

õpeta kosmosega

→ UURIME VEE KVALITEETI

Lühike juhtumiuuring kliimadetektiividele



Copyright: Jean Baptiste Burne

→ UURIME VEE KVALITEETI

Lühike juhtumiuuring kliimadetektiividele

LÜHIKE KOKKUVÕTE

Õppeained: täppisteadused, bioloogia

Vanusevahemik: 14–18aastased

Tüüp: praktiline tegevus

Märksõnad: vee kvaliteet, kliimamuutused, sinivetikad, Maa seire, täppisteadused, bioloogia

ÕPIVÄLJUNDID

- Õpilased oskavad koguda andmeid, teha täpseid vaatlusi ja leida seaduspärasusi.
- Mõistavad kliimamuutuste mõju veeressurssidele.
- Teavad, et sinivetikas on bakter, mis saab energiat läbi fotosünteesi.
- Teavad, kuidas saab Maa seire satelliite kasutada vee kvaliteedi seireks.

Lühikirjeldus

See juhtumiuuring on pühendatud **vee kvaliteedi** teemale. Õpilased uurivad, kuidas kliimamuutused võivad mõjutada järve vee kvaliteeti tsüanobakterite (sinivetikate) osas.

Töölehel on soovitusel õpetajale selle kohta, milliseid andmeid võiksid õpilased koguda ja analüüsida. Lühikese juhtumiuuringu ülesandeid ja soovitusi võib õpetaja vajadusel muuta. Juhtumiuuringu juurde käib [õpetajajuhend](#).

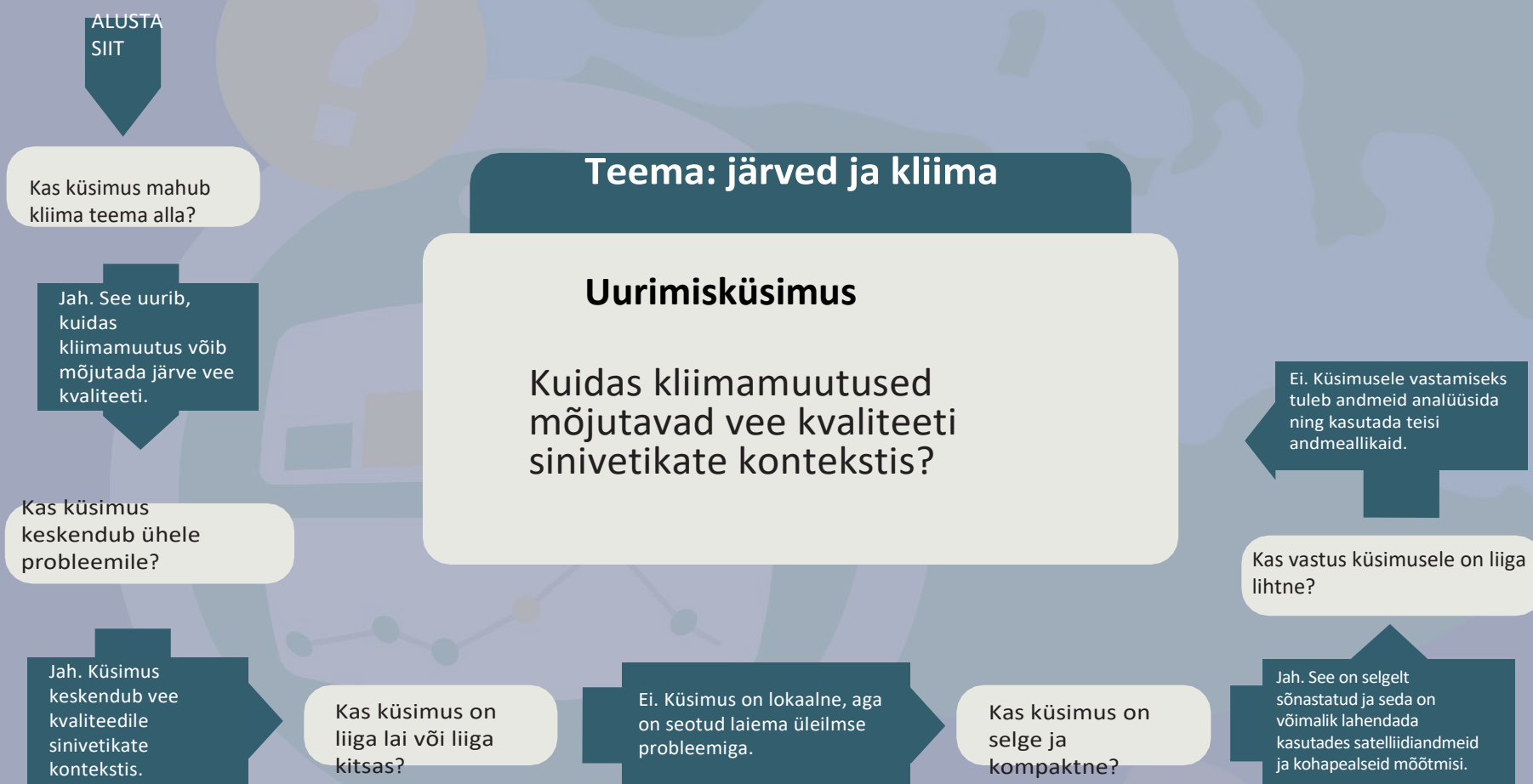
Kliimadetektiivid

See on projekt kooliõpilastele, mille on välja töötanud Euroopa Kosmoseagentuur (ESA) koostöös ESA haridusalaste algatustega (ESERO) üle Euroopa.

Selles projektis elavad õpilased sisse oma rolli kliimadetektiividena saades samal ajal uusi teadmisi keskkonna kohta. Esimeses etapis määratlevad õpilased kohaliku keskkonnaprobleemi; seejärel uurivad seda satelliidiandmete või omaenda maapealsete mõõtmiste abil; viimases etapis teevad õpilased ettepanekuid, kuidas probleemi seirata ning mida probleemi vähendamiseks ette võtta.



CLIMATE DETECTIVES



A – Sissejuhatus teemasse (1. ETAPP)

„Järvede komplekssete muutuste mõistmine muutavas keskkonnas on oluline veevarude tõhusaks majandamiseks ja kliimamuutuste mõju leevendamiseks.“ [ESA CCI järvede projekt](#)

Luxemburgi valitsus edastas 2021. aasta septembris [hoiatuse](#) sinivetikate ohtlikust levikust Luxemburgi suurimas veekogus – Ülem-Sûre'i veehoidlas. Ülem-Sûre'i veehoidla ühendus (SEBEL) kommenteeris olukorda järgmiselt.

„Alates 1986. aastast on Ülem-Sûre'i veehoidlas täheldatud sinivetikate arvukuse järk-järgulist suurenemist. Veehoidla on mesotroofne, õitseng on tingitud peamiselt üleliigsest lämmastikust ja fosforist. Täpseid seoseid sinivetikate õitsengu ja toitainete olemasolu vahel veel uuritakse. Sinivetikat on soosinud ka sellised tegurid nagu kliimamuutused, seisev vesi, temperatuuri tõus ja vähenenud sissevool. Sinivetika osatähtsuse tõus võrreldes teiste fütoplanktoni liikidega on märgatav kogu maailmas.“



↑ Sinivetikate õitsengut saame jälgida satelliitandmete abil. Sellel [Copernicus Sentinel-3](#) pildil on sinivetikad Erie (Põhja-Ameerika) järvel hästi näha, sest need on kogunenud pinnale. Sellel pildil on Copernicus Sentinel andmed aastast 2020 (töödeldud ESA poolt, [CC BY-SA 3.0IGO](#)).

Kliimadetektiividel tuleb uurimiseks valida järv, mis asub nende lähedal.

Taustateave

Mis on sinivetikad?

Sinivetikad ehk tsüanobakterid on bakterid, mis saavad energiat fotosünteesi teel. Ainulaadse sinirohelise värvuse annab sinivetikatele fükotsüaniin (fotosünteesi pigment), mille abil nad muudavad süsinikdioksiidi ja vee hapnikuks ja glükoosiks. Sinivetikad muutsid algse hapnikuvaese atmosfääri hapnikurikkaks tänapäevaseks atmosfääriks. Koos teiste vetikatega moodustavad tsüanobakterid vee elustiku toiduahela baasi. Tsüanobakterite nimetus viitab nende värvusele (vanakreeka keeles κυανός (kuanós), mis tähendab „sinist“), mis annab neile ka nime „sinivetikad“.

Sinivetikate vohamine

Sinivetikad on olulised orgaanilise aine ja hapniku tootjad, kuid intensiivse õitsengu korral võivad nad kaasa tuua ka teiste organismide suremise. Mõistet *õitseng* kasutatakse sündmuste puhul, kus fütoplanktonit (kas sinivetikat või teisi vetikaid) tekib palju kiiremini kui kaob. Õitseng muutub probleemiks, kui see häirib toiduahela tasakaalu, laguneb liiga kiiresti (põhjustades madalat hapnikusisaldust) või tekitab toksilisi aineid. Kahjuks esineb õitsengut just mürgisemate sinivetika liikide puhul. See põhjustab probleeme joogivee varustuses ja veekogudega seotud vaba aja harrastuste jaoks. Kliimamuutustest tingitud veetemperatuuri tõus paneb mõned sinivetikate liigid vohama. Aga selleks, et temperatuur saaks vetikate kasvu kiirendada, peab olema täidetud algtingimus, st peab olema piisavalt palju toitaineid¹.

Sinivetikate uurimine

Sinivetikate teema tutvustamiseks soovitame järgmisi tegevusi.

- Teemakohaste lühikeste dokumentaalfilmide ja videode vaatamine.
- Internetist info otsimine sinivetika arengu soodustajate kohta ning nende seoste kohta kliimamuutustega. [IPCC interaktiivne atlas](#) annab piirkondlikku teavet kliimamuutuste kohta. [Siit](#) leiate (inglisekeelset) teavet vetikate õitsengu ning seire kohta kaugseire abil.
- Artiklite lugemine sinivetika probleemi kohta oma riigis.
- Aruannete lugemine sinivetika teemadel. Näiteks Maailma Terviseorganisatsiooni [aruandes](#) (inglise keeles) on toodud tsüanobakterite hulga ebatervislik tase.
- Suhtlemine kohalike institutsioonidega, kes tegelevad vee kvaliteediga.

¹https://www.researchgate.net/publication/330944730_Cyanobacteria_Growth_Kinetics

Uurimiskava

Milliseid andmeid on uurimisküsimusele vastuse leidmiseks vaja koguda? Esimese etapi viimase tegevusena esitavad kliimadetektiivid uurimiskava. Soovitused andmeallikate kohta on toodud järgmises osas.

B – Andmete kogumine ja analüüs (2. ETAPP)

Vee kvaliteedi teema uurimiseks saavad õpilased koguda ja analüüsida andmeid mitmest eri allikast.

Satelliitandmed

Järvede ja teiste veekogude uurimiseks saab kasutada näiteks satelliitandmeid. Copernicus Sentinel-2 andmete ja vee kvaliteedi [skripti](#) abil saab jälgida sinivetikate probleemi Ülem-Sûre'i veehoidlas 2021. aasta septembris.

Selleks kasutame veebipõhist vahendit EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>), mis võimaldab tasuta juurdepääsu erinevate Maa seire missioonide satelliidipiltidele. [Siit](#) ja [siit](#) leiate lisateavet EO brauseri kasutamise kohta.

Lisainfo

Copernicuse Sentinel-2 on kahe satelliidiga missioon. Igal satelliidil on kõrgresolutsiooniga kaamera, mis pildistab Maa pinda nähtaval, lähisinfrapuna ja lühilaine infrapuna lainepikkusel, koosnedes 13 spektraalribast. Missiooni kasutatakse peamiselt selleks, et jälgida maakasutuse muutusi ja taimestiku tervist. Kuigi see oli mõeldud kasutamiseks maismaal, on see ka väärtuslik vahend ookeani värvuse ja bioloogilise aktiivsuse jälgimiseks. Lugege lähemalt (ingliseelsest) loost [Sentinel-2 püüab vetikate tormisilma](#).

Ülesanne

1. Ava EO Browser
2. Vali eesti keel
3. Kirjuta valitud veekogu nimi otsingusse
4. Vasakul (Avasta) paneelil:
 - a. vali teemaks *ookeanid ja veekogud*;
 - b. lülita sisse *täpsem otsing*;
 - c. sea maksimaalseks pilvekatvuseks 10%;
 - d. vali sobilik ajavahemik;
 - e. vajuta nupule *Otsi*.

EO Browser

EESTI KEEL

Tere, Liisi Jakobson

Avasta

Visualiseeri

Võrdle

Märgistused

Teema

Dashboard

Ookeanid ja veekogud

Otsi

Commercial data

Esiletõstetud

Andmeallikad

☒ Sentinel-2

Täpsem otsing: ☐

☒ L2A (atmosfääri korrigeerimine tehtud)
 ☐ L1C

Maksimaalne pilvisus:

10%

☐ Sentinel-3

Ajavahemik [UTC]

2025-01-21

2025-02-21

☐ filtreeri kuude kaupa

Otsi

5. Vali sobiv pilt ning vajuta *Visualiseeri*.

6.

7.

8.

9.

10.

Sentinel-2 L2A

2020-06-25

09:34:08 UTC

0.0%

35VNF

Visualiseeri

6. Vali vee kvaliteedi näitamise võimalus (Ulyssys Water Quality Viewer):



↑Sinivetikate taandumine läänekaldalt 2020. aasta 18. juulil.

Analüüs ja arutelu

Pärast tulemuste visualiseerimist peaksid õpilased pilte võrdlema. Siin saab arutleda sinivetikate hulga muutlikkuse üle ajas ja kuidas see on seotud näiteks vee temperatuuriga, ilmastikutingimustega ja kliimamuutustega.

Sinivetikate hulga kasv on tihedalt seotud toitainetega, eriti fosfori kättesaadavusega. Toitainete allikaid võib olla mitmeid, neist peamised on põllumajandus ja tööstus. Seetõttu on huvitav uurida veekogu ümbritsevat ala. Kas ümbruskonnas on intensiivselt kasutatavaid põlde, tööstuslikku tootmist?

Tuleb märkida, et sinivetikate seirel kaugseire vahenditega on oma piirangud. Lihtne on tuvastada veepinnale kogunenud sinivetikaid, teistel juhtudel on see palju keerulisem. Sellepärast on väga olulised ka maapealsed vaatlusandmed.

Maapealsed mõõtmised

Maapealseid vee kvaliteedi *in situ* andmeid kogub Eestis Keskkonnaamet.

Õpilased valivad välja veekogu, mille kohta on olemas ka seireandmed (Eestis <https://kese.envir.ee/>) ning võrdlevad maapealseid andmeid satelliitandmetega (võiks kasutada EO Browserit).

NB! Platvormil <https://kese.envir.ee/> tuleb sinivetikate biomassi nägemiseks valida *Keskkonna seisund* (vasakul) ja selle all *Näitajate väärtused*; programmiks *Siseveekogude programm* ja seejärel valida soovitud veekogu. Grupi all valida *fütoplankton* ja seirenäitajaks *sinivetikate biomass*.

Esmased andmed

Sinivetikate kasvu piiravad peamiselt valguse ja toitainete kättesaadavus. Allpool on toodud mõned ideed, uurime vee kvaliteeti – lühike juhtumiuuring

kuidas neid tegureid uurida. Meeskonnad võivad uurida ka muude tegurite mõju sinivetikatele. Näiteks võivad sinivetikate hulka mõjutada ka vee soolsus ja temperatuur.

Ettevaatusabinõud

Tsüanobakterite rikka veega tuleb olla ettevaatlik. Sellega kokkupuutumisel võib esineda terviserisk, nt väga ebameeldiv lõhn. Enne veekogu äärde minemist ja proovide võtmist tutvuge vee kvaliteedi teemaliste ametlike hoiatustega ja arutage läbi vajalikud kaitseabinõud.

Vee läbipaistvus

Tsüanobakterite ja vetikate kogus mõjutab seda, kui sügavale päikesevalgus jõuab. See aga määrab ära, kui sügaval saavad taimed kasvada (kuna fotosünteesi jaoks on vaja valgust). Vees olevatelt osakestelt valgus kas hajub või neeldub. Vee värvuse järgi saab kindlaks teha, kas vähese läbipaistvuse põhjuseks on vetikad või muud ained, nagu lahustunud orgaaniline aine, mineraalid või orgaanilised setted.

Vee läbipaistvust saab mõõta **Secchi kettaga**. Secchi ketas on 30 cm läbimõõduga ketas, mis lastakse nööri otsas vette. Sügavust, kust Secchi ketast enam näha pole, nimetatakse Secchi sügavuseks. Kui vee läbipaistvus on suur, on seda ka Secchi sügavus. Kui vesi on hägune ja läbipaistvus on väike, siis on seda ka Secchi sügavus.

Secchi ketta saab ehitada [3D-printeri abil](#) või ringlussevõetavast materjalist, näiteks [vanast vinüülplaadist](#). Vee läbipaistvus võib hooajaliselt varieeruda, mistõttu on oluline teha mõõtmisi korduvalt, näiteks kord kuus. Internetist leiab vajadusel mitmed Secchi kettaga mõõtmise protokolle. Secchi kettaga on vee läbipaistvust mõõdetud juba sadu aastaid ning seda tehakse ka tänapäeval. Kui täissuuruses Secchi ketast ei ole võimalik kasutada, on võimalik kasutada ka [miniketta](#) varianti.

Teadlased kasutavad Secchi ketta mõõtmisi ka [satelliitandmete valideerimiseks](#)!

Toitained

Toitained nagu lämmastik ja fosfor on oma looduslikes kogustes veeökosüsteemide toimimiseks hädavajalikud. Samas on toitainete (inimtegevusest tingitud) tõus mitmete probleemide allikaks. Veekogude rikastumist toitainetega (peamiselt lämmastiku ja fosforiga) nimetatakse eutrofeerumiseks. Mageveekogudes põhjustab eutrofeerumist peamiselt fosfor. Tavaliselt peetakse seda „piiravaks toitaineks“, mis tähendab, et selle toitaine saadaolev kogus kontrollib vetikate ja veetaimede kasvukiirust. Kõige levinum bioloogiliste organismide poolt omastatav fosfori ühend on fosfaat. Fosfaatide taset vees saab mõõta vee kvaliteedi komplekti või fosfaatide testkomplektiga.

Kuna nii (juurtega) veetaimed kui tsüanobakterid vajavad mõlemad toitaineid, siis massiliselt nad koos ei kasva. Veekogudes, kus on palju juurdunud veetaimi, ei ole tõenäoliselt kuigi palju tsüanobaktereid. Ja vastupidi: veekogudes, kus on palju tsüanobaktereid, ei ole eriti palju juurdunud veetaimi.

Uurida võib ka indikaatorliike. Need on taimed või loomad (sh putukad ja mikroorganismid), mis elavad spetsiifilistes tingimustes ja kelle esinemise puhul saame teha kaudseid järeldusi nt veekogude toitainesisalduse kohta. Osad taimed kasvavad näiteks ainult väga kõrge nitraadisisaldusega vees.

C – On aeg midagi muuta! (3. ETAPP)

Mida saaksid õpilased ette võtta (üksikisiku või kogukonnana), et aidata uurimise all olevat probleemi leevendada? Milliseid tegevusi saavad õpilased kas individuaalselt või koos kogukonnaga teha, et tõsta teadlikkust ja vähendada sinivetikate õitsengute mõju oma kogukonnas?



CLIMATE DETECTIVES

→ ÜLESANDED KLIIMADETEKTIIVIDELE

Õpilase tööleht

A – Sissejuhatus uuritavasse teemasse (1. ETAPP)

- Mis on sinivetikad ehk tsüanobakterid? Kuidas kliimamuutused mõjutavad vee kvaliteeti tsüanobakterite kontekstis?
- Millistes tingimustes hakkavad sinivetikad vohama?
- Millised on peamised sinivetikate poolt põhjustatud probleemid?
- Kuidas sinivetikate teema mõjutab sind, sinu kogukonda või keskkonda?
- Kirjelda, milliseid andmeid kavatsed analüüsida ning kuidas probleemi uurida (uurimiskava). Vaata soovitusi järgmisest osast.

B – Andmete kogumine ja analüüs (2. ETAPP)

- Küsitle veekogu ümbruses elavaid inimesi ja uuri, kuidas on nende arvates aastate jooksul veekogu seis muutunud (kliimamuutuste kontekstis).
- Analüüsi erinevaid veekogusid.
- Analüüsi sinivetikate hulka mitme kuu jooksul.
- Võrdle sinivetikate hulka samal kuupäeval erinevatel aastatel.
- Uuri selliste indikaatorliikide olemasolu, mis näitavad sinivetikaid soodustavate toitainete olemasolu.
- Analüüsi Secchi ketta abil vee läbipaistvust mingi ajaperioodi jooksul.
- Leia seosed sinivetikate esinemise, vee temperatuuri, ilmastikunähtuste (kõrge õhutemperatuur, tuul) ja kliimamuutuste vahel.

C – On aeg midagi muuta! (3. ETAPP)

Oled oma töö kliimadetektiivina lõpuni viinud. Mida oskad soovitada selle teema leevendamiseks üksikisikule ja kogukonnale?

→ Lingid

ESA allikad

Kliimadetektiivide juhend õpetajale

<https://climatedetectives.esa.int/teacher-guide/>

Kliimadetektiivide materjalid klassiruumis

<https://climatedetectives.esa.int/classroom-resources>

Kliima koolidele

<https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Taustateave

Kliimamuutuste ABC (eestikeelne)

<https://kliimatarkused.ut.ee/kliimamuutuste-abc/>

Ohtlikud vetikaõitsengud (gümnaasiumi astmele)

<https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c03-p01.html>

IPCC Interaktiivne Atlas

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-synthesis>

Sinivetikad vees – Maailma Tervishoiuorganisatsioon

<https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>

Copernicus Sentinel-2

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

Andmete kogumine ja analüüs

EO Browser

<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Monocle projekt – väike Secchi ketas

https://monocle-h2020.eu/Sensors_and_platforms/Mini-secchi_disk_en

ESA Haridusosakonnale saab anda tagasisidet siin:
teachers@esa.int

Materjali on välja töötanud ESA Haridus koos Luksemburgi ESERO-ga
Copyright 2022 © European Space Agency