

Gümnaasiumi bioloogia, IV

Jätkuvalt arenduses

12. jaanuar 2025. a.

Ants Aader

Väike sissejuhatus on joone all¹.

1. Süstemaatika

Sissejuhatus

Süstemaatika on looduse katalogiseerimine, millel kunagi oli lihtsalt ülesanne elusorganisme ära tunda ja nimetada. Põhja-Ameerikas kutsutakse süstemaatikat taksonoomiaks, ehk vanasti olid need sünonüümid. Aga tänapäeval peetakse ka taksonoomiat süstemaatika alaosaks, kus süstemaatika tegeleb looduse elurikkuse ja suhete uurimise ning taksonoomia klassifikatsiooni praktika ja teooriaga.

Mõisted

Liik

Süstemaatikas kõige tähtsam mõiste on **liik**. Vanasti oli liik inimesele äratuntav tüüp elajaid. Nagu jänes, hunt ja karu.

Tänapäeval on **liik omavahel järglasi/lapsi saav isendite kogum (/rühm/-grupp)**.

¹Joonised, mis on P: viitega, asuvad eraldi Pildid_gb4.pdf failis. Sest pilte on palju ja lihtsalt lugemiseks gb4.pdf fail muidu liiga suur.

Takson ja süstemaatika tase

Süstemaatika tase on alluvuse aste süstemaatika tasemete nimekirjas, tabelis 1.1. Tasemete arv on kogu aeg suurenenud. Linné sai hakkama nelja tasemega, riik, selts, perekond ja liik. Edaspidi lisati seltsi ja perekonna vahele sugukond, hiljem lisandusid riik, hõimkond, jne.

Takson on süstemaatika ühik, mille all mõeldakse misiganes taset: (nt. klass, liik, jne.). Sama, mis programmeerijate jaoks viide (pointer), mis võib suvalisele tasemel viidata.

Pikka aega on süstemaatikud püüdnud taksoneid sarnasuse ehk oletatava suguluse järgi loomulikku süsteemi seada.

Fülogeneetiline süstemaatika ehk kladistika

Arvuti tulek võimaldas vigadeta töödelda rohkem andmeid kui unustava inimese pähe mahub, tekkis **Fülogeneetiline süstemaatika** ehk **kladistika**. Süstemaatikutel tekkis mõte panna kõikide uuritavate liikide kohta kõik tunnused kirja ning arvutil lasta saadud andmemaatriksi põhjal liikide omavaheline kaugus välja arvutada.

Väljaarvutatud kaugusi hakati esitama puukujulistel joonistel, mida kutsuti **kladogrammideks**. Äkki võib neid **oksajoonisteks** või siis **puujoonisteks** nimetada?

Koos andmete kogumise ning analüüsimisel saadud mõtetega tekkis vajadus uute mõistete järgi.

Uus tunnus või arenenud tunnus on **apomorf**. Võiks öelda, et need on *tiputunnused* ehk tipud (apomorfid), sest apo, algselt api/epi, on kreeka keeles peal ning o on sidevokaal.

Kui tiputunnust esineb mitmel liigil, siis on tegu **sünapomorfiga** ehk *koostiputunnusega* ehk koostipuga.

Tiputunnuste head näited on imetajate püstikäik (jalad keha all), kuulmeluukesed, karvad ning piimanäärmed. Näiteks roomajatel on veel roomamine (roomakäik, jalad keha küljel), kuulmeluud(e) homoloogid) asuvad (veel) lõualuus ning karvu ega piimanäärmeid polegi.

Pujoonised vajavad esimest puu osa ehk tüve ning sellega tekib matemaatiline probleem — missugune oks on puu juur ehk tekib **juurimise** mõiste. **Juurimisel** võetakse aluseks meelevaldselt (juhuslikult) või meelega üks oks.

Selleks, et puu **juur** tuleks võimalikult ürgne, valitakse teine sarnane ning oletavasti ürgne elusolend **välisrühmaks**.

Puu harude tõlgitsemisega tekkis uus mõiste **oks** ehk **klaad** (oks kr.k.), mis on ühiste esivanematega elupuu haru ning millel **ei** **pea** olema süstemaatilist taset (oksatasemed on tavaliselt rohkem kui kehtivaid süstemaatikatasemeid). Oks näitab nii ühiseid esivanemad ja kui ka monofüleetilist haru.

Seoses puukujuliste jooniste ning seal esitatud põlvnemisega tekib vajadus nimetada homofüleetilisi, parafüleetilisi ja polüfüleetilisi rühmi.

Monofüleetiline rühm on ühest eellasest kõik põlvnevad taksonid.

Parafüleetiline rühm on rühm, millest osa liikmeid on välja arvatud.

Polüfüleetiline rühm on mitmest erinevast eellasest pärinevad liikmed, mis on kokku liidetud nt. tänu analoogilistele tunnustele (erinevat päritolu samalaadne organ koos tunnustega).

Esimesed süsteemid olid polüfüleetilised, sest teadmatult arvestasid elustiili ja eluvormiga. Näiteks tänapäeval on fotosünteesijaid üle kogu elupuu laiali.

- Ainuüksi hapnikuvabu fotosünteesijaid on bakterite seas neljas erinevas harus. Bakterid on tõenäoliselt saanud sama süsteemi horisontaalse geeniülekanega.

- Päristuumsetest on fotosünteesijad
 - punavetikate, liitvetikate ja rohevetikate+taimede harus (kokku ürgplastiidid)
 - **värvikud** - stramenopila (alla neelanud punavetika): pruunvetikad, ränivetikad
 - ja aegunud taksonis **Excavata** (nüüd **Discoba**) - silmviburlased ja veel mõned rohevetika alla neelanud taksonid.
 - Alveolaadid: vaguviburvetikad

Natuke uuemad, aga tänapäeval sisuliselt vanad klassifikatsiooniväed on järgmised:

- kalad on parafüleetiline, sest selle sees on kahepaiksed, mis on eraldi tõstetud;
- kahepaiksed on parafüleetilised, sest selle sees on roomajad;
- roomajad on parafüleetilised, sest selle sees on imetajad ja linnud;
- ürgide domeen on parafüleetiline, sest selle sees on päristuumsed.

Monofüleetiline süstemaatika

Vanasti põhines süstemaatika võrdleval anatoomial ja füsioloogial. Ühel hetkel õppisid inimesed DNA-d **järjendama** (sekveneerima) ning tekkis võimalus hakata võrdlema sama eluvormi esindajaid, mida varem teha ei saanud. Näiteks bakterid on piklikud, kõverad, krüvikujuvulised või niitjad (püsivad üksteise järel koos). Tekkis bakteri ja alamate seente tänapäevane süstemaatika ning nüüd sai hakata juba kõiki elusolendeid paigutama ühisesse elupuu. Süstemaatika hakkas molekulaarsüstemaatika toel püüdlema **monofüleetilise süstemaatika** poole.

Molekulaarsüstemaatika kasutab DNA ja/või valgu järjestust ning ehitab puid nende järjestuste erinevuse alusel arvutatud maatriksi elementide omavahelisest kaugusest.

Seoses DNA- (ja valkude) järjestuste võrdlemisega on välja tulnud, et evolutsiooni kestel on palju rohkem olnud

1. lihtsustumist - organid, organellid kaovad või funktsioonilt vähenevad (reduitseeruvad);
2. endosümbioosi (vt Lynn Margulis);
3. horisontaalset geeniülekanne. (ühelt bakteriliigilt teisele, või nt. sääsele (hemoglobiin!))

Neid protsesse on võrdlevas anatoomias raske märgata (endosümbioos; tugev lihtsustumine/reduitseerumine) või ei saa üldse mingi vahendiga tuvastada (horisontaalne geeniülekanne).

Seega, tänapäeva süstemaatika on mitmetes taksonites (eriti riigid, hõimkonnad) võrreldes 50 aasta taguse seisuga pea peale pööratud.

Taksoni tasemed

Vanasti olid taksonid ülevalt alla järgmised: riik, hõimkond, klass, selts, sugukond, perekond, liik, alamliik, varieteet.

Tänapäeva süstemaatika on üle läinud fülogeneetilise puu toetusele, kus väliselt sarnased, aga päritolult erinevad organismid pole enam koos. Vastupidi, tänapäeval on koos sama päritolu organismid ning väliselt sarnased, enamasti sama eluvormi või elustiili esindajad on paigutatud erinevatesse kohtadesse¹

Kõik suurem süstemaatika muutus on päristuumsete harude ümberjagamine, mis tegelikult pole siia maani lõppenud, sest mitmete harude kohta on endiselt veel väga vähe

¹**Eluvorm** on sarnase ehitusega, näiteks peekrikujulise ehitusega võivad olla nii väikesed taimed, vetikaid kasvatavad korallid ning vetikaid kasvatavad seened - peekrikujulised porosamblikud. **Elustiil** on nt. samalaadse toitumisega organismid — parasiidid, veest toidu filtreerijad, jne.

Linné	u.1900	u. 2000
		maailm (realm)
		Domeen
	Riik	Riik
		Põhikond
	Hõimkond	Hõimkond
Klass	Klass	Klass
Selts	Selts	Selts
	Sugukond	Sugukond
Perekond	Perekond	Perekond
Liik	Liik	Liik
	Alamliik	Alamliik
	Varieteet	
	vorm	

Tabel 1.1: Taksonite tasemed

teada. Eriti kui uusi väga erinevaid, vähemalt oma hõimkonna või lausa riigi tasemel uusi organisme on leitud viimase viie aasta jooksul lausa ridamisi.

Alumisest otsast on viimane tänapäeva tõsiselt võetav tase alamliik, varieteeti enam ei peeta oluliseks. Rääkimata tõugudest, mis on olulised ainult inimesele, inimese kasvatatavatel liikidel. Samas, veel 100 aastat tagasi kirjeldasid süstemaatikud väga tõsimeeli sadu vorme (lad.k. *forma*).

Üks kõikidele arusaadav näide on

- imetajad esitatakse viimasena, enne linde, aga linnud on evolutsiooniliselt nooremad ja paremini arenenud kui imetajad (
 - närvirakud tarbivad kolm korda vähem glükoosi;
 - metabolism on kiirem - kehatemperatuur on 37° asemel 42°;
 - kahekordne hingamine (kopsud + õhukotid), jne.
- kogu selgroogsete süstemaatika on parafüleetiline²
 - lihasuimsetest kaladest on arenenud kahepaiksed, mis on eraldi;
 - kahepaiksetest on arenenud nelijalgset, millest on tekkinud lausa kolm haru:
 - * roomajad,
 - * imetajad
 - * ja linnud.

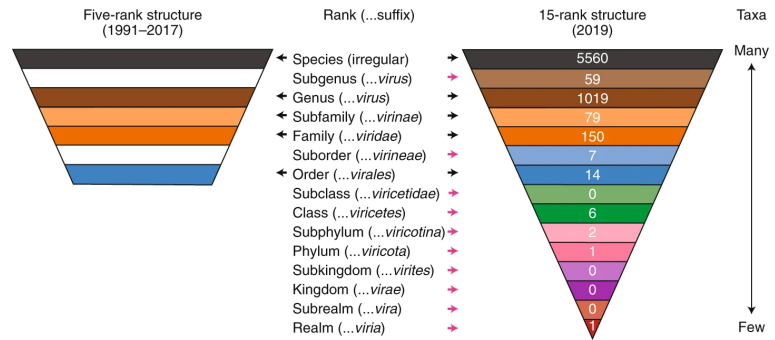
Kolm domeeni

Ribosomaalse RNA võrdlemine tuvastas probleemi, et bakterid jagunevad kaheks - lihtsalt bakterid ja ürgid (vt. Laivõrgust Carl Woese, 1977, 1990).

Sellega tekkis kolme domeeni süsteem, mis aga tänase teadmise kohaselt lonkab ühte jalga, nimelt ürgide rühm on parafüleetiline - selle üks haru on päristuumsed.

²Parafüleetilisus, vaata **Klassifikatsioon**.

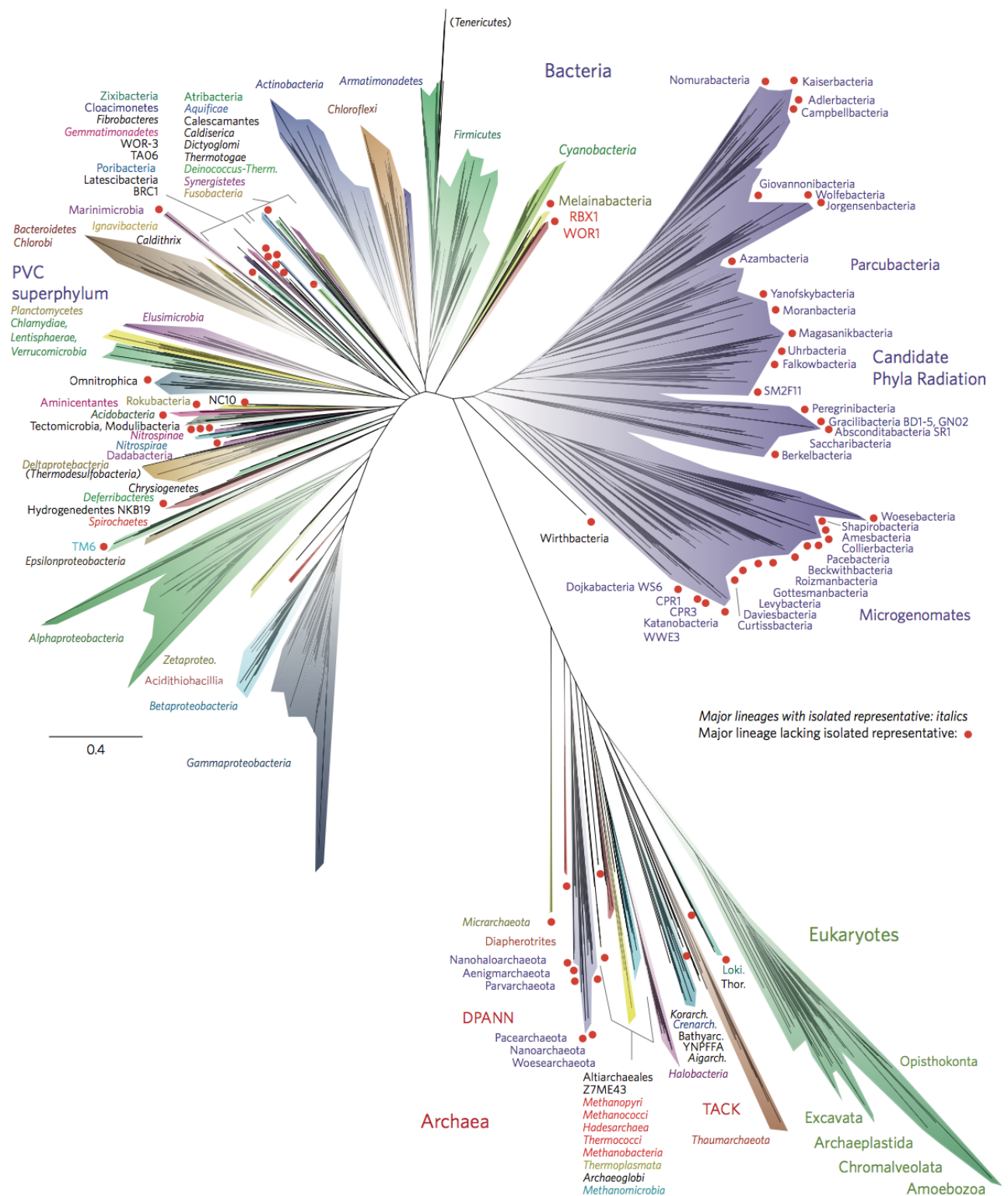
Näitlik pilt (joonis 1.1), kuidas viiruste süstemaatika on muutunud, varjab tegelikult endas seda, et viirused olid teiste suurüksuste sees ning neil polnud kõrgtaksonites kohti eraldatud...



Joonis 1.1: Viiruste tasemete muutus.

https://en.wikipedia.org/wiki/File:A_Novel_Representation_Of_The_Tree_Of_Life.png

Joonisel 1.2 on näha elupuu kolm suurt oksa: vasakul pool on bakterid, paremal pool on hüpoteetiline hõimkonnaharu, mille esindajaid pole õnnestunud kultuuris kasvatada ning kindlaks on tehtud ainult keskkonna DNA-d ja RNA-d sekveneerides (joonisel punased täpid). Alumine haru on ürgid, mille sees on päristuumsed (eukarüoodid).

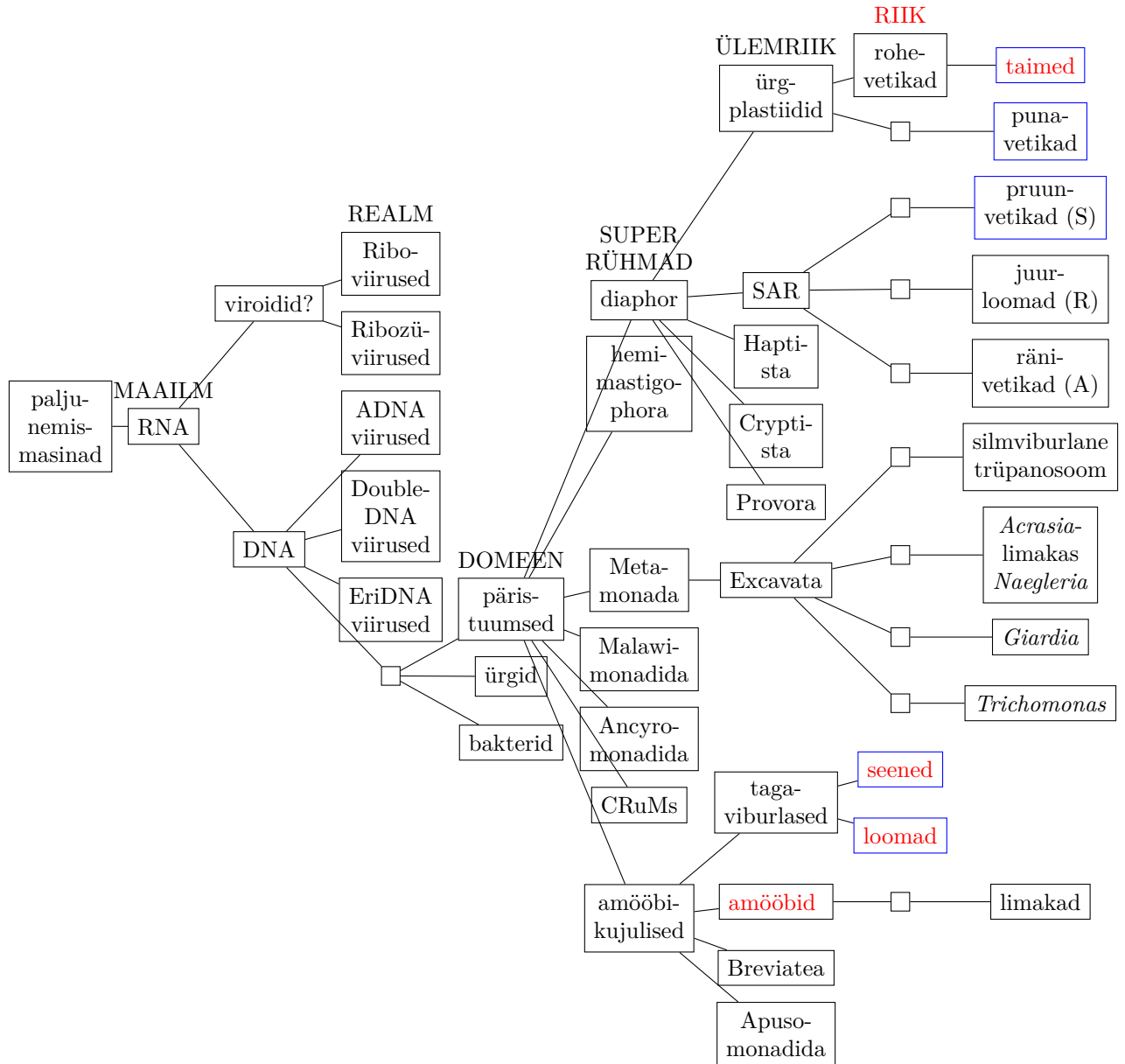


Joonis 1.2: Elupuu, 2018.

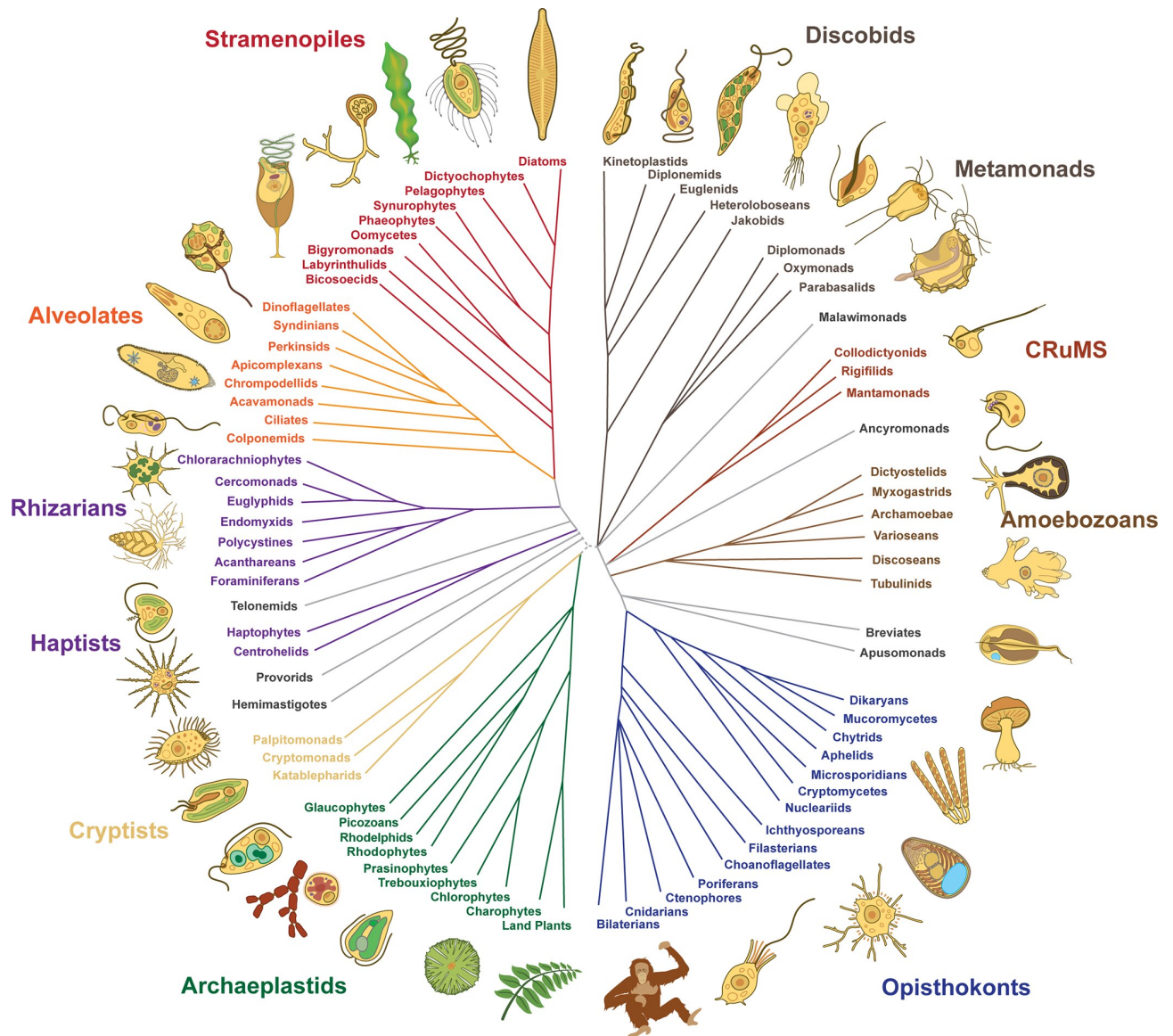
https://en.wikipedia.org/wiki/File:A_Novel_Representation_Of_The_Tree_Of_Life.png

Ülemriigid, riigid, hõimkonnad

Joonise 1.3, kokkuvõte on skeemil. Punane täht on riik, sinine kast on hulkraksus. Kümme-kond aastat vanemad joonised koos ühtlustatud tasemetega on järgmisel skeemil. Siinkohal on domeenid natuke vanamoelise (10-15 aasta tagused) arusaamaga, riigid viimase viie aasta arusaamaga.



Joonis 1.3: Kõrgsüsteematika riikide ja hõimkondadeni. Viimane uudis, päristuumsete harud on näha joonisel 1.4.



Joonis 1.4: Päristuumsete fülogeneesipuu, 2023.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Eukaryote>

2. Evolutsioon

Evolutsiooniürijad

- Vana-Kreeka: Empedokles, Anaximandros: loomad võisid areneda.
- Platon + Aristoteles: liigid on täisliku vormi koopiad (ja ei arene, ei muutu). Theophrastos (pole seisukohta).
- Prantsuse loodusuurija Buffon, 44 köidet, kahtles, kas Maa on 6000 aastat vana.

- Rootslane Karl Linne (*Carolus Linnaeus*), märkas taimede ristumist, aga määratles, et liigid ei muutu. Kahese nimetuse populariseerija (mitte leiutaja!).
- Lamarck: elu jooksul organismi muutused päranduvad.
- Cuvier: loodi väga palju liike, osa hävisid. Tõestas liikide väljasuremise.
- Alfred Wallace, Charles Darwin. Wallace valminud artiklit hoiti nii kaua kinni, kuni Darwin kirjutas ruttu - mitme aasta jooksul, oma raamatu valmis.
Viisakas on viidata kui Wallace-Darwini evolutsiooniteooriale.
- Ernst Mayr, liigi määratlus (rühm viljakaid lapsi saavaid isendeid). Rõhutas seda, et geograafiline erinevus on põhjuseks liigitekked.
- Lynn Margulis, väitis, et mitokonder ja kloroplast on vastavalt endine alfa-proteobakter ja sinivetikas (tsüanobakter). Aga ka, et viburid on endised bakterid (sest neil on keeruline ehitus). Tänapäeval on näidatud, et viburid on pärit III või IV tüüpi membraanivalkudest.
- Carl Woese, kolme domeeni hüpotees (bakterid, ürgid, päristuumsed)
- Eugene Koonin, bioinformaatik, teemad: automaatne geenide annoteerimine, molekulide evolutsioon, Äkki leidis tema - päristuumsed polümeraasid on viiruste käest.

Evolutsiooni tasemed

Evolutsioon toimib mitmel tasemel korraga.

Organismide muutumine toimub informatsiooni muutumisena DNA-tasemel, **genotüübi** tasemel, aga tagasiside toimub **fenotüübi** tasemel, kus tagasiside toimib läbi konkurentsi ja keskkonna (ökoloogia).

*Konkurents on uuem mõiste Darwini ja Wallace'i **olelusvõitlusele***

Genotüüp on nt. inimese silmavärvust määravad sinised ja pruunid alleelide esinemine; fenotüüp on siniste või pruunide silmadega isend.

Sellel DNA-tasemel muutumisel on erandid - epigeneetika pärandab keskkonna mõjud vanema DNA-le ka väga väikeses ulatuses F1-põlvkonnale ehk lapsele.

Sealhulgas ainult suurorganisme tundva inimese jaoks on DNA muutumine ainult läbi põlvkondade, aga pisiorganismid vahetavad ühe põlvkonna ajal üksteisega DNA-d (enamasti bakterid, aga ka viiruste vahendatud DNA muutmised, aga täiesti eraldiseisvad on ürgid, kellel paistab puuduvat igasugune piirang, kellega nad omavahel DNA-d vahetavad - siit ka ürgide liigimahu ja liigimääratluse probleemid.

Joonis, kus DNA muutumist (ühelt põlvkonnast järgmisesse) filtreerivad konkurents ja keskkonna juhuslikkus.

Mis on liik?

Lihtsaim seletus on järgmine. **Liik on omavahel järglasi/lapsi saav isendite kogum (/rühm/grupp).**

Kui kaks isendit omavahel viljakat (fertiilset) järglast ei saa, on nad ligilähedasest, aga siiski erinevast liigist (järglane on steriilne). See on **bioloogilise liigi** definitsioon.

Seda ei saa kasutada siis, kui isendeid ei õnnestu ristata. Väikeorganismide puhul: kui kultuuris kasvatada ei saa, ei õnnestu bioloogilise liigi definitsiooni kontrollida - ei õnnestu ristumist kontrollida.

Bioloogilist liiki ei saa kasutada vähemalt järgmiste organismide korral:

1. klonaalsed organismid (bakterid,
 2. mitmed klonaalsed taimed (apomiktilised), ka vegetatiivselt (risoomidega, kaenlapungadega) paljunevad taimed
 3. vegetatiivselt paljunevad seened (vanasti prügikast: *Deuteromycota*))
- Seetõttu on palju erinevaid liigi definitsioone (määratlusi).

Liigiteke

1. Morfoloogiline (feenid¹ on sarnased) ja geneetiline (geenijärjestus on sarnane) sarnasus. Siiski öeldakse, fenotüüp on sarnane.
2. Geograafiline isolatsioon
 - Allopatriline (allo = kr.k. teine). Mäestik, jõgi, meri vahel.
 - Peripatriline (peri = kr.k. ümber). Väljaränne, asutajaefekt. Inimese Aafrikast väljaränne, Põhja-Ameerikasse sissetõu. Denisova inimene (kuni 6Polüneesias).
 - Parapatriline (para = kr.k. kõrval). Küljetsi kokkupuutuvad populatsioonid.
 - Ringliik: tihased, varblased, London, Pariis, Kopenhaagen, Tallinn, Moskva, Vladivostok.
 - Sümpatriline (sün -> süm = kr.k. koos). Tekib mittegeograafilisel põhjusel eristumine. Heintaimed Aafrika savannides.
3. Bioloogiline isolatsioon
 - (a) ajaline (aastaaeg, kellaaeg; sessoon, diurnaalne);
 - (b) käitumuslik (varesed ja hakid);
 - (c) mehaaniline (suguelundid ei sobi: eriti putukad). Kuni isegi erinevate seltside putukad ronivad üksteisele selga, aga sellest on vähe.
 - (d) geneetiline: kromosoomide arv.

Liigitekke põhjused, valik

1. Stabiliseeriv valik (hea ökonišš), sobiva koha (toit, vaenlaste puudumine) leidnud organismid säilitavad kuju, omadused; võivad sisemiselt edasi areneda, AGA võivad ka lihtsustuda
2. Suunav valik, keskkond muutub: kliima aeglaselt jaheneb, soojeneb, muutub niiskemaks, kuivemaks.
3. Lõhestav valik, kaks erinevat substraati, territoorium muutub
4. Suguline valik (gorilla ja mehe selg) Erksad karvad ja suled.
5. Suured ja keerukad geoloogilised sündmused
 - Vahtrate ja tammede Põhja-Ameerika ja Euroopa erinevus: suurepärane geograafilise liigi eristumine:
 - Põhja-Ameerikas ja vahtrate ja tammede liike üle 40-50.
 - Lääne-Euroopas on kümnekond, aga Skandinaavias ja Baltikumis ainult 2,3,(4). MIKS?
 - Põhja-Ameerikas ja mäed Põhjast Lõunasse, Euroopas risti - Läänest-Itta.

¹geenid on genotüübi tasemel — geene ei näe; feenid on fenotüübi tasemel — mida me näeme

Fossiilid

- merisiilikud, 450 Mat, Ordoviitsiumist, merikurkide sugulased. Täiskasvanud viieli-, vastsed kahelisümmeetriaga;
- tuatara (Uus-Meremaal), 250 Mat, selts kärsspealised, mitte soomuselised (kus ka sisalikulised). Neil veel pealael alles kolmas silm, mis teistel on migreerunud sügavale sisse ajju, kus reguleerib ööpäevaseid rütme ning kõigusoojastel temperatuuri, inimesel on see käbikeha. Ka sisalikel (aga mitte madudel) reageerib „kolmas silm” päikese eest varjutamisele;
- hõlmikpuu, 170 Mat. Paljasseemne hõimkonna taim, millel on veel paljude viburitega „spermatosoidid”;
- metasekvoia, vähemalt 150 Mat, küpressiline. Kõigepealt leiti kivistitest, hiljem Hiinast;
- latimeeria, vihtuimne, vähemalt 150 Mat, hilisest Juurast. Emased sünnitavad, võimelised toidupuudusel suikunne jääma. India ookeanis.

Konkurents valib paremad välja - Wallace'i-Darwini olelusvõitlus

Olelusvõitlus ja looduslik valik on Darwini ja Wallace'i mõisted. Tänapäeval on mõistlik kasutada mõistet **konkurents**.

Liigisisene konkurents

Konkurents on nii otsene kui kaudne nii liigisiselt kui ka liigi üleselt - liikide vaheline.

Konkurents populatsiooni sees.

1. Otsene, füüsiline konkurents - kaklus, vigastamine, ärasöömine.
2. Ühe liigi isendid konkureerivad
 - (a) sama **toidu**,
 - (b) sama **territooriumi** peale, sama **vastassugupoole** peale. Paljudel seentel on neli sugu (sest on kaks sõltumatut sugufaktorit).
3. Handid: ainult domineeriv emane saab kutsikad, kui on toidupuudus. Kui saaki on palju, saavad kõik sigimisvõimelised emased kutsikaid.
4. Tundras hiirepissi hulga kohta teeb kulline hinnangu (hiirepissi on näha UV-valguses, mida lind näeb, aga inimene ei näe) ja kurna suurus tuleb vastavalt hiirepissi rohkusele.
5. Spermatosoidid konkureerivad selle nimel, kes kinnitub munaraku külge. Munarakk valib, kellel ta laseb kinnituda (varasemalt seda ei teatud).

Liikide vaheline konkurents

Ka liigisisene konkurents on nii otsene kui kaudne.

Otsene

Kaklus, vigastamine, ärasöömine.

Kaudne, ressurside peale

1. geograafia ja ökoloogia: elupaiga konkurents

2. toidu peale konkurents suured ja väikesed kiskjad on üksteise suhtes nii, et toidulaual otsest kokkupuudet pole.
3. ka putukatel on sarnaste toiduobjektide peale kiskja-putukate vaheline erinevus kuldloike suhtega (valem 2.1)

$$\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,618 \quad (2.1)$$

4. elukaaslaste/paaritumiskaaslaste peale konkurents

Konkurents majanduses on väga sarnane looduse konkurentsiga

1. allikas ostetakse ära - (Apple Inc. ostis kogu turu tühjaks ning kasutas seda Ipodides) 1,8" kettad, Kaevandused ostetakse ära;
2. transport ostetakse ära, pannakse kinni; allikatarned lõigatakse läbi;
3. müügikohad võetakse üle - üür, geograafiliselt strateegiline koht.

Kohastumine ja kohanemine (Lamarckism)

Isend oma elu jooksul **kohaneb**. Isendi areng on ontogenees.

Isendite tütarpõlvkonnad võivad olla suunatud valiku ja konkurentsiga tõttu (kui see reaalselt toimib - konkurentsieelisega inimesed saavad rohkem lapsi) järjest enam mingis positiivses suunas, see nähtus on **kohastumine**.

Rasvumine

Kohastumine uues olukorras võib segada (rasvade kogumine). Vanasti oli hästi rasvakoguvatel inimestel eelis, mis aitas nälja ajal ellu jääda. Tänapäeval on toidukülluses hästi rasvaladustaval inimesel puudus, sest vähese füüsilise aktiivsusega inimestel koguneb liigne rasv, millest tulenevad järgmised tüüpilised rasvuvate loomade haigused - südameveresoonkonna, diabeedi haigused.

Endeemid

Endeemid on geograafilisse lõksu jäänud liigid või populatsiooni sees eristunud populatsioon, mis *süsteemaaikute arvates* väärivad eraldi liigitaset.

- Madagaskar (nt leemurid), Austraalia (elustik), Uus-Meremaa (elustik), Hawaii, Galapagos (vintide, kilpkonnade, sisalike liigid)
- üks liik Saaremaal - Saaremaa robirohi
- väike kääbusmammut Põhja-Jäämere saarel.

Terve elustik võib olla endeemiline - Madagaskar, Austraalia, Uus-Meremaa

Geenitriiv ja geenivool, genofond

Genofond

Genofond on ühe liigi kõikide isendite alleelide kogum. Pudelikael räsib genofondi piisavalt, et liik võib geneetiliste haiguste tõttu konkurentsiga hääduda.

- Mammutid
 - Neanderi inimesed (ka Denisova inimesed)
- Triivimine on sageduste juhuslik muutumine (stohhastiline).
Vool on isendite liikumine, populatsioonide vahel.

Geenivool

Inimese näide.

1. tänapäeva Euroopasse tulevad uued geenid (Aasiast, Aafrikast),
2. Põhja-Ameerikasse 1) eurooplaste laine; 2) kaasatoodud aafriklaste laine.
 - Kes on süüdi - Aafrika pealikud müüsid orju valgetele ärikatele.
 - Kas keegi kujutab ette, et Nigeeriast pärit parimate sprinterite geenidega inimesi saab joostes kätte?
 - (Parimad pikamaajooksad on pärit Keenia ja Etioopia aladelt, kus külades oli kombeks (pikamaajooksu) võistlusi korraldada ning auhinnaks sai võitja kõigi külanaistega seksida.)

Geenitriiv

- Soome põtradel, aga üldse Euroopa kitsedel, hirvedel — kühvelsarveliste sarved on losside seintel, aga mitte enam looduses. Looduses on ainult pulksarvelised. Kes on süüdi - ülikud! Ülikud tapsid kühvelsarvelised populatsioonid.
- Siberi hundid - venelased hakkasid helikopteritel hunte jälitama. Ellu jäid need hundid, kes helikopterit nähes maha viskusid ja surnut teesklesid (liikumatu looma on raskem märgata).

Pudelikaela efekt

Pudelikaela efekt tekib, kui populatsioonmahu jääb teatud põhjustel alla isendide arvu, mida hinnatakse liigi genofondi veel säilitavaks.

Hinnangud on erinevad.

- Terve liik võib väheneda 2000 - 3000 isendini, ilma olulise pudelikaela efektita.
- Alates 1000-st isendist ja vähem hakkab püsiva piiri juures püsimisega genofond vähenema.
- 500 - 800 (1000) isendi korral toimub populatsioonis retsessiivsete haiguste tõus, kerge kuni keskmine pudelikaela efekt.
- Ligikaudu 500 - 100 isendiga populatsioon on geneetiliselt tugeva genofondi kahane-misega, esineb tugev pudelikaela efekt.
- Alla 100 isendiga populatsioonid on surevate liikide riismed.

Ellu jääb üliväike populatsioon, kui see kiirelt taastub, AGA genofond on jäänud üliväikeseks, nii palju kui ellujäänud isenditel alleele oli. Kui ellujäänute suhtes toimus suunav valik, siis sama liigi nime all on ellu jäänud on kõik ühes suunas oluliselt erinevad, seega nüüd eksisteerib natuke teistsugune liik.

Mõned näited

- Väidetavalt on ellu geparditel ellu jäänud haigete hammastega tiine emane.
- Inimestel on (tänapäeva säilinud liinide põhjal) olnud 700 - 800 000 a. tagasi erinevatel hinnanguliselt 100 - 1000 isendi pudelikael.

- Neanderi inimestel oli enne pikka väljasuremist tugev pudelikael, ühes rühmas oli 3-13 isendit, lapsi said sugulased.
-

Rajaja efekt

Rajaja efekt tekib, kui uude geograafilisse paika liigub väga väike populatsioon,

Näited

- Tänapäeva Hiina aladelt Põhja-Ameerikasse liikunud inimestel oli ainult 0-vererühm. Seetõttu tänapäeva Põhja-Ameerika põliselanikel (indiaandlastel) pole A,B,AB vererühmi.
- Soomlased on geneetiliselt vähevarieeruvad, sest soome asustustele panid aluse Kirde-Eestist Häme maakonda välja rännanud mehed. Seetõttu on ka Häme keel tugeva Kirde-Eesti murde alusega (substraatiga). (Kultuuri on soomlased üle võtnud karjalaste käest (Kalevala eepose põhimaterjal põhineb Karjala rahvalaulude ainesel). Samas, karjala keel on tänu Vene Impeeriumi Karjala tükeldamisele enamvähem hävinud.)

Tuleb ka lisada, et rajaja efekti vaikimisi peetakse (ainult) ühe liigi sisemiseks efektiks, aga teatud laiemas mõttes esineb sama nähtus väljasuremisel, kus tervetest (hõimkondadest,) klassidest, seltsidest, sugukondadest või perekondadest jäävad ellu vaid mõned üksikud liigid.

Makroevolutsioon

Makroevolutsioonil tuleb selgeks teha kaks taset: muutused toimuvad DNA (geenide) tasemel, tagasisidestav valik on geenide tasemel. Kõik makroevolutsioonilised hüpped, kvalitatiivselt uued omadused —

- seemne tekkimine eostaimede ellastel;
- õie tekkimine paljasseemnetaimedel;

on tekkinud (isegi mitmete järjestikuste) genoomi kordistuste tõttu.

Kui kõikidest geenidest on lisa- või nt. kolmekordne lisakoopia, siis koopiad saavad võimaluse funktsioonide muutmiseks. Kõige esimene koopia (tegelikult suvaline neist kahest või neljast) muutumine on väike (evolutsioon on aeglane), sest koopia lihtsalt peab töötama.

(Duplikatsiooni) sündmuse ajal räägitakse koopias, peale sündmust räägitakse alleelidest, mõte jääb samaks, vaatenurk on erinev.

Eriti suured evolutsioonihüpped toimuvad lülite arengu tulemusena, mitte struktuurivalkude (ehitus) tulemusena. Sest lülid on muutumine on mõjusam — nad lülitavad sisse/välja terveid biosünteesi/lagu/metabolismi ahelaid.

Makroevolutsiooni kestel toimuvad järgmised protsessid.

Tegelik evolutsioon on DNA-tasemel:

- geenimuutused (SNP), genoomimuutused. Mõlemas duplikatsioonid, deletsioonid.
- makroevolutsioonis eeskätt valkude funktsiooni muutumine (hemoglobiin, klorofüll);
- regulaatorjärjestuste muutumine, sisse-välja lülitavad järjestused (äädikakärbsel silmad jalgadel).

Tagasiside ehk looduslik valik, mida vanasti uurijad tähele panid.

- adaptiivne radiatsioon - lehvikareng
- eristumine

- Mitmekesisistumine
adaptiivne radiatsioon - lehvikareng (vabanev või uus ökonišš); Galapagose saared, uued mandrid. Väljasuremise käigus tekivad uued vabad ökoniššid.
- Täiustumine (krokodilli rõhuandurid = mustad täpid nahal);
Kingloomal ja Giardial kaks tuuma;
- Lihtsustumine: parasiidid (lameussid, rakusisesed parasiidid).
- Väljasuremine (kliimamuutused + spetsialistid, aga ka kahepaiksete ja roomajate sugu).
spetsialistid ja generalistid.

Evolutsiooni uurimine

- Võrdlev anatoomia
- Fülogeneesipuud (harjutused!). Bioinformaatika -> (kogu arvutibioloogia, nii fülogeneesipuud valkude modelleerimine (valkude kristalliseerimine on eraldi) biomehhaanika (sport, filmid, robotid) andmekaeve (annoteerimine)
- Geeni-, DNA, RNA- valgupuud. Bioloogiline andmekaevandus - DNA-annoteerimine. Biosünteesiradade koostamine. -> lähtematerjal biotehnoloogiaks.
- Analoogiline, homoloogiline elund. Analoogiline, erinevat päritolu, erineval organismil, sama funktsiooniga: tiib: linnul, nahkhiirel (võrreldes putukaga), putukal, jalg: kõhtjalgse jalg; putukajalg, sisaliku kuni imetaja ja linu jalg
- Homoloogiline esijäse: inimese käsi, linnutiib, nahkhiire tiib, vaala esimene paar uimi

Populatsioonigeneetika

P.Hõrak, lindude immunogeenid; huntide, karude uurimine)

1. Tihased saavad palju vallaslapsi, sest emased isendid meelsasti seksivad „läbiastuvate” isastega. Võrdle luikedega.
2. Näljased hundid käivad Peipsi tagant Eestimaale. (Kui on nälg, tulevad rohkem. II Maailmasõda, natuke peale 1991.a.) Piiräärsed elanikud tõid neil aegadel koerad tuppa, sest hundid sõid koerad ära.
3. Karudel kolm alapopulatsiooni, mis omavahel suhtlevad. Alutaguse; Lõuna-Eesti; Kesk- ja Lääne-Eesti.
4. inimesed: Aafrikas on väga erinevad inimesed, Võrreldes Aafrika inimestega on kogu ülejäänud maailma inimesed geneetiliselt väga homogeensed.

Evolutsiooniline ökoloogia

- mida sõid mammutid? Sõid suuri, mahlakaid taimi; peale kliimajahenemist kolis tundra mammutite juurde; tundra peenikestest kõrrelistest ei piisanud mammutite söögiks, surid välja.
- inimesed: metsade vähenesid, tulid savannid. Šimpansid jäid metsa, inimesed (metsast visati välja) kolisid savanni.
- kogu väljasuremiste tagajärjede uurimine on evolutsiooniline ökoloogia
- Kriidi jooksul õistaimed sujuvalt vallutasid ökonišše.
- Jääd polnud, metsad ulatusid poolusteni. (Vabad ökoniššid)
- Välja surid mittelendavad dinod, pterosaurused ja suured meresisalikud.

- Varem olid väljas surnud ihtüosaurused, temnospondyls ja mittemammaalidest künodondid.
- Alles jäid kõigesööjad, putukasööjad ja raipesööjad.
- Alles ei jäänud puhtaid liha- või taimtoidulisi.

Kuidas evolutsiooni uuritakse

Evolutsiooni uurimine on fülogeneesi kindlaks tegemine. Sõnastame võõrsõna - fülogenees kui eluareng laias tähenduses, ehk Elu Areng kogu Maa ajaloo ja pikema aja jooksul. Juhul, kui Elu tagantjärele osutub vanemaks kui Maa.

Ontogenees on ühe isendi areng alates esimesest rakust kuni kõikide rakkude ärasuremiseni².

Vanasti olid Elu Arengu uurimismeetodid võrdlev anatoomia ja kivististe uurimine.

Tänapäeval on organismide DNA ja RNA järjestamine (sekveneerimine) ning nende alusel eluarengupuude ehitamine.

Enamasti näitab okse omavaheline kaugus Eluarengus olnud ajalist erinevust. Aga see eeldab, et DNA ja RNA muutub aja jooksul ühtlase kiirusega ning seda nähtust kutsutakse molekulaarseks kellaks.

Elu Arengu uurimise metoodika ja arvutiprogrammid

Paljud evolutsiooniprogrammid on väga lihtsalt kasutatavad.

Elu Arengu uurimise meetod on järgmine:

1. valitakse küsimus või kui küsimus juba on, otsitakse selle küsimuse lahendamiseks sobivad organismid.
2. laetakse geenipangast huvitavate organismide järjestused alla; (ja järjestused pannakse ühte andmefaili vastavasse formaati)
3. järjestused joondatakse sarnasuste alusel (*alignment*);
4. Joondatud järjestuste põhjal arvutatakse evolutsiooniline kaugus. See on ühikuta suurus.
5. Kui kasutatakse evolutsioonilise kella meetodit, on võimalik hinnata ka elupuu okste suhtelist vanust, eriti kui seda toetavad ka kivististe andmed.

Nüüd pikemalt ja üksikasjalikumalt.

meetod	arvutiprogramm
järjestused	genbank
kõrvutamine, joondamine	clustalw
erinevusmaatriksi arvutamine	phylip
visualiseerimine	julias *, R-is *

Tabel 2.1: Evolutsiooni uurimise metoodika

Eluarengupuude ehitamise juures võivad olla ka matemaatilised probleemid, nt. digitaalse elupuu okste pikkus sõltub kaasnevate okste muutumise kiirusest. Nt. pikkade okste probleem on nummeeriliselt ülepaisutatud — natuke kiiremini või rohkem arenenud oksad arvutatakse palju pikemaks, kui tegelikult on.

²Ühe hulkrakse isendi juures on ka teine nähtus - programmeritud rakusurm (ehk aptoptoos), ehk nende rakkude surm, kes jäävad arengus ette - nad peaksid seal vahelt ära kaduma, nagu sõrmede vahelised rakud.

Evolutsiooni uurimise praktilised küljed

Haiguste analüüsil on evolutsioonist kasu, sest sugulusorganismid kasutavad samu või sarnaseid protsesse. Neid teades on võimalik kahjurite ja parasiitide vastu kergem võidelda. Nt. bakterite vastu võideldakse bakteriseina lahustavate ainetega; bakteri translatsiooni, replikatsiooni segavate ainetega.

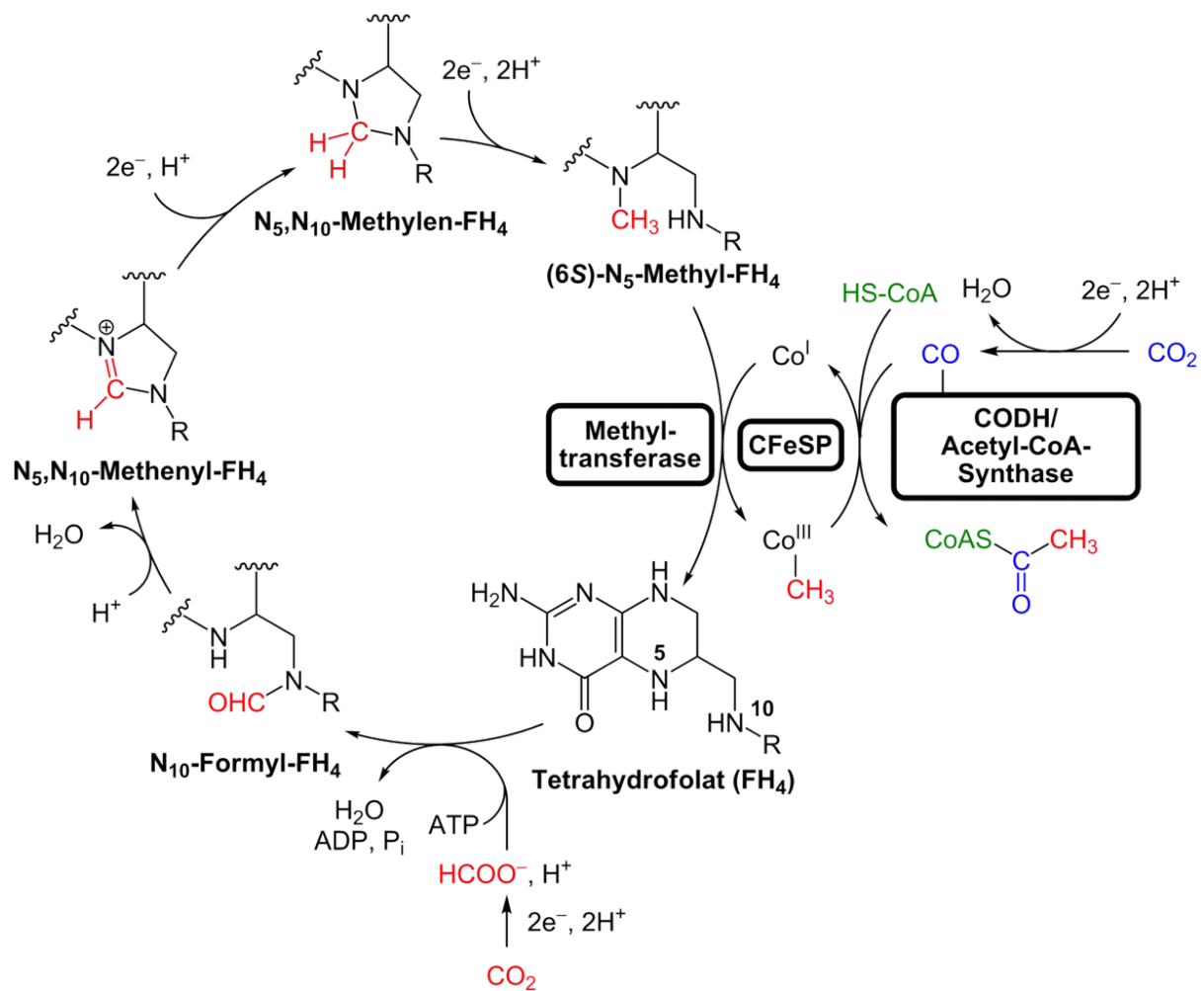
Elu versioonid

Hakatuses tuleb öelda, et Elu määratlemine ja piiri tõmbamine on tänapäeval suhteliselt mõtetu, sest pole mitte ühtegi selget tunnust, kuhu tõmmata piir. Eriti huvitav on seda uurida, sest pole ühtegi tunnust, mille alusel väita, missugune molekul on elus ja missugune mitte.

Küll aga võib üldistada Elu avaldumise vorme sellega, et neid võib versioneerida. Kõigepealt lihtne elu, siis keerulisem ning kõige lõpuks senine kõige keerulisem (tabel 2.2). Lihtne, aga parandamist vajav versioon on alljärgnev.

I	Tsüklilised ühendid	nende teke vulkaanilistes või sarnastes tingimustes; tekivad nii asteroididel (<i>Üsna elutu, kas pole?!</i>) kui ka planeetidel.
II	(Katalüüsimata) kompleksed reaktsioonirajad	Kuumaveallikates ookeanide põhjas on vajalike ioonide kontsentratsioon kogu aeg kõrge (<i>tegemist on enamvähem samade reaktsioonidega, mis toimuvad väga lihtsatel organismidel, aga need pole katalüüsitud - ehk neid ei kiirendata - tänapäeval kiirendavad ensüümid reaktsioone tuhandeid kuni miljoneid kordi</i>)
III	Ennast paljundavad kompleksid	Nimetatakse ka RNA-maailmaks . Selle oluline sammu on polümeraasid. On võimalik, et sel etapil olid olemas viirused või viiruste kaasaegsed (keda enam pole), aga veel mitte teisi. Sellest ajast on jäänud polümeraas, mille kohta on artikkel, et tänapäeva polümeraasid pärinevad viirustelt. RNA- ajastu läks sujuvalt üle RNA+DNA-ajastuks - DNA sobib info säilitamiseks paremini. RNA-viirustest kuni DNA viirusteni, neist keerukamatel on polümeraasid (kel pole, äkki on nad lihtsustunud?):
IV	Kaksikmembraan → rakuline eluvorm	membraanide teke tekitab võimaluse moodustada teistsuguse sisekekkonnaga lahust.
V	Rakuline eluvorm	DNA-põhine autonoomne maailm: LUCA (Wood-Ljungdahl või reduktiivne atsetüül-CoA rada). anaeroobne ehk hapnik on mürgine
VI	Aeroobne elu	maailm tekkis tänu sinivetikate hapnikku tootva fotosünteesile, Hapnikku hingavad organismid on võimsamad, sest hapnik annab rohkem energiat kui nt. H ₂ , H ₂ S, S, jne.
VII	Päristuumused	organismi teke. Lineaarne genoom võimaldab salvestada rohkem geneetilist infot. Ümmargusel bakterigenoomil on infopiiirangud - ümmargust genoomi on ruumiliselt raskem kokku pakkida ja see genoom peab bakterisse ära mahtuma.
IX	Hulkraksus	Päristuumsete hulkraksus JA bakterite sotsiaalne eluviis. Hulkraksusele eelneb sotsiaalsus. Ka hulkraksetel on mitu taset, kus hakatuses rakud võivad oma saatust muuta (käsna), kuni selleni, et enam ei saa.

Tabel 2.2: Elu versioonid/etapid



Joonis 2.1: Reduktiivne Atsetüül-CoA rada

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Reduktiver_Acetyl-CoA-Weg.png

3. Maa teke, elu algus ning areng

Maa aja perioodid

Maa ajalugu jagatakse neljaks eoniks (tabel 3.1), kus eon ($\alpha\omega\nu$) tähendab Maa ajaloos kõige pikemat ajaüksust¹.

¹Eoon on eluiga kreeka keeles, Kosmose elutsükel sanskriti keeles

Eoon	võõrnimi	nime päritolu	märkused
põrgueoon	Hadaikum	Hades (kreeka mütoloogia allmaailma jumal)	Maa algusest kuni Maa koore jahatumiseni, kristalle polnud
ürgeoon	arhaikum	arhe - ürgne	Maa koore tekkest (mineraalide kristalliseerumisest) kuni Suure hapniku Sündmuseni

agueoon	proterosoikum	eelmine + elu ($\zeta\omega\eta$). Vrdl. $\zeta\omega\omega\nu$ - loom	Suure Hapniku Sündmusest enne Kambriumini
nähtav-eoon	fanerosoikum	$\phi\alpha\nu\epsilon\rho\sigma$ - nähtav, palju	Kambriumist alates (vanasti arvasi, et nüüd hakkas elu)

Tabel 3.1: Eoonid

Bioloogide jaoks on oluline viimase eooni kolmeks jagunemine (tabel 3.2: vana-, kesk- ja uusaegkond), aga samas hulkrakne elu on juba olemas ka eelneval vähemalt kolmel agueooni ajastul:

Aegkond	olulised ajastud
	Ton, Krüogeen, Ediacara
Vanaaegkond	Kambrium, Ordiviitsium, Silur, Devon, Karbon, Perm
Keskaegkond	Triias, Juura, Kriit
Uusaegkond	Paleogeen, Neogeen, Kvaternaar

Tabel 3.2: Ajastud

Maa arengu suurimad astronoomilised, geoloogilised ja bioloogilised mõjutajad

Väga pika aja jooksul ja laias laastus on olulised astronoomilised ja geoloogilised protsessid, mida lühema ajalise lõigu korral ei pane tähele:

- Maa on võrdlemisi kerge ja kergemad ühendid lenduvad Kosmosesse
 - Kohe lendusid vesinik ja hiljem heelium
 - pikema aja (miljardeid aastaid) jooksul on vee vähenemine märgatav - Maailmameri kuivab ära - Maast kergemal Marsil oli vesi ainult ligikaudu 100 miljonit aastat, oluliselt raskemal Veenusel ligikaudu üks miljard aastat.
- Maa tiirlemine ümber Päikese, Milankovici tsüklid, nende kogusumma mõju on teatud korrelatsioonis (seoses) jääaegade:
 1. Maa orbiit perioodiliselt muutub ringikujulisest elliptiliseni
 2. Maa teljekalle perioodiliselt muutub suuremaks ja väiksemaks
 3. Maa teljesuund tiirleb ringikujuliselt nagu vurrkannu telg
- Kontinentide kokkukogunemine ja uuesti tükeldumine - superkontinentide korral on kontinendi kohal kontinentaalsed õhumassid ning Maa võib jääda talvisesse külmatsükklisse lõksu
- Bioloogilistest mõjuritest oli kõige suurem tsüanobakterite hapniku tootmise tõttu muutunud atmosfäär, mis muutus hapnikurikkaks (tänapäeval 20%, Karbonis oli ligi 30%). Hiljem annavad Maa atmosfääri hapniku sisalduse tõusu või hoidmise suurima panuse Maailmamere vetikad ja oluliselt vähemal määral ekvatoriaalsed ja troopilised vihmametsad.

Enne Maad, Päikesesüsteem

Päike on pärit vähemalt kolmanda generatsiooni täht², sest Päikesesüsteemis on ebaharilikult palju raskeid elemente, mis saavad pärit olla ainult supernoovas plahvatanud tähe

²Füüsikud loevad generatsioone tagurpidi, nii et tähelepanu, nende põlvkondade määratlus võib teistsugune olla.

jäänustest³ Supernoova plahvatus aga tähendab seda, et supernoova täht ei saanud olla päris esimese generatsiooni täht, mis koosnesid ainult vesinikust ja natuke heeliumist. Elus organismide tekke jaoks on vaja nii C,N,O, mida on palju CNO-tsükli tähtede koosseisus, kui ka palju raskeid metalliliste omadustega aatomeid (Na, Mg, K, Ca, Fe, Cu), mis osalevad reaktsioonide katalüüsil.

Hadaikum, põrgueoon. 4,5682 - 4,031 (0.551) Gat

Hadaikum on Vana-Kreeka allmaajumala $\alpha\iota\delta\eta\varsigma$ **Hadese** nimest ja tähistab kivimite eelset (ehk magma + sulalaava) aega, ehk siis „põrgulikke” tingimusi.

Ajastu algas planeedi Maa tekkega ja lõppes Maakoore kivistumisega.

Maa kõige esimene atmosfäär koosnes peamiselt vesinikust ja heeliumist, mis aga väga varakult kerge Maa massi tõttu kosmosesse lahkus. Seejärel koosnes Maa atmosfäär metaanist ning süsihappegaasist vähemasti sel ajal, kui salvestus esimene tsirkoonikristallis olev vesi, sest isotoopanalüüsiga on selle vanuseks 4,04 miljardit aastat, vt. tabelit 3.3.

Vesi UV-toimel lagunes hapnikuks ja vesinikuks, millest viimane kiiresti kosmosesse lendus. Kuna raskeid elemente on veega kaetud Maal eelkõige veealustes kuumaveeallikates ja vulkaanilistes lõhedes, siis on loogiline oletada, et eelkõige seai Elu alguse sellistes kohtades. Väga kuumal ja varasel Maal tekkisid nukleotiidid, neist hüpoteetiline RNA-maailma.

Valkude teke juba eeldab nukleotiidide ja aminohapete paardumist (ja sellega kaasneb „koodi” teke).

Kindlasti oli Hadaikumis olemas ATP-süntaas (valk) ning bakteritel ja ürgidel on see lahknud kaheks versiooniks veel enne 4 Gat.

Sellest ajast on pärit „kuuma-ehmatuse-valgud”, *heat shock proteins*, mis kaitsevad ja parandavad organismi kuumašoki eest.

Fe-S valgud, mis osalevad hingamisel, on tekkinud ajal, kui keskkond oli raua ja sulfiidirikas.

Miljardit aastat / sisu	
13,8	Universumi vanus ($13,799 \pm 0,01$)
4,582	Päikesüsteemi vanus
4,54	Maa tekkis
4,52	2018.a. Bristoli Ülikooli uuringu järgi LUCA tekkimine.
4,519	Vanima organismi arvutimodelleeritud genoomi vanus, 4,519 - 4,477 Ga tagasi.
4,51	Theia põrkas Maaga kokku, jäänustest tekkis Kuu. Maa südamikust leiti Theia jäänused (11.2023)
4,46	Kuu vanim kivi
4,404	vedel vesi (tsirkoonikristallides), aga CO ₂ kontsentratsioon oli kõrge ja atmosfääri rõhk 27 korda suurem, pinna temperatuur 230 C kraadi. Vrdl. Veenusega
4,28	veealuse kuumaveeallikas mikrofossiilide setted Nuvvuagittuq Vöös, Quebecis, Kanadas
4,17	esimene RNA-molekul, ²⁵ hiljemalt 4,17 Ga
4,1	Esimene (jahtunud!) kivi = ajastu lõpp.

³Rauast rasked elemendid saavad tekkida ainult supernoova käigus, kus ülisuure rõhu all pressitakse aatomituumi kokku, mille käigus tekivad rauast raskemad elemendid. Rauast raskemate elementide aatomituumade liitumine nõuab energiat, kergemate elementide aatomituumade liitumisel vabaneb energiat.

Tabel 3.3: Hadaikum

Arhaikum, ürgeoon. 4,031 - 2,5 Ga

Ürgeoon algas laava+magma kivistumisega, lõppemine langeb kokku Suure Hapnikusündmusega. Suur Hapnikusündmus tähendab O_2 sisalduse tõusmist kuni 1%-ni tänapäevasest kontsentratsioonist, so. 0,2 %.

Tekkis esimene kontinent Vaalbara (3,6 Ga tagasi). Samas, olulise osa ajast oli enamus Maast veega kaetud. Puudus vaba hapnik.

Tabelis 3.4 on ürgeooni olulisemad sündmused, kus on näha, et arvutil modelleeritud elu sai alguse juba Hadaikumis, aga ka esimesed stromatoliidid on vähemalt 3,7 (Kitaa), kui mitte 4,28 (Nuvvuagittuq) miljardit aastat vanad.

Lääne-Austraalias, Pilbaaras, on vanimad stromatoliidid 3,48 Ga vanad (3.4. Warrawoona rühma kivides on barüüt 3,47 Ga vana, kus sulfaadi-redutseerijad bakterid kasutasid väävli³².

Miljardit aastat / sisu	
4,28	veealuse kuumaveeallikas mikrofossiilide setted Nuvvuagittuq Vöös, Quebecis, Kanadas
4,1	ajastu algus (laava kivistumine)
3,7	biogeeniline grafiit Kitaa-s (Lääne-Gröönimaal)
3,5	3,5 - 3,8: bakterite ja ürgide (arhede) lahknemine. LUCA.
3,48	tsüanobakterite stromatoliidid Pilbaras (Lääne-Austraalia)
3,47	sulfaadi-redutseerijad WarraWoonas (Lääne-Austraalia)
3,22	maapealsed mikroobimatid
3,2	<i>fotosüntees, hapnikuvaba</i> ($- O_2$)
3,0	<i>fotosüntees, tsüanobakterid</i> , O_2
2,7	eukarüooidid/päristuumsed (optimistlikum hinnang)
2,5	Suur Hapnikusündmus (O_2 kontsentratsioon tõusis 0,2 %. Ajastu lõpp

Tabel 3.4: Ürgeoon

LUCA vanuse kohta hinnangud aina kasvavad:

- 2000.a. arvati, et vanus on 3,5 - 3,8 Ga.
- 2013.a. arvati, et vanus on 3,48 - 4,28, kohe pärast Hilist Asteroidide Pommitamist
- 2018.a. arvati, et LUCA tekkis kohe 50 miljonit aastat pärast Theia sündmust (Kuu teket)

Vanimad kandidaadid on bakterite hulgas klostriidid ja ürgide hulgas metanogeenid. Mõlemad on kitsalt anaeroobid, kasutavad atsetüül-CoA rada; elavad CO_2 , H_2 , CO keskkonnas; fikseerivad N_2 ning elavad Maa koore kuumaveeallikates.

Kõige esimesed bakterid ja ürgid said energiat H , S ja H_2S molekulidest, ehk bioloogia žargoonis nad *hingasid* neid elemente.

Päikese energia salvestamiseks läheb vaja juba keerulisemat molekuli, milleks on nelja viie-tsüklilise süsinikumolekuli ringjalt paiknemine, mille siseringis on üks lämmastik; nende vahel on poolring kuuelisest tsüklist ning nelja lämmastiku-aatomi vahel siis asub mõni metallkatioon, mis on katalüüsaator. Esimeseks katalüsaatoriks oli puhas prooton, aga järgmised versioonid on juba magneesium, vase või raua katiooniga ning neid ühendeid kutsutakse (bakteri-)klorofüllideks.

Sama molekuli keerulisemad versioonid on nii aluseks nii bakterite klorosoomide, vetikate

klorofüllide kui ka selgrootute hemotsüaniini ja selgroogsete hemoglobiinidele.

Bakteritel on sõltumatult tekkinud kaks hapnikuvaba fotosünteesi tüüpi

1. *Chlorobi*, *Heliobacteria* ja *Acidobacteria*
2. *Proteobacteria*, *Gemmatimonadetes* ja *Chloroflexi*.³³

Sinivetikad hakkasid päikeseenergiat salvestades hapniku tootma seepärast, et nende fotosünteesi aparaat koosneb kahest osast, millest üks on saadud ühest bakteriharust ning teine komponent teisest bakteriharust.³³

Konservatiivne hinnang — ürgid ja bakterid eraldusid väga varakult kahte harru, tõenäoliselt 3,5 - 3,8 miljardit aastat tagasi. Nende erinevused on toodud välja gb3.pdf-failis. Samas, ATP-süntaasi järgi on ürgid ja bakterid juba enne Hadaikumi lõppu eraldunud.

Ajastu lõpeb atmosfääris hapnikusisalduse tõusuga kuni $\frac{1}{100}$ tänapäevasest kontsentratsioonist, millega sureb tõenäoliselt sureb välja palju obligatoorseid anaeroobe (kellele O₂ on surmav). Sellest ajast on pärit oksüdatiivse (=hapniku) stressi geenid.

Proterosoikum, agueoon. 2,5 - 0,539 Gat

Kestis ligikaudu 2,5 kuni 0,538 miljardit aastat tagasi. Algas ligikaudu Suure Hapniku Sünnimuse ajal (uued andmed muudavad seda aega) ja lõppes Suure Kambriumi Plahvatusga.

2450 Mat tagasi oli aastas 515 ± 33 päeva ning päeva pikkus oli $17,1 \pm 1,1$ tundi.³⁵

Miljardit aastat / sisu	
2,5	Suur Hapnikusündmus (O ₂ kontsentratsioon tõusis 0,2 %. Ajastu algus
2,3	eukarüootide teke (konservatiivne hinnang)
1,8	protosterooidide kivististe (eelloomad?) algus
1,7	hulkraksus (eriti vetikate liin)
0,8	protosterooidide kivististe (eelloomad?) lõpp; loomade algus — käsnade kivistised
0,538	Suur Kambriumi Plahvatus

Tabel 3.5: Agueoon

Ajastu alguse Suur Hapnikusündmus põhjustas väga paljude obligatoorselt anaeroobsete organismide väljasuremist.

Suur Hapnikusündmus põhjustas Huroonia jääaja (CO₂ vähenemine -> kasvuhooneefekti vähenemine). Teine jääaja põhjustaja oli kontinentide kogunemise ja jagunemise tsüklis kogunemise faasi jõudmine - kontinendid kogunesid kokku (2,0 GAT) ning tekkis Columbia superkontinent, mis püsis enamvähem ajastu lõpuni.

Päristuumsed tekkisid ligikaudu 2,3 Gat. Vaadates ürgplastiidide ning tagaviburiliste rühma, siis tundub, et esimesed päristuumsed olid kaheviburilised.

Üsna varakult harunesid järgmised harud (millal, selle üle vaieldakse):

- Discoba (tõlkes kettalised, aga mõeldud on mitokondri harju, mis on kettakujulised)
- metamonadid (metaanitootjad)
- CRuMS (lühend, aga võib nimetada krumiidideks)
- amööbid
- tagaviburilased (siin loomad ja tavalised seened)
- ürgplastiidid (siin taimed, rohevetikad, punavetikad, liitvetikad, ka pisiloomad (pikozoa))
- krüptistid

- haptistid
- juurloomad
- alveolaadid (vaguiviburvetikad, ripsloomad, apikompleksid (endosümbiontne punavetika fotosünteesiaparatuur muutunud parasiidi töövahendiks - lagundavad ensüümid)
- värvikud (pruunvetikad, ränivetikad, munaseened, jt)

Oleme saanud üksteist haru, sealjuures tagaviburiliste all on koos vanas mõistes kaks riiki: seened ja loomad ning ürgplastiidide all on ka taimerik, aga ka liitvetikad, punavetikad, fotosünteesi kaotanud pisiloomad.

Lühike nimekiri (tabel 3.6) agueoon toimunud lahknemistest [13] järgi molekulaarkella uurimusest (samal, uurijate mõnavad, et nende tulemused märkimisväärselt erinevad teiste teadlaste töödest).

nimi	aeg Gat
Ekskavaat <i>Giardia</i> (joonis 3.1) eraldus ülejäänutest	2,42
Ekskavaat roheline silmviburlane <i>Euglenozoa</i> (joonis 3.2) eraldus	2,018
Alveolaat eraldus	2,086
Punavetikad rohevetikatest	1,554
Seened loomadest	1,594
Loomad käsnadest	1,382
Kõrvelloomad kahekülgsedest	1,288
Esmasuused teissuustest)	1,07
Nutthallitus kand+kottseentest	1,056
Kandseened kottseentest	1,056
Rohelised taimed rohevetikatest	1,055
Soontaimed sammaldest	0,777
Candida pärmseentest	0,718

Tabel 3.6: Päristuumsete eristumised

Metamonada + Discoba – päristuumsete vanim haru

DNA-muutuste arvu kohaselt päristuumsete vanim, aga neil on logistiline probleem - nad parasiidid, mis tähendab, et

Mitmel Discoba esindajal on kõige rohkem alles mitokondri oma geene ning molekulaarne kell näitab, et mitu neist on päristuumsetest kõige varem lahkenud — *Giardia* ja silmviburlane (tabel nr. 3.6). *Giardia* on *Metamonada*-oksa, kus on palju mitokondrita või hüdrogenosoomiga parasiite. Silmviburlane on *Discoba*-oksa on veel trüpanosoom, kes põhjustab unitõbe, aga kelle eellased on kloroplasti alla neelanud, neil on sellest ajast alles taimede suhkrulagundamise biolagurajad. Huvitav on see, et ka trüpanosoomide uurimist tuleb välja, et meiosis on kõigest DNA-kahjustuste rekombinatsiooniline parandamine.²

Diaphoretikes – päristuumsete Megaoks

Diaphoretikes on megaoks (-klaad), kuhu kuuluvad

1. ürgplastiidid (rohevetikad + taimed). Varuaine tähtsena.
2. HC (**Haptophyta**, *Cryptomonada*)
3. värvikud + alveolaadid + juurloomad (SAR (*Stramenopiles*, *Alveolata*, *Rhizaria*) Fotosünteesijate värvikute varuaine mitte-tähtsena.

Protosteroolid – päristuumsete tundmatu liin

Protosteroolid, 1,8 - 0,8 miljardit aastat tagasi (tabel nr 3.5). Protosteroolid on steroolide biosünteesi pooliku raja saadused, mis tõendavad, et päristuumsed olid olemas. On tõenäoline, et protosteroolide tootjad olid ürgsed (ainuraksed) päristuumsed. On natuke vähem tõenäoline, aga samas loogiline, et protosteroolide harust — kes võiksid olla „eelloomad” arenesid edasi „pärisloomad”, kes lõpuks 0,8 Mat välja surid⁴.

Erinevad bakterid ja ürgid domineerisid kuni 1,6 GAT ajani, siis suurenes Maailmameres toitainete hulk ning päristuumsed hakkasid eristuma ürgplastiidideks (vetikad, taimed) ning teisteks harudeks (värvikud (kroomalveolaadid); amööbid; seemed-loomad).

Ainu- ja kaheviburilised

Üks päristuumsete haru jäigi kahe- ja enamaviburiliseks, need harunesid SAR-rühmaks ja ürgplastiidideks. Teine päristuumsete haru kaotas kõigepealt ühe viburi (neist tulid tagaviburilised) ning siis teise ka, nendest tulid amorfid, millest omakorda amööbid.

Tagaviburilised – seemed, loomad

Tagaviburilised on saprotoofid, neil on rakukestas või väliskeletis kitiin ja nad salvestavad energiat glükogeenina. Tagaviburilised hargnesid kaheks — seemed ja loomad. Seentest on vibur pikalt säilinud, nt. viburseened, kõrgematel seentel on vibur siiski kadunud.

Ürgplastiidid - vetikad ja kaugemad sugulased

Tegelik harunemine toimus molekulaarkella järgi juba ammu (1,72 GAT liitvetikad!) ning mitmed „vaieldavad” kivistised on ka olemas, aga kuni 1,6 GAT ajani biomassilt domineerisid bakterid.

Ürgplastiidid harunesid kohe alguses kas kaheks — puna- ja rohevetikad või kolmeks, ka liitvetikad (*Glaucomphyta*). Punavetikad ja rohevetikad on tekkinud tsüanobakteri (sinivetika) endosümbiondiks muutumisega ning punavetikatel jäid tööle ühed sinivetika fotosünteesi pigmendid (fükobilin) ning rohevetikatel teised pigmendid.

Ajastu lõpu piiril algava Suure Kambriumi plahvatus on vanade teadmiste kohaselt „loomade teke”, aga tänapäevaste teadmiste kohaselt tekkis loomadele tugev skelett, mille mineraliseerumisel tekkisid **kivistised**.

Käsn oli olemas. Ilmselt jäävaheajal ilmusid sinibakterite asemele domineerima vetikad (ainuraksed päristuumsed).

Proterosoikumi ajal oli Maa pikemalt külmunud lume-/jääballi faasis. Proterosoikumi lõpus olid mitmerakulised loomad ja vetikad juba olemas, tuntakse Ediacara elustiku nime all. Jäätumise lõppedes avanes palju rohkem ökonišše. Proterosoikumi, Ediacara lõppedes suri enamus loomi välja.

Nendest vabanevad ökoniššid on teiseks suureks põhjuseks, miks tekkis Kambriumi plahvatus. Makroökoniššidest peamiselt ainult merepõhi ja merevesi. St. kuna ujujaid veel polnud, siis merepõhi ja istuvad ning filtreerivad või fotosünteesivad organismid.

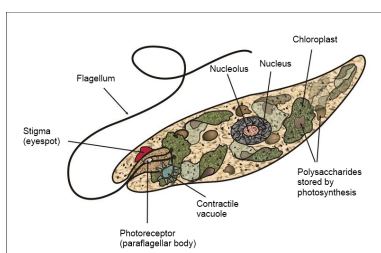
Hilisemal ajal kogunesid kontinendid ümber Laurentia, sellest kogumist tekkis Rodinia superkontinent.

⁴Mitte Laivörgust tsiteerimata viide, vaid autori oletus. Päristuumsed (2,3 Gat) eraldusid kaheks haruks, amorfid (ainult amööbid, seemed+loomad) 1,5 Gat. Aga amorfid koos ankruloomade ja krumaalidega võivad nad olla eraldi 1,8 Gat, mis langeb kokku protosteroolide sisalduse algusega



Joonis 3.1: Giardia; kaks tuuma, mitokondri asemel hüdrogenosoom, mis toodab vesinikku + mitosoom. Parasiit.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giardia_lamblia_SEM_8698_lores.jpg



Joonis 3.2: Euglena; kaks tuuma, silmtäpp.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Euglena_diagram.jpg

Calymn, 1600 - 1400 (200) Mat

Kalümna = kaas, kaetud. Geoloogilised platvormide laienesid. Columbia superkontinent hakkas 1,5 Gat lagunema. 1,6 Gat toitainete hulk suurenes, eraldusid puna- ja rohevetikad. 1,6 Gat toimus päristuumsete elus „plahvatuslik” arenemine, nende osa üldises biomassis ületas seni domineerinuid baktereid ja ürge.

Ukrainas Zhitomiri oblastis on Volyn-elustik, väidetavalt seenelaadsed, aga seened eraldusid üldse hiljem, küll aga kindlasti olid olemas vetikad.

Ectas, 1400 - 1200 (200) Mat

Ektasis = laienemine. Geoloogilised platvormid laienesid. Ajastu alguses päev 17h32', lõpus 18h28'.

1,3 Gat eraldusid amööbidest tagaviburilised (*Ophistokonta*), kes on seente-loomade eellased.

Punavetikate (*Bangiomorpha pubescens* - (tõlkes) torkav Bangikuju) seksuaalne paljune mine 1,2 Gat.

Sten, 1200 - 1000 (200) Mat

Superkontinent Rodinia kogunes kokku.

1,1 Gat lahknesid loomalaadsed (*Holozoa*) ja seenelaadsed (*Holomycota*).

Ton, 1000 - 720 (280) Mat

Toni alguses oli jääaeg ja superkontinent. Keset Toni hakkas superkontinent lagunema. Jääaluses maailmas eristusid kõige suuremad, tänapäeva hõimkondade tasemel taksonid. Osa andmeid on kivististe põhjal, osa DNA järjenduste põhjal.

Tähelepanna tuleb ka seda, et 1,8 - 0,8 Gat elasid protosteroolide tootjad, kellest jäi järgi steroolide biosünteesiahela poolikud (keset rada sünteesitud) produktid. *Täiesti juhuslikult* hakkasid 0,8 Gat eristuma esimesed loomariigi superhõimkonnad. Loogiline on oletada ja võimalik on, et loomad tõrjusid protosteroolide tootvad organismid kaudselt konkurentsist välja või nad lihtsalt söödi ära⁵.

Akritarhid on väikese õõnega hulkraksed, kõige tõenäolisemalt vetikad. Akritarhid 1 Gat hakkasid eristuma, nende suurus suurenes, sealhulgas ogade hulk ja pikkus.

On märke, et päristuumsed mitmerakulised fotosünteesijad elasid maal mageveelises keskkonnas juba ligikaudu 850 Mat.³⁰

0,96 Gat tekkisid kaelusloomad (*Choanozoa*), kes on loomade ja kaelusviburlaste ühine liin. Hilisemad kaeluviburlased on käsnade eellased (üks varasem arvamus) või kõrvalharu (teine, uuem arvamus).

0,896 Gat eraldusid ürgkeeliklooma+okasnahksete haru keelikloomadest (*Hemichordata*+*Echinodermata*, *Chordata*, DNA andmetel).²¹ 0,891 Gat eraldusid keelikloomadest tänapäevaste süstikkalade haru (DNA andmetel).²¹ Tänapäeva süstikala „lõpused” on ainult toitumiseks, lihtsalt hingab läbi naha, täiskasvanud on istuva eluviisiga planktoni filtreerijad. Süstikkala ehituse joonis P:??.

0,876 eraldusid ürgkeelikloomad okasnahksetest (meriliiliad, meritähed, jne., DNA andmetel).²¹

0,8 Gat on esimene käsnakivistis, *Otavia antiqua*.

0,794 Gat eraldusid mantelloomad (*Tunicata/Urochordata*) ürgkeelikloomade harust.²¹

0,76 Gat tekkisid lootelises arengus blastula-stadiumiga lootelehtedega loomad(viide?).

0,73 Gat eraldusid meriliiliad meritähtedest+merisiilikutest.²¹

Käsnadel (*Porifera*), kammloomadel (*Ctenophora*), kõrveloomad (*Cnidaria*) ja naastloomadel (*Placozoa*) pole kahekülgsust ning neil pole *hox*-geene, mis määravad keha ehituse väljakujunemise (naastloomadel siiski mõned *hox*-geenid on...). Peale käsnu eraldusid kammloomad, hiljem kõrveloomad ja naastloomad, järgi jäid **kahekülgsed**, kes tekkisid molekulaarse kella järgi 650 Mat.

Kahekülgsetest kõige esimene haru eraldujaid olid siuglejad (*Xenacoelomorpha*) ning järgi jäid **närvloomad**.

Närvloomad jagunesid esmassuusteks (hiljem kõik selgrootud) ja teissuusteks (hilisemad keelikloomad (=selgroogsed) ja sugulased).

Närvloomadel on tsöloom (keha keskne õõs), seedetoru, nefriidid ning närvikett.

Krüogeen, 720 - 635 (85) Mat

Krüos on kreeka keeles jää. Krüogeen hakkas Maa globaalse jäätumisega, juhuslikult enne, 750 Mat hakkas superkontinent Rodinia lagunema. Stuarti jäätumine 720 - 660 Mat, väike vaheaeg (25 Ga), siis Marinoa jäätumine kuni 635 Mat.

Ilmusid kestaga kaetud amööbid.

0,652 Gat eraldusid lõuatute haru tulevastest lõugsetest.²¹

⁵Pdf-faili autori oletus.

Ediacara, 635 - 538,8 (96)

Ediacara elustik ilmus ligikaudu 600 Ma ning 575 Ma toimus Avaloni „plahvatus”, ehk suurem lehvikareng (ligikaudu 33 Ma varem, kui Kambriumi plahvatus).

Paljud loomade kivistised sobivad rõngusside, lüljalgsete, okasnahksete ja kõrveloomade hõimkondade esindajateks.

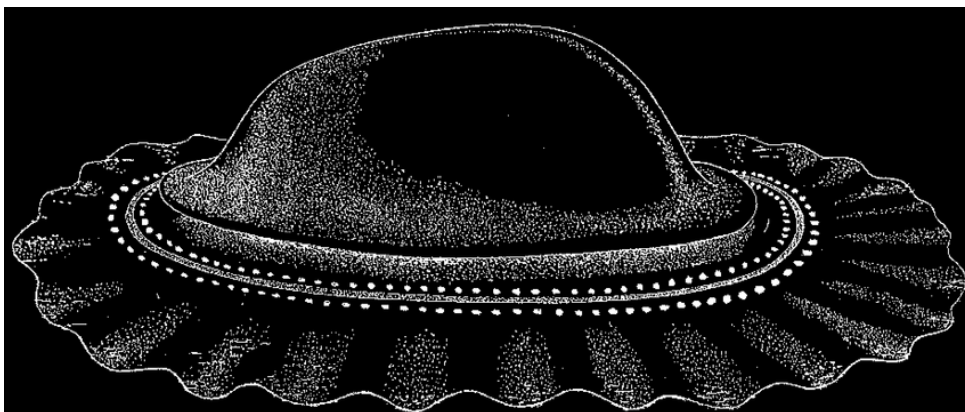
Organismid oli toru-, muda täis koti- ja ketta-kujulised. Peale Ediacara (lõpu) väljasuremist sellise kujuga organisme enam polnud. Täiesti juhuslikult on tagasihoidliku hinnagu järgi tekkinud kahekülgse samuti 575 Ma, see langeb kokku Avaloni elustiku hüppelise arenguga (viide?).

Muda, liiva või saviga kaetud merepõhi oli tänu bakterimattidele võrdlemisi kõva.²² Nendest biomattidest toitus näiteks Kimberella²² (joonis 3.3), kelle kohta on joonistatud hüpoteetiline joonis (3.4) kus on oletatud, et ta on kas trilobiidisarnane lüljalgne, kes jätab Kimberella toitumisvagusid; pehme koeline kahekülgne kojaga loom; kojaga ja jalga katva hingamispaelaga mollusk.¹⁶



Joonis 3.3: Kimberella

<https://evolutionnews.org/2020/09/kimberella-conflicting-evidence-from-taphonomy/>



Joonis 3.4: Hüpoteetiline Kimberella ehitus

https://www.researchgate.net/figure/Evolution-of-ideas-about-Kimberella-a-Wade-1972-b-hypothetical-trilobite-like_fig2_225327295

Ediacara väljasuremise kohta on mitu oletust:

- alguses oletati, et hapnikusisaldus tõusis, mis võimaldas võimsamatel organismidel esile kerkida. Hiljem on see ümber lükatud, sest näidati, et hapnikusisaldus siiski

oluliselt ei tõusnud.

- võib oletada, et loomade närvisüsteemi areng astus loomuliku sammu edasi ning jõudis selle tasemeni, kus nüüd suudeti analüüsida, kus asuvad võimalikud söödavad ohvrid - mis tähendaski seda, et istuva eluviisiga loomad automaatselt muutusid kergeks saagiks ning kokkuvõttes söödigi merepõhi kaitsetutest loomadest puhtaks.

581 Mat eraldusid meriristid ja merisiilikud (DNA põhjal, mõlemad on ürgkeelikloomad, neil on suuümbrine närvikett).²¹

Kuulsamaid organisme, kergete segmenteerumistunnustega *Dickinsonia* sisaldas kolesterooli, mis on päristuumse rakumembraanide oluline libedust ja läbilaskvust võimaldav komponent (3.5. Pikkus mõned millimeetrit kuni 1,4 meetrit, paksus kümnendik millimeeter kuni millimeeter. Enamvähem kahekülgne, aga natuke ebasümmeetriline. Tänapäeval võivad tema sugulased olla ka plaatloomad (*Placozoa*) või kõrveloomad (*Cnidaria*).



Joonis 3.5: Dickinsonia sisaldas kolesterooli

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DickinsoniaCostata.jpg>

Ediacara lõpus on palju kohti looma *Treptichnus pedum* i jälgedega⁴ (joonis 3.6), kes kaevas läbi biomattide, mida varem ei tehtud.



Joonis 3.6: Treptichnus pedumi jäljendid

https://www.researchgate.net/figure/Treptichnus-pedum-do-Devonico-Inferior-da-Formacao-de-Terena-Barrancos-A_fig1_215579159

Faneroosoikum. Nähtaveoon. 538,8 - 0 Mat

Faneros on kreeka keeles „nähtav“, aga ka „palju“, ehk ligikaudu 160 aastat tagasi algas teaduse jaoks elu „nägev“ ajastu.

Kambrium, 539 - 485 (64) Mat

Vanasti (Darwini ajal, s.o. 1859.a.) arvati, et Kambriumis tekkis „elu”, sest hakati leidma kivistisi, millest kõige varasemate järgi hakati määrata Kambriumi algust. Algselt määrati Kambriumi algus vanimate trilobiitide kivististe järgi.

Kivististe järgi Kambriumis maal taimed ei kasvanud — kivistisi pole, aga DNA järgi on nad kesk- ja hilises Kambriumis olemas.

Ka enamus loomi elas merepõhjas ning neist 2/3 olid istuva eluviisiga. Kambriumi alguses tekkis tugev skelett. Kambriumi alguses olid olemas kõik suuremad loomade hõimkonnad, v.a. sammalloomad (), aga arengus on samm edasi — loomariiki ilmusid kiskjad (Ediacara loomadel oli istuv eluviis). Kiskjate areng tähendab seda, et Ediacara istuva eluviisiga loomad sattusid suure rünnaku alla ja võimalik, et on peapõhjus, miks Ediacara istuva eluviisiga loomastik välja suri.

Geo ja kliima

Superlaama Pannotia hakkas tükkeks jagunema (Laurentia, Baltika, Siber), tükid olid lõunapooluse lähedal, aga liikusid põhjasuunas.

Taimed

Meredes ja maismaa lompides vetikad.

Selgrootud

Kambriumi lõpus hakkasid hulkjalgsed, ämblikulaadsed, kuusjalgsed maale retki tegema. Lüljalgsetest olid trilobiitide esimesed versioonid.

Keelikloomad

Kivististe järgi (530 Mat) elas Pikaia (joonis P:??), kes on süstikkala edasiarendus — oli aktiivne ujuja, üle 100 müomeeri. Kivististe järgi tekkisid varases Kambriumis isegi ka esimesed tõelised selgroogsed kalad - soomuskalad ehk ostrakodermid.

525 Mat eraldusid kõhrkalad ja kiiruimelised kalad (DNA põhjal).²¹

520 Mat eraldusid silmud ja pihklased (mõlemad on lõuatud, DNA põhjal).²¹

Ordoviitsium, 485 - 444 (41) Mat

Geo

Lõunakontinendid moodustasid Gondvaana. Baltika oli lõunapooluse lähedal eraldi kontinent. Varane Ordoviitsium oli kasvuhoonegaaside tõttu väga kuum, aga hiljem kliima jahenes ning Ordoviitsiumi lõpus oli lausa jääaeg. On võimalik, et Ordoviitsiumi külmenemine tekkis seetõttu, et kasvuhoonegaasi süsinikdioksiidi kontsentratsioon vähenes seetõttu, et vulkanismi tõttu silikaatsed kivimid reageerisid CO₂-ga. Ilmselt jääaja teke on kõige suurem põhjus Ordoviitsiumi lõpu väljasuremislainele.

Meredes oli kaltsiumkarbonaat peamine loomade skeletimaterjal.

Välja surid konodondid (neist jäid järgi peamiselt „hambad”) ja graptoliidid (Eesti graptoliitargilliit) ning tundud on trilobiitide väljasuremine. Suri välja enamus trilobiite, ainult üks perekond jäi püsima, mis hiljem järgmises ajastus vallutas ökonišse tagasi ning uuesti eristus mitmeks perekonnaks.

Taimed

Keskel ilmusid esimesed maksasammalde eellased (lapikud eostaimed).

Lõpus olid soontaimed kaudsete tunnuste järgi (O₂ ja Hg isotoobid) juba laialt levinud,³⁶ aga kivistisi veel pole leitud.

Selgrootud

Ilmusid sammalloomad (ainuke loomade hõimkond, keda Kambriumis pole leitud). Ordoviitsiumi alguses valitsesid trilobiidid, kes olid teistsugused; keskel tulid juurde käsijalgseid, molluskid. Enamus loomi olid endiselt filtreerijad. Korallid, käsijalgseid (sarnanevad karpidega), ellujäänud trilobiidid, limused. Meriskorpionid (eurüpteriidid). Ämblikueellased tulid Ordoviitsiumi lõpus maale (endiselt lõpustega hingates). Limused eristusid peajalgseteks, karpideks, nautiloidideks. Käsijalgseid: *Lingula* anatida

Keelikloomad

476 Mat eraldusid kiiruimelistest lihasuimelised (DNA põhjal).²¹ Lihasuimelised on tetrapoodide eelkäijad.

Kaladest on kivististe järgi Ordoviitsiumi alguses konodondid (olid juba Kambriumis), kolmed erinevad soomuskalad, lõpus ilmuvad esimesed lõugsed – telodondid.¹⁷

Seened

Samuti esimesed arbuskulaarsed mükoriisaseened, krohmseened. Esimesed maalelavad taimed kalduvad esinema koos mükoriisat moodustavate krohmseentega.

Silur, 444 - 420 (24) Mat

Baltika oli liikunud ekvaatori lähedale, kus pörkas kokku Laurentiaga. Selle tulemus on Kaledoonia mäestikuteke, tekkisid Skandinaavia mäestik, Ida-Gröönimaa orogeen ja Briti saarte põhjaosa.

Temperatuur on stabiilselt kõrge, seetõttu levisid selfimered.

Taimed

Esinesid sammaltaimede metsad.

Soontaimed olid laialt levinud juba 444 Mat (enne Siluri algust), kuigi esimesed Cooksoonia kivistised ilmusid 430 Mat.³⁶

Cooksoniaʔelas põhja-poolkeral järvede ja jõgede kallastel, kõrgus kuni 3 cm. Cooksoonia olid ainult väga lihtsate soontega võrdselt kaheli harunev tüvi ning tipmised eoslad, puudusid nii juured kui lehed (joonis P:??).

Hilises Siluris oli lõuna-poolkeral kollaline Baragwanahtiaʔ, kellel juba olid ka lehed ja lehtedes ka juhtsooned ning kuni mõne meetri kõrgune. Eoslad juba lehekaenaldes, suri hilises Devonis välja.

Selgrootud

Esimene täielikult maalelav loom oli tuhatjalgne ja tõenäoliselt ämbliku eellane (kaheksajalgne).

Molekulaarse kella järgi eraldusid Siluri alguses (440 Mat) kuusjalgsed ühiselt koos mõnede krevettidega (*Anostraca*) lüljalgsete klassist, lõpusjalgsedest (*Branchiopoda*), need on tulevased putukad.⁸

Merepõhjas valitsesid käsijalgsged, molluskid, meriskorpionid (eurüpteriidid, on ämbliku-laadsete klassist).

Selgroogsed

Kivististes ilmusid esimesed luukalad (akantoodid).

430 Mat eraldusid nii lihasuimelised, kopskalad, kui ka kahepaiksete haru (DNA põhjal).²¹

Seened

Ilmusid esimesed kandseente, krohmseente (mükoriisa) kivistised.

Devon, 420 - 359 (81) Mat

Laurentia (Põhja-Ameerika) ja Baltika põrkasid kokku, tekkis Laurussia, mis liikus Gondvanale lähemale. Sellega tekkis Kaledoonia mäestik. Kuna see oli palavvöötmes ning taimestik polnud veel väljakujunenud, tekkis ulatuslik kivimite murenemine, mis vooluveega edasikandudes tasandikul kogunes ja settis devoni liivakivina. Devoni lõpus põrkasid Laurussia ja Gondvaana kokku, tekkis Pangaea.

Vara-Devonis olid kõrged temperatuurid, keskmine oli 30 C. Kuna hakkasid moodustuma metsad, siis hakkas tõusma hapnikusisaldus ja langema CO₂ sisaldus, mis viis kesk-Devonis kliima jahenemiseni.

Hilis-Devonis oli jälle 30 kraadi sooja.

Taimed

Esimene adaptiivne laienemine kuivale maale: sõnajalgtaimed. Vara-Devonis olid algelised soontaimed, nagu kollad ja sõnajalgtaimed. Devoni keskel olid olemas kollad, osjad, sõnajalad, tekkisid esimesed puukujulised eostaimed. Denovi keskel tekkisid taimedele lehed ja juured. Devoni keskel ilmusid ka esimesed paljasseemnetaimed, kes olid seemenesõnajalad (sõnajalalehtedega *Archaeopteris*, puidukasvuga, heterospoorsed, 24 meetrit kõrged). *Archaeopteris* oli esimene sügavate juurtega taim.²⁹

CO₂ kõrge kontsentratsioon oli 12-14 korda suurem ja see hoidis kasvuhoonegaasina temperatuuri kõrgel. Tänu taimede hüppelisele levikule ja hapniku tootmisele vähenes kasvuhoone efekt ning see tekitas kesk-Devonis jahemise ja lülitas Devoni lõpus sisse suure väljasuremise.

Kesk-Denovi Eifeli staadiumis (393.3-387.7 Ma) elas *Calamophyton*, mis on koldade kaasaegne (*Cladoxylopsid*), aga teine väljasurnud ehitusega arenguharu. Kui tavalisel puul on üks kambiumiring, siis see 20cm läbimõõtu, 2-4 meetrit kõrge puu koosnes paljudest kambiumiringidest nagu liaanidest, mis igaüks kasvas suuremaks, kui puu „läks lõhki” ja vajus raskuse all kokku.²³ Ainult puu ülemine osa fotosünteesis, tal olid väiksed juured.²³ Puude ümbrus oli märkmisväärselt taimejäänustega ümbritsetud, mis tähendab seda, et taimelagundajaid polnud.²³

Hilis-Devonis olid juba kõrged puud.

Devon
on **ka-
lade**
ajastu

Selgrootud

Kõrge temperatuuri tõttu oli rikkalik mereelustik. Tekkisid korallriffid. Varases Devonis ilmusid ammoniidid (peajalgseid). Devoni lõpus oli paljud lüljalgsed kuiva maa asustanud. Meres domineerisid käsijalgseid, korallid.

Selgroogsed

Meres domineerisid sammalloomad, ka palju meriliiliaid (okasnahksed kuuluvad teissuuste põhikonda, keelikloomade sugulased).

Valitsesid rüükalad, kes Devoni lõpuks välja surid. Lõpus kahanes lõuatute kalade hulk ning suurenes kõhr- ja luukalade hulk. Kaladest plakodermid (rüükalad, joonis ??) hakkasid veekeskonnas domineerima. Lõuatud soomuskalad (ostrakodermid) vähehaaval kadusid. Haikalad muutusid domineerivaks, olid juba Siluris olemas. Esimesed vähesed kõhrkalad. Ilmusid esimesed kahepaiksed. DNA järgi eristusid lootekestaloomad (amniodid) kahepaiksetest 390 Mat.²¹ Devoni keskelt pärit neljajalgsetel ilmusid viiesõrmelised versioonid⁶ ning eristusid temnospondüliteks (varajane kahepaikne) ja amniootideks (lootekotiga), millest omakorda hilis-Karbonis tulid sisalikud (reptiilid) ja imetajad (sünapsiidid).

Väljasuremine

Välja surid palju käsijalgseid, trilobiite, ammoniite, konodonte (hambad!) ja lõuatuid. Ohtrad taimed kasutasid ära CO₂, mis vähendas kasvahoone efekti ning arvatakse, et see põhjustas Devoni lõpus ulatusliku jääaja. Välja surid konodondid, 96% luukalad, soomuskalad, rüükalad.

Karbon, 359 - 299 (59) Mat

Karbonis oli soe, aga lõpus tänu CO₂ vähenemisele kliima jahenes, mis omakorda põhjustas vihmametsade peaaegu kadumise.

Taimed

Karbonis harunesid koldade sarnased taimed osjadeks, koldadeks, soomuspuudeks, sõnajalgadeks, tsükaadideks ning varasteks paljasseemnetaimedeks. Teise arvamuse kohaselt tekkisid tsükaadid (joonis P:??) kesk-Permis.²⁰

Soomuspuu (joonis P:??) elas Karbonis kuni Permi lõpuni. Kuigi teda peetakse kollapuuks, on ta lähemal lahnarohtudele¹⁸ (rohtaimete sarnased sõnajalad, kes on võimelised sekundaarseks kasvuks).

Varased Karboni taimed olid osjad (+ kalamiidid, 20 meetrit kõrged osjad), sfenofüllid (kitsalehelised, osjade väljasurnud sugulased), kollad, puukujulised kollad (nt. soomuspuu, *Lepidodendrales* (joonis P:??), 30 m kõrged, 1,5m läbimõõdus, teiskasv korbas, mitte ksüleemis), sõnajalad, puusõnajalad (*Medullosales*), paljasseemnetaimete rühm - *Cordaitales*. Tänu taimede CO₂ sidumisele, langes selle tase 8 korda, mis tähendas kasvahoonegaaside efekti vähenemist ja kliimajahenemist, mis omakorda viis vihmametsade kadumiseni.

Karboniajast on pärit taimede füsioloogiline „mälu”, mis eeldab kõrgemat CO₂ kontsentratsiooni, kui seda on tänapäeval. Tänapäeval võib katsetega kindlaks teha, et kui tõsta

⁶Enne 6-7 ja enamasõrmelised — analoogia hai- ja raikalade lõpuste arvuga, kus evolutsiooniliselt vanemad on 6-7 lõpusepiluga ning viiega on nooremad harud

Kivi-
söe
ajastu,
valit-
sesid
puuku-
julised
kollad
ja ka-
hepaik-
sed.

CO₂ sisaldust, siis tegelikult taimed fotosünteesivad rohkem ja CO₂ puudus tegelikult piirabki taimede fotosünteesi tootlikust.

Seened

Karbonis tekkisid väga suured põlevkivi lademed, sest taimedel ilmus puidukude (ksüleem) ja korp ning ning kaitseaine suberiin, millele looduses polnud ühtegi lagundajat. Mitte ükski seen ega bakter ei osanud suberiini ega ligniini lagundada. Alles Karboni lõpus ilmus (DNA-genoomika järgi) lehikseentel ligniini lagundav ensüüm (ligniini) peroksidaas, mis langeb kokku hilis-Karboni märksa õhemate põlevkivikihtide esinemisega.⁷ Seega, ligniin tekkis ligikaudu 390 Mat, ligniini peroksidaas 310 Mat, 80 miljonit aastat ei osanud keegi ligniini lagundada.

Selgrootud

Putukad hakkasid hiliskarbonis rühmadeks jagunema, lehvikareng. Trilobiidid hakkasid (jälle!) kaduma, mõned esimesed putukate, tuhatjalgsete ja ämblikulaadsete esindajad hakkasid **õhku hingama**. Senised putukad hingasid vees lahustunud, nagu nt. siiani tänapäeval keldrikakandid.

Mõned lülijalgsete kasvasid 2,6 meetri pikkusteks (Arthropleura, tuhatjalgne). Kiilid olid 70 cm. Ilmusid prussakate eellased.

Keelikloomad

Kõhrkalad lehvikarenesid, sest ökonišid jäid vabaks (rüükalad ja soomuskalad surid välja). Lookeestaloomad ehk amnioidid ilmusid ligikaudu 312 Mat⁹ (leiutasid muna, millel sisemine uus membraan — gaase lasi läbi, vett mitte) ning nad eristusid sauropsiidideks (eelsisalikud (pärast kõik sisalikud ja linnud), *Hylonomus*) ja sünapsiidideks (eelimetajad, *Archaeothyris* (joonis P:??, jalad siiski külgmised, aga silmahambad).

Valitsesid kahepaiksed (temnospondülid – soomustega kahepaiksed, joonis ??).

Lõpp

Karboni vihmametsad järsku hävisid, sest sooja ja märja kliima asemel (CO₂ kontsentratsioon vähenes, sest taimed isoleerisid CO₂ ehitusmaterjaliks → kasvuhoone efekt kadus ära → kliima jahenes), tuli külm ja kuiv kliima. Peale Karboni vihmametsade hävimist hakkasid sisalikud adaptiivselt eristuma (vett mittevajavad munad ja soomused). Sünapsiidid kasvasid ruttu suureks, aga sisalikud jäid kuni keskaegkonnani väikesteks. Sisalikud eristusid kuivas keskkonnas ruttu erinevateks rühmadeks.

Perm, 299 - 252 (47) Mat

Permis oli kliima oluliselt jahedam, sest Permi alguses Gondwana ja Euramerica liitumisel tekkis superkontinent Pangaea, põhjustas maakera kontinentaalse kliima, mis võib jätta Maa nii jääpalli kui palavuse löksu.

Superkontinendil Pangaea oli väga suured aastaaegade muutused, puhusid supermussoonid. Permi lõpus tõusis temperatuur väga kõrgele, millest üks põhjus on Sibervulkaanipursele järgnenud kasvuhoonegaaside kasvuhoone efekti suurenemine, aga teine põhjus võib olla teise kasvuhoonegaasi — metaani tootmine. Nimelt Permi lõpus tootis ürg metanogeen *Methanosarcina* kasvuhoone efektina mõjuvat metaani (CH₄), mis tunduvalt võis tõsta

Maa keskmist temperatuuri ning võis olla üks mõjur, mis põhjustas viimase, kõige suurema Permilõpu väljasuremise.²⁸ Sooja vette mahub oluliselt vähem hapnikku, mis veeelaniks võis tekitada hapnikupuuduse.

Taimed

Karbonist pärit taimestik, nn. koldadest soometsad, püsis kuni Permi keskpaigani. Permi keskel asendused kollametsad sõnajalametsade ja varaste okaspuude metsadega. Ilmusid ginkod ja tsükaadid (nii ginkod kui tsükaadid (joonis P:??) on paljasseemnetaimsed). Hilis-Permis tänapäeva okaspuude eellased.

Selgrootud

Meres molluskid, käsijalgsed, maal lüljalgsed.

Ilmusid putukad, kes on osa kuuejalgsetest, kuuejalgsed olid juba eelnevalt pikka aega olemas. Putukatel toimus suur eristumine: Paleoptera (osad ehimestiivalised), Polyneoptera (lestad?), Paraneoptera (osad on ripstiivalised). Palaeodictyopteroidea vähenes. Holometabola (millel on vastse, nuku ja täiskasvanustaadium) eristus. Ilmusid mardikad (söövad puid). Samas, ilmusid ka putuktoidulised imetajad, sest tekkis vaba toidubaas, mida keegi ei söönud (putukad!).

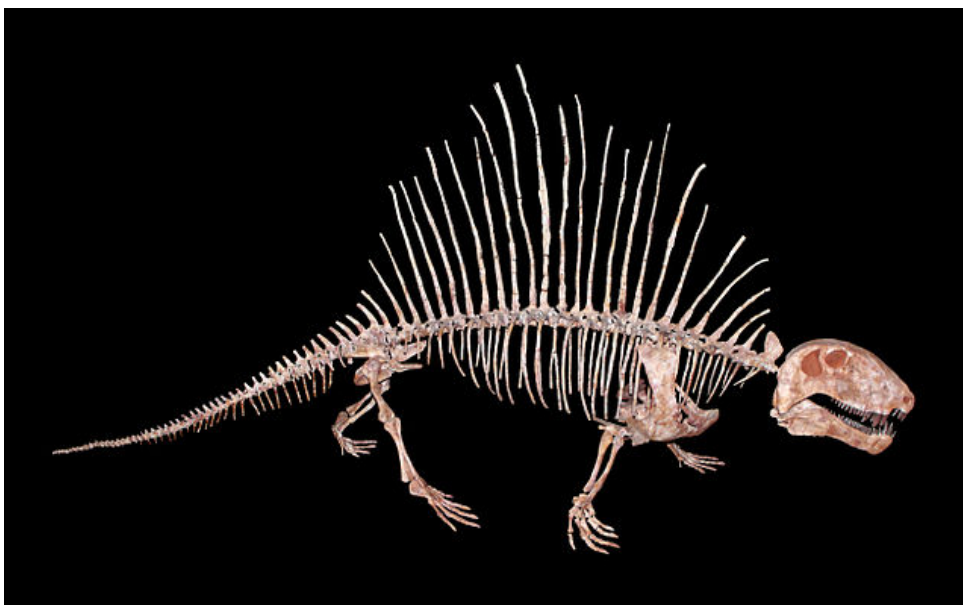
Muud teissuused

Meres okasnahksed.

Keelikloomad

Ka sünapsiidid hakkasid eristuma (imetaja eellased), kes olid putuktoidulised. Imetajate vanadest eellastest pelakosaurused asendusid uuemate eellastega, therapsiididesga (thera - koletis).

Permis on periood, kus valitsesid imetajate eellased, sest nad olid kõige suuremad. Nt. Dimetrodon (joonis 3.7), kes näeb välja nagu dinosaurus ning varasemalt teda peetigi dinosauruseks, on tegelikult imetajate eellasliini kõrvalharu.



Joonis 3.7: Dimetrodon, imetajate eellasliini kõrvalharu.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Dimetrodon>

Lõpp

Permi lõpu väljasuremislaaine on Maa ajaloos kõige suurem. Permi lõpus suur väljasuremine. 96% mereliikidest, 70% maal liikidest.

Kõige tõenäolisemalt põhjustas Permi väljasuremise kaks miljonit aastat purskav Siberi vulkaan, CO₂ sisaldus tõusis 400 ppm pealt 2000 peale (ppm = *particle per miljon*), tõusis ka SO₂, mille kaasabil hapestus ookeanivesi.

Siberi vulkaan laava ja tuhk on joonisel 3.8 musta joonega eraldatud.



Joonis 3.8: Siberi vulkaanipurse Permis lõpus.

https://en.wikipedia.org/wiki/Siberian_Traps

Triias, 252 - 201 (51) Mat

Peale Permi väljasuremist taastus loomastik 30 miljonit aastat, aga taimestik 1-2 miljonit aastat.

Triias oli alguses kuum ja kuiv (kontinentaalne), aga Pangaea lagunemisel kontinentaalsus vähenes ning niiskuse tase tõusis. Kuiva ja kuumat kliimaga said imetajate ees eelise sisalikud (ei higista, ei pissi → vedelikukadu väiksem).

Taimed

Soontaimedest elasid Permi lõpu üle kollad, tsükaadid, hõlmikpuud, sõnajalad, osjad ja keellehikud (glossopteriidid). Põhja-poolkeral olid okaspuud, sõnajalad, ja bennetid (Kriidi lõpus surid välja - tsükaadilehed, kabiidiga paljasseemnetaimed). Põlevkivi kiht puudub. Vetikatest oli enne Permi rohe- ja punavetikad, siis nüüd domineerisid sekundaarse endosümbioosiga vetikad (vetikad, mille kloroplast on kolme või nelja membraaniga, vastavalt sekundaarne või tertsiaarne endosümbioos ehk kas rohe- või punavetikas on teist alla neelatud või juba kolmandat korda alla neelatud).

Selgrootud

Ilmusid uut tüüpi korallid, mis moodustasid valle. (Kivikorallid, Scleratinia.) Kaltsiidi asemel aragoniit. Kodadega ammoniidid (on peajalgseid) elasid Permi väljasuremise üle, uuesti lehvikarenesid. Samuti karbid lehvikarenesid.

Keelikloomad

Kalad

Kaladest kiiruimelised lehvikarenesid, sest Permi väljasuremine vabastas palju ökonišše.

Kahepaiksed

Kahepaiksetest temnospondülid (temno - lõikama; spondül - selgroolüli - selgroolülid koosnesid osadest) lehvikarenesid. Temnospondülid olid kahepaiksed, kellel olid mõned roomajate tunnused — soomused ja kehaplaadid.

Roomajad

Roomajad hakkasid hargnema kahte harru: sauromorfid (sauron=sisalik; siin on tulevased krokodillide, dinosauruste ja lindude eellased) ja lepidomorfid (lepidus=soomus; siin on tulevased kilpkonna, tuatara, sisalike ja ussid eellased).

Triiase alguses on palju Permi väljasuremisest vabanenud ökonišše, mida kõige edukamalt täitsid roomajad.

Varases Triiases ilmusid krokodillikujulised, kes hilises kesk-Triiases juba domineerisid maalelavate kiskjate rühmas kuni hilise Triiaseni.

Võibolla krokodillide eellasliinis ajaliselt see lõik, kus krokodillid on püsisoojased ning korrektse neljaosalise südamega ning täielikult maalise eluviisiga, mitte poolveelise eluviisiga nagu tänapäeval. Hiljem läksid krokodillide eellased tagasi (külma) vette ning sel põhjusel osaliselt taastasid kõigusoojasuse — südames taastekkis osaline arteriaalse ja venoosse vere segunemine.

Hilis-Triiases, 205 Mat, oli olemas selge lepidomorfi esindaja peitvaraanik?? (*Cryptovaranoidea microlanius*).

Hilis-Triiase väljasuremine põhjustas peaaegu kogu krokodillikujuliste väljasuremise, välja arvatud üks, krokodilliliin.

Alles hiljem dinosaurused lehvikarenesid ning kasvasid suuremaks kui krokodillide eellased (pseudosuhhid) ning tegid seda lühikestel mõne miljoni aasta pikkustel niisketel perioodidel (, üldiselt oli siiski kuiv ja kuum kliima.)

Hilis-Triiase väljasuremise põhjustas vulkaaniline tegevus ning peale seda saavutas lühiajalise tõusu nii sõnajalgade populatsioon kui ka järsku kasvasid dinosaurused suureks³⁴ (sest suurem enamus krokodillikujulisi suri välja. Sõnajalad ja sinosaurused — huvitav kokkusattumus).

Dinosaurused eristusid hilitriiases ja hakkasid valitsema Juuras.

Dinodel on pissi asemel kusi-happepasta, neil pole nahas higinäärmeid (mõlemad on vedelikukao allikad). Peale väljasuremist oli dinovabad ehk vähe konkurentsi kahes niššis: taimetoidulistest kolmetipulised eespurihambulised ja putuktoidulised (tulevased imetajad).

Imetajate eellased

Seoses öise eluviisiga arenesid kuulmine ja haistmine. Kuulmisega seoses tulid kolm lõualuud lõuast lahti ning eraldusid kolmeks väikseks kuulmeluukeseks (vasar, alasi, jalus). Haistmissagarad tõstsid aju suurust, aga kaotasid kaks neljast värvinägevast opsiinist (oli amniootidel). (Kõik kokku on öise eluviis pudelikael, kõikide imetajate ühistunnused.) Amniootidel oli roheline, punane ja kaks sinist opsiini.

Ainupilulised (monotreemid) pärisid kloaagi (linnud, sisalikud); roomavad jalad (küljel); munevad nahkseid mune;

Maal (mitte vees) hakkasid domineerima sisalikud, kel oli nahkse munaga veest sõltumatu leviku eelis (kahepaiksete ees).

Sisalikest domineerisid ürgsisalikud (arhosaurid), kes on krokodilli- ja linnu-haru esivanem. Üks arhosauride harudest on dinosaurused, kes küll eristusid hilis Triias, aga hakkasid domineerima alles Juura ajastu keskel.

Pseudosuhhid on krokodillide (aga mitte lindude) eellased, kes domineerisid.

Linnud eraldusid hiljem, kui imetajad!

Terapsiidid (imetajate väljasurnud eellased, domineerisid enne Permi lõppu) kaotasid mõju ja levikut.

Triase lõpus toimunud väljasuremine vabastas palju ökonišše, mida hakkasid dinosaurused ära kasutama.

Väljasuremine

Trias lõpeb väljasuremisega. Konodondid kadusid; kõik meredinod, v.a. kalasaurused ja plesiosaurused. Enamus käsijalgseid ja molluskeid (eriti kõhtjalgsed). Algelisemad dinod surid välja, mis vabastas Juura alguseks palju ökonišše ning sinna ilmusid dinode uued versioonid. Dinode valitsuaeg ongi tegelikult Juurast kuni Kriidi ennelõpuni.

Juura, 201 - 145 (56) Mat

Taimed

Juura taimestik domineerisid okaspuud. Kogu Juura jooksul okaspuud lehvikarenesid ning Juura lõpuks ilmusid tänapäeva okaspuud. Araukaaria on varasest Juurast ja kesk-Juuras domineeris Lõuna-poolkeral (tänapäeval esinebki Lõuna-Ameerikas). Ilmusid männi esivanemad, jugapuu (*Taxus*), kivijugapuulised (*Podocarpus*). Euroopa aladel domineeris hõlmikpuu (*Ginko*). Mõlemal poolkeral domineerisid bennetid. Taimedest hakkasid valitsema okaspuud ja sõnajalad. Tsükaadide eristumise ja levik tipp oli Juuras ja Kriidis. Kõige varasemad gnetod ilmusid Juura lõpus. *Caytona* domineeris Juuras, ilmselt puukujulised sõnajalad, keda kahtlustatakse õistaimede esivanemluses. Puusõnajalad *Cyatheales* ilmusid Juura keskel. Kõige vanem **modernne** osi ilmus varases Juuras.

Selgrootud

Putukatest olid kiilid, ilmusid kõige esimesed liblikad. Mardikad lehvikarenesid Juura keskelt kuni lõpu poole. Ilmusid kärsakad. Ämblikulaadsed olid Juura alguses.

Ilmusid esimesed tõelised vähilised (lüljalgsed), krabid. Peajalgsetest kaheksajalgadel oli veel kõva siseskelett (tänapäeval ainult väike leheke kere keskel).

Keelikloomad

Kalad

Kalasaaurustel oli pudelikael. Palju oli väikesekasvulisi plesiosauruseid. Pterosaurused ilmusid Triiase lõpus ja Juuras lehvikarenesid, olid kõigepealt kalatoidulised.

Kaladest hakkasid erinevad kiirelised tekkima. Jõgedes olid kopskalad ning merelises ja riimvees olid hai-sarnased hübodontid.

Lihasuimelistest kaladest ilmus latimeeria ja kopskala (Dipnoi). Kiiruimelistest ilmusid esimesed tänapäeva ürgsed kalad nagu tuuralised. Kõhrkaladest hakkasid samuti ilmuma tänapäevased versioonid railaadsetest ja hailaadsetest (kuue ja seitsme lõpusepaariga, tänapäeval viis).

Kilpkonnade eellased eristusid mitmeks tänapäevase liini haruks.

Kahepaiksed

Kahepaiksetest temnospondülid (soomused!) hakkasid vähenema, aga ilmusid esimesed kaasaegsed kahepaiksed (lissamfiibid, soomuseid pole).

Nelijalgased

Terapsiidide hulk vähenes, välja arvatud üks alamrühm, kellest arenesid hiljem imetajad. Sauropoodid olid suurimad dinodest taimetoitlased.

Pseudosuhhidest jäid ellu ainult krokodillimorfid. Peakaelalised olid globaalse levikuga (ainult tuatara alles). Esimesed soomuselised (ussid ja tänapäeva sisalikud) ilmusid 190 Ma tagasi. Dinosaurused divergeerusid ning imetajate eellastest ilmusid öise eluviisiga putuktoidulised.

Imetajad

Öine eluviis mõjutas karvkatte ja kõrgema metabolismi arenemist. Imetajate karvad ilmusid 165 Ma tagasi. Imetajate eellased hakkasid lehvikarenema, tekkisid (väljasurnud) mitmed harud, kes nägid välja nagu spetsialiseerumata ainupilulised. Emakoogilised ja kukkurlased ilmusid varajases Juura lõpus (Juramaia, joonis P:??, P:??).

Nokkloomad eraldusid imetajatest 150 Mat.

Linnud

Esimesed linnud (arheopterüks) ilmusid Juura lõpus, 160 Mat.

Kriit, 145 - 66 (79) Mat

Kliima oli soe.

Taimed

Keset Kriiti hakkasid äkitselt õistaimed lehvikarenema (adaptiivne radiatsioon), ning hakkasid kiirelt sõnajalgtaimi ja okaspuid välja suruma. Kriidi lõpus õistaimed juba domineerisid. Õistaimi hakkasid tolmeldama putukad, kes hakkasid seetõttu kiirelt evolutsioneeruma. Samuti ilmusid mardikad, kes hakkasid õistaimi sööma. Kuna õistaimede

liigiline mitmekesisus väga kiiresti kasvas, kasvas ka erinevatele õistaimede söömisele spetsialiseerinud mardikate arv, sest nad suutsid lagundada tselluloosi, hemitselluloosi ja pektiini. Mitmetel mardikatel tekkis hiljem pektiini lagundamiseks bakterite ja ürgide näol endosümbiondid ning mitmed need mardikad või nende sugulased (prussakate sugulased termiidid) kaotasid võime iseseisvalt pektiini lagundada.

Õistaimede kiire leviku tõttu hakkas vähenema sõnajalgadest, koldadest ja osjadest toituvate taimtoiduliste dinosauruste hulk. See viis omakorda alla kiskjatest dinosauruste populatsioonid.

Paljasseemne taimed domineerisid Juuras ja varajases Kriidis (tsükaadid, hõlmikpuud, okaspuud, gnetod (Welvichia).

Keelikloomad

Kalad

Meres muutusid uuemad raid, haid ja teleostid (luukalad, kel lõuad käivad välja) tavaliseks. Kriidi lõpus surid kalasaurused (ihtüosaurused) välja, kilpkonnad elasid üle.

Roomajad

Kaelpealised (tuatara) vähenesid juba Kriidi alguses, arvatavasti konkurents (Uus-Meremaal süüakse munad ära).

Dinod

Tyrannosaurus rex, velociraptor, Triceratops. Tippkiskjad olid dinod.

Imetajad

Imetajad olid väikesekasvulised, aga olulised, kohati oli rohkem kui dinosauruseid. Tõelisi kukkurloomi ja emakooklasi veel polnud, aga olid nende ürgsemad sugulased. (Sünnitajad 160, emakooklased 125 Ma.) Samas, kukkurloomad eraldusid pärisimetajatest vahemikus 160 - 125 Mat. Seega, nad võisid juba Juura keskel kuni lõpus eralduda. Uuemad uurimused väidavad, et kukkurloomad on arenenumad imetajad kui *pärisimetajad*, sest neil on näljaaegadel eelis — nad saavad pisikese lapse kukrust välja visata ja elavad näljaaja üle, aga pärisimetajad surevad koos lootega ära.

Nokkloomal ja sipelgasiilil oli 112,5 Mat tagasi ühine sarnane esivanem — tänapäeval on nad eraldunud.

Linnud

Pterosaurused oli varases ja kesk-Kriidis tavalised, aga vähenesid hilis-Kriidis. Nende vähenemine pole seotud lindude lehvikarenguga (rad.apt).

Tekkisid tänapäevased lindude seltsid.

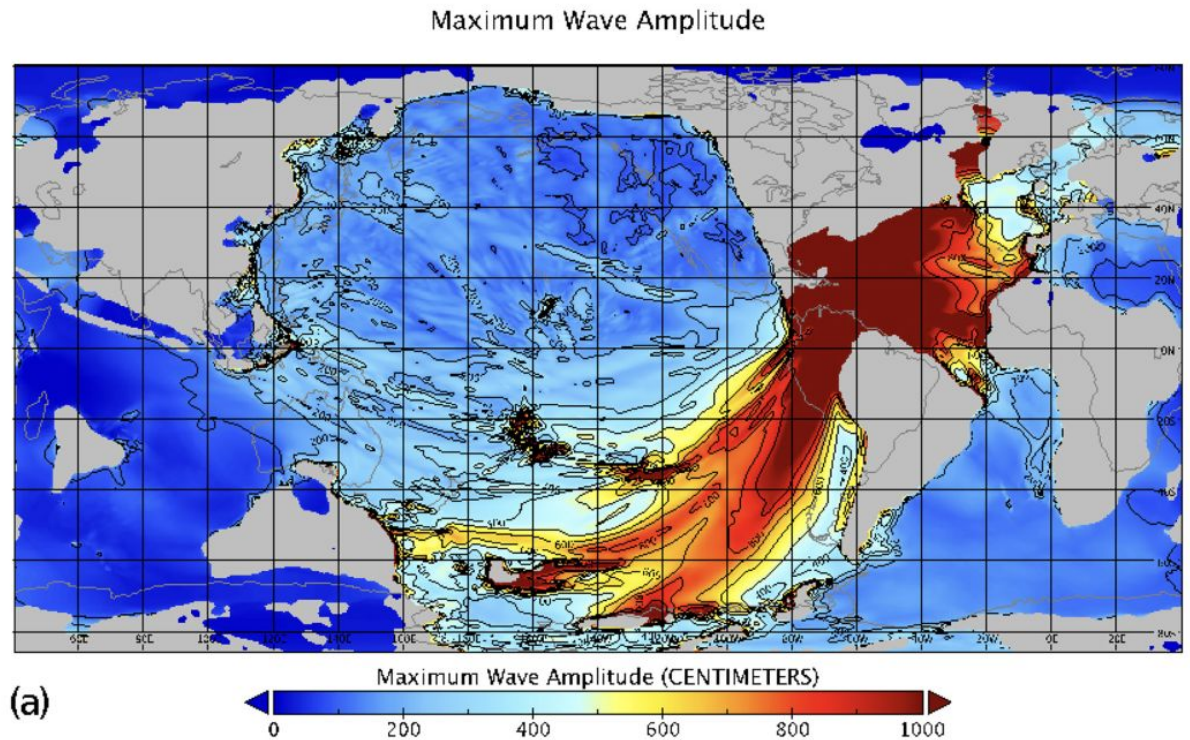
66 miljonit aastat tagasi

Mehhiko lahte kukkunud asteroidi põhjustatud kliimamuutus oli nii ränk, et suurekasvulised loomad surid esimeses järjekorras välja. Nendeks olid dinosaurused, sest imetajad olid sel

ajal keskelt läbi rotisuurused videviku ja ööloomad. Selle asteroidi põhjustatud tsunami on toodud joonisel 3.9.

Püsimad jäid kõigepealt väiksemakasvulised koobast tarvitavad loomad ja linnud (dinosauruste sugulased!). Püsima jäid ka parema ja aktiivsema hingamisefektiivusega loomad. Samuti jäid püsima kõigesööjad, putuktoidulised ning raipetoidulised.

Moodsad krokodillid suudavad kuid ilma toiduta elada.



Joonis 3.9: Tsunami, mille põhjustas 66 miljonit aastat tagasi dinosaurused hävitanud asteroid.

<https://edition.cnn.com/2022/10/04/world/dinosaur-asteroid-tsunami-scen/index.html>

Paleogeen, 66 - 23,3 (30,3) Mat

Taimed

C4-taimed saavad vähema CO₂-ga hakkama, hakkasid rohtlates domineerima 20 miljonit aastat tagasi. C4-taimed on kuuma ja kuiva kliima taimed. C4-taimed suurendavad CO₂ kontsentratsiooni RuBisCO ensüümi ümber. Okaspuud tõrjuti mägedesse ja jahedamasse kliimasse.

Keelikloomad

Imetajad

Imetajad, kes olid väikest kasvu generalistid, arenesid eraldi harudeks ning kasvult oluliselt suuremaks. Harunesid Aafrikaloomadeks ja Boreaalseteks loomadeks, vastavalt mandrite liikumisele. Aafrika harus on elevantid ning vööloomad. Boreaalharu on üks alaharu närilised ja ahvlased ning teine alaharu on jäneselised. Boreaalharu teine alaharu, Lauraasia

haru, on putuktoidulised, nahkhiirelised ning kabjalised+sõralised ning kiskjalised+soomusloomalised.

Vähemalt kolmes harus läksid osad loomaharud vette. Loivalised (elevandid, lamantiinid, dugongid on sugulased - vaadake lonti). Jõehobud, kiusvaalad on sugulased. Kotikud ja saarmad on sugulased.

Ahvid jagunesid poolahvideks ja ahvideks.

Linnud

Ka linnud lehvikarenesid. Kuna tippkiskad puudusid, siis vastavalt võimalustele tekkisid mitmed lennuvõimetud linnud nagu jaanalinnulised, tinamulised, pingviinilised.

Jaanalinnulised ja tinamulised on ka kõige vanem tänapäeva lindude haru.

Järgmised eraldujad on hanelised (koos partidega — mõelge, kui raskepärased nad lendavad ning kui sarnane nokk on neil nokkloomaga). Peale seda tutkad, flamingod; siis tuvid; siis on palju eraldujaid, aga kõige kõrgemalt arenenud linnud on värvulised, kuhu kuuluvad näiteks ka varesed. Just vareste lähimad sugulased, kõrvalrühm on papagoilised, kes samuti on väga kõrge intelligentsiga.

Neogeen, 23,03 - 2,58 (20,45) Mat

Viimase 10 miljoni aastaga C4 taimed üha rohkem domineerivad.

Imetajad ja linnud jätkasid lehvikarengut. Ülejäänud vanad rühmad püsivad muutumatuna. Neogeeni alguses suri mitu vana rühma välja, kaasa arvatud megalodonid (hiigelhaid).

Ahvid

Ahvid olid juba eelnevalt jagunenud poolahvideks ja ahvideks.

Poolahvid

Poolahvidel on hammaskamm, tualettküünis esijala teisel varbal, C-vitamiini süntees, innaaeg (mitte ovulatsioonitsüklil), niiske nina. leemurid, loorid, indrid, galaagolased (Lõuna-Aafrikas).

Ahvid

Karvutu nina, ovulatsioonitsüklil, ei sünteesi C-vitamiini. Kandlased, pärdiklased, inimlased.

Sumatra, Borneo ja Tapanuli orangutang (800 isendit). Ranniku- ja mägigorilla (200-300 isendit). Tavašimpansil neli alamliiki, kolm neist erineva geograafilise levikuga, bonobo on üksik.

Gibonitel neli perekonda ja 20 liiki, elavad Aasias. Neli perekonda on kõik erineva kromosoomide arvuga. Perekonnad peamiselt erinevad geograafilise leviku poolest. Tänu sagedasele püstikäimisele on nende Ahhilleuse kõõlus inimesele kõige sarnasem.

4. Inimene

Inimese liigi määratlemine Bioloogilise liigi mõiste põhineb ristumisbarjäärile — st. kui isendid ristuvad, on nad samast liigist; kui ei ristu, siis erinevast liigist.

Seega tuleb „avatusega” lugeda alljärgnevalt toodud inimese liikidest, sest need (liigid) on artiklites ja/või raamatutes **arheoloogide**, mitte bioloogide tehtud. Seega, kui Neanderi ja Denisova inimesed ristusid tänapäeva inimese liiniga, siis tegu ongi ühe bioloogilise liigiga.

Eelnev areng

Päristuumsetest inimeseni eelnev areng on lühidalt kirjas tabelis 4.1.

Milj.a.	rühm	kommentaariid
2700	päristuumsed	
1300	tagaviburlased	loomad+seened
1100	loomalaadsed (ilma seenteta)	
900	kaelusviburlased (→ hiljem käsnad) + loomad	
750	loomad	
670	kahekülgsed	
600	keelikloomad	
505	(kõhr-)kalad	
460	lõugsed kalad	
395	neljajalgised	
340	lootekotiga	
320	eelimetajad	eelimetajad on Synapsida ehk ühe oimuauguga koljudega. Eraldusid eelsisalikest, <i>diapsida</i>)
220	imetajad	
160	sünnitajad	koos nokkloomaga
125	emakoogiga	emakook = platsenta
100	„ülemnärilised”	eristusid primaatide, jänese, näriliste ühisoks, neile antud nimi on tõlkes ülem+valitsejad+närilised+jätkud
75	esikloomalised	eristusid ainult esikloomad=primaadid
67		asteroid Mehhiko lahes, viimased dinosaurused
63	ahvilised	kuivaninalised eraldusid märjaninalistest=poolahvidest)
40	ahvid	
30	kitsaninalised	Vana Maailma ahvid eristusid Uue Maailma laianinalistest
28	inimahvid gibboniga	koos gibbonitega, gibbonid on Aasias
20	inimahvid gibbonita	ilma gibboniteta, Aasias
16	inimahvid orangutanita	orangutan eraldus, veel Aasias
12	sageli püsti käiv	(inime+šimpans+gorilla), juba Aafrikas
10	inim.+šimpans	gorilla eraldus
6	inimene üksi	inim+šimpansi eellased hakkasid eralduma 10 miljonit aastat tagasi ning lõpetasid 6 miljonit aastat tagasi. Viimased üksikud sugulised kontaktid kestsid veel kuni 4 Mat.

7	Saheli inimene	oletatakse osaliselt/aegajal püstikäimist
6	Orrorrin	osa ajast püsti, aga säilinud ka puudel ronimise tunnused
5,6	<i>Ardipithecus</i>	Ardi ¹ -ahv laias mõistes. Elas metsas, aga jala põial pole enam spetsialiseerunud puul okstest kinni hoidmiseks.
4,2	<i>Australopithecus</i>	Lõuna-ahv. Lucy! Elased savannides. Püsti käisid juba ka emased rasedad. Silmahambad juba väiksemad. Inimene eraldus Lõuna-ahvist ligikaudu 3,4 - 2,2 miljonit aastat tagasi. Lõuna-ahvi laadsed surid välja 1,9 (1,7) miljonit aastat tagasi.
2,5	<i>Homo habilis</i>	osav inimene
1,9	<i>H. erectus</i>	püstine inimene
0,8	<i>H. sapiens</i>	tark inimene. Eraldusid Neanderi ja Denisova inimesed. Ka Naledi ja Flores inimesed.

Tabel 4.1: Inimese eelnev areng

Esikloomad, primaadid

Ahvid Aafrikas

Ahvide varasem hargnemine poolahvilisteks ja (päris-)ahvilisteks toimus Aafrikas ning poolahvilised ongi pigem levinud Lõuna-Aafrikas ning Madacaskaril. (Päris-)ahvid aga rändasid ühel hetkel Aiasiasse ning Aafrikast leitud kadusid. Sel ajal eraldusid kaks säilinud inimahvi Aiasias, aga näiteks viimasel ajal orangutani sugulaseks piitav hiigelahv (otsetõlkes ongi *Gigantopithecus* orangutang suri Hiinas välja 300 000 aastat tagasi välja.

Inimahvid

Gibonid, orangutanid eraldusid Aiasias

Inimahvide haru leidudest on Aafrikas ajaline auk, ligikaudu 16 - 7 Mat. Kahtlus oli, aga nüüd hiljuti leiti, et sel ajal olid inimahvide haru Aiasias. Loogiline on, aga millegipärast ei sõandatud tugineda sellele, et gibonid ja orangutanid on eraldunud inimese-harust Aiasia levikuetapis.

Giboneid ja orangutane ühendab see, et nad elavad suure osa elust puude otsas, on selles väga osavad ning toituvad puulehtedest ja viljadest. Nende kalduvus juba aegajalt püsti käia võis juba tollal olla, sest gibonid teevad seda meelsasti. Gibonid ja orangutanid ongi puudega seotuks jäänud, nad on suurepärased ja kiired ronijad. Aafrikase kolinud gorilla+šimpans+inime on pigem rohkem maapinnale kolinud.

Gibonid

Gibonitel on tänapäevaks lehvikareng viinud nelja perekonnani ning 20 liigini, perekonnad tekkisid võrdlemisi hiljuti, 5-7 Mat ning on erinevate kromosoomide arvuga. Nende genoom on palju kiiremini arenenud kui teistel inimahvidel ja inimesel.

Nad elavad troopilistes ja lähistroopilistes vihmametsades.

Nad on küll kõige osavamad ja kiiremad puude otsas ronijad, aga samas on nad inimesega sarnaselt head kahel jalal maa peal kõndijad ning nende Achilleuse kõõlus on inimahvidest inimesele kõige sarnasem.

Nad on sooliselt väheeristunud, sotsiaalsed, moodustavad sageli pikaajalisi paare, mis peale paarivälise seksi ka võivad „lahutada”. Nad ei tee pesa, erinevalt teistest inimahvidest.

Orangutanid

Orangutane on kolm liiki: Borneo, Sumatra ning Tapanuli orangutan. Tapanuli orangutan on kõige vähem, ligikaudu 800 isendit.

Sooline erinevus on võrdlemisi suur – isane keskmiselt 75 kilo, emane 37 kilo. Täiskasvanul isasel on laienenud põselotid, mis näitab domineerivat ühiskondlikku positsiooni. Noortel seda pole, aga samas see ei avaldu ka ea poolest vanadel isastel, kes pole domineerival positsioonil. Küll aga kiiresti kujuneb välja, kui neil endil õnnestub jõuda domineerivale positsioonile.

Orangutanid on kõige üksildasemad inimahvid – sotsiaalne side säilib ainult emastel mõne viimase pesakonna lastega kuni noorukieani.

Orangutanid söövad puudel vilju järgmise tehnikaga – kuna nad on rasked, siis tõmbavad oksa enda poole, mitte ei roni viljadele järgi (tähelepanek). Teatud osa söögist (1/6) on alati puulehed.

Orangutanid ületavad inimest oma loomingulise mõtlemise ja uudishimuga. Kui inimene jääb peale tehnilise ülesande lahendamist esimese töötava versiooni juurde, siis orangutanid leiutavad ka alternatiivse teise ning kolmandagi versiooni.

Raku nimeline orangutang ravib oma näovigastust kuning'a lehtedega (creeper akar kuning, *Fibraurea tinctoria*).³²

Gorillad

Gorillad eraldusid šimpansi-inimese liinist varem ning võimalik, et sel ajal oli kolmik pigem taimetoiduline.

Gorillad hiljem lahknesid tänu levila keskel olevate metsade kadumisele kaheks liigiks – lääne- ja idagorilla. Mägigorilla on isagorilla üks alamliik, kes elab Virunga vulkaanide pilvemetsades. Ida-tasandiku gorillad elavad Kongos (kõige enam tuntud). Lääne-tasandiku gorillad elavad kesk-lääne Aafrika riikides.

Isastel lääne-gorilladel läheb ka tagumik koos jalgadega halliks?

Gorillad (ja šimpansid) liiguvad sõrmenukkidele toetudes.

Gorillade genoomist 30% näitab, et ta on lähem sugulane inimesele ja šimpansile, kui inimesed ja šimpansid omavahel. Samuti on inimese genoomist 15% kõige enam gorillale sarnane.

Gorillad on taimetoidulised.

Gorillad on kõige suuremad inimahvid, isased võivad olla kuni 1,8 meetrit pikad ning 270 kilo rasked.

Gorillad elavad salkades, mida juhib hõbeselg-isane. Võimalik, et tegu on nagu inimese meestega, kellel juuksed halliks lähevad – isagorillal läheb kogu selg halliks. Hõbeselg-isane on vähemalt 12 aastat vana, nooremad „mustseljad” on 8 – 12 aastat vanad isased, kes sageli ka salgas elavad, mitte eraldi. Salgas on domineeriv isane, võibolla mõned noored isased ning haarem emaseid koos lastega.

Osutub nõrgaks teooria, et inimestel arenes šimpansitega võrreldes kõne, sest gorilladel on samuti sõltumatult oma väike kõnekeel olemas vähemalt 25 ühise standardse väljendiga.

Šimpansid

Šimpansid alustasid inimesest eraldumist 10 ja lõpetasid ligikaudu 6 miljonit aastat tagasi. On isegi arvamusi, et inimesest eraldumine algas 13 ja lõppes 4 miljonit aastat tagasi. (Molekulaarne CG-sünonüümide kell näitab 12,1 Mat eraldumist.)

Miljon aastat tagasi jagunesid šimpansid kaheks, tava- ja kääbusšimpans ehk bonobo. Šimpansid on vägivaldsed, paljuski lihatoidulised, kannibalistid ning isaste domineerimisega, sealjuures isased on suuremad. Bonobod on rahumeelsed, mittekannibalistid ning emaste domineerimisega ning isased-emased on ühesuurused.

Šimpansid jagunevad nelja alamliiki: kesk-, lääne-, ida- ja Nigeeria-Kameruni šimpans. Ametliku tunnusteta on kagušimpans. Peamised alamliiki jagunemise põhjused on aja jooksul vähenenud ja katkendlikuks muutunud levila.

Šimpansid (ja gorillad) liiguvad sõrmenukkidele toetudes.

Isastel šimpansitel on inimesega võrreldes üpris kohutav jõud, nad rebivad käsi ja jalgu otsast, ka hooldajatel, kui neil on paha tuju. Seepärast pole haruldane, kui loomaajast pakku põgenenud šimpansid lihtsalt inimese tervise huvides lihtsalt maha lastakse.

Šimpansid elavad oluliselt suuremates rühmades kui teised inimahvid – 15 kuni 150 liiget on hõimus.

Peaaegu kõik šimpansihõimud on nüüdseks leitud tööriistade kasutamiselt. Sealjuures levib tööriistade kasutamise kultuur – st. kui keegi õpib kasutama, siis selle kasutusoskuse teadmine levib geograafiliselt edasi.

Seevastu pole šimpansitel ja ühelgi inimahvil anatoomilist kohastumust viskeliigutuse jaoks. Nad pole võimelised oda või odakujulist eset odana viskama.

Šimpansid on palju parema ja kiirema videomäluga kui inimesed – nad suudavad 0,2 sekundi jooksul näidatud pildi peast veatult maha joonistada.

Bonobod

Bonobod elavad Kongo jõest lõunas, šimpansid põhjas. Nad eraldusid ligikaudu 1,5 - 2 miljonit aastat tagasi, sest šimpansid on halvad ujujad.

Mõne uuriija arvates sarnaneb bonobo justnimelt lõuna-ahviga (*Australopithecus*).

Bonobod on heatahtlikud, kaastundlikud ning koostööaltid inimahvid, kes kipuvad ohverdama isikliku kasusaamist ühise koostöö ja tulemuste nimel. Neil on inimahvidele ebatavaline emaste ja isaste võrdsle sotsiaalse struktuuri olemasoluga. Neil pole „oma” territooriumi ning nad reisivad laial maaalal ringi.

Hierarhia ülemises osas on kõrgelt hinnatud rühm, kus on võrdselt isaseid ja emaseid ning mida enamasti juhib kogenuim vana emane.

Ahvinimesed

Vanasti kutsuti inimahvide ja inimeste vahelisi etappe ahvinimesteks.

Peale šimpansist eraldumist

Vanamoeliselt on siis enamasti juba püsti käivad, aga veel ahviliku näoga lihtsustatult tähtsamad ahvinimesed Ardi ahv ja lõuna-ahv. [Enne neid on kaks vähemtähtsat inimahvi — Saheli inimene ja Orrin, mõned isegi ei pea neid inimese liini esindajateks.](#)

Saheli inimene. Sahelanthropus

Esimene kandidaat, kes võiks peale šimpansist eraldumist olla inimese eellane, on Saheli inimene, pärit Saheli savannist. Saheli on Sahhara ja niiskema tavalise savanni vahel. Olemas kolju, hiljem kirjeldatud reieluu ja sääreluu, isotoobi-määramise järgi 7,2 - 6,8 miljonit aastat tagasi. Silmahambad on vähenenud, aga reie- ja sääreluu põhjal pole püsivalt püstine, pigem sõrmenukkidel liikuja. Samas, koljuauk, mis toetab kaheljalal käimist, on asukoha suhtes šimpansi ja tänapäeva inimese vahel. Peetakse ka šimpansi-liini või varase gorilla-liini emase esindajaks.

Orrorin. Orrorin

Elas hinnanguliselt 6,1 - 5,7 Mat. Väiksemad hambad, kui Saheli ahvil. Silmahambad on ahvilikud, aga väiksemad. Reieluud osutavad kahel jalal käimisele, koljutagune puudel ronimisele. Seega, anatoomiliselt kohanenud kahel jalal käimine on 6 miljonit aastat vana.

Ardi ahv (Ardipithecus)

Ardi on Afari keeles maapind. Ardi ahv, kolju maht $300 - 350 \text{ cm}^3$. Tal on silmahambad nii absoluutsuuruselt vähenenud kui ka sooline erinevus vähenenud[31]. Toitus nii puu otsas ronides, aga poole ajast ka maapinnal avamaastikul, mis šimpansid ei tee. Erinevate esindajate isotoobimäärangud: 4,4; 5,6 Mat.

Lõunaahv (Australopithecus)

Pithekos on kr.k. ahv, Australis - lõuna.

Varased ahvinimesed arenesid **lõunaahviks** (australopitekus), kel oli väike keha ja aju (keskmiselt 466 cm^3), aga kes püsivalt liikus püsti (*Australopithecus afarensis*, tuntud kui **Lucy**). Lucy vanus on 3,7 Mat.

Inimese täi gorillalt, 3,3 Mat.

Inimesed

Osav inimene (Homo habilis)

Osav inimene oli 2,5 Mat. Kui *H. erectus* Euroopasse jõudis, ristus tundmatu varem tulnud inimliigiga, kes võiks olla *H. habilis*.

Püstine inimene (Homo erectus)

Järgmine esindaja, **püstine inimene** *Homo erectus*, elas 1,6 miljonit aastat - 1,8 kuni 0,2 miljonit aastat tagasi.

Andmed näitavad, et kui püstine inimene (*H. erectus*) tuli Aafrikast 1,9 miljonit aastat tagasi välja, segunes ta veel vanema inimesega, kes oli juba varem tulnud, aga kellest anatoomilisi jälgi pole säilinud. (Varasem tundmatu liik on autori arvates *H. habilis*.)

Inimene kaotas karvad 1,6 Mat. Tule kasutamise alguse suhtes on tõendeid palju — vähem konservatiivsemad tõendid on 1,5 kuni 1 miljonit aastat tagasi ning rohkem tõestatavad on 800 000 kuni 430 000 aasta tagasi (Iisraelis).

Püstisest inimesest arenes Aafrikas *Homo heidelbergensis*, keda nüüd peetakse DNA-andmetest saadud Neandersova inimeseks (hiljem jagunes Neanderi ja Denisova haruks).

Naledi (*Homo naledi*)

Üks inimese kõrvalharu, *Homo naledi*, vanus 236 - 335 000 aastat tagasi, leiti Dinaledi kaljuõõnsusest. Väike, ahvilik (väike pea, eenduva lõuaga; sale keha laiade puusadega ning inimese jalgade ja kättega, aga pikkade kaares sõrmedega), aga kolju kuju on inimese moodi. Pikkus 1,46, kaal 39 - 55 kg, aju suurus 410 - 610 cm³. Näiteks eessagara jäljend koljul. Naledi on „täht” sotho keeles.¹⁵

Neandersovani inimene

Neandersova inimene on kas *H.heidelbergensis* (DNA andmed ja kivististe põhjal loodud morfoloogiline liik on kokku viidud) või arenenud Heidelbergi inimesest.

Kõige konservatiivsem hinnang väidab, et Neanderi ja Denisova inimesed eraldusid 618 - 321 tuhat aastat tagasi. Keskmiselt pessimistlik uurimus väidab, et Neander+Denisova eraldusid inimesest 804 tuhat aastat tagasi ning omavahel 640 tuhat aastat tagasi. Kõige optimislikumad arvamused on, et Denisova inimese eraldumine hakkas juba 1,3 Mat, aga see hinnang vihja sellele, et Denisova eraldus tunduvalt varem kui Neanderi inimene.

Neandersova ristus enne kaheks eristumist Aafrikast umbes 2,0 Mat tagasi välja jõudnud nimetu ürgse inimese liigina.²⁷ Sellel esivanemal on kaks kandidaati - juba tekkinud väga varajane *H. erectus* või vanem, veel elav *H.habilis*.

Denisova inimeses on natuke väga vana inimest, pärit 400 000 aasta tagasest ristumisest ning vana inimese kandidaat on *Homo erectus*, kes elas 1,8 - 0,2 miljonit aastat tagasi.¹⁰ (See võib sama sündmust tähendada, teistel andmetel teine tõlgitus.)

Ühtedel andmetel (hambad, DNA) on Denisova inimene pärit Neandersova inimesest, kellest on pärit nii Neanderi kui Denisova inimene.

Teistel andmetel (mtDNA) Denisova inimene eraldus inimesest+Neanderist 1313 - 779 tuhat aastat tagasi. Sellisel juhul tõenäoliselt on püstinimesest *H. erectusest* eraldunud haru.

Neandersova inimene jagunes Lähis-Idast edasi liikudes Euroopasse jõudnud Neanderi ja Aasiasse liikunud Denisova inimeseks, aga nad hiljem kohtusid Kaukaasiast Altaini ning taasristusid. VÕI Denisova eraldus varem, läks varem Aasiasse, Neander läks hiljem ja peamiselt Euroopasse.

Neanderi inimene (Neandertaallane)

Esimene Neanderi inimese säilmed leiti Engisest, Belgiast 1829,¹ aga esimene Neanderi inimeseks nimetatud leid on 1856 Saksamaalt, Neanderi orust (Neander + thal).¹

Enamus varasemaid Neanderi inimese kohta tehtud DNA-põhiseid järeldusi (kuni 2017²⁶), on viie isendi põhjal:

1. „Altai Neanderi” (Denisova koopast, Lõuna-Siberis, Altai mägedes);
2. kolm isendit Vindija koopast, Horvaatiast, Lõuna-Euroopa;
3. Mezmaiskaya koopast, Kaukasuses.

Neanderi inimese arengus on morfoloogiliselt eristavad neli faasi, viimane on „klassikaline” Neanderi inimene. Esimesed faasid oli robustsemad, hilisemad suurema ajumahuga.

Neanderi inimestel oli suurem aju, natuke suuremad, skelett oli toekam.

Neanderi inimene võis eralduda juba Aafrikas ning rännata Euroopasse mitme lainena. Üks laine tuli ligikaudu 800 000 aastat tagasi.¹¹

Nii Neanderi kui ka Denisova inimene ristus varasemate kui ka hiljem tulnud inimeste liinidega, seega olid nad ühe bioloogilise liigi esindajad.

Ühiseid lapsi said isane Neanderi inimene ja emane inimene (sest pole naisliinis päranduvat mitokondri geene). Samas pole ka Y kromosoomis Neanderi Y jälgi.), aga on võimalik, et isase Neanderi liin pika aja jooksul lihtsalt asendunud.

Varasem arvamus, et Sahara-aluses Aafrikas Neanderi inimese geene pole, on nüüd ümber lükatud - laine, mis liikus 200 000 aastat tagasi Aafrikas välja, ristus Neanderi inimesega ning siis liikusid Neanderi geenid tagasi Aafrikasse koos inimesega, kes migreerusid Aafrikasse tagasi.⁵ Samuti leiti, et varasem arvamus - „Aasta inimestel on rohkem Neanderi geene”, on nüüd väärarvamus – Euroopas ja Aasias on Neanderi geene ligikaudu võrdsel määral.⁵

Neanderi ja inimese ristumise üks faas oli 120 - 100 tuhat aastat tagasi (Lähis-Idas¹⁹), teine 65-47 tuhat aastat tagasi.

Neanderi inimeselt liikus inimesele väljaspool Aafrikat geene 47 - 65 tuhat aastat tagasi.¹⁹ Täpsemalt, inimpopulatsioon, mis eraldus enne Aafrika moodsat inimest, andis ligikaudu 100 000 aastat tagasi geene Neanderi inimesele Altai mägedes.¹⁹

Neanderi inimesed jõudsid Siberisse kahe lainena: üle 100 000 aasta tagasi ja üle 60 000 aasta tagasi. <https://novaator.err.ee/1028828/neandertallased-saabusid-siberisse-kahe-lainena>

Neanderi inimesi jäi aja jooksul üha vähemaks.²⁷ Alguses olid Neanderi rühmad, nagu inimestel 10-30 inimest, hiljem ainult 10-13 inimesest. Nende asustuste omavaheline kaugus suurenes sedavõrd, et üha sagenes sugulaste vahel saadud laste arv. Kõige hilisemas etapis sulandusid (geeniandmete põhjal) Neanderi inimesed palju suuremasse inimese populatsiooni ning puhtaid Neanderi inimesi enam alles ei jäänud.

Põhja-Hispaanias, Estatuase koopas oli 130 000 aastat tagasi vähemalt kolm Neanderi liini, nende geneetika oli mitmekesisem. Hiljem, järgmise jääaja ajal (107 ja 80 000 at.) oli ainult üks liin, ehkki küll suuremate ajudega (kuni 1750 cm³). <https://novaator.err.ee/1608183262/hispaania-koopamuda-peitis-endas-neandertallaste-arengulugu> Hinnanguliselt on ainult 20% Neanderi genoomist eurooplastesse alles jäänud, ülejäänud surid välja. Eurooplastes on Neanderi geene 1,8 – 2,4% ning Ida-Aasias 2,3 - 2,6%.

Neanderi hiline inimene koosnes kolmest erinevast geneetiliselt eraldatud liinist:

1. Itaalia ja Balkani ning natuke Lääne-Hispaaniat.
2. Lääne, Kesk-, Põhja-Euroopa kuni Kaspia mere vasaku kaldani.
3. Kaspia mere vasakust kaldast kuni Altaini.

Omadused, oskused, mõju inimesele

Esimesed ja vanemad Euroopa kaljujoonised on Neanderi inimese tehtud.

Neanderi inimene ületas vähemalt ühes asjas tänapäeva inimest — nimelt Neanderi inimene oskas anaeroobses keskkonnas tõrva valmistada — Neanderi inimene valmistas kividest maa aluse küttekolde ning jättis ilma hapniku ligipääsuta kaetult kasepuu kasetõrva eritama. Inimesed liimina kasutatavat kasetõrva hapnikupuuduse-meetodil teha ei osanud.

<https://novaator.err.ee/1608996440/neandertallased-ajasid-tokatit-nutikalt> Tänapäeval on mitte-Aafrika inimestel Neanderi geene 1,5 - 2,6%.^{<empty citation>} Näiteks veel hiljaaegu oli arusaam, et Neanderi geenid on ainult eurooplastel, aga 2019

lõpu või 2020 aasta alguse uurimus tõi välja, et Põhja-Aafrikas on Neanderi geenid väheses ulatuses siiski levinud.

Neanderi kahe geeniga inimestel on kolju lapikum ja piklikum. <https://novaator.err.ee/885257/neandertallaste-geenid-annavad-monele-eurooplasele-lapikuma-pea> Ehkki Neanderi inimene on tänapäeva inimesele andnud immunoloogilist kaitset epideemiade vastu, on nii mõnegi Neanderi geenidega inimesel võimalik koroonat raskemini põdeda. <https://novaator.err.ee/1142304/neandertallaste-geenid-teevad-koroonapodemise-raskemaks>

Neanderi inimeselt on saadud järgmiseid geenialleele,²⁶ mis on seotud

1. immunoloogia, kaitse epideemiade vastu
2. LDL kolesterooli plasma tasemega
3. vitamiin D-ga
4. söömishäirega
5. vistseraalse rasva kogunemisega
6. reumatoidartriidiga
7. skisofreeniaga
8. antipsühhootiliste rohtudega
9. hommikune ärkamine

Denisova inimene

Esimene eksemplar, õieti ainult sõrme ühe lüli tükk, leiti Denisova koopast. Hiljem on mujalt leitud ka mõned hambad ja alalõuatükk.⁶ Kogu ülejäänud teadmised on saadud DNA järjestustest.

Levik, ränded

Denisova inimese kolm leiukohta on Altai mägedes (Denisova koobas), Tiibeti platool (vt. kõrgmäestiku geen) ja tänapäeva Laoses.⁶

Aga DNA-jälgede abil võib väita, et ta levis kogu Ida-Euroopas. Uuem, DNA-põhine uurimus väidab, et oli kolm Denisova inimese haru —

1. Siberis ja Ida-Aasias (Altai, Tiibeti, Laose leiukohad);
2. Uus-Gineas (eraldus 283 tuhat aastat tagasi);
3. Okeaanias (eraldus 363 tuhat aastat tagasi).

Denisova inimene on andnud 6% Paapua inimeste, 3-5% ühist DNA-d Melaneesia ja Austraalia aborigeenide DNA-sse. Tõenäoliselt tänapäeva inimene ristus tänapäeva inimesega 15 000 aastat tagasi Uus-Gineas. Denisova koopast pärit Denisova inimesel 17% genoomist Neanderi inimese oma, see on umbes kusagil vanaema ja vanavanaema vahel. Üks hübriid on Denisova isast ning Neanderi emast. Sealjuures on Denisova genoomist 4% pärit seni täpsemalt kirjeldamata väljasurnud inimese harust, mis eraldus üle miljoni aasta tagasi. Aegajalt kohtab jälgi hakkavatest ristumisbarjääri tekkimisest, nt. paapualastel on Denisova päritolu vähem X-kromosoomis ja 11-ndas kromosoomis, aga mitte ülejäänud kromosoomides.

Omadused, oskused, mõju inimesele

Denisova inimesel on oluliselt suuremad hambad.

Tänapäeva tiibetlaste kõrge mäestikutaluvus parema hapnikusiduvusega. See on seotud

EPAS1² geeniga, mis on transkriptsiooni faktor, mis reguleerib vastust hapnikupuudusele (hüpoksiale).³⁷

Enamusel inimestel tekib enam kui 3,5 kilomeetri kõrgusel kõrgema hapniku sisalduse korral hemoglobiini kontsentratsiooni stress, kus vere viskusoossus suureneb, mis omakorda suurendab raseduse tüsistuse ja südameveresoonkonna haigusi, seda ei juhtu tiibetlastel.³⁷ Inuitide rasvade metabolism on pärit Denisova inimesest. Nimelt WARS2 ja TBX15 lookused. Samuti on teatud harudel mõned lõhnu äratundvad geenid pärit Denisova inimeselt. Paapualastel on palju Denisova geene luudes (aga puudub tiibetlaste EPAS1 geen³⁷) ja muudes kudedes ning Neanderi geene ajus.

Varane inimene

Varane inimene on siis Neanderi ja Denisova inimesega paralleelselt arenenud haru.

Khoisanide naisliin on L0-haplotüübi kandja. Ilmusid 200 000 aasta eest ja jäid 70 000 aastaks. <https://novaator.err.ee/997162/vastuoluline-uuring-osutab-inimkonna-hallile>

Euroopa suunas hakkas liikuma L3-haplotüüp, mis Lähis-Itta jõudes eristus M ja N haplotüübiks, hiljem ka R-haplotüübiks. Etteruttavalt, Eestis domineeribki (natuke üldistatult) R (indoeuroopa), N (läänemeresoome), I (skandinaaviast läbi liikunud) haplotüübid.

Esimesed nüüdisaegsed inimesed jõudsid Euroopasse 210 000 aastat tagasi. Kolju. <https://novaator.err.ee/960056/esimesed-inimesed-voisid-jouda-euroopasse-arvatust-neli-korda-varem>

MCR1 geen on püsinud aafrika inimestel homogeensena **1,2 miljonit** aastat (see tähendab tumenahksus). Kubeme ja pea-täid eraldusid 1,18 miljonit aastat tagasi. Riide-täi eraldus siis, kui inimesed hakkasid riideid kandma.

Ränded Aafrikast Euroopasse

Vanim leid on 2,6 Mat, seega pidi ka ränne olema (nn. 0-ränne!).

Järgmine DNA-põhjal kindlaks tehtud rännak Aafrikast Euroopasse on vähemalt 2 miljonit aastat vana, rändas püstinimene (*H. erectus*).²⁷

Järgnes heidelbergi inimene (*H. heidelbergensis*), kes tõenäoliselt on Denisva ja Neanderi eellane (800 000 aastat tagasi).¹¹

Kolmas rännak oli 300 000 aastat tagasi.

Tänapäevase ja ürgsemate tunnustega inimene oli 210 aastat tagasi Lõuna-Kreekas Apidima koopas (Apidima 1).¹²

Neljas rännak 125 000 aastat tagasi.

Viies rännak algas ilmselt 75 000 aastat tagasi. See rännak edenes alguses Indiasse, siis Kagu-Aasiasse ning lõppes Austraalias 65 000 - 40 000.a. tagasi. Ka Austraaliast kohta saame öelda, et tõenäoliselt inimene osales suurte loomade väljasuremisel – 40 000 aastat tagasi elas Austraalias kuni 170 kg kaalub kanguru *Protemnodon viator*,³ siis suri välja (kui inimesed saabusid „ja ära sõid”).

Kuues rännak, ilmus Kromanjooni inimene, 40 000.

Kõik numbrid koos väljarännakute arvuga võivad muutuda, sest uusi andmeid tuleb juurde..

Hiina asustatud 1,66 miljonit aastat tagasi. Javasse jõuti 1,7 miljonit aastat tagasi. (Orangutang oli seal ees!)

²Endothelial Pas Domain Protein 1

Vanim puitrajatis on 476 000 aastat vana ning see ei kuulunud anatoomiliselt tänapäeva inimesele. <https://novaator.err.ee/1609107719/maailma-vanim-puitrajatis-voib-muuta-senist-arusaama-kiviajast>

Eraldi on huvitav Austraalia aborigeenide rännak. Ligikaudu 128 000 aastat tagasi oli Austraalias kaks kohta, kus inimesed elasid. Sellest on jäljed (viide). Samuti on eestlaste osalusel Papua inimese genoomist leitud 2%, mis kuulub tundmatule inimliigile, mille viimasteks ühiseks esivanemateks olid Aafrika Yoruba inimesed ja Austraalia aborigeenid. Teine austraalia laine. 80 000 aasta taguse Aafrikast väljarändamise tulemusena olid Indias umbes 65-55 000 aastat tagasi, Okeaanias 50 000 ning Austraalias 40-45 000 aastat tagasi. Tol ajal oli meri madalam, maa kõrgem ning maismaa omavahelised kaugused tunduvalt väiksemad kui tänapäeval. Parandatud andmed — see laine oli Austraalias 65 000 aastat tagasi.

Lääne-Austraalia aborigeeni juukse DNA analüüs näitab, et väljarännak toimus Aasiast 75-62 000 aastat tagasi.

Jaapanis elavad ainud olid eraldunud juba 35 000 aastat tagasi.

Tänapäeva moodne inimene

Tänapäeva anatoomiliselt moodne inimene on vana ligikaudu 300 tuhat aastat ning tekkis Aafrikas.

Moodsa inimese ränded Euroopasse.

Tänapäevase moodsa inimese säilmed on Iisraelis (194 - 177 000 at) ja Kreekas (210 000 at).¹²

Aafrika-siseselt on osa inimese rännanud Ida-Aafrikast Lõuna-Aafrikasse, ligikaudu 260 - 150 000 aastat tagasi, Khoi-San-i inimesed, haplotüübiga L0. Pügmeede (omanimetusega **Bambenga**) esivamenad (Kesk-Aafrika korilased/Aafrika vihmametsade kütid-korilased) rändasid Kesk-Aafrikasse 130 000 aastat tagasi. Pügmeede haplotüüp L1 on eraldunud 170 000 - 100 000 aastat tagasi. Bambenga inimeste lühike kasv on olulises osas tingitud inimese kasvu hormooni ja selle retseptori madala geeniekspressioonist, mis omakorda on tingitud troopilise vihmametsa madalast ioodi kättesaadavusest (ioodisõltuva türoidhormooni sünteesiraja TRIP1 ja IYD geenid).

Tänapäeva Euroopa inimene

Tänapäeva Euroopa moodsaim inimene on 40 000 tagasi Aafrikast tulnud rände tulemus.

Tänapäeva Euroopa inimene on pärit kolmest populatsioonist

1. Kromanjoonlastest pärit Lääne-Euroopa kütid-korilased
2. Ida-Euroopa põlluharijad, kes tulid Ida-Aasiast
3. ning uuskiviaja ürgsed Põhja-Euraasia indoeuroopa keeli rääkivad laiali rännanud rahvad.

Põhja-Indialaste komponent on pärit Lõuna-Venemaalt, kes tulid ka vastassuunas - Eestisse, tõid nõorkeraamika kultuuri. <https://novaator.err.ee/883877/geeniuuring-india-rahvad-on-eestlastega-sarnast-paritolu>

Paglicci koopast Itaalias Cro-Magnoni inimese haplotüüp on N.

Viimased sündmused

Mammutiluust onne ehtasid ainult Kesk- ja Ida-Euroopa inimesed (err 03.03.2023). 25 000 - 19 000 aastat tagasi oli viimase Jääaja maksimum.

Inimesed kogunesid siis peamiselt kolme pelgupaika (refuugiumi): tänapäeva Ukraina, Vahemere põhjakallas ning Hispaania lõunapiirkond.

Hispaania ja Prantsusmaa inimesed olid geneetiliselt erinevad Itaalia kuni Lähis-Ida elanikest (err).

Samas, Itaalias jäälõksu jäänud inimesed (Magdaleena kultuuri inimeste geenid) kadusid kiiresti ja täielikult (err).

14 000 - 8 000 aasta tagusest ajast pole ühtegi geenisegunemist Saksa ja Läänemerest idapoolsemate inimeste vahel (err). Samas polnud uuringus Poola ja piirnevate alade materjali (err).

Lühemalt

- 20 miljonit aastat tagasi eraldus gibbon (25 - 17 on hinnang)
 - 16 Ma tagasi eraldus orangutan
 - 12 Ma tagasi eraldus gorilla (hinnang ka kuni 10 Ma tagasi)
 - 10 - 6 Ma tagasi hakkas ja lõppes inimesest simpansi eraldumine. Samas üksikud kontantid veel kuni 4 Ma tagasi.
 - 5,6 Ma Ardipithecus
 - 4,2 Ma Australopithecus
 - 2,5 Ma Homo habilis.
 - 1,8 Ma Homo erectus
1. Vanim ränne Aafrikast välja 2 000 000 tuhat aastat tagasi (H. erectus või H. habilis). See liin ristus veel vanema inimesega (kellest jälgi pole). Hiina on asustatud 2,12 miljonit aastat tagasi. Juba 1,7 miljonit aastat tagasi.
 2. 1 300 000 – 800 000 (Neanderi ja Denisova ühine eellane).
 3. 300 000, Neanderi laine
 4. 200 000, tänapäeva inimene.
 5. 80 000, tänapäeva inimene. (Aborigeenide keele laine.)

Keeled. Euroopasse

1. I laine, jõudis Austraaliasse, tõid kaasa Munda keeled, millest jäi India rannikule jälg maha.
2. II laine, draviidi keeled
3. III laine, indoeuroopa keeled.
 - Neander+Denisova ühine eellane lahkes 1300 – 780.
 - Denisova ristus 400 000 aastat tagasi vanema inimesega, kes on mitu miljonit aastat vana.
 - Neanderi geenidega inimene läks 200 000 a. Tagasi TAGASI Aafrikasse.
 - Inimene Austraaliasse I laine 128 000 aastat tagasi. (Kahed artifaktid)
 - Inimene Austraaliasse II laine 65 000 aastat tagasi.

Eesti inimese ajalugu

Eesti aladel oli esimene asustus Kunda kultuur. Tõenäoliselt olid esimesed asukad Lääne-Euroopa kütid-korilased (WEHG – West European Hunter-Gatherers). Lehel https://et.wikipedia.org/wiki/Kunda_kultuur on toodu järgmised tollest ajast pärit sõnad (vist enamuse on pakkunud Paul Ariste: eile haug higi hull konn liha meri must mägi neem nisk nüri Peipsi Pärnu saar selg siig sugu vimb . Nendest on minu tõlgendus mõnede olemas: Peipsi järv on indo-germaani algkeeles „**kala-järv**”. (Mägi on mountain, meri

on „more”). Seega, vähemalt mõned sõnad on lihtlabased indo-euroopa algkeele sõnad. Samas, indo-euroopa algkeelt peetakse pärinevat 9000 aastat tagasi Anatoolia põllumeeste juurest.¹⁴ Aasta sobib, aga mitte põllumehed.

Hiljem lisandusid Ida-Euroopa kütid korilased (EEHG – East European Hunter Gatherers) ning enne Kalevi/läänemeresoome keelte tulekut veel Ida põlluharijad (EEF - East European Farmers). Läänemeresoome keel liikus koos N-haplotüübiga.

Youtube'i video materjal

Youtube'i videost järgmine lõik.²⁴

Aitori järeltulijad Eesti aladel vähemalt 6500 aastat tagasi. Dahgda liin vähemalt 7500 aasta tagasi, Arase liin vähemalt 5900 aastat tagasi.

Osad Arase liini esindajad jõudsid Eestisse hiljem, indoeuroopa keelega, hobused, pronksikasutus, põlluharijad. Nad levisid 5 - 6000 aastat tagasi üle kogu Euroopa.

Dahgda liin liikus enamjaolt Lääne-Euroopasse. Arase omad Ida-Euroopasse, jõudsin Eestisse koos põlluharimisega.

Kalevi liin Aasias ligikaudu 15 500, levis Lääne ja Põhja suunas, Lõuna-Uraalideni. Sellest Kalevi-liinist 5 500 tagasi mees, Kalevipoja-liin. Kalevipoja liin levis üle kogu Põhja-Euraasia, väga suure tõenäosusega soome-ugri keelkonna kandja.

Ragnar 4600 aastat tagasi pärit Kesk-Euroopast, kus hõim oli seal alates Jääaja lõpust. Hiljem tõrjuti põhja poole, olles samuti põlluharijad ning muutusid Skandinaavias domineerivaks genotüübiks (Põhja-indogermaani keeled? → taani-rootsi-norra-islandi keeled).

Genotüüp	nimi	päritolu	aastat tagasi	osakaal
R1a	Aras	Aasovi meri	25 100 - 20 500	33%
I2	Aitor	Balkani poolsaar	29 800 - 25 200	3%
R1b	Dagha	Kaspia lõuna-kallas	25 100 - 20 500	9%
N1c1 / N1a1	Kalev	Hiina + Uraalid		31%
I7	Ragnar	Skandinaavia..		15%

Tabel 4.2: Eesti genotüübid

Veel teisi haplotüüpe 4.3.

Haplo-tüüp	aastat tagasi	päritolu
G	50 000 aastat tagasi Lähis-Idast	põlluharijad.
T	45 000 aastat tagasi Lähis-Idast	vist Mesopotaamia põlluharijad.
E1b1b	26 000 aastat tagasi	Aafrikast.
J2	22 000 tagasi kütid-korilased Jääaja lõpust I laine; II laine pronksiaja alguses	Lähis-Idast.
Q	Kesk-Aasiast 26 000 aastat	tagasi Siberisse, osa neist Ameerikasse, osa Euroopasse.

Tabel 4.3: Teisi Eesti haplotüüpe

Youtube'i videost pärit lõik lõppeb

Veel Eesti keele ja inimeste sugulust

Eesti keel on tekkinud hiina vana kahesilbilise murde ja indoiraani murrakute segunemisel (Gao Jingy).

Hiina aladelt pärit kahesilbiline hiinamurre jõudis eestisse peale pronksiaega, "Kalevipojahaplotüüp <https://novaator.err.ee/937390/siberi-geeniparand-joudis-eesti->

[aladele-samaaegselt-soome-ugri-keeltega](#)

Virumaal on tugev soomlaste geenipärand. Kagu-Eesti lahknes 1000 aastat tagasi. Käis läbi ülitugevalt baltlastega (äkki elasid seal veel lõuna-eesti murdeid rääkivad inimesed?!) <https://novaator.err.ee/1121418/eestlaste-geneetiline-peenstruktuur-paljastab-varvika-ajaloo-ja-piirkondlikud-eriparad>

Soomlased ja ngassaanid on suuremad sugulased kui soomlased ja rootslased. Ungarlased sarnanevad oma geograafiliste naabritega. (Hoopis teine viide: keskajal oli ungarlaste seas soome-ugri geene 50%, tänapäeval 2%.) Eestlaste sugulus: soomlaste, vepslaste, saamide, karjalastega. <https://novaator.err.ee/865539/kas-keelesugulus-on-paris-sugulus-geenid-vastavad>

5. Ökoloogia

Keskkonna tegurid

Ökoloogia kui valdkond on teemade tihedalt läbipõimunud, seega nii keskkonna tegurite, ökosüsteemide või aineringete korral räägime samast „materjalist”, aga erineva nurga alt. Ökosüsteem koosneb toiduahelatest, mida mõjutavad (abiootilised) keskkonna tegurid, samas kui toiduahela osad on ise ühtlasi ka (biootilised) keskkonnategurid. Ning toiduahelad osalevad suurtes keemiliste elementide (C,P,O,N, jne.) aineringetes.

Kuidas keskkond on inimese arengut mõjutanud

- Tänu kliima muutumisele - kliima jahenes, troopiliste metsade pindala vähenes, savanni pindala suurenes. Osa šimpansi-gorilla-inimese ühise eellase liinist rändas metsast savanni.
- Evolutsiooniline surve savannis elamiseks, vähem puid, soodustas püstist kõnnakut.
- Püstine kõnnak mõjutas anatoomilisi muutuseid:
 - vaagnavöötme muutumine,
 - jalgade pikenemine,
 - käte lühenemine,
 - põiapöidla kadumine,
 - karvkatte vähenemine (püstise kõnnakuga kaasnes auramise muutumine)
 - (abiootilise teguri mõju), toitumise muutumine (troopiline vihmamets -> savann.).
- Tule kasutamise oskamine (savannis olulisem oskus)

Abiootilised tegurid: kliima, aastaajad, vee hulk, kiirgus, jne.

Kuidas keskkond muutub, kui paralleelselt arenevad mitmed toiteahela liikmed — rohtlate teke

- Rohtlate tekke suurim komponent on C_4 taimede teke.

- Sellele järgneb rohusööjate arenemine (kabjalised, sõralised), mis hoiab rohtlaid ära metsa kasvamisest. Tegemist on nn. rohtlate hooldusega, mis suunab rohtlate arengut ja levikut.

Siinkohas on rohtla ise keskkond, mis mõjutab liikide arengut — samas, liigid ise mõjutavad keskkonna teket ja arengut — kõigepealt on ju tegemist uue ja kujuneva ökoniisiga, seejärel suure ökosüsteemiga ning kõige lõpuks **bioomiga**.

Nüüd tagasivaateliselt, saame ka üldistavalt öelda, et inimene on väljakujundanud kliima-vöötmesõltumatu bioomi - **linnastud**.

Samamoodi on kliimasõltumatud bioomid ka nt. **vee-elustikud**.

Ökosüsteemid

Kooslused. - organismide rühmad, mis on üksteisega kohapealses suhtes. Sarnaste koosluste rühm moodustab bioomi.

Toiduahelad

Suurrühmad

- Fotosünteesijad bakterid, ainuraksed + rohelised taimed SEOVAD süsinikku.
NB. ookeanides toodavad sini- ja rohevetikad rohkem hapnikku, kui kogu maailma metsad kokku.
- Rohusööjad
- Kiskjad
- Lagundajad: CO₂, C (humiinained)
- Mügarbakterid, ÜRGID seovad N₂, tekib NO₃ Ürgid seovad ookeanis N₂. muu ringe.
- Denitrifitseerijad toodavad N₂
- Fosforvætised, fosfori kumuleerumine organismides.

Toiduahelate lülide omavahelised kaugused

Ökosüsteemides kujunevad välja rollid ning rollid on üksteisest sobivas kauguses nii, et iga lüli toidubaas oleks piisavalt suur ja ei tekiks ülekattuvus ehk konkurents:

- rida tippkiskjatest väikekiskjateni, rohusööjad, taimed, mullaelaninikud.
- organismi suurus (teatud intervalliga - kuldlõige või sarnane suurus): söögibaas (substraat)
- eluvormid!

Lisaks

- Taimejuured domineerivad mullas, makrotasemel.
- Mikrotasemel on bakterid ja seened,
- ainuraksed.
- Mükoriisa seente ja taimejuurte vahel.
- palju mullaainurakseid (amööbid, kolmed erinevad limaseened), söövad baktereid.
- Ainurakseid söövad väikesemõõdulised ussid - ümarussid - osad vihmaussid, aga ka varbussid. (Teised vihmaussid söövad makroobjekte - taimeosi - sikutavad tükke ja tõmbavad mullakäikudesse, kus edasi söövad; kõdunud taimeosi.)
- Taimedest puud võitlevad pindala eest lehtede ja okaste lagunemise keemiaga:

- kuuseokkad on happelised
- lehise okkad (lehed) on aluselised
- tammelehed sisaldavad tanniini
- läbi vahtralehtede samuti keegi ei taha kasvada + vahtralehed lagunevad aeglaselt (ei osata lagundada → keegi ei söö).

Austraalia

Kukkurloomad hea näide, kus kooslustes on tüüprollid.

- Suurkiskja. (Kukkurtiiger + väiksem kukkurhunt).
- Keskmise – väike kiskja.
- Suur rohusööja. Känguru.
- Väiksemad rohusööjad.

Ka putukate maailmas on suurest väiksema suuruseni rollide rida. Iga liik on teisest 1,3 – 1,5 korda suurem/väiksem.

Eesti

Eesti aladel ökopüramiid ja suuruste erinevus (kuldlõige ja sarnased väärtused):

1. hunt (, karu)
2. (šaakal)
3. rebane (kährik)
4. tuhkur
5. kärp, nugis (puudel)
6. nirk
7. hiir

Eesti hiire eluvormiga sugukonnad

- (a) hiir korjab talveks seemneid
- (b) karihiir sööb putukaid
- (c) uruhiir on hamsterlane
- (d) unilased on pähklinäpp

Ökopüramiidi astmed või sõlmpunktid

- Tootja; roheline taim; vetikad; fotosünteesijad bakterid. Hiired söövad seemneid,
- (parasiidid: ümarussid taimedes, lameussid loomades)
- (pisikesed rohusööjad: teod; röövikud; jänessed, jne.)
- (pisikesed kiskjad: nirk, kärp, tuhkur, ka rebane, ilves jne.) Lüljalgsed: vähid, krevetid;
- (putuktoidulised: linnud; kahepaiksed ja roomad kahepaiksete ja roomajate sööjad: linnud; rebased)
- Segatoidulised: siga; karu, inimene, jne.
- Tipprohusööjad (kelle vaenlased on tippkiskjad), lehmad, metshobune, savannis sinignuud, kitsed, põdrad, elevandid, kaelkirjakud; jõehobu. Kiusvaalad (krill).
- Tippkiskjad: hunt, suured kaslased; kotkad; suured haid, raid; hammasvaalad; kuningpüüton.
- Suurlagundajad: raipesööjad (karu; kaeluskotkas)
- Keskmise taseme lagundajad: putukad (röövikud toituvad väljaheidetest); termiidid (puit troopikas)

- Madala taseme lagundajad: seened, bakterid, üksikud ürgid (metaanitootja soolestikus), ürgid/bakterid soolestikus (termiidi, rohusööjate soolestik),
- Tasakaal toiduahelates: kiskjate kadumine tähendab rohusööjate peatumatut paljunemist -> tähendab rohumaade ja metsade hävimist.
- Vöörliigid: küülikud, dingod Austraalias. Kormoran Eestis. Küülikud sõid ära Austraalias alustaimestiku. Dingod sõid kukkurloomi. Kormoran saabus Eestisse ligikaudu 1995.a.

Aineringed ökosüsteemis

C

C-ring: süsinikskelett.

Autotroofid toodavad, heterotroofid kasutavad/söövad.

N

N-ring (oluline koostis DNA-s (lämmastikalused), aminohapetes.

Mügarbakterid makrokoosluses.

Ürgid on ookeanis.

Ringi lõpetavad denitrifitseerijad.

P

P-ring (oluline koostis DNA-s (fosfoskelett), ülioluline molekul ATP (ka GTP), fosforit sisaldub palju nii hammastes, kui luudes).

6. Keskkonnakaitse

Bioloogiline mitmekesisus

Elurikkuse tasemed

Elurikkuse tasemed: liigiline, geneetiline (liigi sees), kooslustes.

- Liigiline: mida rohkem liike, sest rohkem seoste võimalusi ning alternatiivseid toiduahelas asumise võimalusi. Kurg võib süüa mitte ainult ühte konnaliiki, vaid ka sisalikke, rohutirtse, ritsikaid, hiiri, mutte.
- Geneetiline: isendite suurem arv tagab suurema geneetilise varieerumise ja liigi ellujäämise, edukuse ja kohanemise võimaluse. Pudelikaela efekt, kus järgmistel põlvkondadel on ülimadal varieeruvus koos geneetiliste puudustega (gepardite halvad hambad).
- Koosluste (elurikkus): rohkem kooslusi mitmekesistab/suurendab liikide jaoks võimalikke ökonišše. Koosluste areng annab tekitab uued ökoniššid: kõrreliste tekkimine → rohumaade tekkimine → sõraliste ja kabjaliste tekkimine.

Elurikkuse kaitse

Koosluste killustumine vajab

- koosluste kaitset -> kaitsealade loomist
- koosluste vahelist ühendusteid
- Loodusvarade säästlikku kasutamist.
- Biolagunevate ainete väljatöötamist. Bakterid söövad plasti.
- Taaskasutust: vanad arvutiosad, vanametall.
- Bioloogilist ja keskkonnasäästlikku tootmist. (Taimed ja bakterid koguvad ja eraldavad väärismetalle, muldmetalle.)
 1. Päikesepaneelide tootmine on keskkonnale ülikahjulik!!
 2. Elektriautod sõidavad põlevkivist toodetud elektriga!!!
- Parandavate toodete tootmine -> tänapäeval vastupidi: tooteid ei saa parandada (Apple').
- Fossiilsete kütuste kasutuse lõpetamine: hetkel pole asendustehnoloogiaid... Vesinikmootorid?
- Loodusteaduslik harimine: teeb taandarengud, õppeprogramme lihtsustatakse, mitteiluline sisu. Lapsed üha rohkem tehiskeskkonnas, loodust ei tunne.
- Väga tundlikud loodusalad. Roomikmasina või autojäljed jäävad tundresse sadadeks aastateks. Vihmametsade õhuke huumuskiht erodeerub kiiresti. Amazonas.
- Elupaikade killustumine: loomadel, lindudel, taimedel, seentel puudub ühendustee naaberpopulatsioonidega. -> Need teed tuleb maastikuarhitektuuri planeerimisega kujundada. Need on looduskaitse alade ühendamiseks vajalikud koridorid, kus piisab nt. 100 meetri laiusest koridorist.

Liikide väljasuremine ja massiline väljasuremine

- Liik sureb välja, kui toit saab otsa, teda süüakse ära või elupaika enam pole.
- Liigi suuremise näide: dodo, kelle soolestikust käis läbi ühe puu seeme, mis vajab valmimiseks Dodo seedeensüümide töötlevat toimet. See puu enam järglasi ei saa.
- Liigi väljasuremine võib olla näiline, sest liik muutub ja kivistised on ainult vastava aja kohased. Nt. Inimese liik areneneb: Homo erectus (püstine inimene) arenes tänapäeva inimeseks. Toimus morfoloogiline (sujuv) muutumine.
- Massiline väljasuremine on siis kui toimub ulatuslik kliimamuutus või ulatuslik toiduahela kokkukukkumine. Kliimamuutumisega kaasnevad elupaikade ja toidu kadumised.

Elupaigad, mis hävivad

1. Ekvatoriaalsed ja troopilised vihmametsad. Peale puude maharaiumist, kooslus ei taastu.
2. Kõrbestumine. Sahara Aafrikas, Austraalias, Namiibia Lõuna-Aafrikas.
3. Märgalad, vee-elupaigad. Kahepaiksed, kes on paljudele lindudele toiduks.
4. Elupaikade killustumine. Lahendus – tekitada nende vahelised ühenduskoridorid.
5. Saastumine ja reostumine. Keskkonda lisanduvad kahjulikud ained.
6. Pestitsiidid on taim-, looma-, seenemürgid. Keskkond saastub nende mürkidega. Mürkide kontsentratsioon tõuseb toiduahelas, kõige suurem kontsentratsioon on tippkiskjates. Nt. kotkad.

7. Õhusaaste: happevihmad. Lubikestaga loomad hävivad, sest happelises keskkonnas ei moodustu lubikesta. Nt. Limused (karbid, teod). Kuidas tekivad happevihmad: lämmastik- ja väävelühenditest tekivad lämmastikhape ja väävelhappe molekulid, mis on vee/vihma koosseisus.
8. Õhu/atmosfääri koosseisu muutus. CO₂ osa suureneb, mis on kasvuhoone gaas. Veel suurema efektiga on metaan, CH₄.
9. Ülemäärane kütmine. Suurloomad hävivad: elefantid, ninasarvikud, tiigrid, lõvid. Vaalad. SEOTUD illegaalse loomakauplemisega.
10. Kliimamuutus: püsiva temperatuuritõuga kaasneb ainult emaste isendite teke, paljud kahepaiksed ja mõned roomajad. Kuna isaseid ei sünni, siis surevad liigid ühe põlvkonna jooksul välja.
11. Võõrliigid. Eestis kormoran, sööb veekogud kaladest puhtaks.
12. Haigused. Kukkurkurat võitleb vähiga (artikkel).

Looduskaitse korraldus

1. loodusreservaat (kas rahvuspark või looduskaitseala)
2. sihtkaitsevöönd lubatakse tegevust, mis on seotud väljakujunenud või veel kujunevate koosluste säilimist.
3. piiranguvöönd
 - (a) on ala, mis ümbritseb hierarhiliselt tähtsamat kaitseala ning seal tuleb arvestada kaitse alla võtja esitatud tingimustega.
 - (b) On lubatud kõik, mis pole keelatud seaduste või kaitseala eeskirjadega. Nt. teed on päikesetõusust -loojangu avalikud, v.a. õueala.
 - (c) Piiranguvööndi eeskirjad wikist.
4. I kaitseala kategooria liik vajab kaitsetsooni, igapäevaelus on kaitsetsoon kohati vastupidise mõjuga - saadetakse välja teade, et ei tohi seda ja teist ning inimesed salaja teevad just vastupidi, et kaitse all olevast liigist lahti saada.
5. Millegi tegemine on võimalikult säästev, nagu loodusrahvastel.
 - Loodusrahvastel on säästev kasutamine, nagu arenenud parasiitidel. Kasuta ainult niipalju, kui vaja läheb, mitte rohkem.
 - Lääne-Euroopa-Põhja-Ameerika tööstus on loodusressursse raiskav. Mitte ainult ei toodeta nii palju, kui hetkel loodusressursse on, vaid tekitatakse lisanõudlust seadmete programmeeritud vananemisega (tarkvaraliselt) ning juba disailt luuakse uusi asju kiiremini vananevaks (riistvaraliselt).
 - Vanaisade (vabandust, vanavana-vanaisade) tööriistad olid eluaegsed.
 - Tänapäeval enam ei saa saagi ja vikatit teritada - raud on teise koostisega.
 - Majad mitmesaja aastased, autod vähemalt 30-aastased. —
 - Mitte ainult põllumehed ei lähe üle vanade tarkvarata traktorite peale, aga mitmed inimesed lähed. Sest auto sõidab muidu esindusse tagasi, kui lisatasu pole makstud.
6. Erinevad tasandid: jagavad raha → kus raha, seal on populatsiooniosa, kes keda huvitab raha, mitte eesmärk (looduskaitmine) → siit edasi „looduskaitse korraldus”
7. Maardla ja keskkonna vaheline probleem. Riigil on vaja kaevandada, et toota, keskkonna mõttes ei tohi kaevandada.
 - (a) Eestis rauamaak: üle poole kilomeetri sügaval, sisaldus alla 50%
 - (b) haruldased muldmetallid, uraan, - graptoliitargiliidi (vana nimega diktüoneema) sees

- (c) Graptoliidi kolooniad (*Rhabdinopora flabelliformis*)
- (d) * Rootsi Gävle rauakaevandus ning kokkulepped riigi ja elanikkonna vahel.
Kuna Gävle asula ongi tekkinud tänu kaevandusele ning sealsete elanike sissetulek on otseselt või kaudselt seotud kaevandusega. Riik leppis elanikega kokku, et linn kolib kiriku ning teised suurhooned kaevandusest kaugemale, sest uued kaevandused, mis on juba kilomeetri sügavusel, tekitavad ohu, et linn variseb kaevandusse.

Kaasaegse rohelise linna kujundus (Lundi näitel)

Siinkohal on toodud Rootsi linna kujundus (Lundi, aga ka natuke Uppsala näitel), samas on Euroopas juba ka Saksamaal vastavaid põhimõtteid ellu viidud.

Autoteed

1. Autoteede ülesehitusel on järgmised põhimõtted
 - (a) linna läbivad magistraalteed on eraldatud, neil on maha- ja pealesõidud
 - (b) magistraalteed EI RISTU tänavatega, vaid on erinevatel tasanditel
 - (c) mahaõidud viivad linna peamistele tänavatele.
 - (d) linnatänavad on hierarhilised selleks, et mida kaugemal mistahes keskusest, nt.
 - linnakeskus,
 - ostukeskus,
 - meelelahutus-, spordi-, kontserdipaik,
 - tööstuspark,seda vähem oleksid teed läbisõidetavad. Ja seega vähem saastavad.
 - (e) linna autoteed ja rohekoridoride jalgratta/jalakäia teed EI RISTU, vaid on erinevatel tasanditel.
Sellega
 - autode liiklus on sujuvam, sest puudub vajadus valgusfoorideks
 - ka jalgratturite/jalakäiate liiklus on sujuvam, sest puudub vajadus valgusfoorideks. Eriti oluline on see jalgratturite jaoks, kes võivad sõita aeglaselt liikuva auto kiirusega (20-30 km/h), ning kui neil pole nii palju valgusfoore, kui on autodel, siis see ongi **motivatsiooni allikas**, kus jalgrattur jõuab nt. viie kilomeetri kaugusele sama ajaga või ainult 2-3 minutit hiljem kui autoliikleja, sealjuures on autoliiklejal oluliselt suurem parkimisvajadus (mis võtab aega) ja enamasti on see ka tasuline.
 - jalgratturid + jalakäivad ei hinga saastavat õhku, nad asuvad kaugemal ja ristumiskohas teisel tasandil
2. Magalad pole läbisõidetavad -> saaste väheneb - kui tee kinni, välja ei saa
3. magalate ja kesklinna vahel on
 - (a) eraldavad ristisuunalised rohelised barjäärid/vööndid, mis on nii ökonišiks keskmistele kui väikestele organismidel, kui ka müra ja saastuseraldajaks
 - (b) ühendavad pikkisuunalised rohelised koridorid, piisavalt laiad, et jalgrattaga ja lapsevankriga saab üksteisest mööda, kahe-suunalised.
4. linnaosade vahel on autoteed, aga neid ei saada jalakäiate teed, VAID need jalakäiate ja jalgrattaste teed on eraldi, sageli omavahel diagonaalis, suunaga kesklinna- ja oluliste keskuste vahele.
5. Töötlejate tööstus on eraldi, ühendusteel on head — nii autoteed — töötleva tööstuse

logistika kvaliteet; kui ka rohekoridorid — töötajad saavad jalgratastega aasta läbi ohutult liigelda.

6. Tootva tööstuse autoteed on suunatud otse linnast välja ja sisse, JA POLE suunatud läbi rahvarohkete alade, nt läbi kesklinna.
Töötleva ja tootva tööstuse olemasolu on ülimalt vajalik selleks, et Eesti oleks konkurentsivõimeline. Seda, et Eestis pole töötlevat tööstust, on näha siis, kui saabub järjekordne ülemaailmne majanduskriis (2008.a.; koroona-aeg 2019-2021.a.), kus väidetavalt tubli vahendaja Eesti kannatab majanduskriisi käes kümneid kordi enam kui elutähtsaid tooteid tootvad riigid.
Töötlev tööstus ei välista rohekoridoride teket kesklinna ja magalate vahel, peaaegu alati on vajalik eritasemeliste teede ristmikud.
7. Põhimõte/muster - töötleva tööstuse alade, magalate, kultuurialade vaheldumine, roheteed ja autoteed ühel tasandil ei ristu.
8. Autoteede (ja ringteede) lilleklumpe on väga palju, liikide õitsemine on järjestatud - enamasti mõni liik ikka õitseb
9. Päris vanalinna keskossa tavaautoga ei saa. Ainult teenindusautod.
10. Kogu linnatransport on (bio)gaasi peal. → Lundi on PALJU-PALJU puhtam kui Tartu õhk, võrrelda pole võimalik Tallinna õhuga. (Milleks Tallinnasse tööle tulla? Tervist rikkuma?)

Jalgrattateed

- Väga paljud jalgrattateed on ühildatud suurte jalakäijate teedega, mis looklevad loogiliste majarühmade vahel. Need jalgratta/jalakäiate teed pole vahetult autotee sõiduradade kõrval!
- Fakt, et jalgrattateed on rohekoridoris, on **sadu kordi turvalisem ja tervislikum** lahendus, kui jalgratta teede autoteede kõrval olemine, mis tähendab seda, et jalgratturid sõidavad rekade kõrval ning seda ka talvel libedaga, kus jalgratas on külma ja libedaga ülimalt ebaturvaline liiklusvahend (**õhu- ja mürasaastus; liiklusturvalisus**).

Võrdle Tartu roheliste ettepanekut, et Riia maanteele eraldataks aastaringselt tervelt üks rada jalgratastele, kusjuures raskveokid kasutavad ülejäänusid radu.

Kas ükski roheline on kunagi kordagi tipptunnil Riia tänavat mööda liigelnud ja pole ühtegi korda silmaga nähtavat saastuse probleemi kogenud?

- Lähemalt asuvate linnade ja eeslinnade vahel on jalgrattateed, mis on autoteedest **eraldatud**.
nt. Lundi ja Malmö vahel on 16 km, mistõttu on täiesti võimalik igapäevaselt jalgrattaga ühest linnast teise tööle ja tagasi sõita.

Rohekoridorid

Rohekoridor on siinkohal jalgratta/jalakäiatee, mis on mõlemalt küljelt suhteliselt ulatuslikult ääristatud (vähemalt 3-4 meetrit) rohelise muru ja kaugemal vähemalt 2 meetri (sageli 3-4 meetri) kõrguse põõsareaga. Osa rohekoridori juttu on jalgrattateede juures.

- rohekoridorid on põõsareaga ääristatud, kõik põõsad on marjukandvad; põõsastes elavad ja pesitsevad väiksemakasvulised linnud
 1. Eestis rohealadel (pargid, murulapid) peaaegu alati puuduvad põõsad. Väga harva on parkides põõsaid. Nt. Tartu Maarjamõisa pargis, haigla kõrval, on

ainult üks rida põõsaid, pargi alumine rinne on täiesti lage, ökoniššina on see koht eriti hõre ja väheasustatud.

Seal karjuvad 5-6 varest ja kevadel harva laulab üks ööbik, kui sedagi. 300 × 300 meetri roheline ala kohta peaks seal tore „sümfooniaorkester” kõlama, st. vähemalt umbes 12-20 liiki peaksid korraga laulma ja tegutsema.

2. rohekoridori laius on sageli vähemalt mitukümmend meetrit:
 - (a) kaherealine tee
 - (b) 3-4 meetrit muru
 - (c) 3-4 meetrit põõsaid jne.
- Põõsad peaaegu alati kannavad marju, (st. puuduvad puhtakujulised ilupõõsad, on praktilised põõsad, mis võivad ka ilusad olla). Talvel saavad linnud marju süüa.

Rohealad, pargid, metsatukad

- Puulehti ei koristata, need jäävad väetiseks, nendest toituvad paljud vihmaussid, seened, teised lagundajad ja seda aasta läbi.
- puudel on heli summutusmõju, loovad ökoloogilise nišši, mõjutavad linnatemperatuur (tasakaalustavad, kontrastseid temperatuure).
- Heina niidetakse juuli lõpus, siis, kui enamus lilli on ära õitsenud.
- Puud lastakse vanaks kasvada, ei saeta 40-50 aastasele maha. Vanad puud moodustavad eraldi ökonišši mitmetele liikidele, näiteks kakud.
- Puud hoiavad linna suvel jahedana ning talvel soojana.
- Puude rindelisus -
 1. suured ja vanad puud moodustavad ülemise rinde varesed, hakid
 2. keskmised ja väikesed puud keskmise rinde punarind, rästad, kuldnokad
 3. põõsad alumise puurinde varblased, tihased
 4. rohu- ja puhmarinne
- Parkides ja väikestes metsatukkades on mahasaetud tüved, kus elavad lagundajad seened, putukad, jne. Lõuna-Rootsis (Skånes) on väga sageli suvalises, hooldatud tukas üks või mitu suurt kohaletoodud tüve, mis on eraldi terve ökosüsteem.

Keskkonna olulisi kaasaegseid juhuslikke teemasid

- Keskkond:

elurikkus vajab kaitset: linnaökoloogia on vajalik teema, sellest arusaamiseks peaks ka puhtas looduses elama ehk olema elamiskogemus.

Ainult linnas elades (ja kontoritööd tehes) tuleb välja kujundada isendile sobiv sport ning (ökoloogiline) keskkond → puhas õhk, mitte elektromagnetlainetus (mis häirib ajutööd (sünapside töö on seotud elektrilaengute liikumisega = elektromagnetlainetus) ja ei lase välja puhata ← selleks peab olema oma kogemus täiesti vabas looduses). Vaba looduse kogemus võib avaldada sõltuvuse, enne ei märka.

Füüsiline koormus ja toitumine on kaks praktilise **isendiökoloogia** põhikomponenti.
- Elupaikade killustumise vastu tegutsemine: **suurrohekoridorid** (Teie maad, krundid, mida ette võtate)
- Uued suunad looduskaitstes: kaitstakse kooslusi, mitte üksikuid liike (ehk, kaitstakse korraga palju loodust, koos sellega ka looduslikku terviklikkust).
- Euronõuded ja inimeste isiklik elu: kas inimene ise kaitseks loodust, aga euronõuded seavad peale ebamõistlikud piirangud!!! Kas inimene jätkav looduse kaitsmist või

püüab ise ära elada?

Inimesi vaadeldes tuleb välja, et **inimene hoiaks loodust küll**, nt. oma maaalal kaitstavaid liike — AGA, riik kaitsealuste liikide esinemist teadasaades seab üle mõistuse **piirangud** peale ning inimesed seepeale **ise hävitavad kaitsealuseid liike**, et piiranguid ära hoida või neist lahti saada.

Siin on seni lahtirääkimata/lahtikirjutamata probleem — päris palju inimesi kaitseks **tasuta ja omal soovil loodust**, aga nad tekitavad endale **suure majandusliku kahju**, mille tekitaks on omakorda riik koos **looduskaitse seadustega**.

- Erinevad tasandid: jagavad raha → kus raha, seal on populatsiooniosa, kes keda huvitab raha, mitte eesmärk (looduskaitmine) → siit edasi „looduskaitse korraldus”
- Millegi tegemine on võimalikult säästev, nagu loodusrahvastel. Loodusrahvastel on säästev kasutamine, nagu arenenud parasiitidel. Lääne-Euroopa-Põhja-Ameerika tööstus on loodusressursse raiskav.

Essee teemad

1. mida isiklikult ette võtate oma kinnisvaraga, et loodust hoida ja elurikkuse tuge pakkuda
2. mida organisatoorselt ette võtate, et loodust hoida ja elurikkuse tuge pakkuda

Sisukord

1 Süstemaatika	1
Sissejuhatus	1
Süstemaatika	1
Liik	1
Takson ja süstemaatika tase	2
Fülogeneetiline süstemaatika ehk kladistika	2
Monofüleetiline süstemaatika	3
Taksoni tasemed	3
Kolm domeeni	4
Riigid, hõimkonnad	7
2 Evolutsioon	8
Evolutsiooniuriidid	8
Evolutsiooni tasemed	9
Mis on liik?	9
Liigiteke	10
Liigitekke põhjused, valik	10
Fossiilid	11
Konkurents valib paremad välja - Wallace'i-Darwini olemusvõitlus	11
Liigisisene konkurents	11
Liikide vaheline konkurents	11
Otsene	11
Kaudne, resurside peale	11
Konkurents majanduses on väga sarnane looduse konkurentsiga	12
Kohastumine ja kohanemine (Lamarckism)	12
Rasvumine	12
Endeemid	12
Geenitriiv ja geenivool	12
Genofond	12
Inimese geenivool	13
Geenitriiv	13
Pudelikaela efekt	13
Rajaja efekt	14
Makroevolutsioon	14
Evolutsiooni uurimine	15
Populatsioonigeneetika	15
Evolutsiooniline ökoloogia	15
Kuidas evolutsiooni uuritakse	16
Elu Arengu uurimise metoodika ja arvuti-programmid	16
Evolutsiooni uurimise praktilised küljed	17
Elu versioonid	17
3 Maa teke, elu algus ning areng	18
Maa aja perioodid	18
Maa arengu suurimad astronoomilised, geoloogilised ja bioloogilised suurmõjutajad	20
Enne Maad, Päikesesüsteem	20
Hadaikum, 4,5682 - 4,031 (0,551) Gat	21
Arhaikum, ürgaeon, 4,031 - 2,5 Gat	22
Proterosoikum, agueon, 2,5 - 0,539 Gat	23
Calymn, 1600 - 1400 (200) Mat	26
Ectas, 1400 - 1200 (200) Mat	26
Sten, 1200 - 1000 (200) Mat	26
Ton, 1000 - 720 (280) Mat	27
Krüogeen, 720 - 635 (85) Mat	27
Ediacara, 635 - 538,8 (96) Mat	28
Fanerozoikum, Nähtaveon, 538,8 - 0 Mat	29
Kambrium, 539 - 485 (64) Mat	30
Ordoviitsium, 485 - 444 (41) Mat	30
Silur, 444 - 420 (24) Mat	31
Devon, 420 - 359 (81) Mat	32
Karbon, 359 - 299 (59) Mat	33
Perm, 299 - 252 (47) Mat	34
Triias, 252 - 201 (51) Mat	36
Juura, 201 - 145 (56) Mat	38
Kriit, 145 - 66 (79) Mat	39
66 miljonit aastat tagasi	40
Paleogeen, 66 - 23,3 (30,3) Mat	41
Neogeen, 23,03 - 2,58 (20,45) Mat	42
4 Inimene	42
Eelnev areng	43
Esikloomad, primaadid	44
Inimahvid	44
Gibonid, orangutanid eraldusid Aasias	44
Gibonid	44

Orangutanid	45
Gorillad	45
Simpansid	46
Bonobod	46
Ahvinimesed	46
Peale simpansist eraldumist	46
Saheli inimene. <i>Sahelanthropus</i>	47
Orrorini ahv. <i>Orrorin</i>	47
Ardi ahv (<i>Ardipithecus</i>)	47
Lõunaahv (<i>Australopithecus</i>)	47
Inimesed	47
Osav inimene (<i>Homo habilis</i>)	47
Püstine inimene (<i>Homo erectus</i>)	47
Naledi inimene (<i>Homo naledi</i>)	48
Neandersova inimene	48
Neanderi inimene	48
Levik, ränded	49
Omadused, oskused, mõju inimesele	49
Denisova inimene	50
Levik, ränded	50
Omadused, oskused, mõju inimesele	50
Varane inimene	51
Ränded Aafrikast Euroopasse	51
Tänapäeva moodne inimene	52
Euroopa	52
Viimased sündmused	52
Lühemalt	53
Eesti inimese ajalugu	53
Youtube'i video materjal	54
Veel Eesti keele ja inimeste sugulust	54
5 Ökoloogia	55
Keskkonna tegurid	55
Kuidas keskkond on inimese arengut mõjutanud	55
Kuidas keskkond muutub, kui paralleelselt arenevad mitmed toiteahela liikmed — rohtlate teke	55
Ökosüsteemid	56
Toiduahelad	56
Suurrühmad	56
Toiduahelate lülide omavahelised kaugused	56
Austraalia	57
Eesti	57
Ökopüramiidi astmed või sõlmpunktid	57
Aineriingid ökosüsteemis	58
C	58
N	58
P	58
6 Keskkonnakaitse	58
Bioloogiline mitmekesisus	58
Elurikkuse tasemed	58
Elurikkuse kaitse	59
Liikide väljasuremine ja massiline väljasuremine	59
Elupaigad, mis hävivad	59
Looduskaitse korraldus	60
Kaasaegse roheline linna kujundus (Lundi näitel)	61
Autoteed	61
Jalgrattateed	62
Rohekoridorid	62
alad, pargid, metsatukad	63
Keskkonna olulisi kaasaegseid juhuslikke teemasid	63
Essee teemad	64

Kirjanduse loetelu

- [1] *Ancient DNA and Neanderthals*. <https://humanorigins.si.edu/evidence/genetics/ancient-dna-and-neanderthals>. Viimati vaadatud 04.03.2023.
- [2] Harris Bernstein, Carol Bernstein ja Richard E. Michod. „Sex in microbial pathogens“. *Infection, Genetics and Evolution* 57 (2018), leheküljed 8–25.
- [3] Rupendra Brahmbhatt. *40,000 years ago Australia was home to giant kangaroos, here's proof*.
- [4] Carlos Neto De Carvalho. „Mais recente e mais profundo: Treptichnus (Phycodes) pedum (Seilacher) no Devónico Inferior de Barrancos, Zona de Ossa Morena (Portugal)“. *Comunicações Geológicas* 95 (2008), leheküljed 167–171.

- [5] Lu Chen *et al.* „Identifying and Interpreting Apparent Neanderthal Ancestry in African Individuals“. *Cell* 180 (2020), leheküljed 677–687. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.01.012>.
- [6] Fabrice Demeter *et al.* „A Middle Pleistocene Denisovan molar from the Annamite Chain of northern Laos“. *Nat Commun* 13 (2557) (2022). DOI: [10.1038/s41467-022-29923-z](https://doi.org/10.1038/s41467-022-29923-z).
- [7] Dimitrios Floudas *et al.* „The Paleozoic Origin of Enzymatic Lignin Decomposition Reconstructed from 31 Fungal Genomes“. *Science* 336 (6089) (2012), leheküljed 1715–1719. DOI: [DOI:10.1126/science.12217](https://doi.org/10.1126/science.12217).
- [8] Michael W. Gaunt ja Michael A. Miles. „An Insect Molecular Clock Dates the Origin of the Insects and Accords with Palaeontological and Biogeographic Landmarks“. *Molecular Biology and Evolution* 19 (2002), leheküljed 748–761.
- [9] Neil J. Gemmell *et al.* „The tuatara genome reveals ancient features of amniote evolution“. *Nature* 584 (2020), leheküljed 403–409.
- [10] Ann Gibbons. *Humans mated with Neandertals much earlier and more frequently than thought*. <https://www.science.org/content/article/humans-mated-neandertals-much-earlier-and-more-frequently-thought>. 2016.
- [11] Aida Gómez-Robles. „Dental evolutionary rates and its implications for the Neanderthal-modern human divergence“. *Science Advances* 5 (5) (2019). DOI: [10.1126/sciadv.aaw1268](https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1268).
- [12] Katerina Harvati *et al.* „Apidima Cave fossils provide earliest evidence of Homo sapiens in Eurasia“. *Nature* 571 (2019), leheküljed 500–504.
- [13] S Bair Hedges *et al.* „A molecular timescale of eukaryote evolution and the rise of complex multicellular life“. *BMC Evol Biol* 4 (2) (2004). DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-4-2>.
- [14] Paul Heggarty *et al.* „Language trees with sampled ancestors support a hybrid model for the origin of Indo-European languages“. *Science* 381 (6656) (2023). DOI: [10.1126/science.abg081](https://doi.org/10.1126/science.abg081).
- [15] Lisa Hendry. *Homo naledi, your recently discovered human relative*. <https://www.nhm.ac.uk/discover/homo-naledi-your-most-recently-discovered-human-relative.html>. Viimati vaadatud 05.03.2023. 2018.
- [16] Andrey Yu. Ivantsov. „New reconstruction of Kimberella, problematic Vendian Metazoan“. *Paleontological Journal* 43(6) (2009), leheküljed 601–611. DOI: [10.1134/S003103010906001X](https://doi.org/10.1134/S003103010906001X).
- [17] Philippe Janvier. „eLS“. Teoses: Muséum National d'Histoire Naturelle, 2020. Peatükk Agnatha (Lampreys, Hagfishes, Ostracoderms).
- [18] Eric E. Karrfalt. „Secondary Development in the Cortex of Isoetes“. *Botanical Gazette* 143 (4) (1980), leheküljed 439–445. DOI: [doi:10.1086/337319](https://doi.org/10.1086/337319).
- [19] Martin Kuhlwilm *et al.* „Ancient gene flow from early modern humans into Eastern Neanderthals“. *Nature* 530 (2016), leheküljed 429–433.
- [20] Yang Liu *et al.* „The Cycas genome and the early evolution of seed plants“. *Nature Plants* 8 (2022), leheküljed 389–401.
- [21] „Molecular Phylogeny and Divergence Times of Deuterostome Animals“. *Molecular Biology and Evolution* 22 (11) (2005), leheküljed 2275–2284. DOI: <https://doi.org/10.1093/molbev/msi225>.
- [22] Royal Ontario Museum. *Fossil evidence*. URL: <https://burgess-shale.rom.on.ca/science/origin-of-animals-and-the-cambrian-explosion/the-cambrian-explosion/fossil-evidence/> (vaadatud 23.04.2024).
- [23] William J. McMahon Neil S. Davies ja Christopher M. Berry. „Earth’s earliest forest: fossilized trees and vegetation-induced sedimentary structures from the Middle Devonian (Eifelian) Hangman Sandstone Formation, Somerset and Devon, SW England“. *Journal of the Geological Society* (2024). DOI: [DOI:https://doi.org/10.1144/jgs2023-204](https://doi.org/10.1144/jgs2023-204).
- [24] Ajalugu Oskariga. *Eestlaste algisad*. 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=YnviQdrLUPE>.
- [25] Ben K. D. Pearce *et al.* „Origin of the RNA World: The Fate of Nucleobases in Warm Little Ponds“. *PNAS* 114 (2107). DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1710339114>.
- [26] Kay Prüfer *et al.* „A high-coverage Neandertal genome from Vindija Cave in Croatia“. *Science* 358(6363) (2017). DOI: [10.1126/science.aao1887](https://doi.org/10.1126/science.aao1887).
- [27] Alan R. Rogers, Nathan S. Harris ja Alan A. Achenhach. „Neanderthal-Denisovan ancestors interbred with a distantly related hominin“. *Sci Adv* 6(8) (2020).
- [28] Daniel H. Rothman *et al.* „Methanogenic burst in the end-Permian carbon cycle“. *PNAS* 111 (15) (2014), leheküljed 5462–5467. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1318106111>.
- [29] Matthew S. Smart *et al.* „Enhanced terrestrial nutrient release during the Devonian emergence and expansion of forests: Evidence from lacustrine phosphorus and geochemical records“. *GSA Bulletin* 135 (7-8) (2022), leheküljed 1879–1898. DOI: <https://doi.org/10.1130/B36384.1>.
- [30] Paul K. Strother *et al.* „Earth’s earliest non-marine eukaryotes“. *Nature* 473 (7348) (2011), leheküljed 505–509.
- [31] Gen Suwa *et al.* „Canine sexual dimorphism in *ardipithecus ramids* was nearly human-like“. *PNAS* 118 (49) (2021).
- [32] Gayathri Vaidyanathan. „‘Orangutan, heal thyself’: First wild animal seen using medicinal plant“. *Nature News* (2024). DOI: [doi:https://doi.org/10.1038/d41586-024-01289-w](https://doi.org/10.1038/d41586-024-01289-w). URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-024-01289-w>.
- [33] Lewis M. Ward *et al.* „Evolution of Phototrophy in the Chloroflexi Phylum Driven by Horizontal Gene Transfer“. *Front Microbiol* 9 (260) (2018). DOI: [doi:10.3389/fmicb.2018.00260](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00260).
- [34] Jessica H. Whiteside *et al.* „Compound-specific carbon isotopes from Earth’s largest flood basalt eruptions directly linked to the end-Triassic mass extinction“. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107(15) (2010), leheküljed 6721–6725. DOI: [10.1073/pnas.1001706107](https://doi.org/10.1073/pnas.1001706107).
- [35] George E. Williams. „Geological constraints on the Precambrian history of Earth’s rotation and the Moon’s orbit“. *Reviews of Geophysics* 38 (1) (2000), leheküljed 37–60.
- [36] Wei Yuan *et al.* „Mercury isotopes show vascular plants had colonized land extensively by the early Silurian“. *Science Advances* (2023).
- [37] Xinjun Zhang *et al.* *PNAS* 118 (22) (2021). DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2020803118>.

Joonised

1.1	Viiruste tasemete muutus.	5
1.2	Elupuu, 2018.	6
1.3	Kõrgsüsteematika riikide ja hõimkondade- deni.	7
1.4	Päristuumsete fülogeneesipuu, 2023. . . .	8
2.1	Reduktiivne Atsetüül-CoA rada	18
3.1	Giardia; kaks tuuma, mitokondri asemel hüdrogenosoom , mis toodab vesinikku + mitosoom. Parasiit.	26
3.2	Euglena; kaks tuuma, silmtäpp.	26
3.3	Kimberella	28
3.4	Hüpoteetiline Kimberella ehitus	28
3.5	Dickinsonia sisaldas kolesterooli	29
3.6	Treptichnus pedumi jäljendid	29
3.7	Dimetrodon, imetajate eellasliini kõrval- haru.	35

3.8	Siberi vulkaanipurse Permis lõpus. . . .	36
3.9	Tsunami, mille põhjustas 66 miljonit aas- tat tagasi dinosaurused hävitanud asteroid. .	41

Tabelid

1.1	Taksonite tasemed	4
2.1	Evolutsiooni uurimise metoodika	16
2.2	Elu versioonid/etapid	17
3.1	Eoonid	20
3.2	Ajastud	20
3.3	Hadaikum	21
3.4	Ürgeoon	22
3.5	Agueoon	23
3.6	Päristuumsete eristumised	24
4.1	Inimese eelnev areng	44
4.2	Eesti genotüübid	54
4.3	Teisi Eesti haplotüüpe	54