

# Jatkuvapeitteinen kasvatusta ja vesistökuormitus

Sakari Sarkkola, Luke

Mika Nieminen, Luke

Timo Pukkala, Itä-Suomen yliopisto

Leena Stenberg, Luke

*Metsätalouden vesiensuojelupäivät 10.10.2023*



# Mistä vesistökuormitus syntyy metsätaloudessa?

- Metsätalouden vesistökuormitusta syntyy kahdella tavalla (Finér ym. 2010):

## 1) Metsänhoitotoimien yhteydessä

- 1) Ojien kunnostus n. 10 000 ha/v (90% metsätalouden kiintoainekuormasta)
- 2) Uudistushakkuut ja maanmuokkaus: n. 150 000 ha/v, joista  
25 000-50 000 ha/v turvemailloilla (kuormitus turvemailloilta 2-5-kert./ha)  
➔ *lisäkuormitusta tulee 4-10 vuotta toimenpiteen jälkeen*
- 3) Lannoitus: erityisesti nitraattityppi



## 2) Ojituksesta aiheutuva pitkäaikainen ravinnekuormitus (nk. ojituslisä)

- ➔ *Maaperästä hapellisessa turvekerroksessa, aineiden liikkeellelähtö ojista*
- ➔ *Kasvilajiston ja biomassan muutokset, jotka vaikuttavat haihduntaan ja sitä kautta turpeen hajotukseen ja ravinteiden vapautumiseen*
- ➔ *Ravinnekuormitus ojitetuilla soilla pysyvästi suurempaa kuin luonnontilaisilla soilla*

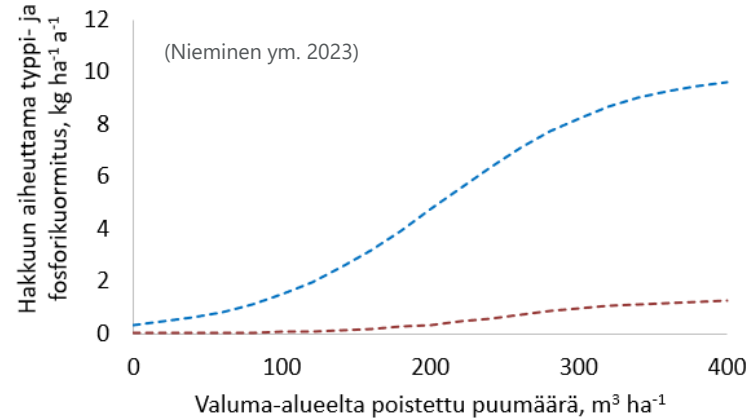
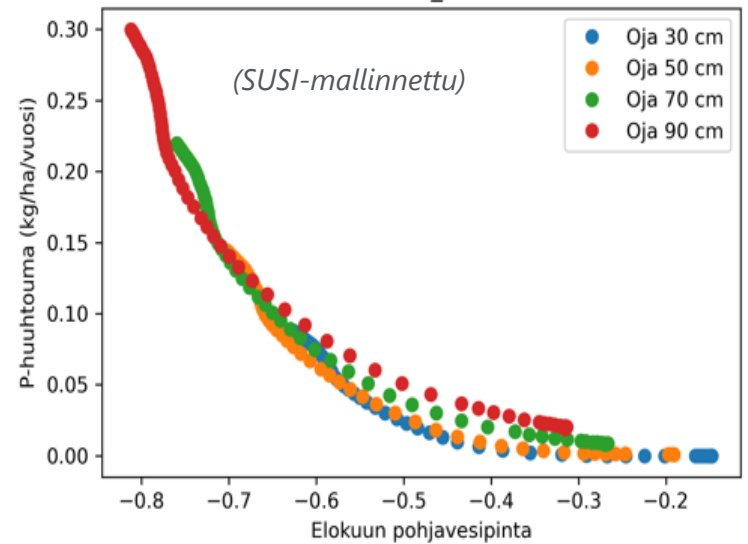


# Miten ojituslisä syntyy? Miten hakkuun voimakkuus vaikuttaa?

- Turvemaidilla kuormitus kasvaa kun vedenpinta alenee ojituksen ja järeytyvän puuston haihdunnan lisääntymisen myötä (Nieminen ym. 2021ab, 2022)

➔ *turpeen hajotessa hapellisissa olosuhteissa ravinteita vapautuu maaveteen*

- Ravinnepuutokset heikentävät ravinteiden ottoa ja sitä kautta voivat lisätä kuormitusta (Nieminen ym. 2022)
- Kuormitus lisääntyy myös voimakkaan hakkuun johdosta vedenpinnan noustessa alle 30 cm syvyydelle. Syynä kemialliset nk. pelkistysreaktiot ja kasvillisuuden ravinteiden käytön väheneminen.
- Hakkuupoistuman määrällä ja kuormituksen määrällä voimakas yhteys (Nieminen ym. 2023)



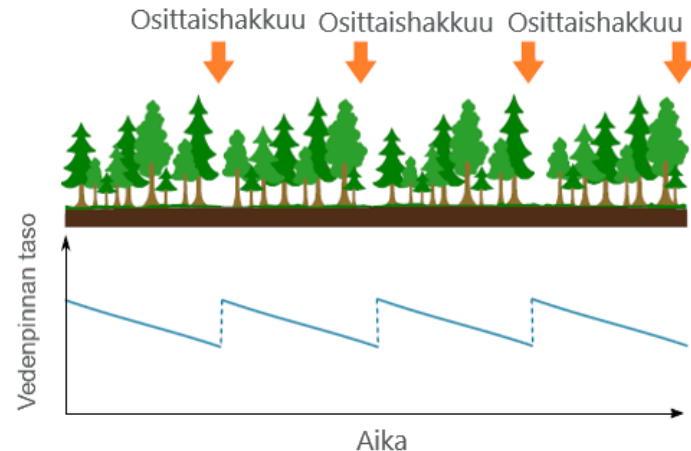
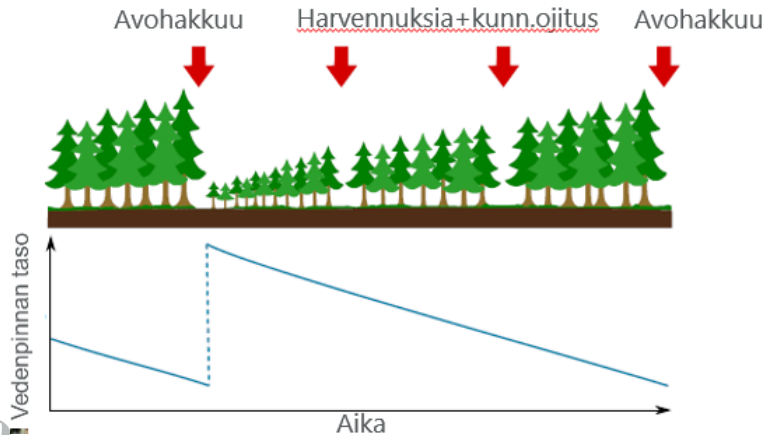
# Mitä haasteita vesiensuojelun kannalta?

- Erityisesti hiili- ja typpikuormat ojitetuilta soilta voivat tulevaisuudessa edelleen kasvaa (Nieminen ym. 2017, 2018; Asmala ym. 2019; Räike ym. 2020).
- Ongelmana on, että monet vesiensuojeluratkaisut ovat verraten heikkotehoisia, eikä niillä kyetä vähentämään muuta kuormitusta kuin ojituksen ja maanmuokkauksen aiheuttamaa eroosiota ja kiintoainekuormitusta (Joensuu 2002; Nieminen ym. 2018b)
- Kaikkein tehokkaimpia vesiensuojelumenetelmiä, kuten pintavalutuskenttiä ja vesiensuojelukosteikoita käytetään vain harvoin
- Onkin esitetty, että vesiensuojelussa olisi pyrittävä metsämaalta syntyvän kuormituksen vähentämiseen



# Jatkuvapeitteinen kasvatus – vaikutukset veteen

- Jatkuvapeitteinen kasvatus vaikuttaa kuormituksen syntymekanismiin:
  - Jäävä puusto haihduttaa ➡ *estää vedenpinnan nousua turvemilla ja vettymiselle herkkien aineiden liikkeellelähtöä*
  - Jäävä puusto ja säilyvä pintakasvillisuus ottavat kiinni vapautuvia ravinteita
  - Maata voimakkaasti muokkaavat toimenpiteet jäävät pois tai niiden toteutusväli pitenee (esim. kunnostusojitukset)
  - Jäävän puuston vaikutuksesta maanpinnan lämpöolot vakaammat





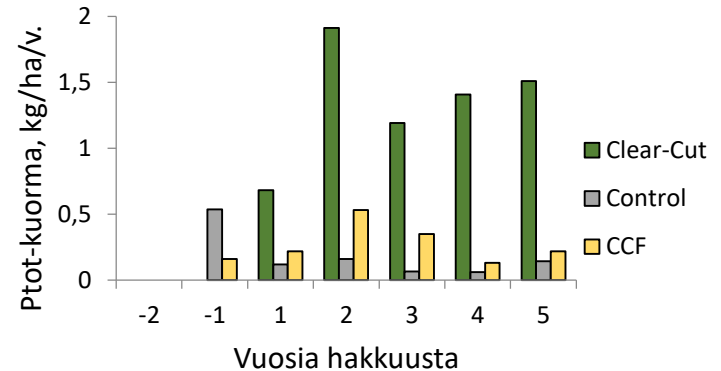
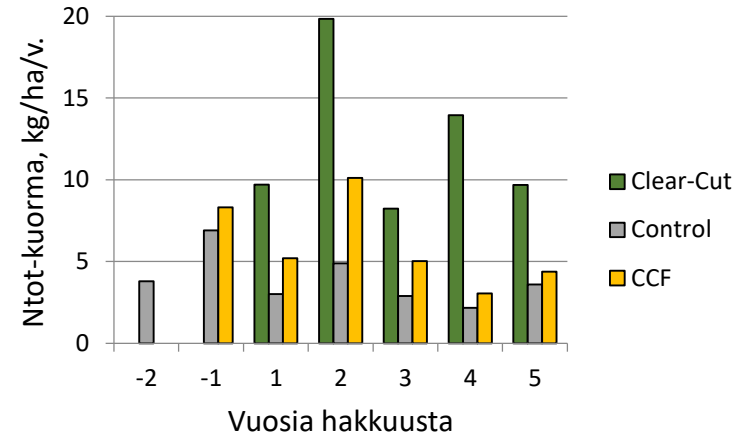
**Esimerkki:  
Lettosuon koe,  
Tammela (Luke)**

Osittaishakkuu ja  
avohakkuu talvella  
2016

- Jatkuva k.: 14 ha
- Avohakkuu: 1.8 ha
- Ei hakkuuta: 3 ha

Ravinteikas  
kasvupaikka, ojitettu  
1970-luvun alussa

- Ensimmäisiä tuloksia runsasravinteisten turvemaametsien poimintahakkuista ja rämemänniköiden kaistalahakkuista (mm. Sarkkola ym. 2021, Nieminen ym. julkaisematon).
- Typen ja fosforin kuormat kasvavat hakkuun jälkeen, huippu 1. tai 2. vuonna hakkuun jälkeen.
  - ➔ *Kaadettujen puiden juuret hajoavat*
  - ➔ *Jäävän puuston haihdutus- ja ravinteiden pidätkapasiteetti pienempää hakkuun jälkeen*
  - ➔ *Eroosiota tapahtuu jossakin määrin*
- Kuormitus kuitenkin pienempää kuin avohakkuun jälkeen.
- Kuormituksen pitkäaikaisesta kehityksestä tarvitaan lisää tietoa
- Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus vähentää kunnostusojitustarvetta ➔ *ennen pitkää kunnostustarvetta voi kuitenkin tulla.*
- Mikäli ojitus hyvin tehokasta, vedenpinta ei välttämättä pysy jatkuvassa kasvatuksessakaan niin ylhäällä, että turpeen hajoaminen merkittävästi vähenisi (Korrensalo ym. 2023).



Vuotuiset kokonaistypen (N) ja kokonaisfosforin (P) kuormat Lettosuon kokeella vuosina 2014-2020 CC=avohakkuu; CCF=jatkuvan kasvatuksen hakkuu; Control=hakkaamaton kontrolli.

# Mallinnuslähtöinen kuormitusvertailu: tasaikäinen vs. jatkuva kasvatus

- Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen vesistökuormituksesta hyvin vähän pitkäaikaista mitattua seurantatietoa ➡ kivennäismailta ei lainkaan
- Jatkuvan kasvatuksen vaikutuksia metsätalouden typpi- ja fosforikuormitukseen selvitetty äskettäin mallinnuslähtöisesti:

*Nieminen, M., Pukkala, T., Stenberg, L., Sarkkola, S., Vihonen, A., Valkeapää, A. (2023). Jatkuvan kasvatuksen ja tasaikäismetsätalouden vaikutus metsäisten valuma-alueiden vesistökuormitukseen Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2023 artikkeli 22001.*

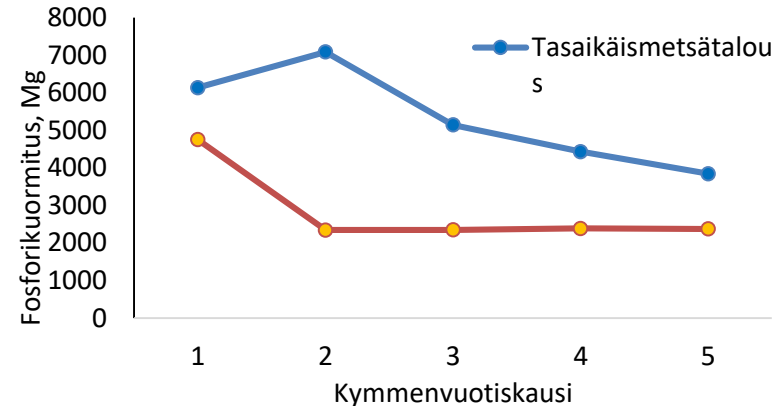
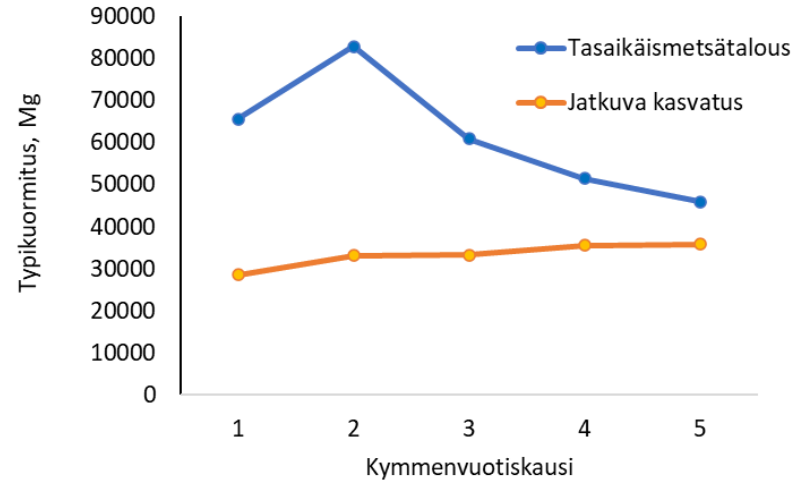
<https://doi.org/10.14214/ma.22001>:

- Hyödynnettiin **SUSI**- ja **MONSU**-mallinnusta (Laurén ym. 2020, Pukkala 2011, Pukkala ym. 2021)
- Päivitettiin hakkuiden ominaiskuormituslukuja sekä kehitettiin osamalleja, jotka ottavat huomioon poistuman määrän vaikutuksen kuormiin
- Skenaarioina "ei käsittelyjä", "tasaikäiskasvatus (Metsänhoidon suositusten mukainen)" sekä "jatkuvapeitteinen kasvatus" poimintahakkuutyypisesti. Simulaatioiden aikajänne 50 v.
- Simulointi kuvioittain, kuvioita n. 10 milj. kpl, yht. n. 15 milj. ha. Lähtötiedot Metsävaratiedoista



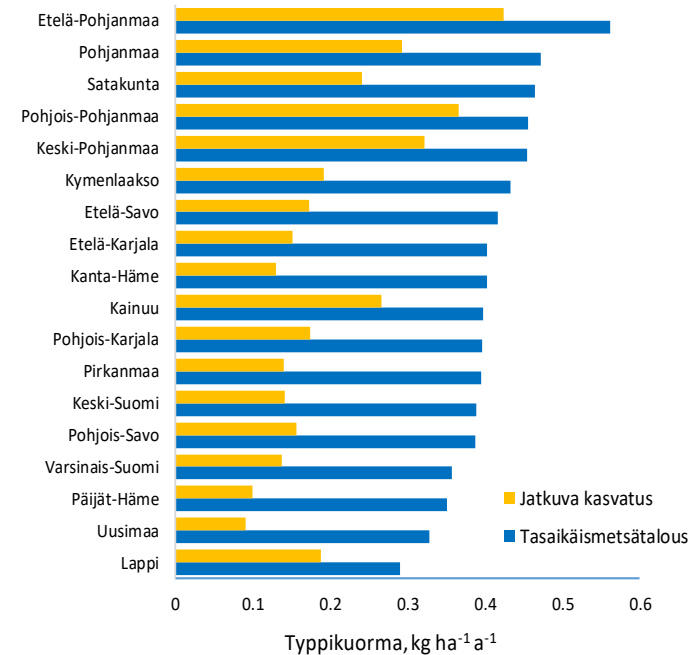
# ➔ Mallinnuksen tuloksia

- Tasaikäisessä kasvatuksessa typpikuormitus aluksi nousee, jonka jälkeen kuormitus alkaa laskea; kuormitustaso aluksi selvästi jatkuvaa kasvatausta korkeampi
- Fosforikuormituksessa kasvatusmenetelmien välillä ei ole aluksi merkittävää eroa, mutta seuraavan 20 vuoden kuluessa jatkuvan kasvatuksen kuormitus on noin kolmannes tasaikäisen metsänkasvatuksen kuormituksesta.
- Kuormituserot pienenevät vähitellen menetelmien välillä



- Ojituslisä ja ojitetujen soiden hakkuut ovat suurin hehtaarikohtainen kuormituslähde
- Kunnostusojitus lisää myös tyyppikuormitusta kun puuston kasvu ja haihdunta lisääntyvät, mikä suurentaa ojituslisää.
- Kunnostusojituksen vaikutus ravinnekuormitukseen on kuitenkin vähäinen verrattuna muihin kuormituslähteisiin.
- Maakunnittainen tarkastelu osoitti, että siirtyminen jatkuvaan kasvatukseen kaikissa metsissä vähentäisi kuormitusta enemmän kivennäismaavaltaisilla alueilla kuin hyvin suovaltaisissa maakunnissa
- Jatkuva kasvatus näyttäisi vähentävän kuormitusta enemmän Etelä- kuin Pohjois-Suomessa

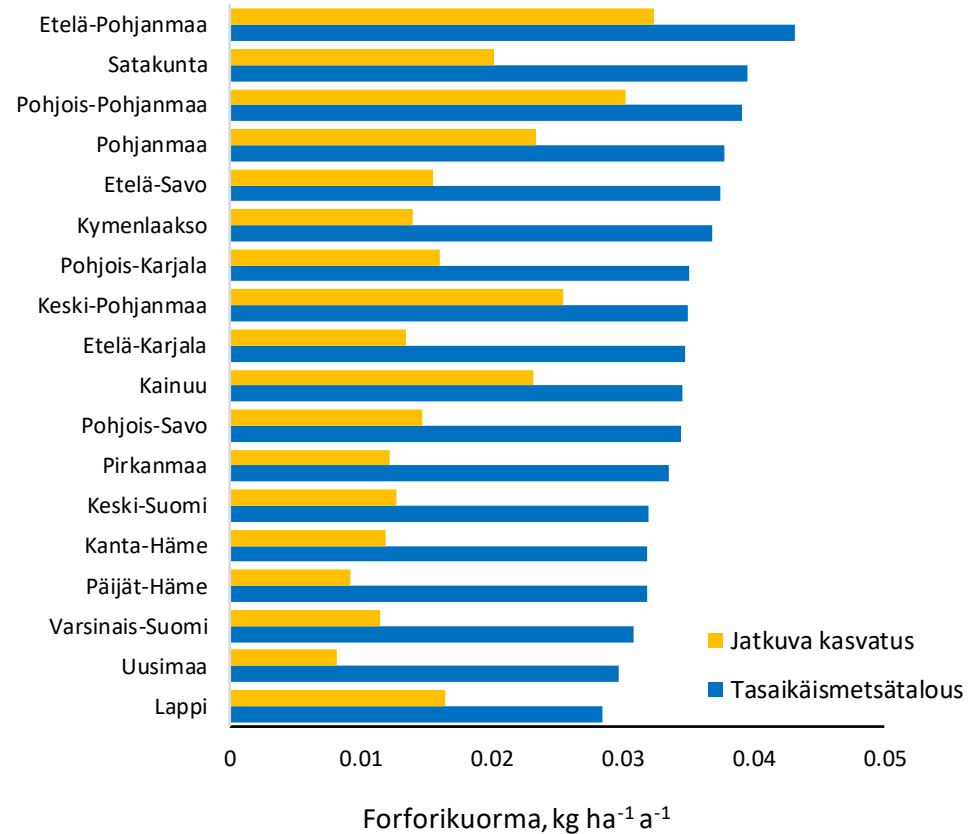
➔ *pohjoisessa pienemmät hakkuupoistumat ja lähtökohtaisesti korkeammat vedenpinnan tasot*



- Todennäköisemmin ojituksen aiheuttama kuormitus on suurempaa etelässä, jossa ojitus ilmastoerojen vuoksi lisää turpeen hajotusta ja ravinteiden mineralisoitumista enemmän kuin pohjoisessa
- Vesistökuormitus tasaikäisessä metsänkasvatuksessa alkaa selvästi laskea 20–30 vuoden kuluessa

➔ *ojitetut suot on tuolloin suurelta osin uudistettu eli niiden päätehakkuut eivät enää vaikuta vesistökuormitukseen*

➔ *lisäksi ojituslisä on SUSI-mallin perusteella alhaista nuorissa puustoissa, joissa suon vedenpinta on verraten korkealla*



# Johtopäätöksiä

- Tähän mennessä kertyneen mittaustiedon ja mallinnuksen perusteella vesiensuojelun näkökulmasta sekä kivennäismailla että ojitetuilla soilla kannattaisi siirtyä tasaikäisestä metsätaloudesta jatkuvaan kasvatukseen.
- Soiden ennallistamista, vesiensuojelukosteikoiden (mm. pintavalutuskentät) perustamista ja hakkuiden rajoittamista lukuun ottamatta JK on todennäköisesti tehokkain keino vähentää metsätalouden vesistökuormitusta
- Jatkuva kasvatusta on mallinnusten mukaan aina tasaikäistä kasvatusta parempi vaihtoehto vesiensuojelun näkökulmasta vain kivennäismailla.
- Ojitetuilla soilla JK toisinaan lisää kuormitusta tasaikäiseen kasvatukseen verrattuna varsinkin, jos ojitettujen soiden puustot ovat tasaikäisessä kasvatuksessa hyvin nuoria, jolloin ojituslisää syntyy vähän.
- Pitkällä aikajaksolla JK näyttää olevan myös ojitetuilla soilla tasaikäistä kasvatusta parempi vaihtoehto, vaikka jatkuvan kasvatuksen metsistä huuhtoutuisikin enemmän ravinteita kuin nuorista tasaikäisistä metsistä

**➡ olennaista hakkuupoistuman määrä ja vaikutukset kuivatukseen – ei niinkään hakkuutapa itsessään!**

- Lisää tietoa tarvittaisiin:

- ➔ Turvemaiden ja alavien kangasmaiden osalta ojitusmätästyksen perustuvan metsän uudistamisen vesistövaikutuksista
- ➔ Kangasmaiden osalta myös muiden kuin avohakkuuseen perustuvien hakkuiden (harvennushakkuu, pienaukkohakkuu, yläharvennus) vesistövaikutuksista
- ➔ hajotuksen ja kuivatustilan vaikutuksista ravinnekuormitukseen ➔ *kokeellista tutkimustietoa mallinnuksen tueksi*
- ➔ Vesistöjen tummumiskehitykseen vaikuttavista tekijöistä (rauta, orgaaninen hiili)
- ➔ Tehokkaista vesiensuojelumenetelmistä ➔ *ei syytä unohtaa koko metsätalouden vesistövaikutusten vähentämisen kannalta!*



# Kirjallisuus

- Asmala E., Carstensen J., Räike A. (2019). Multiple anthropogenic drivers behind upward trends in organic carbon concentrations in boreal rivers. *Environmental Research Letters* 14. 10 s. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4fa9>.
- Finér L., Mattsson T., Joensuu S., Koivusalo H., Laurén A., Makkonen T., Nieminen M., Tattari S., Ahti E., Kortelainen P., Koskiaho J., Leinonen A., Nevalainen R., Piirainen S., Saarelainen J., Sarkkola S., Vuollekoski M. (2010). Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. (A method for calculating nitrogen, phosphorus and sediment load from forested catchments). *Suomen ympäristö* 10/2010. 33 s. <http://hdl.handle.net/10138/37973>.
- Joensuu, S. 2002. Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 868. 85+59 s. ISBN 951-40-1852-4, ISSN 0358-4283
- Korrensalo, A., Anttila, J., Laiho, R., Lehtonen, A., Mäkiranta, P., Ojanen, P., Peltoniemi, M., Penttilä, T., Sarkkola, S. & Mäkipää, R. 2023. Peat respiration in drained peatland forests under varying tree harvest regimes. Power to the Peatlands-European Peatlands Conference, Antwerpen 19-21 September 2023. Oral presentations.
- Laurén A, Palviainen M, Launiainen S, Leppä K, Stenberg L, Urzainki I, Nieminen M, Laiho R, Hökkä H (2021) Drainage and stand growth response in peatland forests – description, testing, and application of mechanistic peatland simulator SUSI. *Forests* 12, article id 293. <https://doi.org/10.3390/f12030293>.
- Nieminen, M., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T. & Sarkkola, S. 2017. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Science of the Total Environment* 609: 974-981.
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Hellsten, S., Marttila, H., Piirainen, S., Sallantausta, T. & Lepistö, A. 2018. Increasing and Decreasing Nitrogen and Phosphorus Trends in Runoff from Drained Peatland Forests—Is There a Legacy Effect of Drainage or Not? *Water, Air, & Soil Pollution* 229 (286): 10 s.
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Hasselquist, E. M. & Sallantausta T. 2021a. Long-Term Nitrogen and Phosphorus Dynamics in Waters Discharging from Forestry-Drained and Undrained Boreal Peatlands. *Water, Air & Soil Pollution* 232: 371.
- Nieminen ym. 2021b. Peatland drainage - a missing link behind increasing TOC concentrations in waters from high latitude forest catchments? *Science of the Total Environment* 774: 14515. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145150>
- Nieminen, M., Hasselquist, E. M., Mosquera, V., Ukonmaanaho, L., Sallantausta, T. & Sarkkola, S. 2022. Post-drainage stand growth and peat mineralization impact water quality from forested peatlands. *Journal of Environmental Quality* 51: 1211-1221. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20412>
- Nieminen, M., Pukkala, T., Stenberg, L., Sarkkola, S., Vihonen, A., Valkeapää, A. (2023). Jatkuvan kasvatuksen ja tasaikäismetsätalouden vaikutus metsäisten valuma-alueiden vesistökuormitukseen Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2023* artikkeli 22001. <https://doi.org/10.14214/ma.22001>
- Pukkala, T. 2011. Optimizing forest management in Finland with carbon subsidies and taxes. *Forest Policy and Economics*, 13(6), 425-434.
- Pukkala, T., Vauhkonen, J., Korhonen, K. T., & Packalen, T. 2021. Self-learning growth simulator for modelling forest stand dynamics in changing conditions. *Forest-ry: An International Journal of Forest Research*, 94(3), 333-346.
- Räike, A., Taskinen, A., Knuuttila, S. 2019. Nutrient export from Finnish rivers into the Baltic Sea has not decreased despite water protection measures. *Ambio* 2019. doi:10.1007/s13280-019-01217-7

A photograph of a forest with a green box containing the word 'Kiitos!' overlaid on it. The forest consists of tall, thin trees, likely spruce or fir, with a dense canopy. The ground is covered in low-lying vegetation and fallen branches. The word 'Kiitos!' is written in white, bold, sans-serif font on a green rectangular background.

**Kiitos!**