

**KUNNOS-työkalun
hyödyntäminen metsätalouden
vesiensuojelurakenteiden
paikantamisessa**

**Tuomo Karvonen, WaterHope
Samuli Joensuu, Tapio Oy
Tiina Ronkainen, Tapio Oy
Tarja Anttila, Tapio Oy
Asmo Hyvärinen, Tapio Oy
Maija Kauppila, Tapio Oy**



Kuva: Mikko Niemi

Esityksen sisältö

- KUNNOS-mallin tavoitteet
- Käytettävät paikkatietoaineistot ja lisäaineistot
 - * Maanmittauslaitoksen tiheäpulsinen LIDAR 5P-aineisto
 - * Suosimulaattorin nomogrammien hyödyntäminen (vettymishaittojen arviointi)
- Valuma-alueen hydrologisesti kytkeytynyt uomaverkosto
- Vesiensuojelurakenteiden mahdollisten paikkojen etsiminen
- Yhteenveto

*HUOM! **Algoritmi**=toistettavissa oleva systemaattisten menettelytapojen joukko (käytännössä joukko lyhyitä tietokoneohjelmia)*

KUNNOS-mallin tavoitteet/1

- **KUNNOS** on paikkatietoaineistoja hyödyntävä tietokoneohjelmisto
- Tavoitteena on löytää aineistojen avulla vesiensuojelurakenteiden mahdollisia paikkoja
 - * pintavalutuskentät, kosteikot, putkipadot, ennallistettavat suoalueet, kaksitasouomat, kaivukatkokot, laskeutusaltaat
- Ensisijainen tarkastelutaso on 3. jakovaiheen valuma-alue (n. 5800 aluetta, keskiarvo 55 km²/alue)
 - * suurin yhtenäinen tarkasteltu valuma-alue on Siuntionjoki (460 km²)
- Mallin kehittämisen lisämotivaatio on uuden metsätalouden kannustejärjestelmän (METKA) tuomat muutokset suometsän hoitohankkeen suunnitteluun ja toteutukseen
- Yhden 3. jakovaiheen valuma-alueen sisällä voi olla useita METKA-suunnittelukohteita

KUNNOS-mallin tavoitteet/2

Mahdollisten paikkojen etsintää rajataan käyttäjän valitsemien parametrien avulla

1. Vesiensuojelurakenteen yläpuolisen valuma-alueen minimipinta-ala (ha)
* ***ei ehdoteta kohdetta, jonka vaikutusalue liian pieni***
* sopiva arvo vaihtelee erityyppisillä vs-rakenteilla
2. Vesiensuojelurakenteen yläpuolisen valuma-alueen maksimipinta-ala
* ***ei ehdoteta kohdetta, jossa viipymä jää liian pieneksi***
3. Vesiensuojelukohteen pinta-ala suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen
* ***pintavalutuskentän ja kosteikon pinta-ala vähintään 1% valuma-alueen pinta-alasta***
4. Vesien virtauksen kannalta yhtenäisen suoalueen tarkastelu kokonaisuutena

HUOM! KUNNOS-mallin avulla saadaan ehdotukset vesiensuojelurakenteiden paikoiksi, mutta paikkojen soveltuvuus on varmennettava maastokäynneillä ja karttatarkasteluilla ja yksityiskohtaisella suunnittelulla.

HUOM 2! Maanomistajien yhteistyö hankkeissa ja metsänomistajien tavoitteiden huomioiminen on erittäin tärkeää!

Hyödynnettävät paikkatietoaineistot

- Maanmittauslaitos (MML): 2x2 m2 korkeusmalli
- MML: tiheäpulsiset laserkeilausaineistot (LIDAR 5 p tai LIDAR 0.5 p)
- MML:n maastotietokannasta ojat ja tiet
- LUKE: puuston kuutiomäärä 2013, 2019 ja 2021
- LUKE: Päätyyppi (kivennäismaa, korpi, räme)
- LUKE: Maaluokka (metsämaa, kitumaa, joutomaa)
- SYKE: CORINE-maankäyttö, uomaverkosto, pienten valuma-alueiden data
- GTK: maalajiluokka (pääosin 1:200 000, 1:20 000 kattavuus rajoitettu)
- Ilmatieteen laitos: säädata
- Metsäkeskuksen hila-aineistot
- Tapion aineistot (1990,2011 ja 2023): maastomittaukset, ojaviivat, ojanimet, koealueiden valuma-alueet

Maanmittauslaitoksen tiheäpulsainen LIDAR 5 p-aineisto

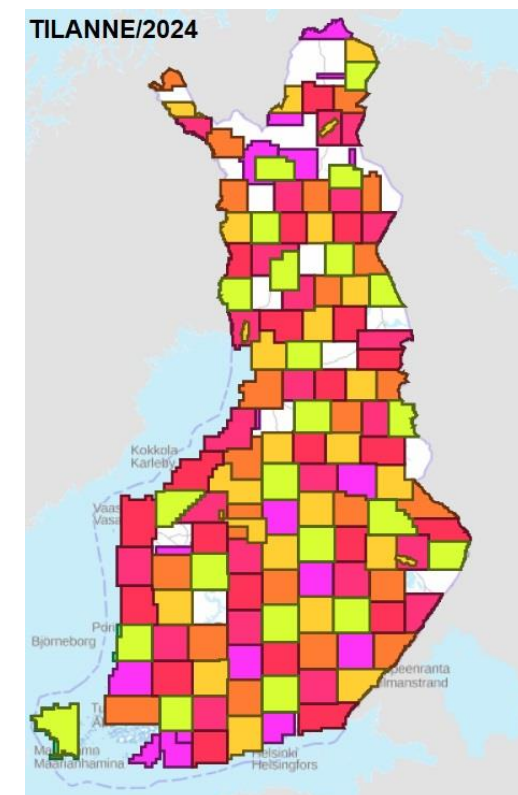
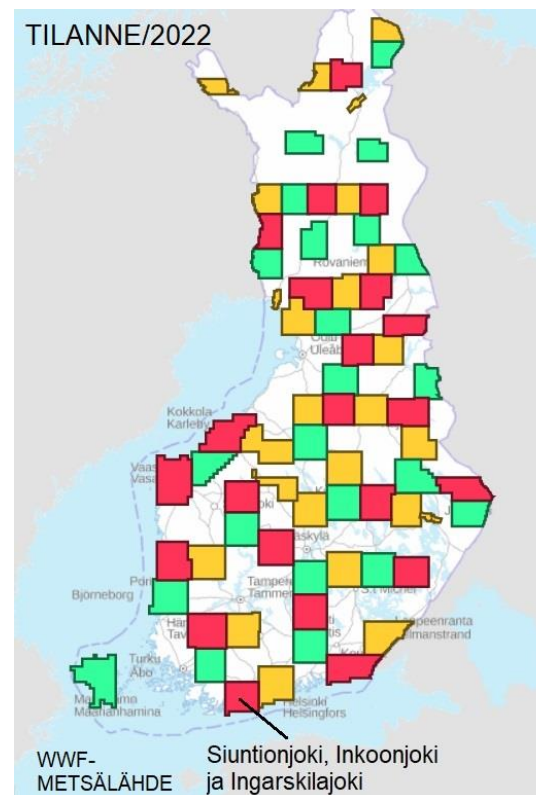
- Laserkeilausaineisto 5 p on valtakunnallinen tiheä laserkeilausaineisto, jota on kerätty vuodesta 2020 alkaen.
- Aineiston pistetiheys on 5 pistettä/m².
- LIDAR 5 p-aineiston avulla on mahdollista etsiä metsäojien syvyys (ojien kunto)
- Ojien syvyystietoa voidaan hyödyntää vesiensuojelurakenteiden paikkojen etsinnässä
- Tärkeä tieto myös Suosimulaattorin nomogrammien hyödyntämisessä



Kuva: Mikko Niemi

Maanmittauslaitoksen tiheäpulsinen LIDAR 5 p-aineisto

- Kansallisessa laserkeilausohjelmassa Suomi on jaettu alueisiin, jotka pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta keilataan kuuden vuoden sykleissä.
- Yhden keilausalueen pinta-ala 2500 – 3000 km² (50-60 km leveä)
- Alueellinen kattavuus v. 2022 (vasen kartta ja 2024 (oikeanpuoleinen kartta)
- *Huom ! LIDAR 0.5 p on harvennettu data, joka löytyy koko maan alueelta*
- *Huom ! LIDAR 5 p on maksullinen ja LIDAR 0.5 P vapaasti ladattava*



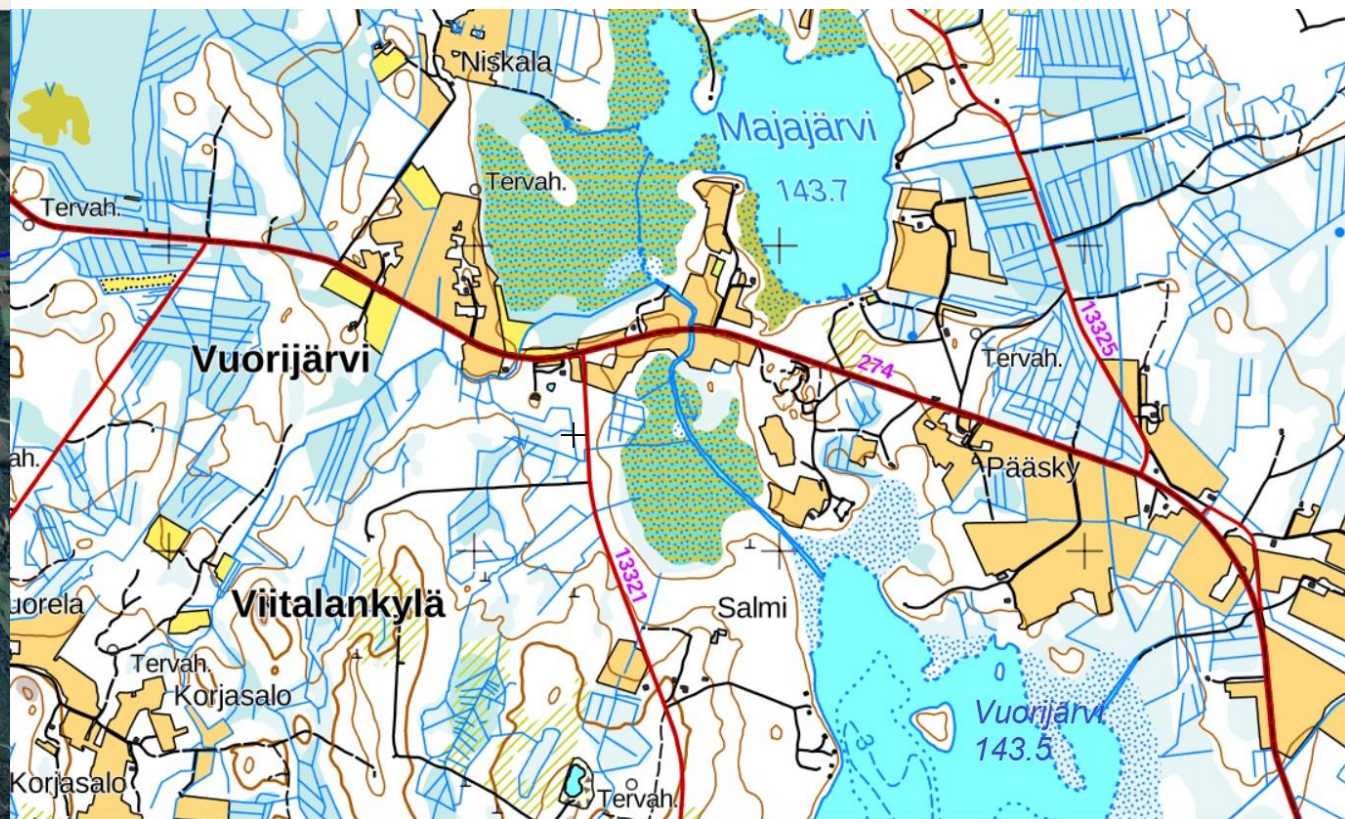
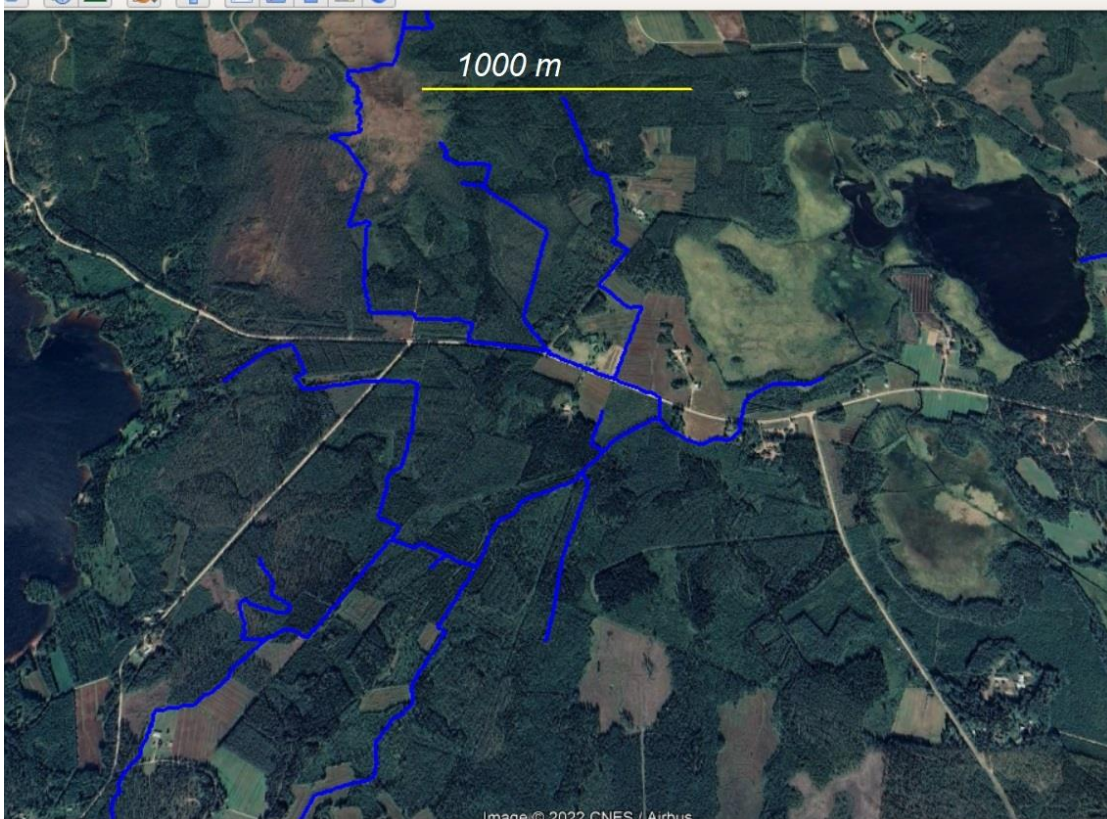
Valuma-alueen hydrologisesti kytkeytynyt uomaverkosto

Paikkatietojen analysointivaihe:

- laaditaan aineistojen avulla toisiinsa kytkeytyneet uomaverkostot
- tarvitaan sekä vesiensuojelurakenteiden paikantamisessa, että vedenlaatuvaikutusten arvioinnissa
- kytkeytyneessä uomaverkostossa tunnetaan valuma-alueen jokaisen pisteen yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala (flow accumulation-rasteri)
- pystytään laskemaan valumat ja virtaamat valuma-alueen jokaisessa pisteessä
 - * valumat SYKEN pienten valuma-alueiden aineistojen avulla

Hydrologisesti kytkeytynyt uomaverkosto

- Esimerkki toisiinsa kytketystä uomaverkostosta (Majajärven yläpuolinen valuma-alue: Vuorijärven 3. jakovaiheen valuma-alue Parkanossa)
- Vasen kuva: uomat, joiden yläpuolinen valuma-alue on vähintään 20 ha
- Oikealla saman alueen kaikki uomat ja metsäojat



Suosimulaattorin nomogrammien hyödyntäminen

- HYTKY-projektissa LUKE/L. Stenberg on laskenut Suosimulaattori-mallilla metsäalueilla tarvittavan ojasyvyyden kun tarvittava kuivavara on valittu (Hökkä et al.)
- Tulokset on laskettu useille eri yhdistelmille: maalajiyhdistelmät, turvepaksuus, puuston kuutiomäärä, sarkaleveys
- 10 aluetta eri puolilla Suomea
- Suosimulaattorin tulokset on koottu ”nomogrammeiksi”

Hannu Hökkä¹, Ari Laurén², Leena Stenberg¹, Samuli Launiainen³, Kersti Leppä³ and Mika Nieminen¹

Defining guidelines for ditch depth in drained Scots pine dominated peatland forests

Hökkä H., Laurén A., Stenberg L., Launiainen S., Leppä K., Nieminen M. (2021). Defining guidelines for ditch depth in drained Scots pine dominated peatland forests. *Silva Fennica* vol. 55 no. 3 article id 10494. 20 p. <https://doi.org/10.14214/sf.10494>



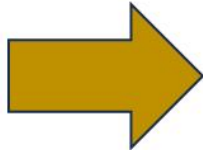
Fig. 3. Locations where SUSI was applied in the simulated scenarios.

Suosimulaattorin nomogrammien hyödyntäminen

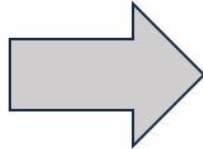
PUUSTON KUUTIOTILAVUUS (m³/ha)
(LUKE)



MAAPROFIILIN TYYPPI
(LUKE, GTK, METSÄKESKUS,
KOHTEEN DATA)



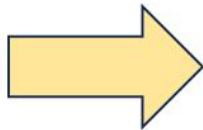
OJASYVYYS (m)
(MML, LIDAR 5 p)



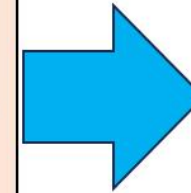
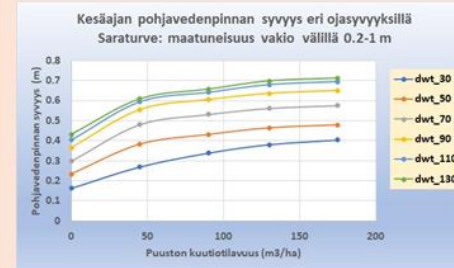
SARKALEVEYS (m)
(MML, uomaverkosto)



SIJAINTI ETSITÄÄN KOHTEEN
KOORDINAATTIEN PERUSTEELLA



SUOSIMULAATTORIN NOMOGRAMMIT (180 kpl)



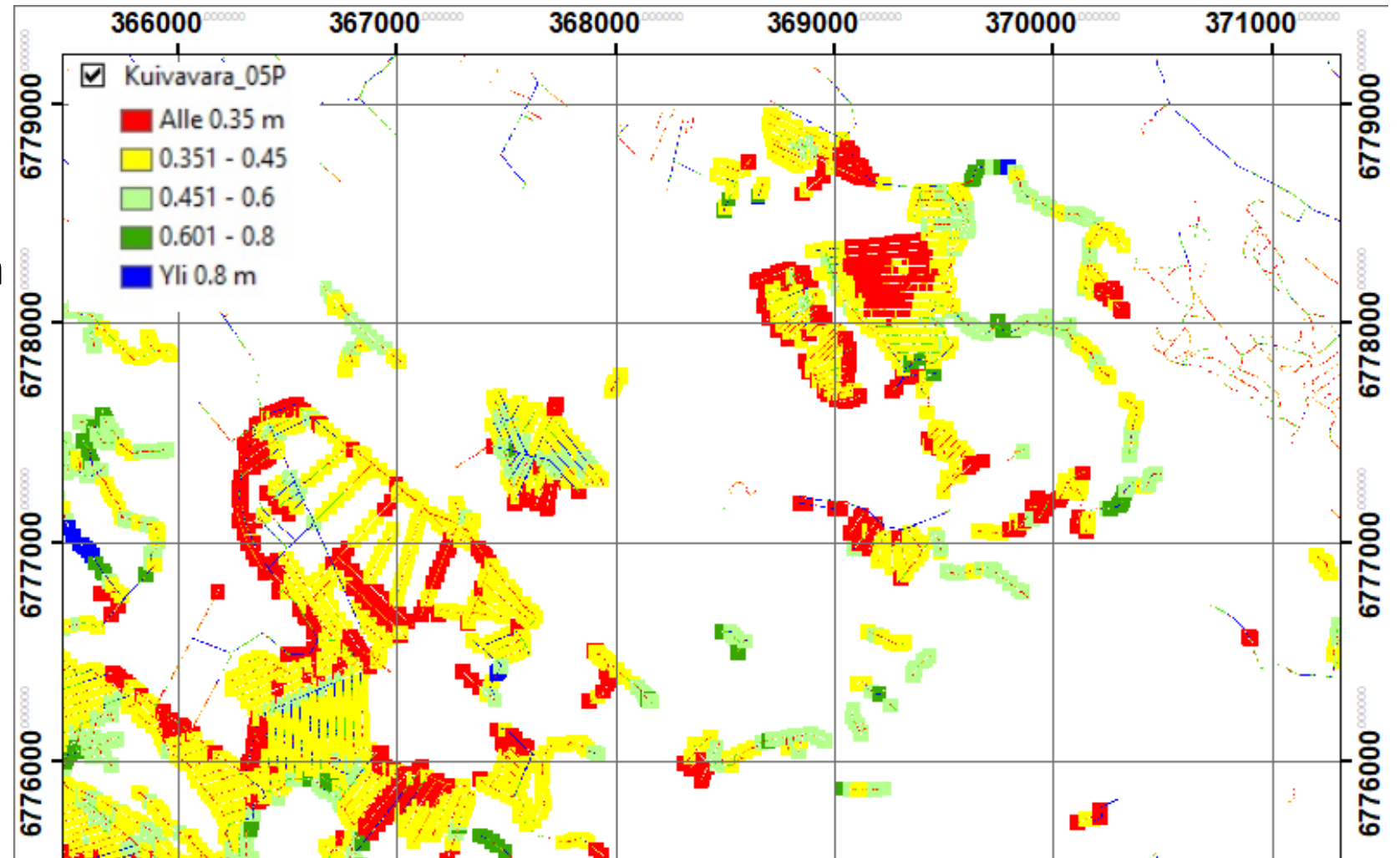
ALUEELLINEN
KUIVARA (m)

- Kuivavara_05P
- Alle 0.35 m
 - 0.351 - 0.45
 - 0.451 - 0.6
 - 0.601 - 0.8
 - Yli 0.8 m

- Tulostus rasterina 3. jakovaiheen valuma-alueelle (esimerkki seuraavalla kalvolla)
- METKA-suunnittelukohteilla lähtötietoja voidaan tarkentaa ja parantaa tulosten luotettavuutta

LIDAR 5 p aineistojen ja suosimulaattorin nomogrammien hyödyntäminen

- Esimerkki Vuolujoen valuma-alueelta: **metsäkuvioiden kuivavara**
- Esityksessä myöhemmin kalvo, jossa selitetään aineiston käyttö vesiensuojelurakenteiden mahdollisten paikkojen etsinnässä



Pintavalutuskenttien, kosteikkojen ja ennallistettavien suoalueiden mahdollisten paikkojen alustava valinta

Etsitään ensin LUKEn aineistojen avulla valitut mahdollisia paikkoja 3. jakovaiheen valuma-alueelta

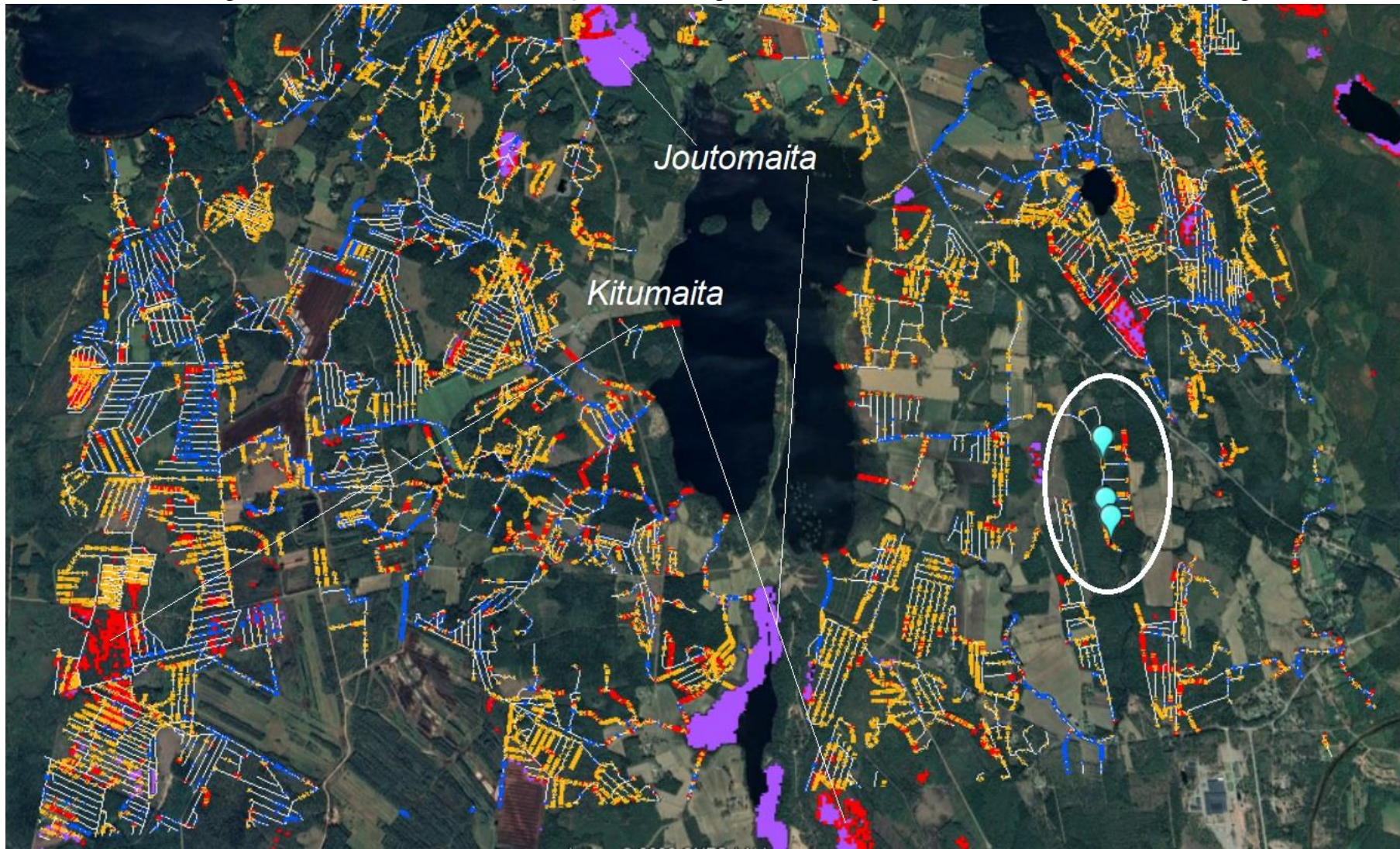
1. Joutomaat ja kitumaat (riittävän iso yhtenäinen alue)
2. Avosuot (riittävän iso yhtenäinen alue)
3. Rämeet, joilla
 - * puuston kasvu huono (esim. alle 25 m³/ha)
 - * kuivavara pieni (esim. alle 0.3 m, eli ojat lähes ummessa)



Vesiensuojelukohteiden alustavien paikkojen valinnan jälkeen tarvitaan suunnittelijan tekemää maastotyötä ja karttatarkasteluja. Analyysin avulla voidaan helpottaa ennakkosuunnittelua ja kohdentaa maastotöitä!

Esimerkki Vuorijärven valuma-alueelta (Parkano)

- Ojaverkoston kunto (punainen alle 0.3 m, oranssi 0.3-0.6 m, violetti 0.6-1 m ja sininen >1m) sekä jouto- ja kitumaiden sijainti




LIDAR-aineistojen hyödyntäminen pintavalutuskenttien ja kaivukatkojen valinnassa

- alustavan paikkojen valinnan jälkeen hyödynnetään LIDAR-aineistoja
- pääosa pintavalutuskenttien ja kaivukatkojen algoritmeista on otettu Mikko Niemen väitöskirjasta

Using a digital elevation model to place overland flow fields and uncleaned ditch sections for water protection in peatland forest management

Niemi, M., Ojanen, P., Sarkkola, S., Vasander, H., Minkkinen, K. & Vauhkonen, J., toukok. 2023, julkaisussa: Ecological Engineering. 190, 106945, 10 Sivumäärä, 106945.

Tutkimustuotos: Artikkelijulkaisu > Artikkelit > Tieteellinen > vertaisarvioitu

 Open access  Tiedosto

Producing information from airborne LiDAR data for peatland forest management

Julkaisun otsikon käännös: Tiedon jalostaminen lentolaserkeilausaineistosta suometsänhoidon suunnitteluun

Niemi, M., 28 marrask. 2022, Helsinki: Finnish Society of Forest Science. 40 Sivumäärä

Tutkimustuotos: Opinnäyte > Väitöskirja > Artikkelikokoelma

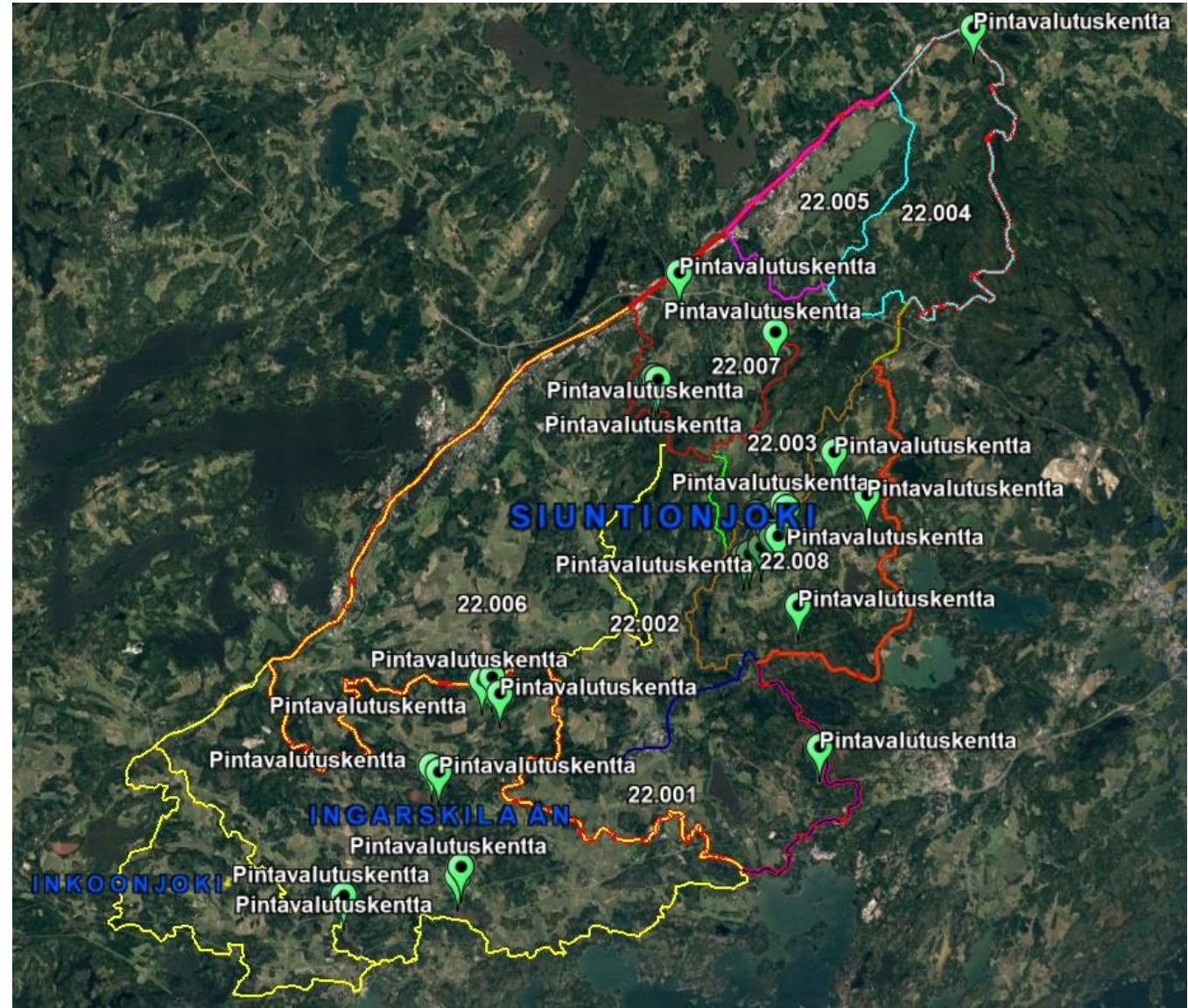
Vesiensuojelurakenteiden mahdollisten paikkojen etsiminen: pintavalutuskentät

Kriteerit Mikko Niemi ym. (2023) artikkelista:

- Käytetään mediaanisuodatettua, 10 metrin solukokoon muunnettua korkeusmallia, jossa tavanomaiset ojat ”katoavat”
- Sopivia alueita etsitään kolmella eri tekijällä:
 1. Maaston kaltevuus virtaussuuntaan $0,23-0,86^\circ$ (0.4-1.5 %)
 2. Virtausta vastaan kohtisuoraan vähintään 50 m sellaista aluetta, jossa korkeusvaihtelu alle 10 cm
 3. Lopuksi etsitään yli 0,5 hehtaarin yhtenäiset alueet, joilla määritetyt parametriarvot toteutuivat

Pintavalutuskenttien mahdollisten paikkojen valinta

- Mahdollisia pintavalutuskenttien paikkoja Siuntionjoen (460 km²), Ingarskila ån (159 km²) ja Inkoonjoen (45 km²) valuma-alueilla

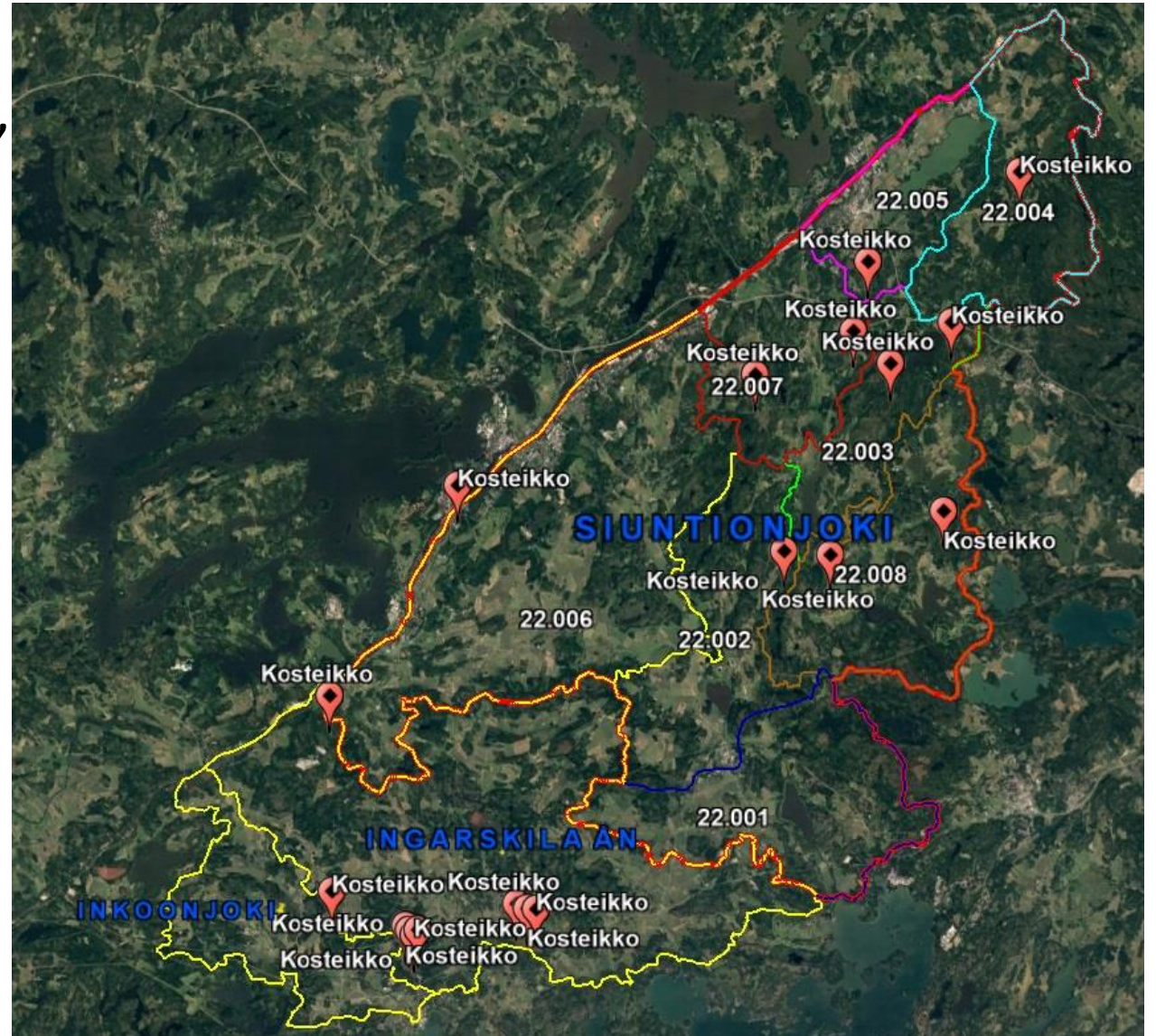


Kosteikkojen mahdollisten paikkojen valinta

- LUKEn aineistoista kitumaiden, joutomaiden ja avosoiden sijainnit
- Mahdolliset rämealueet, joilla puuston määrä pieni ja kuivavara ei ole riittävä turvaamaan metsän kasvua ilman perkausta
- Pyritään etsimään sekä kaivukosteikkojen, että padottamalla toteutettavien kosteikkojen mahdollisia paikkoja
- Vedenpinnan nostamisen mahdolliset kuivatushaitat/padottava kosteikko (Suosimulaattorin nomogrammien hyödyntäminen)
- Tarpeeksi suuri yläpuolinen valuma-alue (hydrologisesti kytkeytynyt uomaverkosto)
- Mahdollisuus johtaa vedet valtaojista painovoimaisesti kosteikkoon+ palautus valtaojaan tai jokeen

Kosteikkojen mahdollisten paikkojen valinta

- Mahdollisia kosteikkojen paikkoja Siuntionjoen (460 km²), Ingarskila ån (159 km²) ja Inkoonjoen (45 km²) valuma-alueilla



Vesiensuojelurakenteiden mahdollisten paikkojen etsiminen: suoalueiden ennallistaminen

- Mahdolliset rämealueet, joilla puuston määrä pieni ja kuivavara ei ole riittävä turvaamaan metsän kasvua ilman perkausta
- Vedenpinnan nostamisen mahdolliset kuivatushaitat (Suosimulaattorin nomogrammien hyödyntäminen)
- Tarpeeksi suuri yläpuolinen valuma-alue (hydrologisesti kytkeytynyt uomaverkosto)
- Mahdollisuus johtaa vedet painovoimaisesti suoalueelle ja palautus valtaojaan tai jokeen

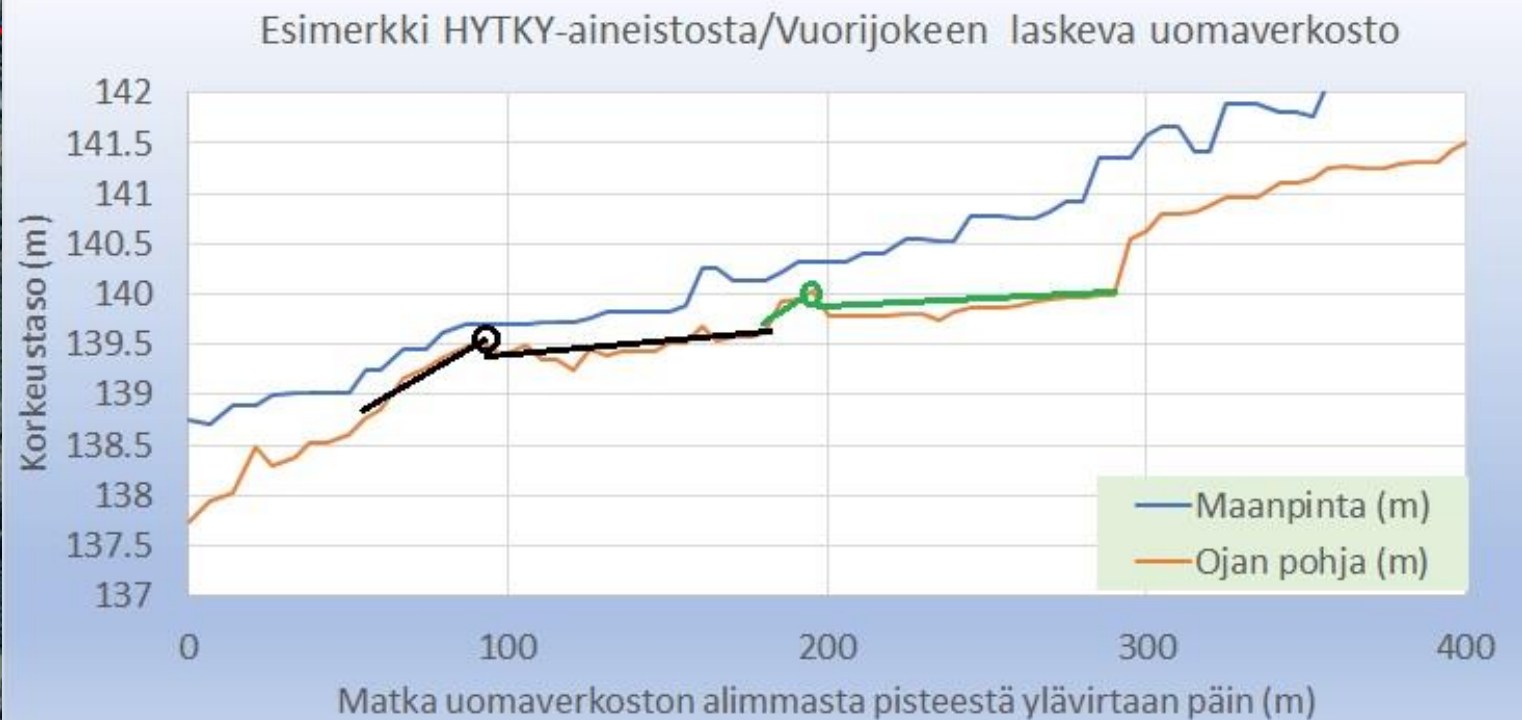
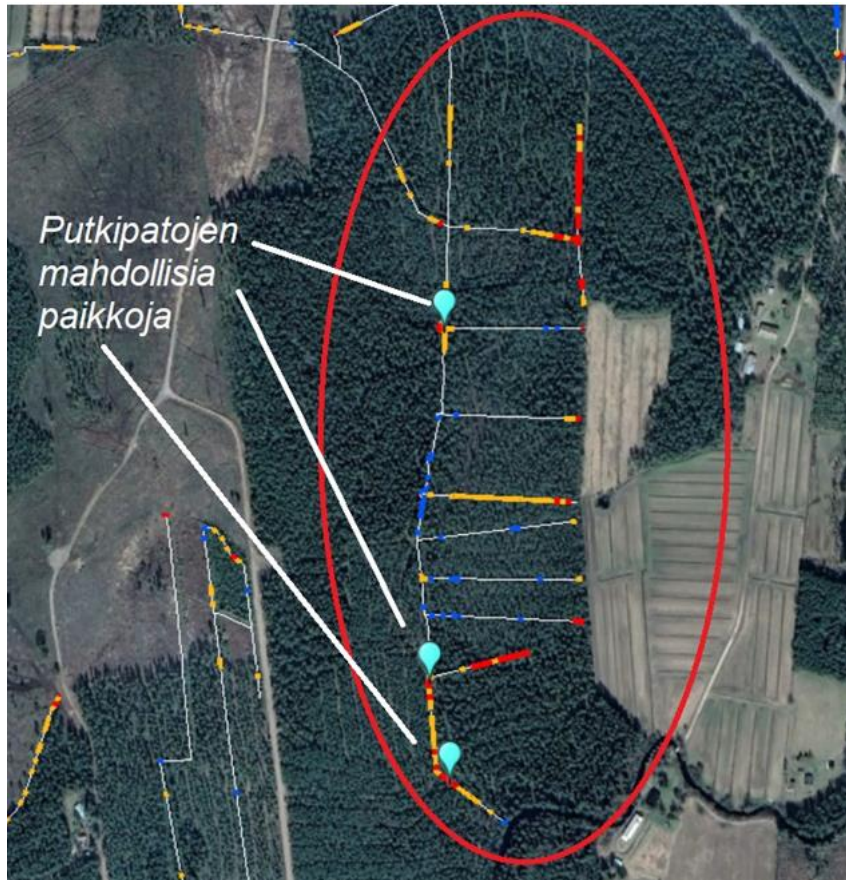
Vesiensuojelurakenteiden mahdollisten paikkojen etsiminen: putkipadot

- Putkipatojen ja virtaamansäätöpatojen avulla voidaan tasoittaa rankkasateiden ja sulamisvesien aiheuttamia huippuvirtauksia varastoimalla vettä väliaikaisesti ojiin.
- Analyysin lähtökohtana ehdottaa patojen sijoittamista sellaisiin kohtiin, joiden yläpuolella mahdollisimman paljon ojatilavuutta veden väliaikaiseen varastointiin.
- Putkipadon alapuolella riittävän suuri uoman pohjan kaltevuus



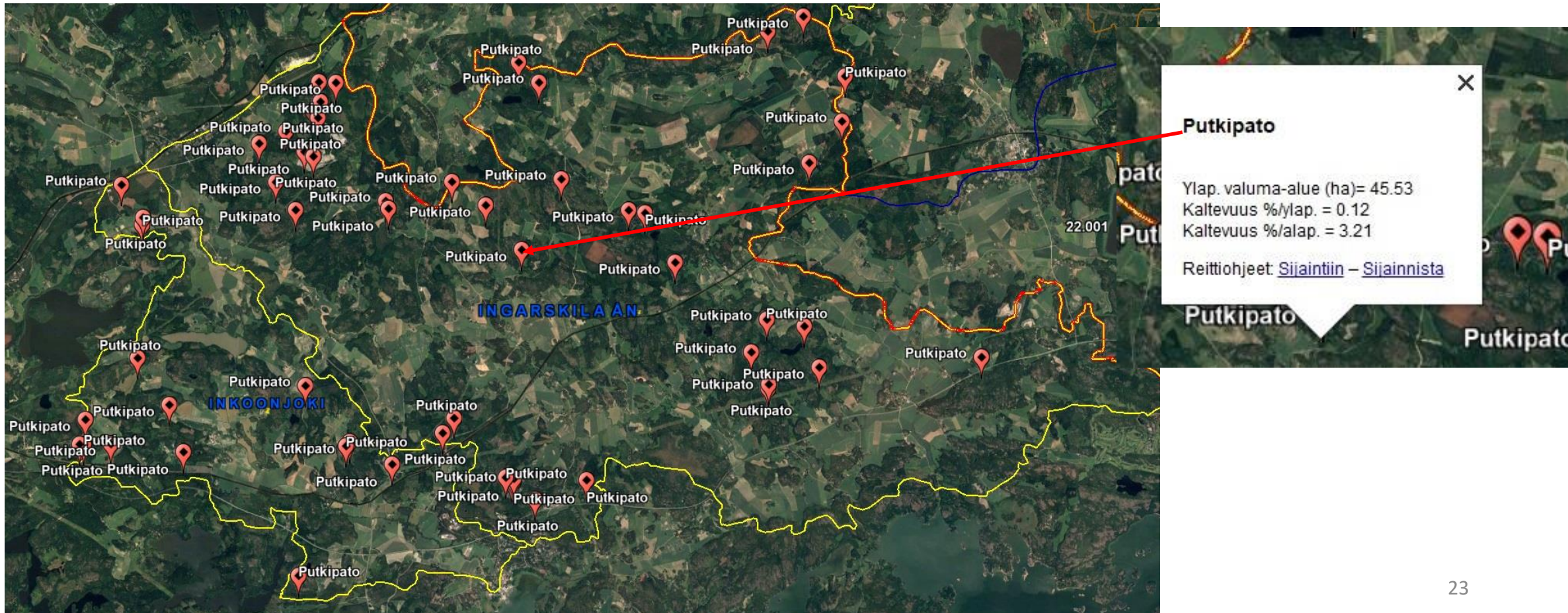
Esimerkki putkipatojen paikkojen etsinnästä

- Esimerkkinä lyhyt uomajakso Vuorijärven valuma-alueelta
- kytketty uomaverkosto: löytyy kolme mahdollista putkipadon paikkaa (kahden paikka esitetty oikeanpuoleisessa pituusleikkauksessa)



Esimerkki putkipatojen paikkojen etsinnästä

- Mahdollisia putkipaikkojen sijainteja Ingarskila ån (159 km²) ja Inkoonjoen (45 km²) valuma-alueilla
- Putkipatojen vaikutus kuivavaraan/Suosimulaattorin nomogrammit



Seuraavaksi

- Jatketaan algoritmien kehitystä ja testausta;
 - * Siuntionjoen, Inkoonjoen ja Ingarskilajoen valuma-alueet
 - * yhteishanke WWF:n kanssa
- Lisätään suunnittelijalle toimitettaviin tulostuksiin kaikkien ehdotettavien vesiensuojelurakenteiden
 - * yläpuolisen valuma-alueen koko
 - * mitoitusvirtaamat (NQ, MNQ, MQ, MHQ ja HQ)
 - * vaikutukset veden laatuun
- Tutkitaan onko mahdollista lisätä algoritmeihin mitoitusperiaatteita

Mahdollisia kehityskohteita

- Vesiensuojelurakenteiden vaikutusten mallintaminen virtaamiin ja vedenlaatuun eri mitoitustilanteissa (NQ, MNQ, MQ, MHQ ja HQ)
- Vesiensuojelurakenteiden vaikutusten arviointi kuormituksiin ja pitoisuuksiin
 - * kiintoaine
 - * ravinteet
 - * TOC, DOC
- Paikkatietojen avulla pystytään löytämään paljon mahdollisia kohteita
 - * tarvitaan menetelmiä, joilla etsitään ne kohteet, joiden vaikutus kuormitusten pienentämisessä on suurin mahdollinen
 - * otettava huomioon käytettävissä oleva rahoitus
 - * tarkoittaa käytännössä ”rajoitettua optimointitehtävää”
- Ilmastonmuutoksen vaikutusten mallintaminen (määrä ja laatu)

Yhteenveto

- KUNNOS-mallin avulla on mahdollista etsiä 3. jakovaiheen valuma-alueilta mahdollisia vesiensuojelurakenteiden paikkoja
- Isommat vesistöalueet käsitellään yhdistämällä 3. jakovaiheen tarkastelut (esim. Siuntionjoki, jossa kahdeksan 3. jakovaiheen aluetta)
- Mahdollisten paikkojen etsintää rajataan käyttäjän valitsemien parametrien avulla
 - * ei liian paljon kohteita
 - * käytettävissä oleva rahoitus kohteiden toteuttamiseen
- Vedenlaatuvaikutusten arviointi seuraava kehityskohde

HUOM! Algoritmien avulla saadaan ehdotukset vesiensuojelurakenteiden paikoiksi, mutta paikkojen soveltuvuus on varmennettava maastokäynneillä ja karttatarkasteluilla mukaan lukien maanomistussuhteet.

KIITOS !

