



Co-funded by
the European Union

Elu evolutsioonipuu: fülogeneetiliste suhete loomine



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





TABEL

SISUKORD

Sissejuhatus	2
Uurimine – evolutsiooniliste seoste ja ühise esivanema mõistmine	3
1.1 Mis on Elu puu?	3
1.2 Mis on fülogenees?	3
1.3 Fülogeneetiliste puude koostamiseks kasutatud tõendid	6
1.4 Homoloogilised vs analoogilised tunnused	7
1.5 Kuidas lugeda fülogeneetilist puud	7
1.6 Miks on fülogeneetilised puud olulised	9
Teostus – klassifitseerimisest suhete loomiseni	10
2.1 Teooriast praktikasse: looduses esinevate seoste mõistmine	10
2.2 Kuidas liitreaalsus toetab õpieesmärki	10
2.3 Praktiline liitreaalsuse harjutus: Elupuu ehitamine	10
2.4 Bioinspireeritud õppimine praktikas	11
2.5 Koostööl ja uurimuslikul õppimisel põhinev õpe	11
Täiustamine – süsteemse mõtlemise süvendamine liitreaalsuse abil	12
3.1 Miks liitreaalsus parandab fülogeneetilist õppimist	12
3.2 Evolutsiooniliste seoste nähtavaks tegemine	12
3.3 Uurimisliku ja süsteemse mõtlemise toetamine	12
3.4 Kaasamine ja kaasav õpe	12
Kokkuvõte	13
Viited	15





(Pildi allikas: loodud tehisintellekti tööriistadega)

Õpitee üldteema	Evolutionaarne bioloogia ja bioinspireeritud süsteemid
Õppeüksuse konkreetne nimetus	Elu evolutsioonipuu – kuidas liigid on omavahel seotud
Sihtkasutajate vanus	14-18aastat
Õppija nõuded	Põhilised teadmised bioloogiast, sealhulgas mõisted nagu liigid, kohastumine ja evolutsioon. Soovitav on tutvuda lihtsate digitaaltehnoloogiatega. Eelnevat kogemust fülogeneetika või liitreaalsuse (AR) kasutamisel ei nõuta.
Õppeüksuse kirjeldus	See õppeüksus tutvustab õpilastele Elu puu (Tree of Life) kontseptsiooni, selgitades, kuidas liigid klassifitseeritakse nende geneetiliste, morfoloogiliste ja evolutsiooniliste seoste põhjal. Õpilased uurivad, kuidas teadlased kasutavad fülogeneetikat, et määrata ühiseid esivanemaid ja rekonstrueerida organismide evolutsioonilisi suhteid. Õppeprotsessi interaktiivsemaks ja kaasahaaravamaks muutmiseks kasutavad õpilased liitreaalsust (AR), et ehitada, manipuleerida ja analüüsida fülogeneetilist puud. Käed-külge AR tegevuste kaudu visualiseerivad õppijad liikidevahelisi evolutsioonilisi seoseid, uurivad divergeerumise mustreid ning mõistavad, kuidas kohastumine ja loomulik valik aitavad kaasa bioloogilisele mitmekesisusele.
Osapooled	Bioloogia, evolutsiooniteadus, bioinformaatika, liitreaalsus (AR)





Märksõnad	Fülogeneetika, Elu puu, evolutsioonilised seosed, ühised esivanemad, bioloogiline mitmekesisus, homoloogilised tunnused, liitreaalsus, bioinspiratsioon, süsteemne mõtlemine
Olulised kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised, mida saab omandada	- Fülogeneetiliste mõistete ja evolutsioonisuhete mõistmine - Võime tõlgendada ja koostada fülogeneetilisi puid - Oskused bioloogiliste tunnuste võrdlemiseks ja tõendite hindamiseks - Süsteemse mõtlemise ja bioinspireeritud loogika arendamine - Kogemus AR-i toetatud uurimuslikus ja koostööpõhises õppes
Kasutatavad ressursid ja didaktilised abivahendid	- Liitreaalsuse platvormid (nt Delightex) 3D-bioloogilised mudelid (nt organismid ja evolutsioonilised struktuurid Sketchfabist, Delightexist) - Õppevideod ja veebiallikad fülogeneetika kohta - Digitaalsed seadmed (tahvelarvutid, nutitelefonid, arvutid) - Õpetaja juhendatud arutelud ja koostööpõhised tegevused
Hindamiskriteeriumid ja -tähistus	Õpilasi hinnatakse AR-põhistes tegevustes osalemise, fülogeneetiliste puude koostamise ja tõlgendamise ning nende võime põhendada evolutsioonilisi seoseid tõendite abil. Hindamine keskendub kontseptuaalsele arusaamisele, analüütilisele mõtlemisele, koostööle ja reflektiivsele mõtlemisele. Formatiivset hindamist toetavad vaatlus, arutelud ja AR-põhised ülesanded, lõplik hindamine hõlmab õpilaste loodud mudeleid ja seletusi.

Sissejuhatus

Maa elu on äärmiselt mitmekesine, kuid kõik elusorganismid on omavahel seotud evolutsiooni kaudu. Evolutsiooniline Elu puu aitab teadlastel mõista neid seoseid, paljastades ühise esivanema ja evolutsioonilised suhted. See õppeüksus tutvustab õpilastele fülogeneetilist mõtlemist ja näitab, kuidas teadlased koostavad ja tõlgendavad evolutsioonilisi puid, et selgitada bioloogilist mitmekesisust.





Uurimine – evolutsiooniliste seoste ja ühise esivanema mõistmine

1.1 Mis on Elu puu?

Elu puu on teaduslik mudel, mis kujutab organismide evolutsioonilisi suhteid. Selle asemel, et liike „rohkem” või „vähem” arenenuks klassifitseerida, näitab see, kuidas kõik elusolendid on ühiste esivanemate kaudu omavahel seotud. Iga haru kujutab aja jooksul toimunud evolutsioonilisi muutusi.

1.2 Mis on fülogenees?

Fülogenees on organismide evolutsiooniliste suhete ja erinevate liikide ühise päritolu uurimine. Teadlased kasutavad fülogeneesi, et määrata organismide sugulussuhteid, **võrreldes ühiseid tunnuseid**, nagu anatoomilised omadused, arengumustrid ja **geneetiline informatsioon**. Liigid, millel on rohkem ühiseid tunnuseid, mis on pärit ühiselt esivanemalt, loetakse suguluses olevateks.

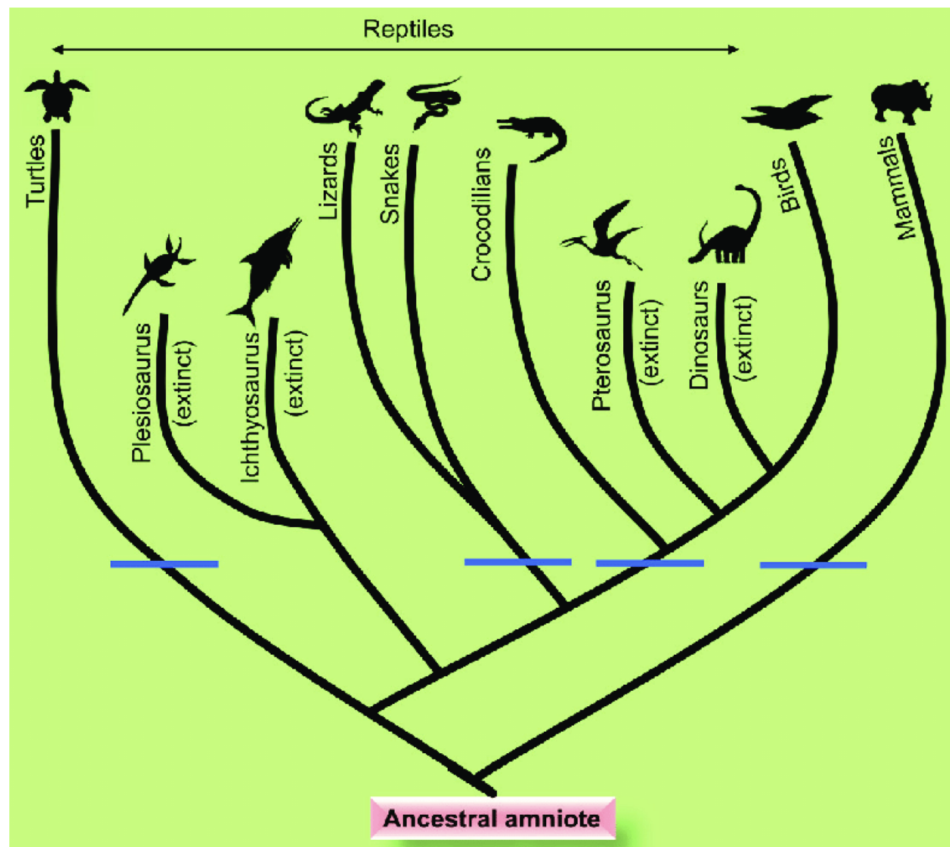
Fülogeneetilised puud on visuaalsed mudelid, mis kujutavad neid suhteid. Need ei ole fikseeritud diagrammid, vaid **teaduslikud hüpoteesid**, mis põhinevad antud hetkel parimal kättesaadaval tõendusmaterjalil. Uute andmete ilmnemisel, näiteks fossiilide avastamisel või DNA analüüsi edusammudel, võib fülogeneetilisi puid muuta ja täiustada. See teeb fülogeneesist dünaamilise ja tõendusmaterjalil põhineva valdkonna, mis peegeldab teadusliku arusaama arengut aja jooksul.

Fülogeneesi mõistmine aitab teadlastel selgitada bioloogilist mitmekesisust, jälgida liikide päritolu ja tuvastada evolutsioonilisi mustreid. See õpetab ka olulist teaduslikku põhimõtet: **bioloogilised teadmised rajanevad võrdlusel, tõenditel ja pideval täiustamisel**, mitte absoluutsetel või muutumatutel vastustel.

Allpool on toodud näited fülogeneesist:

1. Amniote elupuu, mis hõlmab roomajaid, linde ja imetajaid. Kõik need selgroogsete klassid arenesid välja sama esivanemlikust vormist, mis on puu alumises osas asuvate roomajate tüvi. (Source: https://www.researchgate.net/figure/Tree-of-life-of-amniotes-that-includes-reptiles-birds-and-mammals-All-these-classes-of_fig2_323780429)





2. Elu puu Inimese evolutsioon Bioloogia Liikide klassifikatsioon. Kõigi elusolendite elu puu. Bioloogia teaduse fülogeneetiline puu, millel on tüvi, alarühmad ja harud, mis on seotud eluvormidega. Klassifikatsioon lihtsatest organismidest kuni tänapäeva inimesteni. (Source:

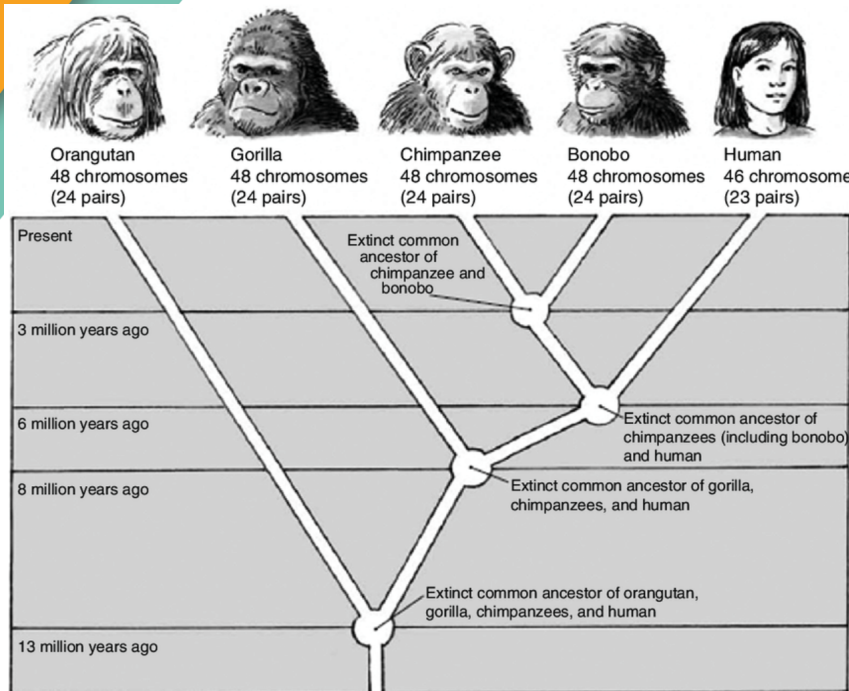
<https://www.dreamstime.com/tree-life-human-evolution-biology-species-classification-tree-life-all-living-beings-phylogenetic-tree-biological-image131543711>)





3. Hominidae-elusolevate inimahvide ja inimeste fülogeneetilise ajalugu
(Allikas: https://www.researchgate.net/figure/Phylogenetic-history-of-the-Hominidae-living-apes-and-people-Dates-are-based-on-genomic_fig1_317314464)





1.3 Fülogeneetiliste puude koostamiseks kasutatud tõendid

Fülogeneetilised suhted rekonstrueeritakse mitmesuguste tõendite abil, sealhulgas:

- morfoloogilised tunnused (keha ehitus ja kuju),
- fossiilid,
- geneetilised ja molekulaarsed andmed,
- arengu- ja käitumuslikud omadused.

Et aidata mõista, kuidas neid erinevaid andmeallikaid kombineeritakse, võivad õpilased vaadata lühikest õppevideot (vt allpool), mis selgitab visuaalselt, kuidas teadlased ehitavad fülogeneetilisi puid, kasutades reaalselt tõendusmaterjali. See multimeediaallikas aitab selgitada abstraktseid mõisteid ja valmistab õpilasi ette evolutsiooniliste suhete praktiliseks ehitamiseks rakendusfaasis.

Nende andmeallikate kombineerimine võimaldab teadlastel ehitada täpsemaid ja usaldusväärsemaid evolutsioonilisi mudeleid.

Video "[Kladogrammide ja fülogeneetiliste puude tutvustus](https://www.youtube.com/watch?v=clQobFHFwcM)"
(<https://www.youtube.com/watch?v=clQobFHFwcM>)





Pärast seda, kui õpilased on jälginud, kuidas teadlased kasutavad tõendeid fülogeneetiliste puude koostamiseks, rakendavad nad samu põhimõtteid, analüüsides tunnuseid ja koostades oma evolutsioonimudeleid liitreaalsuse abil.

1.4 Homoloogilised vs analoogilised tunnused

Mitte kõik organismide sarnasused ei viita lähedastele evolutsioonilistele suhetele. Mõned tunnused võivad pealtnäha sarnased olla, kuid nende evolutsiooniline päritolu võib olla väga erinev. Seetõttu eristavad teadlased fülogeneetiliste puude koostamisel homoloogseid ja analoogseid tunnuseid.

Homoloogilised tunnused on ühiselt esivanemalt päritud omadused, isegi kui need täidavad tänapäeval erinevaid funktsioone. Näiteks inimeste, nahkhiirte ja vaalade esijäsemed on erineva kuju ja otstarbega, kuid neil on sama luustruktuur. Need sarnasused on tugevaks tõendiks ühise esivanema olemasolust ja on seetõttu väga väärtuslikud evolutsiooniliste suhete rekonstrueerimisel.

Analoogsed tunnused täidavad samas sarnaseid funktsioone, kuid on arenenud iseseisvalt erinevates evolutsioonilistes liinides. Näiteks võimaldavad nii lindude kui ka putukate tiivad lennata, kuid need on arenenud erinevatest esivanemate struktuuridest. Analoogsed tunnused tekivad sageli pigem sarnaste keskkonnatingimuste tõttu kui lähedaste geneetiliste suhete tõttu.

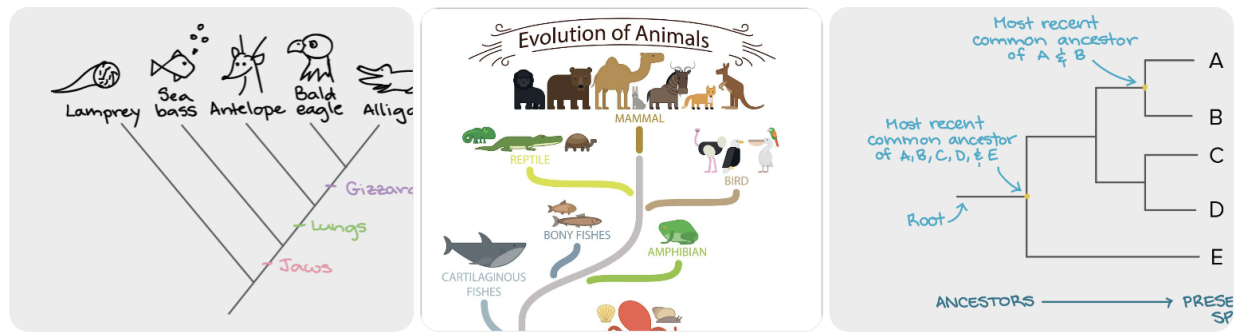
Homoloogiliste ja analoogiliste tunnuste vahelise erinevuse mõistmine on oluline fülogeneetiliste puude õigeks tõlgendamiseks. Analoogiliste tunnuste segiajamine homoloogilistega võib viia valedele järeldustele suguluse kohta. Hoolikalt analüüsides, millised tunnused peegeldavad ühist päritolu, suudavad teadlased luua täpsemaid evolutsioonimudeleid ja paremini mõista, kuidas erinevad eluvormid on omavahel seotud.

1.5 Kuidas lugeda fülogeneetilist puud

Fülogeneetilised puud näitavad evolutsioonilisi seoseid hargnemismustrite kaudu, mis esindavad seda, kuidas liigid aja jooksul ühistest esivanematest lahknesid. Iga hargnemispunkt ehk sõlm esindab ühist esivanemat, keda jagavad sellest hargnevad organismid. Liike, millel on uuem ühine esivanem, peetakse lähedamaks sugulaseks kui neid, kelle ühine esivanem asub puus sügavamal.

Okste pikkus või asend ei näita, et üks organism on teisest arenenum või "paremini arenenum". Selle asemel peegeldavad oksad evolutsioonilise lahknemise mustreid ja ühist ajalugu. Kõik okste otstes elavad liigid on arenenud sama kaua.





Fülogeneetilisi puid saab kuvada erinevates vormingutes – horisontaalselt, vertikaalselt või radiaalselt – ilma et aluseks olevald seosed muutuksid. Okste pööramine või ümberpaigutamine ei muuda puu evolutsioonilist tähendust, kui hargnemisjärjekord jääb samaks. Nende puude õige lugemise mõistmine on oluline evolutsiooniliste seoste tõlgendamiseks ja täpsete fülogeneetiliste mudelite loomiseks.

Allpool on visuaalsed näited fülogeneetilistest puudest, mis illustreerivad, kuidas evolutsioonilised seosed on esindatud erinevate organismirühmade vahel:

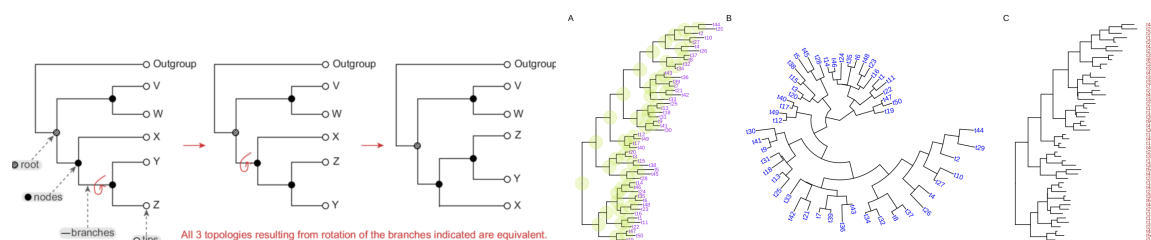
1. Näide 1: Millised liigid on omavahel lähedasemad?

(Allikas: <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/natural-selection/phylogeny/a/building-an-evolutionary-tree>; <https://www.istockphoto.com/vector/biological-evolution-animals-scheme-gm500509454-80808691>; <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/natural-selection/phylogeny/a/phylogenetic-trees>)

Selles fülogeneetilises puus on liigil A ja liigil B ühineuuem ühine esivanem kui kumbki liigi C puhul. See tähendab, et A ja B on teineteisele lähemalt suguluses, isegi kui liik C võib välja näha sarnane või elada sarnases keskkonnas.

Lähedust ei määra ühised esivanemad, mitte välimus ega positsioon lehel.

2. Samad suhted, erinevad puukujud



Allikas: https://www.researchgate.net/figure/The-different-parts-of-a-rooted-phylogenetic-tree-showing-the-root-branches-nodes-and_fig1_43022487; <https://yulab-smu.top/treedat-a-book/chapter4.html>; <https://users.ugent.be/~avierstr/principles/phylogeny.html>)

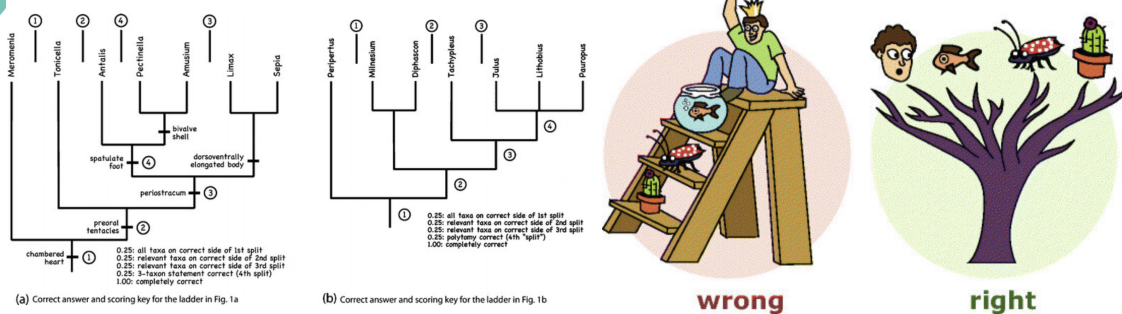




Need puud näevad välja erinevad (horisontaalsed, vertikaalsed või radiaalsed), kuid nad esindavad **samaid evolutsioonilisi seoseid**. Harude või paigutuse pöörlemine ei muuda puu tähendust, kui hargnemise järjekord jääb samaks.

Puu kuju ei muuda evolutsioonilisi suhteid.

3. Väärarusaam – evolutsioon ei ole redel



(Allikas: https://www.researchgate.net/figure/Tree-format-translations-for-the-ladders-shown-in-Figs-1a-b-along-with-the-associated_fig3_226685940)

See võrdlus toob esile levinud väärarusaama. Evolutsiooni kujutatakse sageli ekslikult redelina või lineaarse progresseerumisena. Tegelikult toimib evolutsioon läbi **hargnemise**, kus ühistest esivanematest areneb samaaegselt mitu liini.

Kõik puu otstes olevad liigid on võrdselt arenenud.

1.6 Miks on fülogeneetilised puud olulised

Fülogeneetilised puud aitavad teadlasi:

- mõista bioloogilist mitmekesisust ja evolutsiooni,
- haiguste päritolu jälgimine,
- toetada looduskaitsealaseid jõupingutusi,
- inspireerida bioloogilisi lahendusi teaduses ja tehnoloogias.





Teostus – klassifitseerimisest suhete loomiseni

Selles osas liiguvad õpilased evolutsiooniliste kontseptsioonide õppimiselt nende aktiivse rakendamiseni. Klassifikatsioonide päheõppimise asemel analüüsivad õppijad ühiseid tunnuseid ja evolutsioonilisi tõendeid, et luua organismide vahel seoseid.

2.1 Teooriast praktikasse: looduses esinevate seoste mõistmine

Evolutsiooniline elupuu demonstreerib, kuidas loodus korraldab mitmekesisust hargnevate suhete ja ühiste esivanemate kaudu. Selles osas liiguvad õpilased teoreetilistest kontseptsioonidest edasi **praktiline rakendus**, uurides, kuidas teadlased kasutavad tõendeid organismide evolutsiooniliste suhete kindlakstegemiseks.

Klassifitseerimissüsteemide päheõppimise asemel võtavad õppijad omaks **bioinspireeritud perspektiiv**, käsitledes evolutsiooni dünaamilise protsessina, kus lihtsad bioloogilised tunnused loovad keerulisi suhetstruktuure. See lähenemisviis peegeldab seda, kuidas looduslikud süsteemid inspireerivad tänapäevaseid teabe korraldamise meetodeid teaduses, tehnoloogias ja disainis.

2.2 Kuidas liitreaalsus toetab õpieesmärki

Selle üksuse peamine eesmärk on aidata õpilastel mõista fülogeneesi kui suhete süsteemi, mitte lineaarset hierarhiat. Liitreaalsus (AR) toetab seda eesmärki, võimaldades õppijatel fülogeneetilisi puid kolmemõõtmelises ruumis konstrueerida, manipuleerida ja visualiseerida.

AR-põhiste tegevuste kaudu saavad õpilased:

- asetada organismid üksteise suhtes,
 - visualiseeri hargnemispunkte ühiste esivanematena,
 - testida erinevaid puukonfiguratsioone tõendite põhjal,
- Jälgige, kuidas andmete muutused mõjutavad üldist struktuuri.

See muudab fülogeneetilised puud staatilistest diagrammidest interaktiivseteks teaduslikeks mudeliteks.

2.3 Praktiline liitreaalsuse harjutus: Elupuu ehitamine

Tegevuse näide: „Fülogeneetilise puu konstrueerimine“

Õpilased töötavad individuaalselt või väikestes rühmades, et analüüsida valitud organismi või organismide rühma. Liitreaalsuse tööriistu kasutades loob iga õppija esituse, mis sisaldab võtmetunnuseid, nagu morfoloogia, elupaik või geneetiline teave.

Seejärel ühendatakse need individuaalsed panused ühiseks klassi fülogeneetiliseks puuks, kus õpilased otsustavad ühiselt:

- kus peaksid tekkima hargnemiskohad,
- millistel organismidel on kõige uuemad ühised esivanemad,
- millised tunnused annavad kõige tugevama tõendi suguluse kohta.





See protsess rõhutab pigem arutluskäiku, võrdlemist ja põhjendamist kui õigeid või valesid vastuseid.

2.4 Bioinspireeritud õppimine praktikas

Fülogeneetilise puu ehitus peegeldab bioloogilist põhimõtet: keerulised süsteemid tulenevad lihtsatest, korduvatest reeglitest. Organismide korraldamise kaudu ühiste tunnuste alusel kogevad õpilased, kuidas loodus loob struktureeritud mitmekesisust ilma tsentraalse kontrollita.

See põhimõte on otseselt seotud järgmisega:

- süsteemne mõtlemine,
- andmete korraldus,
- võrgu disain,
- tehisintellekt ja bioinspireeritud andmetöötlus.

2.5 Koostööl ja uurimuslikul õppimisel põhinev õpe

Täitmisetapis tegelevad õpilased järgmisega:

- arutelu ja debatt tõendite üle,
- hüpoteesi testimine harude ümberkorraldamise teel,
- ühine otsustusprotsess jagatud puu loomisel.

See uurimuslik lähenemine peegeldab tegelikku teaduspraktikat ning toetab kriitilise mõtlemise, suhtlemis- ja meeskonnatöösuste arengut.





Täiustamine – süsteemse mõtlemise süvendamine liitreaalsuse abil

3.1 Miks liitreaalsus parandab fülogeneetilist õppimist

Fülogeneetilised puud on abstraktsed ja staatiliste piltide abil raskesti mõistetavad. Liitreaalsus muudab need diagrammid interaktiivseteks struktuurideks, mida õpilased saavad reaalses ruumis uurida, ümber korraldada ja analüüsida.

3.2 Evolutsiooniliste seoste nähtavaks tegemine

AR võimaldab õpilastel:

- visualiseerida hargnevaid seoseid 3D-s,
- märgata sarnasusi ja erinevusi selgemini,
- mõista ühist esivanemat ruumilise positsioneerimise kaudu.

See toetab sügavamalt kontseptuaalset arusaamist.

3.3 Uurimisliku ja süsteemse mõtlemise toetamine

AR-mudeleid manipuleerides testivad õpilased hüpoteese ja uurivad „mis siis, kui“ stsenaariume. See uurimuslik lähenemine tugevdab süsteemset mõtlemist ja peegeldab seda, kuidas teadlased evolutsiooniliste andmetega töötavad.

3.4 Kaasamine ja kaasav õpe

AR toetab mitut õpistiili, kombineerides visuaalseid, ruumilisi ja interaktiivseid elemente. See muudab fülogeneetilised kontseptsioonid mitmekesiste õppijate jaoks kättesaadavamaks ja kaasahaaravamaks.





Kokkuvõte

Avastamisfaasis arendasid õpilased fülogeneesi ja evolutsioonilise elupuu põhiteadmised. Teostusfaasis rakendasid nad neid teadmisi tunnuste analüüsimise ja evolutsiooniliste seoste loomise kaudu. Täiustusfaasis demonstreeriti, kuidas liitreaalsus muudab abstraktsed evolutsioonimudelid interaktiivseteks õpikogemusteks. Koos toovad need etapid esile, kuidas bioloogiliselt inspireeritud mõtlemine aitab selgitada elu korraldust ja julgustab evolutsiooniteadust edasi uurima.

Faas	Kirjeldus
Avasta	- Uurimistöö ja avastamine: Õpilased uurivad evolutsioonilise elupuu ja fülogeneesi kontseptsiooni, uurides, kuidas teadlased tuvastavad organismide vahelisi evolutsioonilisi seoseid. Juhendatud lugemise, visuaalsete näidete ja multimeediaressursside abil uurivad õppijad ühiseid esivanemaid, hargnemismustreid ja tõendeid, mida kasutatakse evolutsiooniajaloo rekonstrueerimiseks.
	- Sisu arendamine: Sisu arendatakse peamiste fülogeneetiliste kontseptsioonide, sh ühiste esivanemate, homoloogsete ja analoogsete tunnuste ning fülogeneetiliste puude tõlgendamise ümber. Õppematerjalid rõhutavad evolutsiooni kui hargnevat, tõenduspõhist protsessi, mitte lineaarset progressiooni, valmistades õpilasi ette praktiliseks rakendamiseks hilisemates etappides.
	- Vajaduste analüüs: see etapp käsitleb õpilaste tavalisi raskusi abstraktsete evolutsioniskeemide mõistmisel, hargnevate seoste tõlgendamisel ning sarnasuse ja seotuse eristamisel. Visuaalsed ja interaktiivsed lähenemisviisid tuvastatakse vastavalt vajadusele arusaamise toetamiseks, väärarusaamade vähendamiseks ja õppijate ettevalmistamiseks oma fülogeneetiliste mudelite loomiseks.
Käivita	- Õppekava rakendamine: Moodulit rakendatakse uurimusliku bioloogia tundide kaudu, mis on kooskõlas keskkooli õppekavadega evolutsiooni, bioloogilise mitmekesisuse ja klassifitseerimise kohta. Õpilased rakendavad teoreetilisi teadmisi tunnuste ja evolutsiooniliste tõendite analüüsimise kaudu, tugevdades õppekava eesmärgi, mis on seotud teadusliku arutluskäigu ja süsteemse mõtlemisega.
	- Interaktiivsed harjutused: õpilased osalevad praktilistes liitreaalsusel põhinevates tegevustes, kus nad individuaalselt või koostöös analüüsivad organisme ja konstrueerivad ühise fülogeneetilise puu. 3D-mudelite ja interaktiivsete elementide abil võrdlevad õppijad tunnuseid, määravad hargnemiskohti ja põhjendavad evolutsioonilisi seoseid tõendite põhjal.
	- Tagasiside kogumine: Tagasisidet kogutakse õpetaja vaatluse, eakaaslastega arutelude ja lühikeste refleksiooniülesannete kaudu. Õpilased saavad fülogeneetiliste puude koostamise ajal kujundavat tagasisidet, mis võimaldab neil oma arutluskäiku üle vaadata ja arusaamist dialoogi ja iteratsiooni abil parandada.
	- AR-integratsioon: Liitreaalsus on integreeritud fülogeneetiliste puude visualiseerimiseks kolmemõõtmeliste interaktiivsete struktuuridena. AR võimaldab õpilastel manipuleerida okstega, uurida ühiseid esivanemaid ja ruumiliselt korraldada organisme, muutes abstraktsed evolutsioonilised seosed käegakatsutavaks ja hõlpsamini mõistetavaks.
	- Interaktiivne õpe: liitreaalsuse interaktsiooni kaudu uurivad, testivad ja muudavad õpilased aktiivselt fülogeneetilisi mudeleid. See toetab uurimuslikku õpet, soodustab hüpoteeside testimist ja süvendab kontseptuaalset mõistmist, võimaldades õppijatel otse evolutsiooniliste andmete ja seostega tegeleda.





Mängustatud sisu:

- **Punktid ja märgid**Õpilased teenivad punkte organismide õige paigutamise, ühiste tunnuste tuvastamise ja evolutsiooniliste seoste põhjendamise eest. Märgid, näiteks "*Fülogenia uurija*" või "*Elupuu arhitekt*" tunnustada saavutusi ja edusamme.

- **Edetabelid**Valikulised klassiruumi edetabelid näitavad individuaalset või grupi edusamme, soodustades sõbralikku võistlemist ja püsivat kaasatust, ilma et peaks õppimisele rõhku panema paremusjärjestuse loomisel.

- **Ülesanded ja tasemed**Õppetegevused on üles ehitatud evolutsiooniliste ülesannetena, kus õpilased liiguvad läbi tasemete, mis esindavad üha suurenevat keerukust – lihtsate tunnuste tuvastamisest kuni täielike fülogeneetiliste puude loomiseni.

- **Auhinnad uurimise eest**Varjatud AR-i levialad, boonusteabe paneelid või lisapunktid premeerivad õpilasi, kes uurivad mudeleid põhjalikumalt või pakuvad hästi põhjendatud selgitusi, edendades uudishimu ja sügavamat uurimist.

- **Koostöös mängustatud ülesanded**Õpilased töötavad väikestes meeskondades, et lahendada probleeme, näiteks vastuoluliste tõendite lahendamine või ühise fülogeneetilise puu täpsustamine. Koostöö toetab suhtlemist, kollektiivset mõtlemist ja ühist probleemide lahendamist.

AR-põhised hinnangud:Õpilasi hinnatakse liitreaalsusel põhinevate ülesannete abil, mis nõuavad fülogeneetiliste puude konstrueerimist, tõlgendamist ja selgitamist. Hindamine keskendub seoste täpsusele, tõenduspõhise arutluskäigu kvaliteedile ja võimele mõtiskleda evolutsiooniliste protsesside üle. Need hindamised toetavad nii kujundavat kui ka summativset hindamist interaktiivses õpikeskkonnas.





Viited

- Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. ja Orr, R. B. (2021). *Campbelli bioloogia* (12. trükk). Pearsoni haridus.
- California Ülikooli Paleontoloogia Muuseum. (ilma kuupäevata). *Evolutsiooni mõistmine*. <https://evolution.berkeley.edu>
- Elupuu veebiprojekt. (ilma kuupäevata). *Elupuu* <http://tolweb.org>
- Riiklik Teadusnõukogu. (2000). *Kuidas inimesed õpivad: aju, meel, kogemus ja kool*/Riiklike Akadeemiate Kirjastus.
- OECD. (2017). *Innovatiivsed õpikeskkonnad* OECD kirjastus.
- Benyus, J. M. (2002). *Biomimikri: loodusest inspireeritud innovatsioon* HarperCollins.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y. ja Liang, J.-C. (2013). Liitreaalsuse praegune olukord, võimalused ja väljakutsed hariduses. *Arvutid ja haridus*, 62, 41–49.
- Wang, Y. ja Li, G. (2020). Liitreaalsuse rakendused loodusteaduste hariduses: süstemaatiline ülevaade. *Haridustehnoloogia ja -ühiskonna ajakiri*, 23(3), 108–122.
- Sketchfab. *Teaduslikud 3D-mudelid hariduseks*. <https://sketchfab.com>
- Deligtex. Galerii. <https://edu.delightex.com/>
- Järgmise põlvkonna teadusstandardite juhtivad riigid. (2013). *Järgmise põlvkonna teadusstandardid: osariikidele, osariikide kaupa* Riiklike Akadeemiate Kirjastus.
- Puu ehitamine. Evolutsiooni mõistmine. <https://evolution.berkeley.edu/evolution-101/the-history-of-life-looking-at-the-patterns/building-the-tree/>

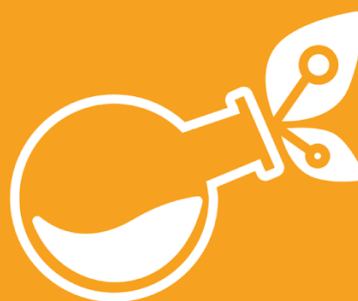
Selle õppeüksuse väljatöötamisel kasutati sisu koostamise, uurimistöö sünteesi ja allikmaterjalide korraldamise toetamiseks tehisintellektil põhinevaid tööriistu (ChatGPT, Perplexity AI ja NotebookLM):

- Avatud tehisintellekt. *VestlusGPT* (suur keelemudel). <https://chat.openai.com>
- *Hämmingus tehisintellekt* [Tehisintellektil põhinev otsingu- ja uurimisassistent]. <https://www.perplexity.ai>
- Google *MärkmikLM* [Tehisintellektil põhinev uurimis- ja märkmete tegemise tööriist]. <https://notebooklm.google.com>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.