



Euroopan unionin  
osarahoittama

 naturpolis



POHJOIS-  
POHJANMAA  
COUNCIL OF OULU REGION



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute

# Biomassat kiertoon Koillismaalla

---

Kooste hankkeen  
tuloksista

ProAgria

  
Luke  
LUONNONVARAKESKUS



  
OULUN  
YLIOPISTO



## Sisällys

1. Hankkeen tausta.....	3
1.1. Vesirutto – vesistöjen haitallinen vieraslaji .....	4
2. Selvitykset ja raportit .....	6
2.1. Vesiruton säilöntätutkimus - Naturpolis.....	6
2.2. Kuubion alueen yhteiskäyttölaitos, Case 11 - Naturpolis.....	8
2.3. Tyrävaaran yhteiskäyttölaitos, Case 14 - Naturpolis.....	9
2.4. Ympäristönhoidosta energiaa – viherbiomassat biokaasun raaka-aineena – ProAgria Pohjois-Suomi .....	10
2.5. Sivuvirtojen biokaasupotentiaalit - Suomen Ympäristökeskus.....	13
2.6. Kanadanvesiruton kuivamädätys ja mädätteen jatkojalostus - Luonnonvarakeskus.....	17
2.7. Vesiruton biomassan hyödyntäminen peltoviljelyssä - Luonnonvarakeskus.....	19
2.8. Kanadanvesirutosta eristetyt mikrobit hyötykäyttöön - Luonnonvarakeskus .....	22
2.9. Vesiruton poiston vaikutukset vesien laatuun ja biodiversiteettiin – Suomen Ympäristökeskus .....	25
2.10. Miten kalavesiä aiotaan hoitaa jatkossa? – ProAgria Pohjois-Suomi .....	28
2.11. Vesikasvinkerääjän esittelymateriaali loppukäyttäjälle ja teolliselle valmistajalle – Oulun yliopisto .....	30



## 1. Hankkeen tausta

Biomassat kiertoon Koillismaalla hankkeessa selvitettiin monitahoisesti biokaasutuotannon mahdollisuuksia Koillismaalla sekä erilaisten ympäristönhoidollisten biomassojen hyödyntämismahdollisuuksia. Keskeiseksi tarkastelukohteeksi nousi kanadanvesirutto (*Elodea canadensis*), joka on haitallinen vieraslaji ja aiheuttaa merkittäviä haittoja Koillismaan vesistöissä. Samalla poistettu vesiruttobiomassa sisältää ravinteita ja energiaa, joiden hyödyntäminen voisi parantaa sekä vesistöjen hoidon vaikuttavuutta että sen taloudellista kannattavuutta. Hankkeen päätoteuttajana toimi Koillis-Suomen kehittämissyhtiö Naturpolis Oy (Naturpolis) ja osatoteuttajina Luonnonvarakeskus (Luke), Suomen ympäristökeskus (Syke), ProAgria Pohjois-Suomi (Oulu) ry sekä Oulun yliopisto. Hankkeen eri osa-alueet on toteutettu useiden asiantuntijatahojen yhteistyönä. ProAgria kartoitti ympäristönhoidollisten biomassojen määrät ja maantieteellisen jakautumisen, Naturpolis tuotti selvityksen sivusyötteiden säilönnästä sekä biokaasulaitosten teknistaloudellisista ratkaisuista, Syke arvioi sivuvirtojen biokaasupotentiaalia sekä teetti vesiruttobiomassan kuivämädätyskokeen, vesiruton poiston vaikutuksia vesien laatuun ja biodiversiteettiin. Luke selvitti vesiruton hyödyntämismahdollisuuksia kuten mädätysjäännöksen käyttöä kierrätyslannoitteen raaka-aineena. Oulun yliopisto kehitti vesikasvinkerääjän ja siihen liittyvän esittelymateriaalin.

Tämä raportti esittää tiivistetysti hankkeen keskeiset tulokset ja tarjoaa kokonaiskuvan työn aikana saaduista havainnoista, selvityksistä ja kehittämisehdotuksista.



Kuva 1. Vesiruton poistoa Vuotunkijärvellä Kuusamossa. (Kuva: Riikka Tuomivaara).



## 1.1. Vesirutto – vesistöjen haitallinen vieraslaji

Yleisin vesiruttolaji Suomessa on kanadanvesirutto (*Elodea canadensis*), joka on lähtöisin Pohjois-Amerikasta. Laji on tuotu Suomeen 1884 Helsingin yliopiston kasvitieteelliseen puutarhaan, josta se on lähtenyt leviämään. Suomeen vesirutto on kuitenkin genominsa perusteella levinnyt useampia eri kertoja. Koska laji lisääntyy helposti pienistäkin kasvinpalasista, sitä voi helposti kulkeutua vesistöstä toiseen esimerkiksi lintujen höyhenissä tai jaloissa sekä ihmisten mukana saappaisiin, veneisiin yms virkistyskäyttövälineisiin taikertuneena.

Vesirutto on yleinen Etelä- ja Keski-Suomessa. Havaintoja on myös Lapista ja Koillismaan järvet vesirutto valtasi melko nopeasti alle kahdessa vuosikymmenessä. Ensimmäiset Koillismaan havainnot vesirutosta tehtiin Taivalkoskella 1980-luvun lopulla. Yleisin vesiruton haitta ovat sykliset massaesiintymät, jotka voivat vaikuttaa vesistön umpeenkasvuun ja liikkumiseen järvellä. Lisäksi vesirutto voi muuttaa järven veden pH-arvoa, aiheuttaa rehevöitymistä, vaikuttaa ravinnekiertoon ja happikatoon sekä syrjäyttää luontaisten vesikasvilajien kasvustoja. Toisaalta vesiruton massaesiintymä voi myös kirkastaa vettä: kasvimassaan sitoutuu paljon ravinteita, jotka eivät tällöin ole esimerkiksi sinilevien käytettävissä. Lisäksi massaesiintymä hidastaa veden liikettä, jolloin kiintoaines sedimentoituu vesistön pohjalle tai vesiruton lehdille.

Kanadanvesirutto on rentovartinen rantojen uposkasvi. Se kasvaa noin 30–200 cm pituiseksi ja sen väri vaihtelee kasvupaikan mukaan kirkkaan vihreästä hyvin tummaan vihreään. Vesirutto juurtuu nivelistään. Lehdet ovat pyöreäkärkisiä, ruodittomia ja kasvavat varren ympärillä kolmen kiehkuroina. Vesirutto kasvaa kärkeistään, haaroo runsaasti ja leviää tehokkaasti kasvullisesti kasvinpalasista. Suomessa esiintyy myös kiehkuravesiruttoa (*Elodea nuttallii*), joka on kooltaan kanadanvesiruttoa pienempi ja sen lehdet ovat teräväkärkiset ja kiehkuraiset. Vesirutot voi sekoittaa uposvesitähteen, jonka lehdet ovat kuitenkin parillisesti vastakkain ja niiden kärjessä on lovi.

Koska vesirutto leviää herkästi pienistä palasista, tulee kalastus- ja veneilyvälineistön puhdistamiseen kiinnittää huomiota liikuttaessa vesistöltä toiselle. Akvaariovesiä ei missään nimessä saa kaataa luonnonvesiin. Vesiruttoa voi poistaa rajoitetuilta alueilta, mutta koneelliseen poistoon vaaditaan ilmoitus Lupa- ja valvontavirastolle ja vesialueen omistajalle 30 vuorokautta ennen toimenpidettä. Poistokokeita on tehty muun muassa nuottaamalla, niittämällä sekä peittämällä. Vesiruttoa poistettaessa nuottaamalla ja niittämällä on tärkeää huolehtia, ettei pieniä palasia jää veteen mahdollistamaan uudelleen leviämistä.

Lähteet:

Nilivaara R. ym. 2022. Vesiruton energia ja ravinteet talteen – Elodea II -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2022.

Karjalainen S. ym. 2017. Vesiruton hyötykäyttö biotaloudessa – järvien riesasta raaka-aineeksi. Elodea -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18/2017.





Kuva 1. Vesiruton nostoa. (Kuva: Ritva Nilivaara, Syke).



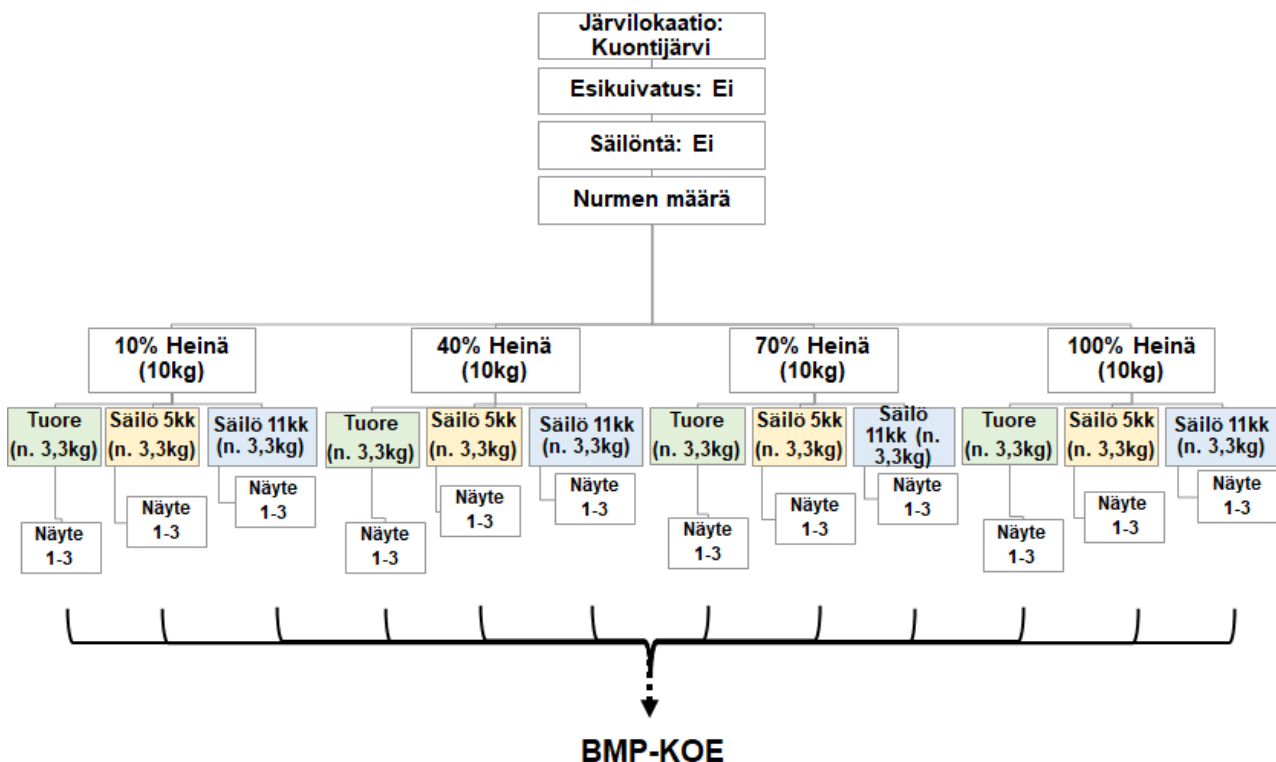
Kuva 2. Vesirutto. (Kuva: Ritva Nilivaara, Syke).

## 2. Selvitykset ja raportit

### 2.1. Vesiruton säilöntätutkimus - Naturpolis

Vesirutolla on potentiaalia toimia biokaasuprosessin sivusyötteenä ja sen ominaisuudet biokaasutukseen on todettu hyväksi (Karjalainen et al., 2017; Nilivaara et al., 2022). Sivusyötettä ei kuitenkaan voi herkkään biokaasuprosessiin laittaa kerralla suuria määriä, joten vesiruton säilöntämahdollisuudet selvitettiin pidemmän aikavälin käytön mahdollistamiseksi Naturpoliksen toimeksiantona. Hankkeessa tehtiin säilöntätutkimus kanadanvesiruttoa sisältävälle biomassalle. Vesiruton säilöntä ilman säilöntäaineita olisi mahdollisimman kustannustehokas ja yksinkertainen ratkaisu vesiruton säilöntään.

Vesiruton säilöntätutkimuksen näytteenotto suoritettiin Kuontijärvellä Kuusamossa elokuussa 2023. Vesiruton niitosta ja nuottauksesta Kuontijärvessä vastasi ProAgria Oulu. Vesiruttokasvusto niitettiin ensin vesikasvien poistoon suunnitellulla niittoleikkurilla, jonka jälkeen vedessä irtonaisena keijunut vesiruttokasvusto kerättiin ja vedettiin raivausnuotan avulla rantaan. Kesantoheinää niitettiin vuosia viljelykäytön ulkopuolella olevalta pellolta. Kaikki niitetty kesantoheinä ja vesirutto punnittiin kenttäolosuhteissa.



Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään vesiruton säilyvyyttä säilömällä sitä heinän kanssa muovipaa-leissa sekä vesiruton vaikutusta biokaasuprosessiin eri pitoisuuksina heinä-vesiruttoseoksessa.



Heinä-vesirutto-seoksen suhteet olivat 10 %, 30 % 70 % ja 100 %, prosenttiluvun kuvatesa seoksessa heinän määrää. Kontrollinäytteenä toimi 100 % heinää sisältävä näyte. Vesirutto paalattiin yhdessä kesantoheinän kanssa tuoreena noin tunnin sisällä sen nostosta järvestä. Vesirutto-heinäseokset punnittiin ensin sekoitus-suhteessaan 10 kg näytteisiin, jotka jaettiin edelleen 3,3 kilon painoisiin alanäytteisiin: tuorenäyte, 5kk säilönäyte sekä 11kk säilönäyte (ks. kuva)

Vesirutto-heinänäytteille tehtiin märkämädätyspanoskokeita rinnakkaisilla näytteillä. Menetelmällä tutkittiin materiaalin metaanintuotannon potentiaalia ajan funktiona sekä tutkittavan materiaalin hajoamista prosessissa. Parhaiten biokaasupotentiaalinsa säilytti tässä tutkimuksessa seos, jossa oli 70 % heinää ja 30 % vesiruttoa. Kontrollinäyte, eli 100 % heinää sisältävä näyte oli kaikista näytteistä vakain biokaasupotentiaalinsa osalta.

Vesirutto ei suoranaisesti lisännyt heinän metaanintuottopotentiaalia, koska se hajoaa nopeasti. Vesiruton osuuden ollessa 30 %, se ei merkittävästi heikentänyt heinän metaanintuottopotentiaalia. Heinä ja muut vastaavat syötteen tulisi hyödyntää biokaasuprosessissa mahdollisimman nopeasti, sillä säilömisen aikana kasvien hitaasti hajoavien ainesosien prosentuaalinen määrä kasvaa ja se lisää sivusyötteen biokaasuprosessia inhiboivia vaikutuksia. Kun näytteitä oli säilötty viiden kuukauden ajan, niiden metaanintuottopotentiaali oli hieman korkeampi kuin 11 kuukauden säilömisajan jälkeen silloin, kun vesiruton osuus oli heinän osuutta suurempi näytteissä.

Jokaisen koesarjan aikana osa märkämädätys prosesseista keskeytyi, jolloin rinnakkaisnäytteiden tuloksien määrä jäi suunniteltua vähäisemmäksi. Jotta tutkimustulokset olisivat paremmin yleistettävissä, tarvittaisiin lisätutkimusta esimerkiksi toisintamalla tutkimus, käyttämällä useampia koesarjoja ja tekemällä biokaasupotentiaalikokeet useammin, esimerkiksi kuukausittain.

Linkki koko raporttiin: [https://naturpolis.fi/wp-content/uploads/2026/04/Vesiruton\\_sailontatutkimus\\_BKKhanke.pdf](https://naturpolis.fi/wp-content/uploads/2026/04/Vesiruton_sailontatutkimus_BKKhanke.pdf)

Lähteet:

Karjalainen, S.M., Välimaa, A.-L., Virtanen, E., 2017. Vesiruton hyötykäyttö biotaloudessa – järvien riesasta raaka-aineeksi.

Nilivaara, R., Hiltunen, L., Joki-Tokola, E., Kahiluoto, J., Karvonen, J., Kuoppala, M., Lötjönen, T., Niemistö, J., Satomaa, M., Tahkola, H., Ulvi, T., Välimaa, A.-L., Hellsten, S., 2022. Vesiruton energia ja ravinteet talteen – Elodea II -hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus.



## 2.2. Kuubion alueen yhteiskäyttölaitos - Naturpolis

Biokaasuselvityksessä käytiin läpi laitoshankinnan kannattavuutta arvioimalla sopivan kokoluokan tuotantolaitos tai tässä tapauksessa useamman laitoksen kokonaisuus. Selvitys toteutettiin haastatteluista kerätyjä tietoja käyttäen. Esimerkkidata laskentaan kerättiin seitsemältä maatilalta, joiden eläinten määrä oli yhteensä 783 kpl.

Vertailtavina laitosvaihtoehtoina toimivat Bioelectricin tarjoamien laitostyökalujen hyödyntäminen, joiden numeeriset arvot oli määritetty toimittajan asiakaskokemuksen ja käyttödatan mukaan. Toimittajahintaan sisältyivät kuljetus, asennus, projektointi ja ensimmäisen vuoden ylläpito. Tämän lisäksi huomioitiin vielä luvittaminen ja tarvittavat lisärakenteet (esim. perustukset, liitännät). Tuotettu sähkö laskettiin käytettäväksi ensisijaisesti maatalojen omaan tarpeeseen ja ylijäämän myytiin.

Takaisinmaksuaikaa testattiin kahdessa skenaariossa: nykyinen sähkön hinta vs. tilanne, jossa kokonais hinta (osto+siirto) nousi muutamalla sentillä. Suurempi laitos on herkempi hinnan vaihtelulle. Selvitys arvioi myös päästökompensaatioiden mahdollisuuksia, koska biokaasu voi pienentää tilojen ilmastovaikutusta ja parantaa vihreän energian omavaraisuutta. Biokaasun käyttö kuljetuspolttoaineena voi leikata merkittävästi logistiikan kustannuksia, mikä parantaa kokonaiskannattavuutta.

Keskeisiä kannattavuustekijöitä energiantuotantolaitoksessa ovat toimivat kuljetuskustannukset, tuet sekä kiertotaloudelliset tekijät. Investoinneissa on huomioitava yrityslainojen korkotasot sekä henkilökunnan tarve. Sähköntarpeen määrä, mahdollisen biokaasutuotannon jatkojalostus liikennekäyttöön ja jätteenkäsittelystä saatavat säästöt yhdessä muiden tekijöiden kanssa vaikuttavat energiantuotantolaitoksen potentiaaliseen tulokseen, jota voi kasvattaa lisäämällä biokaasun tuotantoon käytettävän biomassan määriä, leikkaamalla kuljetuskustannuksia biokaasulla tai rajaamalla raaka-aineen kuljetusmatkoja.

Linkki kokoraporttiin: [https://naturpolis.fi/wp-content/uploads/2026/04/Kuubio-biokaasuselvitys\\_yhteiskayttolaitos.pdf](https://naturpolis.fi/wp-content/uploads/2026/04/Kuubio-biokaasuselvitys_yhteiskayttolaitos.pdf)



### 2.3. Tyrävaaran yhteiskäyttölaitos - Naturpolis

Selvityksen tavoitteena oli arvioida biokaasulaitoshankinnan kannattavuutta useamman laitoksen kokonaisuutena, erityisesti maatilojen omavaraisen energiantuotannon, kustannussäästöjen, päästökompensatioiden ja tulevien tulopotentiaalien näkökulmasta. Tavoitteena oli määrittää sopiva laituskoko, arvioida investointien takaisinmaksuaikaa ja tarkastella eri skenaarioiden vaikutusta kannattavuuteen.

Selvitys perustuu maatilahaastatteluista kerättyihin lähtötietoihin, toimittajan (Bioelectric) tarjoamiin vaihtoehtoihin sekä näihin perustuviin numeerisiin arvoihin ja käyttödatoihin. Taloudelliset laskelmat sisältävät:

- sähkön ostohinnan, siirtomaksujen ja mahdollisten hintavaihteluiden huomioimisen
- investointituen, pääomakulujen ja ylläpitokustannusten arvioinnin
- energiantuotannon, sähkön myyntitulojen, logistiikan ja polttoainevaihtoehtojen vaikutusten vertailun
- erilaiset kompensatiot (hiilidonta, vihreä sähkö, vihreä maito, mädätejäännöksen hyödyt).

Laskennassa oletettiin, että tuotettu sähkö käytetään pääosin omaan kulutukseen ja ylimäärä myydään verkkoon.

Tarkastelluista vaihtoehtoista kustannustehokkaimmaksi ratkaisuksi muodostui kaksi kokoluokan 5 biokaasulaitosta. Nykyisillä sähkön kokonaishinnoilla takaisinmaksuaika ilman kompensatioita oli noin 7–8 vuotta, mutta korkokustannukset huomioiden noin 10 vuotta.

Suurimmat säästöt syntyivät ostosähkön ja siirtohintojen vähenemisestä. Logistiset kustannukset pysyivät matalina, jos tiloilla on lyhyet välimatkat. Biokaasun käytön polttoaineena arvioitiin tuovan lisäsäästöjä. Kompensatiot (hiilikauppa, vihreä sähkö, vihreä maito) voisivat lyhentää takaisinmaksuajan jopa muutama vuoteen. Mädätejäännöksen käyttö vähentäisi lannoitekustannuksia, ja suuremman kokoluokan laitokset voisivat hyötyä ulkopuolisen biomassan vastaanottamisesta.

#### *Johtopäätökset*

Biokaasulaitosinvestointi olisi maatilojen tilanteessa lähtökohtaisesti kannattava, jos tarkasteluun otetaan investointituet, tasainen energiantuotanto ja merkittävät sähkönosto- ja siirtosäästöt. Kannattavuutta parantaisivat erityisesti sähkön hinnan nousu, mahdolliset kompensatiot (hiilidonta, vihreä maito, vihreä sähkö), hyvä logistinen sijainti, mädätejäännöksen käyttö lannoitteena. Laitoskokoluokan kasvu ja ulkopuolisen biomassan hyödyntäminen voisivat edelleen parantaa taloudellista tulosta.



Linkki koko raporttiin: [https://naturpolis.fi/wp-content/uploads/2026/04/Tyravaaran-biokaasuselvitys\\_yhteiskayttolaitos.pdf](https://naturpolis.fi/wp-content/uploads/2026/04/Tyravaaran-biokaasuselvitys_yhteiskayttolaitos.pdf)

## 2.4. Ympäristönhoidosta energiaa – viherbiomassat biokaasun raaka-aineena – ProAgria Pohjois-Suomi

ProAgria Pohjois-Suomen osatoteutushankkeessa Biomassat kiertoon Koillismaalla selvitettiin, paljonko hankealueen kunnissa on sellaisia peltoalueita, joiden satoa ei tällä hetkellä hyödynnetä ruoantuotantoon, mutta ne ovat tukikelpoisia kasvulohkoja. Näiden lohkojen tavoitteena on esimerkiksi maaperän suojele ja laatu tai vesiensuojelu, viherlannoitus tai luonnonhoito. Erilaisilla pellon käytön vaihtoehdoilla on erilaiset hoitovelvoitteet, osaa koskee niitto- ja sadonkorjuuvelvoite.

Monilla maaseutualueilla tehdään vuosittain paljon ympäristönhoitotyötä: niitetään perinnebiotooppeja ja muita peltoalueita, raivataan ranta-alueita ja poistetaan vesikasvillisuutta. Näiden toimien tavoitteena on ehkäistä rehevöitymistä, ylläpitää avoimia maisemia ja turvata luonnon monimuotoisuutta. Samalla syntyy kuitenkin merkittäviä määriä viherbiomassaa, joka jää usein hyödyntämättä.

Taulukko 1. Tukikelpoiset peltoalueet ruoantuotannon ulkopuolella kunnittain. (Lähde: Ruokaviraston peltolohkoaineisto 2024).

KASVIKOODI	Kuusamo (ha)	Taivalkoski (ha)	Posio (ha)	YHTEENSÄ
Luonnonhoitonurmi	334	74	148	555
Luonnonlaidun ja -niitty	6	1	128	135
Suojavyöhyke	23	3	25	51
Viherkesanto (nurmi ja niitty)	214	3	58	275
Ruokohelpi (kuivike/rehu)	10		4	13
Ympäristösopimusala, puustoinen tai muu ala	11	44		55
<b>Yhteensä</b>	<b>599</b>	<b>125</b>	<b>362</b>	<b>1086</b>

Ympäristönhoidon sivuvirroista on mahdollisuus tuottaa uusiutuvaa energiaa. Biokaasun tuotannossa voidaan hyödyntää monenlaisia orgaanisia materiaaleja. Yksi vähemmän hyödynnetty raaka-aine on ympäristönhoidon yhteydessä kerättävä vihermassa. Tällaista biomassaa syntyy esimerkiksi perinnebiotoopeilta, luonnonlaitumilta, ranta-alueilta, vesistöistä poistettavasta vesikasvillisuudesta, tienvarsilta, taajamien viheralueilta, kyläympäristöjen joutomailta ja maatalouden luonnonhoitonurmista, viherkesannoista jne. Kasvillisuuden poistaminen näiltä alueilta on usein välttämätöntä rehevöitymisen ehkäisemiseksi ja



maiseman avoimuuden säilyttämiseksi. Kun kerätty biomassa ohjataan biokaasulaitokseen, ympäristönhoidon sivuvirrasta syntyy samalla uusiutuvan energian raaka-ainetta.

Biokaasulaitokset tarvitsevat tasaisesti syötemateriaalia. Monilla maatiloilla biokaasun tuotanto perustuu pääasiassa karjanlantaan, mutta pelkkä lanta ei aina riitä tehokkaaseen energiantuotantoon. Viherbiomassojen lisääminen biokaasuprosessiin voi parantaa metaanintuottoa ja lisätä energiantuotannon tehokkuutta. Samalla maatilat voivat hyödyntää ympäristönhoidon yhteydessä syntyviä biomassavirtoja, jotka muuten jäisivät käyttämättä. Pohjois-Pohjanmaan laajat nurmiviljelyalat voisivat tarjota lisäksi mahdollisuuksia hyödyntää nurmea myös energian ja kierrätyslannoitteiden tuotannossa. Energiakäyttö ei välttämättä kilpaile rehuntuotannon kanssa, sillä biokaasulaitoksissa voidaan käyttää esimerkiksi ylijäämänurmea tai hoitovelvoitteisiin liittyviä nurmialoja.

Viljelijät voivat vaikuttaa maisemaan ja luontoon suunnittelemalla myös omassa hoidossaan olevia lohkoja mahdollisimman vaikuttavasti CAP27 -korvausten piiriin. Peltoalueiden käyttöä määrittelevät pitkälti sekä maatalouden tukijärjestelmän sekä ympäristölainsäädännön ehdot ja kannusteet. Mikäli kasvustosta halutaan niittymäinen, hoidon pääperiaatteet ovat muokkaamattomuus, lannoittamattomuus ja niittoaajankoh-tien suunnitelmallinen määrittely. Tietyillä lohkoilla myös ravinteisuuden vähentäminen kasvuston poisviennillä tai luonnonlaiduntamisella.

Niiton ajoittamisen tavoitteena on saada ei toivotut rehevät lajit niitettyä ennen siementämistä ja vasta lajiston vakiinnuttua niittymäiseksi siirtyään myöhempään niittoaajankohtaan. Tässä on tärkeää lajiston tunnistaminen. Mikäli alueella on lintujen pesintää ja poikueita, ne saattavat määrittää hoidon ajankohtaa. Jos peltolohkolla automaattisesti lykätään aina niittoa myöhäiseksi, siitä ei useinkaan pääse kehittymään toivottu niittyelinympäristö. Hoito vaatii siis harkintaa. Niittojätteen poisto alueelta on usein eduksi, jos sille löytyy sopiva hyötykäyttö, kuten esimerkiksi biokaasun tuotanto. Niiton ajoittamisella ja niittokertojen määrällä voidaan päästä toivottuun lopputulokseen, jos maalaji on niukka.

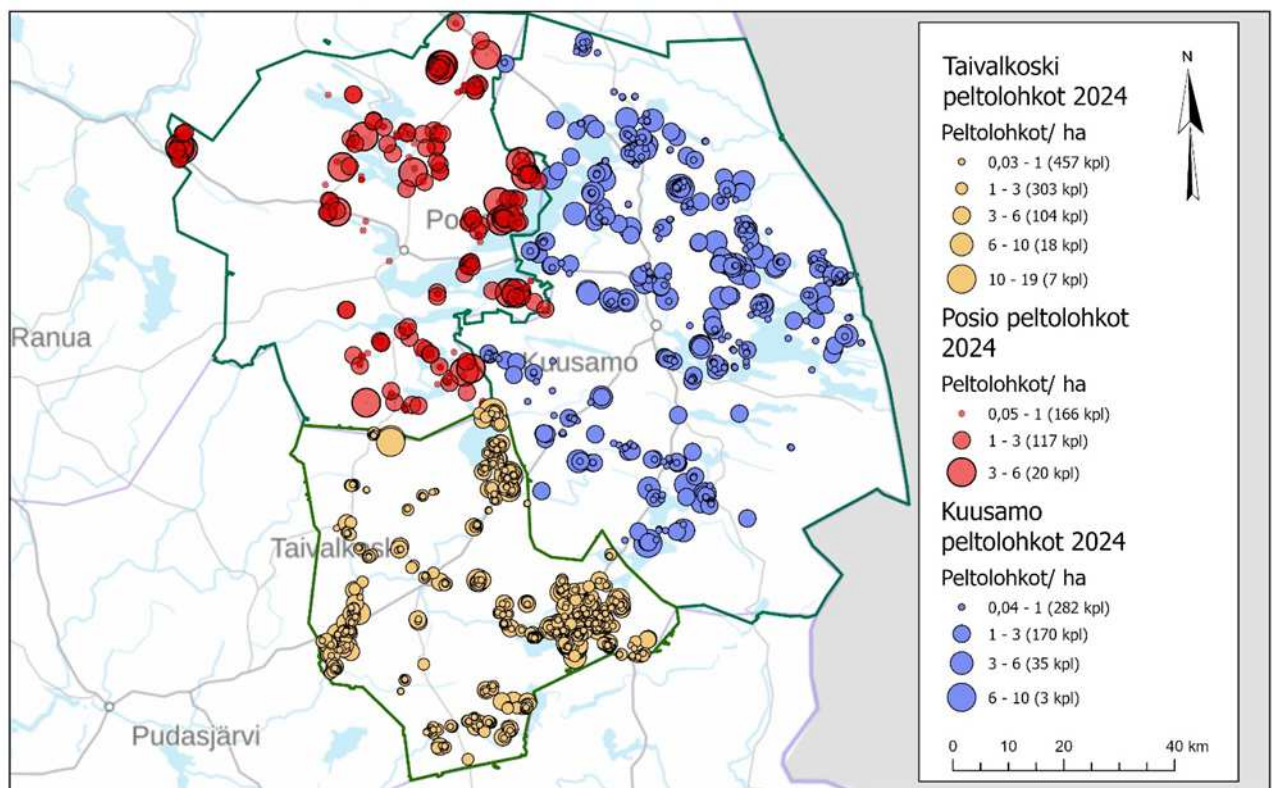
Ympäristönhoidollisten biomassojen hyödyntäminen biokaasutuotannossa tuo mukanaan useita hyötyjä. Kasvillisuuden poistaminen ranta-alueilta ja kosteikoista vähentää ravinteiden päätymistä vesistöihin ja voi parantaa vesistöjen tilaa. Samalla niitto ylläpitää avoimia maisemia ja tukee perinneympäristöjen lajistoa. Biokaasu puolestaan korvaa fossiilisia polttoaineita ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Paikallinen energiantuotanto voi vahvistaa myös maaseudun energiaomavaraisuutta ja luoda uusia mahdollisuuksia yritystoiminnalle.

Tällainen toimintamalli vastaa hyvin myös Euroopan unionin uusiutuvan energian politiikan tavoitteisiin, joissa korostetaan jätteen ja sivuvirtojen hyödyntämistä sekä resurssitehokkuutta. Ympäristönhoidollinen nurmi tuottaa noin 6–20 MWh biokaasua hehtaaria kohden.



Ympäristöhoidollisten biomassojen hyödyntäminen biokaasutuotannossa yhdistää kaksi tärkeää tavoitetta: luonnonhoidon ja uusiutuvan energian tuotannon. Koillismaahan kaltaisilla alueilla tämä voi tarjota käytännöllisiä ratkaisuja luonnon monimuotoisuuden edistämiseen ja energiantuotantoon. Kun ympäristöhoidon yhteydessä syntyvät biomassavirrat saadaan tehokkaammin käyttöön, voidaan samanaikaisesti vähentää rehevöitymistä, lisätä luonnon monimuotoisuutta ja tuottaa paikallista uusiutuvaa energiaa. Samalla vahvistuu myös maaseudun elinvoima ja mahdollisuudet kestävään bioenergiaan perustuvaan talouteen.

Ympäristöhoidolliset peltobiomassat Koillismaan alueella  
(Luonnonhoitonurmi, luonnonlaidun ja -niitty, suojavyöhyke, viherkesanto, perinnebiotooppi)



Biomassat kiertoon Koillismaalla -hanke 2026  
ProAgria Pohjois-Suomen osatoteutus



Lisätietoja: maisema- ja ympäristöasiantuntija Maarit Satomaa, ProAgria Pohjois-Suomi/ Pohjois-Suomen Maa- ja kotitalousnaiset, [maarit.satomaa@mkn.fi](mailto:maarit.satomaa@mkn.fi)



## 2.5. Sivuvirtojen biokaasupotentiaalit - Suomen Ympäristökeskus

### Johdanto

Koillismaan alueella on käytettävissä runsaasti biokaasutuotantoon soveltuvia sivuvirtojen biomassoja. Biomassat kiertoon Koillismaalla -hankkeessa on tarkasteltu näiden biomassojen määrää, sijaintia, käsittelyä ja biokaasupotentiaalia. Hankkeen eri osa-alueet on toteutettu useiden asiantuntijatahojen yhteistyönä: ProAgria kartoitti ympäristöhoidollisten biomassojen määrät ja maantieteellisen jakautumisen, Naturpolis tuotti selvityksen sivusyötteiden säilönnästä sekä biokaasulaitosten teknistaloudellisista ratkaisuista, ja Syke arvioi sivuvirtojen biokaasupotentiaalia. Lisäksi Luonnonvarakeskus (Luke) toteutti vesiruton mädätyskokeet ja tuotti analyysiä mädätysjäännöksen hyödyntämismahdollisuuksista kierrätyslannoitevalmisteenä.

Tämä raportti esittelee Sykkeen osatoteutuksen tulokset ja tarkastelee erityisesti Koillismaan sivuvirroista saatavan biomassan biokaasuntuottopotentiaalia.

### Ympäristöhoidolliset biomassat ja niiden biokaasutuotanto

Ympäristöhoidollisia biomassoja ovat mm. luonnonhoitonurmi, luonnonlaidun ja -niitty, suojavyöhyke, viherkesanto ja ruokohelppi. Tässä hankkeessa tarkastellaan myös vesistöistä poistettavan biomassan hyötykäyttöä ja erityisesti vesiruttobiomassan biokaasupotentiaalia. Vesistöistä poistettavan biomassan biokaasupotentiaalia on tutkittu useilla eri lajeilla laboratorio- ja pilot-mittakaavassa (mm. Vititie 2009, Pyykkönen 2021, Jutila ym., 2024) Taulukkoon 1 on koottu eri syötemateriaalien metaanintuottopotentiaaleja kirjallisuudessa esitettyjen arvojen perusteella. Arvot kuvaavat metaanin saantoa orgaanisen kuiva-aineen (VS) suhteen.

Useimpien kasviperäisten materiaalien biokaasutuotanto on naudan lietelannan sekä kuivalannan biokaasutuotantoa korkeampaa. Tässä hankkeessa on tutkittu erityisesti vesiruton biokaasuhuötykäyttöä, ja taulukosta 1 nähdään, että sen biokaasutuotanto vertautuu apilan ja säilörehun metaanintuottopotentiaaleihin.



Taulukko 1. Biokaasun eli metaanin saantojen vertailu eri syötteillä. (<sup>1</sup>Weiland 2010, <sup>2</sup>Debowski ym. 2013, <sup>3</sup>Karjalainen ym. 2017, <sup>4</sup>Pyykkönen, 2021, <sup>5</sup>ProAgrian julkaisu).

Syöte	I CH <sub>4</sub> / g VS
Sokerijuurikas <sup>1</sup>	0,39–0,41
Vehnä (koko kasvi) <sup>1</sup>	0,35–0,38
Vehnä (jyvä) <sup>1</sup>	0,37–0,40
Nurmi <sup>1</sup>	0,29–0,32
Puna-apila <sup>1</sup>	0,30–0,35
Levä <sup>2</sup>	0,18
Vesirutto <sup>3</sup>	0,36–0,39
Osmankäämi <sup>4</sup>	0,20–0,29
Järviruoko <sup>4</sup>	0,28–0,31
Peltobiomassa, säilörehu <sup>5</sup>	0,35
Peltobiomassa vanhempi nurmi, ruokohelpi <sup>5</sup>	0,25
Naudan kuivalanta <sup>5</sup>	0,15
Naudan lietelanta <sup>5</sup>	0,20

### Vesiruton säilöntä ja käyttö biokaasutuotannossa

Kasvibiomassaa, kuten vesiruttoa, saadaan ympäristönhoitotoimien aikana kerralla suuria määriä. Biokaasulaitokselle ei voida kuitenkaan prosessiteknisistä syistä syöttää äkillisesti suuria määriä eri syötteitä, joten biomassoja on säilöttävä, jotta niitä voidaan syöttää tasaisesti prosessiin.

Vesiruton säilöntää tutkittiin perinteisillä muurahaishappo- ja biologisilla menetelmillä. Säilöntä ei kuitenkaan onnistunut johtuen vesiruton poikkeuksellisen matalasta kuiva-ainepitoisuudesta ja vähäisistä liukoista hiilihydraateista. Sen sijaan vesiruton ja nurmirehun seossäilöntä paransi säilönnän onnistumista selvästi. Vesiruton ja nurmenseoksella saatiin myös pelkkään vesiruttoon nähden parempi metaanintuottopotentiaali. Maatilamittakaavan kokeissa vesiruton maltillinen lisääminen lietelantapohjaiseen märkämädätysprosessin paransi reaktorin kaasuntuotantoa selkeästi (10–12 m<sup>3</sup>/vrk). (Nilivaara ym, 2020)

### Kasvibiomassojen rooli biokaasutuotannossa

Yleisesti lanta on merkittävin biokaasun raaka-aine Suomessa. Kasviperäisten biomassojen lisääminen lietelannan oheen parantaa prosessin orgaanisen aineksen hyötysuhdetta ja kasvibiomassa voi lisätä metaanintuottoa merkittävästi. Korkean kuiva-ainepitoisuutensa vuoksi kasvibiomassat soveltuvat hyvin myös kuivämädätysprosessin raaka-aineeksi.

Suomen nykyinen biokaasun tuotanto on noin 1 TWh/vuosi, josta vain osa perustuu maatalouden sivuvirtoihin. MTK:n tiedotteessa arvioidaan, että Suomen biokaasutuotannon teknistaloudellinen



potentiaali on noin 10 TWh/vuosi, ja maatalouden sivuvirroilla on keskeinen rooli tässä kasvussa (MTK 2024). Suunnitteilla olevat biokaasulaitosinvestoinnit käsittelevät 2,7 miljoonaa tonnia sivuvirtoja vuosittain, joista lanta ja muut maatalouden sivuvirrat ovat suurimmassa osassa. (Virolainen-Hynnä 2024)

### Yhteenveto

Sivuvirtojen hyödyntämisen suurimpia haasteita ovat biomassojen maantieteellinen hajanaisuus, suurten yhtenäisten biomassamäärien yhtäkkinen muodostuminen tasaisen saatavuuden sijaan, välivarastoinnin tarve sekä kuljetuskustannukset biokaasulaitokselle. Nämä tekijät korostuvat erityisesti harvaanasutuilla alueilla, kuten Koillismaalla, missä biomassavirrat voivat olla sijoittuneet laajalle alueelle. Biokaasulaitokset ovat ympäristöluvanvaraisia, ja lupaehtojen rajoitukset voivat rajata käytettäviä syötteitä. Lisäksi toiminnan taloudellista kannattavuutta heikentävät korjuu- ja kuljetuskustannukset sekä mahdolliset porttimaksut.

ProAgrian toteuttamasta selvityksestä biomassojen määrästä ja sijainnista Koillismaan alueella nähdään, että käyttökelpoista biomassaa on laajasti tutkitulla alueella. Biokaasutuotannon potentiaali on siis suuri. Ympäristöhoidollisten biomassojen hyötykäytön haasteet tulisi ratkaista logistisilla ratkaisuilla sekä korjuuketjun että biokaasulaitokselle toimittamisen suhteen. Biokaasulaitoksen sijainti on tässä myös keskeisessä roolissa.

Lisätietoja: Ritva Nilivaara, Suomen ympäristökeskus, [ritva.nilivaara@syke.fi](mailto:ritva.nilivaara@syke.fi)

### Lähteet

Debowski, M., Zielinski, M., Grala, A. & Dudek, M. 2013. Algae biomass as an alternative substrate in biogas production technologies– Review. *Sustainable Energy Reviews* 27: 596–604.

Jutila, H., Järvenpää, S., Brandt, A. & Pyykkönen, V. 2024. Viisasta vesiensuojelua -hanke. Loppuraportti 1.3.2022-30.6.2024. – Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry:n julkaisu 85. 47 s + 2 liitettä. Pietarsaari. ISBN verkkopublication: 978-952-7512-77-7

MTK Tavoitteena 4 terawattituntia kotimaista biokaasun tuotantoa vuonna 2030. Julkaistu 14.8.2024 osoitteessa Tavoitteena 4 terawattituntia kotimaista biokaasun tuotantoa vuonna 2030 - MTK Lainattu 20.3.2026

Nilivaara, R., Hiltunen, L., Joki-Tokola, E., Kahiluoto, J., Karvonen, J., Kuoppala, M., Lötjönen, T., Niemistö, J., Satomaa, M., Tahkola, H., Ulvi, T., Välimaa, A.-L., Hellsten, S., 2022. Vesiruton energia ja ravinteet talteen – Elodea II -hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus.

Pyykkönen, V. 2022. Vesikasvien biokaasupotentiaali. Teoksessa: Järvenpää, S., Jutila, H., Ainasoja, A., Hautamäki, J., Myllykangas, N., Hökkä, H., Pyykkönen, V. & Saarimaa, M. 2022. Pohjanmaan Ravinneratas-hankkeen loppuraportti. <https://pvy.fi/hankkeet/paattyneet-hankkeet/ravinneratas/hankemateriaalit/>



Vititie, M-L. 2009. Biokaasua järvikasveista. Rehevöityneiden järvien niittojätteen metaanintuottopotentiaali. Lahden ammattikorkeakoulu. Tekniikan laitos. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Ympäristöbiotekniikan suuntautumisvaihtoehto. Opinnäytetyö. 63 s

Violainen-Hynnä, A. 2024 Biokaasussa on potentiaalia. Blogikirjoitus Biokierto-Blogissa. Julkaistu 22.4.2024 Suome biokierto ja biokaasu Ry. Saatavilla Biokaasussa on potentiaalia - Suomen Biokierto ja Biokaasu ry

Weiland, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. Applied Microbiology and Biotechnology 85: 849–860.



## 2.6. Kanadanvesiruton kuivamädätys ja mädätteen jatkojalostus - Luonnonvarakeskus

Luonnonvarakeskus (Luke) selvitti Biomassat kiertoon Koillismaalla -hankkeessa kanadanvesiruton (*Elodea canadensis*) biokaasutuksen sivutuotteena syntyvän mädätysjäännöksen hyödyntämismahdollisuuksia lannoitevalmisteiden raaka-aineena ja siten potentiaalisena korvaajana fossiilisille mineraalilannoitteille.

Biokaasutuskokeet ja mädätysjäännöksen jatkojalostusprosessien kehittäminen toteutettiin Luken Biokaasun ja ravinteiden kierrätyksen pilotti- ja koealustalla Jokioisten Biopajalla 2024–2025. Mädätysjäännöksestä tuotettujen kuiva- ja nestejakeiden vaikutuksia kasvien alkukehitykseen testattiin Luke Oulussa.

Vesiruttobiomassan biokaasutus tehtiin kuivamädätyksenä. Sivutuotteena syntynyt mädätysjäännös ruuviseparoitiin kuiva- ja nestejakeeseen. Kuiva-jae kuivattiin lämpökaapissa, jauhettiin ja pelletöitiin. Neste-jae linkoseparoitiin, sentrifugoitiin ja kalvosuodatettiin. Tuloksena syntyi kaksi päätuotetta: 1) lannoitepelletti, jossa oli selvästi enemmän fosforia ja kaliumia kuin mädätysjäännöksessä ja 2) ravinne-konsentraatti, jonka ravinnepitoisuudet jäivät kaliumia lukuun ottamatta alhaiseksi.



Kanadanvesiruton prosessointiketju neste- ja kuivajakeille Biopajan koelaboratoriossa.

Mädätysjäännöksestä ja tuotetuista jakeista analysoitiin pääravinteet sekä liukoinen tyyppi:

	Kokonais-tyyppi %	Liukoinen tyyppi %	Fosfori g/kg	Kalium g/kg
Mädätysjäännös	0,61	0,14	0,6	5,3
Lannoitepelletti	1,70	0,03	2,2	13
Ravinekonsentraatti	0,21	0,16	0,1	7,5



Teknisesti jatkojalostus onnistui hyvin ja lopputuotteiden fyysinen laatu vastasi tavoitteita, mutta tuotteiden lannoitearvo jäi alhaiseksi. Suurimmat haasteet liittyivät ravinnehävikkeihin prosessoinnin aikana. Pelletissä valtaosa liukoisesta tyyestä haihtui kuivauksessa. Nestejakeen prosessissa typen konsentroidin hyödyt jäivät pieniksi, koska ravinteita menetettiin välivaiheissa. Kaliumin konsentroidi onnistui parhaiten. Vesirutosta tuotettavien lannoitevalmisteiden prosessoinnissa kehityskohteina ovatkin typen talteenotto ja ravinteiden hävikkien hallinta.

Mädätysjäännöksestä tuotetut kuiva- ja nestejakeet täydennettynä mineraalilannoitteella takasivat hyvän alkukehityksen ohralla, raiheinällä ja salaatilla kontrolloiduissa olosuhteissa tehdyissä kokeissa. Laajamittaisen käytön rajoitteena on kuitenkin jakeiden alhaiset ravinnepitoisuudet, minkä vuoksi käyttömäärät ovat suuria. Käytännön oloissa tämä asettaa erityisvaatimuksia levityskalustolle tai edellyttää useampaa levityskertaa.

Lisätietoja:

Ari-Matti Seppänen, Biojalostusteknologiat ja kierrätyslannoitteet, Luke, Jokioinen,

[ari-matti.seppanen@luke.fi](mailto:ari-matti.seppanen@luke.fi)

Nora Pap, Biotalouserotusteknologiat, Luke, Jokioinen, [nora.pap@luke.fi](mailto:nora.pap@luke.fi)

Lea Hiltunen, Kasvinterveys, Luke, Oulu, [lea.hiltunen@luke.fi](mailto:lea.hiltunen@luke.fi)

Linkki koko raporttiin: <https://www.luke.fi/fi/documents/seppanen-ym-2025-kanadanvesiruton-kuivamadatys-ja-madatteen-jatkojalostus-o>



## 2.7. Vesiruton biomassan hyödyntäminen peltoviljelyssä - Luonnonvarakeskus

Kanadanvesiruton (*Elodea canadensis*) massakasvustot haittaavat paikoin vesistön virkistys- ja hyötykäyttöä siinä määrin, että biomassan poistaminen on tarpeen. Vesistöstä poistettu vesiruttobiomassa sisältää merkittäviä määriä ravinteita, joiden tehokas hyödyntäminen edistäisi vesiruton poiston kannattavuutta. Luonnonvarakeskus Oulu selvitti vesiruton biomassan käyttöä peltoviljelyssä osana 'Biomassat kiertoon Koillismaalla' -hanketta vuosina 2023–2025.

Kuusamon Vuotungissa tehtiin tutkimus, jossa vesiruttoa levitettiin samoille koeruuduille syksyllä 2023 ja 2024. Peltokokeet perustettiin keväällä 2024 ja 2025. Koepaikaksi valittiin vähäravinteinen pelto (multavaa hietamoreeni, pH 5,5, viljavuusluokka huononlainen, paitsi fosfori, rikki ja mangaani tyydyttävällä tasolla), jotta vesiruton tuoma ravinnelisiä saataisiin mahdollisimman hyvin näkyviin. Vesiruttoa levitettiin käsin 40 t/ha, joka tehtyjen analyysien perusteella toi koealalle ravinteita seuraavasti:

Vuosi	Ravinnelisiä kg/ha			
	Typpi liuk	Typpi kok	Fosfori liuk	Kalium kok
2023	6,1	134	6,6	64
2024	12	134	8,0	182

Vesirutto on rihmamaista ja sen verran vahvavartista, että sen muokkaus maahan ei onnistunut heti levityksen jälkeen. Muokkaus tehtiin rullakarhilla 2-3 päivää levityksestä. Kumpanakin koevuonna viljelykasvina oli peruna. Perustamisen yhteydessä sekä koealue että verrokkiuudut peruslannoitettiin Yara HEVI 3:lla (290 kg/ha) ja ensimmäisenä koevuonna lisäksi kaliumsulfaattilla (60 kg/ha). Perunakasvuston kehitystä seurattiin kasvukauden aikana ja sato nostettiin syyskuussa. Paikallinen viljelijä teki kasvukauden aikaiset hoitotoimenpiteet.

Molempina vuosina kasvustot kehittyivät tasaisesti eikä eroja vesirutto- ja verrokkiuutujen välillä ollut. Ensimmäisenä koevuonna (2024) olosuhteet olivat otolliset perunarutolle (*Phytophthora infestans*), joka ilmaantui kasvustoon loppukesällä ja oirehti yhtä lailla sekä verrokki- että vesiruttoruutujen kasvustoissa. Toisena koevuonna (2025) perunan kasvuun lähtö oli hidasta viileen alkukesän vuoksi, joten kasvustot jäivät pieniksi. Kumpanakaan koevuonna vesiruton lannoitusvaikutus ei näkynyt sadon määrässä tai laadussa. Kokonaissato oli vuonna 2024 suurempi (30 t/ha) kuin vuonna 2025 (24 t/ha), mutta kauppakelpoisen sadon määrä oli kumpanakin vuonna likimain sama (noin 22 t/ha). Tämä johtui siitä, että ensimmäisenä koevuonna perunarutto pilasi satoa, kun taas toisena koevuonna sato oli laadultaan hyvää.

Vuosittaisilla analyyseillä seurattiin vesiruton vaikutuksia maan ja sadon ravinnepitoisuuksiin. Vesiruton sisältämä runsas kaliumpitoisuus näkyi kumpanakin koevuonna kohonneena maan ja perunasadon kaliumpitoisuutena.



Aiemmissa laboratoriotutkimuksissa on saatu viitteitä vesiruton kasvitautinaiheuttajien kasvua estävistä vaikutuksista. Näissä peltokokeissa vaikutuksia ei voitu arvioida, koska tautivioituksia, lukuun ottamatta perunaruttoa, esiintyi vähän.



Tulokset tästä kaksivuotisesta kokeesta ovat yhteneviä aiempien yksivuotisten kokeiden tulosten kanssa. Sellaisella vesiruttomäärällä, joka pellolle pystytään järkevästi levittämään, ei välttämättä ole perunanviljelyssä satovaikutusta. Vesiruton tuoma ravinnelissä näkyy kuitenkin peltomaan ravinnepitoisuudessa. Vesiruton levitys nostopaikan läheiselle pellolle tarjoaakin toimivan, turvallisen ja kustannustehokkaan ratkaisun vesiruton loppusijoittamiseen. Koska vesiruton koostumus vaihtelee kasvuympäristön mukaan, ravinnekoostumus on hyödyllistä selvittää ennen laajamittaista peltokäyttöä, jotta sen voi huomioida lannoituksen suunnittelussa. Vesiruton nostossa tulee muistaa ilmoitusvelvollisuus Lupa- ja valvontavirastolle ja vesiruton käytössä orgaaniseen lannoitukseen liittyvät tukiehdot.

Lisätietoja:

Lea Hiltunen, Kasvinterveys, Luke, Oulu, [lea.hiltunen@luke.fi](mailto:lea.hiltunen@luke.fi)

Lisää luettavaa:

Hiltunen L, Lötjönen T, Karvonen J. 2022. Vesiruton hyödyntäminen lannoitus- ja maanparannusaineena. Julkaisussa Nilivaara R, Hiltunen L, Joki-Tokola E, Kahiluoto J, Karvonen J, Kuoppala M, Lötjönen T, Niemistö J, Satomaa M, Tahkola H, Ulvi T, Välimaa A-L, Hellsten S. Vesiruton energia ja ravinteet

**Koillis-Suomen kehittämissyhtiö Naturpolis Oy**

Keskuskuja 6, 93600 Kuusamo • [info@naturpolis.fi](mailto:info@naturpolis.fi) • 040 860 8844



talteen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2022. 97 p. SYKEra\_9-2022\_Vesiruton\_energia\_Elo-  
deall.pdf



## 2.8. Kanadanvesirutosta eristetyt mikrobit hyötykäyttöön - Luonnonvarakeskus

Kanadanvesiruton (*Eloдея canadensis*) lehtien pinnoilla on monenlaisia bakteereja. Niiden ominaisuudet ja merkitys tunnetaan huonosti. Tässä Biomassat kierto Koillismaalla -hankkeen Luonnonvarakeskuksen (Luke) osuudessa selvitettiin vesiruttokasvustoista eristettyjen bakteerien hyödyntämis- ja tuotteistamismahdollisuuksia rehu-, elintarvike-, biostimulantti- ja biotorjuntasovelluksiin. Testattavat bakteeri-isolaatit olivat peräisin kesällä 2019 Vuotunki-järvestä Kuusamosta kerätyistä näytteistä ja niistä luodusta 129 isolaattia käsittävästä kokoelmasta.

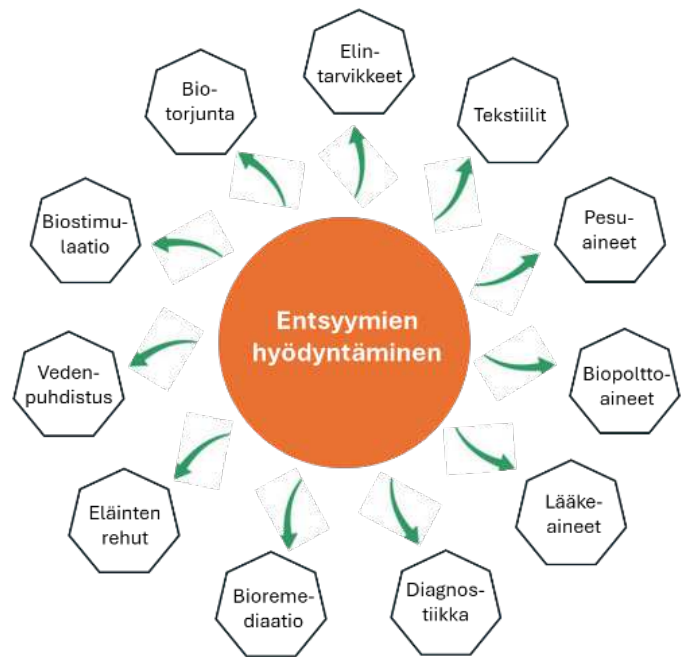
Kolmekymmentä mielenkiintoisinta bakteeri-isolaattia sekvenssoitiin. Niistä valtaosa pystyttiin tunnistamaan sukutasolle 16S rRNA -geenin sekvenssianalyysin perusteella. Tunnistetut isolaatit edustivat yhdeksää eri sukua.

### Entsyymiaktiivisuus selvityksen kohteena

Entsyymit ovat luonnossa, ihmisissä, eläimissä, kasveissa ja mikrobeissa esiintyviä proteiineja, jotka nopeuttavat kemiallisia reaktioita siinä itse muuttumatta. Eri entsyymit toimivat erilaisilla lämpötila-, suolapitoisuus- ja pH-alueilla. Nykyisin entsyymejä hyödynnetään laajasti eri teollisuudenaloilla valmistusprosessien nopeuttamiseen, tuotteiden valmistamiseen tai niiden ominaisuuksien muokkaamiseen.

Tässä työssä tutkittaviksi entsyymeiksi valittiin proteaasi, sellulaasi ja lakkaasi, joita käytetään laajalti elintarviketeollisuudessa, sekä fytaasi, jota käytetään rehuteollisuudessa. Näiden entsyymien käyttö maailmanlaajuisesti kasvaa. Energian hinnan nousun ja ympäristölainsäädännön velvoitteiden vuoksi on tarve vähentää valmistusprosessien energiankulutusta, joten alhaisissa lämpötiloissa toimivien entsyymien tarve kasvaa.

Valituista bakteeri-isolaateista proteaasi-, sellulaasi-, fytaasi- ja lakkaasiaktiivisuus määritettiin agardiffusio-menetelmällä, jossa entsyymiaktiivisuus ilmenee testattavan kohteen ympärille muodostuneena kirkkaana kehänä. Mitä suurempi kirkas vyöhyke on, sitä voimakkaampaa on entsyymien aktiivisuus.



Entsyymien hyödyntämismahdollisuuksia



Lakkaasitestauksessa entsyymiaktiivisuus näkyy punaruskeana mikrobikasvustona. Aktiivisuudet vaihtelivat eri bakteerisukujen ja jopa saman suvun eri isolaattien välillä.

Taulukko 1. Entsyymiaktiivisuuden perusteella potenteimmat jatkotarkasteluun sopivat isolaatit:

Bakteerisuku	Entsyymiaktiivisuus
<i>Bacillus, Exiguobacterium, Duganella</i>	sellulaasi ja proteaasi
<i>Lactococcus, Pseudomonas</i>	proteaasi
<i>Pseudomonas, Pantoea</i>	fytaasi

### Biostimulantti- ja biotorjuntapotentialiaali testauksessa

Kasvintuhoojat vähentävät viljelykasvien satoa ja laatua aiheuttaen merkittäviä taloudellisia tappioita ja heikentäen elintarviketurvallisuuksiin niin kansallisella kuin maailmanlaajuisella tasolla. Kasvintuhoojien torjunta perustuu suurelta osin kemiallisiin torjunta-aineisiin. Torjunta-aineet ovat kuitenkin riski ympäristölle ja ihmisten terveydelle, joten niiden käyttöä pyritään vähentämään. Korvaajiksi tarvitaan vaihtoehtoisia, ei-kemiallisia menetelmiä, joita voisivat olla esimerkiksi mikrobipohjaiset tuotteet.

Vesirutosta eristettyjen mikrobien taudinesto- ja biostimulanttivaikutuksia selvitettiin malja- ja kasvatuskaappikokeissa. Yli 40 vesirutosta eristetyn bakteeri-isolaatin kasvitaudinaiheuttajien kasvunestovaikutuksia tutkittiin agardiffuusio-menetelmällä. Monet isolaatit pystyivät estämään tai hidastamaan Suomessa yleisesti esiintyvien kasvipatogeenisten sienten tai hidaskasvuisten *Streptomyces*-bakteerien kasvua. Maljakokeissa lupaavia tuloksia antaneiden bakteeri-isolaattien taudinestovaikutusten testausta jatkettiin kontrolloiduissa oloissa kasvatuskaappikokeissa. Neljä testatuista isolaateista hillitsi *Fusarium*-sienen aiheuttaman tyvitautin oireiden kehittymistä ohralla ja yksi isolaatti möhöjuurioireiden kehittymistä kiinankaalilla, joten näiden isolaattien testaamista kannattaa jatkaa. Isolaattien taudinestovaikutusta ei pystytty linkittämään entsyymiaktiivisuuksiin.



Estovyöhyke agardiffuusio-menetelmällä tehdyssä kasvunestotestauksessa

Kasvatuskaappikokeissa testattiin myös isolaattien biostimulanttivaikutuksia, mutta ne osoittautuvat vähäisiksi testikasveina käytetyillä ohralla ja retiisillä.

### Hyödyntämis- ja tuotteistamismahdollisuudet

Tulosten ja kirjallisuuden perusteella tässä työssä testatuilla bakteeri-isolaateilla voi olla potentiaalia moniin eri käyttötarkoituksiin erityisesti niiden entsyymituotannon perusteella.



Kiinnostus entsyymien hyödyntämiseen kasvaa jatkuvasti, koska ympäristölainsäädäntö sekä energian ja kemiallisen kuormituksen vähentämistavoitteet kannustavat yrityksiä kehittämään ympäristöystävällisiä prosesseja. Pyrkimys parantaa rehutehokkuutta eläintuotannossa ja vesiviljelyn kasvu lisäävät entsyymien käyttöä rehuteollisuudessa. Nopeasti kasvava valmisruokien käyttö ja ihmisten lisääntyvä terveystietoisuus edistävät entsyymien käyttöä parantamaan prosessoitujen elintarviketuotteiden aistittavaa laatua, säilyvyyttä ja ravitsemuksellista arvoa.

Tässä työssä löydettiin sellaisia sellulaasia ja proteaasia tuottavia isolaatteja, jotka kuuluvat melko tuntemattomiin bakteerisukuihin (*Exiguobacterium*, *Duganella*, *Pantoea*). Näiden isolaattien hyödyntämismahdollisuuksien selvittämiseksi jatkotutkimukset ovat tarpeen.

Kiinnostavaa jatkotutkimuksen kannalta on myös se, että monet isolaatit osoittivat jopa suurempaa entsyymiaktiivisuutta 15°C:ssa kuin 20°C:ssa. Tämä antaa viitteitä siitä, että kyseiset isolaatit voivat olla psykrotrofisia bakteereita, jotka kasvavat ja joiden entsyymit toimivat lähellä veden jäätympistettä. Tuotteistamisnäkökulmasta tämä ominaisuus on hyödyllinen, sillä kylmässä toimivien entsyymien avulla pystytään vähentämään prosessien energiankulutusta monilla eri sovellusalueilla. Jatkotutkimuksia tarvitaan selvittämään näiden mikrobien tuottamien entsyymien määriä ja puhdistusta sekä karakterisoimaan ominaisuuksia kuten toimintakykyä eri lämpötila-, suolapitoisuus- ja pH-alueella.

Lisätietoja:

Anna-Liisa Välimaa, Elintarvikkeet ja biotuotteet, Luke, Oulu, [anna-liisa.valimaa@luke.fi](mailto:anna-liisa.valimaa@luke.fi)

Lea Hiltunen, Kasvinterveys, Luke, Oulu, [lea.hiltunen@luke.fi](mailto:lea.hiltunen@luke.fi)

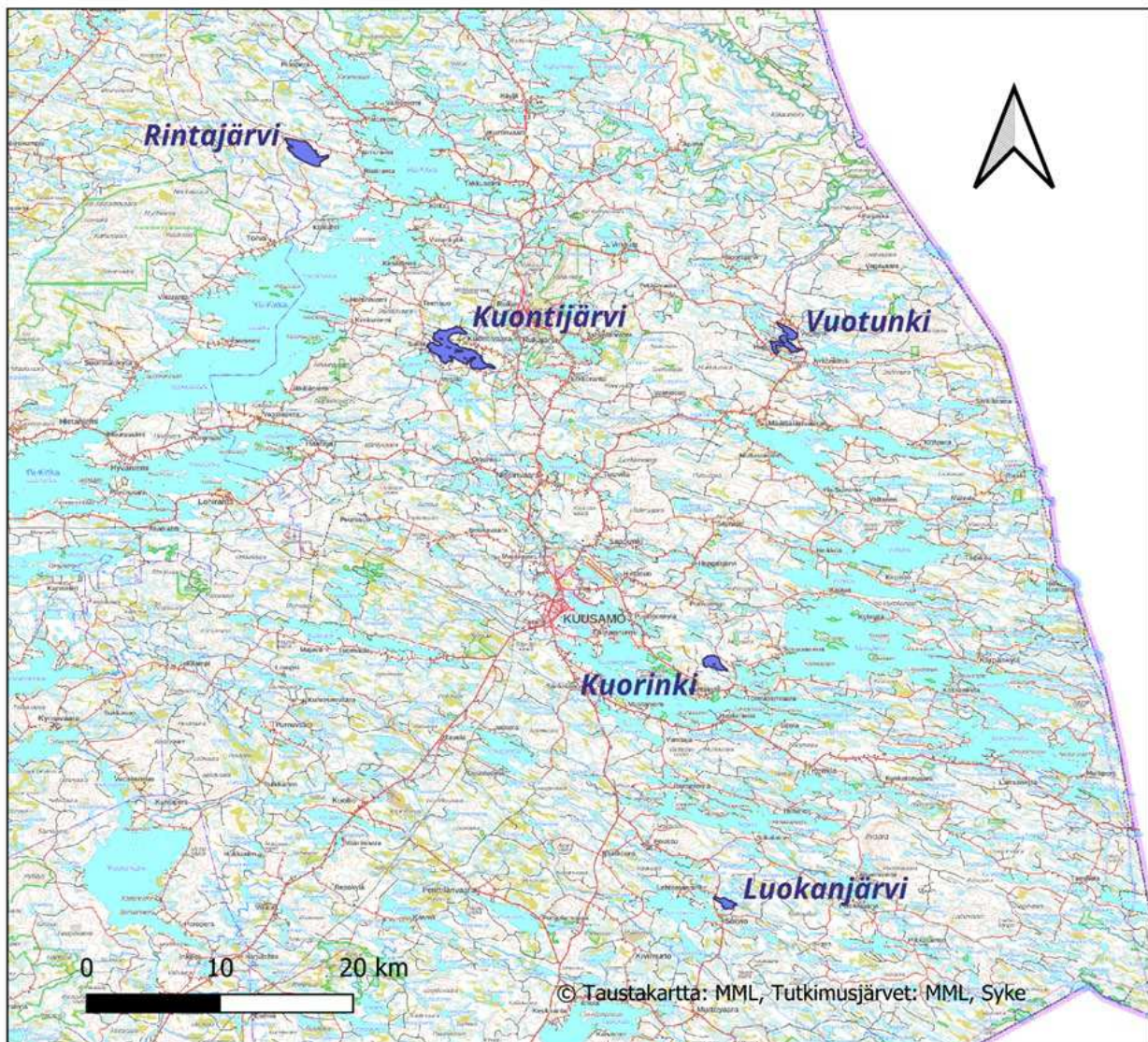
Lisää luettavaa:

Hiltunen L, Välimaa A-L. 2022. Vesirutosta eristetyt mikrobit. Julkaisussa Nilivaara R, Hiltunen L, Joki-Tokola E, Kahiluoto J, Karvonen J, Kuoppala M, Lötjönen T, Niemistö J, Satomaa M, Tahkola H, Ulvi T, Välimaa A-L, Hellsten S. Vesiruton energia ja ravinteet talteen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2022. 97 p. [SYKEra\\_9-2022\\_Vesiruton\\_energia\\_Elodeall.pdf](#)



## 2.9. Vesiruton poiston vaikutukset vesien laatuun ja biodiversiteettiin – Suomen Ympäristökeskus

Tässä Biomassa kierto Koillismaalla -hankkeen Suomen ympäristökeskuksen osatoteutuksessa tarkastellaan kanadanvesiruton poistamisen vaikutuksia veden laatuun, vesieliöstöön ja biodiversiteettiin Kuusamon alueen pilottijärvissä. Tutkimuksessa seurattiin kahta vesiruton valtaamaa järveä, Kuontijärveä ja Vuotunkia, sekä kolmea vertailujärveä, joissa vesiruttoa ei esiintynyt. Vesiruttojärvillä toteutettiin vesirutonpoistot raivausnuottauksella kahtena peräkkäisenä kesänä, vuosina 2023 ja 2024, yhteistyössä ProAgrian ja Naturpoliksen kanssa. Vaikutuksia arvioitiin vedenlaadun mittauksilla, vesikasvillisuuskartoituksilla sekä pohjan piilevä-, kasvi- ja eläinplankton- ja pohjaeläinnäytteillä.



Kuva 1. Tutkimuskohteina olleet järvet.



### Vesikasvillisuus

Tutkimuksen perusteella vesiruton poistolla ei havaittu myönteisiä vaikutuksia vesikasvillisuuden monimuotoisuuteen. Vesikasvillisuuden lajirunsaus oli kuitenkin vesirutottomissa vertailujärvissä selvästi suurempi kuin vesiruttojärvissä. Vesiruton valtaamalla tutkimuslohkoilla kasvillisuus koostui lähes yksinomaan kanadanvesirutosta, eikä poisto lisännyt lajimäärää selkeästi seurannan aikana. Kuontijärvellä lajirunsaus kasvoi hieman poiston jälkeisinä vuosina sekä poisto- että kontrollialueilla, mutta Vuotungilla toisena poiston jälkeisenä vuonna lajimäärä väheni. Tämä viittaa siihen, että vesiruton poistaminen ei ainakaan lyhyellä aikavälillä palauttanut alkuperäistä vesikasvillisuutta.

Vesikasvillisuuden kokonaispeittävyys oli vesiruttojärvissä huomattavasti suurempi kuin vertailujärvissä, mikä kuvastaa vesiruton hallitsevaa asemaa kasvustossa. Poistojen jälkeen peittävyys väheni yleensä sekä poisto- että kontrollialueilla. Koska vähenemistä tapahtui myös alueilla, joilla poistoa ei tehty, muutosten taustalla voi olla myös muita tekijöitä kuin itse poisto, kuten vedenlaadun vaihtelu tai vuosien välinen luonnollinen vaihtelu. Tulokset kuitenkin osoittavat, että vesirutto muuttaa kasvillisuuden rakennetta voimakkaasti ja yksipuolistaa lajistoa.

### Vedenlaatu

Vedenlaadun osalta kiintoainepitoisuudet nousivat poistojen jälkeen sekä poisto- että vertailualueilla vesiruttojärvissä. Tämä viittaa siihen, että poistotoimet sekoittivat pohjasedimenttiä ja lisäsivät kiintoaineen määrää vedessä. Kokonaisfosforin ja klorofylli-a:n pitoisuuksissa ei sen sijaan havaittu johdonmukaista muutossuuntaa, joka olisi voitu yksiselitteisesti yhdistää vesiruton poistoon. Fosforipitoisuudet pysyivät usein samalla tasolla ennen ja jälkeen poistojen tai vaihtelivat vuosien välillä ilman selvää kehityssuuntaa. Vuotungilla klorofylli-a-pitoisuudet olivat vuonna 2024 selvästi korkeita, ja samana vuonna järvellä havaittiin myös sinilevien runsastumista.

### Kasviplankton

Kasviplanktonissa havaittiin muutoksia, jotka viittaavat siihen, että vesiruton poistaminen voi heikentää vesiekosysteemin tasapainoa. Ennen poistoja Kuontijärven ja Vuotungin kasviplanktonyhteisöt olivat melko samankaltaisia, ja niissä korostuivat nielulevät ja viherlevät. Poistojen jälkeen nielulevät muodostivat suuren osan biomassasta, mutta erityisesti Vuotungissa sinilevät runsastuivat voimakkaasti vuonna 2024 ja muodostivat valtaosan kasviplanktonbiomassasta. Vesiruton poiston seurauksena ravinteita ja valoa voi vapautua enemmän planktonlevien käyttöön. Samalla kasviplanktonitaksonien määrä väheni vesiruttojärvissä poiston jälkeen molempina vuosina, kun taas vertailujärvissä vastaavaa kehitystä ei havaittu. Tämä viittaa kasviplanktonyhteisön yksipuolistumiseen poistojen jälkeen.

### Eläinplankton

Eläinplanktonin osalta tulokset osoittivat, että vesiruttokasvustot tarjoavat tärkeän elinympäristön monille ryhmille. Aiemmista tutkimuksista tiedetään, että runsas uposkasvillisuus tarjoaa



eläinplanktonille suojaa kalojen saalistukselta. Vesikirppujen ja hankajalkaisäyriäisten yksilötiheydet ja biomassat olivat vesiruttojärvien poistoalueilla yleensä pienempiä kuin kontrollialueilla. Erityisesti runsas uposkasvillisuus näyttää tarjoavan eläinplanktonille suojaa kalojen saalistukselta. Vaikka eläinplanktonin määrissä oli vuosittaista vaihtelua, yleinen suunta oli se, että poistot heikensivät kasvustoon sidoksissa olevien yhteisöjen runsautta. Tämä on ekologisesti merkittävää, koska eläinplankton laiduntaa kasviplanktonia ja vaikuttaa siten järven ravintoverkon toimintaan sekä veden kirkkauteen.

### **Pohjaeläimet**

Myös pohjaeläimistöissä vesiruton merkitys elinympäristönä tuli selvästi esiin. Pohjaeläinten yksilö- ja taksonimäärät olivat suurimmillaan vesiruttojärvien kontrollialueilla, joilla tiheä kasvillisuus säilyi. Poistoalueilla runsaudet olivat yleensä pienempiä. Erityisen runsaina tiheissä vesiruttokasvustoissa esiintyivät uivat pohjaeläinlajit sekä suurikokoiset sudenkorennon toukat. Näiden lajien runsautta selittää todennäköisesti se, että kasvillisuus tarjoaa suojaa kalojen saalistukselta sekä lisää ravintoresursseja ja rakenteellista monimuotoisuutta. Vesiruton poistaminen siis vähentää myös pohjaeläinten kannalta tärkeää suojarakennetta.

### **Pohjan piilevät**

Pohjan piileväyhteisöissä havaittiin niin ikään muutoksia poiston jälkeen. Kuontijärvellä lajimäärä väheni syksyllä poiston jälkeen, ja piilevälajisto muuttui enemmän orgaanista ainesta hyödyntävään suuntaan. Poistotoimenpiteen aikainen kivien päällä kulkeminen saattoi häiritä kivipintojen piileväyhteisöjä. Tulokset viittaavat siihen, että vesiruton poisto voi muuttaa rantavyöhykkeen pieneliöyhteisöjä jo lyhyellä aikavälillä.

Eläin- ja kasviplankton-, pohjaeläin- ja piileväyhteisöissä havaittujen muutosten vuoksi vesiruton laajamittaista poistamista ei suositella. Lisäksi poistolla saavutettava hyöty voi jäädä lyhytaikaiseksi, koska vesirutto kykenee palautumaan nopeasti. Tehokkain tapa vähentää vesiruton haittoja on estää sen leviäminen uusiin järviin.

Lisätietoja: Satu Maaria Karjalainen, erikoistutkija, ryhmäpäällikkö, Syke. [satu.maaria.karjalainen@syke.fi](mailto:satu.maaria.karjalainen@syke.fi)  
+358 40 751 0073

Linkki koko raporttiin: tulee myöhemmin



## 2.10. Miten kalavesiä aiotaan hoitaa jatkossa? – ProAgria Pohjois-Suomi

Kalavesien hoitoa ja hyödyntämistä uhkaa jatkossa eritoten kalastajien väheneminen, eikä siihen ongelmaan tuo helpotusta nykyinen vähempiarvoisen ja sivusaaliiden jatkokäsittelyn lisääntyvät haasteet. Kuka viitsii enää kalavesiä hoitaa, jos raskasta työtä pitäisi tehdä talkoilla ja siitä pahimmassa tapauksessa joutuu vielä maksamaan? Haastavaan tilanteeseen tulisi nyt kiinnittää kaikilla huomiota ja pyrkiä etsimään yhteisiä, toimivia ratkaisuja.

### ***Vähempiarvoisen kalan ja sivusaaliiden käsittely tällä hetkellä***

Kalastuksessa syntyvän vähempiarvoisen kalan ja muun sivusaaliin käsittely on muuttunut viime vuosina haastavaksi, kun perinteinen jatkokäyttö esimerkiksi turkistarhojen rehuna ei ole enää mahdollista tarhauksen loputtua. Nykyinen sääntely rajoittaa hautaamista, hävittämistä ja haaskakäyttöä ja kunnilla on erilaisia tulkintoja jätteiden vastaanotosta, mikä aiheuttaa epäselvyyttä kentällä.

### **1. Kun kala pyydetään elintarvikekäyttöön, sovelletaan sivutuotelakia**

Jos kalastaja pyytää kalaa ensisijaisesti elintarvikkeeksi, mutta saaliin mukana tulee vähempiarvoista kalaa tai syntyy perkuujätettä kalankäsittelystä, kyseessä on eläimistä saatava sivutuote. Tällöin sovelletaan:

- EU-asetusta 1069/2009 (eläimistä saatavat sivutuotteet)
- Sivutuotelakia 517/2015 ja sen nojalla annettuja asetuksia
- MMM:n asetus eläimistä saatavista sivutuotteista 783/2015 (muutoksineen 1142/2022 ja 142/2024)

#### *Keskeiset vaatimukset*

Sivutuotteita (vähempiarvoinen kala + perkuujäte) saa haudata enintään 50 kg viikossa. Tämä rajoitus on annettu MMM:n asetuksessa eläimistä saatavista sivutuotteista. Hautaamisesta on pidettävä kirjanpitoa, jossa mainitaan:

- Määrä (kg)
- Mitä on haudattu (lajit/perkuujäte)
- Minne ja milloin haudattu

Nämä vaatimukset koskevat vain tilanteita, joissa sivutuote syntyy elintarvikepyynnin yhteydessä.

### **2. Kun kyse on hoitokalastuksesta, sovelletaan jätelakia**

Jos saalista ei käytetä elintarvikkeeksi, esimerkiksi järven kunnostustarkoituksessa tehtävässä hoitokalastuksessa (särkikalojen poistopyynti), koko saalis määritetään jätteeksi. Tällöin sivutuotelaki ei päde, koska kalasaalis ei synny elintarvike tuotannon sivuvirrasta, vaan vesistönhoidollisesta toimenpiteestä.

Siksi sovelletaan jätelakia 646/2011, joka koskee kaikkea jätettä ja jätehuoltoa (2 § soveltamisala, 5 § jätteen määritelmä).



### *Mitä tämä tarkoittaa käytännössä?*

Hoitokalastuksen saalis kuuluu kunnan jätehuollon määräysten piiriin. Kunnat voivat määrätä, mihin jätelaitokselle tai käsittelyjärjestelmään kalamassa toimitetaan. Käytännöt ja vastaanottovalmiudet vaihtelevat kunnittain, eikä valtakunnallista mallia ole. Joissakin kunnissa hoitokalasaalista on jaettu asukkaille, kalastuksen yhteydessä, mutta tämä ei aina onnistu ja osa kaloista saattaa silti jäädä jäljelle.

### **3. Haaskan pitäminen**

Haaskan pitäminen on erillinen, säädelty toimintamuoto. Se ei ole jätteen hävitystoimi.

#### *Keskeiset periaatteet*

Jos haaskalla käytetään sivutuotteita, haaska on rekisteröitävä Ruokaviraston eläintenpitäjä- ja pitopaikka-rekisteriin. Jos haaskalla taas käytetään pyöreää luonnonkalaa, rekisteröintiä ei tarvita. Tämä ero tuodaan esiin Ruokaviraston ohjeistuksessa. Haaskapaikan ympäristövaatimukset tulee huomioida (hajuhaikat, etäisyys vesistöihin ja kaivoihin). Haaskalla tulee olla todellinen käyttötarkoitus eläinten ruokinnassa, ei jätteen hävittäminen.

#### *Lisäksi on tärkeää huomioida:*

Tautitapauksissa kuolleita tai tautisaneerauksessa tapettuja kasvatuskaloja ei saa viedä haaskalle. Merialueilta, vaelluskalojen nousualueilta tai ulkomailta peräisin olevia kaloja ei saa käyttää haaskoina tautiriskien vuoksi. Nämä rajoitukset sisältyvät Ruokaviraston haaskanpito-ohjeeseen.

#### *Mitä tehdä vähempiarvoisen saaliin kanssa?*

Tällä hetkellä tämän asian kanssa on paljon haasteita. Mikä on kuntien panos ja yhteistyö, jotta saataisiin asukkaille helppoja keräyspisteitä biojätteelle, joka voitaisiin kuntien toimesta toimittaa esimerkiksi biokaasulaitoksille? Idea voi olla vielä kaukana tulevaisuudessa, mutta tarvetta varmasti olisi. Kalavesien hoito kuuluu kaikille, myös virkistyskalastajien työpanos on merkityksellinen, jos ei niinkään suurien kalamassojen poistajana, vaan yleisesti ajatuksessa mukana olijoina, talkoolaisina. Mikäli emme hoida kalavesiä, niiden virkistysarvo heikkenee, mikä vaikuttaa myös kiinteistöjen arvon alenemiseen. Heikentyneistä kalakannoista eivät pääse nauttimaan kukaan, ei kaupalliset kalastajat kuin virkistyskalastajatkaan.

Tarvitaan yhteistyötä ja tahtoa, jotta voisimme edelleen nauttia puhtaasta, terveestä ja hyvälaatuisesta kotimaisesta kalasta. Toivottavasti myös kuntien ja kaupunkien päättävät heräävät ajoissa ja ryhtyvät toimiin yhteisen ongelman ratkaisemiseksi, osakaskunnat ja kalavesien käyttäjät tulisi myös kutsua mukaan, yhteistyössä on voimaa!

Lisätiedot: toiminnanjohtaja Heikki Tahkola, ProAgria Pohjois-Suomi/ Oulun Kalatalouskeskus, [heikki.tahkola@proagria.fi](mailto:heikki.tahkola@proagria.fi)

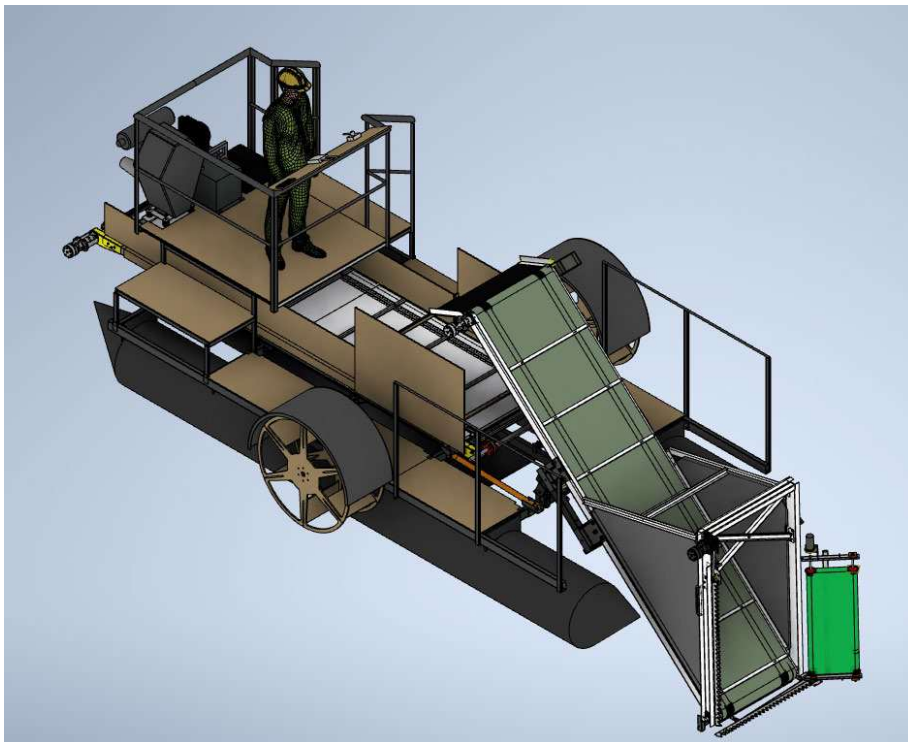


## 2.11. Vesikasvinkerääjän esittelymateriaali loppukäyttäjälle ja teolliselle valmistajalle – Oulun yliopisto

Hankkeen tavoitteena oli kehittää vesikasvinkerääjä. Aiemmin vesiruton keruuseen on käytetty pääasiassa haravalaitteistoja, jotka vaativat huomattavan määrän työtä biomassan keräämiseksi. Oulun yliopisto laati hankkeen aikana dokumentaation kehitetystä laitteesta sekä tarvittavan esittelymateriaalin niin loppukäyttäjälle kuin mahdolliselle laitteen teolliselle valmistajalle.

Vesikasvinkerääjän perusrakenteena on u-malliin leikkaavat terät, nostokuljetin ja säiliö pohjakuljettimella. Kerääjä kelluu ponttonien päällä ja liikkuminen tapahtuu siipirattaiden avulla. Tämä on varsin yleinen rakenne vesikasvinkerääjille, mutta usein vastaavat koneet ovat niin isoja, että ne vaativat kuorma-auton kuljettamiseen.

Tämän projektin vesikasvinkerääjä on tarkoitettu jarrullisessa perävaunussa kuljettamiseen ja on omamassaltaan noin 1000–1500 kg. Kuvassa 1 on esitetty 3d-malli tästä vesikasvinkerääjästä. Kavin isoa vesikasvinkerääjää on vaikea saada järviin missä ei ole varsinaista betonipohjaista veneen laskuluiskaa tai muuta vastaavaa paikkaa. Koneen massan pitäminen mahdollisimman alhaisena on hyödyllistä sillä se parantaa koneen liikkuvuutta, helpottaa veteen laskua ja nostamista, vähentää polttoaineen kulutusta, lisää hyötykuormaa yms.



Kuva 1. Yleiskuva vesikasvinkerääjän mallista.



Terät ovat vesikasvien leikkaamiseen tarkoitetut terät, joista toinen on paikallaan ja toinen leikkaa edestakaisin. Pystyssä olevan terän on oltava halutun leikkuusyvyuden pituinen ja pohjaterä määrittää leikkuuleveyden.

Nostimella leikattu kasvi nostetaan ylös vedestä. Nostimen pohja on tehty muoviverkosta, jonka silmäkoko on noin 5 mm. Tällöin vedessä oleva nostin ei aiheuta liikaa vedenvastusta, mutta myöskään leikattu kasvi ei pääse verkosta läpi. Nostimessa on myös noin 30 cm välein kolia, jotka auttavat leikatun kasvimassan nostossa. Ilman kolia kasvin nostaminen on massaesiintymien tapauksessa vaikeaa tai vaatii loivan kulman nostimelle. Tällöin nostimen pituutta täytyy myös kasvattaa, jotta päästään riittävän syvälle.

Säiliön pohjakuljettimella voidaan täyttää säiliö mahdollisimman täyteen, sekä sitä voidaan käyttää lastin purkamisessa. Pohjakuljettimella voidaan leikatusta kasvista muodostunutta kekoa siirtää taaksepäin. Säiliön runko voidaan myös siirtää taaksepäin, jolloin lastin purkaminen helpottuu. Koneella purkaminen tehdään peruuttamalla rantaan, siirtämällä säiliö taka-asentoon ja käyttämällä pohjakuljetinta.



Kuva 2. Vesikasvinkerääjä toiminnassa Kuusamojärvässä.

Lisätietoja: prof. Emil Kurvinen TKT, Materiaali- ja konetekniikka, Oulun yliopisto, [emil.kurvinen@oulu.fi](mailto:emil.kurvinen@oulu.fi)

