MoniURA-sovelluksen käytettävyys ajourasuunnittelun tukena

Metsätehon tuloskalvosarja 14/2026

Annaleena Porttikivi, Kirsi Riekki ja Jukka Malinen

Metsäteho Oy

OPTI FOR VALUE

OPTIMISING FOREST OPERATIONS FOR SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT & HIGH-VALUE APPLICATIONS

The **OptiForValue** project is supported by the **Circular Bio-based Europe Joint Undertaking (CBE JU)** and its members under Grant Agreement N° 101157658. Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CBE JU. Neither the European Union nor the CBE JU can be held responsible for them.

ISSN 1796-2390

Metsäteho

Circular Bio-based Europe Joint Undertaking

Bio-based Industries Consortium

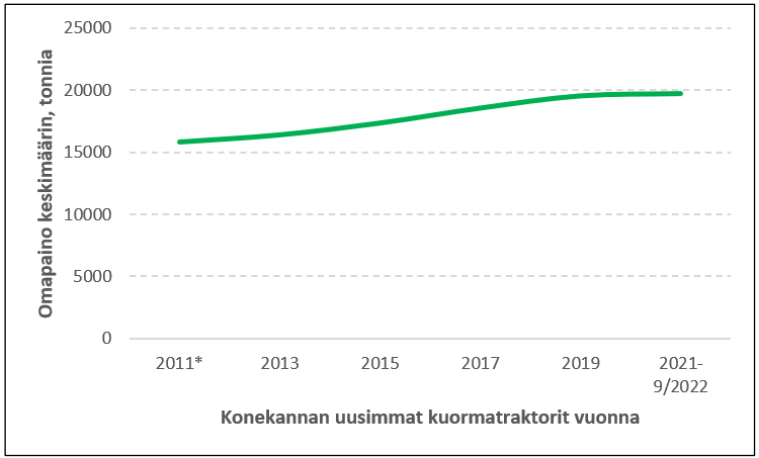
Co-funded by the European Union

Johdanto

- Ajourasuunnittelu on monitavoitteinen prosessi, jossa on otettava huomioon puunkorjuun kustannustehokkuus, ekologisuus sekä metsänhoidolliset tavoitteet.
- Ajourasuunnittelun merkitys korostuu ensiharvennuksilla, joissa ei ole nähtävissä aiemmin tehtyjä ajouria.
- Metsäteho Oy on kehittänyt MoniURA-ajourasuunnittelumallin, jolla voidaan suunnitella ensiharvennuskohteille koko ajouraverkosto (Riekki ym. 2025). Mallia on testattu tähän mennessä rajallisella aineistolla, minkä vuoksi mallin käytettävyydestä on vielä varsin vähän tietoa.
- Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä kokonaisvaltaisesti tietoa MoniURA-mallin käytettävyydestä sekä tunnistaa kehitystarpeita, joita voidaan hyödyntää mallin jatkokehittämisessä.
- Tutkimus on osana OptiForValue-hanketta, jonka yhtenä tavoitteena on testata ja kehittää täsmäluonnon- ja täsmämetsänhoidon suunnittelu- ja monitorointijärjestelmiä.

Ajourasuunnittelussa huomioitavia tekijöitä: maastovaurioiden ehkäisy

- Koneellinen puunkorjuu voi aiheuttaa vakavia ja pitkäaikaisia muutoksia maaperään, kuten maaperän tiivistymistä ja urapainaumia.
  - Merkittävimmät maaperävaikutukset syntyvät yleensä kuormatraktorilla operoinnin seurauksena.
    - Uusien kuormatraktorien omamassa ja kantavuus on kasvanut 2010-luvulla merkittävästi (Traficom: avoin data 3.0–5.18). Kuormattuna kokonaismassa voi nousta jopa 40 tonniin.
- Myös ajokertojen määrällä on keskeinen vaikutus maastovaurioiden syntyyn.
  - Kokoojaurat tienvarsivarastojen läheisyydessä altistuvat suurelle paikalliselle kuormitukselle.
- Hienojakoisen maa-aineksen ja korkean vesipitoisuuden yhteisvaikutus lisää maastovaurioiden riskiä, tosin yhteys ei ole täysin yksiselitteinen (Toivio ym. 2017).



Kuormatraktoreiden omamassan kehitys vuosina 2011-2022. Lähde Traficom. Kuva: Asko Poikela, Metsäteho Oy.

Ajourasuunnittelussa huomioitavia tekijöitä: maaston kaltevuus

Vaikutukset korjuukustannuksiin:

- Operointi jyrkissä rinteissä hidastaa korjuuta ja lisää polttoainekustannuksia.
- Suvisen (2006) tutkimuksessa esitettyjen arvioiden mukaan:
  - Alamäki alkaa rajoittaa ajoneuvon liikkumista noin 25–30 ja ylämäki noin 15–20 asteen kaltevuudessa. Nämä rajat riippuvat kuitenkin ajoneuvon suorituskyvystä, kuorman koosta sekä maaperän ominaisuuksista.
  - Yli 8,5 asteen sivukaltevuus rajoittaa liikkuvuutta.

Maaperävaikutukset:

- Maaston kaltevuuden kasvaessa maan tiivistymisen ja urapainaumien riski kasvaa.
  - Sohrabin ym. (2019) tutkimuksen mukaan riski kasvaa merkittävästi, kun maaston kaltevuus ylittää noin 11 astetta.
- Rinteissä syntyvät maan tiivistymät ja urapainaumat lisäävät pintavaluntaa ja siten eroosioriskiä. Lisäksi ne heikentävät maaperän vedenpidätyskykyä sekä lisäävät veden ja ravinteiden huuhtoutumista (Cambi ym. 2015).
- Maaston kaltevuus yhdessä ajokertojen määrän kanssa vaikuttavat merkittävästi maan huokoisuuteen, vesipitoisuuteen, irtotiheyteen ja orgaanisen hiilen määrään (Naghdi 2016).

Vaikutukset ajouranvarsipuihin:

- Kuormatraktorin kuorman heilunta erityisesti sivukaltevassa maastossa lisää runkovaurioiden riskiä.

Turvallisuus:

- Jyrkissä sivukaltevissa rinteissä metsäkoneilla, erityisesti kuormatraktorilla on kaatumisriski.
- Turvallisen operoinnin kaltevuusraja on riippuvainen metsäkoneen ominaisuuksista, kuorman painosta ja korkeudesta.

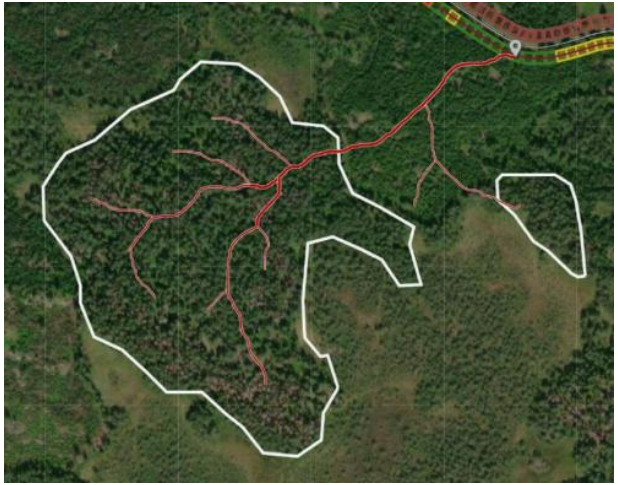
Taustaa: kuljettajien tietotarve

- Ajourasuunnittelusta vastaa pääsääntöisesti hakkuukoneen kuljettaja, jolloin kuljettajan kokemuksella ja taidolla on merkittävä vaikutus työn lopputulokseen (Ylimäki ym. 2012).
- Kuljettajilla on käytettävissä erilaisia karttoja päätöksenteon tueksi, joita he käyttävät omien mieltymystensä mukaan:
  - Hakkuukonevalmistajan teemakartat.
  - Woodforcen kartat.
  - Urakanantajan työmaakartat.
- Tarvittava paikkatieto tulee eri tietolähteistä, mikä vaikeuttaa kokonaiskuvan hahmottamista.
- Aikaisemmin tehtyjen kyselytutkimusten mukaan opastaville järjestelmille on tarvetta kuljettajan kokemuksesta ja taitotasosta riippumatta (Kauppinen ym. 2016, Kymäläinen ym. 2025).
  - Paikkatiedon tarve korostuu kohteilla, joissa näkyvyys on rajoittunutta esim. lumen, pimeyden tai puuston ja muun kasvillisuuden tiheyden vuoksi sekä maastoltaan vaikeakulkuisissa kohteissa.
  - Myös epäsäännöllinen kuvion muoto vaikeuttaa ajourasuunnittelua.
  - Lisäksi kaivataan tietoa tienvarsivarastojen sijoittelussa ja erityiskohteiden sijainnissa.

Taustaa: ajourasuunnittelumalleja

Erilaisia ajourasuunnittelumalleja on kehitelty ajourasuunnittelun tueksi:

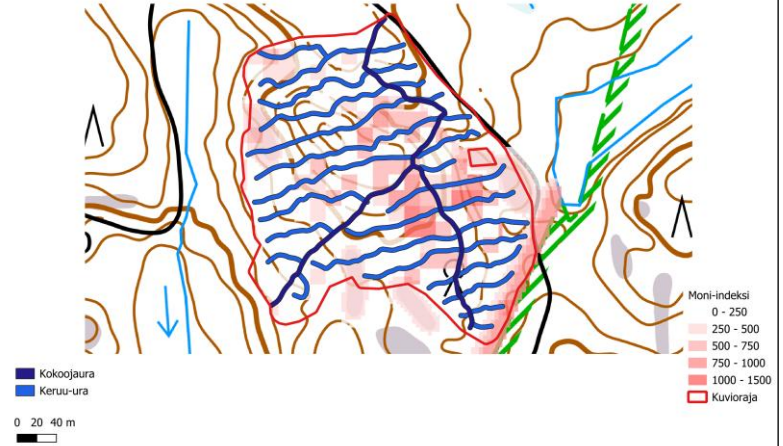
- Timbertrail
  - Tarkoitettu päätehakkuukohteille.
  - Suunnittelee toimenpidekuviolle kokoojaurat ja tarvittaessa varastopaikat.
  - Syötetietoina mm. korkeusmalli, puuston tilavuustiedot, DTW (depth-to-water) -kosteusindeksi sekä vektorimuotoista tietoa erilaisista ”No-Go”-alueet.
  - Perustuu Skogforskin kehittämään BestWay-suunnittelumenetelmään (Flisberg ym. 2020).
  - Kaupalliset oikeudet omistaa Creative Optimization Sweden AB.
- Ajourakone
  - Optimoi toimenpidekuviolle kokoojaurat.
  - Syötetietoina mm. korkeusmalli, maastotietokanta, korjuukelpoisuusluokitus (KKL) ja puustotiedot.
  - Lisäksi malli huomioi säätiedot ja luontokohteet.
  - Ajourakone on Metsäteho Oy:n kehittämä (Ovaskainen ym. 2019). Kaupalliset oikeudet omistaa CGI Suomi Oy.
  - Ajourakonetta ei tällä hetkellä ylläpidetä.
- Koko ajouraverkoston optimointiin tarkoitettuja kaupallisia sovelluksia ei ole tarjolla.



Timbertrail-ajourasuunnittelutyökalun suunnittelema kokoojaura.
Kuva: Creative Optimization Sweden AB.

MoniURA-ajourasuunnittelumalli

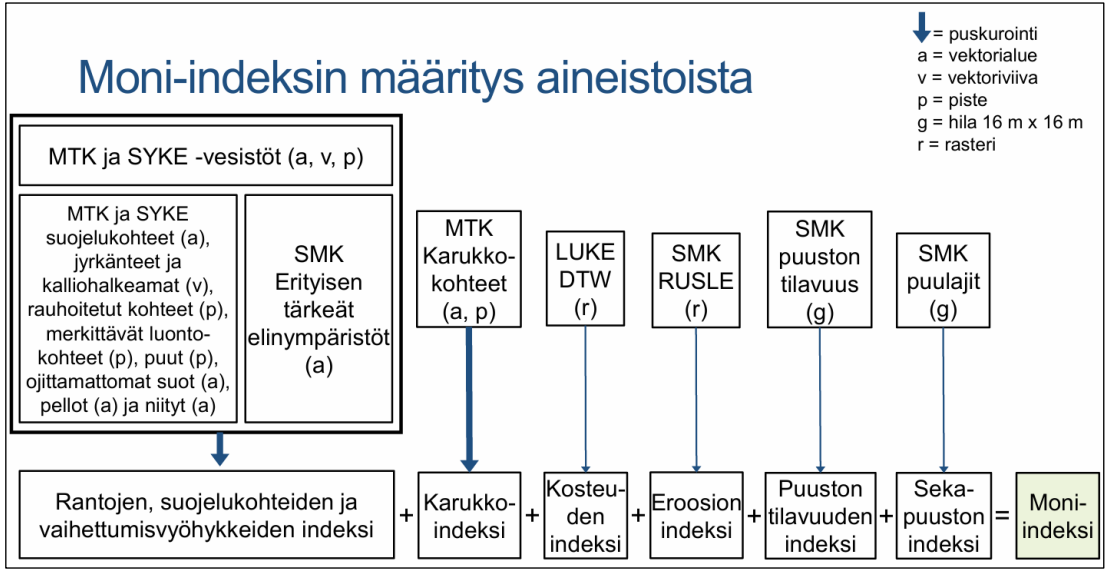
- MoniURA on Metsäteho Oy:ssä kehitetty ajourasuunnittelumalli, joka optimoi toimenpidekuviolle sekä kokooja- että keruu-urat (Riekki ym. 2025).
- Malli on kehitetty kivennäismaiden ajourasuunnittelua varten.
- MoniURA on tarkoitettu ensisijaisesti ensiharvennuskohteille, joissa ei ole mahdollista hyödyntää vanhoja ajouria.
- MoniURA- kustannusfunktio muodostettiin käyttämällä seuraavia aineistoja:
  - Ajouravälin tavoitearvona käytettiin 22 metriä. Arvo oli saatu toteutuneista ajouraverkostoista (Arponen ym. 2025).
  - Korkeusmallirasteri 2 m x 2 m (Maanmittauslaitos).
  - Korjuukelpoisuusluokitus 16 m x 16 m hila (Suomen metsäkeskus).
    - Maalajitieto (turvemaa/kivennäismaa).
    - Kosteusindeksi (engl. depth-to-water, DTW).
    - Puuston tilavuus.
    - Ojan syvyys/pohjaveden taso.
  - Ojat vektorinmuotoisena aineistona (Maanmittauslaitos).
  - Luonnon monimuotoisuusindeksi, Moni-indeksi (Metsäteho Oy) (Malm ym. 2025).



MoniURA:n optimoima ajouraverkosto. Kuvassa näkyvät myös kohteen Moni-indeksiarvot. Kohde Etelä-Savossa. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Moni-indeksi

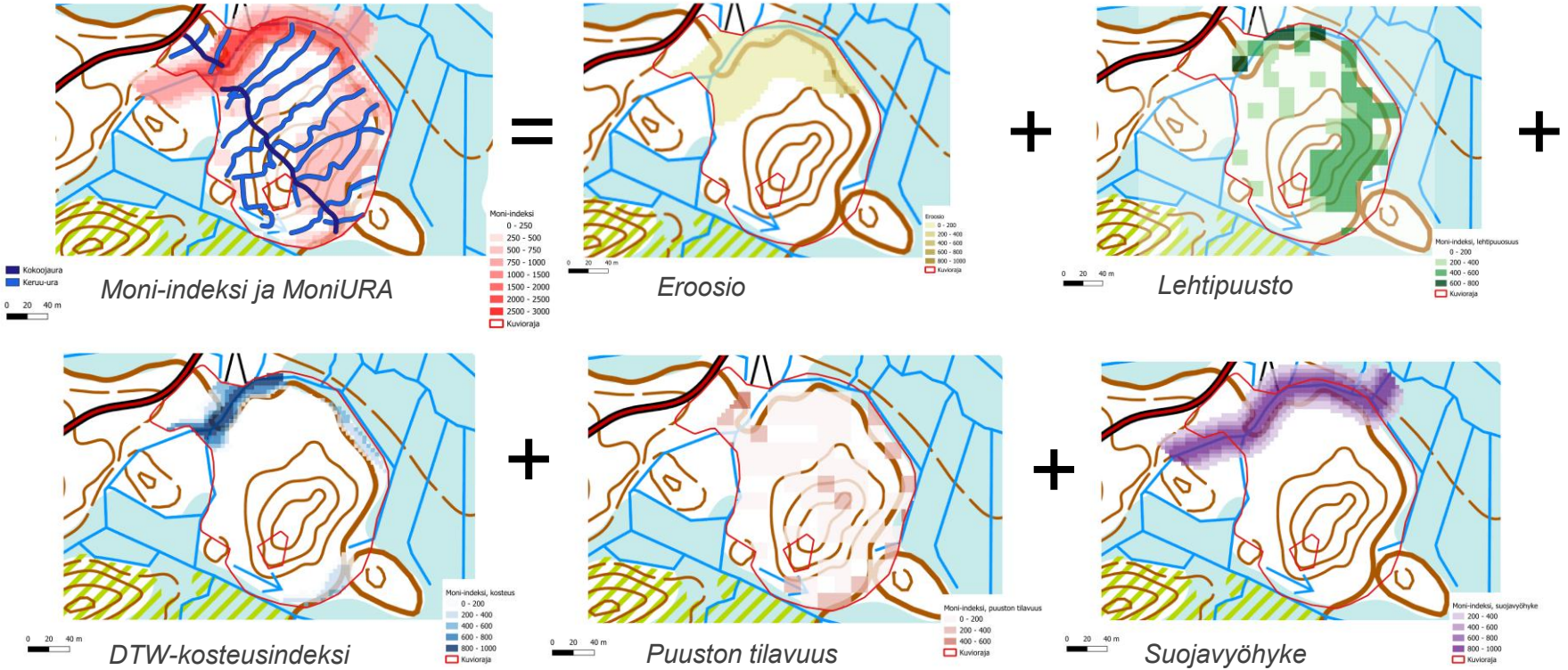
- Moni-indeksi on Metsäteho Oy:n kehittämä käsittelyalueen sisäisen vaihtelun huomioiva monimuotoisuusindeksointi (Malm ym. 2025).
- Tarkoitettu puunkorjuun suunnittelun ja toteutuksen tueksi, erityisesti automaattista ajourasuunnittelua varten.
- Hyödyntää avoimia paikkatietoaineistoja



Muuttuja	Indeksiarvot
Rantojen, suojelukohteiden ja vaihettumisvyöhykkeiden indeksi	300–1000
Karukkoindeksi	300; 500
Kosteuden indeksi	0–1000
Eroosion indeksi	0–1000
Puuston tilavuuden indeksi	0–800
Lehtipuun osuuden indeksi	0–1000
Havupuiden puulajivaihtelun indeksi	0–700

Moni-indeksi

Moni-indeksi eriteltynä. Kohde Etelä-Savossa.



Peruskartta © Maanmittauslaitos.

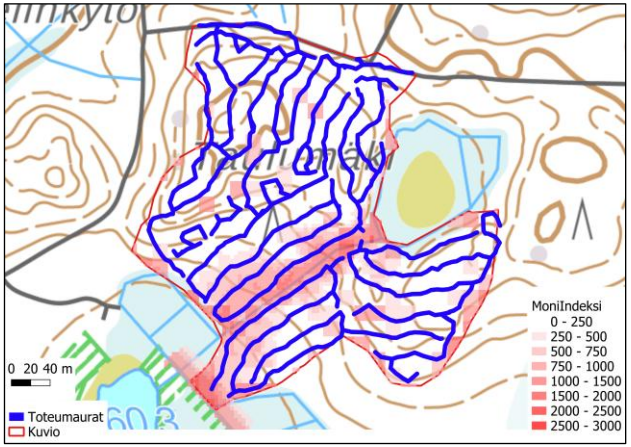
Tutkimuksen tavoite

- MoniURA- ja Moni-indeksimalleja on testattu tähän mennessä hyvin rajallisella aineistolla, minkä vuoksi niiden käytettävyydestä on vielä varsin vähän tietoa.
- Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa kokonaisvaltaisesti tietoa MoniURA:n ja Moni-indeksin kehittämistarpeista, joita voidaan myöhemmin hyödyntää mallien jatkokehittämisessä.
- Tutkimuksessa selvittiin MoniURA:n ja toteutuneiden ajourien välisiä yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia vertailemalla ajouraverkoston laatuun ja hyvyyteen liittyviä keskeisiä tunnuslukuja.
- Hakkuukoneen kuljettajien haastatteluissa kartoitettiin kuljettajan näkemyksiä MoniURA:sta ja Moni-indeksistä.
- Lisäksi haastattelujen avulla selvitettiin toteutuneiden ajouraverkostojen suunnitteluperiaatteita sekä sitä, miten maasto-, puusto- ja muut ympäristötekijät ovat vaikuttaneet ajourien suunnitteluun.
- Vertailu- ja haastattelututkimuksen perusteella pyrittiin tuottamaan tietoa siitä, miten MoniURA:nja Moni-indeksin suunnitteluparametreja ja niiden painotuksia tulisi muuttaa, jotta mallit vastaisivat mahdollisimman hyvin käytännön ajourasuunnittelun tarpeita.

Aineisto

Vertailuaineisto

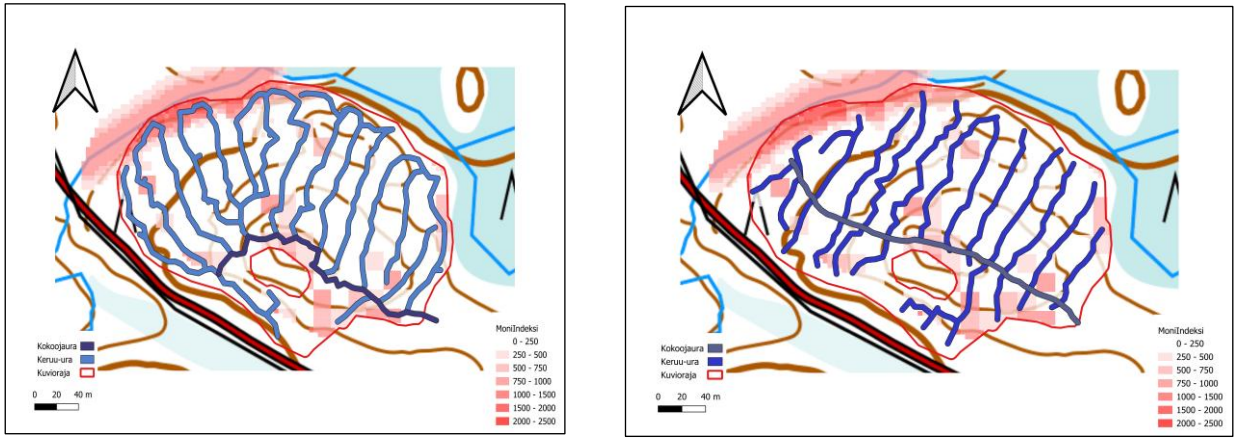
- Vertailuaineisto kerättiin Metsäteho Oy:n osakasyrityksiltä:
  - Yhteensä 49 kivennäismaan ensiharvennuskohdetta.
  - Kohteet sijaitsevat Keski-Suomessa, Etelä- ja Pohjois-Savossa sekä Lapissa.
  - Kohteilla on toteutettu ensiharvennus kesäkuun 2025 ja tammikuun 2026 välisenä aikana.
  - Kuvioiden pinta-ala vaihtelee 1,40–29,3 ha:n välillä.
  - Kohteet ovat kesäkorjuukohteita.
  - Kohteilla ei ole havaittavissa aikaisemmin tehtyjä ajouria.
  - Tutkimuskohteet on valittu niin, että ne ovat ominaisuuksiltaan heterogeenisia:
    - vaihtelevan kokoisia kohteita,
    - vaihtelevia muotoja,
    - kosteusvaihtelua,
    - kaltevuusvaihteluja,
    - vaihettumis- ja suojavyöhykkeitä,
    - ojia sekä
    - vesistöjä ja pienvesiä.



Kuvassa näkyvät toteutettu ajouraverkosto ja kohteen Moni-indeksiarvot. Ensiharvennuskohde Keski-Suomessa.
Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Ajouraverkostot

- Toteutuneiden ajourien sijaintitiedot määritettiin kuviokohtaisesti Metsäteho Oy:n kehittämän menetelmän avulla hakkuukoneen StanForD-standardin (SkogForsk, 2026) mukaisista hpr-tiedostoista (Ovaskainen ja Riekki, 2022).
- Toteutuneisiin ajouriin digitoitiin kokoojaurien sijaintitiedot QGIS-paikkatieto-ohjelmalla kuljettajien haastatteluista saatujen tietojen perusteella.
- MoniURA-malli optimoi tutkimuskohteille kokooja- ja keruu-urat.



Vasemmalla kuvassa toteutunut ajouraverkosto, johon on digitoitu kokoojauran sijainti. Oikealla MoniURA:n optimoima ajouraverkosto. Kohde Etelä-Savossa. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Tunnusluvut 1/2

- MoniURA:n optimoimista ajourista, toteutuneista ajourista sekä kuviokohtaisista ominaisuuksista laskettiin tunnuslukuja tilastollisia testejä varten.

Koko ajouraverkostojen tunnusluvut	Lisätietoja
Ajouraverkoston kokonaispituus (m)	
Ajouratiheys (m/ha)	Kuvion pinta-ala tuotettu laskennallisesti Metsätehon hakkuukonekuvioinnin mukaisesti (Melkas ym. 2020)
Keskimääräinen uraväli (m)	Määritetty Sorsan ym. (2025) mukaisesti

Kuviokohtaiset tunnusluvut	Lisätietoja
Suon osuus	Määritetty Maastotietokannan soiden ja kuvion päällekkäisyysanalyysillä
Muotoparametri	Kuvion muotoparametri neliön suhteen (Forman ym.1986)
Ojaa (m)	Maastotietokannan ojien määrä kuvion alueella

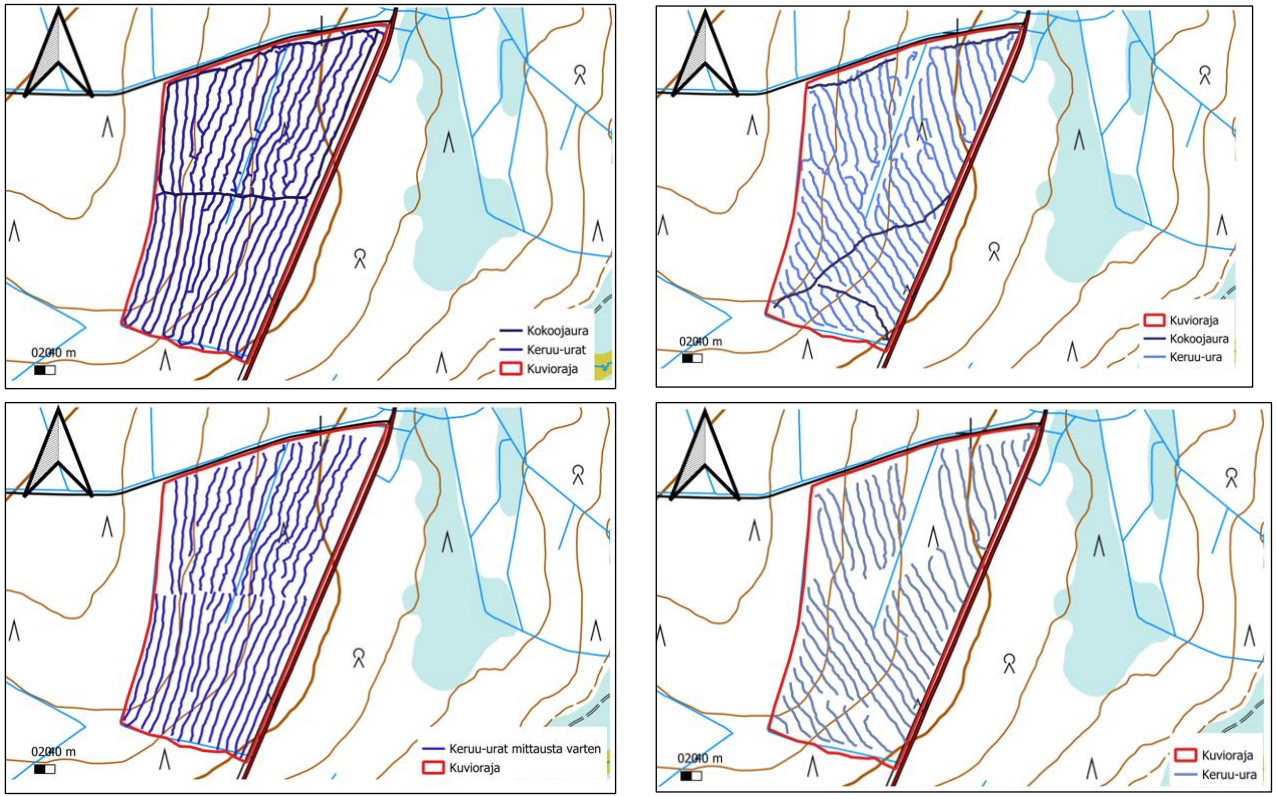
Tunnusluvut 2/2

Tunnusluvut koko ajouraverkostolle sekä kokooja- ja keruu-urille erikseen	Lisätietoja
Keskipituuskaltevuus	Pituuskaltevuus on näytteistetty ajouraverkoston viivaosuuksille, joiden pituus on korkeintaan 9 m
Maksimi pituuskaltevuus	Suurin pituuskaltevuuden arvo ajouraverkoston viivaosuuksilla
Keskisivukaltevuus	Sivukaltevuus on näytteistetty ajouraverkoston viivaosuuksia vasten kohtisuorasti 6 m etäisyydeltä
Maksimi sivukaltevuus	Suurin sivukaltevuuden arvo ajouraverkoston viivaosuuksilla
Keskipituus- ja sivukaltevuus	Pituus- ja sivukaltevuuden summa ajouraverkoston yhdellä viivaosuudella
Maksimi pituus- ja sivukaltevuus	Suurin pituus- ja sivukaltevuuden summa ajouraverkoston yhdellä viivaosuudella
Keskimääräinen korjuukelpoisuusluokitus	Ajouraverkoston viivaosuuksien korjuukelpoisuusluokitusten keskiarvo (viivojen pituudet huomioitu). Korjuukelpoisuusluokat: 1 Kivennäismaa, kelirikko 2 Kivennäismaa, normaali kesä 3 Kivennäismaa, kuiva kesä 4 Turvemaa, normaali kesä 5 Turvemaa, kuiva kesä 6 Talvi
Keskimääräinen DTW-arvo (m)	Ajouraverkoston viivaosuuksien DTW-arvojen keskiarvo (viivojen pituudet huomioitu)
Keskimääräinen kompassisuunta (astetta)	Määritetty ajouraverkoston viivaosuuksista
Keruu-urien pituus	Kokoojaurilta lähtevien keruu-urien yhdensuuntainen pituus. Toteutuneista keruu-urista poistettiin urien päät yhdistävä kaarros. Alle 10 m:n pituiset keruu-urat luokiteltiin pistoiksi.

Tunnusluvut: keruu-urien pituuden mittaus

Keruu-urien mittaamista varten (alemmat kuvat)

- keruu-urat yhdistävät kaarrokset poistettiin toteutuneista urista,
- keruu-urat, jotka eivät yhdistyneet kokoojauraan, poistettiin, ja
- alle 10 m:n pituiset pistot poistettiin.



Vasemmalla toteutunut ja oikealla MoniURA:n optimoima ajouraverkosto. Alakuvissa suodatettu keruu-ura-aineisto. Kohde Länsi-Lapissa. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Menetelmät

Kuljettajien haastattelut

- Tutkimusta varten haastateltiin 10 hakkuukoneen ja yhtä kuormatraktorin kuljettajaa, jotka olivat operoineet tutkimuskohteilla.
- Kuljettajien työkokemus hakkuukoneen kuljettajana vaihteli 0–40 vuoden välillä. Keskiarvo oli 21 ja mediaani 23 vuotta.
- Haastattelut toteutettiin teemahaastattelu-menetelmällä.
  - Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä, jossa toistuvat tietyt teemat tai elementit, mutta niiden käsittelylle ei ole määrätty tarkkaa muotoa tai järjestystä.
  - Teemahaastatteluissa annetaan tilaa joidenkin aiheiden syvemmälle käsittelylle sekä uusille aiheille, joita haastateltava haluaa tuoda esille.
- Haastatteluja varten jokaisesta tutkimuskohteesta tuotettiin QGIS-ohjelmalla kartat, jotka lähetettiin kuljettajalle ennen haastattelua.
  - Kartta toteumaurista.
  - Kartta MoniURA:n optimoimista ajourista.
  - Moni-indeksikartta.
  - Kartat Moni-indeksin muodostamista osaindekseistä.

Tilastolliset testit

- Normaalijakautuneisuustestit.
- Riippuvien otosten t-testit ja Wilcoxon Signed-Rank -testit.
  - Koska aineisto ei pääosin noudattanut normaalijakaumaa, analyysissä käytettiin kahta erilaista riippuvien otosten testiä.
  - Testattiin, onko toteutuneiden ja MoniURA:n optimoimien ajourien tunnusluvuissa merkitseviä eroja:
    - ajouraväli,
    - ajouratiheys,
    - Moni-indeksi,
    - keskikaltevuus (sivu, pituus ja sivu+pituus),
    - maksimikaltevuus (sivu, pituus ja sivu+pituus),
    - DTW-kosteusindeksi,
    - korjuukelpoisuusluokitus (KKL) ja
    - keruu-urien pituus.
  - Testattiin, eroavatko toteutuneiden ja MoniURA:n optimoimien kokooja- ja keruu-urien tunnusluvut (kaltevuudet, DTW ja KKL) tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.
- Pearsonin korrelaatiomatriisi eri tunnuslukujen välisten riippuvuuksien tarkastelua varten.

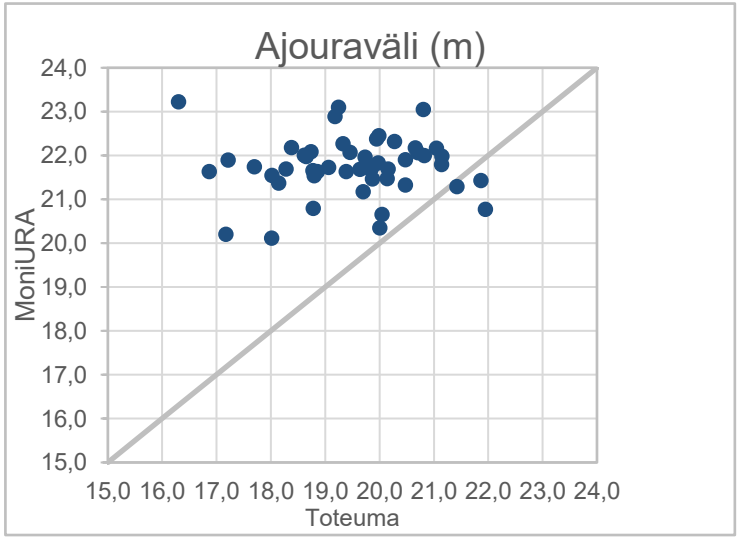
Tulokset

Ajouraväli

- Vertailuaineistossa ajouraväli on merkitsevästi kapeampi kuin MoniURA-menetelmässä (Wilcoxonin testi ja t-testi: $p < 0{,}001$).
- Vertailuaineiston keskiarvo (n. 19,5 m) on yli 2 metriä pienempi kuin MoniURA-menetelmässä.
- Kuljettajien haastattelujen perusteella MoniURA-menetelmän tavoiteleveys (22 m) koettiin liian leveäksi.
  - Ajouravälin leveys riippuu hakkuukoneen puomin pituudesta, joka vaihteli tässä tutkimuksessa hieman alle 10 metrin ja 11 metrin välillä.
  - Puomin kulma on ajouraan nähden harvoin täysin 90 astetta. Jotta ajourien väliin ei jää harventamatonta kaistaletta, ajouravälin tulee olla kapeampi kuin 2 x puomin pituus.
  - Maksimipuominpituudella työskentely hidastaa puunkorjuuta.
  - Erityisesti sivukaltevassa ja epätasaisessa maastossa ajouraväli pidetään mielellään tavallista kapeampana koneen kaatumisriskin vuoksi. Kaltevuuden ja ajouravälileveyden välistä yhteyttä ei kuitenkaan ollut selkeästi havaittavissa korrelaatioanalyysissä ($r = 0{,}29$, $p = 0{,}059$).

Ajouravälin keskitunnukset (m).

Ajouraväli	Toteuma	MoniURA
Keskiarvo	19,48	21,75
Mediaani	19,70	21,73
Minimi	16,30	20,12
Maksimi	21,95	23,23
Keskihajonta	1,28	0,66

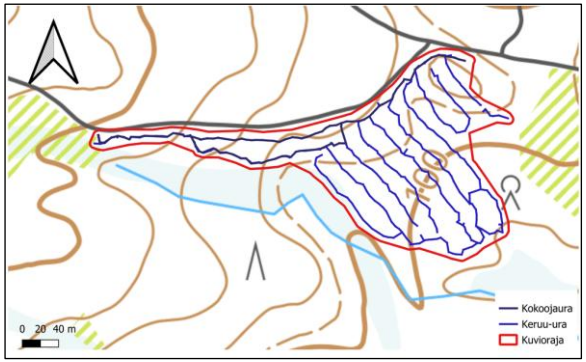


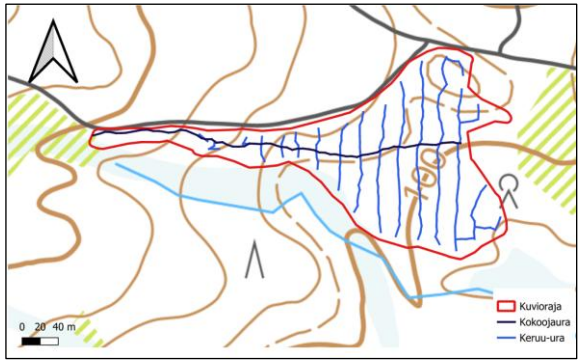
Keruu-urien pituus

- Vertailuaineistossa keruu-urien keskipituus on tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin MoniURA-menetelmässä ($p < 0,001$); keskipituus (n. 170 m) on yli 2,5-kertainen.
- MoniURA-menetelmässä keruu-uran maksimipituudeksi on määritetty 180 metriä.
- Tilastollista merkitsevyyttä selittää osaltaan myös kokoojauran sijoittaminen MoniURA:ssa kuvion keskelle, mikä merkittävästi lyhentää keruu-urien keskipituutta.

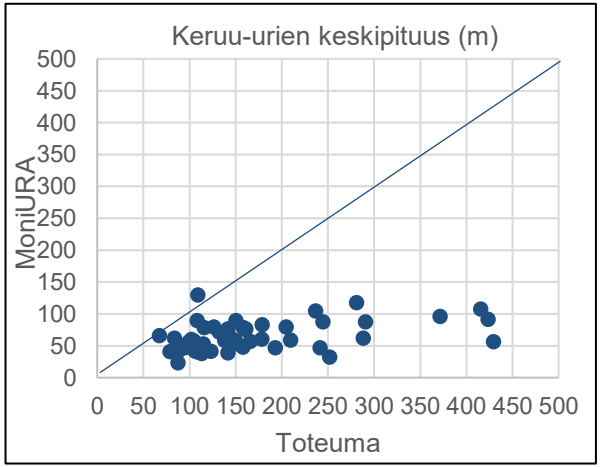
Keruu-urien keskitunnukset (m).

	Toteuma	MoniURA
Keskiarvo	172,10	65,15
Mediaani	143,53	59,97
Minimi	67,68	23,14
Maksimi	429,50	129,53
Keskihajonta	91,48	23,09



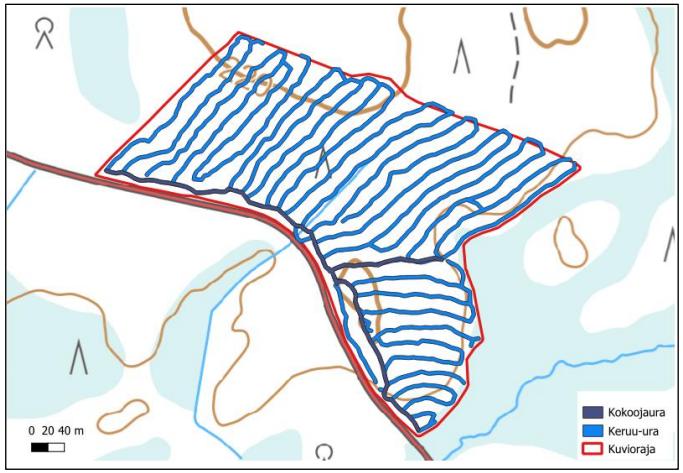


Vasemmalla toteutunut ajouraverkosto. MoniURA:ssa keruu-urien keskipituuteen vaikuttaa kokoojauran sijainti kuvion keskellä (oikeanpuoleinen kuva). Peruskartta © Maanmittauslaitos.



Keruu-urien pituus

- Kaikki haastateltavat kertoivat haastatteluissa pyrkivänsä maksimoimaan keruu-urien pituuden.
  - Pitkät ja suorat keruu-urat tehostavat sekä hakkuukoneen että erityisesti kuormatraktorin työskentelyä.
  - Keruu-urien pituus määräytyy ensisijaisesti kuvion pinta-alan ja muodon perusteella. Keruu-urat sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan kuvion reunasta vastakkaiseen reunaan.
  - Korrelaatioanalyysi osoitti, että keruu-urien pituus korreloi vahvasti kuvion pinta-alan kanssa sekä toteutuneessa vertailuaineistossa ($r = 0{,}570$, $p < 0{,}001$) että MoniURA-menetelmässä ($r = 0{,}639$, $p < 0{,}001$).



Kuljettajat pyrkivät maksimoimaan keruu-urien pituuden. Kohde Länsi-Lapissa.
Peruskartta © Maanmittauslaitos.

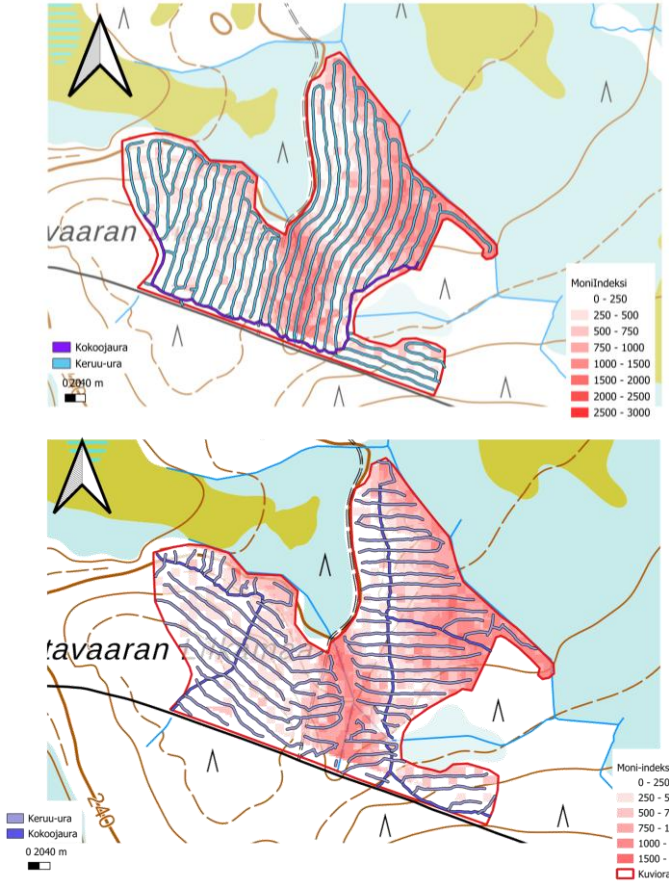
Kokoojauran sijainti

Kuljettajat kuvasivat omiin kokemuksiinsa perustuen kokoojauran sijoittamiseen vaikuttavia tekijöitä:

- Kokoojaura pyritään sijoittamaan kuvion reunaan, jolloin voidaan maksimoida keruu-urien pituus.
- Jos toimenpidekuvio sivuaa tietä, kokoojaura sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan kuvion rajalle tien suuntaisesti.
  - Tienvarsioja kuivattaa myös ojanreunusmetsää → kantavuus paranee.
  - Puuta pystytään varastoimaan kokoojauran ja tien väliin koko kokoojauran pituudelle.
  - Pystytään välttämään yhteen tai muutamaan varastopaikkaan kohdistuvaa pistemäistä kuormitusta ja ehkäisemään maastovaurioita kokoojauralla.

Kuljettajat kritisoivat MoniURA:ssa kokoojauran sijaintia kuvion keskellä ja risteyksien määrää.

- Risteysalueita joudutaan yleensä leventämään kuormatraktorin kääntyvyyden vuoksi → tavoitepohjapinta-alan saavuttaminen vaikeutuu.
- Alle 90 asteen käännökset ovat kuormatraktorilla lähes mahdoton toteuttaa.
- Runko- ja maastovaurioiden riski kasvaa käännöksissä.
- Jyrkät käännökset hidastavat puunkorjuuta ja lähikuljetusta.



Ylhäällä toteutunut ja alhaalla MoniURA:n optimoima ajouraverkosto. Kohde Keski-Lapissa. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Kaltevuus

- Tilastollisten testien perusteella MoniURA:n optimoimissa ajourissa kaltevuudet ovat pääsääntöisesti merkitsevästi pienempiä ($p < 0,05$) kuin vertailuaineistossa. Keski- ja maksimipituuskaltevuuksissa ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($p > 0,05$).

- Sekä MoniURA:ssa että vertailuaineistossa kokoojaurien maksimikaltevuusarvot olivat merkitsevästi keruu-uria pienempiä ($p < 0,001$).

T-testien ja Wilcoxonin testien p-arvot toteutuneiden ja MoniURA:n optimoimien ajourien tilastollisessa vertailussa.

		Keskipituus-kaltevuus	Keskisivu-kaltevuus	Maksimipituus-kaltevuus	Maksimisivu-kaltevuus	Maksimisivu+pituuskaltevuus
Koko ajouraverkosto	t-testi	0,559	**<0,001**	0,728	**<0,001**	**<0,001**
	Wilcoxon	0,901	**<0,001**	0,754	**0,004**	**<0,001**
Keruu-urat	t-testi	0,246	**<0,001**	0,692	**0,003**	**<0,001**
	Wilcoxon	0,276	**<0,001**	0,665	**0,011**	**<0,001**
Kokoojaurat	t-testi	0,382	**0,003**	0,428	**0,017**	**0,009**
	Wilcoxon	0,077	**0,031**	0,602	**0,041**	**0,011**

Kokooja- ja keruu-urien kaltevuuksien vertailu: t-testien ja Wilcoxonin testien p-arvot.

		Keskipituus-kaltevuus	Keskisivu-kaltevuus	Maksimipituus-kaltevuus	Maksimisivu-kaltevuus	Maksimisivu+pituus-kaltevuus
Toteuma	T-testi	0,053	0,2	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
	Wilcoxon	0,102	0,12	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
Moniura	T-testi	**0,001**	0,39	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
	Wilcoxon	**<0,001**	0,184	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**

Kaltevuus

- MoniURA:ssa keski- ja maksimisivukaltevuudet ovat vertailuaineistoa alhaisempia (vihreällä).
- Pituus- ja sivukaltevuuksien maksimien osalta tulokset ovat osittain ristiriidassa kuljettajien haastattelujen kanssa.
  - Kuljettajat kritisoivat MoniURA:n optimoimia ratkaisuja sivukaltevassa maastossa erityisesti keruu-urien osalta.
  - Kuljettajat huomauttivat myös yksittäistä toteutuksen kannalta liian suurista pituuskaltevuuksista (punaisella). Nämä kohteet tunnistettiin kaltevuusanalyysissä.
  - Toisaalta myös toteutuneissa ajourissa huomattiin suuria yksittäisiä kaltevuusarvoja (punaisella).
  - MoniURA:n kokoojaurien kaltevuudet todettiin pääsääntöisesti toimiviksi.

Keruu- ja kokoojaurien kaltevuuksien (astetta) keskitunnukset.

		Keskipituuskaltevuus		Keskisivukaltevuus		Maksimipituuskaltevuus		Maksimisivukaltevuus		Maksimisivu + pituuskaltevuus	
		Toteutunut	MoniURA	Toteutunut	MoniURA	Toteutunut	MoniURA	Toteutunut	MoniURA	Toteutunut	MoniURA
KERUU-URAT	Keskiarvo	2,54	2,64	2,29	1,72	11,84	12,03	10,28	8,57	16,88	13,58
	Mediaani	1,99	2,02	2,00	1,64	9,43	9,72	9,28	7,44	14,63	11,12
	Minimi	0,71	0,53	0,59	0,72	3,46	2,49	2,79	2,23	4,68	3,26
	Maksimi	8,15	8,54	5,65	4,33	24,7	33,61	24,29	23,73	34,48	35,25
	Keskihajonta	1,80	1,84	1,25	0,84	6,18	7,48	5,51	4,93	8,47	7,35
KOKOOJA-URAT	Keskiarvo	2,17	2,07	2,52	1,85	7,85	8,16	7,27	5,94	11,34	10,01
	Mediaani	1,97	1,68	2,02	1,54	5,67	7,14	5,78	5,9	9,87	9,28
	Minimi	0,61	0,54	0,43	0,56	1,71	1,68	1,47	1,31	2,54	2,57
	Maksimi	5,16	7,54	5,96	4,65	19,75	22,68	17,35	9,93	24,99	22,76
	Keskihajonta	1,18	1,35	1,60	0,89	4,69	5,05	4,11	2,47	5,62	4,35

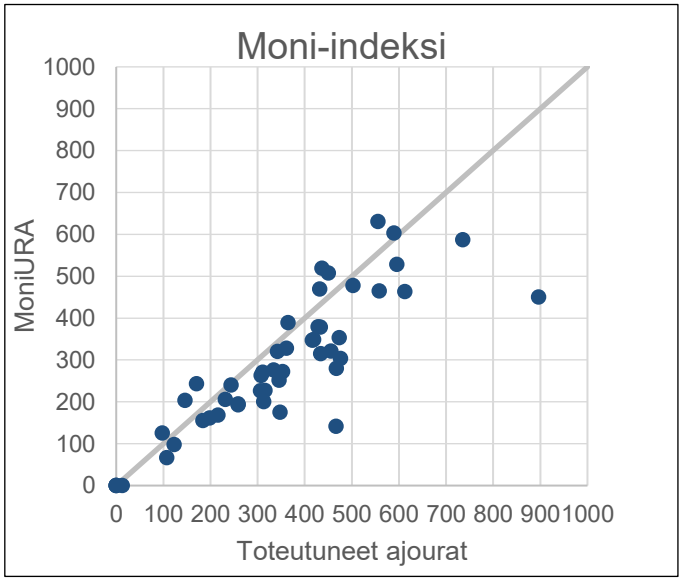
Moni-indeksi, korjuukelpoisuusluokitus ja DTW

Moni-indeksi:

- MoniURA-menetelmässä Moni-indeksi -arvot olivat merkitsevästi pienempiä kuin toteutuneissa ajourissa (Wilcoxonin testi ja t-testi: $p < 0{,}001$).
- Tämä johtuu siitä, että Moni-indeksi on yksi MoniURA:n suunnitteluparametri.

Korjuukelpoisuusluokitus ja DTW-kosteusindeksi:

- MoniURA:n ja vertailuaineiston kokoojaurien välisessä vertailussa KKL- ja DTW-arvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.
- Kokoojaurien ja keruu-urien välisessä vertailussa kokoojauran KKL-arvot MoniURA:ssa olivat merkitsevästi keruu-uria pienemmät (Wilcoxon Signed Rank –testi, $p=0{,}03$).



Moni-indeksiarvot toteutuneissa ja MoniURA:n optimoimissa ajourissa.

Kuljettajien haastatteluissa muita esiin tulleita asioita

- Puuston tilavuustietojen hyödyntäminen pienialaisten aukkopaikkojen tunnistuksessa:
  - Kuljettajat toivoivat, että ajourasuunnittelussa hyödynnetään metsän luontaisia aukkopaikkoja
  - Myös valmiita uria, kuten talviteitä ja moottorikelkkauria voisi hyödyntää ajourina.
- Ojien ylitykset:
  - Kuljettajien mukaan ojat eivät yleensä rajoita kulkemista kivennäismailla.
  - Ylityksiä rajoittaa vain erittäin syvät ojat yhdistettynä ojia ympäröivään runsaaseen kosteuteen.
  - Ylitysten määrään voidaan vaikuttaa sijoittamalla urat ojien suuntaisesti.
- Auratut metsät Pohjois-Suomessa:
  - Aurausvaot kahden metrin välein määrittävät keruu-urien suunnan. Keruu-urat pyritään sijoittamaan poikittain aurausvakoihin nähden, jotta ajourasta ei tule liian leveä.

Moni-indeksin validointi: kuljettajien haastattelut

- Moni-indeksissä lehtipuuosuuden ja puuston tilavuuden monimuotoisuusarvot lasketaan vertaamalla yksittäisen puustohilan arvoja käsittelyalueen keskiarvoihin (Malm ym. 2025).
  - Lehtipuuindeksi ja puuston tilavuusindeksi muodostivat monilla tutkimuskohteilla lukuisia yksittäisiä hiloja läpi alueen → tämä näkyy Moni-indeksissä hilojen hajanaisuutena.
  - Kuljettajien näkemysten mukaan Moni-indeksi olisi informatiivisempi, jos se yhtäältä korostaisi laajempia lehtipuuvaltaisia alueita ja suurien puiden keskittymiä, toisaalta tunnistaisi yksittäiset keskiarvoa merkitsevästi suuremmat puut. Tämä edellyttäisi, että puustohilojen muodostamiseen käytettävää kynnysarvoa nostetaan nykyisestä, mutta myös spatiaalista analyysiä suurempien keskittymien tunnistamiseen.
  - Kuljettajat kuitenkin totesivat, että havupuuvaltaisilla kohteilla yksittäiset pienemmätkin lehtipuut voivat olla ajourasuunnittelun kannalta merkityksellisiä.



Vasemmalla lehtipuun indeksi, keskellä tilavuuden indeksi ja oikealla Moni-indeksi ja toteutuneet ajourat. Moni-indeksin muodostaa tällä kohteella lehtipuun ja tilavuuden lisäksi kosteuden indeksi. Kohde Keski-Lapissa. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Moni-indeksin validointi: kuljettajien haastattelut

- Haastatteltavien mielestä olisi informatiivisempaa, jos Moni-indeksi esitetään myös komponentit eroteltuna.
- Kuljettajien mukaan DTW-indeksin kosteusarvot vastasivat kosteusolosuhteita hyvin vaihtelevasti sekä tutkimuskohteiden välillä että yksittäisten tutkimuskohteiden sisällä.
  - Moni-indeksissä käytetään DTW:n 4 ha:n kynnysarvoa, joka kuvastaa loppukesän olosuhteita (Suomen ympäristökeskus 2026). Tutkimuskohteilla hakkuut oli toteutettu aikavälillä kesäkuu 2025 – tammikuu 2026. DTW-kosteusindeksin luotettavuuden parantamiseksi voisi käyttää korjuuajankohtaan soveltuvia kynnysarvoja.
- Kuljettajien näkemyksen mukaan eroosion indeksin merkitys on vähäinen ensiharvennuskohteilla, joissa eroosion riski on yleensä selvästi pienempi kuin päätehakkuukohteilla.
- Kuljettajat vielä totesivat, että säästöpuuryhmiä usein sijoitetaan myös kohtiin, jotka eivät ole monimuotoisuuden kannalta olennaisia, mutta joissa metsäkoneilla kulku on haastavaa, kuten jyrkät maaston kohdat tai kivikkoisuus.

Moni-indeksin validointi

Turvemaat on rajattu pois Moni-indeksin DTW-kosteusarvoista, sillä kosteus on turvemaiden ominaisuus eikä välttämättä kuvasta alueen monimuotoisuutta.

→ Pienipiirteiset kivennäismaan suopainanteet ja näiden vaihettumisvyöhykkeet sekä korjuualueen rajautuminen ojittamattomiin suoalueisiin eivät näy Moni-indeksissä, vaikka nämä todennäköisesti olisivat monimuotoisuuden kannalta arvokkaita elinympäristöjä.



Kuvio rajautuu ojittamattomaan suohon, mutta suon ja kivennäismaan välistä vaihettumisvyöhykettä ei huomioida Moni-indeksissä (punainen väri). Kohde Länsi-Lapissa. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Pohdintaa ja johtopäätökset

Pohdintaa

Ajouraväli:

- Vertailuaineiston keskimääräinen ajouraväli, 19,48 metriä, ylittää hieman Metsänhoidon suosituksissa määritellyn 19 metrin vähimmäisvaatimuksen, mutta jää selvästi alle MoniURA:n 22 metrin tavoitearvon.
- Kuljettajien mukaan hakkuukoneen puomin pituus sekä maaston epätasaisuus ja kaltevuus ovat ajouraleveyttä määrittäviä tekijöitä, vaikkakin vähintään 20 metrin ajouraväliin tulisi pyrkiä.
- MoniURA:n käytettävyyden parantamiseksi kuljettajille tulisi tarjota mahdollisuus säätää ajouraleveyttä olosuhteiden ja metsäkoneiden ominaisuuksien mukaan.

Keruu-urat:

- Kuljettajat korostivat pitkien ja suorien keruu-urien merkitystä puunkorjuun tehokkuudelle. Samalla myös maasto- ja runkovaurioiden riski vähenee.
- Myös Turusen ym. (2018) tutkimuksessa, jossa selvitettiin kuljettajien hiljaista tietoa ajourasuunnittelusta, todettiin suoraviivaisten ajourien merkitys työn tehokkuudelle.
- Sekä tilastolliset menetelmät että kuljettajien haastattelut osoittivat, että keruu-urien maksimipituutta MoniURA:ssa ei tarvitse rajoittaa.

Kokoojaurat:

- Kuljettajat sijoittavat kokoojaurat aina kun mahdollista kuvion ja tien reunaan.
- Tämä havainto on ristiriidassa aiemmin julkaistujen ajourasuunnittelumallien suunnitteluperiaatteiden kanssa. Esimerkiksi Timbertrail- ja Ajourakone-työkaluissa kokoojaura optimoidaan pääsääntöisesti toimenpidekuvion keskelle (Ovaskainen 2019, Timbertrail 2025).

Pohdintaa

Kaltevuudet:

- Tutkimuksessa havaittiin kaltevuuksissa ristiriita kuljettajien antaman palautteen ja tilastollisten tulosten välillä.
- Suurimmassa osassa tutkimuksessa mukana olleista hakkuukoneista ei ollut tarkkuuspaikannuslaitteita, mikä todennäköisesti lisäsi paikannustarkkuuden vaihtelua toteutuneilla urilla.
- MoniURA:ssa käytetty 2 metrin korkeusmallirasteri ei välttämättä ole riittävän tarkka kuvaamaan pienipiirteisiä kaltevuusvaihteluita, jotka voivat olla ajourasuunnittelun kannalta merkityksellisiä.
    - Visserin ym. (2015) tutkimuksen mukaan hakkuukoneesta mitatut kaltevuudet poikkeavat merkittävästi korkeusmallista lasketuista kaltevuuksista. Erityisesti jyrkässä maastossa korkeusmallista lasketut kaltevuusarvot olivat selvästi suurempia kuin hakkuukoneen mittaukset. Tämä viittaa siihen, että kuljettajat pystyvät valitsemaan maastosta vähiten kaltevat ajolinjat, joita korkeusmallianalyysi ei kykene täysin tunnistamaan.
- Ensiharvennuksille tyypillinen tiheä kasvillisuus voi heikentää korkeusmallin tarkkuutta.
- Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että MoniURA:n keruu-urien kaltevuusparametrien maksimiarvoja tulisi alentaa. Erityisesti sivukaltevuuksien osalta olisi perusteltua jättää riittävä epävarmuusmarginaali.

Pohdintaa

Varastopaikat:

- Varastopaikkojen ja siirtymäurien sijoitteluun liittyvät käytänteet vaihtelevat operatiivisessa suunnittelussa. Sijoittelun määrittää tilanteesta riippuen joko metsätoimihenkilö tai urakoitsija.
- Tätä tutkimusta varten MoniURA-optimoinnissa varastopaikkojen ja siirtymäurien sijainnit selvitettiin metsätoimihenkilöiltä.
- Suunnitteluvastuun selkeyttä ja samalla MoniURA:n käytettävyyttä parantaisi se, että ohjelma optimoisi myös siirtymäurien ja varastopaikkojen sijainnin sekä puutavarakertymän mukaisen varastopaikan pinta-alan.

Ajotapa:

- Erilaisia ajouraverkostojen muodostamisen suunnitteluperiaatteita eli ajotapoja on kuvattu Ovaskaisen ym. (2019) tutkimuksessa.
- Ajouraverkostot on jaoteltu keruu-ura-, kierto-, läpiajo- ja pistouramenetelmiin. Lisäksi Viljakaisen ym. (2022) tutkimuksessa havaittiin näistä poikkeava menetelmä, nk. systemaattinen menetelmä.
- MoniURA:n ajotavat ovat keruu-uramenetelmä (jos keruu-urien päät yhdistetään) tai pistouramenetelmä. Selkeillä kuvioilla, joissa muoto on symmetrinen ja kulkua estäviä tekijöitä ei ole, menetelmä on toimiva. Suunnittelun kannalta hankalilla kohteilla saatetaan tarvita muunlaisia ajotapoja.

Moni-indeksi:

- MoniURA:n käytettävyyttä parantaisi se, että optimointiin sisällytettäisiin samalla myös säästöpuuryhmien sijoittelu.
- Tutkimuksen perusteella ajourien ja säästöpuuryhmien suunnittelu edellyttävät Moni-indeksiltä erilaisia painotuksia. Ajourasuunnittelussa painottuvat maaston kantavuus ja kaltevuus. Säästöpuuryhmien sijoittelussa olennaisia ovat erityisesti lehtipuuvaltaisuus, kosteusolosuhteet sekä suuret ja vanhat puut. Nämä tekijät indikoivat myös lahopuun määrää (Mikkonen 2025).

Kenttätestaus:

- MoniURA:n jatkokehityksen kannalta tärkeä vaihe olisi kenttätestaus. Käytännön korjuuolosuhteissa toteutettu MoniURA:n optimoima ajouraverkosto mahdollistaisi työkalun käytettävyyden, toimivuuden ja suunnitteluparametrien tarkemman arvioinnin.
- Moni-indeksin luotettavuutta voidaan parhaiten arvioida vertaamalla sitä maastossa kerättyyn referenssiaineistoon.

Johtopäätökset

- MoniURA-menetelmä huomioi ajourasuunnittelun kannalta jo nyt keskeiset taustatekijät.
- Käytettävyyden parantamiseksi nykyisiä suunnitteluparametreja tulee edelleen säätää, ja tulisi lisätä uusia muuttujia, kuten aukkopaikkojen hyödyntäminen.
- Haastateltavien kuljettajien asenteet MoniURA:a kohtaan olivat hyvin positiiviset, vaikkakin tämänhetkistä versiota kritisoitiin. Kuljettajat kokivat, että koko ajouraverkoston suunnittelevalle työkalulle on tarvetta. Erityisesti kokemattomille kuljettajille suunnittelutyökalun uskotaan olevan hyödyllinen.
- Kuljettajat kokivat myös Moni-indeksin tärkeäksi kuljettajaa avustavaksi työkaluksi. Kuljettajien mielestä Moni-indeksi ottaa huomioon monimuotoisuuden kannalta keskeiset tekijät. Kuitenkin Moni-indeksiä ajourasuunnittelun parametrina kritisoitiin lehtipuuston, puuston tilavuuden ja eroosion riskin osalta.

Lähteet

- Arponen M-S, Riekki K, Ovaskainen H, Malinen J (2025) Automaattinen ajouraverkostojen laadunseuranta AATU – menetelmän pilotointi. Metsätehon tuloskalvosarja 3/2025. https://www.metsateho.fi/automaattinen-ajouraverkostojen-laadunseuranta-aatu-menetelman-pilotointi/.
- Cambi M, Certini G, Neri F, Marchi E (2015) The impact of heavy traffic on forest soils: A review. Forest Ecology and Management 338: 124–138. https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2014.11.022.
- Creative Optimization (2026) Timbertrail. https://creativeoptimization.se/products/timbertrail/. Viitattu 6.11.2026.
- Flisberg P, Rönnqvist M, Willén E, Frisk M, Friberg G (2020) Spatial optimization of ground-based primary extraction routes using the BestWay decision support system. Canadian Journal of Forest Research 51(5): 675–691. https://doi.org/10.1139/CJFR-2020-0238.
- Forman RTT, Godron M (1986) Landscape Ecology. New York: Wiley. ISBN: 9780471870371.
- Kauppinen J, Väätäinen K, Tauriainen S, Einola K, Malinen J, Sirén M (2016) Monilähdetietoa hyödyntävien karttaopasteiden tarve puunkorjuussa: Haastattelututkimus hakkuukoneenkuljettajille. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2016.
- Kymäläinen H, Häggström C, Hujala T, Torssonen P, Malinen J (2025) Ergonomics in CTL harvesting – assisting systems and future visions. International Journal of Forest Engineering 36(2): 133–146. https://doi.org/10.1080/14942119.2024.2438500.
- Malm M, Riekki K, Strandström M, Malinen J (2025) Moni-indeksi – täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidon monimuotoisuusindeksointi puunkorjuun suunnittelun tueksi. Metsätehon tuloskalvosarja 10/2025. https://www.metsateho.fi/moni-indeksi-tasmametsan-ja-tasmaluonnonhoidon-monimuotoisuusindeksointi-puunkorjuun-suunnittelun-tueksi/.
- Melkas T, Riekki K, Sorsa JA (2020) Automated Method for Delineating Harvested Stands Based on Harvester Location Data. Remote Sensing 12(17), 2754. https://doi.org/10.3390/rs12172754.
- Mikkonen N, Leikola N, Halme P, Heinaro E, Lahtinen A, Tanhuanpää T (2020) Modeling of Dead Wood Potential Based on Tree Stand Data. Forests 11(9), 913. https://doi.org/10.3390/f11090913.
- Naghdi R, Solgi A, Labelle ER, Zenner EK (2016) Influence of ground-based skidding on physical and chemical properties of forest soils and their effects on maple seedling growth. European Journal of Forest Research 135: 949–962. https://doi.org/10.1007/s10342-016-0986-3.
- Ovaskainen H, Hämäläinen J, Poikela A, Räsänen T, Määttälä M, Sarjakoski S, Lahti M (2019) Ajourakone – hakkuukoneen kuljettajan apuväline korjuun suunnitteluun. Metsätehon tuloskalvosarja 11/2019. https://www.metsateho.fi/ajourakone-hakkuukoneen-kuljettajan-apuvaline-korjuun-suunnitteluun/.
- Ovaskainen H, Riekki K (2022) Computation of Strip Road Networks Based on Harvester Location Data. Forests 13(5), 782. https://doi.org/10.3390/F13050782.

Lähteet

- Riekki K, Ovaskainen H, Malinen J (2025) Metsäkoneiden ajouraverkostojen automaattinen suunnittelutyöväline MoniURA. Metsätehon tuloskalvosarja 11/2025. https://www.metsateho.fi/metsakoneiden-ajouraverkostojen-automaattinen-suunnittelytyovaline-moniura/.
- SkogForsk (2026) StanForD. https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/. Viitattu 6.11.2026.
- Sohrabi H, Jourgholami M, Tavankar F, Venanzi R, Picchio R (2019) Post-Harvest Evaluation of Soil Physical Properties and Natural Regeneration Growth in Steep-Slope Terrains. Forests 10(11), 1034. https://doi.org/10.3390/f10111034.
- Sorsa J-A, Riekki K, Malinen J (2025) Hakkuukonetietoihin perustuvien korjuun laadun laskentapalveluiden menetelmäkuvaukset: SPAH ja AATU. Metsätehon tuloskalvosarja 15/2025. https://www.metsateho.fi/hakkuukonetietoihin-perustuvien-korjuun-laadun-laskentapalveluiden-menetelmakuvaukset-spah-ja-aatu/.
- Suvinen A (2006) A GIS-based simulation model for terrain tractability. Journal of Terramechanics 43(4): 427–449. https://doi.org/10.1016/J.JTERRA.2005.05.002.
- Suomen ympäristökeskus (2026) DTW-kosteusindeksikartat. DTW-khttps://ckan.ymparisto.fi//dataset/%7B9BF6C28E-2A97-4785-9C11-AA6148B416C1%7Dosteusindeksikartat - DTW-kosteusindeksikartat - Aineistot - Syken metatietopalvelu. Viitattu 6.11.2026.
- Toivio J, Helmisaari HS, Palviainen M, Lindeman H, Ala-Ilomäki J, Sirén M, Uusitalo J (2017) Impacts of timber forwarding on physical properties of forest soils in southern Finland. Forest Ecology and Management 405: 22–30. https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2017.09.022.
- Turunen J, Ovaskainen H (2018) Hiljainen tieto lähikuljetuksen ajourasuunnittelussa. Metsätehon tuloskalvosarja 10/2018. https://www.metsateho.fi/hiljainen-tieto-lahikuljetuksen-ajourasuunnittelussa/.
- Traficom. Ajoneuvojen avoin data 3.0 - 5.18. https://tieto.traficom.fi/fi/avoin-data. Viitattu 6.11.2026.
- Viljakainen J, Ovaskainen H, Riekki K, Malinen J (2022) Metsäkoneiden ajouraverkostojen luokittelu. Metsätehon tuloskalvosarja 6/2022. https://www.metsateho.fi/metsakoneiden-ajouraverkostojen-luokittelu/.
- Visser R, Berkett H (2015) Effect of terrain steepness on machine slope when harvesting. International Journal of Forest Engineering 26(1): 1–9. https://doi.org/10.1080/14942119.2015.1033211.
- Ylimäki R, Väätäinen K, Lamminen S, Sirén M, Ala-Ilomäki J, Ovaskainen H, Asikainen A (2012) Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve ja hyötypotentiaali koneellisessa puunkorjuussa. https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2352-1. Viitattu 6.11.2026.

Tämä tutkimus on toteutettu osana EU-rahoitteista OptiForValue-hanketta.



The OptiForValue project is supported by the Circular Bio-based Europe Joint Undertaking and its members under Grant Agreement N° 101157658. Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CBE JU. Neither the European Union nor the CBE JU can be held responsible for them.