



Co-funded by
the European Union

Geneetilised haigused: väljakutsed ja lahendused



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	3
Avasta	3
1. Geneetilised haigused: väljakutsed ja lahendused	3
1.1 Mis on geneetilised haigused?	3
1.2 Geneetiliste mutatsioonide tüübid	4
1.3 Levinud geneetilised haigused	4
1.4 Diagnostilised väljakutsed	5
1.5 Raviga seotud väljakutsed	5
1.6 Tärkavad lahendused	5
1.7 Miks on liitreaalsus ja 3D-modelleerimine olulised	5
Peegeldusküsimused	6
Käivita	6
2. Bioloogiliselt inspireeritud lahendused geneetilistele haigustele	6
2.1 Bioinspiratsioon geneetilises parandamises ja regulatsioonis	6
2.2 Praktiline rakendamine AR-toega õppe kaudu	7
2.3 Soovituslikud AR-põhised harjutused ja tegevused	7
2.4 Globaalne inspiratsioon ja reaalne olulisus	8
Täiustama	8
3. Liitreaalsus sügavama õppimise ja kaasatuse jaoks	8
3.1 Kuidas liitreaalsus süvendab geneetiliste haiguste mõistmist	9
3.2 Keeruliste kontseptsioonide kättesaadavaks ja kaasahaaravaks muutmine	9
3.3 Näide kasulikust liitreaalsuse tööriistast	9
3.4 Praktilised soovitused liitreaalsuse integreerimiseks õpikogemusse	9
Kokkuvõte	10
Viited	13





Allikas: tehisintellekti loodud pilt

Õppetee üldine teema	Biotehnoloogia. Biotootmine ja sünteetiline bioloogia
Õppeüksuse täpne nimetus	Geneetilised haigused: väljakutsed ja lahendused
Sihtrühma vanus	14–18 aastat
Õppijale esitatavad nõuded	• Bioloogiliste kontseptsioonide (rakud, DNA, geenid) põhiteadmised • Põhilised digitaalsed oskused (arvuti, tahvelarvuti või nutitelefoniga kasutamine) • Võime töötada nii individuaalselt kui ka koostöös • Juurdepääs internetile ja AR-ühilduvatele seadmetele • Eelnevaid teadmisi geneetikast, biotehnoloogiast, biotootmisest või liitreaalsuse sisu loomisest pole vaja





Õppeüksuse kirjeldus	See õppeüksus tutvustab õpilastele geneetilisi haigusi kui keerulisi bioloogilisi väljakutseid, mis on põhjustatud DNA ja geenide funktsiooni muutustest. Õpilased uurivad geneetiliste häirete põhjuseid, tüüpe ja reaalseid mõju, samuti nende diagnoosimise ja raviga seotud teaduslikke, tehnoloogilisi ja eetilisi väljakutseid. Bioloogiliselt inspireeritud mõtlemise ja sünteetilise bioloogia lähenemisviiside kaudu avastavad õpilased, kuidas looduslikud mehhanismid, nagu DNA parandamine, geenide regulatsioon ja rakkude regenereerimine, inspireerivad tänapäevaseid meditsiinilisi lahendusi, sealhulgas geeniteraapiat ja geenide redigeerimist. Liitreaalsust (AR) kasutatakse peamise haridusvahendina nähtamatute molekulaarsete protsesside visualiseerimiseks ja interaktiivse AR-põhise viktoriini loomise toetamiseks, muutes hindamise aktiivseks, uurimispõhiseks õpikogemuseks.
Teema: Asjaosalised	Bioloogia, geneetika, biotehnoloogia, sünteetiline bioloogia, digitaalne kirjaoskus / arvutiteadus, terviseõpetus, eetika
Märksõnad	Geneetilised haigused, DNA, geenid, mutatsioonid, bioinspiratsioon, sünteetiline bioloogia, biotootmine, geeniteraapia, geenide redigeerimine, CRISPR, DNA parandamine, biotehnoloogia, inimese tervis, liitreaalsus (AR), digitaalne hindamine
Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	Kvalifikatsioon / hoiakud • Teadlikkus geneetilisest mitmekesisusest ja terviseprobleemidest • Vastutustundlik ja eetiline mõtlemine geneetilise ja sünteetilise bioloogia tehnoloogiate osas • Uudishimu biotehnoloogia ja meditsiinilise innovatsiooni vastu Oskused • Kriitiline mõtlemine ja probleemide lahendamine • Põhjuse-tagajärg seoste analüüs geneetikas ja biotehnoloogias • Digitaalne ja visuaalne kirjaoskus liitreaalsuse tööriistade kaudu • Koostöö-, suhtlemis- ja sisuloomeoskused Teadmised • Haiguste geneetilise aluse mõistmine





	• Erinevat tüüpi geneetiliste mutatsioonide äratundmine • Teadlikkus diagnostika ja ravi väljakutsetest • Bioinspireeritud ja sünteetilise bioloogia lahenduste mõistmine • Liitreaalsuse rolli mõistmine biotehnoloogia hariduses ja hindamises
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	• Hariduslikud tekstid ja teadusartiklid geneetika, biotehnoloogia ja sünteetilise bioloogia kohta • Geneetiliste haiguste ja meditsiiniliste biotehnoloogiate juhtumiuuringud • Veebipõhised haridusplatvormid ja andmebaasid • Liitreaalsuse tööriistad ja rakendused (Delightex) • AR-ühilduvad seadmed (nutitelefonid, tahvelarvutid, arvutid) • DNA, geenide, valkude ja rakkude 3D-mudelid
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	• Aktiivne osalemine aruteludes ja AR-põhistes tegevustes • Geneetiliste mehhanismidega seotud AR-toega harjutuste sooritamine • Õpilaste loodud AR-viktoriini teaduslik täpsus ja selgus • Oskus selgitada geneetilisi haigusi, väljakutseid ja lahendusi • Biotehnoloogia ja sünteetilise bioloogia eetiliste, sotsiaalsete ja tehnoloogiliste tagajärgede üle mõtisklemine

Sissejuhatus

Geneetilised haigused on seisundid, mis on põhjustatud muutustest või vigadest meie DNA-s, bioloogilises koodis, mis kannab juhiseid inimkeha ehitamiseks ja säilitamiseks. Mõned geneetilised haigused on päritud vanematelt, teised aga tekivad spontaansete mutatsioonide või keskkonnamõjude tõttu. Need seisundid võivad mõjutada organite arengut, rakkude toimimist ja keha reageerimist keskkonnale, tekitades sageli elukestvaid terviseprobleeme.

Selles õppeüksuses uurivad õpilased geneetiliste haiguste põhjuseid ja tagajärgi, samuti teaduslikke ja tehnoloogilisi väljakutseid, mis on seotud nende mõistmise, diagnoosimise ja ravimisega. Bioloogiat bioloogiliselt inspireeritud mõtlemise ja tänapäevaste tehnoloogiatega sidudes avastavad õppijad, kuidas loodus ise pakub vihjeid geneetiliste kahjustuste parandamiseks ning kuidas sellised uuendused nagu tehisintellekt, geenianalüüs ja personaalmehhanismid aitavad kaasa uute lahenduste leidmisele. Selle uurimistöö käigus saavad õpilased ülevaate sellest, kuidas geneetika kujundab inimeste tervist ja kuidas teadus töötab, et muuta bioloogilised väljakutsed parendusvõimalusteks.





Avasta

1. Geneetilised haigused: väljakutsed ja lahendused

Selles osas omandavad õpilased alusteadmised geneetiliste haiguste, nende põhjuste ning diagnoosimise ja ravimisega seotud väljakutsete kohta. See osa tutvustab geneetika, molekulaarbioloogia ja biotehnoloogia olulisi kontseptsioone, valmistades õppijaid ette hilisemateks tegevusteks, nagu liitreaalsuse visualiseerimine, modelleerimine ja eetilised arutelud uute meditsiiniliste lahenduste üle.

1.1 Mis on geneetilised haigused?

Geneetiline haigus on seisund, mille põhjustavad DNA muutused, kas üksikute geenide mutatsioonide või kromosoomide kõrvalekallete kaudu. Erinevalt nakkushaigustest ei ole geneetilised häired põhjustatud bakteritest ega viirustest; need pärinevad vanematelt või tekivad spontaanselt rakkude jagunemise või varajase arengu käigus. Hinnanguliselt mõjutavad geneetilised haigused umbes **1 inimesel 25-st kogu maailmas**.

Geneetiliste haiguste peamised omadused on järgmised:

- Need tekivad DNA järjestuse muutuste (näiteks punktmutatsioonide, insertioonide või deletsioonide) või kromosoomide arvu või struktuuri muutuste tõttu.
- Nad võivad olla **monogeenne**, mis hõlmab ühte geeni või **polügeenne**, mis hõlmab mitmeid gene ja keskkonnategureid.
- Nende raskusaste on väga erinev, alates kergetest seisunditest nagu värvipimedus kuni eluohtlike häireteni.

Tuntud näide on **sirprakuline aneemia**, kus ühe nukleotiidi muutus HBB geenis muudab hemoglobiini struktuuri, põhjustades punaste vereliblede jäigastumist ja sirpikujuliseks muutumist.

1.2 Geneetiliste mutatsioonide tüübid

Geneetilised mutatsioonid erinevad ulatuse ja mõju poolest, kuid kõik võivad häirida valkude tootmist või toimimist.

Mutatsiooni tüüp	Kirjeldus	Näidishaigus
Punktmutatsioon	Ühe nukleotiidi muutus	Sirprakuline aneemia (GAG→GTG)
Lisamine/kustutamine	Lisatud/eemaldatud nukleotiidid	Tsüstiline fibroos (3 bp ΔF508)
Trinukleotiidi kordus	CAG-i laienemine	Huntingtoni tõbi





Kromosomaalne	Aneuploidia, translokatsioon	Downi sündroom (trisoomia 21)
---------------	------------------------------	-------------------------------

Need mutatsioonid võivad põhjustada valkude teket, mis on mittefunktsionaalsed, osaliselt funktsionaalsed või rakkudele kahjulikud.

1.3 Levinud geneetilised haigused

Geneetilisi haigusi saab liigitada vastavalt nende tekkepõhjusele:

- **Monogeensed (Mendeli) haigused** on põhjustatud ühe geeni mutatsioonidest. Näideteks on tsüstiline fibroos, Duchenne'i lihaskahjustus ja hemofiilia A.
- **Multifaktoriaalsed geneetilised haigused** tulenevad mitme geeni ja keskkonnategurite, näiteks teatud ainevahetus- või neuroloogilistest häiretest, vastastikmõjust.
- **Kromosomaalsed häired**, näiteks Downi sündroom, on põhjustatud täiendavatest või puuduvatest kromosoomidest ja mõjutavad üldist arengut.

Nende seisundite uurimine aitab teadlastel mõista, kuidas spetsiifilised geneetilised muutused viivad jälgitavate bioloogiliste mõjudeni.

1.4 Diagnostilised väljakutsed

Geneetiliste haiguste diagnoosimine on sageli keeruline. Paljudel häiretel on sarnased sümptomid ja kogu maailmas on tuvastatud üle 7000 haruldase geneetilise haiguse. Mõned seisundid ilmnevad alles hilisemas elus, mistõttu on varajane avastamine keeruline. Lisaks on paljud inimesed terved geneetiliste mutatsioonide kandjad ilma sümptomiteta.

Kaasaegsete diagnostikavahendite hulka kuuluvad vastsündinute sõeluuringute programmid, kogu genoomi sekveneerimine ja uued tehisintellektil põhinevad tehnoloogiad, mis analüüsivad geneetilisi andmeid ja füüsilisi tunnuseid, et toetada varasemat ja täpsemat diagnoosimist.

1.5 Raviga seotud väljakutsed

Geneetiliste haiguste traditsioonilised ravimeetodid keskenduvad tavaliselt sümptomite leevendamisele, mitte aga algpõhjuse korrigeerimisele. Kuigi need lähenemisviisid võivad parandada elukvaliteeti, on neil olulisi piiranguid:

- Muteerunud geen ise jääb muutumatuks.
- Kudede ja organite kahjustused võivad olla pöördumatud.
- Ravimeetodite manustamine spetsiifilistele rakkudele, näiteks bioloogiliste barjääridega kaitstud rakkudele, on endiselt keeruline.

Need väljakutsed rõhutavad vajadust uute ravistrateegiate järele.

1.6 Tärkavad lahendused





Biotehnoloogia hiljutised edusammud pakuvad paljulubavaid lahendusi geneetilistele haigustele:

- **Geeniteraapia** kasutab viirusvektoreid, et viia geenide terved koopiad kahjustatud rakkudesse.
- **CRISPR/Cas9 geeni redigeerimine** võimaldab teadlastel DNA-d täpselt muuta, parandades mutatsioone nende allikal.
- **RNA-põhised ravimeetodid ja rakuteraapia** deesmärk on taastada normaalne valgutootmine või asendada kahjustatud rakud.

Mõned neist lähenemisviisidest on juba jõudnud kliinilisse kasutusse, näidates, kuidas geneetilised põhiteadmised võivad viia tõeliste meditsiiniliste läbimurreteni.

1.7 Miks on liitreaalsus ja 3D-modelleerimine olulised

Geneetilised protsessid, nagu mutatsioonid, valkude voltimine ja geenide redigeerimine, toimuvad mikroskoopilisel tasandil ja neid ei ole otse näha. Liitreaalsus ja 3D-modelleerimine muudavad need nähtamatud protsessid nähtavaks, võimaldades õpilastel uurida:

- Kuidas valgu struktuur mutatsioonide tõttu muutub
- Kuidas geenitöötlusvahendid DNA-d muudavad
- Kuidas kromosomaalsed kõrvalekalded rakke mõjutavad.

Näide: Sirphemoglobiini pööramine, redigeerimise simuleerimine (<https://www.delightex.com/edu/lesson-plans>).

Interaktiivne visualiseerimine aitab õpilastel ühendada abstraktseid geneetilisi kontseptsioone reaalse bioloogiliste tagajärgedega.

Peegeldusküsimused

- 1- Kuidas saab ühe nukleotiidi muutus viia tõsise haiguseni?
- 2- Miks on geeniteraapia õigetele rakkudele toimetamine keeruline?
Milliseid hiljutisi geeniteraapia arenguid peate kõige lootustandvamaks ja miks?





Käivita

2. Bioloogiliselt inspireeritud lahendused geneetilistele haigustele

Täitmise etapis liiguvad õpilased geneetiliste haiguste mõistmiselt edasi selleni, et uurida aktiivselt, kuidas loodus ise inspireerib geneetilistele probleemidele lahendusi pakkuma. Elusorganismid on välja arendanud võimsad mehhanismid oma geneetilise teabe kaitsmiseks, parandamiseks ja reguleerimiseks. Neid looduslikke protsesse uurides saavad õpilased paremini aru, kuidas tänapäevane biotehnoloogia ja meditsiin püüavad neid geneetiliste haiguste raviks jäljendada, täiustada või kohandada.

2.1 Bioinspiratsioon geneetilises parandamises ja regulatsioonis

Loodus kaitseb DNA-d pidevalt kiirguse, keemiliste ainete ja replikatsioonivigade tekitatud kahjustuste eest. Rakud ei ole passiivsed süsteemid; nad jälgivad ja parandavad aktiivselt oma geneetilist materjali ülitõhusate mehhanismide abil.

Peamised bioinspireeritud põhimõtted hõlmavad järgmist:

- **DNA parandamise mehhanismid**Rakud kasutavad mutatsioonide tuvastamiseks ja parandamiseks looduslikke parandussüsteeme, mis on inspireerinud tänapäevaseid geenitöötlustehnoloogiaid.
- **Selektiivne geeni aktiveerimine**Kõik geenid ei ole kogu aeg aktiivsed; rakud reguleerivad geenide ekspressiooni sõltuvalt oma keskkonnast, vanusest ja funktsioonist.
- **Rakkude spetsialiseerumine ja regenereerimine**Tüvirakud näitavad, kuidas kahjustatud või defektseid rakke saab asendada, inspireerides regeneratiivset meditsiini ja rakuteraapiat.
- **Vea taluvus ja kohanemine**Mõned organismid taluvad geneetilist varieeruvust ja kohanevad sellega, pakkudes teavet vastupidavuse ja pikaajalise ellujäämise kohta.

Need looduslikud strateegiad moodustavad kontseptuaalse silla bioloogiliste süsteemide ja geneetiliste haiguste tehnoloogiliste lahenduste vahel.

2.2 Praktiline rakendamine AR-toega õppe kaudu

Paljud geneetilised protsessid toimuvad molekulaarsel tasandil ja neid ei saa otseselt jälgida. Liitreaalsus (AR) võimaldab õpilastel suhelda DNA, geenide, valkude ja rakkude dünaamiliste 3D-kujutistega, muutes abstraktsed mõisted käegakatsutavateks õpikogemusteks.





AR-rakendus saab seda üksust toetada, võimaldades õpilastel:

- Visualiseeri DNA struktuuri ja leia mutatsioonide poolt mõjutatud geenid.
- Jälgige, kuidas mutatsioonid muudavad valgu kuju ja funktsiooni.
- Simuleerige looduslikke DNA parandamise protsesse ja võrrelge neid geenide redigeerimise tehnikatega.
- Uurige, kuidas korrigeeritud geenid taastavad normaalse rakkude funktsiooni.

AR-tööriistad pakuvad reaajas interaktsiooni, rotatsiooni, skaleerimist ja samm-sammult uurimist, toetades uurimuslikku ja kogemuslikku õpet.

2.3 Soovituslikud AR-põhised harjutused ja tegevused

- **Harjutus 1: DNA parandamine – õppimine looduselt**
Õpilased uurivad mutatsiooni põhjustatud DNA kahjustuse liitreaalsuse mudelit. Nad aktiveerivad looduslikke DNA parandusradasid ja jälgivad, kuidas rakud vigu tuvastavad ja parandavad. Seejärel võrdlevad õpilased looduslikke parandusmehhanisme inimese loodud geeniteraapiatega, tuvastades sarnasusi ja erinevusi.
- **Harjutus 2: Valgu struktuur ja funktsioon**
AR-i abil manipuleerivad õpilased 3D-valgumudelitega, et võrrelda terveid ja muteerunud valke. Molekulaarstruktuuride pööramise ja suumimise abil jälgivad õppijad, kuidas väikesed geneetilised muutused võivad viia suurte funktsionaalsete tagajärgedeni, näiteks valgu valesivoldumiseni.
- **Harjutus 3: Geenitöötamise simulatsioon**
Õpilased simuleerivad geenide redigeerimise protsessi, mis on inspireeritud looduslikust DNA parandamisest. Nad valivad vigase geeni, rakendavad virtuaalset „parandustööriista“ ja jälgivad enne ja pärast mõju geeniekspressioonile ja rakkude käitumisele. See harjutus rõhutab täpsust, piiranguid ja eetilisi kaalutlusi.
- **Harjutus 4: Rakust organismiks**
Õpilased jälgivad korrigeeritud geeni mõju üksirakust koe ja organi tasemele. AR-visualiseerimine näitab, kuidas geeni taastamine võib parandada organite funktsiooni, aidates õpilastel seostada molekulaarseid sündmusi reaalsete tervisenäitajatega.
- **Harjutus 5: AR-viktoriini koostamine: geneetilised haigused – väljakutsed ja lahendused**

Selles harjutuses õpilased **kujunda ja ehita interaktiivne AR-põhine viktoriin** keskendudes geneetilistele haigustele, nende põhjustele, probleemidele ja võimalikele lahendustele. Kasutades **Delightex**, õppijad loovad testi, mis ühendab teaduslikke küsimusi DNA, geenide, valkude ja rakkude 3D-visualiseeringutega.

Õpilased töötavad välja viktoriini stsenaariume, kirjutavad valikvastustega või otsustuspõhiseid küsimusi ning seovad iga küsimuse liitreaalsuse mudelitega, mis demonstreerivad geneetilisi mutatsioone, valkude valesivoltimist ja geenide





redigeerimise tulemusi. Viktoriin sisaldab järgmist: **punktide ja elude süsteem**, kus õiged vastused teenivad punkte ja valed valikud vähendavad elusid, pakkudes kohest tagasisidet ja julgustades hoolikat arutlemist.

Õpilased töötavad välja viktoriini stsenaariume, kirjutavad valikvastustega või otsustuspõhiseid küsimusi ning seovad iga küsimuse liitreaalsuse mudelitega, mis demonstreerivad geneetilisi mutatsioone, valkude volestivoltimist ja geenide redigeerimise tulemusi. Viktoriin sisaldab järgmist: **punktide ja elude süsteem**, kus õiged vastused teenivad punkte ja valed valikud vähendavad elusid, pakkudes kohest tagasisidet ja julgustades hoolikat arutlemist.

2.4 Globaalne inspiratsioon ja reaalne olulisus

Sarnaseid AR-toega tegevusi kasutatakse geneetikaõpetuses kogu maailmas, et aidata õpilastel:

- Mõista keerulisi molekulaarseid protsesse visualiseerimise abil.
- Arendage probleemide lahendamise oskusi, katsetades erinevaid sekkumisstrateegiaid.
- Tehke koostööd, arutades tulemusi ja disainivalikuid.
- Mõelge geenitehnoloogiate eetilistele ja ühiskondlikele tagajärgedele.

Bioloogilisi põhimõtteid liitreaalsusel põhinevate praktiliste tegevustega kombineerides kogevad õpilased geneetikat mitte abstraktse teooriana, vaid areneva valdkonnana, kus looduslikud mehhanismid inspireerivad uuenduslikke meditsiinilisi lahendusi.

Täiustama

3. Liitreaalsus sügavama õppimise ja kaasatuse jaoks

Geneetilised haigused hõlmavad keerulisi ja nähtamatuid bioloogilisi protsesse, mis toimuvad molekulaarsel ja rakulisel tasandil. Selliseid kontseptsioone nagu DNA mutatsioonid, valkude volestivoltimine, geenide regulatsioon ja geenide redigeerimine on õpilastel traditsiooniliste õpikute või ainult staatiliste piltide abil raske täielikult mõista. Liitreaalsus (AR) täiustab oluliselt õppeprotsessi, muutes need abstraktsed protsessid interaktiivseteks, visuaalseteks ja kogemuslikeks õpikogemusteks.





3.1 Kuidas liitreaalsus süvendab geneetiliste haiguste mõistmist

AR võimaldab õpilastel visualiseerida geneetilisi mehhanisme, mida ei saa otseselt jälgida. DNA, geenide, kromosoomide ja valkude 3D-mudelitega suheldes saavad õppijad uurida, kuidas väikesed geneetilised muutused viivad oluliste bioloogiliste tagajärgedeni. See ruumiline ja dünaamiline visualiseerimine aitab õpilastel:

- Mõista mutatsioonide ja haigussümptomite vahelisi põhjus-tagajärg seoseid
- Seo molekulaarsel tasemel sündmused raku-, koe- ja organismitaseme tulemustega
- Haarake samm-sammult keerulisi protsesse, nagu geenide redigeerimine ja DNA parandamine

Definitsioonide päheõppimise asemel uurivad õpilased aktiivselt, kuidas geneetilised haigused tekivad ja kuidas tänapäevased lahendused püüavad neid ravida.

3.2 Keeruliste kontseptsioonide kättesaadavaks ja kaasahaaravaks muutmise

AR vähendab kognitiivset ülekoormust, jagades keerulised geneetilised protsessid hallatavateks visuaalseteks etappideks. Õpilased saavad pöörata, suumida ja isoleerida konkreetseid struktuure, mis võimaldab neil keskenduda ühele kontseptsioonile korraga. See lähenemisviis toetab mitmekesiseid õpistiile ja muudab edasijõudnud biotehnoloogia teemad keskkooliõpilastele kättesaadavaks.

Kaasatust suurendatakse veelgi interaktsiooni ja uurimise kaudu. AR-põhised ülesanded ergutavad uudishimu, katsetamist ja arutelu, muutes õpilased aktiivseteks osalejateks, mitte passiivseteks teabe vastuvõtjateks.

3.3 Kasuliku liitreaalsuse tööriista näide (Deligtex)

Delightex on eriti tõhus vahend geneetikahariduses. See võimaldab õpilastel mitte ainult uurida liitreaalsuse sisu, vaid ka luua oma interaktiivseid õppematerjale. Delightexi kaudu saavad õppijad kujundada liitreaalsusel põhinevaid teste, simulatsioone ja visuaalseid selgitusi geneetiliste haiguste kohta, tugevdades arusaamist loomingu- ja refleksiooni kaudu.

3.4 Praktilised soovitused liitreaalsuse integreerimiseks õpikogemusse

Õpilaste sideme tugevdamiseks teemaga ja teadmiste tõhusta loomise toetamiseks saab liitreaalsust integreerida järgmistel viisidel:

- **Uurimispõhine õpe** Kasutage liitreaalsust geneetiliste mutatsioonide tutvustamiseks ja nende mõjude visualiseerimiseks enne ametlike selgituste andmist.





- **Simulatsioon ja eksperimenteerimine** Lubage õpilastel testida erinevaid geenide redigeerimise või parandamise stsenaariume ja jälgida tulemusi riskivabas keskkonnas.
- **AR-põhine hindamine** Asendage või täiendage traditsioonilisi teste AR-põhiste viktoriinide või õpilaste loodud AR-testidega, mis hindavad arusaamist rakendamise kaudu.
- **Koostöös õppimine** Innustage õpilasi rühmades töötama, et kavandada, testida ja täiustada liitreaalsusel põhinevaid õppestsenaariume, edendades suhtlust ja üksteiselt õppimist.
- **Refleksioon ja eetika** Kasutage liitreaalsuse stsenaariume lähtepunktina aruteludes geneetiliste sekkumistega seotud eetiliste, sotsiaalsete ja tehnoloogiliste väljakutsete üle.

Liitreaalsuse integreerimine geneetikaõpetusse muudab õppimise sisukamaks, meeldejäävamaks ja motiveerivamaks. Liitreaalsus toetab sügavamalt kontseptuaalset mõistmist, suurendab kaasatust ja annab õpilastele võimaluse siduda bioloogilist teooriat reaalse maailma meditsiiniliste väljakutsetega. Selles moodulis toimib liitreaalsus mitte ainult visualiseerimisvahendina, vaid ka sillana bioloogia, tehnoloogia ja vastutustundliku innovatsiooni vahel.

Kokkuvõte

See õppeüksus uuris geneetilisi haigusi kui keerulisi bioloogilisi väljakutseid, mis on põhjustatud DNA ja geenide funktsiooni muutustest. Õpilased arendasid põhiteadmisi sellest, kuidas geneetilised mutatsioonid tekivad, miks neid on raske diagnoosida ja ravida ning kuidas loodus ise pakub inspiratsiooni geneetilise teabe parandamiseks ja reguleerimiseks. Uurides bioloogiliselt inspireeritud mehhanisme, nagu DNA parandamine, geenide regulatsioon ja rakkude regeneratsioon, seostasid õppijad bioloogilise teooria reaalse maailma meditsiiniliste väljakutsetega.

Liitreaalsuse integreerimine mängis võtmerolli abstraktsete geneetiliste protsesside muutmiseks ligipääsetavateks ja kaasahaaravateks õpikogemusteks. Interaktiivsete 3D-visualiseeringute ja liitreaalsusel põhinevate testide loomise kaudu liikusid õpilased passiivsest õppimisest kaugemale, et oma teadmisi aktiivselt uurida, rakendada ja edastada. See lähenemisviis tugevdas kontseptuaalset mõistmist, soodustas kriitilist mõtlemist ning tõi esile tekkivate geneetiliste tehnoloogiate eetilisi ja ühiskondlikke mõõtmeid. Lõppkokkuvõttes näitab üksus, kuidas bioloogia, bioinspiratsiooni ja kaasahaaravate digitaalsete tööriistade kombineerimine aitab õpilastel geneetilisi haigusi paremini mõista ja tulevikuks uuenduslikke lahendusi ette kujutada.





Faas	Kirjeldus
Avasta	- Uurimistöö ja avastamine: Õpilased uurivad geneetika põhiprintsiipe, sealhulgas DNA struktuuri, geene, mutatsioone ja kromosomaalseid kõrvalekaldeid. Nad uurivad, kuidas geneetilised haigused tekivad, milline on nende globaalne levimus ja toovad näiteid päriselust, et mõista teema bioloogilist ja sotsiaalset olulisust.
	- Sisu arendamine: õpetajad pakuvad ligipääsetavaid õppematerjale, näiteks lühikesi tekste, visuaale, infograafikat ja sissejuhatavaid videoid, mis selgitavad geneetilisi haigusi, mutatsioonitüüpe ja bioloogilisi tagajärgi. Sisu keskendub pigem kontseptuaalse arusaamise kui kliiniliste üksikasjade arendamisele.
	- Vajaduste analüüs: õpilaste eelnevaid teadmisi geneetikast ja biotehnoloogiast hinnatakse arutelu või lühikeste diagnostiliste küsimuste abil, et tuvastada väärarusaamu ning kohendada vastavalt õppetempot ja -sügavust.
Käivita	- Õppekava rakendamine: Bioloogiliselt inspireeritud kontseptsioonid nagu DNA parandamine, geenide regulatsioon ja rakkude regenereerimine on seotud tänapäevaste geneetiliste lahendustega. Tunnid suunavad õpilasi looduslike mehhanismide mõistmisest nende teadmiste rakendamiseni praktiliste liitreaalsuse toega ülesannete kaudu.
	- Interaktiivsed harjutused: õpilased osalevad liitreaalsusel põhinevates tegevustes, mis uurivad DNA kahjustusi, valkude talitlushäireid, geenide redigeerimist ja bioloogilisi tagajärgi. Põhitegevus hõlmab järgmist: AR-põhise testi kujundamine ja loomine Delightexis , muutes teaduslikud teadmised interaktiivseks hindamissisuks.
	- Tagasiside kogumine: õpilaste liitreaalsuse harjutuste ja testide kavandite hindamiseks kasutatakse vastastikuseid eksperdi hinnanguid, grupiarutelusid ja õpetaja tagasisidet, toetades refleksiooni ja iteratiivset täiustamist.
	- AR integratsioon: Liitreaalsust kasutatakse nähtamatute geneetiliste protsesside, näiteks mutatsioonide, valkude voltimise ja geenide korrigeerimise visualiseerimiseks, muutes abstraktsed bioloogilised mehhanismid käegakatsutavaks ja arusaadavaks.
	- Interaktiivne õpe: õpilased manipuleerivad aktiivselt 3D-mudelitega, simuleerivad bioloogilisi protsesse ja uurivad põhjus-tagajärg seoseid, nihutades õppimise passiivsest vastuvõtust kogemuslikuks uurimiseks.





Mängustatud sisu:

- **Punktid ja märgid** Õpilased teenivad punkte ja digitaalseid märke AR-harjutuste täitmise, mutatsioonide õigesti tuvastamise ja täpsete AR-testiküsimuste koostamise eest.
- **Edetabelid** Valikulisi edetabeleid saab kasutada motivatsiooni ja sõbraliku võistluse ergutamiseks ülesannete täitmise või viktoriini tulemuste põhjal.
- **Ülesanded ja tasemed** Õppetegevused on üles ehitatud progressiivsete ülesannetena, liikudes geneetilistest põhimõistetest edasijõudnute bioloogilistest lahenduste ja testide loomiseni.
- **Auhinnad uurimise eest** Boonuspunktid või peidetud sisu avatakse, kui õpilased uurivad täiendavaid AR-mudeleid või täiustatud geneetilisi stsenaariume.
- **Koostöös mängustatud ülesanded** Õpilased töötavad meeskondades, et ühiselt AR-testi küsimusi kujundada, kolleegide tööd üle vaadata ja ühiselt geneetilisi probleeme lahendada.

AR-põhised hinnangud: Hindamine toimub liitreaalsusel põhinevate viktoriinide ja õpilaste loodud liitreaalsustestide abil, mis võimaldavad õppijatel näidata oma arusaamist teadmiste rakendamise, bioloogiliste protsesside visualiseerimise ning geneetiliste probleemide ja lahenduste interaktiivsel viisil selgitamise kaudu.





Viited

- MedlinePlus geneetika. *Mis on geneetilised häired?* USA Riiklik Meditsiiniiraamatukogu. <https://medlineplus.gov/genetics>
- Doudna, J. A. ja Charpentier, E. (2014). *CRISPR-Cas9 abil genoomitehnoloogia uus piir*. Teadus, 346(6213). <https://science.sciencemag.org>
- Collins, F. S. ja Varmus, H. (2015). *Uus täppismeditsiini algatus*. New England Journal of Medicine, 372, 793–795.
- Riiklik Teadusnõukogu. (2012). *K-12 loodusteaduste hariduse raamistik*. Riiklike Akadeemiate Kirjastus.
- Euroopa Komisjon. *Geneetiliste tehnoloogiate ja genoomi redigeerimise eetika*. <https://ec.europa.eu>
- Ibáñez, M. B. ja Delgado-Kloos, J. (2018). *Liitreaalsus STEM-õppes: süstemaatiline ülevaade*. Arvutid ja haridus, 123, 109–123.
- Radu, I. (2014). *Liitreaalsus hariduses: metaülevaade*. Hariduspsühholoogia ülevaade, 26(2), 153–176.
- Delightex. *AR õppe- ja hindamisvahendid hariduses*. <https://www.delightex.com/edu>
- Clevelandi kliinik. (2025). *Geneetilised häired: mis need on, tüübid, sümptomid ja põhjused*. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21751-genetic-disorders>
- Frangoul, H., Altshuler, D., Cappellini, M. D., Chen, Y. S., Domm, J., Eustace, B. K., Foell, J., de la Fuente, J., He, B., Kasper, R., Kernysky, A., Lek, M., Mapara, M. Y., A., S., M., S. Sheth, S., Steinberg, M. H., Vichinsky, E., ... Corbacioglu, S. (2021). CRISPR-Cas9 geeni redigeerimine sirprakulise haiguse ja β -talasseemia jaoks. *New England Journal of Medicine*, 384(3), 252–260. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2031054>
- Liang, P., Song, F., Xu, J., Zhang, X., Wang, Y. ja Huang, J. (2024). CRISPR-Cas9 geeni redigeerimine: geneetiliste haiguste ravimine geneetilise koodi parandamise teel. *Nanobiotehnoloogia ajakiri*, 22(1), artikkel 145. <https://doi.org/10.1186/s12951-024-02375-7>
- Russell, S., Bennett, J., Wellman, J. A., Chung, D. C., Yu, Z.-R., Tillman, A., Wittes, J., Pappas, J., Elci, O., Marshall, K. A., Coley, L., Reichert, M., George, L. A., Piazza, C., Venkatesh, A. ja Maguire, A. M. (2017). Voretigeen-neparvoveki (AAV2-hRPE65v2) efektiivsus ja ohutus RPE65-vahendatud päriliku võrkkesta düstroofiaga patsientidel: randomiseeritud, kontrollitud, avatud, 3. faasi uuring. *Lancet*, 390(10097), 849–860. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31868-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31868-8)
- MedlinePlus geneetika. (ilma kuupäevata). *Kuidas geneetilisi haigusi ravitakse või hallatakse?* <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/consult/treatment/>
- Riiklik Biotehnoloogia Teabekeskus. (2020). *CRISPR/Cas-põhise geeniteraapia edusammud inimese geneetiliste haiguste ravis*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7150498/>

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



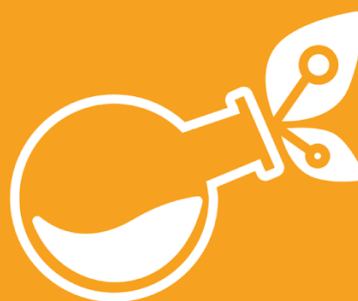


- Avatud tehisintellekt. *VestlusGPT* (suur keelemudel). <https://chat.openai.com>
- *Hämmingus tehisintellekt* [Tehisintellektil põhinev otsingu- ja uurimisassistent]. <https://www.perplexity.ai>
- Google *MärkmikLM* [Tehisintellektil põhinev uurimis- ja märkmete tegemise tööriist]. <https://notebooklm.google.com>





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.