji devon)
 - *Asteroxylon mackiei* (gornji devon)
 - *Archaeopteris roemeriana* (gornji devon)
 - *Protolepidodendron* (srednji-gornji devon)

Karbonska šuma



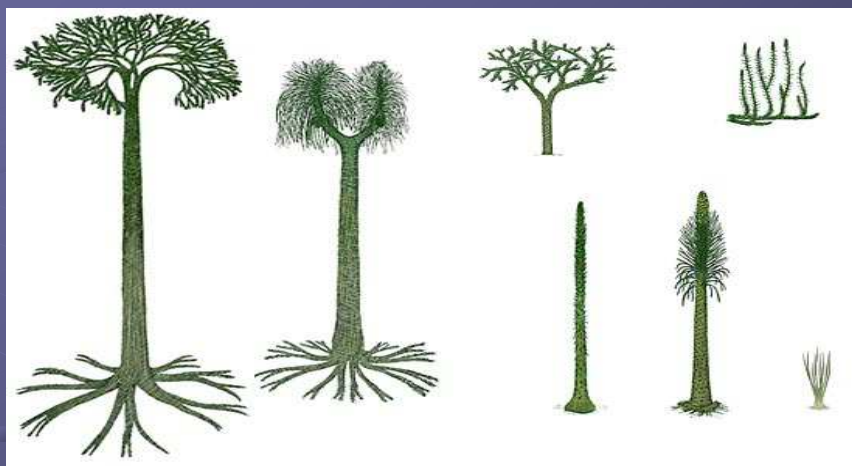
Karbon



- Crvotočine
 - *Lepidodendron aculeatum*
 - *Sigillaria elegans*
- Preslice
 - *Calamites*
- Papratnjače
 - *Pecopteris, Sphenopteris, Alethopteris, Cardiopteris...*
- Sjemene papratnjače

BS3

Lycopsida (crvotočine)



Lepidodendron (lijevo, kasni karbon, ~50 m visok), *Sigillaria* (lijevo, kasni karbon, ~40 m.), *Valmeyerodendron* (gore sredina, rani karbon, 0,6 m), *Protolepidodendron* (gore desno, srednji devon, 0,2 m), *Chaloneria* (dolje sredina, kasni karbon, 2 m), *Pleuromeia* (dolje desno, trijas, 2 m), *Isoetes* (dolje, skroz desno, živuća)

BS3

Izvor:

Lycopsida - <http://www.devoniantimes.org/who/pages/lycopsid.html>

Lycopsida su povezani s nekoliko izumrlih skupina, uključujući Asteroxlon, Drepanophycus (pre-lycopsidi), zoosterophylle i barinophyte. Svi posjeduju sporangije (organe koji nose spore) bubrežastog oblika s drškom.

Karakterizira ih razvijen korijen, stabljika i listovi mikrofilnog tipa (uski listovi sa središnjom nerazgranatom žilom). Sporangiji su smješteni pri dnu unutarnje strane lista.

Lycopsidi nestablašice

Lycopsidi se razlikuju od drugih lycophyta jer posjeduju spiralno razmještene mikrofilne listove i adaksijalno smještene sporangije. Najraniji poznati lycopsid, Baragwanathia, nađen je u sedimentima gornjeg silura Australije kao i u ranodevonskim naslagama Europe i Amerike. Izgledom je najsličniji današnjim crvotočinama (rod Lycopsidum). Današnje crvotočine su homosporne (proizvode dvospolne spore jednakih veličina), što se smatra primitivnim zaostatkom ranijih lycopsida.

Protolpidodendrales (pr. Archaeosigillaria i Protolpidodendron) su skupina lycopsida koja se javlja u kambriju, a nestaje krajem devona. Mnoge od biljaka iz te skupine bile su niske, no neke su dosezale visinu veću od 50 cm. Imale su rizom, dihotomsko grananje i bile su vjerojatno homosporne.

Red Selaginellales vjerojatno se razdvojio od Protolpidodendralesa tijekom srednjeg ili kasnog devona, no njihovi najstariji fosilni ostaci nađeni su u gornje karbonskim sedimentima. Pokazuju heterospornu reprodukciju (proizvodnja megaspora i mikrospora) i endosporni razvoj megaspora, što je pomak prema sjemenu u sjemenjača. Danas su predstavljene rodovima Selaginella.

Lycopsidi Stablašice

Lycopsidi stablašice također su se odvojile od Protolpidodendrales tijekom kasnog srednjeg devona (žive). Bili su dominantne biljke karbonskih močvara, a bile su česte i u trijasu. Danas su predstavljene rodovima Isoetes. Karakterizira ih kambijalni rast (aksijalni rast zadebljavanjem), proizvodnja sekundarnih tkiva (drvo i kora drveta). Bipolarni rast (pravilan rast prema dolje i gore), mikrofilno lišće, heterosporna reprodukcija i endosporni razvoj.

Negdje tijekom ranog karbona od Lycopsida stablašica su se odvojili Isoetes i Lepidodendrales. Lepidodendrales (scale trees-"ljuskasto drveće", lepidofiti) razlikuju se od Isoetes (i ranijih lycopsida stablašica) prvenstveno zbog određenih razlika u građi i razvoju korjenog sustava. Bazalni dio stabla je dihotomski razgranat, a poznat je pod nazivom Stigmaria ili Stigmariopsis. Na stigmarijama se nalazi korijenje (Appendices).

Duguljasti listovi su smješteni po čitavom stablu, no kod odraslih biljaka održali su se samo na granama, dok su na donjem dijelu stabla ostali tek lisni ožiljci karakterističnog oblika.

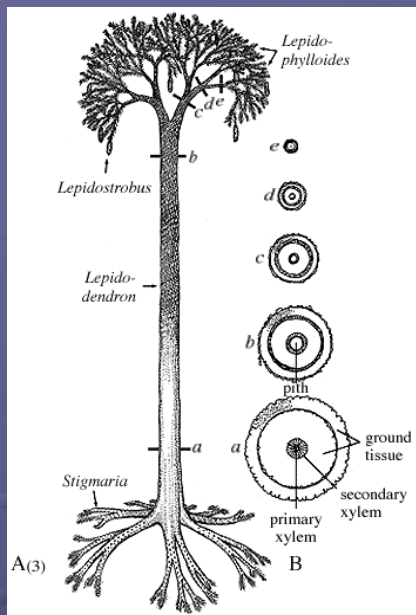
Lepidodendrales se dijele u 4 porodice: Lepidodendraceae, Bothrodendraceae, Sigillariaceae i Pleuromeiaceae.

Neki od predstavnika ovog reda bili su najviša stabla paleozoika. Najpoznatiji je Lepidodendron, procjenjuje se da je bio viši od 50 m., Lepidophloios i Sigillaria su drugi važni predstavnici Lepidodendralesa. Ove biljke dominirale su nizinskim močvarama mlađeg karbona i pridonosile su većinu organske tvari u velika tresetišta, od kojih su nastale značajne naslage ugljena u Sj. Americi i Euroaziji. No, raznolikost i visina ovih divovskih biljaka dramatično opada krajem karbona (kasni vestfal i stefan), da bi početkom perma izumrle.

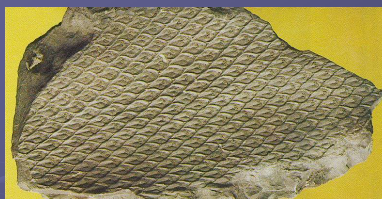
Isoetales se od lepidodendralesa mogu razlučiti na temelju lukovičaste (grumenaste) strukture korijena i znatno manje visine rasta. Većina pripadnika ove skupine imali su nerazgranatu stabljiku (stems). Primjeri: Chaloneria (kasni karbon), Pleuromeia (trijas) i Nathorstiana (starija kreda). Isoetes, posljednji preživjeli rod Isoetalesa, je niska biljka koja raste u različitim slatkovodnim i brakičnim okolišima.

Bruno Saftic; 4.12.2007.

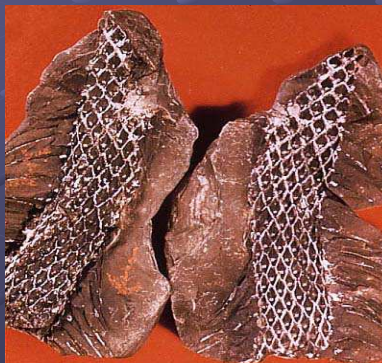
BS4



Prikaz građe lepidodendrona



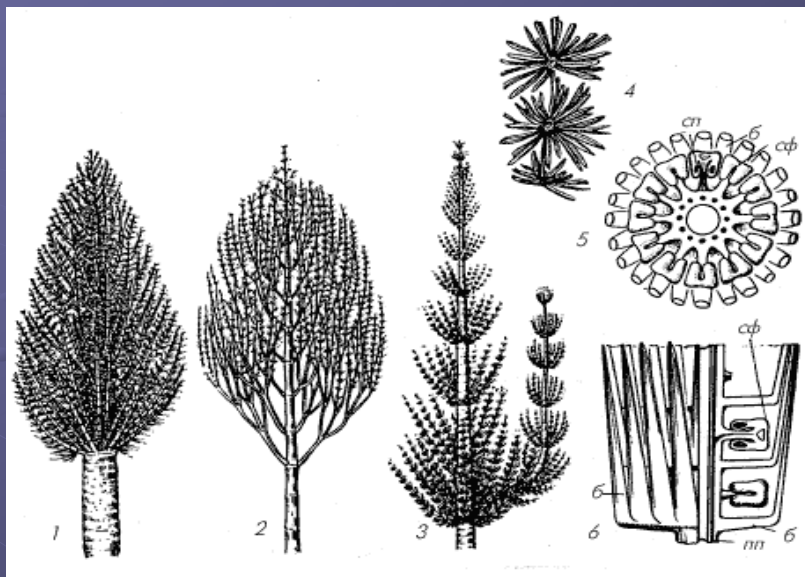
Lepidodendron aculeatum



Fosilni ostatci lepidodendrona

BS5

Calamites (preslice)



Slide 7

BS4

Izvori:

Građa lepidodendrona - <http://www.palaeos.com/Plants/Lycophytes/Lepidodendrales.html>
Lepidodendron aculeatum - http://www.uni-muenster.de/Rektorat/museum/d2m_gm07.htm
Fosilni ostatci lepidodendrona -
http://www.ucmp.berkeley.edu/historyoflife/mysteries/images/mysteryfoss7_big.jpg

Lepidodendroni i slično veliko drveće rasli su tijekom karbona u toplim i vlažnim močvarnim područjima. Imali su razgranati korijen sa spiralnim korjenčićima, zvan Stigmaria kojim su bili pričvršćeni u plitko tlo. Deblo im je bilo stupasta oblika i većinom svoje dužine bez grana, dok je na vrhu završavalo krunom grana s lišćem nalik vlatima trave (Lepidophyllum). Na krajevima grana visjeli su reproduktivni konusi nalik cigarama (Lepidostrobos) koji su sadržavali spore. Različita imena ("form genera") pridavana su različitim dijelovima Lepidodendrona jer su izvorno pronađeni i opisani kao zasebni dijelovi (tek su kasnija otkrića pokazala da su svi ti dijelovi pripadali istoj biljci).

Bruno Saftic; 4.12.2007.

Slide 8

BSS

Izvor:

Equisetopsida – Calamites - http://portal.grsu.by/portal/?p=/FACULT/BIOL/O_EXAM/p_hv1

Primjerci roda Calamites živjeli su u velikim močvarnim prašumama od mlađeg karbona do mlađeg perma. Visinom su dosežali do 30-ak m. Calamites je najpoznatiji rod fosilnih artikulata (razred s člankovitom građom stabla koje se dijeli na internodije i nodije).

Od rizoma, koji se nalazi pod zemljom i od bazalnog dijela stabljike, odvaja se gusto korijenje. Rizomi su gotovo jednako građeni kao i nadzemna biljka.

Srčika je sačuvana samo kod mladog stabla, a kasnije biva razorena te ostaje samo šupljina kroz koju je biljka opskrbljavala rizom i korijenje kisikom.

Listovi rastu u pršljenovima, dužine su 10 cm i više. Razlikuju se 2 tipa: Asterophyllites (posve slobodni, linearni i savinuti prema gore) i Annularia (na bazi srasli i položeni okomito na grančicu).

Neki su kalamiti bili izosporni, a drugi heterosporni.

Rod Calamites dijeli se u 3 podroda:

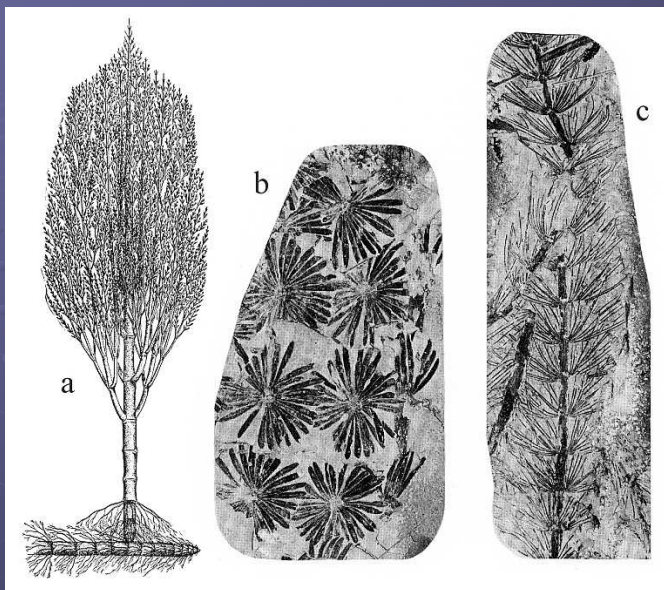
Eucalamites - u svakom nodiju ima po jednu ili više grana

Calamitina – nodiji s granama izmijenjuju se s nodijima bez grana

Stylocalamites – ima približno jednako debelu stabljiku od dna do vrha, gotovo posve bez ogranaka

Bruno Saftic; 4.12.2007.

BS6



- a. *Eucalamites*
- b. *Asterophyllites*
- c. *Annularia*

BS7



Calamites stabljika



Annularia



Asterophyllites

Slide 9

BS6 Izvor:
Calamites, asterophyllites, annularia - <http://delta-intkey.com/britht/images/htfoss01.jpg>

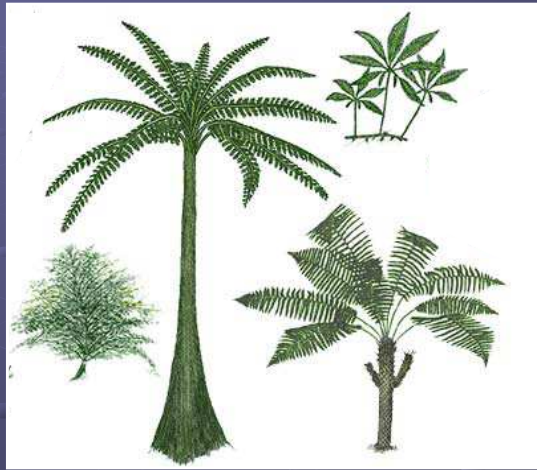
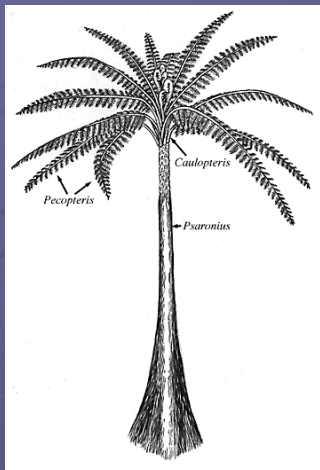
Bruno Saftic; 4.12.2007.

Slide 10

BS7 Izvor:
Annularia – <http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/SpheFe/SpheFe2.html>
Calamites stabljika – <http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/SpheFe/SpheFe2.html>
Asterophyllites - <http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/SpheFe/SpheFe2.html>
Bruno Saftic; 4.12.2007.

BS12

Filices (paprati)



Phlebopteris (gore desno, trijas), *Todites* (dolje desno, jura), *Psaronius* (sredina, kasni karbon), *Rhacophyton* (dolje lijevo, kasni devon).

BS13



Pecopteris



Pecopteris



Pecopteris pluckenetii
(gornji karbon)



Psaronius



Psaronius minhocca

Slide 11

BS12

Izvori:

Paprati Mz i Pz – <http://www.devoniantimes.org/who/pages/ferns.html>

Građa Psaroniusa – <http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/SpheFe/SpheFe4.html>

Razred Filices (Pteropsida)

Razred obuhvaća paprati u užem smislu. Karakteristični su veliki listovi (makrofilii), najčešće smješteni naizmjenično, a tek rijetko u pršljenovima. Sporangiji se najčešće nalaze na donjoj strani lista.

Podrazred Primofilices

U ovaj podrazred spadaju primitivne Pz paprati. Prisutna je dihotomska razgranjenost, a makrofil je tek u nastajanju. Svi poznati predstavnici su izosporni.

Poznati rodovi: Stauropteris, Eopteris, Cladoxylon, Archaeopteris, Rhacopteris...

Podrazred Eusporangiate

Kod predstavnika ovog podrazreda ogranci makrofila nalaze se isključivo u jednoj ravnini. Sporangiji su nastali iz grupe stanica epiderme (otuda im i naziv).

Najpoznatiji fosilni oblik je Psaronius, što označava fosilnu drvenastu stabljiku sa sačuvanom histološkom strukturom. Poznat je već u karbonu, ali najčešći je u donjem permu.

Sterilni i fertilni makrofilii opisani su pod imenima Pecopteris, Asterotheca, Acithea i Ptychocarpus, ovisno o izgledu i rasporedu isperaka makrofila.

Podrazred Leptosporangiate

Za predstavnike ovog podrazreda karakteristično je da im se sporangiji razvijaju iz samo jedne stanice epiderme. Jači razvoj imale su u Mz, a rasprostranjene su i danas.

Poznati rodovi: Leptopteris, Todites (T,J), Discopteris (C), Klukia (starija jura), Oligocarpia (C), Matonidium (J, K), Coniopteris (J), Protopteris (K, Tc)...

Bruno Saftic; 4.12.2007.

Slide 12

BS13

Izvori:

Pecopteris gore lijevo – http://www.biodokumentation.saarland.de/sammlungen_10740.htm

Pecopteris gore desno –

<http://www.soton.ac.uk/~bam2/col-index/fossi-lindex/plants/carbonif/pages/pecop-pl.htm>

Pecopteris pluckeneti – <http://www.tu-dresden.de/biw/geotechnik/geologie/geosam/geschichte.htm>

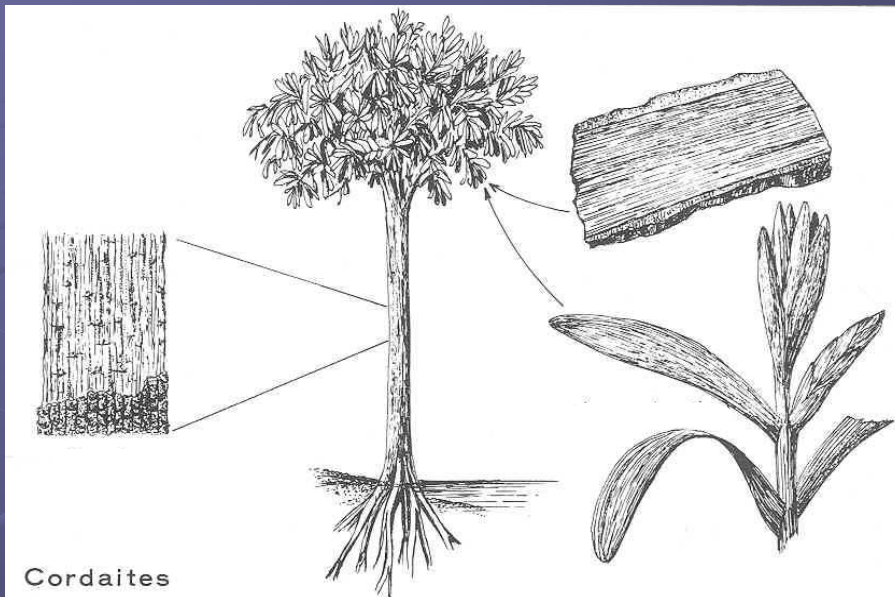
Psaronius - <http://www.uni-muenster.de/GeoPalaeontologie/Palaeo/Palbot/photo03.html>

Psaronius minhoca - <http://www.troeber-fossilien.de/pflanzen.htm>

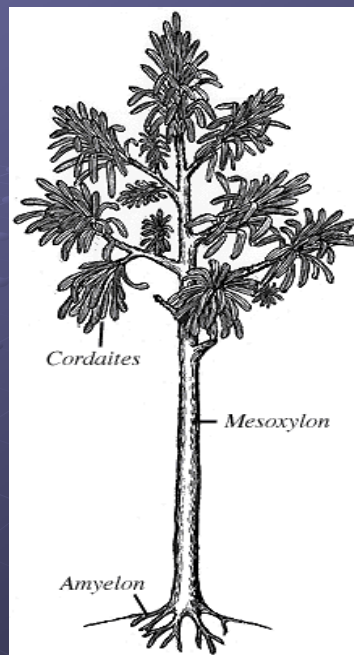
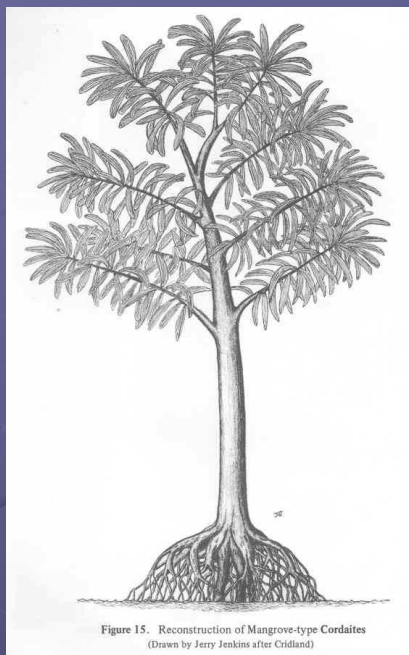
Bruno Saftic; 4.12.2007.

BS8

Cordaitales (sjemene papratnjače)



BS9



Slide 13

BS8

Izvor:

Cordaites - <http://www.geology.pitt.edu/GeoSites/cordaites.jpg>

Predstavnici reda Cordaitales (iz razreda Coniferopsida) pojavili su se vjerojatno već u devonu, najviši razvoj dostigli su u mlađem karbonu i starijem permu, a izumrli su tijekom perma (neki autori smatraju da su živjeli i u Mz sve do K).

Deblo je drvenasto i vitko, visoko i preko 30 m, pri samom vrhu razgranato. Listovi se nalaze na ograncima zadnjeg reda, a poredani su spiralno. Listovi su paralelne nervature, najčešće kožnati i malo zaobljeni, ali ima i oštih. Mogu biti široki do 20 cm i dugi do 1 m.

Cvjetovi(Cordaianthus) su jednospolni, a građa muškog i ženskog cvijeta je slična. Sjemenke (Cardiocarpus ili Samaropsis) su srcolike s dvije stijenke, mekanom izvana i čvrstom iznutra.

Red Cordaitales sastoji se od triju porodica: Pityaceae, Cordaitaceae i Poroxylaceae.

Najpoznatiji je rod Cordaites iz porodice Cordaitaceae. Živio je od karbona do perma.

Bruno Saftic; 4.12.2007.

Slide 14

BS9

Izvor:

Cordaites tipa mangrovog drveta - <http://www.geology.pitt.edu/GeoSites/pcordaites.jpg>

Cordaites- građa (desno) - <http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/CorCon/CorCon2.html>

Bruno Saftic; 4.12.2007.

BS10

Ugljenonosne Coniferae



Sl. 133. *Sequoia sempervirens* 1/2; a gore: muški i ženski cvjetovi; dolje: grana s češerima, desno: zimski pupovi (Sargent)



Sl. 134. *Taxodium distichum*, 1/2, grančice, cvjetovi i češeri (Potonié)

Najvažniji rodovi *Sequoia* i *Taxodium* (iz porodice *Taxodiaceae*)

Kenofitik

- od gornje krede do danas
- dominantni ugljenotvorci
 - Coniferae (četinjače)
 - *Sequoia*
 - *Taxodium*
 - *Pinus*
 - *Picea*
 - Angiospermae (kritosjemenjače)
 - *Laurus*, *Platanus*, *Ficus*, *Magnolia*

BS10

Izvor:

Milan Herak: Paleobotanika, Školska knjiga, Zagreb, 1963, 180 p.

Sequoia danas živi u vlažnim priobalnim područjima Kalifornije (*S. Sempervirens*). Visine je do 110 m. Fosilni oblici potječu iz krede i tercijara, a nađeni su u Europi, Aziji i Sj. Americi.

Sequoia langsdorfi bila je važan predstavnik tercijarnih ugljenotvoraca.

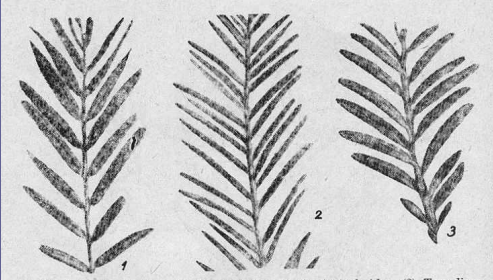
Taxodium je danas rasprostranjen u područjima močvarnih šuma JI dijela SAD-a i u Meksiku.

Najpoznatija vrsta je *Taxodium distichum*, koji doseže visinu od 50 m i ima zračno korijenje.


Taxodium je bio rasprostranjen u močvarnim područjima tijekom K i Tc. U Europi je čest u miocenu, a u našim područjima u pliocenu.

Bruno Saftić; 4.12.2007.


BS11




Sl. 100. Upoređenje grančica (1) *Metasequoia glyptostroboides*, (2) *Taxodium distichum*, (3) *Sequoia sempervirens* (Cheng)



Taxodium cf. distinctum

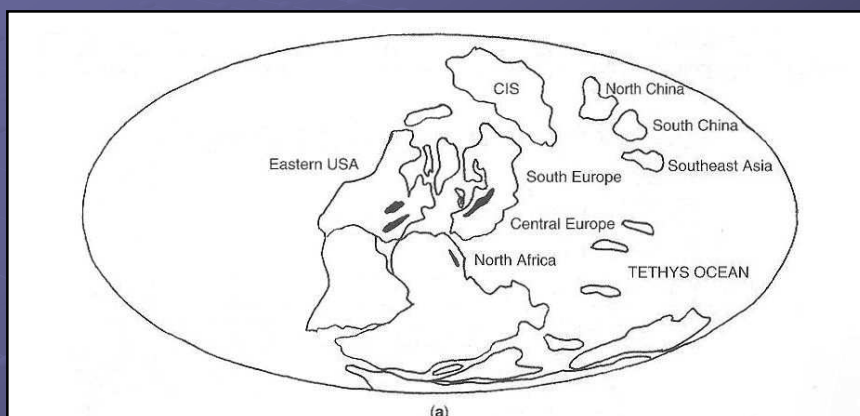


Sequoia affinis



Sequoia langsdorfi

Ugljeni bazeni u mlađem karbonu

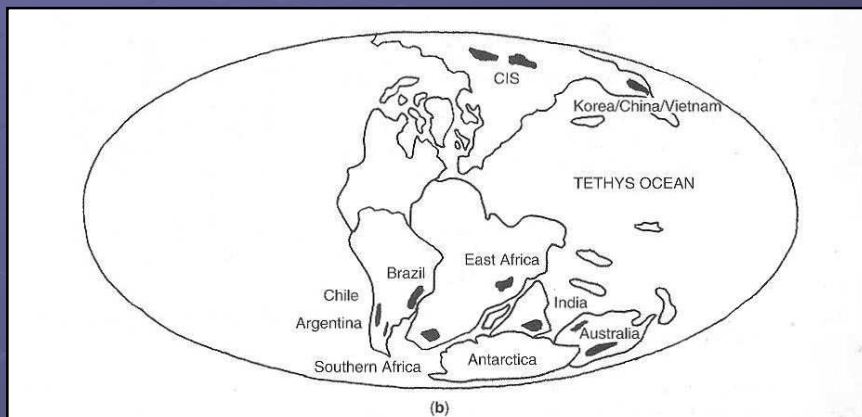


Slide 17

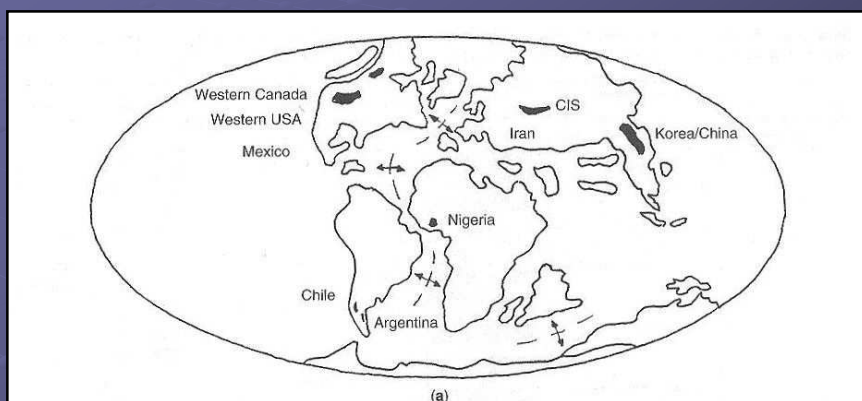
- BS11** Izvor:
Usporedba grančica metasekvoje, taksodijuma i sekvoje – Nikola Pantić: Paleobotanika, Naučna knjiga, Beograd, 1960
Sequoia langsdorfi - http://www.paleontologiaumana.it/id73_m.htm
Sequoia affinis - <http://www.ucmp.berkeley.edu/tertiary/eoc/greenplants.html>
Taxodium cf. distinctum - <http://www.nhm.uio.no/palmus/galleri/montre/a31697.htm>

Bruno Saftic; 4.12.2007.

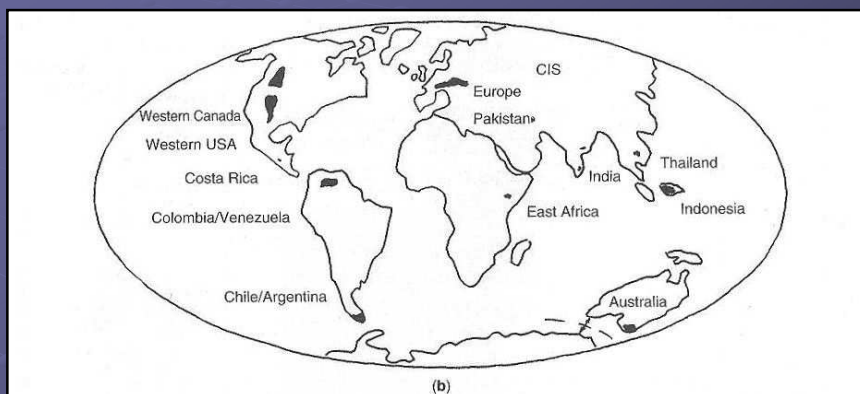
Ugljeni bazeni u permu i trijasu



Ugljeni bazeni u juri i kredi



Ugljeni bazeni u tercijaru



Tercijarna fosilna flora u Hrvatskoj

- **Pc,E – tropska flora**
 - palme, sekvoje, eukaliptusi, lovori
 - *Proteaceae* (kritosjemenjače s kožastim lišćem)
- **OI-M₁ – nastavak Pg flore**
- **M₂₋₄ – subtropska flora i ona umjerenih područja**
 - *Acer, Corylus*
- **Sarmat – tri horizonta**
 - donji – vlažne šume umjerenih područja
 - srednji – vlažne šume sa subtropskim utjecajima
 - gornji – tropske i subtropske biljke
- **M₆ – umjerena klima s tropskim utjecajima**
- **M₇ – umjerena topla klima**
 - *Sequoia, Salix, Populus, Betula, Alnus*

Zaključci

- Istovjetne fosilne flore javljale su se u nas **kasnije** nego u sjevernoj Europi
- Promjena od tropskih do umjerenih oblika odvijala se u više ciklusa ovisno o klimatskim oscilacijama
- Unutar svake fitogeografske zone određenog razdoblja postojala su različita područja
 - bare, močvare, vlažne šume, planinske šume