

# Suonpohjien hiilineutraali uusiokäyttö: edellytykset ja toimenpiteet (UusiSuo)

## Loppuraportti

### 1. Hankkeen esittely

#### 1.1. Perustiedot hankkeesta

Hankkeen nimi oli: ”Suonpohjien hiilineutraali uusiokäyttö: edellytykset ja toimenpiteet (Uusi suo)” ja se toteutettiin 1.4.2021-31.10.2023.

Hanketta rahoitti maa- ja metsätalousministeriö maankäyttösektorin toimenpidekokonaisuuden osana ministeriön ”Hiilestä kiinni” -tutkimus- ja innovaatio-ohjelmaa. Tämän Uusi suo -hankkeen tavoitteena oli koota suonpohjien käytön arvoketjuista olemassa olevaa aineistoa siten, että alalla olevat yritykset sekä viranomaiset saavat käsityksen suonpohjien lyhytkierto-biomassaviljelykäyttöön perustuvan jatkokäytön teknistaloudellisista vaihtoehdoista.

Hankekonsortiossa ovat mukana Itä-Suomen yliopisto, Seinäjoen ammattikorkeakoulu sekä yritykset; Kauhanummi Oy, Harjun Turve Oy ja Suupohjan Kuljetus Oy. Itä-Suomen yliopisto vastaa hankkeen toteutuksesta niin, että pääpartnerit (UEF, SeAMK) ja kukin hankepartneri toteuttaa oman tehtävävästuunsa oheisen taulukon mukaisesti (taulukko 1).

Hankkeessa toteutettiin pajujen demoviljelmät sekä seurattiin muutamaa aiemmin tehtyä haapa ja koivuviljelmää. Demoviljelmistä kerätyn aineiston pohjalta hankkeessa tehtiin laskelmia suonpohjilla kasvatettavien biomassojen jalostuksen kannattavuudesta sekä arvioitiin näiden vaihtoehtoisten arvoketjujen ilmasto-, vesistö- ja monimuotoisuusvaikutuksia. Lisäksi tehtiin opetusmateriaaleja ja verkkomateriaaleja pajujen viljelystä ja toteutettiin pellonpiennarpäiviä demoviljelmien yhteydessä.

#### 1.2. Hankkeen tavoitteet

Hankkeen yleisenä tavoitteena oli koota tietoa sellaiseen muotoon, jota voidaan hyödyntää maankäyttösektorin hiilinielujen ja -varastojen vahvistamisessa lyhyellä ja pitkällä aikavälillä sekä edistää maa- ja metsätalouden sopeutumista ilmastonmuutokseen. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman päämääränä on kestävä kehityksen tavoitteiden mukaisesti edistää maankäytön, metsätalouden ja maatalouden päästöjen vähentämistä, nielujen aikaansaamien poistumien vahvistamista sekä sopeutumista ilmastonmuutokseen. Entisten turvetuotantoalueiden osalta toimenpidekokonaisuudessa halutaan lisätä tietoa turvetuotantoalueiden jatkokäyttövaihtoehdoista turvetuotannon päätyttyä, kehitetään työkaluja jatkokäytön suunnitteluun sekä kehitetään turvetta korvaavia kasvualustoja.

Tämä hanke oli osa maankäyttösektorin toimenpidekokonaisuutta ja sen yksityiskohtaisena tavoitteena oli koota turvetuotannosta poistuvien suonpohjien käytön arvoketjuista olemassa olevaa aineistoa sellaiseen muotoon, että alalla olevat yritykset sekä viranomaiset saavat käsityksen suonpohjien lyhytkierto-biomassaviljelykäyttöön perustuvan uusiokäytön teknistaloudellisista vaihtoehdoista. Hankkeessa selvitettiin erityisesti pajun, mutta soveltuvilta osin myös muiden lyhytkiertoisten puulajien kuten haavan ja hieskoivun käytön edellytyksiä suonpohjilla.

Hankekonsortiossa ovat mukana Itä-Suomen yliopisto, Seinäjoen ammattikorkeakoulu sekä yritykset; Kauhanummi Oy, Harjun Turve Oy ja Suupohjan kuljetus Oy. Itä-Suomen yliopisto

vastaa hankkeen toteutuksesta niin, että pääpartnerit (UEF, SeAMK) ja kukin hankepartneri toteuttaa oman tehtävävästuunsa oheisen taulukon mukaisesti (taulukko 1).

Taulukko 1. Hankkeen yhteistyösapuolet ja heidän rooli hankkeen toteutuksessa sekä hankkeen yleinen aikataulus.

UusiSuo	2021	2022	2023
<b>TP 1</b> Entisten suonpohjien ottaminen lyhytkiertopuun tuotantoon Vastuu: SeAMK	1/I Kooste suonpohjien ominaisuuksista		
	1/II Kooste suonpohjien maanomistusoloista ja maanomistajien omista näkemyksistä suonpohjien jatkokäyttöön		
		1/III Koulutusmateriaali suonpohjien koeviljelydemojen tuloksista	
	1/IV Kolmen erityyppisen suonpohjan lyhytkiertoviljelmät ja teolliseen symbioosiin perustuvan luomulannoitteen demonstrointi koulutustarkoitukseen		
<b>TP 2</b> Teknistaloudelliset laskelmat vaihtoehtoisista biomassojen arvoketjuista Vastuu: UEF	2/I Investointi- ja katetuottolaskelmat lyhytkiertopuiden käytöstä lämpölaitoksissa ja sähkön tuotannossa		
	2/II Investointi- ja katetuottolaskelmat lyhytkiertopuiden käytöstä teknisen biohiilen tuotannossa		
		2/III Investointi- ja katetuottolaskelmat lyhytkiertopuiden käytöstä biokaasun ja korkeamman jalostusasteen tuotteiden tuotannossa	
	2/IV Investointi- ja katetuottolaskelmat teolliseen symbioosiin perustuvan luomulannoitteen tuotannosta		
<b>TP 3</b> Vaihtoehtoisten arvoketjujen ilmastovaikutukset Vastuu: UEF	3/I Ilmastovaikutusten arviointi lyhytkiertopuiden käytöstä lämpölaitoksissa ja sähkön tuotannossa		
	3/II Ilmastovaikutusten arviointi lyhytkiertopuiden käytöstä teknisen biohiilen tuotannossa		
		3/III Ilmastovaikutusten arviointi lyhytkiertopuiden käytöstä biokaasun ja korkeamman jalostusarvon tuotteiden tuotannossa	
	3/IV Ilmastovaikutusten arviointi teolliseen symbioosiin perustuvan luomulannoitteen tuotannosta		
<b>TP 4</b> Tulosten vieminen käytäntöön Vastuu: SeAMK	4/I Demoviljelmät ja niiden esittelyt: 2 lyhytkiertoviljelydemoa 6 pellonpiennarpäivää verkkoesittelymateriaali		
	4/II Koulutukset turvetuotannon suonpohjien viljelystä: 2 koulutusta		
	4/III Seminaarit (4 kpl) työpajat (4 kpl) ja edellä kuvatut koosteet/oppaat		

### 1.3. Yhteenveto hankkeesta

Suonpohjien hiilineutraali uusiokäyttö: edellytykset ja toimenpiteet (Uusi suo) -hanke toteutettiin 1.4.2021-31.10.2023 välisenä aikana. Hanke toteutettiin yhteistyönä Itä-Suomen yliopiston (UEF) ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SeAMK) ja soiden käyttöön erikoistuneiden yritysten kanssa.

Hanketta johti UEF:in professori Ari Pappinen apunaan tutkijatohtori Suvi Kuittinen sekä alan tutkijat. SeAMKissa hankkeesta vastasi MMT, dosentti Risto Lauhanen apunaan FT Kari Laasasenaho, VTM Anu Palomäki, MMM Iida Viholainen sekä MMM Terhi Korpi. Yritysten edustajina hankkeessa olivat Jussi Harju (Harjun Turve Oy), Marko Nummijärvi (Kauhanummi Oy) sekä Vesa Laitila (Suupohjan Kuljetus Oy) jotka siis edustivat Suupohjan alueen yrityksiä; he myös perustivat hankkeessa demokohteita suonpohjille. Hanke toteutui suunnitelman mukaisesti.

Hankkeessa koottiin perustetuista demokohteista sekä kirjallisuudesta kerättyä aineistoa, joiden pohjalta tehtiin laskelmia suonpohjien lyhytkiertobiomassa-arvoketjujen taloudesta ja arvioitiin suonpohjien jatkokäytön ympäristö ja monimuotoisuusvaikutuksia. Lisäksi tehtiin oppimateriaaleja, toteutettiin verkkokurssi ja järjestettiin useita pellonpiennarpäiviä demokohteissa. Lisäksi toteutettiin maanomistajakysely, jonka pohjalta arvioitiin suonpohjien jatkokäytön ilmastovaikutuksia.

Lyhytkiertoviljelmät näyttävät olevan kannattavia, kun viljelmästä saatava biomassan määrä on vähintään kymmenen kuiva-ainetonna hehtaaria kohden 24–25 vuoden kokonaiskiertoajalle laskettuna. Viljelmien lannoitus tulisi tehdä orgaanisilla kierrätyslannoitteilla koska keinolannoitteiden korkeat päästöt heikentävät viljelmän hiilitasetta merkittävästi.

Hanke julkaisi useita hankkeen ulkopuolisilla asiantuntijoilla arvioitettuja artikkeleita sekä useita raportteja sekä teki koulutusmateriaalia ja toteutti koulutuksia ja ns. pellonpiennarpäiviä.

## 2. Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

### 2.1. Menetelmät ja aineisto

Hankkeessa koottiin olemassa olevaa tietoa kirjallisuudesta, jota yhdistettiin demoviljelmien perustamisesta ja seurannasta saatuun aineistoon. Demoviljelmät perustettiin hankkeessa mukana olleiden yritysten toimesta Kurikkaan, Kauhajoelle ja Teuvalle. Lisäksi hyödynnettiin soveltuvin osin jo aiemmin perustettuja suonpohjaviljelmiä, kuten Neova Group Oy:n Karhunsuon koeviljelmää sekä UPM:n koeviljelmää Haukkasuolla. Demoviljelmien perustamisessa hyödynnettiin aiempaa osaamista ja aiheesta aiemmin tehtyjä arvioita ja julkaisuja.

Pajun viljelmän kannattavuutta suonpohjalla laskettaessa sitä verrattiin samanlaiseen viljelmään kivennäismaalla; teknistaloudellisissa laskelmissa laskettiin tuotannon kustannukset ja arvioitiin tuotetun biomassan hintaa, mutta maan investointi tai poistokustannuksia ei huomioitu. Biomassan hyödyntämisen teollisuusprosessina käytettiin biohiilen tuotantoa ja biokaasun tuotantoa. Biohiilen tuotantoprosessit mallinnettiin laskentaa varten ASPEN plus -ohjelmistolla.

Suopohjien jatkokäytön monimuotoisuusvaikutuksia arvioitiin kirjallisuuden avulla, jonka pohjalta tehtiin asiantuntijatyönä katsaus suonpohjien jatkokäytön monimuotoisuusvaikutuksista. Ilmastovaikutuksien arviointia varten toteutettiin maanomistajakysely, johon perustuen arvioitiin suosituimpien jatkokäyttömuotojen ilmastovaikutuksia.

Tulosten viemiseksi käytäntöön tehtiin kerättyjen aineistojen pohjalta koulutusmateriaaleja sekä koosteita ja julkaistiin hankkeen / organisaation ulkopuolisilla asiantuntijoilla arvioitettuja artikkeleja. Lisäksi toteutettiin ns. pellonpiennarpäiviä.

### 2.2. Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)

Hanke toteutettiin 1.4.2021-31.10.2023 välisenä aikana (taulukko1). Hankekonsortiossa ovat mukana Itä-Suomen yliopisto, Seinäjoen ammattikorkeakoulu sekä yritykset; Kauhanummi Oy, Harjun Turve Oy ja Suupohjan kuljetus Oy. Itä-Suomen yliopisto vastasi hankkeen toteutuksesta niin, että pääpartnerit (UEF, SeAMK) ja kukin hankepartneri toteuttivat omat tehtävävästuunsa (taulukko 1). Yhteistyö yritysten, UEF:n ja SeAMKin kanssa sujui erinomaisesti; yritysyritysyrityksen hoiti pääsääntöisesti SeAMK koska yritysyritykset olivat SeAMKin lähialueelta. UEF hoiti yritysyritystä Neovan, UPM:n ja muiden toimijoiden kanssa.

### 2.3. Kustannukset ja rahoitus

Hanke toteutui suunnitellusti, vaikka hanketuesta jäi käyttämättä 26 795,54 euroa.

Hankkeen budjetti oli yhteensä 379 313,81 euroa, josta MMM:n rahoittama osuus oli 323 204,06 euroa ja omarahoitus 56 109,73 euroa. Hankkeen koko budjetista jäi käyttämättä 38 146,19 euroa; MMM:n myöntämästä hanketuesta käyttämättä jäi 26 795,54 euroa.

UEF:n budjetti hankkeessa oli 189 568 euroa, joka ylittyi 1786,36 eurolla. SeAMKin budjetti oli 99 320 euroa, josta jäi käyttämättä 2 252,36 euroa. Käyttämättä jääneestä budjetista suurin osa oli yritysten budjeteista. Tarkemmat tiedot ilmenevät erillisestä talousliitteestä.

#### 2.4. Raportointi, julkaisut ja seuranta

Hankkeessa tuotettiin 4 ulkopuolisilla asiantuntijoilla arvioitettua artikkelia, 2 videota ja noin 40 hankkeen työraporttia, tietokorttia tai muuta artikkelia. Lisäksi tuotettiin yksi CampusOnline-verkkokurssi, joka on pidetty kerran ja joka on tarjolla Seinäjoen ammattikorkeakoulun noin 5 luentokerran verkkokurssina. Lisäksi on osallistuttu muiden hankkeiden oppimateriaalin valmistamiseen (SeAMK ja Tapio).

Hankkeen tuotokset, joilla on julkinen numerointi ja koodaus löytyvät kunkin julkaisun kohdalle merkatusista linkistä. Tuotokset, joilla ei julkaisutunnusta, ovat saatavissa SeAMKista tai UEFin hankesivulta oheisten linkkien takaa:

<https://lehti.seamk.fi/kestavat-ruokaratkaisut/pajuviljelma-vaatii-aktiivisia-perustamistoimia/>  
<https://storage.googleapis.com/seamk-production/2023/11/7c70b2e0-verkkolehti-lauhanen-ym.-esitys-uusisuo-14.11.23-versio2.pdf>  
<https://uefconnect.uef.fi/tutkimusryhma/suonpohjien-hiilineutraali-uusiokaytto/>

#### Hankkeessa julkaistut hankkeen ulkopuolisilla asiantuntijoilla arvioitettut artikkelit

1. K. Laasasenaho, R. Lauhanen, A. Räsänen, A. Palomäki, I. Viholainen, T. Markkanen, T. Aalto, P. Ojanen, K. Minkkinen, L. Jokelainen, A. Lohila, O.-P. Siira, H. Marttila, L. Päckilä, E. Albrecht, S. Kuittinen, A. Pappinen, E. Ekman, A. Kübert, M. Lampimäki, J. Lampilahti, A.H. Shahriyer, V. Tyystjärvi, A.-M. Tuunainen, J. Leino, T. Ronkainen, L. Peltonen, H. Vasander, T. Petäjä, M. Kulmala, 2023. **After-use of cutover peatland from the perspective of landowners: Future effects on the national greenhouse gas budget in Finland.** Land Use Policy, Volume 134, 2023,106926, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106926>.
2. Piia Ikonen, Kari Laasasenaho, Risto Lauhanen, Iida Viholainen, Anu Palomäki, Suvi Kuittinen, Ari Pappinen 2023. **Katsaus turvetuotannosta vapautuvien suonpohjien jälkikäyttömuotoihin, sekä niiden ympäristö- ja monimuotoisuusvaikutuksiin.** Hyväksytty julkaistavaksi Suo – Peat and mires – lehteen.
3. Tikka, Aapo, Arto Haara, Janne Miettinen, Piia Ikonen, and Ari Pappinen. 2023. "Potential of Carbon Offsets to Promote the Management of Capercaillie Lekking Sites in Finnish Forests" *Forests* 14, no. 11: 2145. <https://doi.org/10.3390/f14112145>. (Julkaisun data on syntynyt hankkeen oheistuotteena ja koska artikkelissa on huomioitu turvemaita, niin artikkeli on katsottu aiheelliseksi esittää myös tässä yhteydessä).

4. Joana Awuah, Kamrul Hassan, Suvi Kuittinen, Kari Laasasenaho, Risto Lauhanen, Ari Pappinen 2023. **Economic assessment of willow cultivation on cutaway peatland and arable field plantation.** Käsikirjoitus on tarkoitus julkaista Forest -julkaisusarjassa.

## Raportit ja tietokortit

1. Laasasenaho K. & Lauhanen R. (2021). Energiaturveyrittäjät kaipaavat suoraa taloudellista tukea. *BioEnergia*, (1), 12-13.
2. Laasasenaho K. & Lauhanen R. (2021). Finnish energy peat entrepreneurs request direct financial support from EU Just Transition Mechanism. *Peatlands International*, (1), 14–15.
3. Laasasenaho K. & Lauhanen R. (2021). Kansallinen turvetyöryhmä viittaa SeAMKin energiaturveyrittäjäkyselyyn. @SeAMK, (9.4.2021).
4. Lauhanen R. & Laasasenaho K. (2021). Kuluttaja maksaa turpeen korvaamisesta. Helsingin sanomat, (17.4.2021), C 18.
5. Laasasenaho K. & Lauhanen R. (2021). Miksi turvetta ei luokitella uusiutuvaksi energiaksi? @SeAMK, (4.5.2021).
6. Laasasenaho K., Väänänen M. & Lauhanen R. (2021). Energiaturvetuotannon alasajon taloudelliset ja sosiaaliset haittavaikutukset sekä heijastevaikutukset Etelä-Pohjanmaalla. R. Lauhanen, T. Junkkari, T. Mäki & S. Saarikoski (Eds.), *SeAMK Ruoka 2021 - ilmastonkestävää ruokaketjua edistämässä*, (94–109). Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
7. Laasasenaho K., Tiainen J., Lauhanen R., Siira O. & Lohila A. (2021). Droonit suopohjien jälkikäytön suunnittelussa. *BioEnergia*, (3), 14–15.
8. Lauhanen R., Laasasenaho K., Kulmala M., Lohila A. K., Siira O. J., Minkkinen K., Ojanen P. & Marttila H. (2021). Turvetuotantoalueiden metsityksissä ja soiden ennallistamisissa iso työmaa –myös tutkimusta tarvitaan. *Koneyrittäjä: koneyrittäjäalojen ammattilehti*. (7/2021), 24–25.
9. Laasasenaho K. & Lauhanen R. (2022). Tuuli- ja aurinkovoima kasvattavat suosiotaan turvetuotannosta vapautuvien suopohjien jälkikäyttömuotona: Aluetarkastelu Etelä-Pohjanmaalta. *Suo - Mires and Peat*, 73(2): 27–34.
10. Biohiilen tuotannon hiilijalanjälki 2022. Infokortti (<https://uefconnect.uef.fi/en/group/carbon-neutral-use-of-used-peatlands/>)
11. Laasasenaho, K., Palomäki, A., & Lauhanen, R. (2022). A just transition from the perspective of Finnish peat entrepreneurs. *Mires and Peat*, 28(27), 1–12. <https://doi.org/10.19189/MaP.2022.OMB.557>
12. Lauhanen R., Laasasenaho K. & Palomäki A. (2022). Turveyrittäjät kaipaavat suoraa tukia. *Koneyrittäjä* 53(7), 40–41.
13. Laasasenaho K., Palomäki A. & Lauhanen R. (2022). Turveyrittäjien muutosvalmiudessa isoja eroja. *Maaseudun tulevaisuus*, (10.10.2022).
14. Lauhanen R., Laasasenaho K., Pappinen A. & Kuittinen S. (2022). Paju sitoo hiiltä. *Koneyrittäjä* 53(3), 40–41.
15. Lauhanen R., Laasasenaho K., Pappinen A. & Kuittinen S. (2022). Paju nappaa kiinni hiilestä. *Ilkka-Pohjalainen* (11.4.2022), 16.
16. Lauhanen R., Laasasenaho K., Pappinen A. & Kuittinen S. (2022). Uusi suohanke selvittää lyhytkiertoviljelmien mahdollisuuksia turvetuotantoalueiden jälkikäytössä sekä panostaa tiedonsiirtoon. @SeAMK, (7.4.2022).

17. Laasasenaho K., Lauhanen R., Lohila A., Siira O., Minkkinen K. & Ojanen P. (2022). SeAMK koordinoi valtakunnallista soiden ennallistamista koskevaa metsänomistajakyselyä. @SeAMK, (19.4.2022).
18. Lauhanen R., Laasasenaho K., Pappinen A., Kuittinen S., Viholainen I. & Palomäki A. (2022). Lyhytkiertoviljelmät turvetuotantoalueiden jälkikäytön vaihtoehtona. Teoksessa: S. Päällysaho, P. Junell, M. Salminen-Tuomaala, S. Uusimäki, E. Varamäki, S. Saarikoski & M. Karvonen (Toim.), Opetusta, oppimista, tutkimusta ja kehittämistä: SeAMK 30 vuotta, (517–524). Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
19. Lauhanen R. & Laasasenaho K. (2023). Maanomistajia on kuultava ennallistamishankkeissa. Maaseudun tulevaisuus, (7.8.2023).
20. Laasasenaho K., Lauhanen R. & Buyens L. (2023). Turvetuotantoalueiden ennallistamisella sekä ympäristöhyötyjä että -haittoja. @SeAMK, (3.8.2023).
21. Laasasenaho K., Lauhanen R. & Palomäki A. (2023). Turvetuotantoalueiden jälkikäyttöä koskeva tutkimus julkaistu arvostetussa tiedesarjassa - SeAMK mukana. @SeAMK, (9.10.2023).
22. Lauhanen R., Laasasenaho K., Laakso A., Lohila A., Siira O., Lampimäki M., Minkkinen K., Ojanen P., Haapanala S. & Marttila H. (2023). Ennallistamisesta uutta liiketoimintaa. Koneyrittäjä, 54(1), 40–41.
23. Biohiilituotannon investoinnin kannattavuus. Infokortti (<https://uefconnect.uef.fi/en/group/carbon-neutral-use-of-used-peatlands/>)
24. Biohiilen ominaisuudet ja käyttö. Infokortti (<https://uefconnect.uef.fi/en/group/carbon-neutral-use-of-used-peatlands/>)

## **Lehtiartikkelit**

Maaseudun tulevaisuus, kesäkuu 2021

Artikkeli SeAMK verkkolehti, 2021

Maaseudun tulevaisuus, kesäkuu 2022

Koneviesti, maaliskuu 2022

Kokoomajulkaisu SeAMK, 2021

Maatilan Pellervo, 2022

Koneyrittäjä 9/2023

## **Seminaarit ja työpajat sekä koulutukset**

Pajupäivät 2021: 22.9. Kouvolassa, 25.10 Toholammilla UEF

Pellonpiennarpäivät: 7.6.2022 Kauhajoen Nummijärvellä maanomistajien ja MT-lehden kanssa, 14.9.2022 Teuvalla, 24.10.2022 Karhunsuolla Kouvolassa tutkijapäivä, 5.6.2023 Teuvalla agrologiopiskelijoiden kanssa, 12.6.2023 Teuvalla, 27.9.2023 Teuvalla.

Seminaarit ja webinaarit, Suomen metsäkeskuksen tapahtuman kutsusta webinaari 26.4.2022 sekä 22.9.2023 MMM:n esittämän viestintäyhteistyön pohjalta TURNEE-hankkeen kanssa sekä 14.11.2023 samoin verkkomateriaaleineen. Lisäksi seminaariesitelmä Levillä 4.4.2023.

Työpajat: Kauhajoen Nummijärvellä 7.6.2022 maanomistajien ja MT:n toimittajan kanssa, 7.2.2023 Etelä-Suomen energiaretkellä, 3.4.2023 Levin seminaarimatalla, 24.3.2023 Kurikassa

Koulutukset: 29.4.2022 koulutustilaisuus SeAMKin agrologiopiskelijoille eli osin tuleville viljelijöille ja maanomistajille, SeAMKin ja UEF:in CampusOnLine -kurssi keväällä 2023, 5.6.2023 koulutuspäivä Teuvalla Plumpunnevilla noin 70 agrologiopiskelijälle. Lisäksi 10.11.2023 turveyrittäjäkoulutus hankkeen jälkeen. Erikseen CampusOnLine-koulutus noin 5 luentokertaa. Koulutusmateriaalit jaettu webinaareissa.

## 2.5. Toteutusvaiheen arviointi

Hanke onnistui kokonaisuutena toiminnan ja talouden osalta suunnitellusti. Suupohjan yritykset perustivat viljelmät niin, ettei hankkeen tutkijoilla ollut mahdollisuutta seurata toteutettiin viljelmät ohjeiden mukaisesti; toteutuksissa ilmeni myöhemmin sitten puutteita. Lisäksi pistokkaiden aikaisempi kevätistutus olisi taannut pajuille paremmat kasvutulokset. Muita mainittavia ongelmia hankkeen toteutuksessa ei esiintynyt.

Perustetuilla viljelmillä esiintyi myös toistuvaa hirven ruokailua istutetuilla pajuilla. Sama hirven syönnin ongelma havaittiin jo aiemmin tehdyillä ja nyt seuratuilla haapaviljelmillä. Demokohteet ilmensivät erilaisia tilanteita suonpohjilla ja tuotti tietoa viljelmien perustamiskustannuksista, mikä oli keskeistä hankekokonaisuuden kannalta.

Tutkimusyhteistyö päätoimijoiden kanssa oli erinomaisen sujuvaa ja toimivaa. SeAMK lisäksi koki myös päässeensä mukaan yliopiston yritysyritysyrityshanketoiminnan logiikkaan sekä avustamaan tiedeyliopistoa näyttöön perustuvan tiedon tuottamisessa yritysyritysyrityshankkeen puitteissa.

## 3. Tulokset ja niiden arviointi

### 3.1. Tulosten esittely

Hankkeen tuotokset, joilla on julkinen numerointi ja koodaus löytyvät kunkin julkaisun kohdalle merkatusta linkistä. Tuotokset, joilla ei julkaisutunnusta, ovat saatavissa SeAMKista tai UEF:n hankesivulta oheisten linkkien takaa:

<https://lehti.seamk.fi/kestavat-ruokaratkaisut/pajuviljelma-vaatii-aktiivisia-perustamistoimia/>  
<https://storage.googleapis.com/seamk-production/2023/11/7c70b2e0-verkkolehti-lauhanen-ym.-esitys-uusisuo-14.11.23-versio2.pdf>  
<https://uefconnect.uef.fi/tutkimusryhma/suonpohjien-hiilineutraali-uusiokaytto/>

Hankkeessa oli neljä työpakettia:

Työpaketti ykkösessä selvitettiin perusteita entisten suonpohjien ottamisesta lyhytkiertopuiden tuotantoon neljässä eri tehtäväkokonaisuudessa. Ensiksi laadittiin yleiskatsaus lyhytkiertoviljelmistä turvemailla aiempien tutkimustulosten pohjalta.

Toiseksi suonpohjien ominaisuuksista tehtiin kirjallisuuden pohjalta yleiskatsaus. Suupohjan kohteilta otettiin turvenäytteet sekä pajuviljelmiltä että viljelemättömiltä vertailukohteilta pajukenttien läheltä. Eurofins Oy ja Oy Hortilab Ab tekivät turveanalyysit. Näytteenottotapa oli

sama kuin maataloudessakin. Tästä on olemassa erillinen koulutusmateriaali, joka löytyy SeAMKista tai UEFIn ja Ely-keskuksen Nappaa hiilestä -hankesivulta. Turpeissa on yleensä hyvin tyypeä, mutta puutetta fosforista, kaliumista ja hivenaineista. Lisäksi turvemaat ovat happamia.

Tuloksista ilmeni, että kohteet olivat ohutturpeisia ja kohteiden pH:t olivat alhaiset. Vertailukohteilla pH-taso oli osin päälle 3. Näin ollen pajuviiljelmien perustaminen vaatii sellaista lannoitusta tai kalkitusta, jolla turpeen pH saadaan jo perustettaessa nostettua vähintään yksi viljavuusluokka. Tällöin pajupistokkaiden kasvuun lähtö paranee ja niiden kuoleminen vähenee merkittävästi. Keskeiset tulokset ovat koulutusmateriaalissa, joka on tarjolla jatkossa Ely-keskuksen sivuilla.

Työpajoissa kartoitettiin maanomistajien näkemyksiä turvetuotantoalueiden jälkikäytöstä. Maanomistajien näkemykset suonpohjien jatkokäytöstä olivat varsin yhdenmukaisia. Havaitimme, että maanomistajien neljä suosituinta jälkikäyttövaihtoehtoa olivat metsitys (71 %), maatalous (24 %), tuuli- ja aurinkosähkön tuotanto (22 %) ja suonpohjien vetetys (18 %), kun vastaaja valitsi kolme heitä kiinnostavinta vaihtoehtoa. Suosituisissa jälkikäyttövaihtoehdoissa oli kuitenkin selkeitä alueellisia eroja ja useimmat maanomistajat halusivat, että jälkikäyttövaihtoehdot ovat heille taloudellisesti kannattavia; maanomistajat siis arvioivat, että metsätalous, maatalous sekä tuuli- ja aurinkoenergian tuotanto suonpohjilla olisi heille kannattavimmat vaihtoehdot.

Useat maanomistajat suosivat kuitenkin myös muita vaihtoehtoja kuten lyhytkiertokasvien viljelyä. Lyhytkiertokasvien / puiden kasvatukseen ei kuitenkaan ole saatavilla tukia ja kun lyhytkiertokasvien viljelmien perustaminen on melko kallista, niin se selittää näiden vaihtoehtojen rajallisen suosion. Voidaan siis todeta, että maanomistajat ovat varsin hyvin selvillä suonpohjien tämänhetkisen jälkikäytön kannattavista vaihtoehdoista. Jos muita vaihtoehtoja halutaan edistää niin ne tarvitsevat tukea.

Koulutusmateriaalia tuotettiin SeAMKIn toimesta. Materiaalit ovat julkisesti saatavilla ja löytyvät UEFIn sivuilta tai SeAMKista pyydettäessä. Lisäksi SeAMK järjesti hankkeen esittelyä ja koulutustilaisuuksia tuleville viljelijöille eli agrologiopiskelijoille mm. 5.6.2023 Teuvan kohteella. SeAMK järjesti UEFIn kanssa mm. CampusOnLine -verkkokoulutuksen, joka oli ilmainen ja avoin AMK-opiskelijoille.

Lyhytkiertoisena kasvatettavien pajujen demoviljelmät perustettiin sen selvittämiseksi mitkä ovat pajun viljelyn perustamiskustannukset sekä kuinka hyvin pajut lähtevät kasvuun suonpohjilla. Muiden lyhytkiertopuiden kasvatuksen onnistumisesta ja puiden kasvusta saatiin mittaustuloksia aiemmin suonpohjille perustetuista viljelmistä. Demoviljelmät onnistuivat pääsääntöisesti hyvin tai kohtuullisesti, kun viljelmät perustettiin huolellisesti.

Teuvan kohde 1 onnistui hyvin, koska perustamistoimet oli tehty huolella ja kattavasti. Siellä ilmeni myös hirvituhoja sekä pajujen luontaista kuolleisuutta minkä vähentämiseksi toinen lannoitus – ja pH:n nosto olisi ollut tarpeen.

Teuvan 2 kohteelle perustettu ja teollisen symbioosin lopputuotteena syntyneellä luomulannoitteella lannoitettu viljelmä onnistui heikosti. Keskeinen syy oli yrittäjien viljelmälle lataaman lannoitteen liian suuri määrä, jolloin pistokkaat kuolivat joko suoraan ylilannoitukseen tai ylilannoituksen seurauksena syntyneen muun kasvuston tukahduttamana. Lisäksi tällä kohteella sarkaojien kuivatusteho ei tuntunut riittävältä. Kohteella ilmeni lisäksi hirvituhoja.



Teuvan kohteella 3 seurattiin myös noin 10-vuotiasta rauduskoivikkoa, joka oli perustettu huolella. Kohteella oli myös visakoivua. Hirvituhoja ilmeni alueella jonkin verran, mikä on huono asia runkokuun laadun kannalta. Hirvituhot ennustavat huonoa vaneritukin saantoa jatkossa. Rauduskoivikon runkoluku oli kuitenkin riittävä (2 250 puuta hehtaarilla). Varttuneen taimikon keskiläpimitta oli jo yli 2,5 cm. Luontainen muu taimiaines ei haitannut enää koivikon kasvua ja kehitystä.

Kurikan 1 kohde on muutettu ruokohelpiviljelmäksi keväällä 2023. Puutteellinen vesitalous esti pajujen suotuisan kasvun ja kehityksen kohteella. Kauhajoen kohteet olivat kasvuisia kautta linjan ja pajut olivat osin haaroittuneet. Niillä paikoilla, joilla kuivatus on ollut osin huono, pajujen pistokkaat olivat kuolleet liikaan veteen tai ohutturpeisella paikalla hietamaan kuivuuteen ja kovuuteen. Kauhajoen kohteelle nähtiin kasvuisaa Klara-nimistä pajulajiketta. Pajukon keskipituus ylitti 2,0 metriä.

Karhunsuolle perustettua kohdetta seurattiin erityisesti viljelmän kunnollisen perustamisen aiheuttamien kustannusten osalta; kunnollinen perustamiskustannus lyhytkiertopajuille turpeen noston jälkeen maksaa noin 5000 € hehtaarilta. Alueella on ojat kunnostettu, alue tasattu ja lannoitettu hevosen lannalla ja kalkittu. Alue oli toteutettu ns. hybridialueesta jossa on viljelmät joiden vesitalous ja lannoitus on hoidettu asiallisesti sekä luontainen kosteikko johon ylimääräinen vesi kerätään viljelmiltä. On oletettavaa, että pääpiirtein samansuuruinen kustannus syntyy myös muiden lyhytkiertokasviljelmien kunnollisesta perustamisesta.

Haukkasuon koealat, jotka olivat perustettu suonpohjalle noin 10 vuotta sitten, olivat tehty pääpiirtein samalla tavalla kuin Karhunsuolla, mutta lannoitus oli toteutettu vain tuhkalannoituksella. Alueelle oli istutettu 1 500 kpl /ha lehtikuusta, hybridihaapa 1 000 ja 500 kpl/ha sekä halavaa ja hieskoivua. Viljelmät olivat kasvussa, mutta olisivat tarvinneet paremman lannoituksen. Hirvet olivat syöneet myös hybridihaapaviljelmiä ja hirven syönnin vioituksia oli vielä 10 vuotta vanhojen haapojen rungoissa. Suonpohjalle perustetussa hybridihaavikoista parhaiten olivat kasvaneet ne, joihin oli istutettu vähintään 1000 tainta hehtaarille; näillä alueilla oli myös uutta vesikasvustoa. Hieskoivikot olivat menestyneet melko normaalisti myös suonpohjilla; halava ei ollut menestynyt kovin hyvin mikä johtunee siitä, että alueen lannoitus oli vain tuhkalannoituksen varassa.

Pajupistokkaiden istutusajankohdalla on keskeinen merkitys viljelmän onnistumisessa; pistokkaat on istutettava riittävän aikaisin keväällä – mieluummin heti roudan sulettua. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että viljelmän perustamistoimet, kuten ojien perkaus, ojamaiden taseus ja lannoitus sekä kalkitus tulisi tehdä jo istutusta edeltävänä syksynä. Suonpohjan pH:ta tulisi nostaa vähintään yksi viljavuusluokka mikä usein tarkoittaa noin 10 tonnia kalkkia hehtaarille. Pistokkaiden kuolleisuus on korkeinta matalassa pH:ssa ja pistokkaiden kuolleisuus putoaa lähes nolnaan, kun kasvualustan pH on noin 5 tai sen yli. Paksutturpeisilla suonpohjilla lisälannoitus jo istutuskesä voi olla tarpeen; kasvuston lehtien väriä on syytä seurata ja jos lehdet ovat vaalean vihreitä lisälannoitus on syytä toteuttaa. Myös boorin riittävästä tasosta on huolehdittava.

Hirvituhot syrjässä olevilla suonpohjaviljelmillä on suurin riski paju- sekä haapaviljelmien onnistumiselle. Hieskoivikoissa tuhoja on vähemmän. Hirvi söi ensimmäisen ja toisen syksyn pajukoista lähes jokaisen pistokkaan latvakasvustoa. Tämä johtaa pajukon pensoittumiseen, mikä ei kaikissa tapauksissa ole kovinkaan suotavaa, jos kasvustoa käytetään esimerkiksi biohiilen tuotantoon; korkea kuoripitoisuus lisää tuhkan määrää hiilessä.

Työpaketti 2 keskittyi selvittämään suonpohjilla kasvatettavien biomassojen vaihtoehtoisten lyhytkiertobiomassojen teknistaloudellisia vaihtoehtoja. Pajujen viljely suonpohjilla havaittiin mahdolliseksi toteuttaa ja alkuhankaluuksista huolimatta viljely näyttää kannattavalta, kun tietyt reunaehdot täyttyvät; viljelmän tulee tuottaa vähintään kahdeksan – kymmenen tonnia kuiva-ainetta hehtaaria kohden vuodessa ja hyvän kannattavuuden raja on noin 12 tonnia kuiva-ainetta hehtaarilla vuodessa; tämä edellyttävää, että viljelmä onnistuu heti kunnolla ja että lannoituksesta, kalkituksesta ja boorilannoituksesta on huolehdittu. Pajukasvusto vastaa lannoitukseen hyvin ja hyödyntää lisätyt ravinteet tehokkaasti.

Jos hydridihaavikko voidaan perustaa niin, että alueella olevat vanhat haavat kaadetaan, jolloin yhdestä puusta syntyy noin 40 uutta juurivesaa. Tällaisten viljelmien typpilannoitus saa aikaan noin 20 % painon lisäyksen kasvuston tuottoon. Voidaan olettaa, että haavikko reagoi lannoituksen lähes samoin, vaikka se perustetaan taimista tai juuripistokkaista. Pajun ja hydridihaavan tuotto kiloina vuotta kohden on lähes sama, mutta paju tulee korjata nopeammalla rytmillä, koska sen kasvu taittuu nopeammin. Hirven syönti jatkuu haavalla myös kuoren syöntinä.

Lyhytkiertopuiden viljelyn kannattavuudessa toinen keskeinen edellytys on biomassasta saatava hinta. Hyvän kannattavuuden edellytys vuonna 2023 näyttää olevan, että biomassasta saadaan noin 25–28 euroa biomassaa muutettuna MW tunneiksi (25–28 €/MWh). Tämä edellyttää useinkin lämpöenergiaa korkeampaa biomassan jalostusarvoa.

Työpaketissa kolme selvitettiin eri arvoketjujen ympäristö ja ilmastovaikutuksia. Lyhytkiertopuiden ja erityisesti pajun viljely ja lannoitus tuottavat jonkin verran päästöjä, mutta pyrolyysiprosessissa syntyvän ylijäämän käyttö korvaamaan fossiilista energiaa sekä biohiilen käyttö maanparannushiilenä sitovat hiiltä enemmän kuin päästöjä syntyy. Kun koko arvoketju otetaan huomioon niin lyhytkiertopuiden viljely vähäturpeisilla suonpohjilla ja biomassasta tehdyn biohiilen käyttö maanparannushiilenä on hyvä suonpohjien käytön arvoketjuvaihtoehto niin talouden, kuin myös ilmastovaikutusten osalta.

Muita pajun kasvatuksen ympäristövaikutuksia arvioitaessa todettiin, että koska lyhytkiertokasvatusalat ovat usein muokattuja ja elinympäristöinä keinotekoisia, vain osa pajusta riippuvaisista lajeista kykenee niitä asuttamaan. Näillä alueilla esiintyykin yleensä lähinnä kasvatettavia lajeja ravintonaan käyttäviä kasvinsyöjiä sekä lehtitauteja ja -tuholaisia. Toisaalta esimerkiksi pölyttäjähöynteiset voivat hyötyä varhain keväällä runsaasti kukkivista pajuista. Kukat voivat tarjota ravintoa muun muassa kimalaisille, kesy- ja erakkomehiläisille sekä perhosille. Useamman genotyypin kasvattaminen voisi edistää lajirikkkautta: Saksassa ja Ruotsissa useamman pajun genotyypin kasvattamisen on nähty lisäävän esiintyvien niveljalkaisten monimuotoisuutta.

Lyhytkiertokasvatusalojen osalta monimuotoisuusvaikutuksia tulee tarkastella laajemmin kuin vain yksittäisten viljelmän tasolla. Pajuviljelmien on osoitettu ylläpitävän alempaa lajivaihtelua kuin lehtisekametsien, mutta vuorostaan korkeampaa lajivaihtelua kuin maatalouden monokulttuurien. Näin ollen lyhytkiertopuuviljelmät voivat lisätä monimuotoisuutta maisemassa tai alueilla, joita hallitsevat yhden satokasvin monokulttuurit tai tässä tapauksessa turvetuotannosta vapautunut lajidiiversiteetiltään vaatimaton suonpohja.

Työpaketissa neljä tehtävänä oli viedä hankkeen aihepiirin osaamista ja tietoa käytäntöön. Hankkeen aikana toteutettiin mm. 6 pellonpiennarpäivää, järjestettiin 4 seminaaria / webinaaria sekä 4 työpajaa sekä kirjoitettiin 4 kpl vertaisarvioituja artikkeleja ja noin 20 kpl artikkeleita ammattilehtiin. Koulutusmateriaalit mm. CampusOnLine ovat vapaasti saatavilla.

Hanke toteutui suunnitellusti ja myös hankkeen tavoitteet saavutettiin suunnitellusti.

### 3.2. Tulosten vieminen käytäntöön

Tulokset vahvistavat aiempia tutkimustuloksia turvemaiden lyhytkiertoviljelmien osalta (esim. Kuittinen ym. 2021). Viljelmät on perustettava huolella eli suon sarkaojat on perattava, suonpinta tasattava ja turpeen pH:n tasolle 6 nostava kalkitus/ tuhkalannoitus on tarpeen. Lisäksi pistokkaiden tulee olla Suomen sopivaa alkuperää esim. Siperian pajua. Lisäksi pistokkaiden istutus on hyvä tehdä kevätkesteudessa. Myös maanomistajien valistamista tarvitaan lyhytkiertoviljelmiä koskevien hyvien käytänteiden osalta. Kaikkien lyhytkiertoisten kasvien kasvatusta suonpohjilla edellyttäisi jonkinlaista tukea.

Mikäli lyhytkiertopuu halutaan laajemmassa mittakaavassa hiiltä sitomaan, niin viljelmien korkeiden perustamiskustannusten takia (noin 5 000 €/ha) lyhytkiertoviljelmiä voidaan pohtia yhtenä vaihtoehtona vapaaehtoisien hiilensidonnasta kannalta. Hiilikompensaation näkökulmasta myös biohiilen tuotanto lyhytkiertopuista ja hiilenkäyttö kasvualustoissa ja maaperän kasvukunnon lisäämisessä olisi suotava vaihtoehto. Suonpohjien hiilineutraali viljelykäyttö edellyttää myös helposti käytettävien biopohjaisten kiertoalannoitteiden kehittämistä.

Tämän lisäksi lyhytkiertoviljelmien perustamisen kaupallistaminen, Suomeen sopeutuneiden pistokkaiden kauppa sekä lyhytkiertopuiden korjuumenetelmien kehittäminen voisivat avata uusia liiketoimintamahdollisuuksia niin maanomistajille, maanvuokraajille kuin lyhytkiertoviljelmäkettujen yrittäjille. Lisäksi raaka-aineen käyttäjät voisivat kehittää pajusta tai muista lyhytkiertopuista korkean lisäarvon tuotteita (kts. Abdullah Ayaz et al. 2023).

### 3.3. Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet

Hanke tuotti uutta tietoa, suonpohjien viljelykäytön onnistumisen edellytyksistä, suonpohjien viljelyn taloudesta sekä sen ympäristö- ja monimuotoisuusvaikutuksista. Monimuotoisuusindeksien soveltuvuutta suonpohjien jatkokäytön arvioimiseen tulisi kehittää sopimaan paremmin vastaamaan suonpohjien erilaisia käyttömuotoja. Lyhytkiertoviljelmien asemaa soiden hybridikäytössä, luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi ja maaperän hiilensidonnassa olisi tarpeen tutkia lisää. Hankkeen tuloksia hyödynnetään oppimateriaaleissa ja yritysyritystä jatketaan eri yritysten kanssa. Hankkeen tuloksia on esitelty myös alan Tiekartassa 21.11.2023 GTK:n johdolla. Lisäksi koulutusmateriaalit ovat vapaasti saatavissa SeAMKista.

Hankkeen tuloksia tulee hyödynnettyä myös kolmessa väitöskirjassa ja kahdessa pro-gradutyössä. Yksi apurahahakemus on hyväksytty ns. post doc -työhön, joka keskittyy lyhytkiertopuista tehdyn biohiilen käyttöön suonpohjilla. Lisäksi aihepiiristä on työstettävänä yksi NPA-hakemus. Kaksi uutta yritystä on hankkeen aikana perustettu lyhytkiertopuu ja korjuuranka -aihepiirin ympärille; toinen yritys keskittyy biohiilen tuotantoon (Karelian paju Oy; Joensuu) ja toinen konsultointiin ja neuvontaan (PajuCNielu Oy; Vesilahti).

Lisäksi lyhytkiertoviljelmien ja niistä saatujen biomassojen arvoketjuja tulisi selvittää lisää, erityisesti sillä ajatuksella kuinka suonpohjien biomassojen käytölle saadaan hiilineutraalia arvokäyttöä hiilen sidonnasta ja käytön logiikalla (ns. carbon capture and utilization). Nyt tällaisen toiminnan tarkastelua tuntuvat rajoittavan monet muut kuin tietoon liittyvät lähtökohdat.

**Työssä hyödynnetyt muut referenssit mm.**

1. Suvi Kuittinen, Jenna Hietaharju, Laura Kupiainen, Md. Kamrul Hassan, Ming Yang, Erik Kaipiainen, Aki Villa, Jani Kangas, Markku Keinänen, Jouko Vepsäläinen, Ari Pappinen 2021. **Bioethanol production from short rotation *S. schwerinii* E. Wolf is carbon neutral with utilization of waste-based organic fertilizer and process carbon dioxide capture.** Journal of Cleaner Production, Volume 293, 2021, 126088, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126088>.
2. Salam, M.M.A.; Ruhui, W.; Sinkkonen, A.; Pappinen, A.; Pulkkinen, P. **Effects of Contaminated Soil on the Survival and Growth Performance of European (*Populus tremula* L.) and Hybrid Aspen (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.) Clones Based on Stand Density.** *Plants* 2022, 11, 1970. <https://doi.org/10.3390/plants11151970>
3. Abdullah Ayaz, Ari Pappinen, Markku Keinänen, Sarita Keski-Saari, Serpil Takaç. 2023. **Growth and lipid-carotenoid production characteristics of *Rhodotorula glutinis* in hemicellulosic hydrolysate of *Salix schwerinii* E. Wolf in a bioreactor at different oxygen transfer efficiencies.** Ready for submission to Biomass Conversion and Biorefinery.
4. Lauri Leppäkoski, Miika P. Marttila, Ville Uusitalo, Jarkko Levänen, Vilma Halonen and Mirja H. Mikkilä. 2021. **Assessing the Carbon Footprint of Biochar from Willow Grown on Marginal Lands in Finland.** *Sustainability* 2021, 13, 10097. <https://doi.org/10.3390/su131810097>
5. Hassan, M.K., Senko, S., Villa, A., Kuittinen, S., Pappinen, A. 2023. **Techno-economic evaluation of biofertilizer production using wastewater biosolids: case study from municipal wastewater treatment plants in northwest region of Russia.** *J Mater Cycles Waste Manag* 25, 3380–3394 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01766-w>
6. Salam, M.M.A.; Ruhui, W. Sinkkonen, A., Pappinen, A., Pulkkinen, P. 2022. **Effects of Contaminated Soil on the Survival and Growth Performance of European (*Populus tremula* L.) and Hybrid Aspen (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.) Clones Based on Stand Density.** *Plants* 2022, 11, <https://doi.org/10.3390/plants11151970>
7. Mohsin, M.; Kaipiainen, E.; Salam, M.M.A.; Evstishenkov, N.; Nawrot, N.; Villa, A.; Wojciechowska, E.; Kuittinen, S.; Pappinen, A. 2021. **Biomass Production and Removal of Nitrogen and Phosphorus from Processed Municipal Wastewater by *Salix schwerinii*: A Field Trial.** *Water* 2021, 13, 2298. <https://doi.org/10.3390/w13162298>