



Co-funded by
the European Union

Mikroobse puhastuse testimine reaalses ökosüsteemides: kuidas temperatuur mõjutab mikroobide aktiivsust saaste eemaldamisel



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."





Co-funded by
the European Union

SISUKORD

Üldine teave

Pedagoogiline kirjeldus

Tehniline kirjeldus



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."

Sissejuhatus

Mikroorganismid mängivad looduslike ökosüsteemide tasakaalu säilitamisel olulist rolli saasteainete lagundamise ja toitainete ringlussevõtu kaudu. Mõned bakterid ja seened suudavad kahjulikke aineid, näiteks õli, plastikut või raskmetalle, biolagundada, muutes need kahjututeks ühenditeks. Nende mikroobsete puhastusprotsesside tõhusus sõltub aga suuresti keskkonnateguritest, eriti temperatuurist.

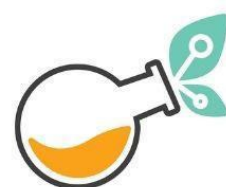
Selles liitreaalsusel põhinevas harjutuses uurivad õpilased, kuidas temperatuur mõjutab mikroobide võimet puhastada saasteaineid vee- või maismaaökosüsteemides. Delightexi platvormi abil jälgivad ja suhtlevad nad saastunud ökosüsteemide 3D-mudelitega, visualiseerides, kuidas mikroobide aktiivsus erinevates termilistes tingimustes muutub. Kogemus toob esile seose bioloogiliste protsesside, keskkonnateaduse ja kliimamuutuste vahel, näidates, kuidas temperatuuri tõus võib looduslikku biopuhastust kas kiirendada või pärssida.

Interaktiivse uurimise kaudu simuleerivad õpilased reaalseid keskkonnatingimusi, analüüsivad, kuidas mikroobide ainevahetus reageerib temperatuurimuutustele, ning mõistavad ökosüsteemi tervise ja kliimadünaamika vahelist õrna tasakaalu.

Bioloogia, keemia ja keskkonnatehnika sidudes inspireerib see harjutus õpilasi nägema mikroobe mitte ainult mikroskoopiliste organismidena, vaid kui võimsaid liitlasi ökoloogilises taastamises ja jätkusuutlikkuses.

See dokument koosneb järgmistest punktidest:

- Teave AR-tehnoloogia kohta
- Kuidas malli abil AR-harjutust defineerida:
 - o Üldine teave
 - o Pedagoogilised spetsifikatsioonid
 - o Tehnilised andmed





Üldine teave

Harjutuse nimi:

Mikroobide puhastuse testimine reaalsetes ökosüsteemides
temperatuuri roll biopuhastuses

*See liitreaalsuse harjutus võimaldab õpilastel uurida, kuidas
temperatuurimuutused mõjutavad mikroobide võimekust
keskkonnasaasteainete lagundamisel.*

Kirjeldus harjutused:

Interaktiivsete 3D-visualiseeringute abil saavad õppijad
manipuleerida saastunud ökosüsteemi (nt naftaga saastunud
või mullaplaastri) temperatuuriseadetega ja jälgida vastavaid
muutusi mikroobide kasvukiiruses, ensüümide aktiivsuses ja
saasteainete lagunemiskiiruses.

Simulatsioon hõlmab mitut stsenaariumi – näiteks külma,
mõõdukat ja kõrget temperatuuri –, mis võimaldab õpilastel
võrrelda, kuidas mikroobid igas olukorras reageerivad.
Animeeritud pealiskihid visualiseerivad ainevahetuse kiirene-
mist hapnikutarbimist ja saasteainete kontsentratsiooni vähenemist
reaalajas.

Tegevuse lõpuks mõistavad õpilased, kuidas kliima ja
temperatuur otseselt mõjutavad mikroobide puhastamise
efektiivsust, sidudes bioloogiateaduse reaalse
keskkonnajuhtimisega.

Osalejad:

Harjutus on mõeldud individuaalselt õppivatele õpilastele või
väikestele gruppidele (2–4 õpilast).
Andmete arutelu, hüpoteeside püstitamise ja kollektiivse
analüüsi soodustamiseks on soovitatav rühmatöö.

Osalejate vanusevahemik:

Minimaalselt 15-18 aastat vana

Sobib edasijõudnutele mõeldud bioloogia, keskkonnateaduse
või interdistsiplinaarsete STEAM-kursuste jaoks.





STEM-aine ja
konkreetne teema:

STEM-aine: Bioloogia, keskkonnateadus, keemia

Konkreetne teema: Mikroobne biopuhastus ja temperatuuri mõju bioloogilistele puhastusprotsessidele ökosüsteemides

Teema peamine väljakutse (stressirohke aspekt):

Õpilastel on sageli raskusi nähtamatute mikroobsete protsesside ja käegakatsutavate keskkonnamõjude seostamisega. Temperatuurimuutuste mõju ensüümide aktiivsusele ja mikroobide ainevahetusele võib teoreetiliselt uurides olla ka abstraktne. Suurim väljakutse seisneb selles, kuidas visualiseerida, kuidas kliimamuutujad (nt temperatuuri tõus) mõjutavad saasteainete lagunemise kiirust reaalsetes tingimustes.

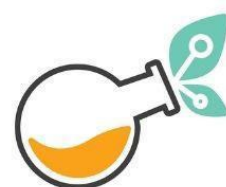
Kuidas AR aitab kontseptsiooni lihtsustada:

- **3D-visualiseerimine** Mikroobide, saasteainete ja keskkonnakihtide koosseis muudab abstraktsed bioloogilised protsessid nähtavaks.
- **Temperatuuri liugur** võimaldab kasutajatel tingimusi kohandada ja koheselt jälgida tekkivat mikroobide reaktsiooni.
- **Värvikoodiga animatsioonid** näitavad mikroobide populatsiooni muutusi ja saasteainete lagunemise kiirust erinevate stsenaariumide korral.
- **Reaalajas andmekihid** (nt saasteainete kontsentratsioon, hapnikutase, lagunemiskiirus) muudavad teaduslikud seosed selgeks ja mõõdetavaks.
- **Interaktiivne põhjuse ja tagajärje visualiseerimine** aitab õpilastel näha, kuidas keskkonnamuutused mõjutavad bioloogilisi süsteeme.

Pedagoogiline eesmärk (õpiväljundid):

Selle harjutuse läbimisega saavad õpilased:

1. Selgitage seost järgmiste vahel: **temperatuur ja mikroobide aktiivsus** biopuhastuses.
2. Kirjeldage, kuidas **ensümaatilised reaktsioonid** soodustavad saasteainete lagunemist ökosüsteemides.
3. Mõista mõju **kliimategurid** looduslike puhastusprotsesside kohta.





Mängustamise
protsess:

Laiendatud teabe
kirjalik või graafiline
kirjeldus:

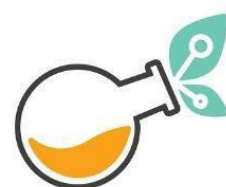
4. Rakenda**eksperimentaalne mõtlemine**hüpoteeside testimise teel virtuaalse temperatuuri manipuleerimis abil.

5. Hinnake, kuidas mikroobid aitavad kaasa **jätkusuutlikule ja ökosüsteemi vastupidavuskliimamuutuste** kontekstis.

- **Simulatsioonirežiim:**Õpilased manipuleerivad temperatuuriga ja jälgivad reaalses mikroobide reaktsioone.
- **Väljakutse režiim:**Ennusta, milline temperatuurivahetus tagab suurima lagunemistõhususe.
- **Hindamissüsteem:**Punkte teenitakse täpsete ennustuste ja andmepõhise arutluskäigu eest.
- **Edenemisriba:**Jälgib õpilaste arusaamist, kui nad tuvastavad mikroobide puhastamiseks optimaalseid keskkonnatingimusi.
- **Peegeldusfaas:**Õpilased võtavad oma tulemused kokku, sidudes virtuaalse eksperimendi reaalses keskkonnaprobleemidega.

AR-stseen pakub**saastunud veeökosüsteemi**(nt jõgi või rannikuala), kus elab**3D mikroobide kooslused**.

- Näidatud on mikroobide kinnitumine saasteosakeste külge (nt õlitilgad, plastfragmendid).
- Õpilased kasutavad**interaktiivne temperatuuri reguleerimist**tingimuste muutmiseks järgmiste vahetega **ja 40°C**.
- Animeeritud pealiskihid visualiseerivad mikroobide ainevahetuse muutusi, kiiremat aktiivsust mõõdukas soojuses, aeglustunud funktsiooni külmas ja ensüümide denaturatsiooni liigeses kuumuses.
- Hüppikpaneelide kuvamine**reaalses saasteainete kontsentratsioonjabilagundamise efektiivsus**.
- Graafikud ja andmetabelid kuvatakse dünaamiliselt, kokkuvõtteid tehes.**ensüümi jõudlusjäreostuse vähendamise protsentiga** temperatuurivahemiku kohta.





Vajalikud on
välised (või
lisa)tööriistad

Lingid (videod,
pildid, tekst veebis
jne).

Tahvelarvuti või nutitelefonAR-võimekuse ja
internetiühendusega.

Delightexi platvorm(rakenduse või brauseri versioon).

Valikuline tööleht vaatlusandmete registreerimiseks ja tulem
kokkuvõtmiseks.

Valikuline video klassiruumi konteksti jaoks: Reostuse
puhastamine mikroobidega | Kolmapäeva tarkus

Video: Reostuse puhastamine mikroobidega | Kolmapäeva
tarkusetera

Link:

<https://youtube.com/shorts/tFTlhX-42FQ?si=IxP4e1gHirsqT>





Pedagoogilised spetsifikatsioonid

[Kuidas saab seda](#)

[täiendatud teavet kasutada STEAM-i probleemi lahendamiseks? teema](#)

[õpilastele huvitavamal viisil?](#)

Interaktiivsed 3D-mudelid

Eesmärk:

Aidata õpilastel visualiseerida, kuidas temperatuur mõjutab mikroobide aktiivsust saastunud ökosüsteemides ning mõista, kuidas bioloogilised ja keemilised protsessid koos toimivad keskkonna puhastamisel.

Kasutus:

Õpilased saavad uurida 3D-mudelit saastunud veekeskkonnast, mis hõlmab veekihte, setteid ja erinevaid mikroobikooslusi. Kui õpilased muudavad temperatuuri, näevad nad koheselt muutusi mikroobide käitumises, liikumises, värvuses ja saaste lagunemise kiiruses. Madal temperatuur näitab vähenenud aktiivsust, mõõdukas temperatuur optimaalset puhastust ning kõrge temperatuur põhjustab ensüümide denaturatsiooni. Hüpikselgitused ja animeeritud kihid illustreerivad hapniku kasutamist, CO₂ eraldumist ja saaste lagunemist, muutes nähtamatud bioloogilised ja keemilised protsessid kaasahaaravateks ja jälgitavateks sündmusteks, sidudes bioloogia, keemia ja keskkonnateaduse ühtseks STEAM-lähenemiseks.

Interaktiivsed nupud

Eesmärk:

Julgustada õpilasi katsetama keskkonnamuutujatega ning analüüsima, kuidas temperatuur mõjutab mikroobide ainevahetust, tõhusust ja saaste eemaldamist.

Kasutus:

Õpilased kasutavad nuppe ja liugureid, et muuta selliseid muutujaid nagu temperatuur, saaste tüüp ja mikroobitüvi. Iga muudatus käivitab animeeritud tagasiside, mis näitab mikroobide reaktsiooni ja saaste vähenemist. Õpilased võrdlevad biolagunemise kiirust lihtsate graafikute abil ning proovivad „Challenge Mode’i”, et leida optimaalne temperatuur puhastuse maksimaalseks efektiivsuseks, sidudes katsetamise mängulise õppimisega.

[Milliseid pedagoogilisi eesmärke selle stsenaariumi kaudu käsitletakse?](#)

Aktiivne kaasatus

Õpilased uurivad aktiivselt, kuidas temperatuur mõjutab mikroobide aktiivsust ja saaste lagunemist, kasutades käed-külge AR-simulatsioone. Muutes keskkonnatingimusi ja jälgides koheselt visuaalset tagasisidet, osalevad nad eksperimentaalses uurimises, testivad hüpoteese ja tõlgendavad tulemusi reaalajas. See kaasahaarav protsess muudab abstraktsed bioloogilised ja keemilised protsessid nähtavateks põhjus-tagajärg kogemusteks, soodustades uudishimu ja aktiivset osalemist.

Kriitiline mõtlemine

Ülesanne arendab kriitilist mõtlemist, kuna õpilased analüüsivad, kuidas ja miks temperatuurimuutused mõjutavad mikroobide tõhusust. Võrreldes erinevaid keskkonnatingimusi, hindavad nad põhjus-tagajärg seoseid temperatuuri, ensüümide töö ja saaste lagunemise vahel, sidudes oma tähelepanekud reaalsete kliima- ja keskkonnaprobleemidega. Õpilasi julgustatakse mõtlema teaduslikult, tuvastama mustreid, tegema järeldusi ja reflekteerima keskkonnamõjude üle.

Teadmiste rakendamine

Õpilased rakendavad teoreetilisi teadmisi ensüümide aktiivsusest, ainevahetusest ja keskkonnateadusest, et simuleerida ja tõlgendada bioremediatsiooni protsesse. Katsetamise kaudu näevad nad, kuidas temperatuur mõjutab bioloogiliste reaktsioonide kiirust ja keskkonnatulemusi, tugevdades STEM-alaseid põhimõisteid praktilise ja andmepõhise analüüsi kaudu.

See otsene rakendamine seob klassiruumis õpitu päriseluliste jätkusuutlikkuse väljakutsetega, nagu kliimamuutustest tingitud reostusprotsessid.

Mitmemodaalne õppimine (visuaalne, praktiline, uurimuslik õppimine)

AR-kogemus ühendab visuaalse, interaktiivse ja uurimusliku õppimise, toetades erinevaid õpistiile. Õpilased visualiseerivad andmeid, muudavad muutujaid ja osalevad juhendatud avastusõppes, sidudes bioloogia, keemia ja keskkonnateaduse ühtseks tervikuks.

See mitmemodaalne lähenemine süvendab arusaamist ja parandab meeldejäämist, muutes abstraktsed STEAM-teemad konkreetseteks ja uuritavateks kogemusteks.





Milliseid tulemusi on oodata selle kasutamisel?

Sügavam arusaam mikroobsetest protsessidest ja keskkonnamõjudest

Õpilased omandavad selge arusaama sellest, kuidas temperatuur mõjutab mikroobide ainevahetust ja saaste lagunemist. Reaalajas AR-simulatsioone jälgides seovad nad ensüümide aktiivsuse ja bioremediatsiooni tõhususe laiemate keskkonnasüsteemidega.

See visualiseerimine aitab mõista, kuidas bioloogilised protsessid toetavad ökosüsteemide taastumist ja reostuse vähendamist muutuvates kliimatingimustes.

Suurenenud kaasatus ja huvi STEAM-i ja keskkonnateaduse vastu

Interaktiivne ja katsetuspõhine lähenemine suurendab motivatsiooni ja uudishimu mikrobioloogia, keemia ja keskkonna jätkusuutlikkuse vastu.

Õpilased kogevad, kuidas digitaalsed tööriistad modelleerivad päriselulisi ökoloogilisi protsesse, soodustades interdistsiplinaarset mõtlemist ning suuremat huvi biotehnoloogia ja keskkonnauuringute vastu.

Paranenud põhimõistete meeldejätmine ja taastamine

Sidudes teoreetilise bioloogia ja keemia interaktiivse katsetamisega, jääb õpilastele paremini meelde, kuidas temperatuur mõjutab mikroobseid reaktsioone.

Visuaalsete elementide, animatsioonide ja andmekihtide kombinatsioon tugevdab mõistete omandamist ning aitab meenutada põhjus-tagajärg seoseid kliima ja bioremediatsiooni vahel.

Suurem enesekindlus teadusliku ja analüütilise mõtlemise rakendamisel

Avastusõppe ja juhendatud refleksiooni kaudu kasvab õpilaste enesekindlus teadusliku mõtlemise ja andmete tõlgendamise kasutamisel päriselulistel olukordades.

Nad õpivad hindama muutujaid, analüüsima katsetulemusi ja selgitama, kuidas keskkonnatingimused mõjutavad bioloogilisi süsteeme.

See kogemus arendab teadlikkust sellest, kuidas inimtegevus ja kliima mõjutavad ökosüsteemide loomulikku puhastusvõimet, ning toetab jätkusuutlikku mõtteviisi.





Tehnilised spetsifikatsioonid

AR-INFORMATSIOON

Tehnoloogia

Kui on vaja
markerit, siis
markeri kirjeldus

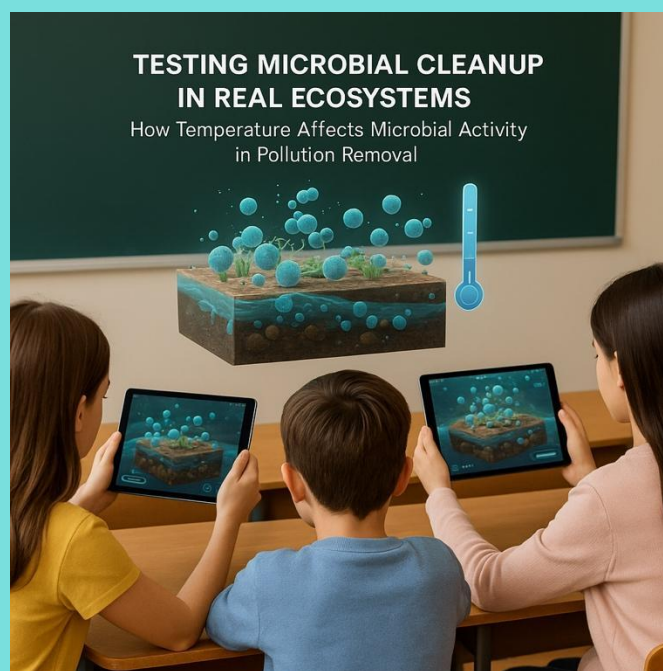
Markerita liitreaalsus (AR) kasutades Delightexi platvorm.

Possible Classroom Session Plan
Introduction (5–7 mins)
Goal: Introduce students to the role of microbes in the environment.

- Begin with a question: “What role do microbes play in the environment?”
- Show a short introductory video about microbial activity.
- Discuss how microbial activity is affected by temperature, oxygen, and nutrients.

Main Activity – AR Exercise
Testing Microbial Cleanup with Temperature
AR Model Interaction (10–15 mins)
Students access the Delightex AR Model.
Hands-on Exploration:
Adjust temperature using the interactive model.
Observe how microbial activity and pollution removal are affected.
Tap microbes to trigger short animations showing their function.
Watch the environment become cleaner as microbes work.
Guided Learning Tasks (10–15 mins)

- Compare results under three different temperatures.
- Analyze degradation speed of pollutants.
- Discuss the relationship between temperature and microbial activity.
- Gamified Challenge: “Find the optimal temperature for maximum cleanup and record your findings.”





Co-funded by
the European Union



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."





Vajalik riist- ja tarkvara:

Laiendatud andmete tüüp

AR-andmete kirjalik kirjeldus

Riistvara:Arvuti, nutitelefon, tahvelarvuti (AR-sisu kasutamiseks kaamera (AR-funktsionaalsuse jaoks), güroskoop (AR-jälgimiseks mobiilseadmetes).

Tarkvara:See **Delightex** AR veebipõhine vaatur või mobiilirakendus, mis ühildub mõlemaga **iOS** ja **Android**.

- **3D-mudelid** mikroobidest, saasteainetest ja keskkonnakihtidest (vesi, pinnas, õhk).
- **Interaktiivne temperatuuri liugur** keskkonnatingimuste kontrollimiseks.
- **Animeeritud pealiskihid** näitab saasteainete lagunemise mikroobide liikumist ja ensümaatilisi reaktsioone.
- **Värvikoodiga andmete visualiseeringud** näitavad aktiivsuse tasemeid (sinine = madal, roheline = optimaalne, punane = ülekuumenenud/mitteaktiivne).
- **Hüpi tekstikastid** biokeemiliste ja keskkonnaprotsessi selgitamine.
- **Dünaamilised graafikud** näitab lagunemiskiirust ja mikroobide populatsiooni muutust aja jooksul.

AR-keskkonnas näevad õpilased 3D-reastatud ökosüsteemi, näiteks naftaga saastunud jõge või mullaplaastrit.

Mikroobid on nähtavad liikuvate kerade või vardakujuliste vormide klastritena, mis ümbritsevad saasteainet osakesi.

Temperatuuri liugurit reguleerides jälgivad õppijad järgmist:

- Mikroobide liikumise ja asustustiheduse muutused.
- Ensüümi aktiivsuse muutus, mida näitab värvi intensiivsus ja lagunemiskiirus.
- Nähtavate saasteainete vähenemine biopuhastuse edenedes.

Kõrgetel temperatuuridel avaldub ensüümide denatureerumine mikroobsete struktuuride pleekimise kokkuvarisemisena.

Hüpi paneelidel kuvatakse numbrilisi indikaatoreid, näiteks *saasteainete lagunemine (%) ja ensüümi efektiivsus*.

Graafikud uuenevad automaatselt, et visualiseerida temperatuuri mõju puhastustulemustele ja ökosüsteemile tervisele.

Lisafunktsioonid:





Stseen

Kui pilt

- **Animeeritud järjestus** illustreerib biolagundamise samm-sammult protsessi erinevatel temperatuuridel.
- **„Temperatuuri väljakutse režiim”** kus õpilased ennustavad maksimaalse mikroobide aktiivsuse optimaalset vahemikku ja testivad oma hüpoteese.
- **Võrdluspaneel** näitab jõudlust külmas (5 °C), mõõdukas (25 °C) ja kuumas (40 °C) tingimustes.
- **Nupp „Tagasi algusesse”** võimaldab õpilastel temperatuuri lähtestada ja katseid korrata.
- **Peegeldavad küsimused** liidesesse integreeritud (nt „Miks juhtub, kui keskkond läheb liiga soojaks?“).
- **Lühikese video integreerimine** Mikroobse bioremediatsiooni selgitamine looduslikes süsteemides

Neli stseeni:

1. stseen – Sissejuhatus: saastunud ökosüsteem

Õpilased näevad ülevaadet saastunud jõesängist või pinnasekihist, millel on näha õli- või jäätmeosakesi. Mikroobid madalal temperatuuril uinunud.

2. stseen – Mõõdukas temperatuur (optimaalne aktiivsus)

Kui õpilased temperatuuri tõstavad, intensiivistub mikroobide liikumine. Saasteained kahanevad, tekivad hapnikumullid ja värvilised kihid viitavad aktiivsele lagunemisele.

3. stseen – kõrge temperatuur (denaturatsioon)

Edasine temperatuuri tõus põhjustab ensüümide lagunemist. Mikroobid hääbuvad, saasteainete lagunemine lakkab ja visuaalsed märgid näitavad süsteemis stressi.

4. stseen – Mõtisklused ja andmete ülevaade

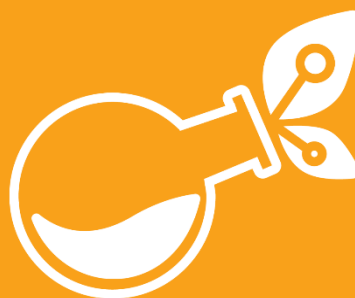
Õpilased vaatavad temperatuuri ja lagunemiskiirust võrdleva graafikuid ning võtavad tulemused kokku. Mõtisklused julgustavad neid tulemusi teaduslikult tõlgendama.

-





Co-funded by
the European Union



BIO54YOU

AR 2.0

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