

# **Levien hyödyntämismahdollisuuksien selvittäminen Keski-Suomessa/LEEVI**

Tarja Stenman  
Jyrki Kataja

Loppuraportti  
Kesäkuu 2016

# 1 Sisällysluettelo

1	Tausta .....	3
2	Tavoitteet ja saavutetut tulokset .....	3
3	Vastuuorganisaatiot .....	7
4	Toiminta pääpiirteittäin.....	7
	4.1 Hankkeen kesto .....	7
	4.2 Toimenpiteet .....	7
	4.2.1 Yhteydenotot yrityksiin ja tutkimuslaitoksiin .....	7
	4.2.2 Työpaja.....	8
	4.2.3 Ohjausryhmätyöskentely .....	9
	4.2.4 Yhteistyö BioA-hankkeen kanssa .....	10
	4.3 Onnistumiset .....	10
	4.4 Havaitut ongelmat .....	10
5	Talous.....	11
6	Toiminta ja tulosten hyödyntäminen hankkeen jälkeen.....	11
7	Arviointi sisältäen ympäristö- ja tasa-arvoaikutukset .....	11
8	Kirjallisuus.....	12
9	Liitteet.....	13

## 1 Tausta

Fossiilisten energialähteiden ehtyessä sekä ilmastonmuutoksen myötä biomassapohjaiset energian- ja raaka-aineiden lähteet ovat kasvavan kiinnostuksen kohteena. LEEVI-hanke käynnistettiin, koska haluttiin selvittää leviin liittyvät liiketoimintamahdollisuudet Keski-Suomessa. Hanke liittyy biotalouden uusiin mahdollisuuksiin ja tukee mm. hallituksen biotalousstrategiaa sekä Keski-Suomen 2040 – strategiaa. Hanke liittyy myös JAMKissa käynnissä olevaan BioA-hankkeeseen, jossa pilotoidaan kosteikkolevien lannoitevaikutusta sekä valumavesien puhdistuskykyä.

Levät voivat teoreettisten laskelmien mukaan tuottaa biomassaa nopeammin kuin maalla elävät kasvit. Leväkasvattamot voidaan sijoittaa ruoantuotantoon kelpaamattomille maa-alueille tai mereen. Levät tarvitsevat kasvaakseen vettä, auringonvaloa, hiilidioksidia ja ravinteita. Ravinnelähteenä voidaan hyödyntää jätevesiä sekä hiilenlähteenä savukaasuja. Levien avulla voitaisiin siis puhdistaa jätevesiä sekä savukaasuja. Levistä voidaan jalostaa biopolttoaineita, lannoitteita, rehua sekä lisäravinteita ja terveys tuotteita. Levien tutkimus biopolttoainetarkoitukseen on alkuvaiheessa. Kustannustehokkaita ratkaisuja kaupallisen mittakaavan tuotantoon kehitetään kuitenkin maailmalla jatkuvasti.

Öljyn hinnan laskusta huolimatta alan tulevaisuuteen uskotaan yhä, koska levät ovat kestävä tapa korvata nykyisiä raaka-aineita (proteiinit, öljyt, pigmentit, kalanrehu, kalaöljy ym.). Kirjallisuuslähteestä riippuen eri levälajeja arvioidaan olevan 50 000 - 300 000. Levälajeja tunnetaan vasta murto-osa, joten niiden potentiaali on merkittävä. Leväbiomassan tuottajia on vielä vähän, koska reaktorissa tapahtuva levänkasvatusta ei ole saatu kustannustehokkaaksi. Tällä hetkellä mikroleviä kasvatetaan kaupallisesti lähinnä vain kalliiden terveystuotteiden valmistusta varten (esim. leväjauheet) Aasiassa, Australiassa ja Yhdysvalloissa. Näissä tapauksissa yleisin levänkasvatusmenetelmä on ulkotiloissa sijaitseva avoin rengasallas, joiden olosuhteita säädellään erilaisin keinoin leväbiomassatuotannon maksimimiseksi. Terveystuotteiden kapallinen allasviljely keskittyy vain muutamaan levälajiin (Dunaliella, Spirulina ja Chlorella), jotka pystyvät menestymään ulkoaltaiden olosuhteissa.

## 2 Tavoitteet ja saavutetut tulokset

Hankkeen tavoitteena oli selvittää mikä/mitkä sovelluskohteet levien hyödyntämisessä olisivat kustannustehokkaimpia ja toteutuskelpoisimpia sekä voisivat luoda uusia innovaatioita ja liiketoimintamahdollisuuksia Keski-Suomessa. Hankkeen tavoitteena oli kartoittaa yhdentoista (11 kpl) keskisuomalaisen tai maakunnan ulkopuolella sijaitsevan yrityksen ja tutkimuslaitoksen kiinnostusta lähteä mukaan kehittämään leviin perustuvaa tutkimus- ja kehittämistoimintaa sekä sen myötä uutta liiketoimintaa.

Hankkeen tuloksena kartoitettiin yhteensä 21 yritystä ja tutkimuslaitosta, joista 14 oli keskisuomalaisia ja seitsemän (7 kpl) muualla Suomessa toimivaa (Liite 1). Hankkeen tuloksena selvisi, että luontaisen leväkantojen hyödyntäminen valumavesien puhdistuksessa osoittautui tällä hetkellä Keski-Suomen olosuhteisiin sopivimmaksi ja kustannustehokkaimmaksi levien hyödyntämisen sovelluskohdeksi. Hankkeen tuloksena muodostettiin tutkimuslaitoksista ja yrityksistä koostuva verkosto, joka ryhtyi aktiivisesti kehittämään leviin liittyvää tutkimus- ja kehittämistoimintaa. Ensimmäisenä toimenpiteenä verkosto valmisteli JAMKin johdolla rahoitushakemuksen Maaseudun EIP-innovaatioryhmähakuun ("European Innovation Partnership"), jossa hankeidea ei selvinnyt jatkoon. Seuraavaksi ryhmä hakee hankeidealle rahoitusta Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmasta, joka on yksi hallituksen kärkihankkeista.

Hankkeessa selvitettiin yhteistyössä BioA-hankkeen kanssa levien hyödyntämisvaihtoehtoja myös kansainvälisesti (Kuva 1). Tulevaisuuden suuntaus levien hyödyntämisessä näyttäisi tällä hetkellä keskittyvän biopolttoaineisiin, hiilidioksidin sidontaan, lannoitteisiin, jätevesien puhdistukseen sekä kemian teollisuuteen. Keski-Suomen kannalta suuntaus näyttää suotuisalta, koska maakunnassamme on vahvaa bioenergiaosaamista sekä myös lannoitteita valmistava yritys. Myös panostus biokaasuun on maakunnassamme tällä hetkellä merkittävää.



Kuva 1. Levien hyödyntämisvaihtoehdot maailman laajuisesti tällä hetkellä (European Algae Biomass, 2016).

LEEVI-hankkeessa tarkasteltiin maakuntamme vahvuuksia ja osaamista suhteessa suomalaisten sekä kansainvälisten tutkijoiden näkemyksiin levien hyödyntämiseen liittyvistä mahdollisuuksista. Tarkastelun pohjalta sekä hankkeessa toteutetun työpajan pohjalta muodostettiin näkemys Keski-Suomen edellytyksistä ja strategisesta lähestymisestä leviin liittyviin liiketoiminta- sekä T&K-mahdollisuuksiin SWOT-analyysin avulla (Kuva 2).



Kuva 2. SWOT-analyysi: Levät keski-suomalaisessa liiketoiminnassa sekä T&K-projekteissa LEEVI-hankkeessa järjestetyn työpajan ja hankkeen tulosten perusteella.

## Levien hyödyntäminen polttoaineena

Maailmalla on tällä hetkellä yli 150 yritystä, jotka kehittävät levänkasvatusta biopolttoainetarkoituksessa. Kaupallisen mittakaavan pilottihankkeet ovat usein kansainvälisiä yhteistyöprojekteja, joissa ovat mukana yksityinen tai julkinen tutkimuslaitos sekä kaupallinen yritys (esim. öljynjalostusyritys). Näiden projektien tuloksista ei ole usein tietoja saatavilla. Elokuun lopussa 2012 julkaistun tiedon mukaan ensimmäinen kaupallisen mittakaavan demonstraatiohanke käynnistyi Yhdysvalloissa, New Mexicossa. Leväpolttoainetutkimusta tehdään aktiivisesti myös Aasiassa, jossa mikro- ja makroleväbiomassan kaupallistamisessa korostetaan voimakkaasti elintarvike-, rehu- ja lannoitesovelluksia biopolttoainetuotannon rinnalla. Kiina on erityisen kiinnostunut mahdollisuudesta sitoa hiilidioksidipäästöjä leväkasvatuksen avulla. (BTNK, 2013).

Tällä hetkellä tutkimuksen haasteena on löytää runsaasti öljyä sisältävät levälajit tai jalostaa nykyisiä tunnettuja lajeja, jotka tuottavat biomassaa mahdollisimman nopeasti. Jos pystyttäisiin käyttämään levälajeja, joiden öljypitoisuus olisi noin 60 %, levänkasvatuksen pääoma- ja käyttökustannukset pienenisivät arvioiden mukaan jopa puoleen. Lisäksi tulisi kehittää edullisempia menetelmiä leväbiomassan vedenpoistoon ja öljyn erotukseen. Levän kasvatusmenetelmiä pitäisi yksinkertaistaa ja tehostaa tai saada leväsolut erittämään biopolttoaineen raaka-aineita suoraan kasvatusnesteeseen. Öljyn erotuksen jälkeen jäljelle jäävästä biomassasta tulisi voida valmistaa kaupallistettavia sivutuotteita sekä tulisi kehittää mahdollisuutta tuottaa useampia kuin yhtä biopolttoainetta kerralla (SYKE 2016). Neste Oil avasi Porvooseen jalostamon yhteyteen mikrobiöljyä tuottavan koelaitoksen ja tavoitteena oli aloittaa kaupallinen öljyn tuotanto aikaisintaan vuonna 2015. Mikrobiöljyn kehittäminen keskeytettiin vuonna 2014, koska Neste Oil ei saanut tehtyä kannattavaa vaihtoehtoa uusiutuvan biodieselin raaka-aineeksi. (SYKE 2016).

Pöyryn (2011) tekemän selvityksen mukaan lupaavin markkina-alue leville näyttäisi olevan levän ja fotobioreaktorin käyttö hiilidioksidin sidontaan erityisesti voimalaitossovelluksissa. Levät voivat hyödyntää ravinteenaan myös savukaasujen typenoksideja ja tyyppiä, myös savukaasujen lämpö voidaan hyödyntää levien kasvatuksessa. Tämänhetkisistä haasteista huolimatta leväenergia nähdään tulevaisuuden mahdollisuutena myös Suomessa, jossa ilmasto asettaa merkittäviä haasteita levän kasvatukselle. Bioteknologia 2020 (TEM) raportin mukaan Suomessa on tavoitteena panostaa levien energiakäytön teknologioiden kehittämiseen. Tavoitetilaksi vuoteen 2020 mennessä on asetettu että, Suomen oloissa tehokkaimpien levien koekäytöstä on päästy ensimmäisiin suuren mittakaavan laitoksiin.

## Levien hyödyntäminen lannoitteena

Kosteikkoja perustetaan pidättämään valuma-alueelta huuhtoutuvia ravinteita ja kiintoainesta. Kosteikot toimivatkin luontaisina ravinnesieppareina, jossa ravinteet sitoutuvat kosteikolla esiintyvien levien ja kasvien kasvuun. Yksinkertaisin tapa mikrolevien poistamiseksi kosteikolta olisi kuolleen leväbiomassan poisto kosteikon pohjaan vajonneen kiintoaineen mukana, esimerkiksi piilevät painuvat pohjaan kuollessaan. Osa levistä kuitenkin hajoaa veteen kuollessaan, jolloin myös niiden sisältämät ravinteet päätyvät liukoisina veteen. Mikrolevien vuosittaisen kasvurytmin tunteminen on tärkeä tekijä leviin sitoutuneiden ravinteiden hyödyntämisessä. Makrolevien keruu vedestä on helpompaa kuin mikrolevien, sillä niitä voidaan kerätä esim. haavin tai verkon avulla.

Ruotsissa kasvatettiin makrolevää köysiverkoissa kosteikolla, myös Itämerellä on tehty makrolevän ja sinisimpukan kasvatuskokeita (SUBMARINER Project, 2011). Seppälän ym. (2015) mukaan ravinteiden poisto vedestä levien avulla on periaatteessa kannatettavaa, mutta se pitää suhteuttaa kasvatuskustannuksiin ja vaihtoehtoihin toimenpiteisiin. Eteläisellä Itämerellä on tehty alustavia kokeita rantaan ajautuneen makrolevän keräämisestä sekä biokaasuttamisesta. Biokaasun tuotannon avulla levästä voidaan saada energiaa sekä lannoitetta.

Tällä hetkellä kosteikkoihin kertyneitä ravinteita ei kierrätetä tarpeeksi tehokkaasti takaisin peltoviljelyyn eikä tiedetä kuinka kauan erilaiset kosteikot pystyvät pidättämään ravinteita ja mikä on niiden

kunnostusten aikaväli. Ainostaan eteläsuomen savialueella sijaitsevalta Hovin kosteikolta on pitkäaikaista seurantietoa vedenlaadusta, jonka mukaan liuenneiden ravinteiden poistumat vedestä ovat nousseet yli kymmenen vuoden aikana (Koskiahon ym. 2015). Yksi vaihtoehto olisi kasvattaa kosteikolla yhtä tai usean lajin mikro- tai makroleväyhteisöä, mutta luonnonoloissa tietyn lajiyhteisön kasvatusta on erittäin vaikea kontrolloida ja kilpailevat lajit vievät usein voiton. Kosteikkojen keskisyvyys on 0,5 metriä, joka on liian suuri mikrolevien tehokasvatusta ajatellen. Mikrolevien allaskasvatuksessa käytetty vesisyvyys on noin 20 cm, jotta levät pystyvät hyödyntämään valoa tehokkaasti. Mikrolevien erotus vedestä on erittäin kallista.

### Levät jätevesien puhdistuksessa

Kalifornian yliopiston EBI-raportin (Energy Biosciences Institute) mukaan ainoa kustannustehokas ja realistinen leväkasvatuksen sivutuote on jätevesien puhdistus kontaminaatoriskistä huolimatta. Osa tutkijoista onkin sitä mieltä, että biopolttaineitysten pitäisi tällä hetkellä panostaa sivutuotteiden kaupallistamiseen ja panostaa biopolttaineiden kehitykseen vasta myöhemmin kustannustehokkuuden parantuessa (SYKE 2016). Seppälän ym. (2015) kokeissa havaittiin monilajiyhteisön poistavan jätevesistä ravinteita nopeammin kuin yksilajiset leväviljelmät. Lisäksi monilajiviljelmät olivat vastustuskykyisempiä tulokaslajeja ym. patogeenejä vastaan.

### Levien hyödyntäminen ihmisravintona tai rehuna

1960-luvulla Japanissa alettiin kasvattaa *Chlorella*-vihherlevää ihmisravinnoksi avoimissa altaissa. *Spirulina* (syano박테eri) on kasvatettu 1970-luvulta lähtien ja sen etuja *Chlorella*an verrattuna ovat pienempi kontaminaatoriski, helpompi keruu ja parempi hajoavuus ruoansulatuksessa. Muita kaupallisessa mittakaavassa avoimissa altaissa tuotettuja mikroleviä ovat mm. *Dunaliella salina* ja *Haematococcus pluvialis*, joista saadaan ravintolisinä käytettäviä karotenoideja, betakaroteenia sekä astaksantiinia. Kaikissa ihmisravinnoksi tuotetuissa leväkasvattamoissa mittakaava on ollut melko pieni ja biomassan kustannukset suhteellisen suuret. Ravintolisätuotannossa tarvitaan suhteessa vähän leväbiomassaa verrattuna polttoainetuotantoon, jolloin ravintolisä-lopputuotteen hinta on korkea. (SYKE 2016).

Leväntuotannon tulisi olla kestävä, joten ihmisravinnoksi tai rehuksi tarkoitettujen levien kasvatus hyödyntämällä ravinnelähteenä jätevesiä ei ole hygieniavaatimusten eikä imagon kannalta tällä hetkellä mahdollista. Kalliiden ravintolisätuotteiden kasvattaminen keinolannoitteiden avulla ei ole välttämättä kestävä kehityksen mukaista. Pöyryn (2011) raportin mukaan monet *Nitzschia*-levälajit menestyvät arktisissa tai subarktisissa oloissa ja tuottavat terveyttä edistäviä omega-3-rasvahappoja, joiden tuottaminen Suomen puhtaassa luonnossa olisi valistuneiden kuluttajien keskuudessa selkeä imago-työ verrattuna Aasiassa tuotettuihin leväjauheisiin.

### Teknologia- ja laitekehitystyö sekä tutkimus levänkasvatukseen liittyen

SYKEN Merikeskuksen erikoistutkija Jukka Seppälän mukaan Suomessa on tehty kahdeksan vuotta perustutkimusta levillä, sekä mikro- että makrolevillä ja myös simpukoilla. Jatkossa SYKE keskittyy yhä enemmän mikroleviin ja niistä saataviin arvotuotteisiin. Suomessa ei Seppälän mukaan ole ehkä järkevää keskittyä levänkasvatukseen, pimeään ja kylmään ilmaston vuoksi, vaan esim. levänkasvatuslaitteisiin, teknologioihin ja sovelluksiin liittyvään kehitystyöhön. Seppälän mielestä koetoiminnassa tulisi käyttää mahdollisimman paljon automaattisia jatkuvatoimisia mittaustaitteita yksittäisten vesinäytteidien ja mittausten sijaan. JAMKissa on toteutettu automaattista vedenlaadun (sameus, DOC, NO<sub>3</sub>N, lämpötila, johtokyky, pH) mittausta vuodesta 2010 saakka ja toukokuussa 2016 käynnistyi myös jatkuvatoiminen levänmittaus (klorofylli ja fykosyaniini) kosteikkovedessä.

Keskisuomalaisia liiketoimintamahdollisuuksia levänkasvatukseen ja levänhyödyntämiseen voisivat olla esim. aktiivisen aurinkoenergian ja energiatehokkaiden valaistusmenetelmien hyödyntäminen levänkasvatuksessa, levänkasvatusprosessin energiatehokkuuden kehittäminen, jatkuvatoimiset mitaukset levänkasvatuksessa.

Turun yliopiston dosentti Esa Tyystjärven mukaan mikroleviä täytyy jalostaa, jotta levät saadaan tuotamaan tehokkaasti haluttuja arvoaineita. Turun yliopistossa tehdään paljon tutkimusta levien, syanobakteerien ja kasvien fotosynteesin mekanismeihin liittyen. Turussa kehitetään myös mikrolevien kasvatusmenetelmiä sekä tutkitaan mm. vedyn tuotantoa. Helsingin yliopistossa selvitetään parhaillaan mm. levien käyttöä kaatopaikan ja/tai osavirtamädätyslaitoksen suotovesien ravinteiden talteenotossa. VTTllä ja Helsingin yliopistolla on meneillään TEKES-hanke, jossa etsitään sopivia leviä arvo-komponenttien (rasvahapot ja proteiinit) tuotantoa varten.

### 3 Vastuuorganisaatiot

Hankkeen toteutuksesta vastasi Jyväskylän ammattikorkeakoulun Biotalousinstituutti ja hankkeessa työskentelivät projektipäällikkönä FM Tarja Stenman ja asiantuntijana MMM Jyrki Kataja.

## 4 Toiminta pääpiirteittäin

### 4.1 Hankkeen kesto

Hankkeen kesto oli 1.10.2015–30.6.2016.

### 4.2 Toimenpiteet

#### 4.2.1 Yhteydenotot yrityksiin ja tutkimuslaitoksiin

Yleisesti ottaen levien mahdollisuuksiin tulevaisuudessa on asetettu suuria odotuksia ja toiveita. Hankkeen aluksi haastateltiin Suomen johtavia leväalan tutkijoita, jotta voitiin muodostaa realistisempi näkemys levistä, kuin aiemmin pelkän kirjallisuuskatsauksen perusteella oli muodostunut. Hankkeessa vierailtiin alan tutkimuslaitoksissa ja haastateltiin alan tutkijoita ja yrityksiä. LEEVI-hankkeessa hyödynnettiin BioA-hankkeessa tehtyjä ulkomaanmatkoja Ruotsin leväseminaariin marraskuussa 2015 ja Saksaan European Algae Biomass –konferenssiin huhtikuussa 2016.

Hankkeessa kartoitettiin yhteensä neljäntoista (14 kpl) keskisuomalaisen yrityksen ja tutkimuslaitoksen sekä seitsemän (7 kpl) muualla Suomessa toimivan yrityksen ja tutkimuslaitoksen kiinnostus ja halukkuus lähteä kehittämään leviin perustuvaa innovaatio- ja liiketoimintaa (Liite 1). Kartoitus suoritettiin henkilökohtaisten tapaamisten tai puhelinsoittojen avulla. Lisäksi hankkeen järjestämään työpaajaan kutsuttiin sähköpostin välityksellä neljä keskisuomalaista yritystä, joita ei tavoitettu puhelimen välityksellä.

## 4.2.2 Työpaja

LEEVI-hankkeessa järjestettiin yrityksille suunnattu työpaja, jonka tavoitteena oli kartoittaa vaihtoehtoja ja saada yhteinen käsitys levien hyödyntämistavoista. Työpajan pohjalta oli tarkoitus valita Keski-Suomen kannalta järkevin tapa edetä. Aihetta tarkasteltiin ensisijaisesti liiketoimintamahdollisuuksien näkökulmasta. Työpajassa oli mukana yhdeksän osallistujaa seuraavista yrityksistä ja tutkimuslaitoksista: Metener Oy, Solartukku Oy, Jyväskylän yliopisto, LUKE, Turun yliopisto, VTT ja JAMK.

Työpajan alustajana toimi Turun yliopiston dosentti Esa Tyystjärvi. Työpajassa keskusteltiin levien hyödyntämistavoista ja seuraavassa on esitetty työpajassa esille nousseet ideat vaihtoehtoja kartoittavasta keskustelusta kahden eri teeman avulla.

### 1. Teema: Kosteikot ravinnesieppareiksi

Kosteikoilla voisi hyödyntää siellä luontaisesti esiintyviä levälajeja, jotka sitovat kasvuunsa valumavesien ravinteita ja toimivat ”luonnon ravinnesieppareina”. Levien kasvatusta kosteikoilla hankaloittavat mikroleviä syövät ”pedot” esim. rataseläimet. Lisäksi mikrolevien vedenerotus on kallista. Makrolevät (esim. ahdinparta ja ulva) eivät ole yhtä helposti ”petojen” syötävissä. Fosforin poistossa voitaisiin hyödyntää myös vesikasveja (esim. vesirutto). Tehokkaasti fosforia hyödyntäviä kasveja ovat esim. limaskan eri lajit (kasvaa mattona lammikon pinnalla). JAMKissa on valmistunut opinnäytetyö pikkulimaskan ravinteiden otosta. Saarijärven Biotalouskampuksen mallikosteikko, josta on olemassa vedenlaadun seurantatietoa useilta vuosilta, tarjoaa koeympäristön levien hyödyntämiselle ja ravinteiden oton tutkimiseen.

Kosteikkojen toimintaa tulisi tehostaa eli sinne pitäisi saada pysähtymään mahdollisimman paljon valumavesien ravinteista erityisesti tulvahuippujen aikana. Humuspitoisten valumavesien kirkastaminen voisi vauhdittaa ravinteita sitovien levien kasvua, jos esim. syöttöjoaan asennettaisiin flokkulaatiokaivo. Luontaisesti esiintyviä levälajeja voitaisiin ehkä jalostaa. Kosteikkolevien päätuotteena voisi olla vedenpuhdistus ja sivutuotteena kierrätysravinteiden ja energian tuotanto.

Kosteikkoihin kertyneet ravinteet pitäisi saada poistettua kustannustehokkaasti. Työpajassa pohdittiin, voisiko leviä stabiloida pohjaan kemikaalien avulla, pH:ta kontrolloimalla voitaisiin ehkä saada levät pysymään kosteikon pohjassa. Myös ravinteiden stabiilisuus sedimentissä tulisi selvittää, sillä eteläisen Suomen savialueella kosteikkojen pohjaan kertyneen fosforin on todettu olevan kasveille käyttökelvottomassa muodossa. Keskusteltiin myös kosteikkojen mahdollisesta tyhjennyksestä/kuivatuksesta. Kosteikon uudistusvaiheessa sedimentti voitaisiin ottaa pois, mutta se on hankalaa toteuttaa hallitusti ja samentamatta vettä. Olisi tärkeä kerätä tietoa kosteikkojen biomassan määrästä (tasapainossa oleva ei kerää ravinteita). Fosforiylijäämän käsittely on tulevaisuudessa yhä tärkeämpää, kun maatalous keskittyy suurempiin yksiköihin.

### 2. Teema: Laite- ja teknologiakehitystyö levänkasvatukseen & Biojalostamo/teollinen symbioosi esim. metsäteollisuuden ja kalankasvatuksen yhteydessä

*(em. aiheet päätettiin yhdistää, koska aiheet sivusivat toisiaan vahvasti keskustelun aikana)*

Kaupallisen mittakaavan leväkasvattamot sijaitsevat matalissa altaissa, esimerkiksi Spirulinaa kasvatetaan avoaltaissa ja Suomessa Anjalankosken avoaltaissa on saatu kasvamaan luonnonleviä. Levänkasvatuksessa veden lämpötilan tulee olla 20–30 °C, tosin jotkut syanobakteerit kasvavat jopa 60 asteissa. Kosteikolla voisi olla esim. kaivon rakennettu ”leväsieppari”, joka toimisi vain suurimpien kuormitushuippujen aikana.

Työpajassa pohdittiin, voisiko levien fotobioreaktori-kasvatuksessa hyödyntää valosaastetta? Todettiin, että valosaasteen valon määrä ei ole riittävä leville, jotka tarvitsevat valoa mahdollisimman paljon, mutta jotkut levät ovat sopeutuneet myös hämäriin olosuhteisiin. Fotobioreaktori-kasvatuksessa on



hyötyä eliöiden vaalentamisesta sekä valon jakamisesta. Auringonvalon spektri ei ole optimaalinen levien tehokkaalle kasvulle. Spektrin muuttamista tutkitaan parhaillaan, mutta kustannustehokasta läpimurtoa ei ole näkyvissä. Keinovalon käyttö levien kasvatuksessa on energian tuhlausta (panos-tuotosuhde huono).

Työpajassa keskusteltiin voimalaitosten lauhdevesien hyödyntämisestä levien kasvatukseen käytettävien kasvihuoneiden lämmittämisessä. Myös voimalaitosten savukaasuja voisi hyödyntää levänkasvatuksessa, sillä useat levät, syanobakteereja lukuun ottamatta, näyttävät tutkimusten mukaan kestävän hyvin savukaasuja. Levänkasvatusta savukaasupesurin vedessä tulisi selvittää ja kokeilla. Savukaasujen johtaminen fotobioreaktorin sisälle saattaa olla vaikeaa, sillä kaasut pitäisi pakata kompressorilla. Savukaasujen kuumuudesta ei sen sijaan pitäisi olla suurta haittaa. Hiilidioksidipitoisen veden syöttöprosessin erotusteknologian kehittäminen on oleellista.

Työpajassa pohdittiin voisiko leviä hyödyntää ravinteiden poistoon kalojen kiertovesikasvatuksessa? Ongelmaksi todettiin veden nopea kierto, sen sijaan veden määrä voisi olla sopiva levänkasvatukseen, myös vedenpintaa pitäisi pystyä valaisemaan. Perinteisessä kalankasvatuksessa vesimäärä on liian iso, jolloin ravinteiden puhdistaminen levien avulla on hankalaa.

Työpajassa esille nousi myös biojalostamokonsepti, jossa esimerkiksi 300–400 kuutoinen fotobioreaktori mahtuisi 0,2 ha halliin. Mikrolevän kasvatusta yhdyskuntajätevesissä tutkitaan, sillä jätevesien koostumus on edullinen levien kasvun kannalta. Tutkimuksista ja kokeiluista huolimatta käytössä ei ole vielä valmiita teknologioita. Lisäksi pienien taajamien puhdistamoiden kokoluokka ei riitä, vaan tarvitaan mukaan muita yrityksiä ja toimialoja, esim. yhdyskuntalietteet ja sedimenttilietteet. Ongelmaksi muodostuu myös levien jatkokäyttö, sillä niitä ei voida hyödyntää esim. lääke-, elintarvike- ja rehuteollisuudessa. Työpajassa esiin nousi myös uusi merkillinen idea: "joka kodin biojalostamo" -> toisesta päästä jätteet sisään ja toisesta päästä "spiruliinapilleri" ulos.

#### 4.2.3 Ohjausryhmätyöskentely

Hankkeelle asetettiin ohjausryhmä, jonka tehtävänä oli seurata ja valvoa hankkeen toteuttamista, koordinoita hankkeen toimenpiteitä muuhun toimintaan sekä välittää tietoa hankkeesta sidosryhmille. Hankkeen aikana pidettiin kolme ohjausryhmän kokousta, joissa käytiin vilkasta keskustelua ja tiedonvaihtoa.

##### Ohjausryhmän kokoonpano:

Antti Grönroos, VTT (ohjausryhmän puheenjohtaja)

Anneli Wichmann, Vapo Oy Clean Waters

Jouni Vielma, LUKE

Hannu Koponen, Keski-Suomen liitto (rahoittajan edustaja)

Jyrki Kataja, JAMK

Tarja Stenman, JAMK (ohjausryhmän sihteeri)

#### 4.2.4 Yhteistyö BioA-hankkeen kanssa

JAMKissa käynnissä oleva BioA-hanke täydensi ja tuki LEEVI-hanketta. Koska levätutkimus Suomessa on vielä tutkimusvaiheessa, oli välttämätöntä päästä näkemään ja kuulemaan kansainvälisiin seminaareihin maailmalla käynnissä olevista tutkimuksista, pilotoinneista sekä mahdollisesti jo kaupallisessa vaiheessa olevista menetelmistä ja sovelluksista. BioA- ja LEEVI-hankkeiden projektipäällikkö Tarja Stenman osallistui marraskuussa 2015 Ruotissa järjestettyyn Algae Seminar tilaisuuteen, jossa hän esitteli BioA-hankkeen toimintaa. Algae Seminar tarjosi hyvän kokonaiskuvan pohjoismaisista leväprojekteista ja – tutkimustuloksista. Algae Seminar oli osa Creating Value from Side and Waste Streams – verkostoitumis- ja benchmarking -tilaisuutta. Huhtikuussa 2016 Stenman ja asiantuntija Tiina Siimeselä JAMKista osallistuivat European Algae Biomass konferenssiin Berliinissä. Kolmipäiväinen tapahtuma sisälsi esitelmää, paneelikeskustelua, laite-esittelyitä, verkostoitumista ja tutustumisvierailuja saksalaisiin levänkasvatustutkimuslaboratorioihin. Osallistujia oli eri puolilta maapalloa, yhteensä noin sata. Konferenssissa kävi selväksi, että öljyn hinnan laskusta huolimatta, alan tulevaisuuteen uskotaan yhä, koska levät ovat kestävä tapa korvata nykyisiä raaka-aineita (proteiinit, öljyt, pigmentit, kalanrehu, kalaöljy ym.). Ensisijaisena haasteena on levän tuotantokustannusten alentaminen, joka tarkoittaa kasvatuksen energian- ja raaka-ainekustannusten (CO<sub>2</sub>, ravinteet) alentamista, prosessitehokkuuden parantamista sekä investointikustannusten alentamista.

#### 4.3 Onnistumiset

Hankkeessa onnistuttiin tiivistämään keskisuomalaisen yritysten ja tutkimuslaitosten yhteistyötä, jonka tuloksena löydettiin yhteinen näkemys Keski-Suomen olosuhteisiin tällä hetkellä parhaiten sopivimmasta leviin liittyvästä sovelluskohteesta. Tällä hetkellä luonnonlevien hyödyntäminen kosteikkojen ravinnesieppareina on sopivin ja kiinnostavin tapa. Kosteikkolevien hyödyntämiseen perustuvan sovelluskohteen ympärille perustettiin yrityksistä ja tutkimuslaitoksista koostuva innovaatioryhmä, joka ryhtyi aktiivisesti kehittämään leviin liittyvää tutkimus- ja kehittämistoimintaa. Ensimmäisenä toimenpiteenä verkosto valmisteli JAMKin johdolla rahoitushakemuksen Maaseudun EIP-innovaatioryhmähakuun ("European Innovation Partnership"), jossa hankeidea ei selvinnyt jatkuon. Seuraavaksi ryhmä haki hankeidealle rahoitusta Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmasta, joka on yksi hallituksen kärkihankkeista.

Hankkeessa onnistuttiin myös yhteydenottojen määrässä yrityksiin ja tutkimuslaitoksiin, joita oli yhteensä 21 kpl, kun tavoitteena oli 11 yhteydenottoa.

Työpajaan onnistuttiin saamaan alustajaksi ja asiantuntijaksi yksi Suomen johtavista leväasiantuntijoista Esa Tyystjärvi Turun yliopistolta. Työpajassa oli mukana myös keskeiset tutkimuslaitokset Keski-Suomesta (JY, LUKE ja VTT) ja työpajan keskustelun anti oli hedelmällinen.

#### 4.4 Havaitut ongelmat

Työpajaan osallistuneiden yritysten lukumäärä jäi valitettavan vähäiseksi, osittain syynä olivat viime hetken peruutukset. Vaikka yhteydenottojen ja puhelinkeskustelujen perusteella keskisuomalaisissa yrityksissä oltiin kiinnostuneita levistä ja niitä pidettiin osana tulevaisuuden mahdollisuuksista, kiinnostus ei kuitenkaan ollut riittävää, jotta yritykset olisivat osallistuneet työpajaan runsaslukuisemmin. Levänkasvatus ja levän hyödyntäminen ovat Suomessa vielä perustutkimus- ja laboratoriovaiheessa, joten on ymmärrettävää, että varsinkin pk-yrityksissä ei ole vielä tarpeeksi kiinnostusta leviin.

## 5 Talous

Hankkeen budjetti oli 37 452 €, joka koostui henkilöstökustannuksista sekä välillisistä kustannuksista. Hanketta rahoittivat Keski-Suomen liitto maakunnan kehittämisrahastosta summalla 26 216 € ja JAMKin omarahoitusosuus hankkeessa oli 11 236 €.

## 6 Toiminta ja tulosten hyödyntäminen hankkeen jälkeen

Ammattikorkeakoulujen tehtävänä on tutkimustiedon käytäntöön soveltaminen. JAMKissa ja Tarvastian Biotalouskampuksella panostetaan uusien kiertotaloutta, resurssiviisautta ja vähähiilisyyttä edistävien ratkaisujen ja menetelmien kehittämiseen, josta levät ovat yksi esimerkki. JAMKissa on käynnistynyt energiatekniikan alan opinnäytetyö levänkasvatukseen käytettävän laboratoriomittakaavan fotobioreaktorin suunnittelusta. Fotobioreaktorille asetettuja tavoitteita ovat energia- ja kustannustehokkuus. Reaktorin avulla on tarkoitus testata yhteistyössä tutkimuslaitosten ja yritysten kanssa erilaisien levien kasvatusta erilaisissa vesissä sekä hiilidioksidin hyödyntämistä levänkasvatuksessa. JAMKin johdolla jatketaan myös kosteikoilla kasvavien luonnonlevien, kasvien sekä pohjasedimentin hyödyntämistä ravinteiden kierrätyksessä sekä kiertotalouden edistämiseksi yhteistyössä yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa. JAMKissa testattiin kesällä 2016 automaattista levänmittausta Biotalouskampuksen mallikosteikolla. Alkukesällä 2016 Biotalouskampuksen mallikosteikolla sekä peltoaluilla suoritettiin UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ilmakuvausta lennokkimallisella siipikoneella Maaseutu 2.0 hankkeessa. UAV tekniikan avulla on mahdollista määrittää esim. makroleväbiomassojen määriä kosteikoilla ja järvissä. JAMK jatkaa yhteistyötä LEEVI-hankkeessa muodostuneiden yritys- ja tutkimuslaitosverkostojen sekä BioA-hankkeessa solmittujen kansainvälisten T&K -verkostojen kanssa.

## 7 Arviointi sisältäen ympäristö- ja tasa-arvoaikutukset

Levät ovat maapallon merkittävä uusiutuva biomassavaranto, jotka voivat hyödyntää kasvuunsa jätevesien ravinteita sekä savukaasujen hiilidioksidia. Levien hyödyntämisessä on mahdollista saavuttaa suljettu kierto, jolloin ei muodostu jätettä. Levien hyödyntämisellä on mahdollista saavuttaa merkittäviä positiivisia ympäristövaikutuksia tulevaisuudessa, jota varten tämä esiselvityshanke on tuottanut tietoa ja osaamista. Hankkeella ei ole tasa-arvoaikutuksia.

## 8 Kirjallisuus

Biotekniikan mahdollisuuksia ja sovelluksia – tapaustutkimus levistä 2013. BTNK:n julkaisu 5/2013. Helsinki: Biotekniikan neuvottelukunta. [http://www.btnk.fi/files/pdf/Julkaisu/BTNK\\_levaselvitys.pdf](http://www.btnk.fi/files/pdf/Julkaisu/BTNK_levaselvitys.pdf)

European Algae Biomass –konferenssiesitykset 20.-21.4.2016, Berliini, Saksa.

Koskiaho, J., Siimekselä, T. & Puustinen, M. 2015. Maatalouden vesiensuojelukosteikkojen tehokkuusseuranta automaattilaitteistojen avulla. Vesitalous 4/2015.

Lunkka-Hytönen, M., Lohtander-Buckbee, K. & Ruuhonen-Lehto, M. 2016. Levät ja biotalous biotekniikan näkökulmasta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2016. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160093/SYKEra\\_4\\_2016.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160093/SYKEra_4_2016.pdf?sequence=1)

Pöyry Finland Oy, 2011: Leväraportti.

Seppälä, J., Spilling, K., Natunen, K., Kostamo, K., Suutari, M. & Leskinen, E. 2015. Kestävän sinisen biotalouden uudet resurssit Itämerellä: mikrolevät, makrolevät ja simpukat. Vesitalous 6/2015.

SUBMARINER Project, 2011. Algae -The Sustainable Biomass for the Future. Perspectives from the Submariner Project Algae Cooperation Event Trelleborg, Sweden – September 28-29, 2011.

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM): Bioteknologia 2020 -hyvinvointia suomalaisille. Linjaukset bioinnovaatioiden hyödyntämiseksi. [https://www.tem.fi/files/24697/bioteknologia\\_final\\_0909.pdf](https://www.tem.fi/files/24697/bioteknologia_final_0909.pdf) viitattu 2.5.2016.

## 9 Liitteet

LIITE 1. Yhteydenotot yrityksiin ja tutkimuslaitoksiin.

(kpl)	<u>Keskisuomalaiset/Keski-Suomessa toimivat yritykset ja tutkimuslaitokset</u>
1	Ecolan Oy
2	Jarutec Oy
3	Jyväskylän Energia Oy
4	Jyväskylän yliopisto
5	Luonnonvarakeskus (LUKE)
6	Mustankorkea Oy
7	Metener Oy
8	Metsä Fibre
9	Pöyry Oy
10	Ramboll Oy
11	Solar Tukku Oy
12	Vapo Oy Clean Waters
13	VTT
14	Watrec Oy
	<u>Muualla Suomessa toimivat yritykset ja tutkimuslaitokset</u>
15	Biolan Oy
16	Helsingin yliopisto
17	Raisoagro
18	Soilfood Oy
19	Suomen ympäristökeskus (SYKE)
20	Sybimar Oy
21	Turun yliopisto
	<u>Lisäksi seuraaville yrityksille lähetettiin hankkeen työpajakutsu, mutta heitä ei tavoitettu puhelimella.</u>
22	BioGTS Oy
23	Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy
24	Tikalan Oy
25	Valio Oy