



# Konekalusto, leimikonvalinta ja ketjutus

***Kalle Kärhä***

***Itä-Suomen yliopisto, Metsätieteiden osasto***

***Valmennus puunkorjuun johdon huippuosaajaksi – Tiedolla johtaminen hiilijalanjäljen pienentämiseksi metsätyömaalla: Jotpa-koulutus MHY Pohjois-Savon toimihenkilöille***

***10.6.2024, MS Teams***



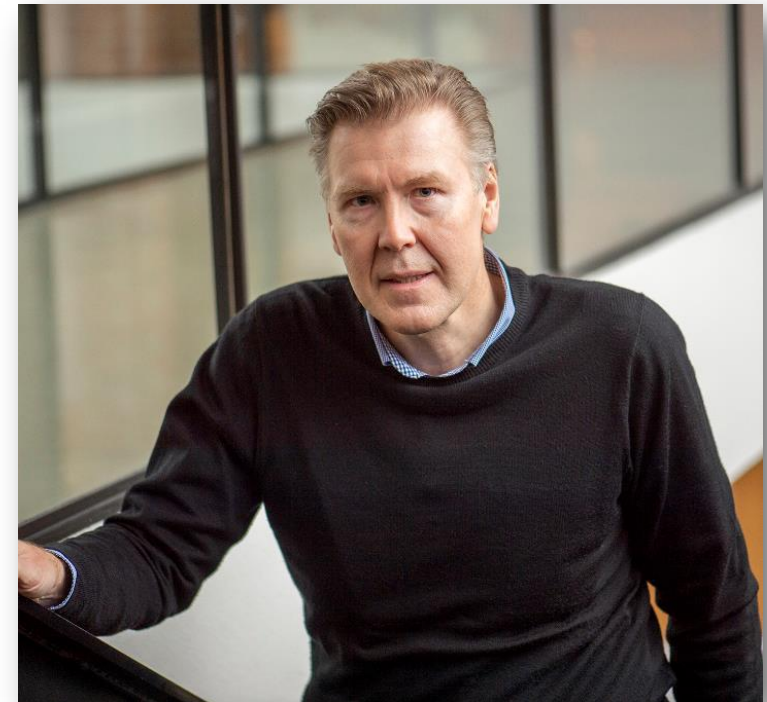
**Mitkä odotuksesi & toiveesi seuraavalle kahdelle tunnille?**



## Kalle Kärhä, lyhyt CV (1/2)

### Nykyiset työtehtäväni

- Metsäteknologian (erityisesti metsätalouden ja logistiikan digitalisaatio) professori, Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden, metsätieteiden ja tekniikan tiedekunta, 2021–
- Dosentti (metsäteknologia), Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, 2005–
- Dosentti (metsäteknologia, metsäenergian hankinta), Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden, metsätieteiden ja tekniikan tiedekunta, 2013–



*Kuva: Varpu Heiskanen, Itä-Suomen yliopisto.*

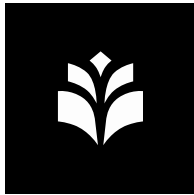


## Kalle Kärhä, lyhyt CV (2/2)

### Työhistoriani

- Stora Enso Oyj Metsä | Stora Enso, Forest-divisioona, 2011–2021
- Metsäteho Oy, 2003–2011
- Työteho-seura (TTS), Metsäntutkimus, 2001–2003
- Metsäntutkimuslaitos (METLA), 1999–2001
- Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, 1995–1999





# Fuel Consumption, Greenhouse Gas Emissions, and Energy Efficiency of Wood-Harvesting Operations: A Case Study of Stora Enso in Finland

Hanna Haavikko, Kalle Kärhä, Asko Poikela, Mika Korvenranta, Teijo Palander

## Abstract

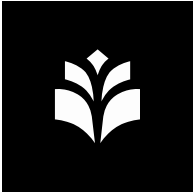
The EU's climate and energy framework and Energy Efficiency Directive drive European companies to improve their energy efficiency. In Finland, the aim is to achieve carbon neutrality by 2035. Stora Enso Wood Supply Finland (WSF) had a target, by 2020, to improve its energy efficiency by 4% from the 2015 level. This case study researches the use of the forest machine fleet contracted to Stora Enso WSF. The aims were to 1) clarify the forest machine fleet energy-efficiency as related to the engine power; 2) determine the fuel consumption and greenhouse gas (GHG) emissions from wood-harvesting operations, including relocations of forest machines by trucks; and 3) investigate the energy efficiency of wood-harvesting operations. The study data consisted of Stora Enso WSF's industrial roundwood harvest of 8.9 million m<sup>3</sup> (solid over bark) in 2016. The results illustrated that forest machinery was not allocated to the different cutting methods (thinning or final felling) based on the engine power. The calculated fuel consumption totalled 14.2 million litres (ML) for harvesting 8.9 million m<sup>3</sup>, and the calculated fuel consumption of relocations totalled 1.2 ML, for a total of 15.4 ML. The share of fuel consumption was 52.5% for harvesters (cutting), 39.5% for forwarders (forest haulage), and 8.0% for forest machine relocations. The average calculated cubic-based fuel consumption of wood harvesting was 1.6 L/m<sup>3</sup>, ranging from the lowest of 1.2 L/m<sup>3</sup> for final fellings to the highest of 2.8 L/m<sup>3</sup> in first thinnings. The calculated fuel consumption from machine relocations was, on average, 0.13 L/m<sup>3</sup>. The calculated carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub> eq.) emissions totalled 40,872 tonnes (t), of which 21,676 t were from cutting, 16,295 t were from forwarding, and 2,901 t from relocation trucks. By cutting method, the highest calculated CO<sub>2</sub> eq. emissions were recorded in first thinnings (7340 g CO<sub>2</sub> eq./m<sup>3</sup>) and the lowest in final fellings (3140 g CO<sub>2</sub> eq./m<sup>3</sup>). The calculated CO<sub>2</sub> eq. emissions in the forest machine relocations averaged 325 g CO<sub>2</sub> eq./m<sup>3</sup>. The results underlined that there is a remarkable gap between the actual and optimal allocation of forest machine fleets. Minimizing the gap could result in higher work productivity, lower fuel consumption and GHG emissions, and higher energy efficiency in wood-harvesting operations in the future.

**Table 7** Calculated average cubic-based GHG emissions in wood harvesting (including cutting and forwarding) in the forests by cutting method with the removals harvested (8,916,024 m<sup>3</sup>)

Emission category	First thinning	Later thinning	Final felling	Average
	Emissions, g/m <sup>3</sup>			
CO <sub>2</sub> eq.	7340	5274	3140	4259
CO	17.8	13.0	8.0	10.6
HC	2.19	1.60	0.97	1.30
CH <sub>4</sub>	0.176	0.239	0.412	0.239
N <sub>2</sub> O	0.049	0.067	0.115	0.067
NO <sub>x</sub>	12.7	9.4	5.8	7.6
SO <sub>2</sub>	0.010	0.013	0.022	0.013
PM	0.339	0.255	0.164	0.211

**Table 9** Calculated average cubic-based GHG emissions caused by driving empty and loaded relocation trucks when the total removals harvested were 8,916,024 m<sup>3</sup>

Emission category	Empty	Loaded	Total relocations
	Emissions, g/m <sup>3</sup>		
CO <sub>2</sub> eq.	184	142	325
CO	0.219	0.123	0.342
HC	0.044	0.024	0.067
CH <sub>4</sub>	0.022	0.001	0.003
N <sub>2</sub> O	0.006	0.003	0.010
NO <sub>x</sub>	1.27	0.82	2.09
SO <sub>2</sub>	0.001	0.000	0.001
PM	0.022	0.013	0.035



## Fossil-fuel consumption and CO<sub>2</sub>eq emissions of cut-to-length industrial roundwood logging operations in Finland

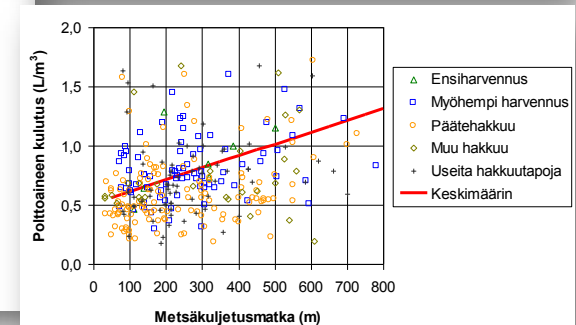
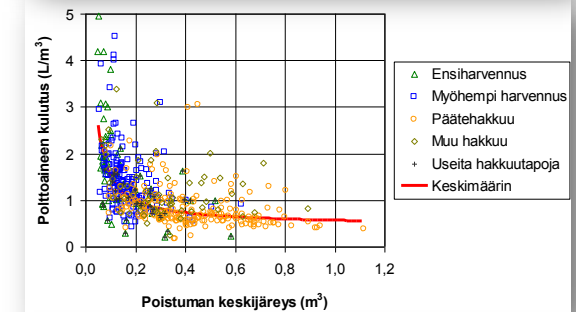
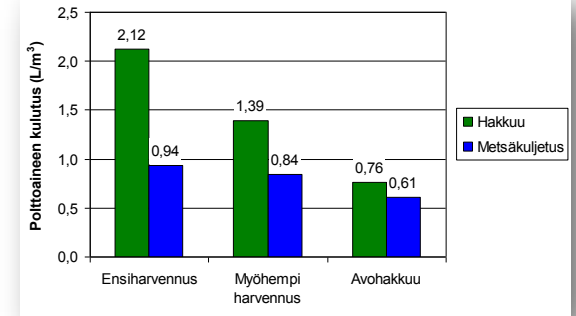
Kalle Kärhä<sup>1</sup> · Hanna Haavikko<sup>1</sup> · Heikki Kääriäinen<sup>1</sup> · Teijo Palander<sup>1</sup> · Lars Eliasson<sup>2</sup> · Kimmo Roininen<sup>3</sup>

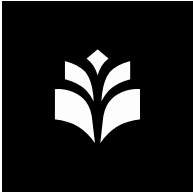
Received: 14 September 2022 / Revised: 23 December 2022 / Accepted: 20 January 2023  
© The Author(s) 2023

### Abstract

The aim of this study was to measure and model the fuel consumption of cut-to-length (CTL) logging machinery in cutting and forwarding under Nordic harvesting conditions, and to clarify which factors had the greatest effect on the fuel consumption. In addition, the total annual fuel consumption and CO<sub>2</sub>eq emissions were calculated for CTL logging operations in Finland in 2020. The data were collected during a long-term follow-up study on the fuel consumption of harvesters and forwarders conducted between March 2018 and April 2019. The fuel consumption data were obtained from a total of 16 harvesters and 13 forwarders equipped with digital flow metres featuring an accuracy of ±1% of the fuel volume measured. The engine power of the forest machines explained most of the hour-based fuel consumption. Correspondingly, the harvesting conditions of the forest stand best explained the cubic-metre-based fuel consumption. The fuel consumption of CTL logging operations (cutting and forwarding) averaged 1.4 L m<sup>-3</sup> in final felling, and 3.1 and 2.2 L m<sup>-3</sup> in first and later thinning, respectively. There was a large variation in the cubic-metre-based fuel consumption between individual machines, both for harvesters and forwarders. The total calculated fuel consumption in Finnish CTL operations in 2020 was 126.6 million L, with the calculated CO<sub>2</sub>eq emissions totalling 334,209 t (i.e. 5.7 kg m<sup>-3</sup>). Several measures to accelerate fuel and energy efficiency and reduce CO<sub>2</sub>eq emissions in CTL logging operations are discussed in the paper.

**Keywords** Fuel efficiency · Energy efficiency · Harvesting · Cutting · Forest haulage · Follow-up study





## Fuel Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions in Fully Mechanized Cut-to-Length (CTL) Harvesting Operations of Industrial Roundwood: A Review

Kalle Kärhä<sup>1</sup> · Lars Eliasson<sup>2</sup> · Martin Kühmaier<sup>3</sup> · Raffaele Spinelli<sup>4</sup>

Accepted: 22 April 2024  
© The Author(s) 2024

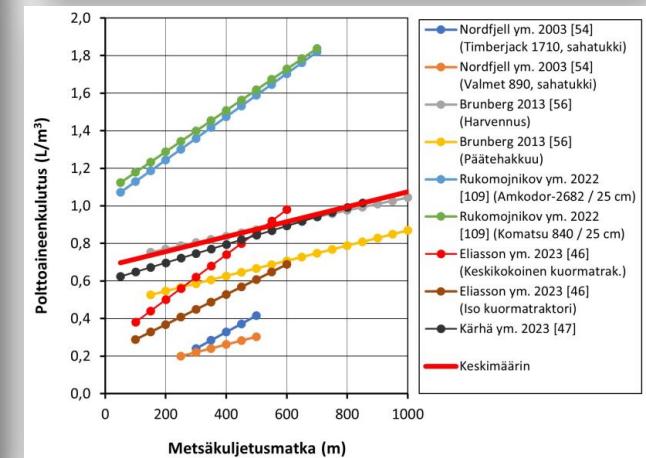
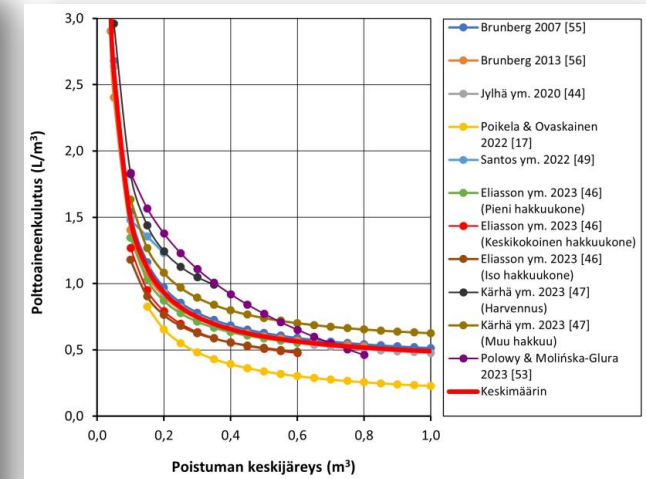
### Abstract

**Purpose of Review** The aim of this literature review was to bring together the most relevant and recent research information on the fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions caused by the fully mechanized cut-to-length (CTL) harvesting machinery when applied to industrial roundwood. A specific aim of this review was to describe the effect of different independent variables on fuel consumption in fully mechanized CTL wood-harvesting operations.

**Recent Findings** The review showed that the engine power of CTL forest machines accounts for most of the variance in the hourly fuel consumption of both harvesters and forwarders. We underline that the cubic-metre-based fuel consumption of CTL forest machines is correlated to the same factors that affect work productivity. Among all influencing factors, the average stem size, removal intensity and silvicultural treatment have the strongest effect on the fuel consumption per m<sup>3</sup> incurred with felling-processing, whereas forwarding distance, removal intensity and payload size are the main drivers of fuel consumption per m<sup>3</sup> as incurred with extraction. Further influencing factors are soil type (mineral soil or peatland), use of tracks, assortment type and machine size. Together with those factors, the role of the machine operator remains crucial and is dependent on two separate skills: the capacity to achieve high productivity, and that to apply fuel-saving driving techniques.

**Summary** The easiest way to reduce the carbon footprint of CTL harvesting machines is to increase the productivity of the harvesting work, for example by giving machine operator-specific training to utilize more efficient work methods and economic energy-efficient driving techniques. Furthermore, several other measures to reduce the carbon footprint of CTL harvesting operations were discussed in this review. Finally, we recommend that all essential variables that have a significant impact on the productivity of harvesting work, fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions are reported in study papers in the future.

**Keywords** Forest operations · Felling-processing · Extraction · Logging · Harvester · Forwarder · Greenhouse gas (GHG) emissions





# WP6: Decarbonizing machinery and logistics in the value chain of forest and food industries

Kalle Kärhä  
University of Eastern Finland



**Ilmastoratkaisujen vauhdittaja**  
Accelerating Climate Efforts  
and Investments – ACE



LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE. Euroopan unionin osarahoittama.  
Esitetyt näkemykset ja mielipiteet kuuluvat kuitenkin  
ainoastaan kirjoittajille eivätkä välttämättä heijasta  
Euroopan unionin tai CIMEn kantajia. Euroopan unionia  
tai myöntävää viranomaista ei voida pitää niistä vastuussa.



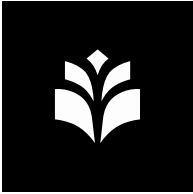
# Alustuksen sisältö

- 1) Konekalusto
- 2) Leimikonvalinta
- 3) Ketjutus
- 4) Lopuksi

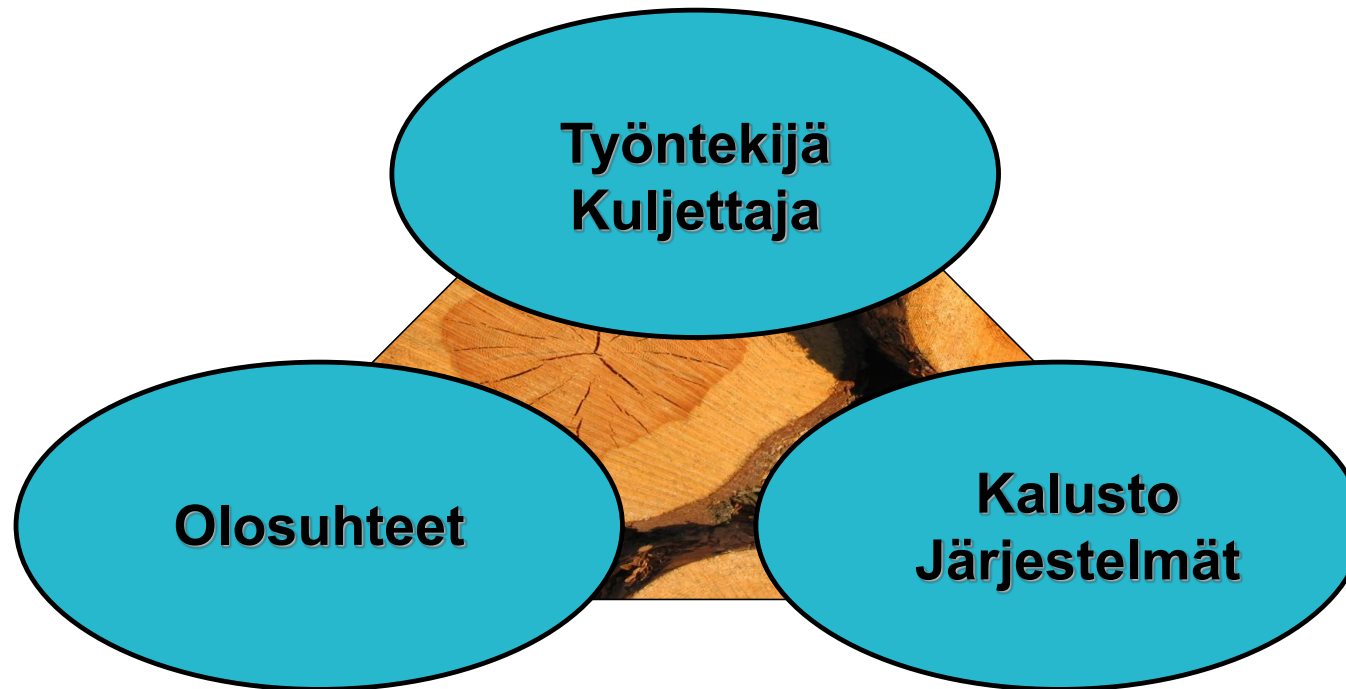




**Mistä on tehokas ja laadukas työ  
metsätaloudessa ja  
-operaatioissa tehty?**



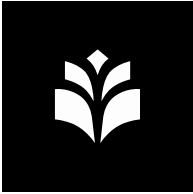
# Mistä on tehokas ja laadukas työ metsä- taloudessa ja -operaatioissa tehty?



# 1) Konekalusto



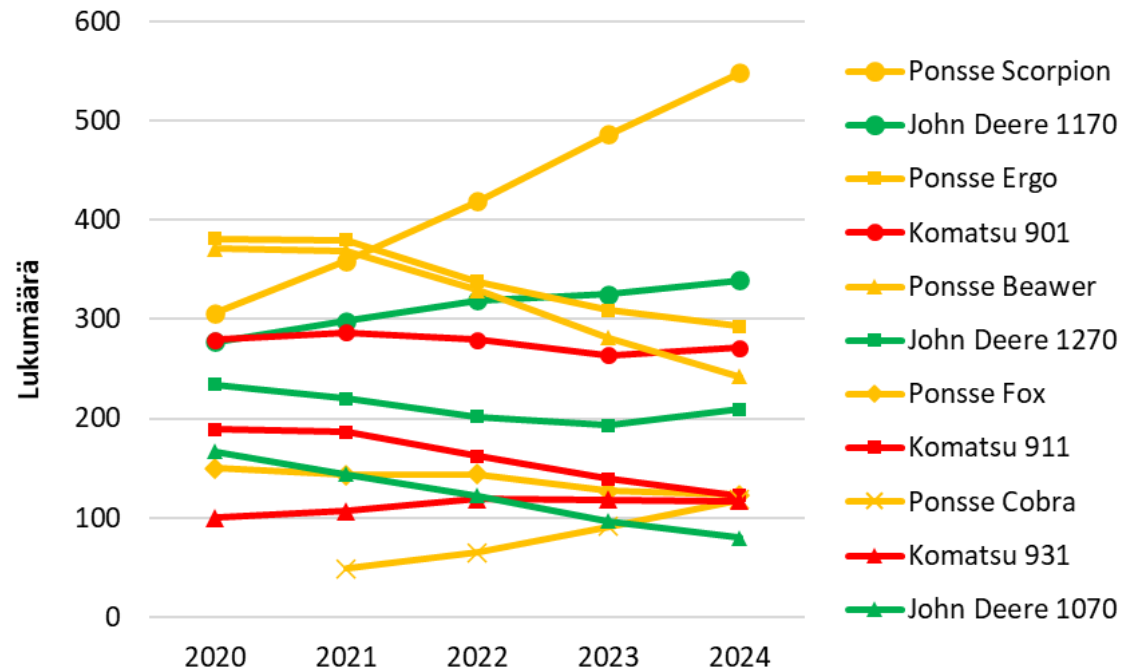
**SAMPO ROSENLEW**  
**Minkälainen konekalusto Sinua odottaa, kun menet käymään MHY:si korjuupalvelutyömaalla?**



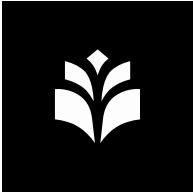
# Yleisimmät hakkuukonemallit Suomessa 2020–2024 kunkin vuoden alussa



Studiokuva: Ponsse Oyj.



Lähde: Metsätrens-tilastot.



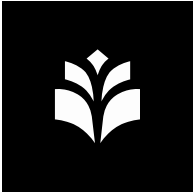
## Esimerkki: Ponsse-hakkuulaitteet

900 kg

MODEL	BASE MACHINES	TRACKED CARRIER WEIGHT
H5	Beaver, Buffalo Dual, Fox, Cobra, Scorpion, Scorpion King	10 - 13 tons
H6	Beaver, Fox, Cobra, Scorpion, Scorpion King, Ergo	20 - 22 tons
H7	Cobra, Scorpion King, Ergo, Bear	15 - 22 tons
H7 Euca	Cobra, Scorpion King, Ergo	15 - 25 tons
H77 Euca	Cobra, Scorpion King, Ergo	16 - 25 tons
H7 HD	Bear	20 - 25 tons
H8	Ergo, Bear	20 - 30 tons
H8 HD	Bear	20 - 30 tons
H9		24 - 40 tons
H10		25 - 40 tons

1400 kg

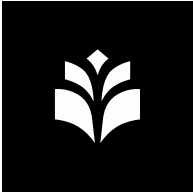
Lähde: Ponsse Oyj.



# Hakkuukoneet Suomessa

- Käytössä 2 000 hakkuukonetta; myynti 250 uutta hakkuukonetta/v
- Ponssen markkinaosuus iso (>50 %)
- Pääosa 8-pyöräisiä, mutta myös (4-) ja 6-pyöräisiä
- Paino >20 tonnia ja moottoritehot 200–210 kW (esim. Ponsse Scorpion, Ponsse Ergo, John Deere 1270)
- Myös pienempää kalustoa käytetään: paino ≤20 tonnia ja moottoritehot 150–170 kW (esim. John Deere 1170, Komatsu 901, Ponsse Beaver).

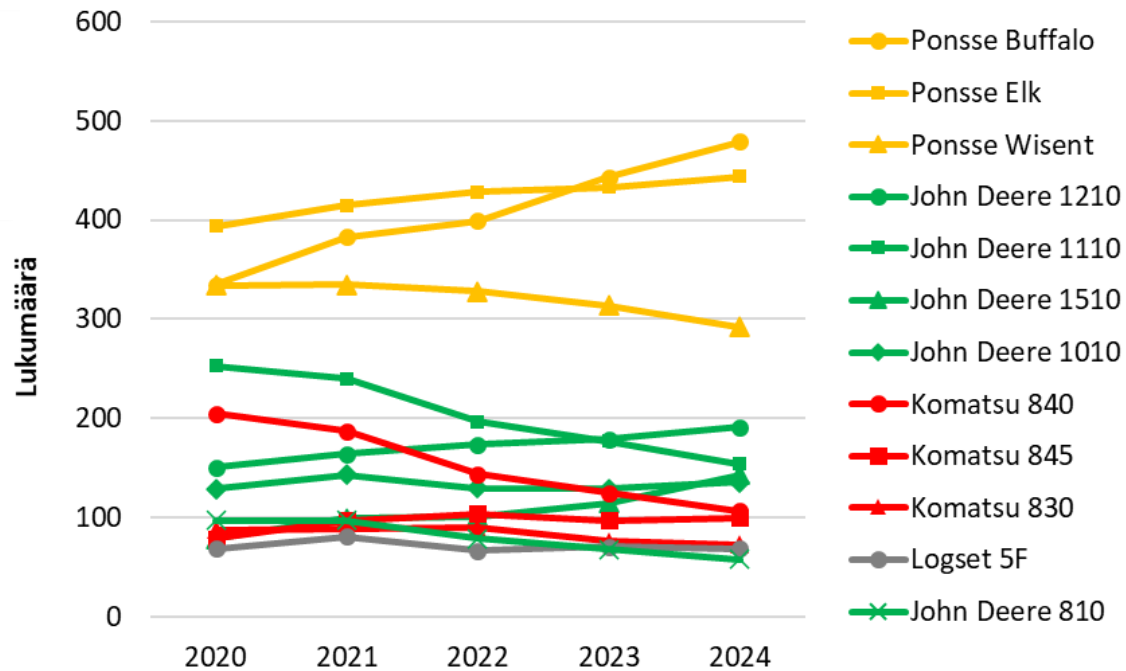




# Yleisimmät kuormatraktorimallit Suomessa 2020–2024 kunkin vuoden alussa



Studiokuva: Ponsse Oyj.



Lähde: Metsätrens-tilastot.



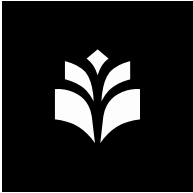
# Kuormatraktorit Suomessa

- Käytössä 2 000 kuormatraktoria; myynti 250 uutta kuormatraktoria/v
- Ponsen markkinaosuus iso (>50 %)
- Pääosa 8-pyöräisiä
- Omapaino  $\geq 20$  tonnia, kantavuus 15 tonnia ja moottoritehot 164–210 kW (esim. Ponsse Buffalo, John Deere 1510)
- Myös kantavuudeltaan 12–13 tonnin kalustoa käytetään: omapaino noin 20 tonnia ja moottoritehot 145–156 kW (esim. Ponsse Elk, Ponsse Wisent, John Deere 1210, John Deere 1110).



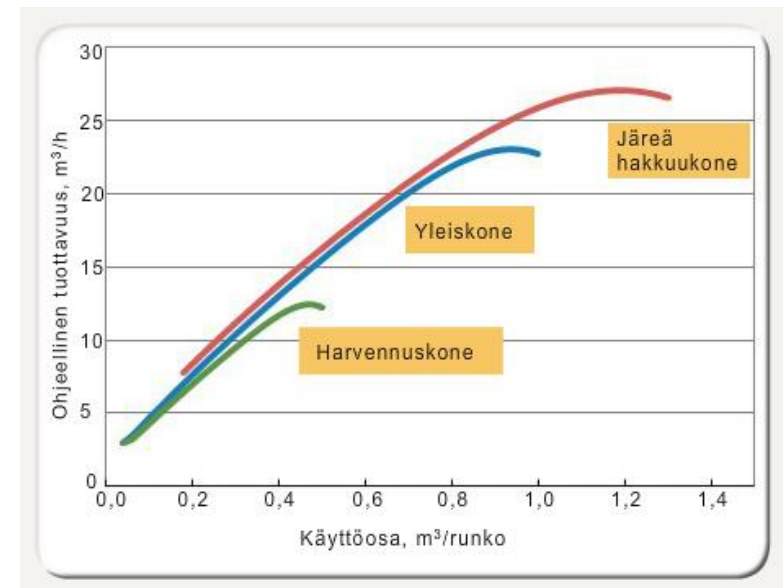


**Suomessa konekalusto  
"keskikokoista" verrattuna  
Ruotsiin, missä Suomea  
enemmän pientä ja järeämpää  
kalustoa; Mikä syynä?**

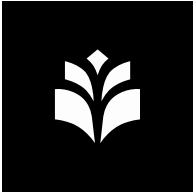


# Hakkuukoneen valinta

- Lähes kaikki hakkuukoneet soveltuvat teknisesti sekä uudistus- että harvennushakkuuseen
- Huomio tarvittava varustelu!
- Erikokoisilla hakkuukoneilla on kullekin parhaiten soveltuvat käyttöalueet
- **Pienen harvennuskoneen** käyttöalue rajoittuu ensimmäiseen ja toiseen harvennukseen
- **Järeä hakkuukone** on kilpailukykyisin uudistushakkuussa, mutta menettää kilpailukykyään harvennushakkuussa.



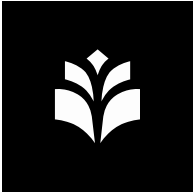
Lähde: Metsäteho Oy.



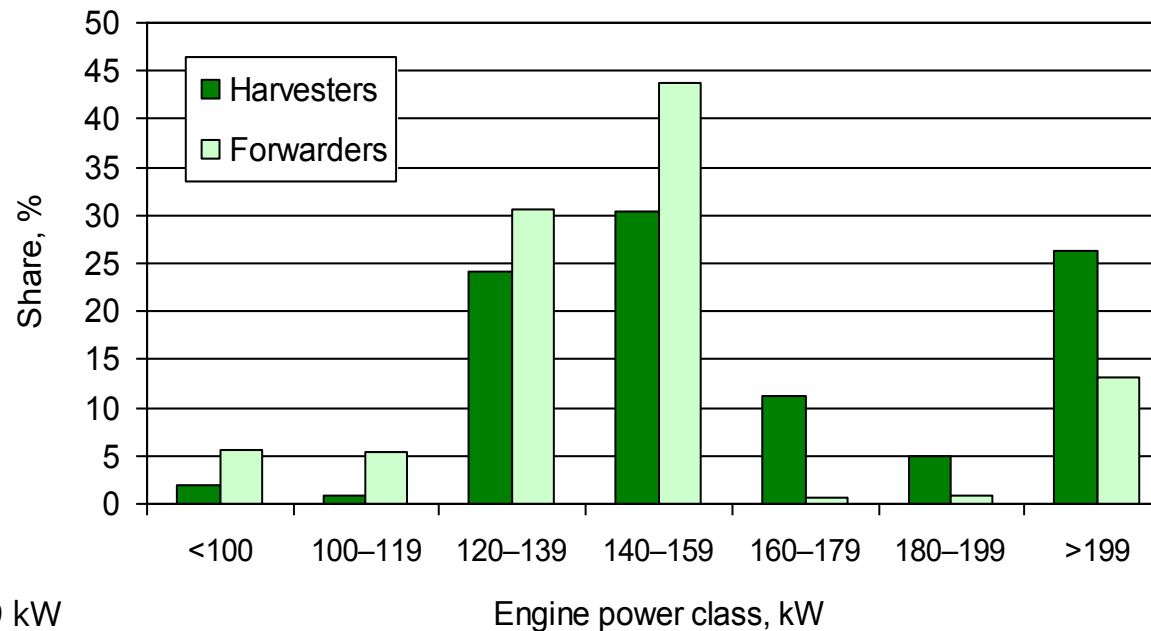
## Kuormatraktorin valinta

- Lähes kaikki kuormatraktorit soveltuvat sekä uudistus- että kasvatushakkuuseen
- Kuormatraktorin tarvittava varustelu!
- Pieni kone ei ole kilpailukykyinen uudistushakkuussa
- "Keskiraskaan" kuormatraktorin kuormakoko tukilla ja pitkällä (5 m) kuitupuulla noin 12 m<sup>3</sup> ja lyhyellä (3 m) kuitupuulla noin 8 m<sup>3</sup>.





# Hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden jakaumat niiden moottoriteholuokkien suhteen



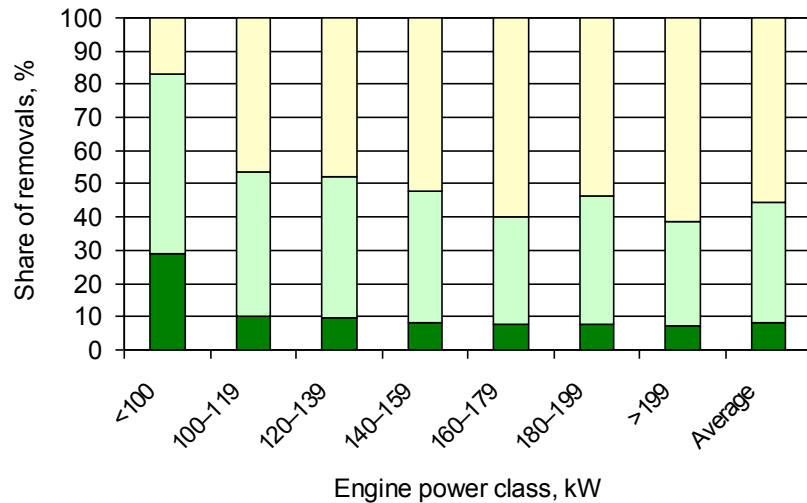
Hakkuukoneet: 169 kW  
Kuormatraktorit: 149 kW

Lähde: Haavikko ym. 2022.

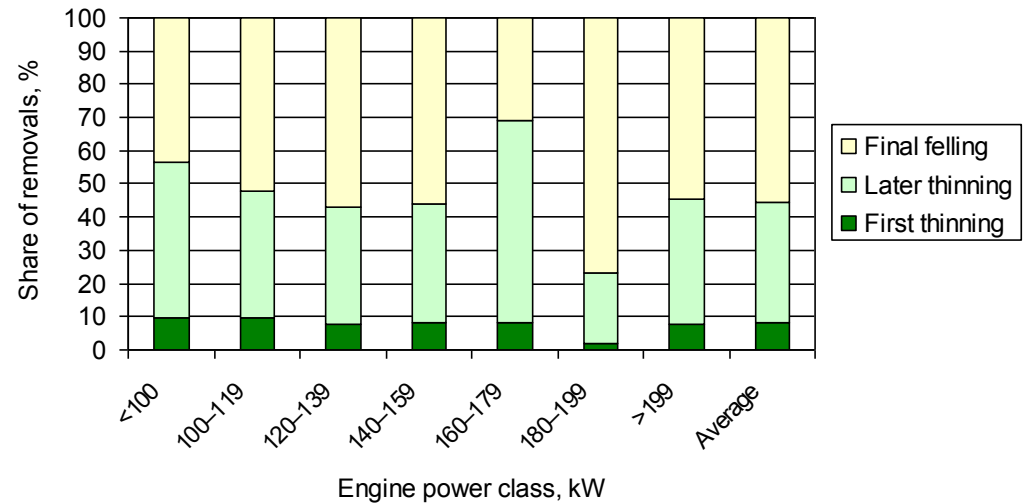


# Puunkorjuukaluston allokaatio moottoriteholuokittain ja hakkuutavoittain

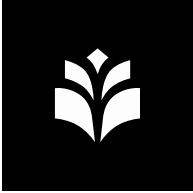
**Hakkuukoneet:**



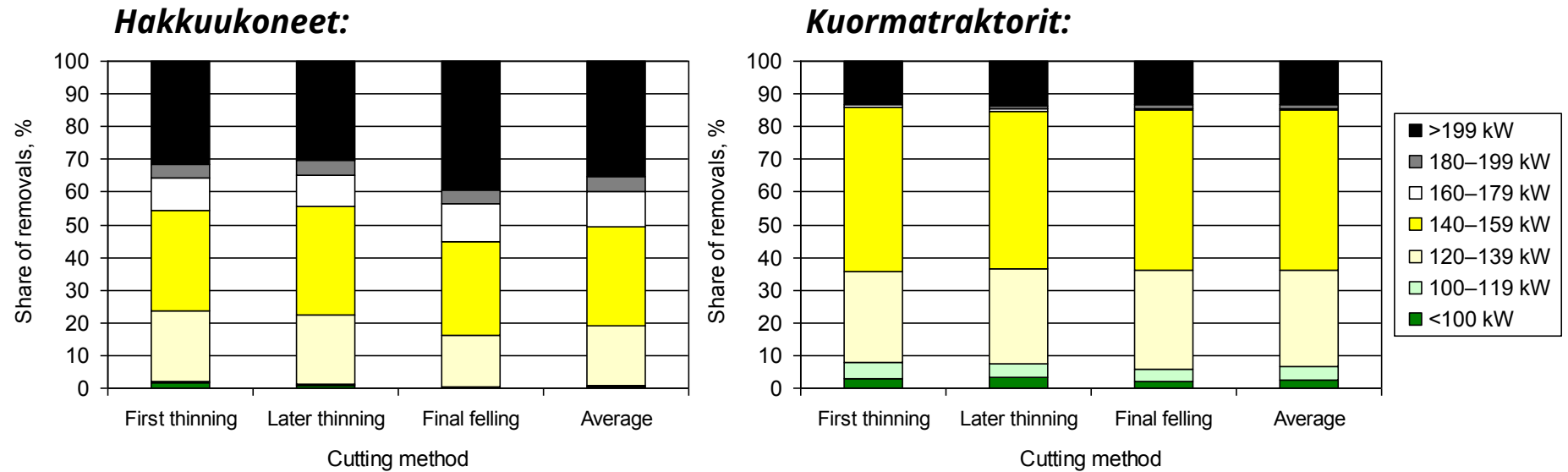
**Kuormatraktorit:**



Lähde: Haavikko ym. 2022.



# Puunkorjuukaluston allokaatio hakkuutavoittain ja moottoriteholuokittain



Lähde: Haavikko ym. 2022.



# Onko teidän MHY:n korjuupalvelussa puunkorjuukaluston allokaatioissa kehittämistä? - Mitkä ovat esteet?

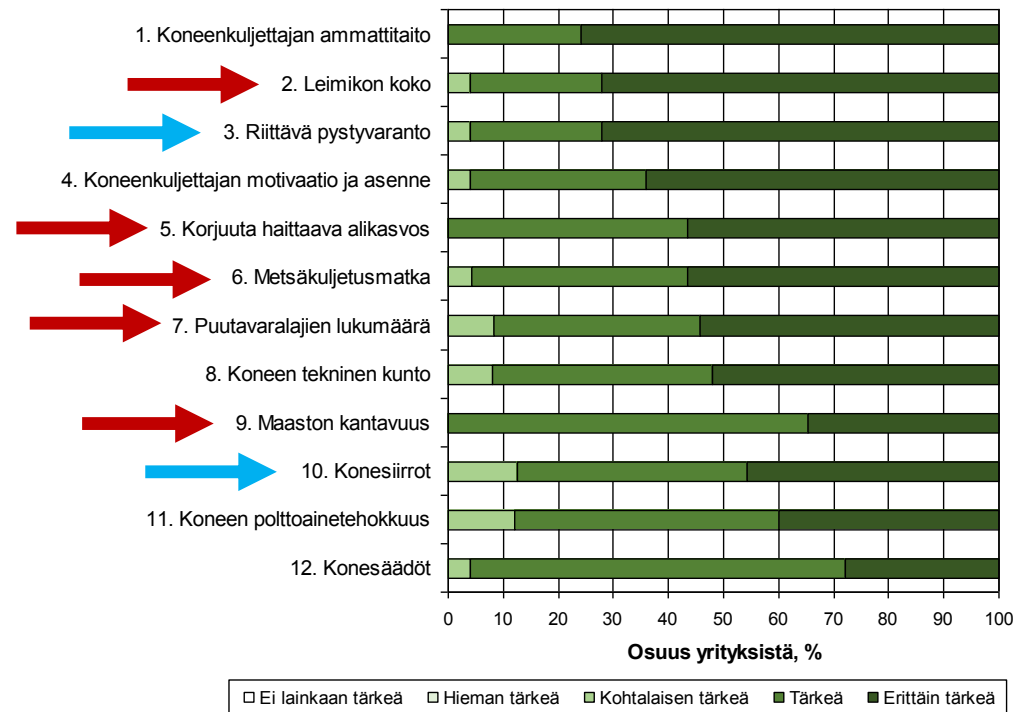
## **2) Leimikonvalinta**

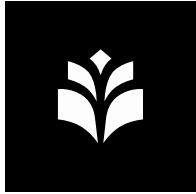


# Kustannus- ja energiatehokas puunkorjuu? – Mistä koostuu leimikkotasolla?



# Kustannus- ja energiatehokas puunkorjuu? - Puunkorjuuyrittäjien näkemys





# Tyypiset korjuuolosuhteet ainespuun korjuussa hakkuutavoittain Suomessa

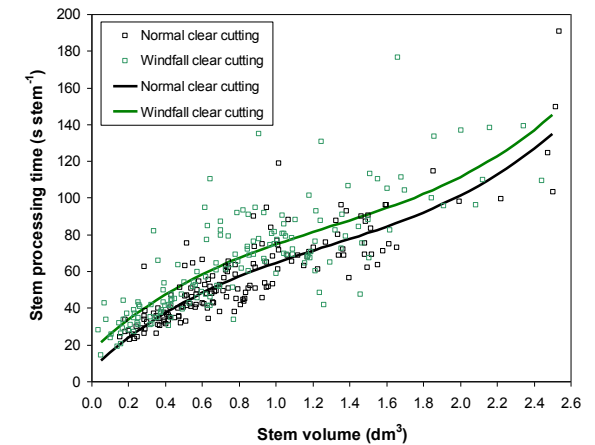
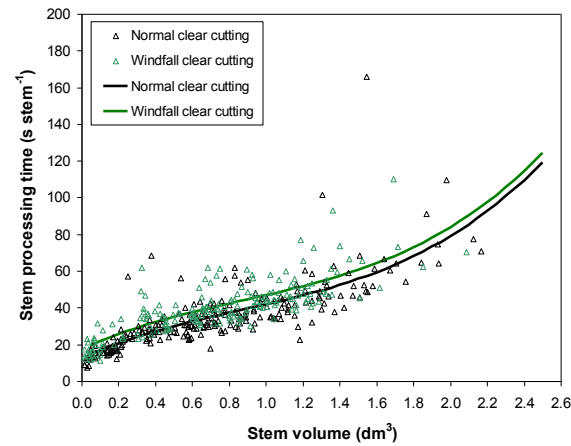
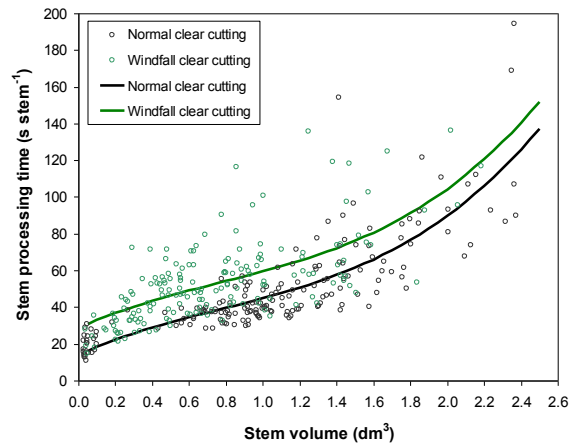
	First thinning	Later thinning	Final felling	Total	Average
Number of harvesting sites	– *	– *	– *	18,114	–
Roundwood removals, m <sup>3</sup> (%)	723,900 (8.1)	3,250,000 (36.5)	4,942,100 (55.4)	8,916,000	–
Removal/harvesting site, m <sup>3</sup>	– *	– *	– *	–	492
Number of stems removed, <i>n</i> (%)	9,001,800 (18.5)	23,438,800 (48.2)	16,219,400 (33.3)	48,660,000	–
Stem size of removals, m <sup>3</sup>	0.080	0.139	0.305	–	0.183
Forwarding distance, m	323	318	286	–	301

\* The number of harvesting sites of first thinnings, later thinnings, and final fellings could not be determined because more than one cutting method was used at some harvesting sites

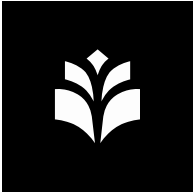
*Lähde: Haavikko ym. 2022.*



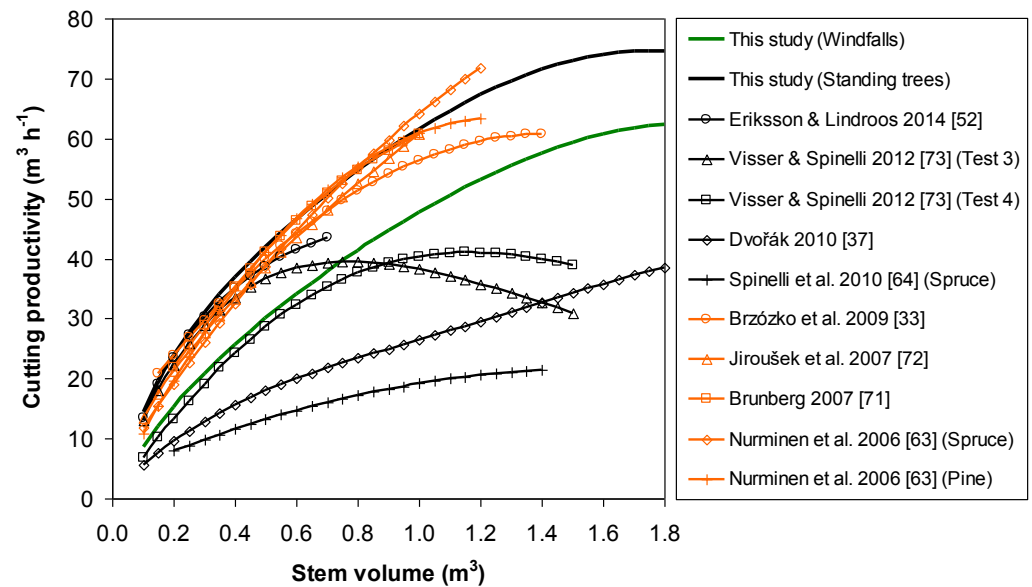
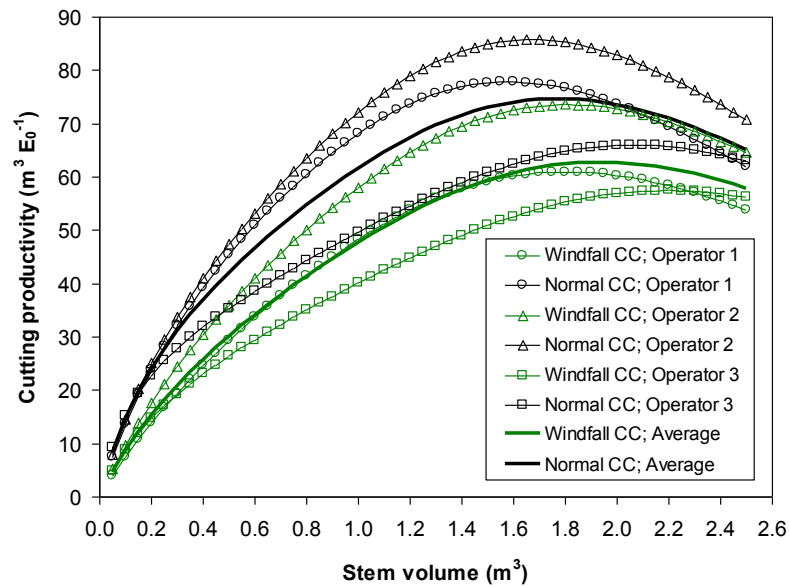
# Hakattavan puuston järeydellä ISO vaikutus hakkuun ajanmenekkiin



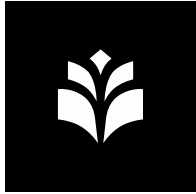
Lähde: Kärhä ym. 2018.



# ... ja hakkuun tuotavuuteen sekä kustannuksiin

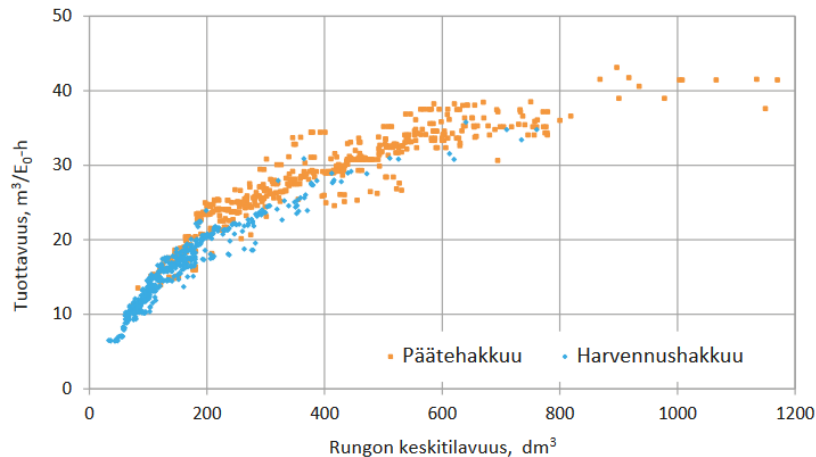


Lähde: Kärhä ym. 2018.



# Tuottavuus (m<sup>3</sup>/h) ainespuunkorjuussa (1/2)

	Hakkuukone		Kuormatraktori	
	Työmaatuottavuus, m <sup>3</sup> /h (keskimäärin   Vaihteluväli)			
Ensiharvennus	<b>6,8</b>	2 – 12	<b>11,2</b>	9 – 13
Myöhempi harvennus	<b>10,3</b>	5 – 16	<b>13,0</b>	7 – 19
Avohakkuu	<b>21,2</b>	11 – 32	<b>19,3</b>	9 – 30



**Table 2** Average productivity of cutting and forwarding by cutting method

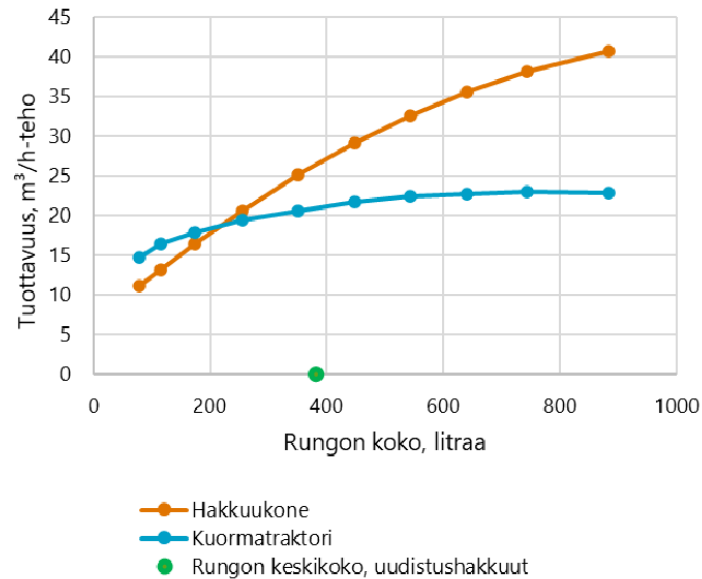
	First thinning	Later thinning	Final felling
	Productivity, m <sup>3</sup> /E <sub>15</sub> -hour		
Cutting	9.4	15.4	31.3
Forwarding	13.0	16.3	22.3

Lähteet: Kääriäinen 2018, Jylhä ym. 2019, Haavikko ym. 2022.

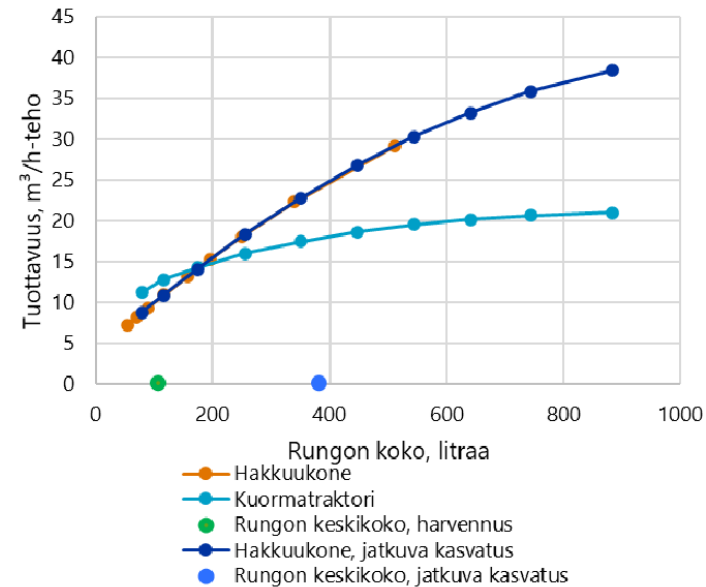


## Tuottavuus (m<sup>3</sup>/h) ainespuunkorjuussa (2/2)

Tuottavuudet uudistuhakkuulla

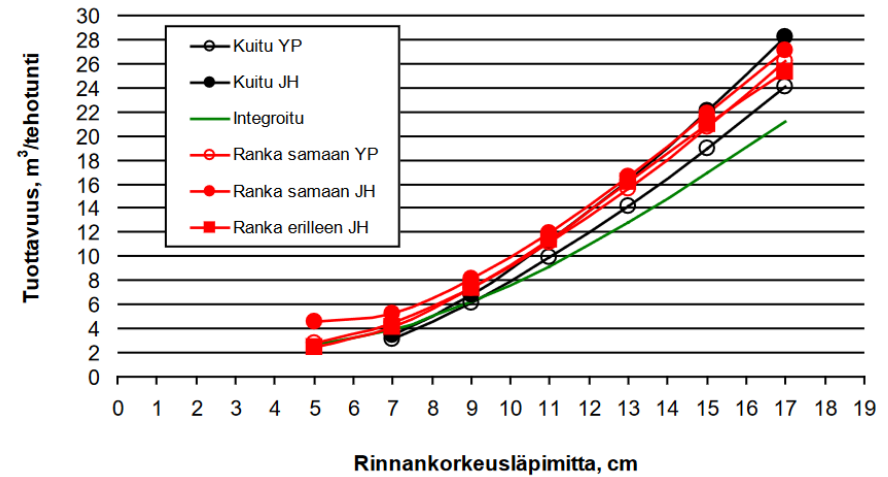
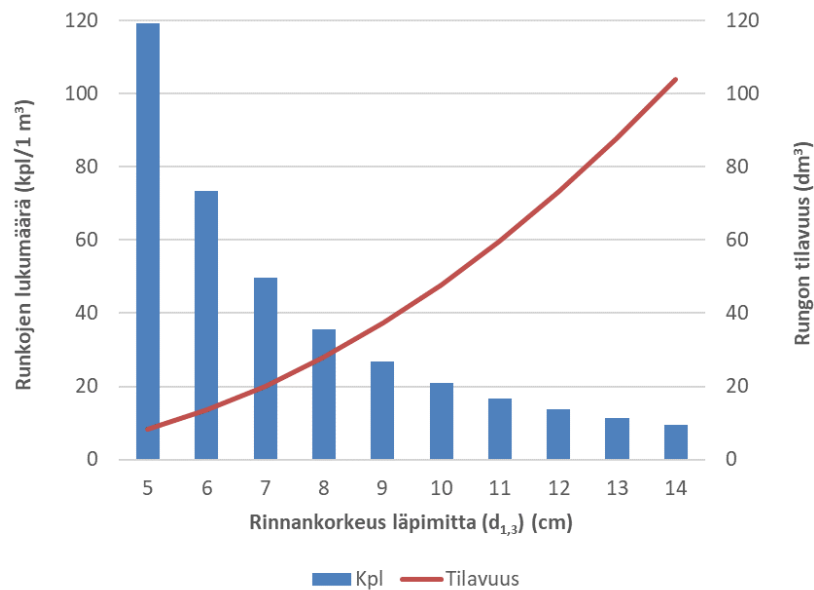


Tuottavuudet harvennushakkuulla ja jatkuvan kasvatuksen hakkuulla

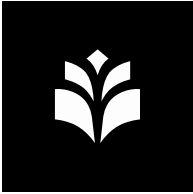




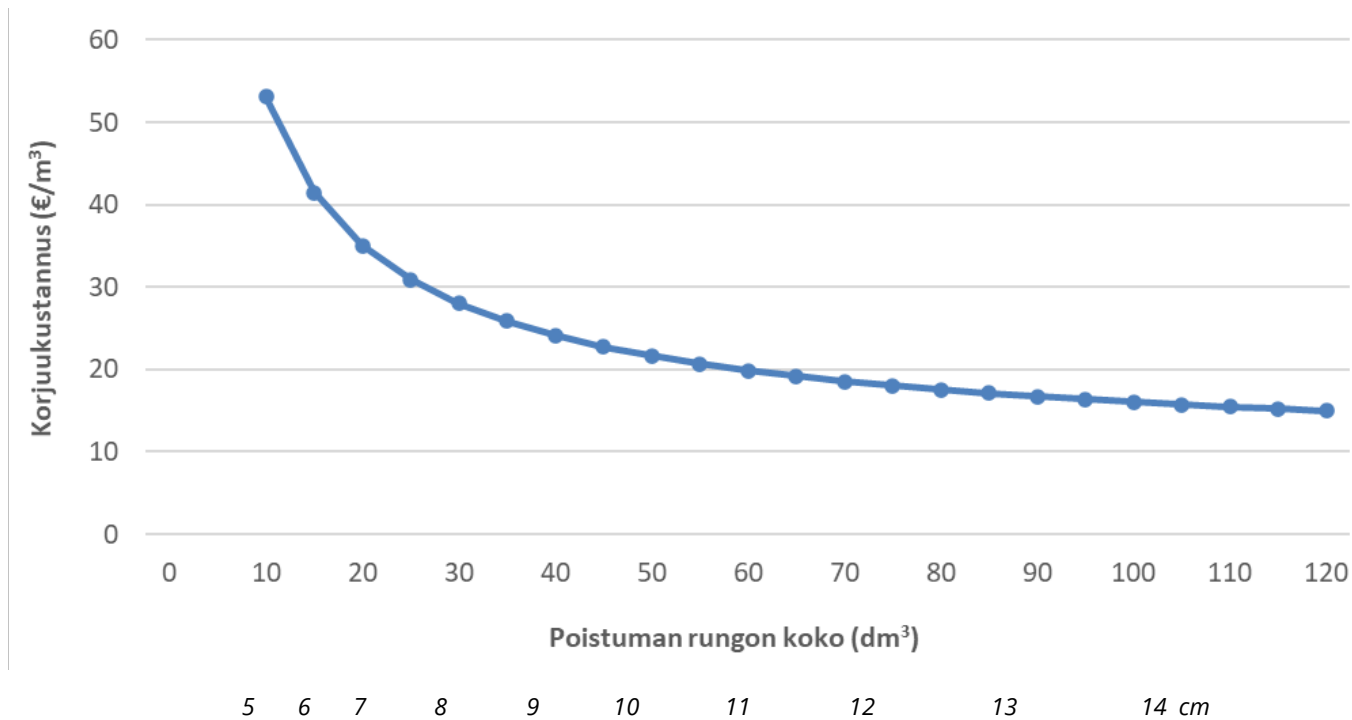
# Pieniläpimittaisen puun hakkuu on **TODELLA** **HIDASTA** ja **KALLISTA**

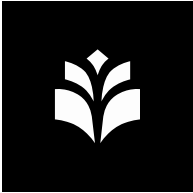


Lähde: Kärhä ym. 2011.

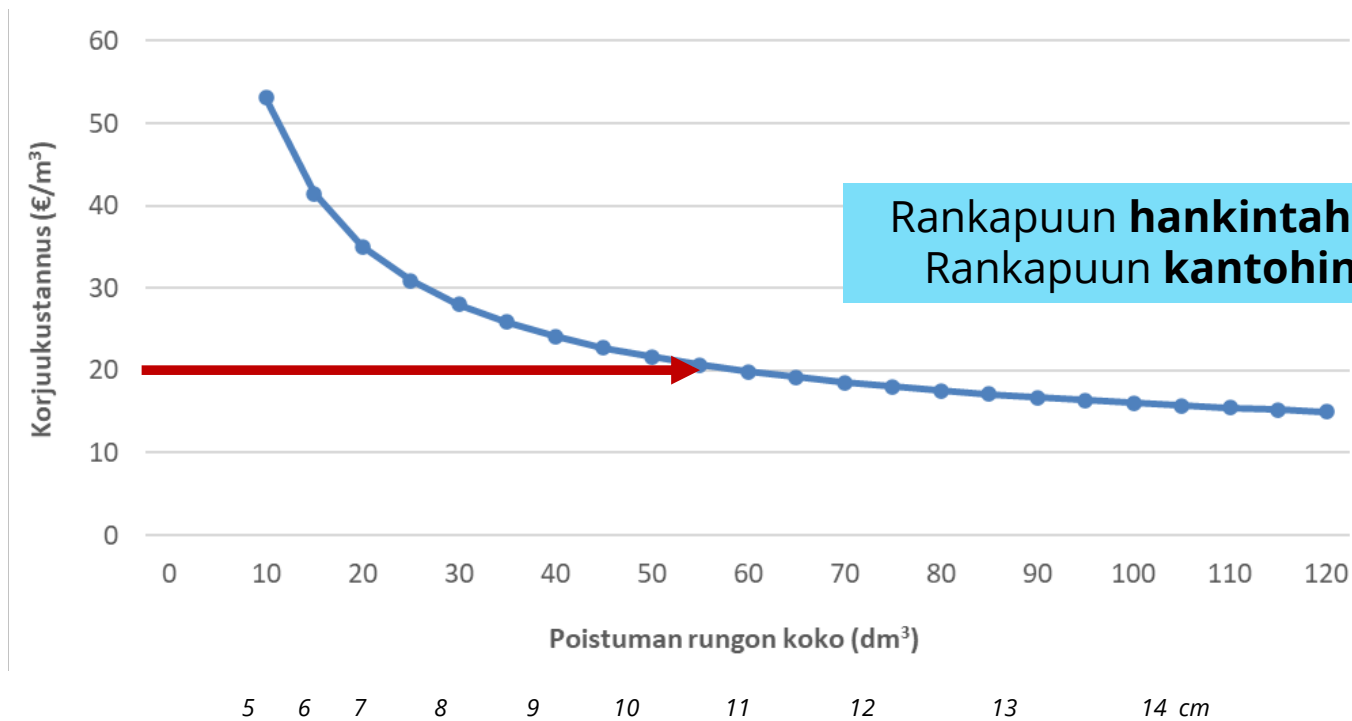


# Rankapuun korjuukustannukset -esimerkki



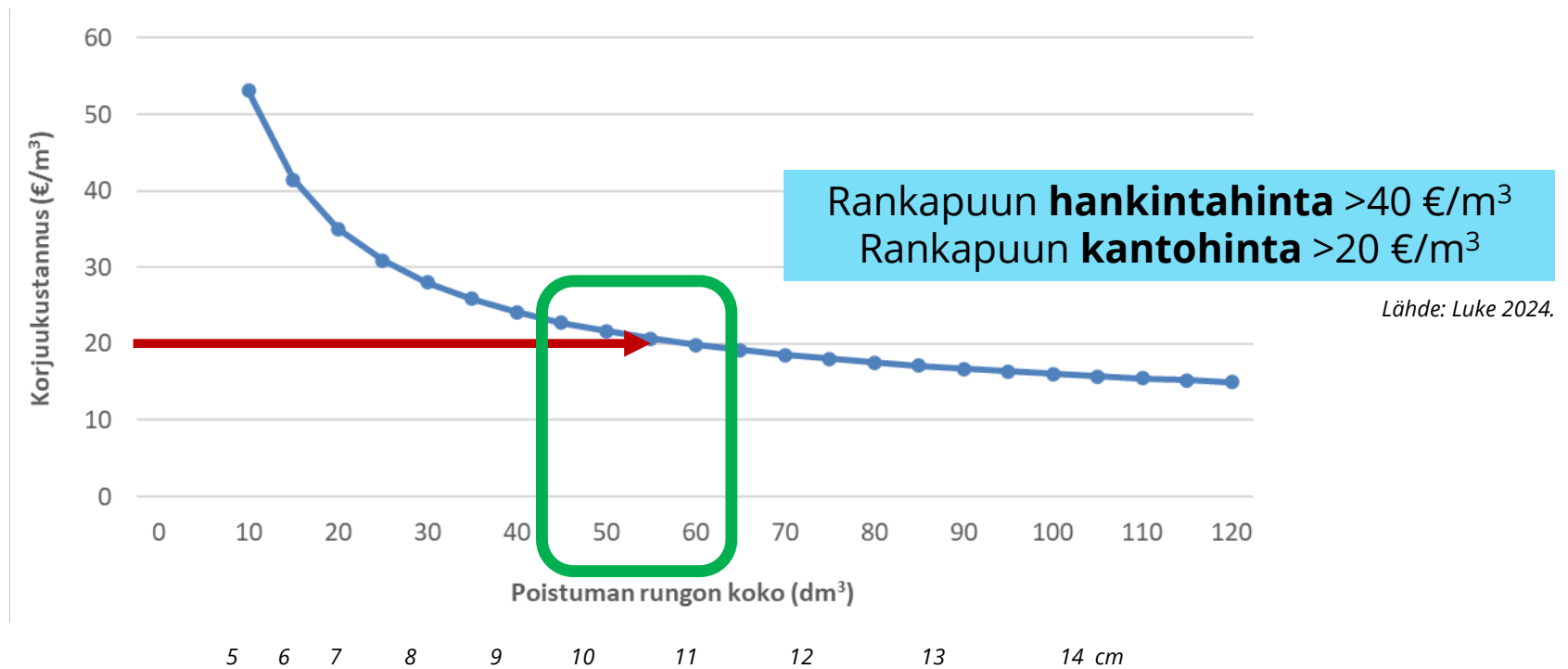


# Rankapuun korjuukustannukset -esimerkki



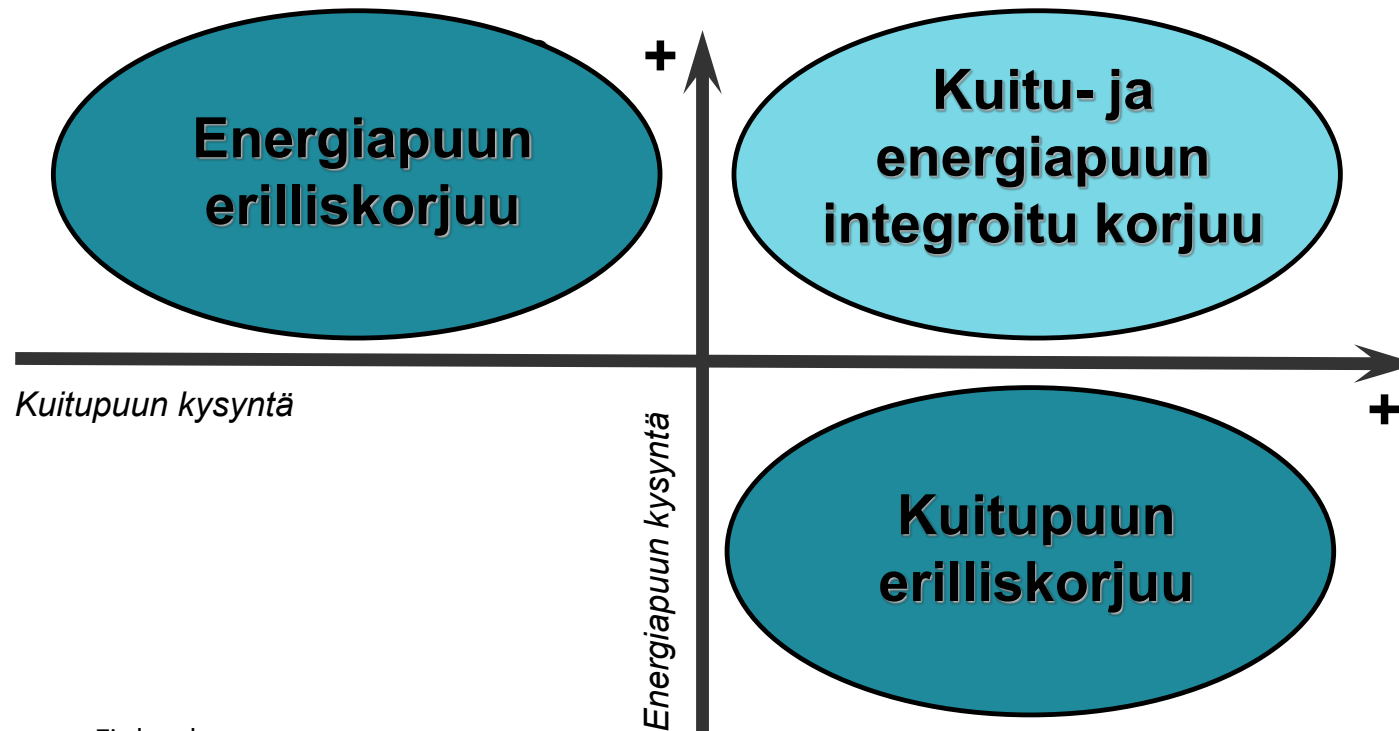


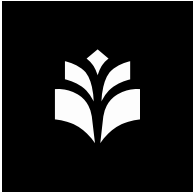
# Rankapuun korjuukustannukset -esimerkki





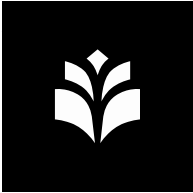
# Kuitu- ja energiapuumarkkinoiden vaikutus korjuumenetelmän valintaan





# Poistuman keskijäreiden vaikutus korjumenetelmän valintaan





# Joukkokäsittelyn toteutus hakkuulaitteissa

*Mekaaniset joukkokäsittelykypälät vs. Ohjelmallinen joukkokäsittely*

*Joukkokäsittelykypälät*



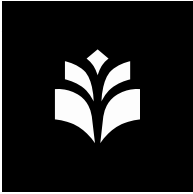
UEF// University of Eastern Finland

*Ohjelmallinen joukkokäsittely*



<http://www.metsateho.fi/aines-ja-energiapuun-integroidun-korjuun-mahdollisuudet/>  
<http://www.metsateho.fi/aines-ja-energiapuun-integroidun-korjuun-mahdollisuudet-2/>





# Joukkokäsittely & kaato-kasauslaitteet



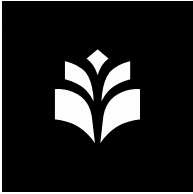
*Kuva: Moisio Forest Oy.*



*Kuva: Nisula Forest Oy.*



*Kuva: TMK Oy.*



# Miksi alikasvoksen ennakkoraivaus harvennushakkuilla?

- Harvennusleimikon **puukaupallisen kiinnostuksen lisääminen**
  - Oikea-aikainen harvennusajankohta
- **Hakkuun tuottavuus** selvästi korkeampi
  - Kuljettajan näkyvyyden parantaminen poistettavien puiden valinnassa
  - Helpottaa hakkuulaitteen vientiä poistettavan puun tyvelle
- Metsäkuljetuksen tuottavuus hieman korkeampi
- **Korjuun laatu** parempi
  - Pienemmät puustovauriot
  - Leimikko ei "raiskion" näköinen
- Teräketjuja ja -laippoja ja hydraulikkaletkuja rikkoontuu vähemmän





# Ennakkoraivaus

## Taulukko 2. Stora Enso Metsässä vuodesta 2014 alkaen käytössä ollut ensiharvennusten ennakkoraivausohje.

### Alikasvosta:

- Kaikki puut, joiden rinnankorkeusläpimitta ( $d_{1,3}$ ) on alle 8 cm.

### Ennakkoraivausrajat:

- Korjuulohkot, joilla on runsaasti puunkorjuuta haittaavaa alikasvosta, ennakkoraivataan:
  - kesäleimikot: jos 1,5 metriä ylittävää alikasvosta on yli 2 000 runkoa/hehtaari.
  - talvileimikot: jos 1,5 metriä ylittävää havupuualikasvosta<sup>1</sup> on yli 2 000 runkoa/hehtaari tai jos 1,5 metriä ylittävää lehtipuualikasvosta<sup>2</sup> on yli 4 000 runkoa/hehtaari.

### Ennakkoraivauksen toteutus:

- Ennakkoraivaus tehdään hyvissä ajoissa ennen hakkuuta sulan maan aikana.
- Korjuukelpoisten puiden ympäriltä raivataan yhden metrin säteeltä kaikki alikasvos ja alikasvospuut sahataan lyhyeen, alle kymmenen senttimetrin kantaan.
- Muualta (eli välialueilta) raivataan yli 1,5 metrin pituinen alikasvos.
- Korjuulohko raivataan kokonaan sen rajoja myöten.

### Ei ennakkoraivausta:

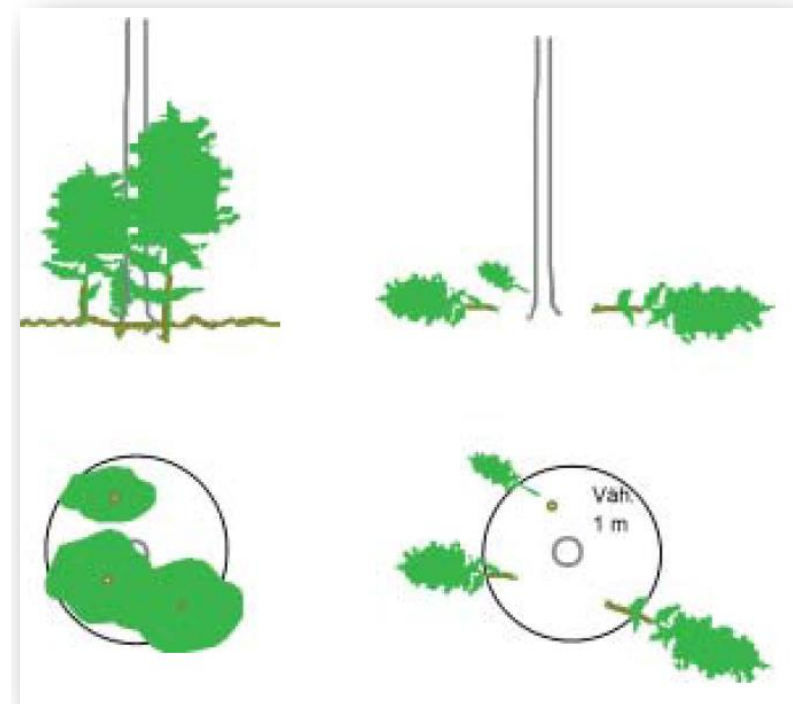
- Pienialaiset painanteet, säästöpuuryhmiksi soveltuvat alueet sekä jokien ja purojen rannat.
- Harvinaiset puulajit, raidat, puumaiset pihlajat, katajat ja pajupensaat, jotka ovat yli metrin etäisyydellä raivattavien puiden tyviltä.
- Kaikki metsälain 10 §:ssä mainitut kohteet.

### Käyttöalue:

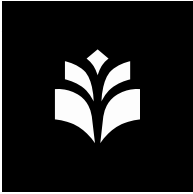
- Kaikki ensiharvennukset ottamatta huomioon, hakataanko korjuulohkolta ainespuuta vai energiapuuta vai molempia.

### Ennen raivausta:

### Raivauksen jälkeen:



Lähteet: Metsäteho Oy, Kärhä ym. 2006, Kärhä 2015.



# Haasteet turvemaiden puunkorjuussa & konekaluston varustaminen

- **Kantavuus**
- Hakkuutapajakauma
- Poistuman keskijäreys
- Hehtaarikohtainen hakkuukertymä
- Puuston tilajärjestys
- Alikasvos
- Ojaverkosto
- Metsäkuljetusmatka





## Parempaa kantavuutta ja pienempiä pintapaineita metsäkoneisiin

- Kaivukonepohjaiset telastot
- Leveämpi telasto (1000–1200 mm)
- Pidempi telasto
  - ✓ Takatelin napavälin kasvattaminen (+390 mm)
  - ✓ Kymppipyörä
- Halkaisijaltaan isot renkaat
- Koneiden omapaino





## Parempaa kantavuutta ja pienempiä pintapaineita metsäkoneisiin

- Kaivukonepohjaiset telastot
- Leveämpi telasto (1000–1200 mm)
- Pidempi telasto
  - ✓ Takatelin napavälin kasvattaminen (+390 mm)
  - ✓ Kymppipyörä
- Halkaisijaltaan isot renkaat
- Koneiden omapaino

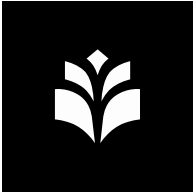




## Parempaa kantavuutta ja pienempiä pintapaineita metsäkoneisiin

- Kaivukonepohjaiset telastot
- Leveämpi telasto (1000–1200 mm)
- Pidempi telasto
  - ✓ Takatelin napavälin kasvattaminen (+390 mm)
  - ✓ Kymppipyörä
- Halkaisijaltaan isot renkaat
- Koneiden omapaino

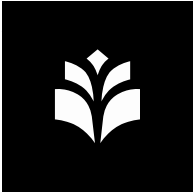




## Parempaa kantavuutta ja pienempiä pintapaineita metsäkoneisiin

- Kaivukonepohjaiset telastot
- Leveämpi telasto (1000–1200 mm)
- Pidempi telasto
  - ✓ Takatelin napavälin kasvattaminen (+390 mm)
  - ✓ Kymppipyörä
- Halkaisijaltaan isot renkaat
- Koneiden omapaino





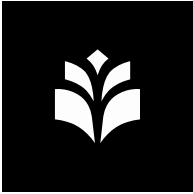
## Muutakin on kehitetty...



*Kuva: Lasse Karilainen, ProSilva Oyj.*



*Kuva: Metsäteho Oy.*



# Uutta teknologiaa pehmeiden maiden puunkorjuuseen

*Centipede*



*Kuva: Centipede.*

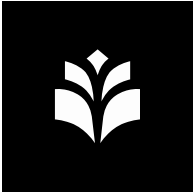
*OnTrack*



*Kuva: Skogforsk.*



**Onko MHY:si korjuupalvelun  
konekalusto varusteltu siten,  
että korjuutyö on tehokasta ja  
korjuujälki hyvää?**



# Maaperän vahvistaminen: Hyvä havutus





# Maaperän vahvistaminen: Kuitupuulavoitus





# Maaperän vahvistaminen: Ajosillat

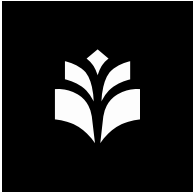




# Korjuukohteen valinta & korjuun ajoitus

- Korjuutekniset leimikkotekijät:
  - ✓ **Alikasvoksen ennakkoraivaus**, jos tarve
  - ✓ **Poistuman keskikoko**  $>50-60 \text{ dm}^3$   
( $\approx d_{1,3} >9-12 \text{ cm}$ )
  - ✓ Hakkuukertymä  $>50-60 \text{ m}^3/\text{ha}$
  - ✓ Pinta-ala  $>1,5-2 \text{ ha}$
  - ✓ Metsäkuljetusmatka  $<300-400 \text{ m}$
- Korjuun ajoitus (vrt. korjuujälki):
  - ✓ Kelirikko keväällä
  - ✓ Syysateet
  - ✓ Tukkien laadun heikkeneminen kesällä
  - ✓ Pesimisrauha & metsätuholaisvaara alkukesästä





# Korjuu sulan maan aikaan vs. talvella

## Sulan maan aikaan

- Päätehakkuut
- Pienaukkohakkuut
- Kaistalehakkuut
- Runsaspuustoiset rämeharvennukset
- Metsä- ja kaukokuljetus eivät aseta vaatimuksia

## Talvella

- Kuusikon ensiharvennukset
- Korpiharvennukset
- Poimintahakkuut
- Metsä- ja kaukokuljetus vaatii



## Luonnonhoidon paikkatietoaineistot

Tarinakartta    

### Kosteusindeksi (TWI)

### Kosteusindeksi DTW

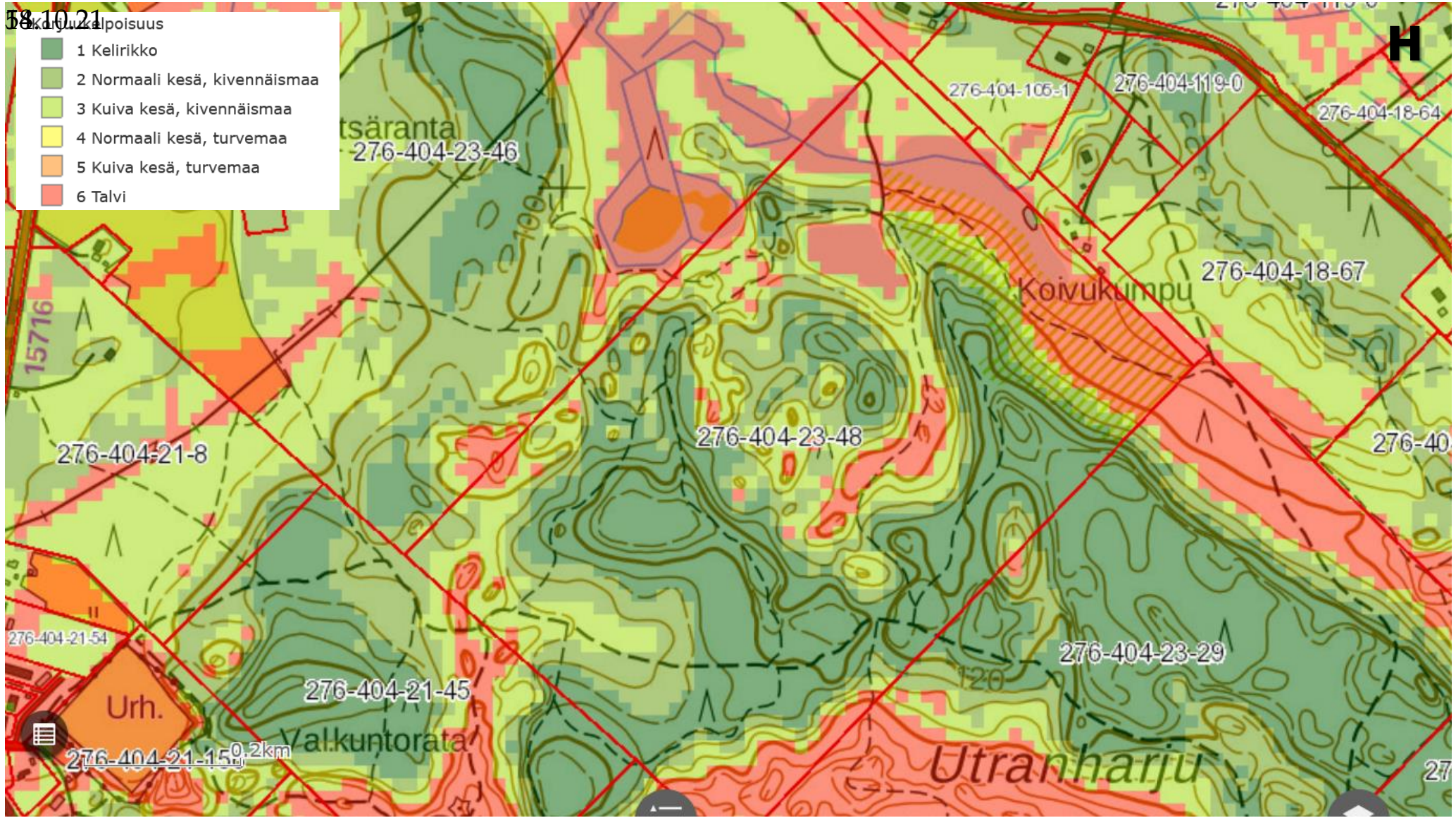
Kosteusindeksien avulla pyritään ennustamaan maan pintakerroksen kosteusolosuhteita. Kosteusolosuhteet vaikuttavat yhdessä muun muassa maalajin sekä juuriston määrän kanssa maanpinnan kantavuuteen puunkorjuussa. Puunkorjuu tulisi suunnitella siten, että maanpinnan kantavuus huomioidaan hakkuu- ja kokoojaurien suunnittelussa, jolloin urapainumien syntyminen voidaan välttää tehokkaasti.

Depth to water (DTW) -kosteusindeksi on muodostettu siten, että korkeusmallista on ensin tunnistettu pintavesien virtausreitit, joista yläpuoliselle valuma-alueelle on annetun raja-arvon perusteelle muodostettu virtuaaliuomia. Oletuksena on, että kun pintavesiä kertyy yhteen pisteeseen raja-arvoksi asetettua valuma-alueen pinta-alaa laajemmalla alueella, on maakerros märkä. Kosteusindeksikartta esittää maanpinnan korkeusarvojen ja märeiksi tunnistettujen virtuaaliuomien maanpinnan korkeusarvojen erotusta. Aineistossa tummansinisellä on esitetty ne kohdat, joissa maanpinnan korkeus on lähellä märeiksi tunnistetun virtuaaliuoman kohdan maanpinnan korkeutta (korkeusero < 25 cm). Sinisen sävyn on sitä vaaleampi, mitä suurempi korkeusero on. Kun



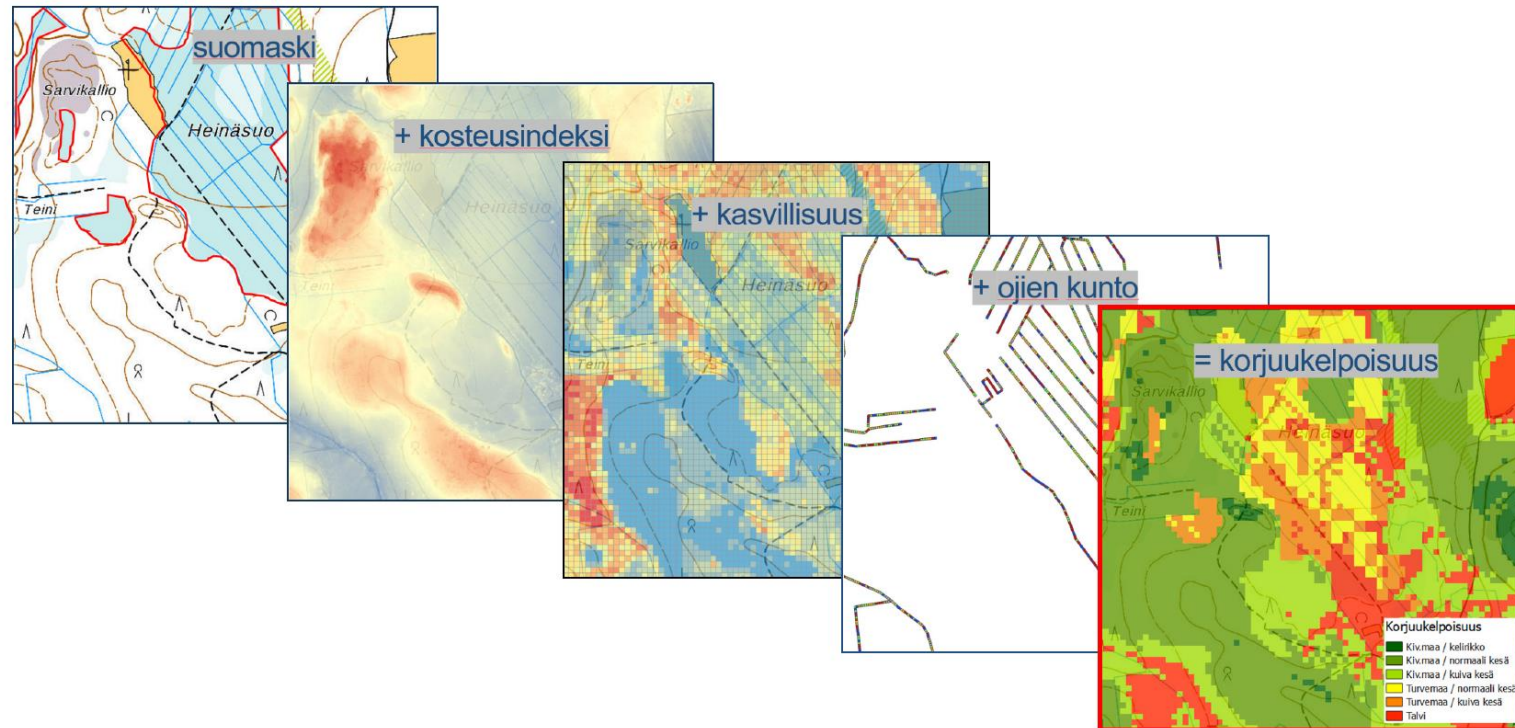
58.10.21

- Kuivapoisuus
- 1 Kelirikko
  - 2 Normaali kesä, kivennäismaa
  - 3 Kuiva kesä, kivennäismaa
  - 4 Normaali kesä, turvemaa
  - 5 Kuiva kesä, turvemaa
  - 6 Talvi





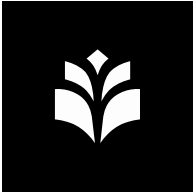
# Pohjatiedot maastotietokannasta ja keilausdatasta



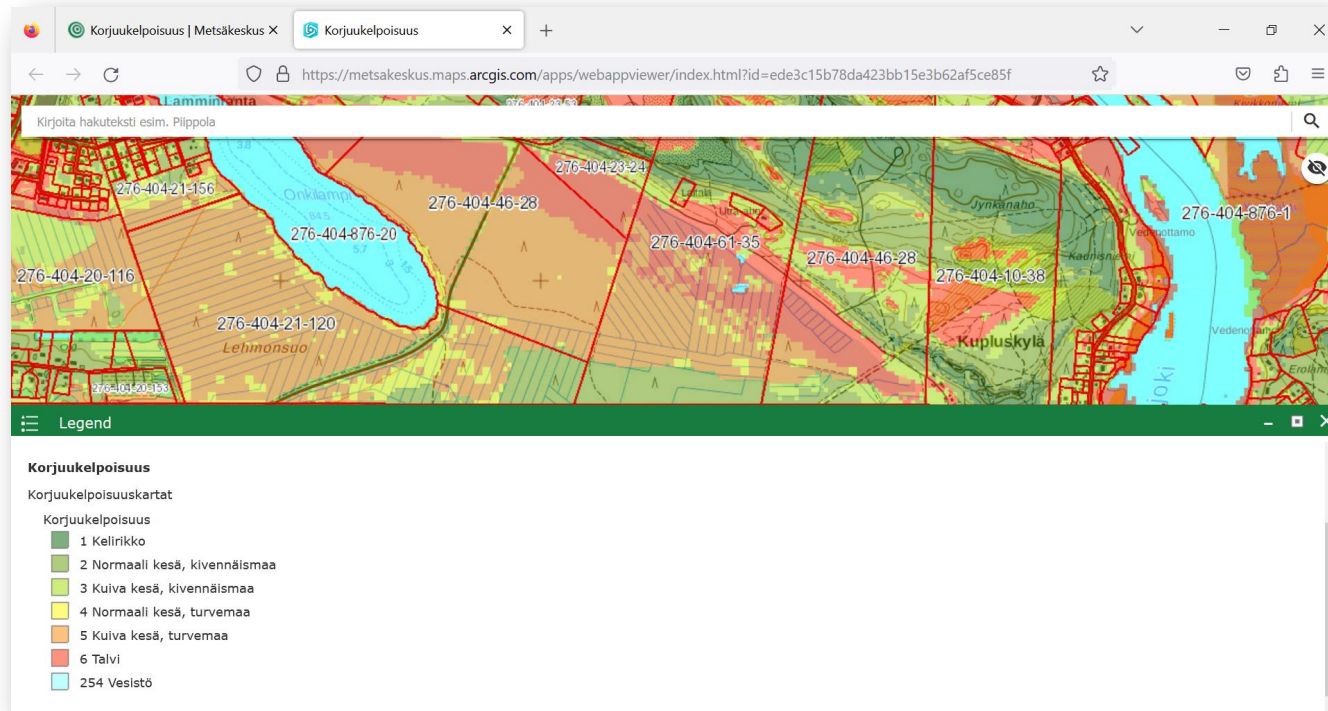
METSÄTEHON TULOSKALVOSARJA 15/2019

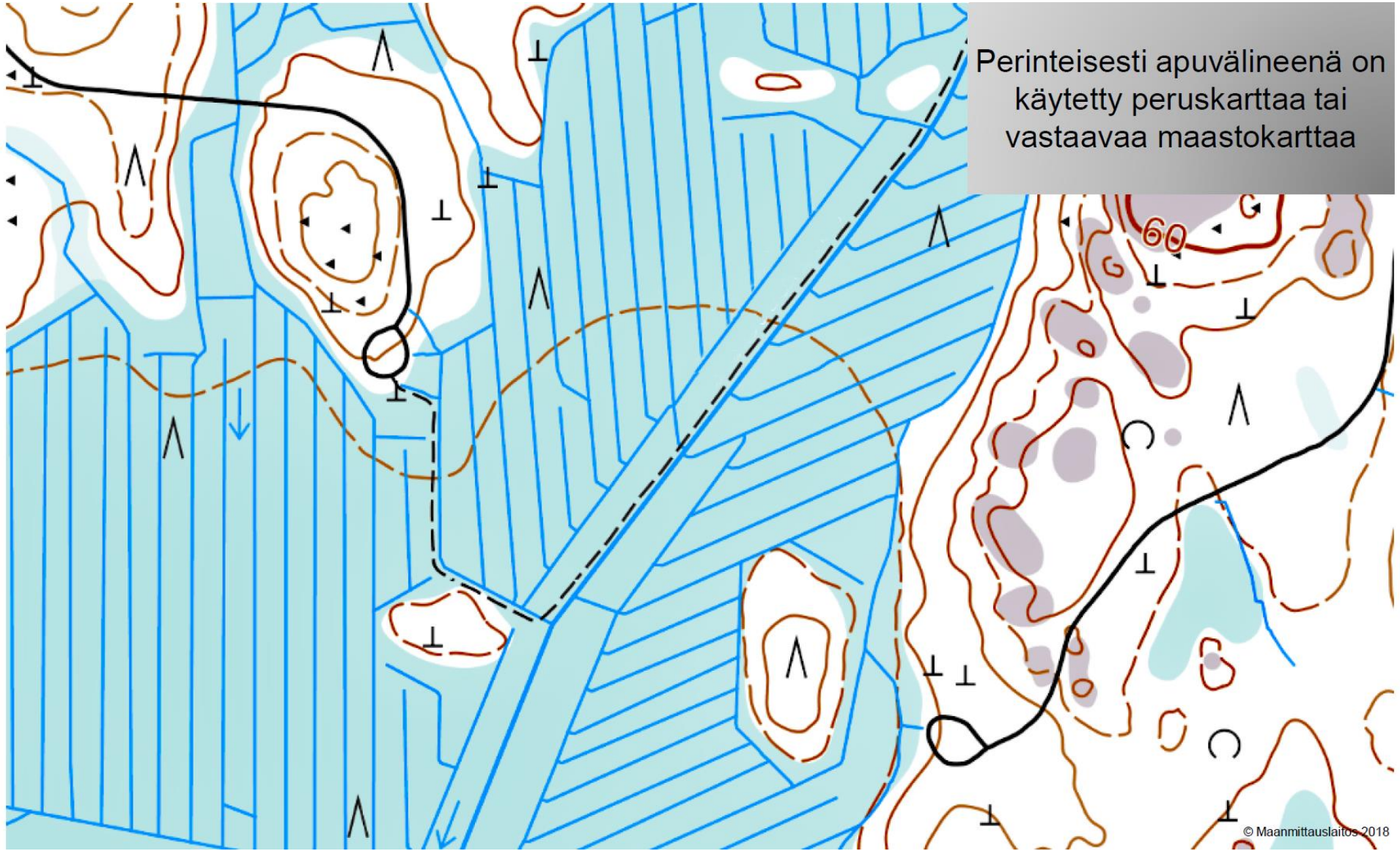
© Maanmittauslaitos 2018 | Suomen metsäkeskus | Arbonaut Oy

4



# Poikela ym. (2019): Esimerkki korjuukelpoisuus-karttojen hyödyntämisestä



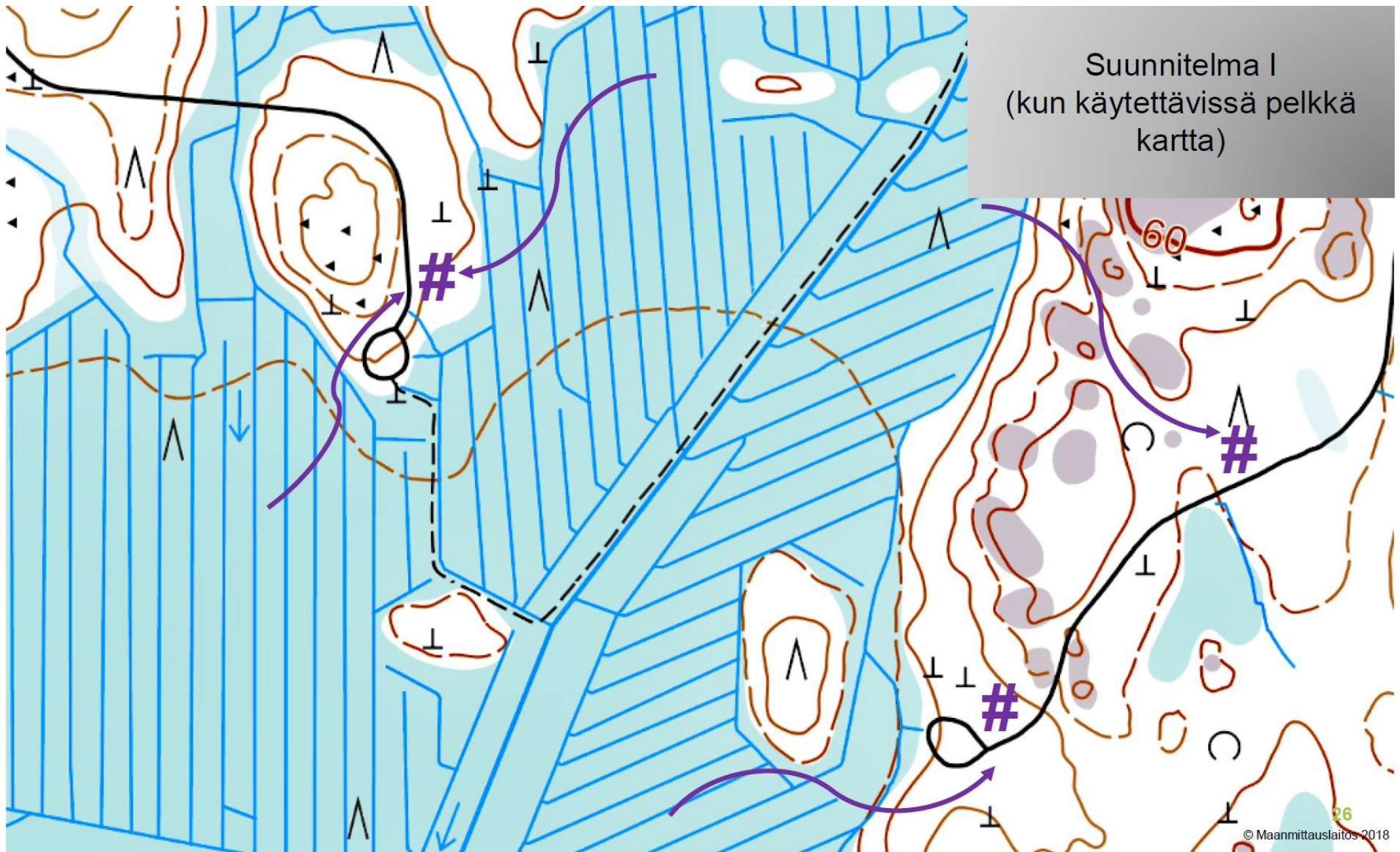


Perinteisesti apuvälineenä on käytetty peruskarttaa tai vastaavaa maastokarttaa

An aerial photograph showing a dense, green forest. A network of paths or roads is visible, winding through the trees. A stream or small river flows through the lower right portion of the image. The overall scene is a natural, wooded landscape.

... ja ilmakuvaa.

Suunnitelma I  
(kun käytettävissä pelkkä  
kartta)



Suunnitelma II  
(kun käytössä peruskartta  
ja ilmakekuva)

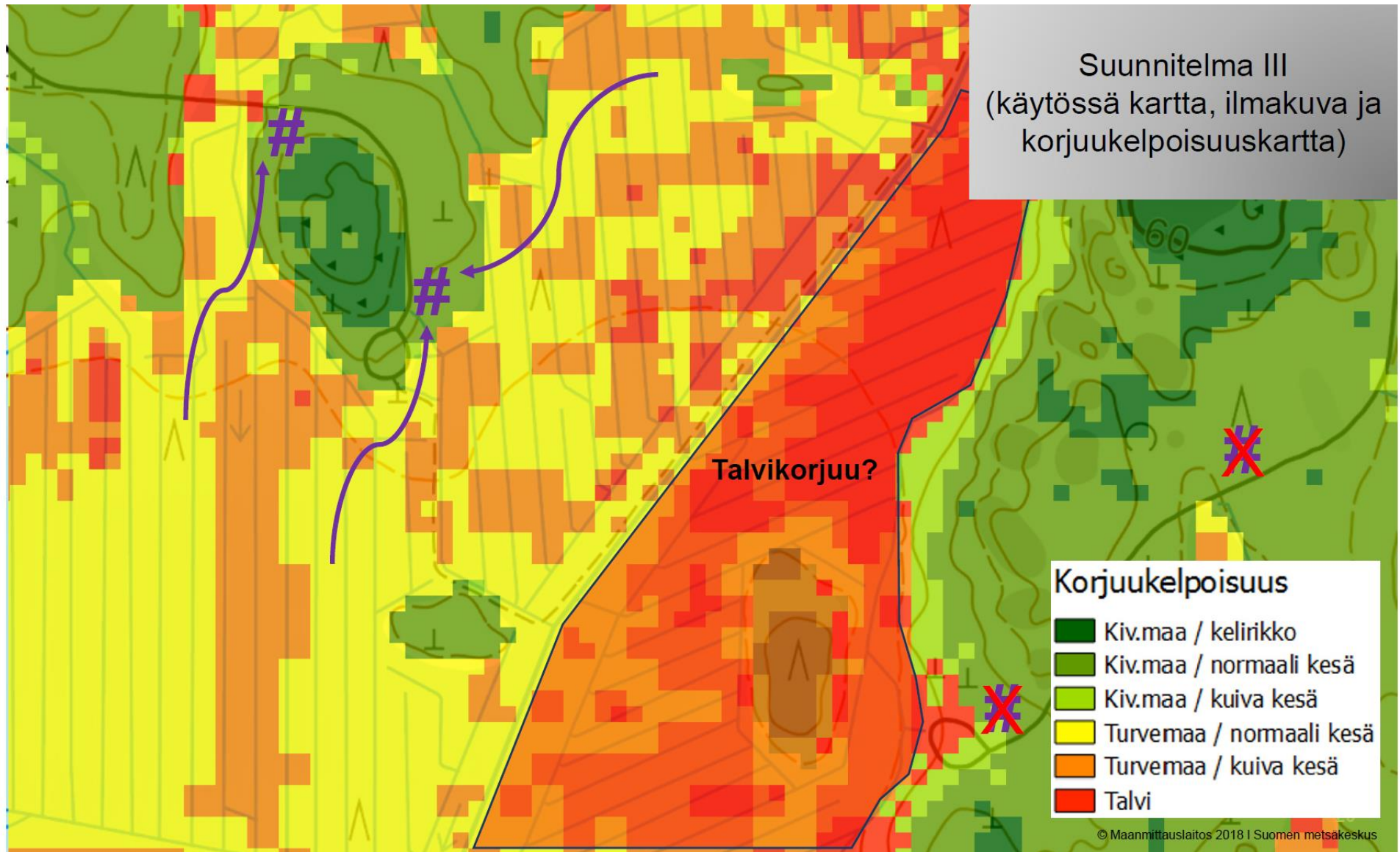


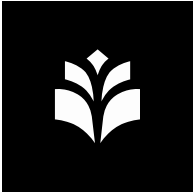
Korjuukelpoisuuskartta  
täydentää kuvaa

### Korjuukelpoisuus

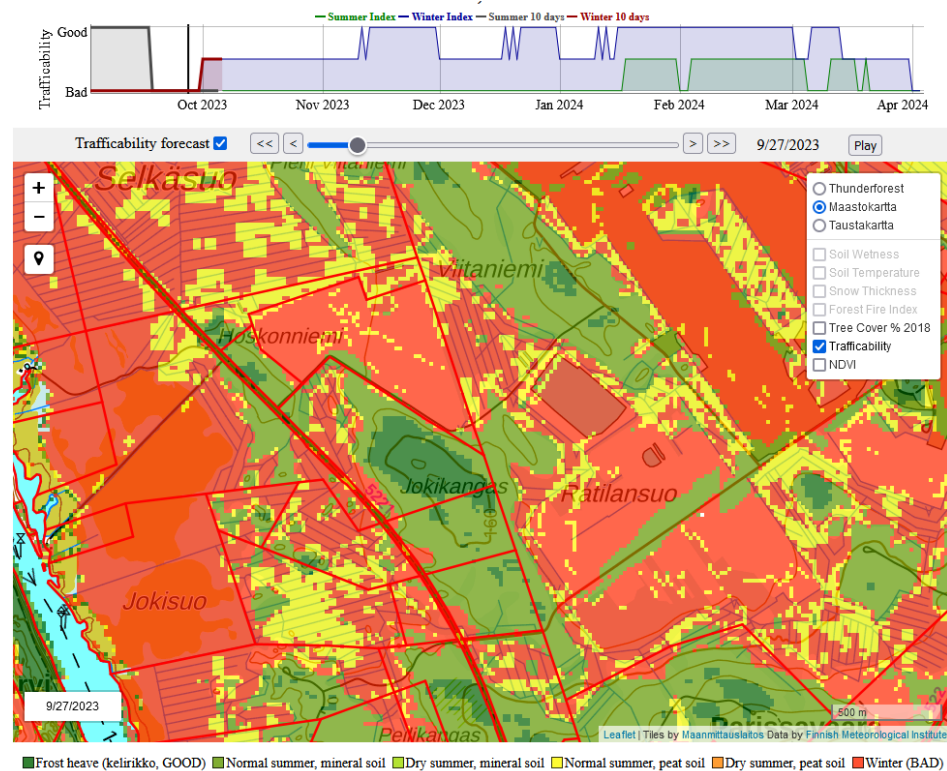
- Kiv.maa / kelirikko
- Kiv.maa / normaali kesä
- Kiv.maa / kuiva kesä
- Turvemaa / normaali kesä
- Turvemaa / kuiva kesä
- Talvi

Suunnitelma III  
(käytössä kartta, ilmakeku ja  
korjuukelpoisuuskartta)





# Korjuukelpoisuuskartta apuna korjuun ajoituksessa – *Harvester Seasons*





# Mitä karttatuotteita/työvälineitä teillä käytetään leimikoiden korjuun ajoitukseen/valintaan?

# 3) Ketjutus



## Korjuun ajoitus ja ketjutus

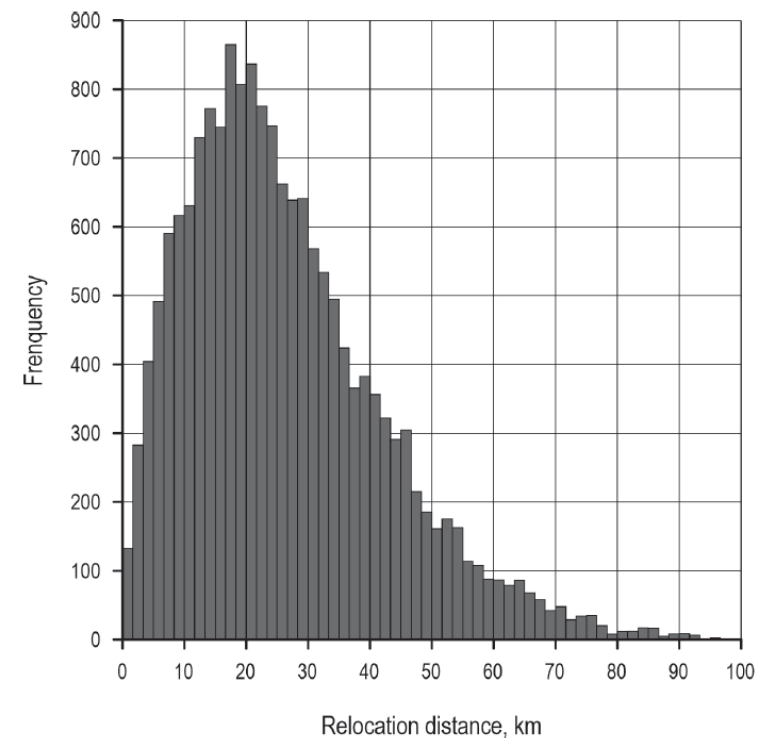
**LEIMIKKOVARANTO**



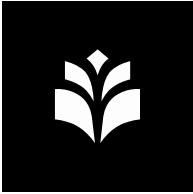


# Ketjutus

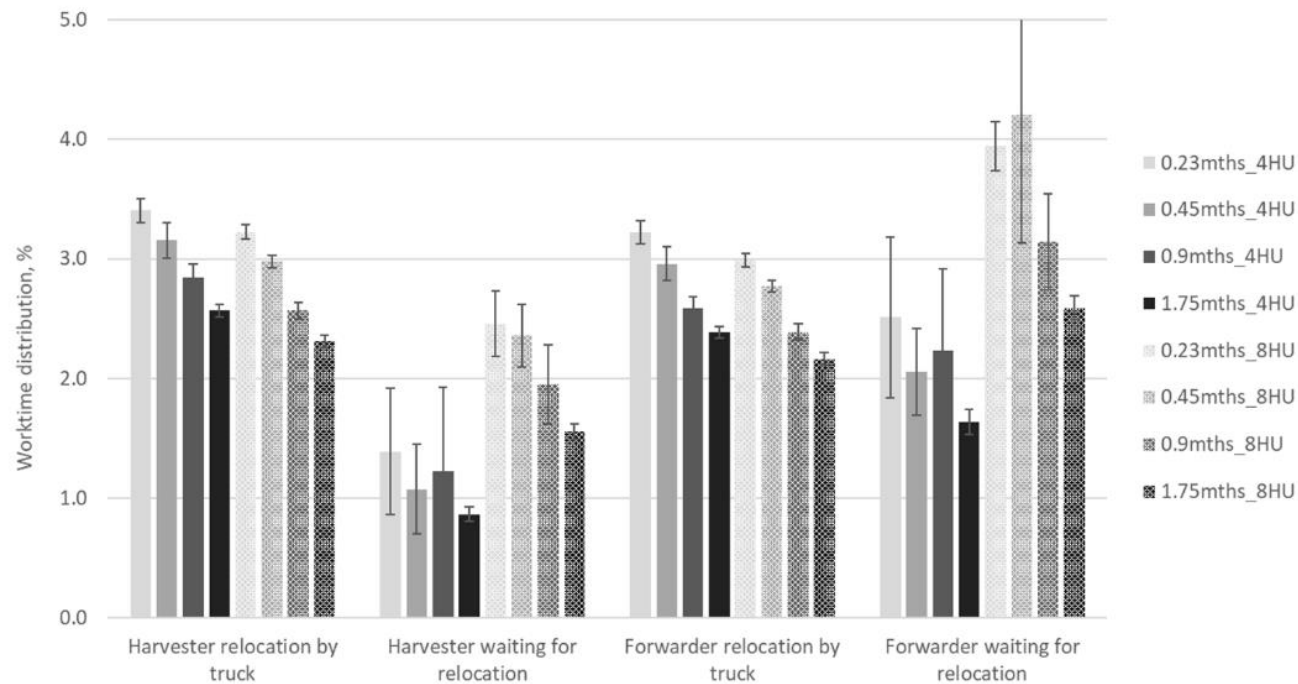
- Kesä- & talvivarannon koko
- Moniasiakkuus
  - ✓ Pienempi toimialue
  - ✓ Lyhyemmät siirtomatkat
  - ✓ Pienempi ajanmenekki siirtoihin
  - ✓ Pienemmät siirtokustannukset
  - ✓ Koneiden korkeampi käyttöaste



Lähde: Haavikko ym. 2022.

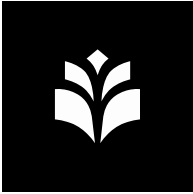


# Varannon koolla vaikutusta ketjutukseen ja konesiirtoihin ja edelleen kustannuksiin



Lähde: Väättäinen ym. 2021.

## **4) Lopuksi**

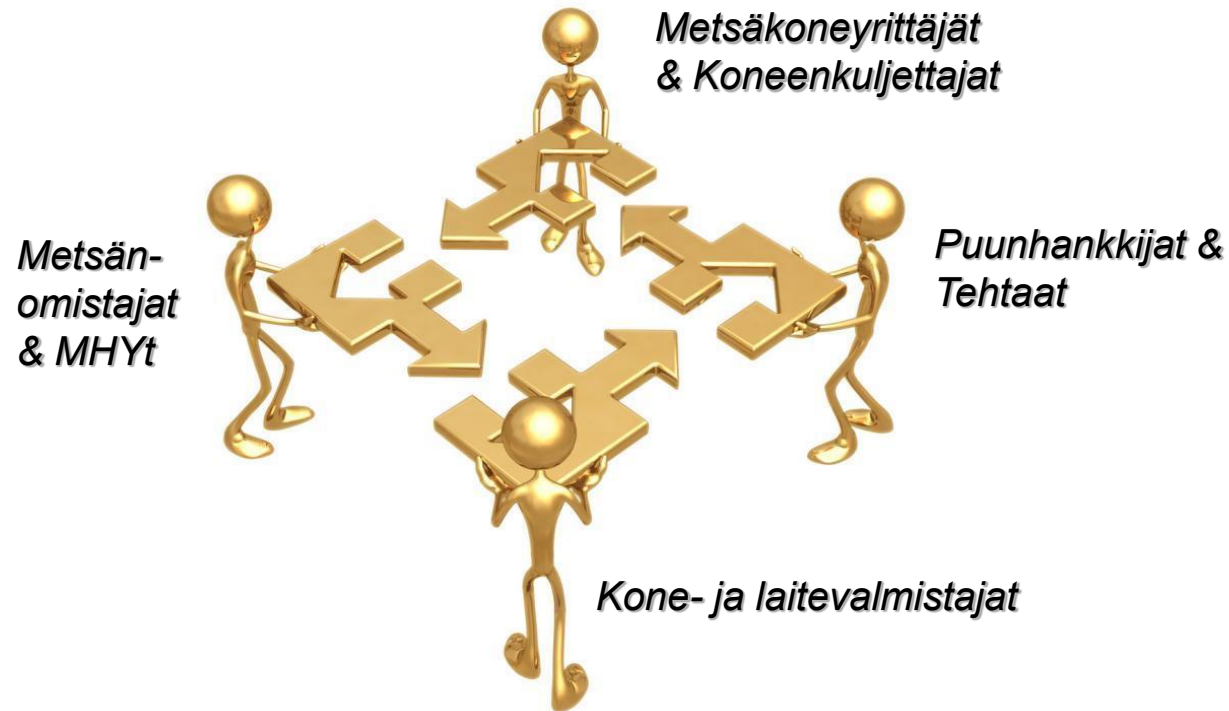


# Kustannus- ja energiatehokkaan puunkorjuulukon aukeamiseen tarvitaan useampaa avainta

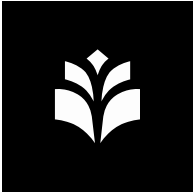




# Kustannus- ja energiatehokkaan puunkorjuun toteutukseen tarvitaan meitä kaikkia



*+ Päättäjät, Viranomaiset, Koulutus, Tutkimus & Muut yhteistyökumppanit*



# **Kaikesta huolimatta vahinkoja voi sattua Mestareillekin...**





UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

***Kiitos!***

[kalle.karha@uef.fi](mailto:kalle.karha@uef.fi)  
[uef.fi](http://uef.fi)



LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE.  
EU:n osarahoittama.  
Co-funded by the European Union.