

Jaettu valo – valon biologia ja pohjoisen muuttuvat ekosysteemit

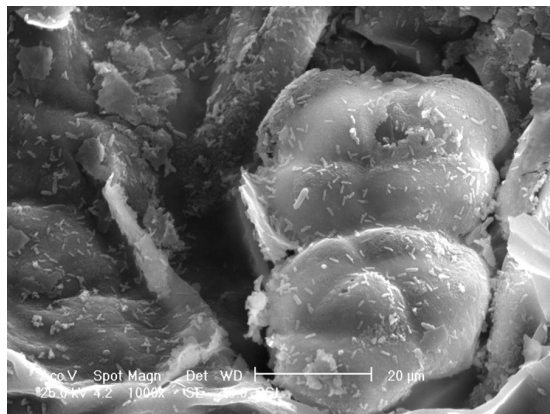
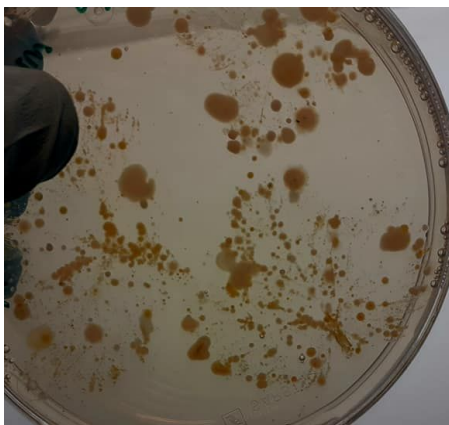
Kasvien lehdistä on havaittu toimivan yhteyttäviä bakteereita. Nämä aivan viime vuosina löydetty lehtien valoaktiiviset bakteerit käyttävät valon vihreitä ja lähi-infrapuna-aallonpituuksia, joita kasvit eivät hyödynnä. Projektin tavoitteena on selvittää näiden kasvien mikrobikumppanien levinneisyyttä ja toimintaa - mikrobeilla saattaa olla vaikutusta kasvin toimintoihin ja stressinsietoon, etenkin pohjoisessa ilmastossa. Projekti kuvaa myös yleisemmin pohjoisten kasvien mikrobikumppaneita ja toisaalta valon vaikutusta luontoon.



Taustaa:

Valon energia ja ekosysteemit. Auringon valoenergia on maapallon kaikkien ekosysteemien perusta. 40% maapallolle saapuvaa valoa on näkyvää, kasvien fotosynteesiin soveltuvaa valoa. Toisaalta yli puolet on UV- ja infrapunasäteilyä (near infrared, NIR), joka on ihmissilmälle näkymätöntä. Tämä näkymätön valo on kuitenkin tärkeää esim. hyönteisille (jotka havainnoivat kukkia myös UV-valon taajuuksilla), ja kasveille (joiden elintoimintoja säätelevät UV- ja NIR- valoon reagoivat sensorit). Monet vesistöjen bakteerit kykenevät hyödyntämään NIR-valoa yhteyttämisessä. Kun NIR-valoa käyttäviä bakteereita on yllättäen löydetty myös maaekosysteemeistä: jäätiköiltä, maaperästä ja ihan viime vuosina myös kasvien lehdistä (!), on kiinnostus näihin näkymättömän valon hyödyntäjiin kasvanut. Vielä tiedämme niistä kuitenkin erittäin vähän. Ennustamme, että nämä mikrobit ovat paljon luultua yleisempiä, ja että ne voivat olla tärkeitä kasvien hyvinvoinnille, etenkin stressaavissa olosuhteissa. Tätä ajatusta testaamme tutkimuksessamme.

Mikrobit kasvien kumppaneina. Kuten eläimillä ja ihmisillä, myös kasveilla on oma mikrobiominsa. Kasvien sieni- ja bakteerikumppanit ovat elintärkeitä isäntäkasvin hyvinvoinnille ja maatalouden kautta myös meidän hyvinvoinnillemme: mikrobitoiminta vaikuttaa kasvien ravinnonsaantiin, mutta myös kasvuun, taudin- ja tuholaiskestävyyteen ja stressinsietoon (kuivuus, kylmyys). Esimerkiksi suopursun hyönteisiä karkoittava yhdiste on kasvin endofyyttisienen tuottamaa, ja viiniköynnöksen kylmänkestävyyttä voi parantaa ympäremällä kasviin hyötymikrobia. Kasveilla on siis omat probioottinsa! Pohjoisten luonnonkasvien mikrobiomeista on vielä paljon selvitettävää, mutta jo nyt on selvää, että kasviemme mikrobiomeissa on omat, kylmän ilmaston muovaamat erityispiirteet. Myös näihin pureudumme tutkimusprojektissamme.



Kuva 1 : Vasemmalla ahomansikan lehtipinnan bakteereita agarmaljalla. Viljelmä on tehty lehtiprinttimenetelmällä. Oikealla elektronimikroskooppikuva tunturikasvi hapron lehtipinnasta. Lehden pinnalla näkyy runsaasti sauvamaisia bakteereita, joista valtaosa on valoaktiivisia.

Hankkeella on kolme päätavoitetta:

Ensimmäinen tavoite on tieteellinen: päämäärämme on selvittää miten valo ja sen eri aallonpituudet säätelevät kasvien ja niiden mikrobikumppanien elämää pohjoisessa ilmastossa:

- mikä on kasvien valoaktiivisten mikrobikumppanien levinneisyys pohjoisissa biomeissa?
- mikä on niiden rooli kasvien metaboliassa ja sopeutumisessa voimakkaasti vuodenajoin muuttuvassa ilmastossa?
- Lieventävätkö valoaktiiviset mikrobit kasvien stressiä etenevässä ilmastomuutoksessa, ja onko niillä vaikutusta kasvien kaasuvirtoihin?

Toinen tavoite on lähestyä taiteen näkökulmasta valoenergiaa elämän mahdollistajana ja valon rytmiä ja spektriä pohjoisen ekosysteemin rytmittäjänä. Tässä tarkastelemme näkyvää ja näkymätöntä valoa sekä tieteen että taiteen näkökulmista - pohjoisen luonnon rytmeistä aina bakteerien kasvunsäätelyyn.

Kolmas tavoite on tutustuttaa lukioikäiset nykytieteen esille nostamiin tärkeisiin teemoihin: ilmastomuutos ja pohjoiset ekosysteemit, kasvi-mikrobivuorovaikutukset, valon biologia, ja johdattaa heitä pohtimaan tutkimustiedon ja kriittisen ajattelun periaatteita monialaisen projektiajattelun kautta. Projektimme laajentaa käsitystä eri alojen yhteyksistä:

- valon luonne ja sen mittaaminen – fysiikka,
- kasvien ja mikrobien symbioosi ja niiden erilaiset yhteyttämistavat – biologia,
- kuvaustekniikka, valon ja värien käyttö mikrobien kasvatuksessa, valo ja elämä – taide.

Integrointi opetukseen ja vuorovaikutus. Näytteenoton yhteydessä lukion opiskelijat tekevät näytteistä myös omia mikrobiviljelmiään kasvien lehtipinnoilta (kuten kuvassa 1) seuraten yksityiskohtaisia ohjeita ja käyttäen tutkijoiden toimittamia materiaaleja. Osallistuville kouluille toimitetaan kuvantamislaitteisto (Kuvasarja 2), ja luokat voivat hyödyntää välineistöään oman opetusohjelmansa aikatauluun sopivasti. Sekä näytteenottoon että opiskelijoiden omien havainnointien ohjaamiseen ja niihin liittyviin oppimiskysymyksiin valmistellaan opettajille tukipaketti, minkä lisäksi tutkijat ja opettajat/luokat ovat projektin aikana vuorovaikutuksessa. Kasvien yhteyttämisestä, stressifysiologiasta, hiilenkiertoon (kaasujen vaihtoon), valon biologiaan ja näiden vaikutuksista ekosysteemien toimintaan valmistellaan myös havaintoja tukevaa oppimateriaalia. Projektin Instagram- ja Facebook-alustojen kautta tutkijat jakavat (alustavia) tuloksiaan kouluille, ja luokat voivat verrata havaintojaan ja ajatuksiaan. Päämääränä on, että projektista muotoutuu luokille oppimisprojekti, johon integroituu biologia, fysiikka ja koulujen resurssien ja opettajien mahdollisuuksien ja kiinnostuksen mukaan myös taidekasvatus – projekti mahdollistaa valon olemuksen tarkastelun monesta näkökulmasta. Taiteellinen tarkastelu ja työskentely rikastaa kokemuksen kokonaisvaltaisemmaksi mahdollistaen uusiin, luoviin näkökulmiin ja kysymyksenasetteluun. Tieteen ja taiteen vuoropuhelussa opiskelijat – kuten myös projektin tutkijat – pääsevät toteuttamaan itseään kokonaisvaltaisemmin: tuntevana, tahtovana ja ajattelevana yksilönä ja ryhmänä. Nuorille projektimme opettaa ympäristötietoutta uudesta näkökulmasta. Se innostaa korkeakouluopintoihin, mikä on lukion uuden opetussuunnitelman yksi tavoite.

Aikataulu lukioden osalta:

- Kevät **2021** opettajien orientoituminen projektiin: opetusmateriaaliluonnosten arviointi.
- Lukuvuonna **2021 – 2022** näytteiden otto lähimetsästä 3 - 6 kertaa, sekä lukion omien aikataulujen puitteissa aiheeseen liittyviä tieto-, taide- ja käytännön töitä.
- Lukuvuonna **2022 – 2023** (näytteiden otto), tutkijoiden työn etenemisen seuranta, tietoiskuja, virtuaalioppitunteja.
- **2024:** Projekti valmistuu.

Aineistot ja materiaalit hankkeen oppitunneille tulevat sisältämään:

- Johdatuksen aiheeseen
- Jyväskylän yliopiston tutkijoiden virtuaalioppitunteja ja -tutkijavierailuja
- Ohjeet ja materiaalit mikrobinäytteenottoon ja näytteiden käsittelyyn
- Ohjeet ja materiaalit näytteenottoaikan lämpötilan, kasvillisuusrakenteen ja lumipeitteen paksuuden mittaamiseen
- Ohjeet ja materiaalit **opiskelijoiden omiin mikrobiviljelmiin** kasvien pinnoilta (mm. valmiit elatusalustat, steriilit välineet ja hanskat)
- **Kuvantamislaitteiston ja ohjeet valoanalyysien tekoon.** Mahdollistaa valkoisen ja NIR-valon havainnoinnin (ks kuvasarja 2 seuraavalla sivulla). Laitteisto jää koulun käyttöön projektin loputtuakin.
- Havaintoja tukevia oppimateriaaleja kasvien yhteyttämisestä, stressifysiologiasta, hiilen kierrosta, valon biologiasta ja näiden vaikutuksista ekosysteemien toimintaan. Diasarjoja ja youtube-videoita. Mahdollisuus tutkijavierailuihin (online) tuntien yhteydessä
- Projektin edetessä missä-mennään -tietoisku
- Mediataiteilija Saara Ekströmin impulsseja taiteelliseen työskentelyyn aiheen parissa
- Alustan havaintojen, kokemusten ja tulosten vaihtoon muiden osallistuvien koulujen kanssa
- Opettajille taustatietoja sekä käytännön ohjeet

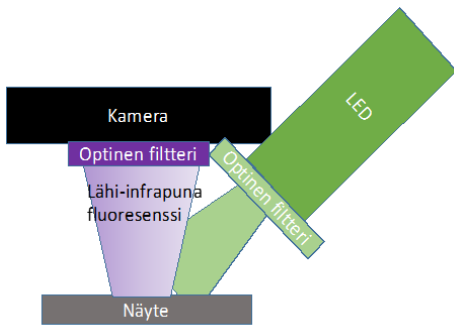
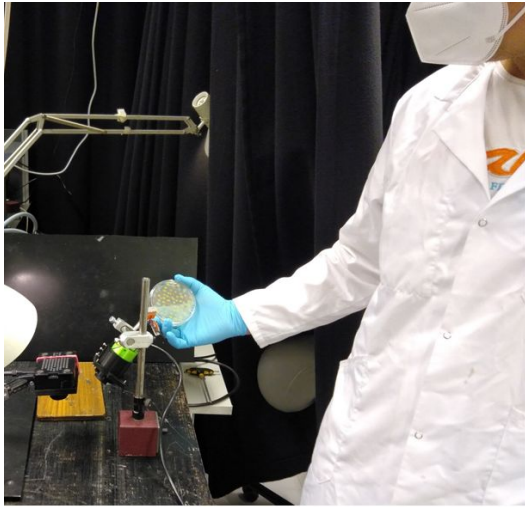
Hankkeen tieteellisistä tuloksista kootaan 2-4 tieteellistä julkaisua korkeatasoisiin kansainvälisiin sarjoihin, ja tuloksia esitellään tieteellisessä kokouksessa projektin loppuvaiheessa. Tämän lisäksi hankkeesta koostetaan projektin kuluessa artikkeleja suomalaisiin lehtiin. Opettajien ja projektiin osallistuvien luokkien kokemuksista kootaan raportti muiden menetelmästä kiinnostuneiden koulujen käyttöön. Projektista valmistellaan myös taidenäyttely halukkaiden voimin.

Lisää tietoa projektimme taustasta ja tämänhetkisestä vaiheesta löytyy myös youtube-kanavalta (video <https://www.youtube.com/watch?v=zWeKUcZ4oxw> (video on Tutkijoiden yöstä 27.11.2020 - yleistajuisempaa materiaalia tekeillä!))

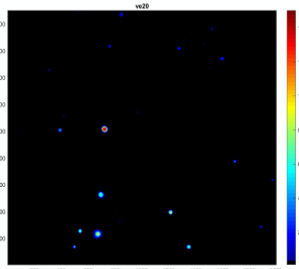


KONEEN SÄÄTIÖ

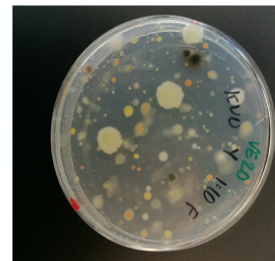
Kati Heikkilä-Huhta (kati.heikkila-huhta@steinerkasvatus.fi), Oulun steinerkoulu
FT, yliopistonlehtori Riitta Nissinen (riitta.m.nissinen@jyu.fi, <http://users.jyu.fi/~rimaniss/>)
Professori Janne Ihalainen (janne.ihalainen@jyu.fi,
<https://www.jyu.fi/science/en/bioenv/research/biosciences/spectroscopy-for-detecting-dynamics-of-biomolecules>)



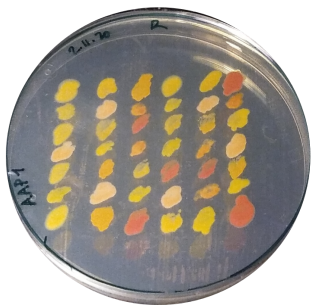
Lähi-infrapunafluoresenssi



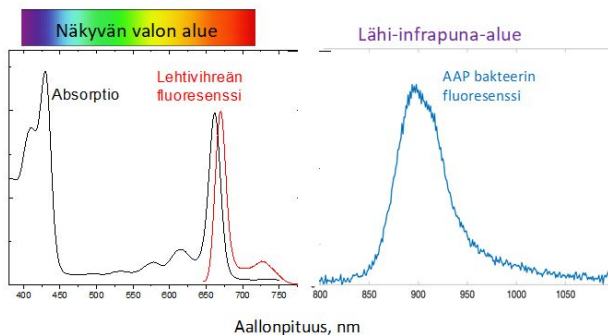
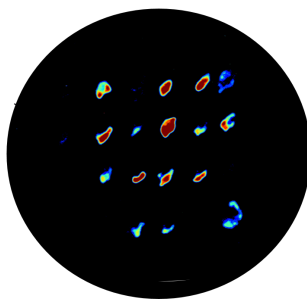
Luonnon valo



Valkoinen valo



NIR-fluoresenssi



Kuvasarja 2: Bakteeriklorofyllin kuvantaminen perustuu molekyylien fluoresenssiin. Bakteerit viljellään elatusainemaljoilla, jolloin saamme näkyviin kasvien lehtipintojen ja lehden sisäisten solukoiden koko bakteerikirjon (Valkoinen/luonnon valo -kuvat). Klorofyllit viritetään valkoisella valolla, ja malja kuvataan NIR-suodattimen läpi, jolloin vain valon NIR-aallonpituudet (>780nm) pääsevät läpi. Näin erottuvat bakteeriklorofylliä sisältävät pesäkkeet (NIR-fluoresenssikuvat). Käytössämme on myös punaisen valon suodatin, jolla voi havainnoida kasvien klorofyllin fluoresenssin. Laitteistoa voi käyttää myös muiden luonnonyhdisteiden tutkimiseen.

Kehitämme laitteistoa keväällä 2021 niin, että se on lukioiden opettajien ja opiskelijoiden itsenäisesti käytettävissä.