



Metsäteho

Ponsse Ergo / H7 rankapuun hakkuussa ensiharvennuksella

Kalle Kärhä ¹, Teuvo Kumpare ², Sirkka Keskinen ¹ & Aaron Petty ¹

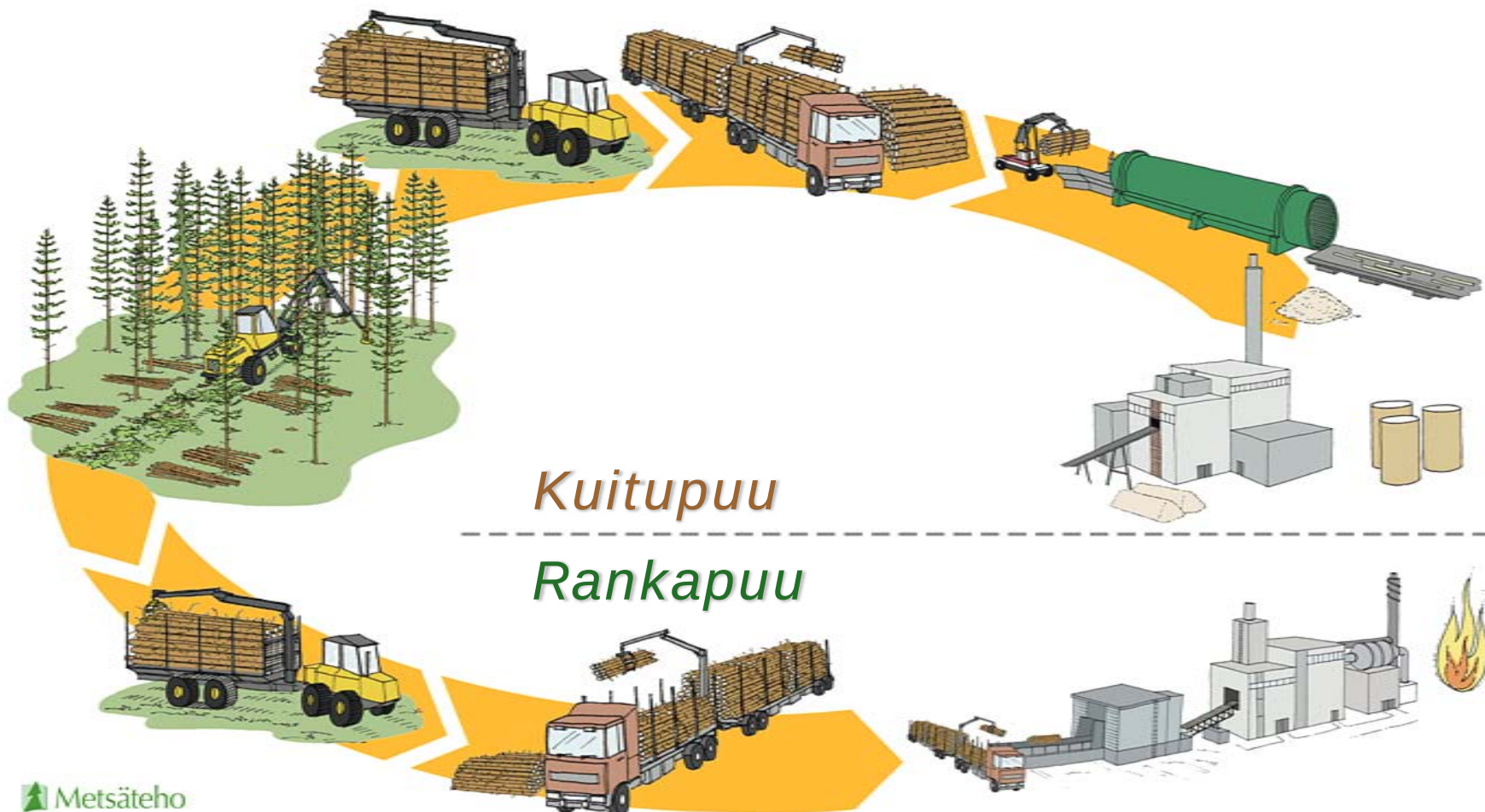
¹ Metsäteho Oy & ² Metsähallitus

Metsätehon tulokalvosarja 1/2011

Tausta & tavoitteet

- **Joukkokäsittely**, yhdistetty eli **integroitu puunkorjuu, rankapuuna korjuu** ja **kuormainvaakamittaus** ovat lisääntyneet merkittävästi viime vuosien aikana.
- Kuitupuukokoisten runkojen joukkohakkuusta ja rankapuun korjuusta on valitettavan vähän tutkimusaineistoja.
- Tehokkainta ensiharvennuspuun korjuumenetelmää ei ole vielä löydetty.
 - ✓ T&K-työtä hakkuu- ja korjuumenetelmien tehostamiseksi on tehtävä voimakkaasti.
- ➡ Tutkimuksessa tehtiin aikatutkimukset ensiharvennuspuun joukkohakkuusta ja rankapuun korjuusta.

Kuitu- ja rankapuun integroitu hankinta





Hakkuun aikatutkimus

Kuusi hakkuumenetelmää

- Aikatutkimusaineisto kerättiin yhdestä Metsähallituksen ensiharvennussekametsiköstä Leppävirralla lokakuussa 2010.
- Tutkimuksessa testattiin kuutta hakkuumenetelmää:
 1. Kuitupuun (erillis)hakkuu yksinpuin (**Kuitu YP**)
 2. Kuitupuun (erillis)hakkuu joukkohakkuuta hyödyntäen (**Kuitu JH**)
 3. Kuitu- ja rankapuun integroitu hakkuu joukkohakkuuta hyödyntäen; kuitupuu puulajipuhtaana (**Integroitu**)
 4. Kuitu- ja rankapuun integroitu hakkuu; < 10 cm:n rungot joukkohakkuuna energiapuuksi ja sitä isommat yksinpuin; kuitupuu puulajipuhtaana (**Integroitu 10 cm**)
 5. Rankapuun (erillis)hakkuu joukkohakkuuta hyödyntäen; puulajipuhtaana (**Ranka erilleen**)
 6. Rankapuun (erillis)hakkuu joukkohakkuuta hyödyntäen; kaikki samaan kasaan (**Ranka samaan**).

Ponsse Ergo / H7

- Kullekin hakkuumenetelmälle perustettiin yksi aikatutkimuskoeala.
- Kukin aikatutkimuskoeala oli noin puolen hehtaarin kokoinen.
- Työmenetelmiä testattiin kajaanilaisen TM Forest Oy:n Ponsse Ergo -hakkuukoneella, jossa Ponsse H7 -hakkuulaite ja Ponsse C4 -nosturi (ulottuvuus 10 m).
 - ✓ Joukkokäsittely hakkuulaitteessa toteutettiin ohjelmallisesti.
- Hakkuukoneen kuljettajalla oli vankka, runsaan 10 vuoden kokemus hakkuukonetyöstä harvennuksilta.
 - ✓ Integroitua hakkuuta ja rankapuun hakkuuta kuljettaja oli tehnyt yhteensä vajaan puoli vuotta.
 - ✓ Pelkän kuitupuun joukkohakkuuta kuljettaja oli tehnyt hyvin vähän ennen tutkimusta.

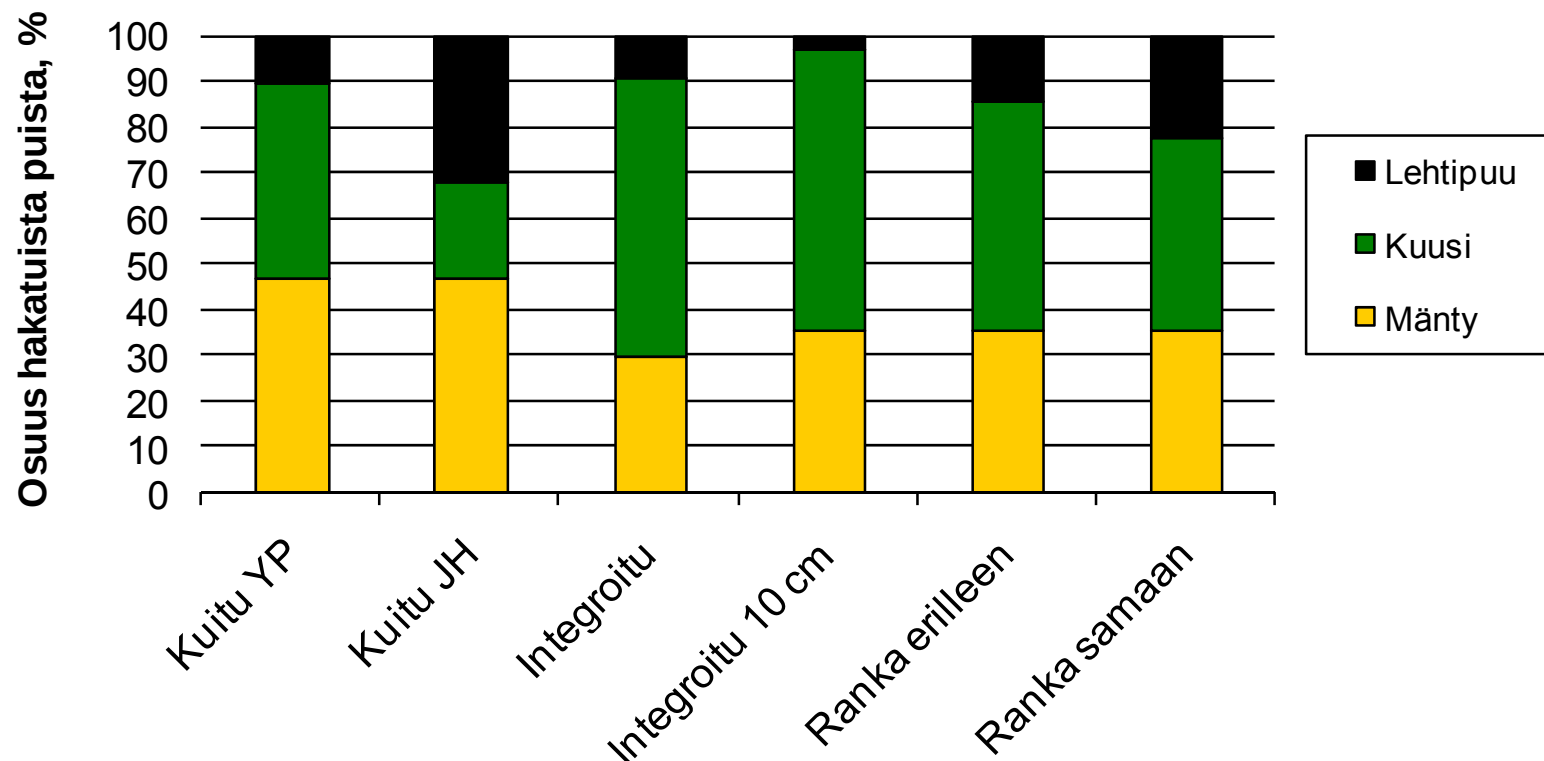
Ponsse Ergo & Ponsse H7



Aineistona yli 3 000 puun hakkuu

- Tutkimuksessa hakattiin kaikkiaan 3 313 puuta.
- Poistumasta lähes puolet (47 %) oli kuusta. Männyn osuus oli 38 % ja lehtipuun, lähinnä koivun 15 %.
 - ✓ Kuusen osuus poistumasta vaihteli koealoittain välillä 21–61 %. Männyn osuus oli 30–47 % ja lehtipuun 3–32 %.
- Kuitupuu hakattiin tutkimuksessa Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtaiden mitoin:
 - ✓ Pituus:
 - Havukuitupuu: 2,7–5,0 m, vapaa katkonta
 - Koivukuitupuu: 2,9–3,0 m + apumitta 2,7 m
 - Rankapuu: 2,7–5,0 m (tavoite 5 m).
 - ✓ Minimilatvaläpimitta:
 - Mänty- ja koivukuitupuu: 6 cm
 - Kuusikuitupuu: 7 cm
 - Rankapuu: 2–3 cm.

Valtaosa poistumasta kuusta ja mäntyä



Mittaus kuormainvaa'alla

- Hakatut puut metsäkuljetettiin koealoittain hakkuun jälkeen tienvarteen Ponsse Buffalo -kuormatraktorilla, jossa oli Ponsse LoadOptimizer -kuormainvaaka.
- Yhteensä tutkimuksessa korjattiin 190 940 kg (= 191 tonnia) puuta.
- Tuoretonnit muunnettiin kiintokuutiometreiksi Metsän-tutkimuslaitoksen määrittämillä tuoretiheysluvuilla ^{1, 2}:
 - ✓ Mäntykuitupuu 930 kg/m³
 - ✓ Kuusikuitupuu 846 kg/m³
 - ✓ Koivukuitupuu 889 kg/m³
 - ✓ Rankapuu 900 kg/m³.
- Kiintokuutiometreinä korjattu puumäärä oli yhteensä 210 m³.

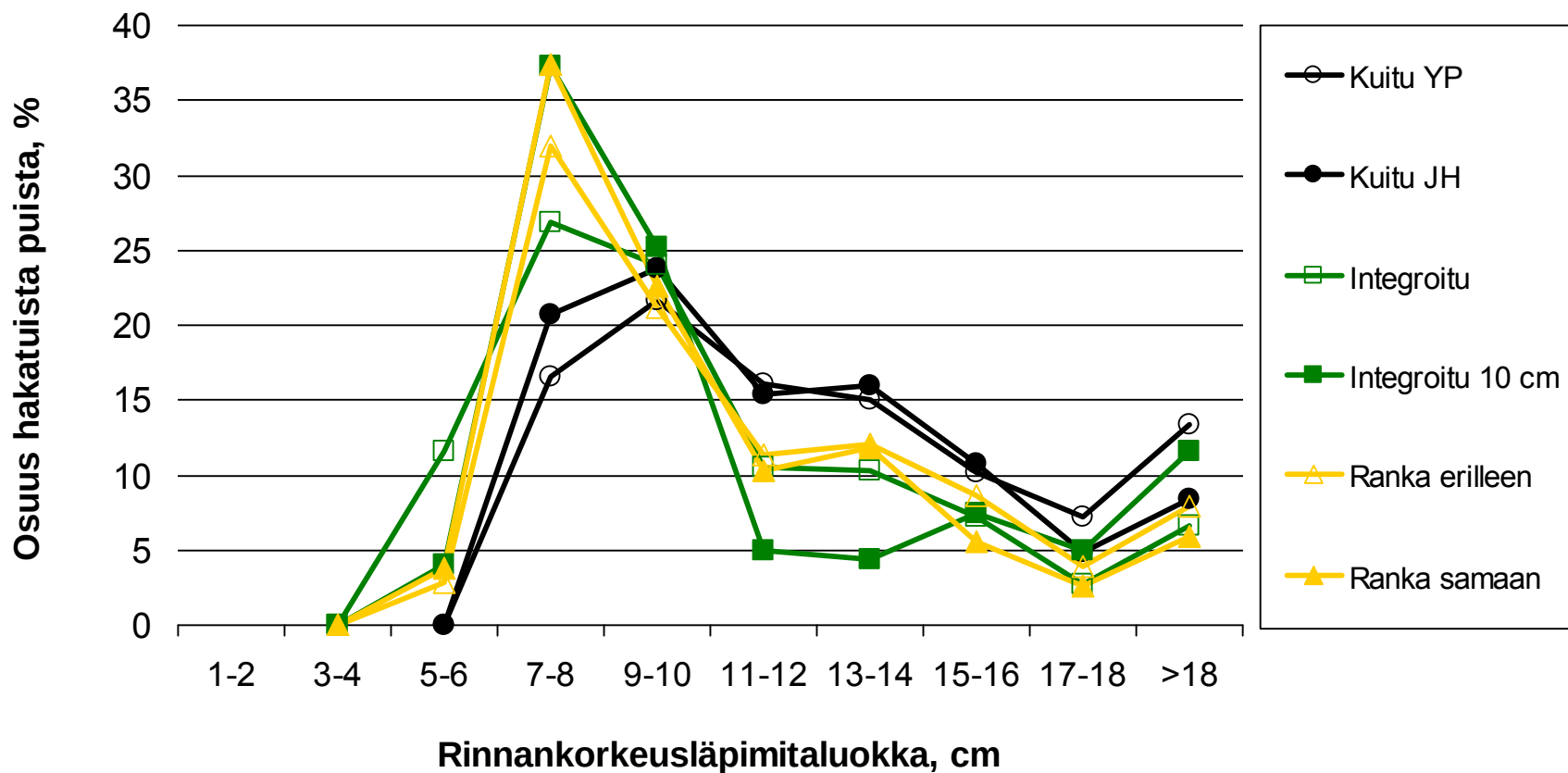
¹ Lindblad, J., Äijälä, O. & Koistinen, A. 2010. Energiapuun mittaus. Tapio & Metla, 27.9.2010.

² Maa- ja metsätalousministeriön asetus 8/2010 (Dnro 666/14/2010).

Puolet poistumasta 7–10 cm

- Poistumasta yli puolet oli rinnankorkeusläpimitaltaan 7–10 cm. Myös järeämpiä puita hakattiin.
- Poistuman tiheys oli keskimäärin 1 050 r/ha.
- Hakkuukertymä oli tutkimuksessa keskimäärin 61 tonnia/ha eli 67 m³/ha.
- Poistuman keskikoko oli 63 dm³ eli 58 kg.

Poistuman rinnankorkeusläpimittajakauma

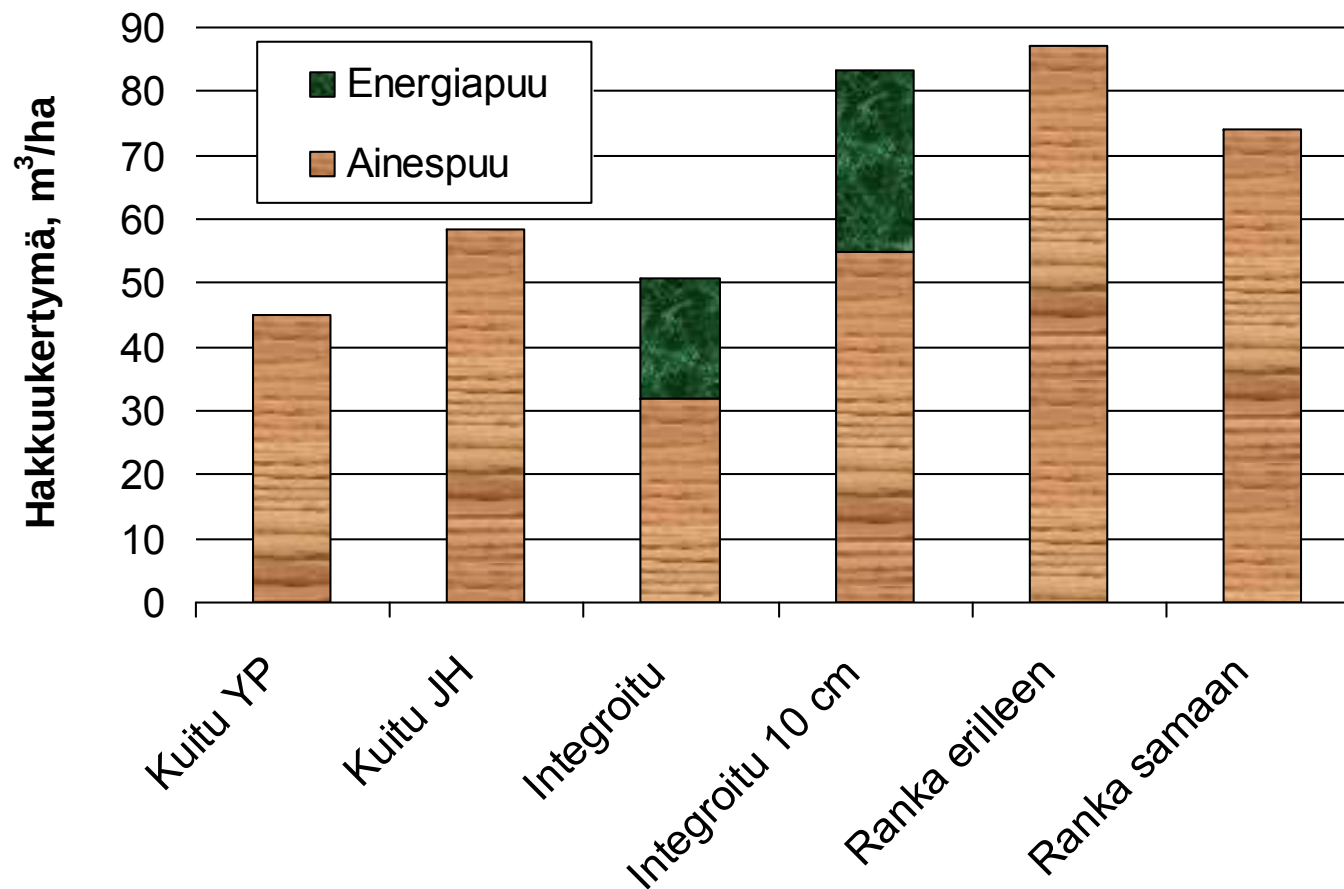


Korjuuolot aikatutkimuskoealoittain

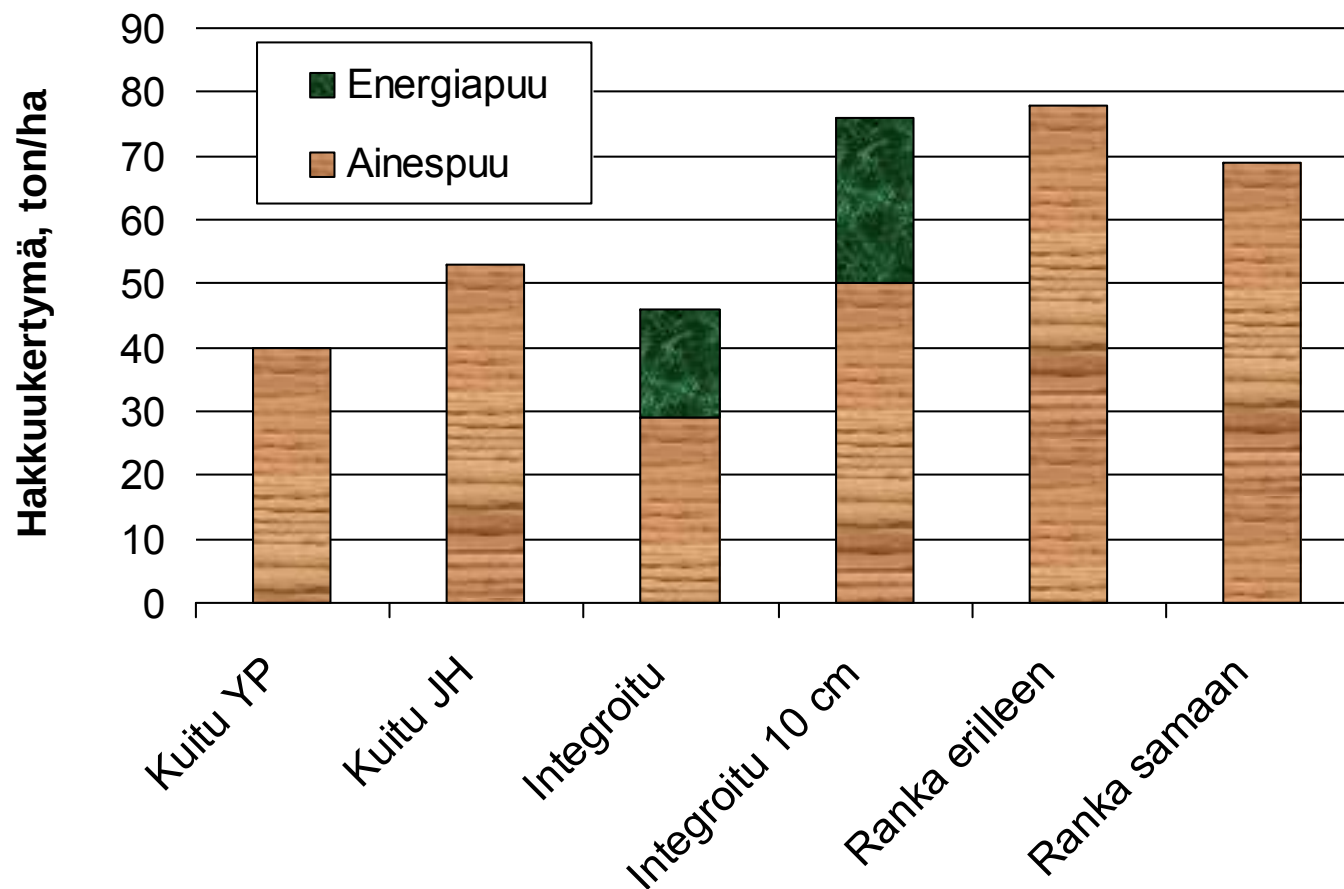
Hakkuumenetelmä	Lähtö- puusto, r/ha	Poistuma, r/ha	Poistuman keskikoko, dm ³	Hakkuu- kertymä, m ³ /ha ¹
Kuitu YP	1 480	760	59	45 (45 + 0)
Kuitu JK	1 760	960	61	59 (59 + 0)
Integroitu	1 730	1 000	51	51 (32 + 19)
Integroitu 10 cm	1 840	1 150	72	83 (54 + 28)
Ranka erilleen	1 930	1 130	77	87 (87 + 0)
Ranka samaan	1 990	1 270	58	74 (74 + 0)

¹ Hakkuukertymä: Kokonaishakkuukertymä (kuitu-/rankapuukertymä + energiapuukertymä).

Hakkuukertymä (m^3 / ha)



Hakkuukertymä (tonnia / ha)



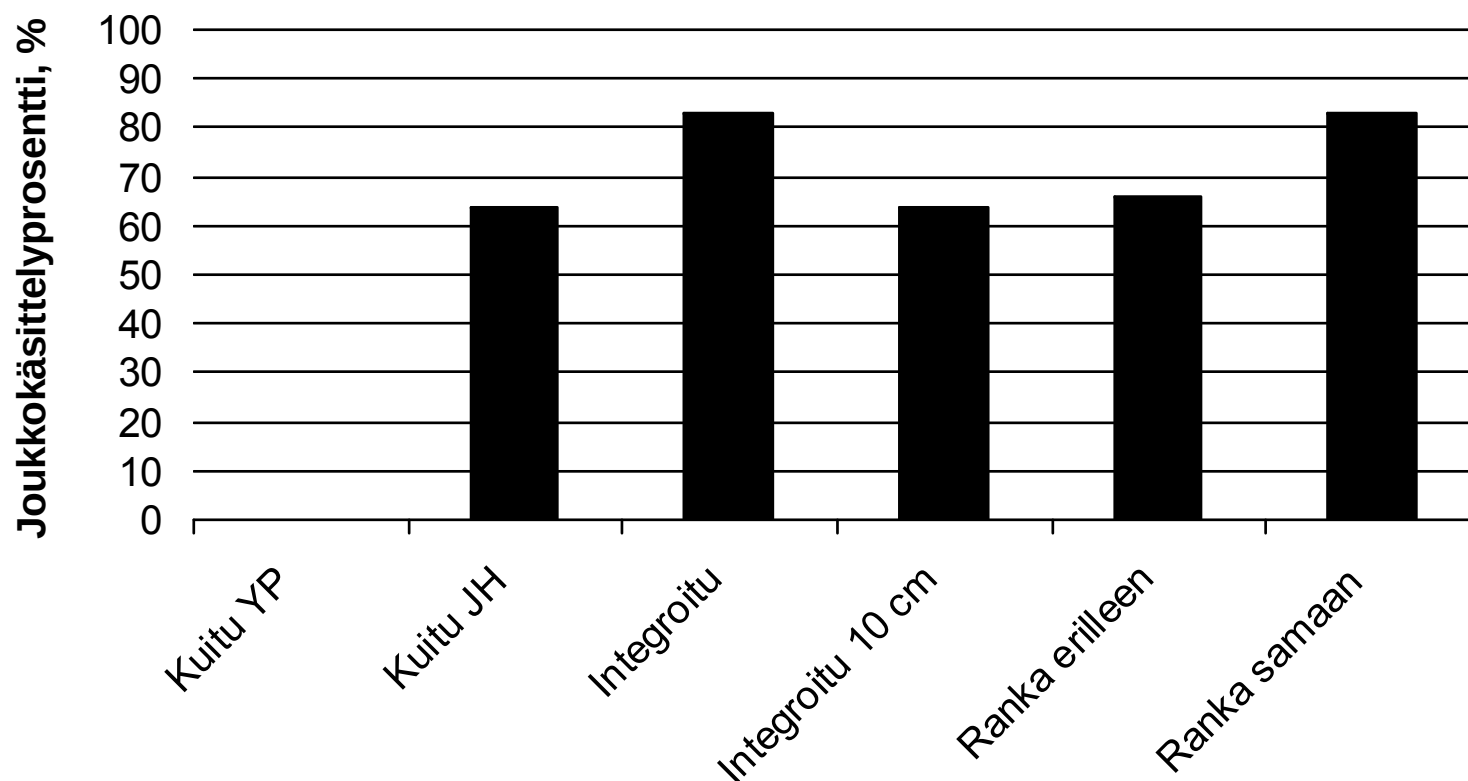
Tutkimusleimikko hakkuun jälkeen



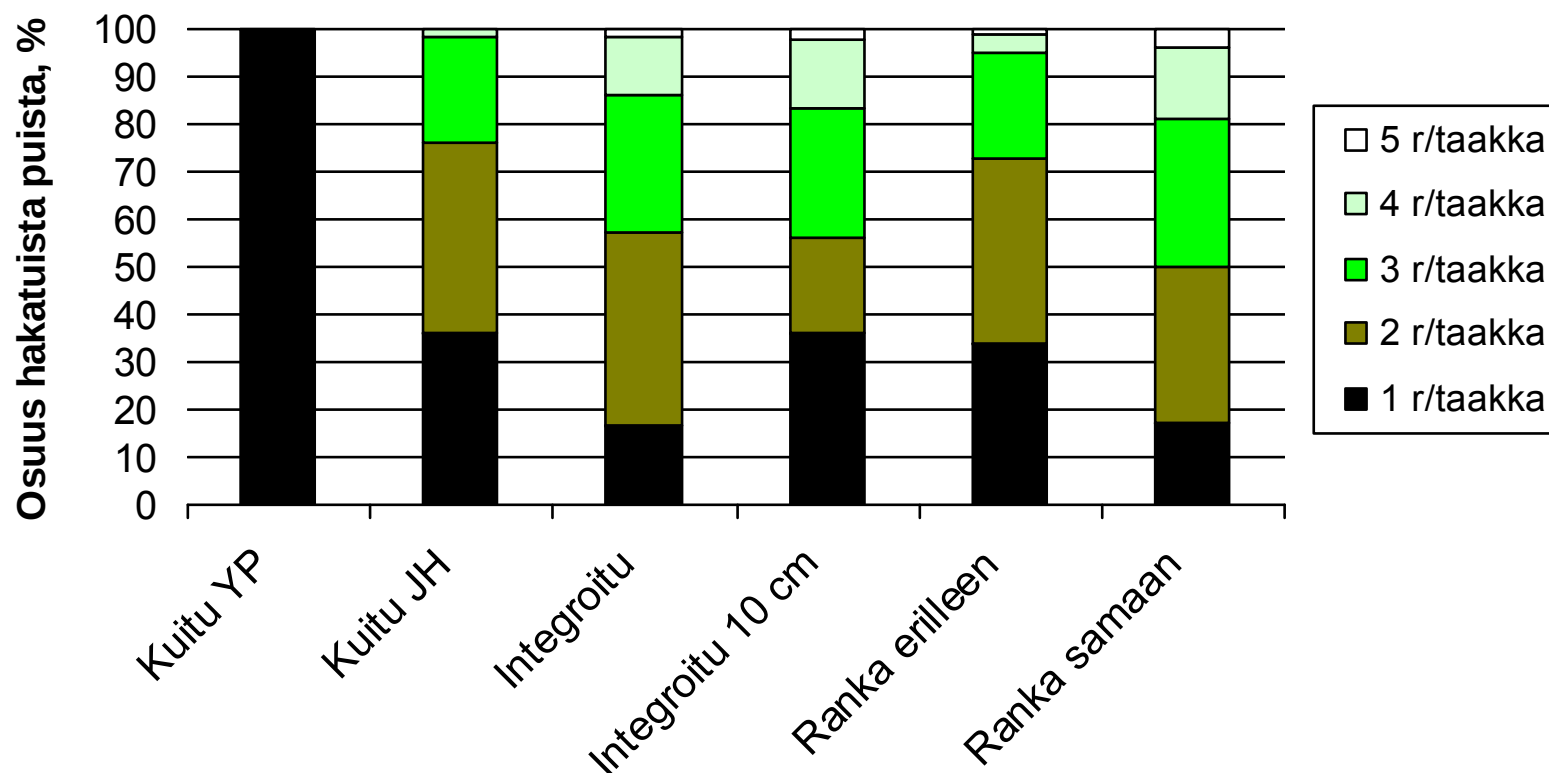
2–3 runkoa yhteen taakkaan

- Aikatutkimuksessa joukkohakkuuta hyödyntäneissä työmenetelmissä joukkokäsittelyprosentti oli koealoittain 64–83 %.
- Kun joukkohakkuuta käytettiin, yhteen taakkaan otettiin yleisimmin 2–3 puuta.
- Taakkakoko oli tutkimuksessa keskimäärin 1,7 puuta/taakka.
- Korkein taakkakoko saavutettiin Ranka samaan (2,1 r/taakka) ja Integroitu (2,0 r/taakka) -hakkuumenetelmissä, joissa vielä joitakin rinnan-korkeusläpimitaltaan 14–15 cm:n runkoja joukkohakattiin.

Joukkohakattujen puiden osuus koealoittain



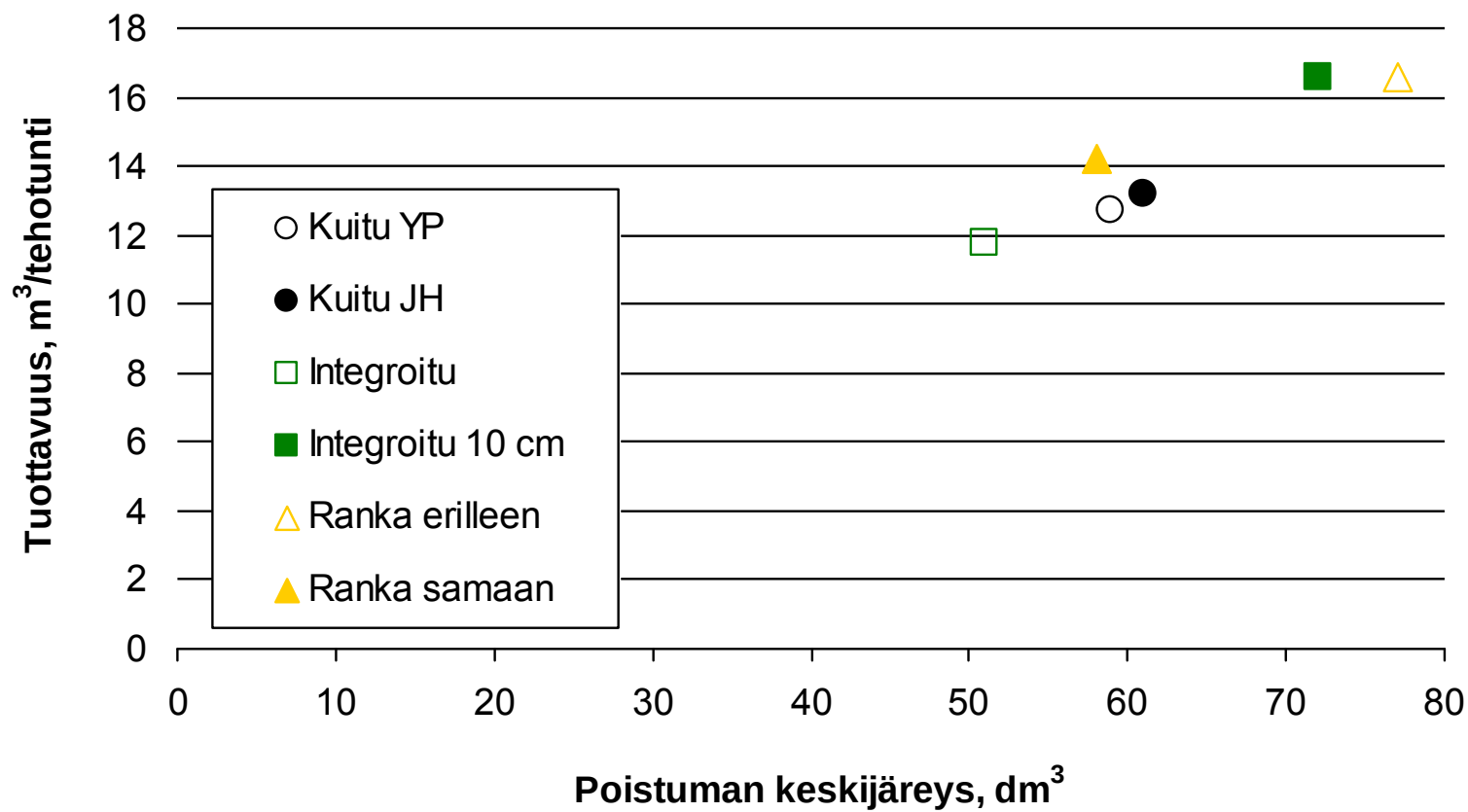
Taakkakokojakauma



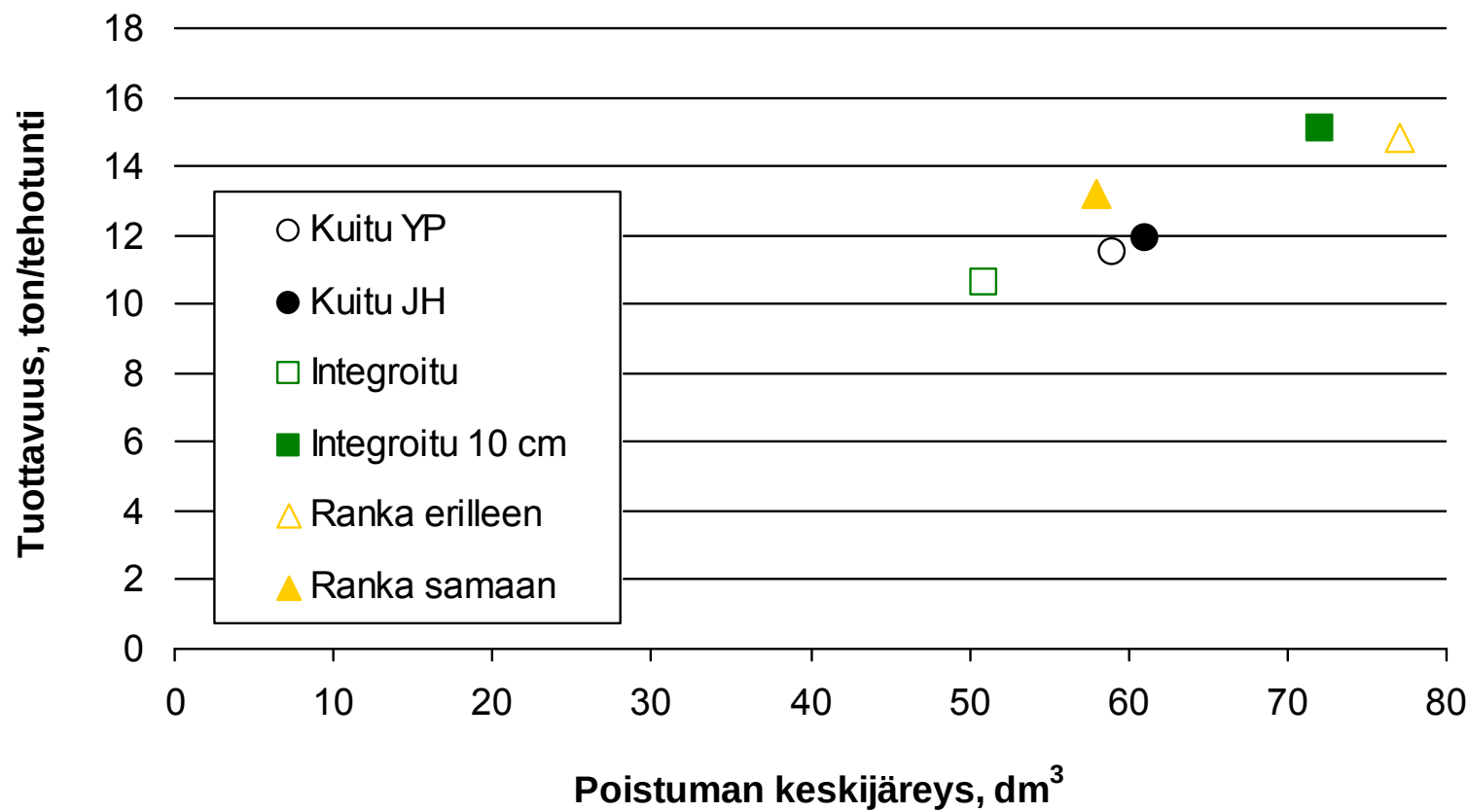
Hakkuun tehotuntuottavuus

- Hakkuun tehotuntuottavuus oli tutkimuksessa keskimäärin:
 - ✓ 14,4 m³/h (vaihteluväli koealoittain 11,8–16,6 m³/h)
 - ✓ 13,0 tonnia/h (10,6–15,1 ton/h)
 - ✓ 226 runkoa/h (215–245 r/h).

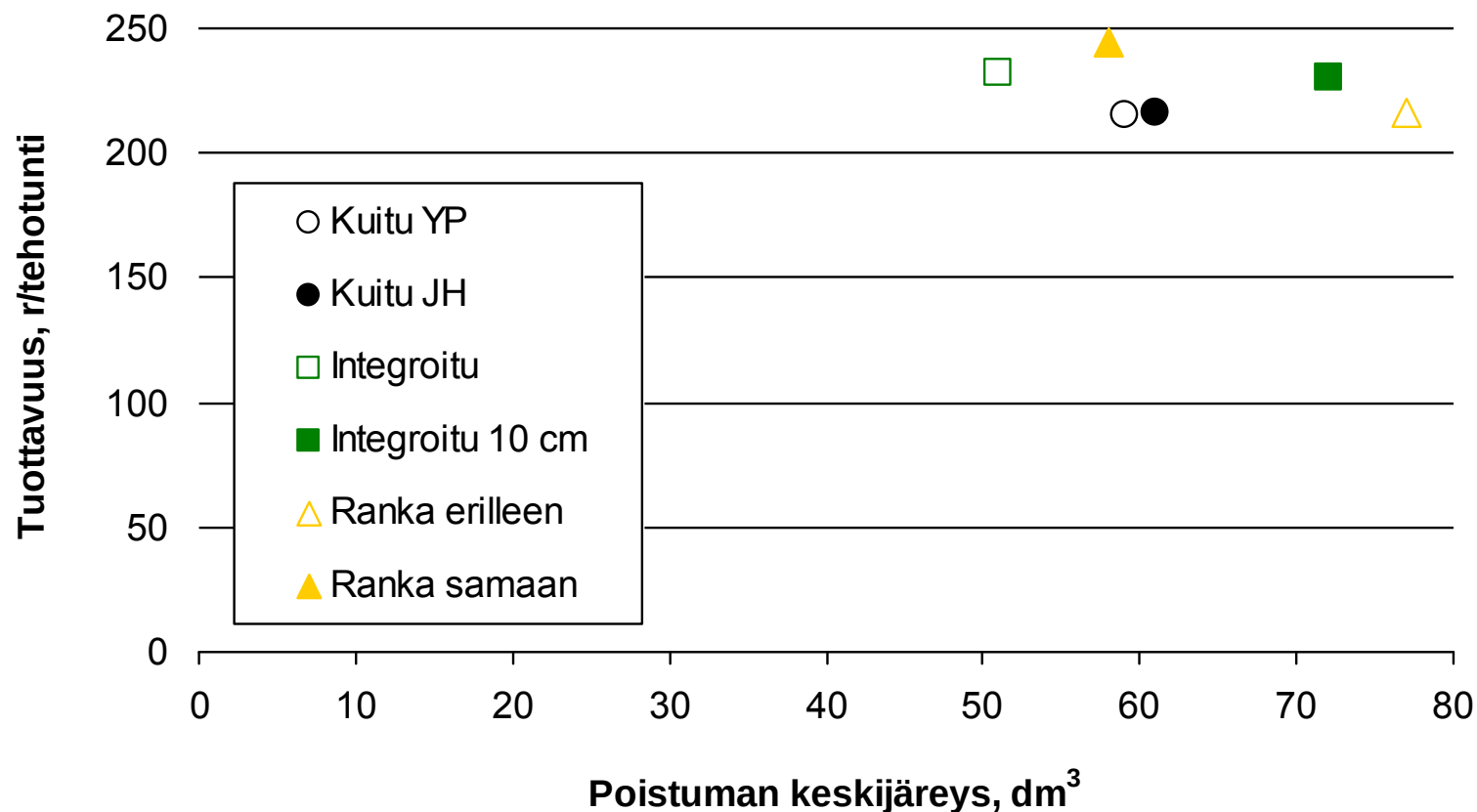
Hakkuun tehotuntituottavuus (m^3/h) koealoittain



Hakkuun tehotuntituottavuus (tonnia / h) koealoittain



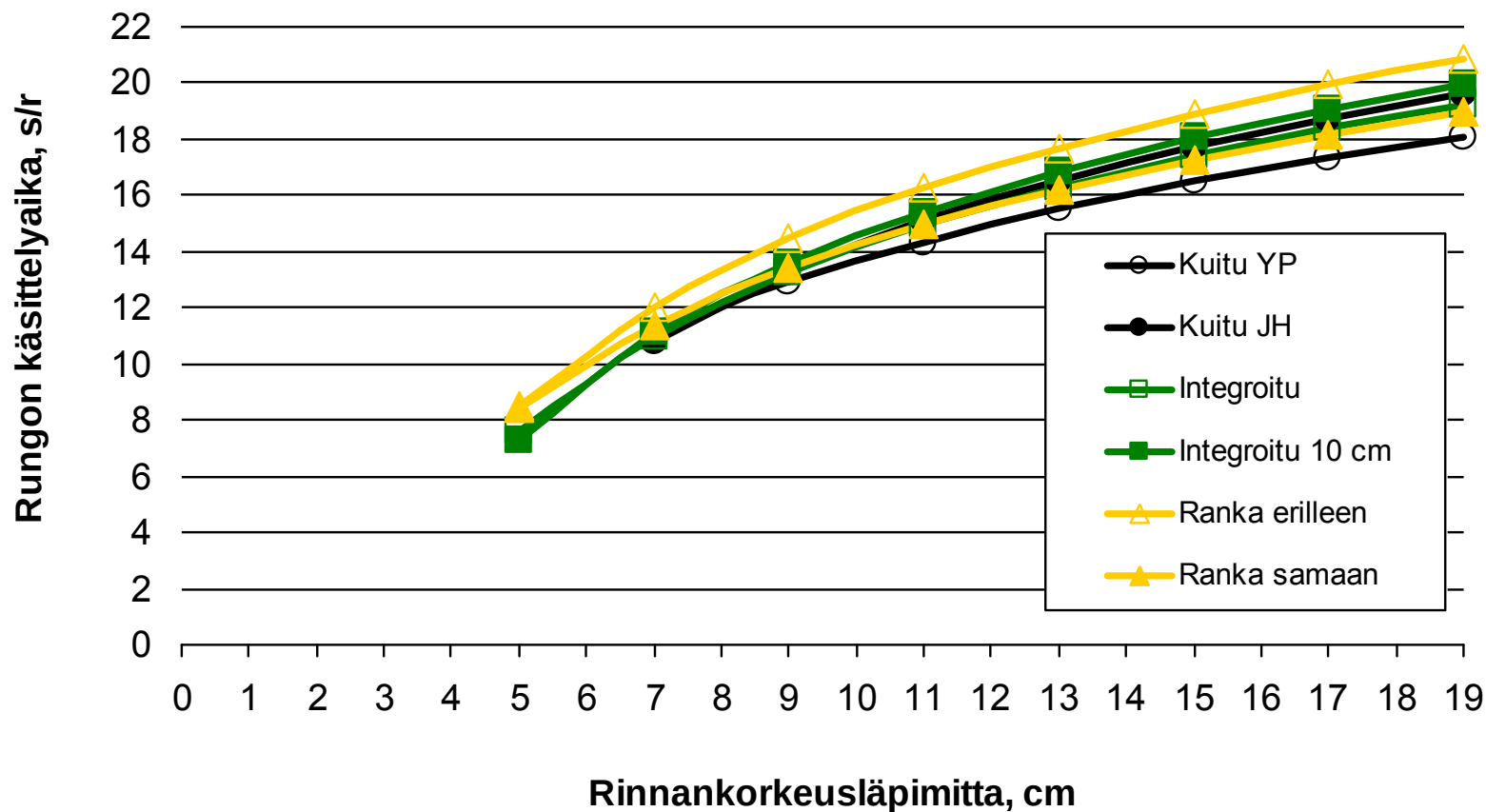
Hakkuun tehotuntituottavuus (runkoa / h) koealoittain



Hakkuun ajanmenekki

- Kun hakattiin rinnankorkeuslähpimitaltaan 9–15 cm:n puita, rungon käsittelyn ajanmenekki (s/r) oli:
 - ✓ **Kuitupuun joukkohakkuussa** (Kuitu JK) 3–8 % **korkeampi kuin kuitupuun yksinpuin hakkuussa** (Kuitu YP).
 - ✓ Testatuissa **integroiduissa hakkuumenetelmissä** (Integroitu & Integroitu 10 cm) lähes **samalla tasolla**.
 - ✓ **Rankapuun hakkuussa, jossa hakattiin puulajipuhtaaksi**, (Ranka erilleen) 8–9 % **korkeampi kuin samaan kasaan hakattaessa** (Ranka samaan).

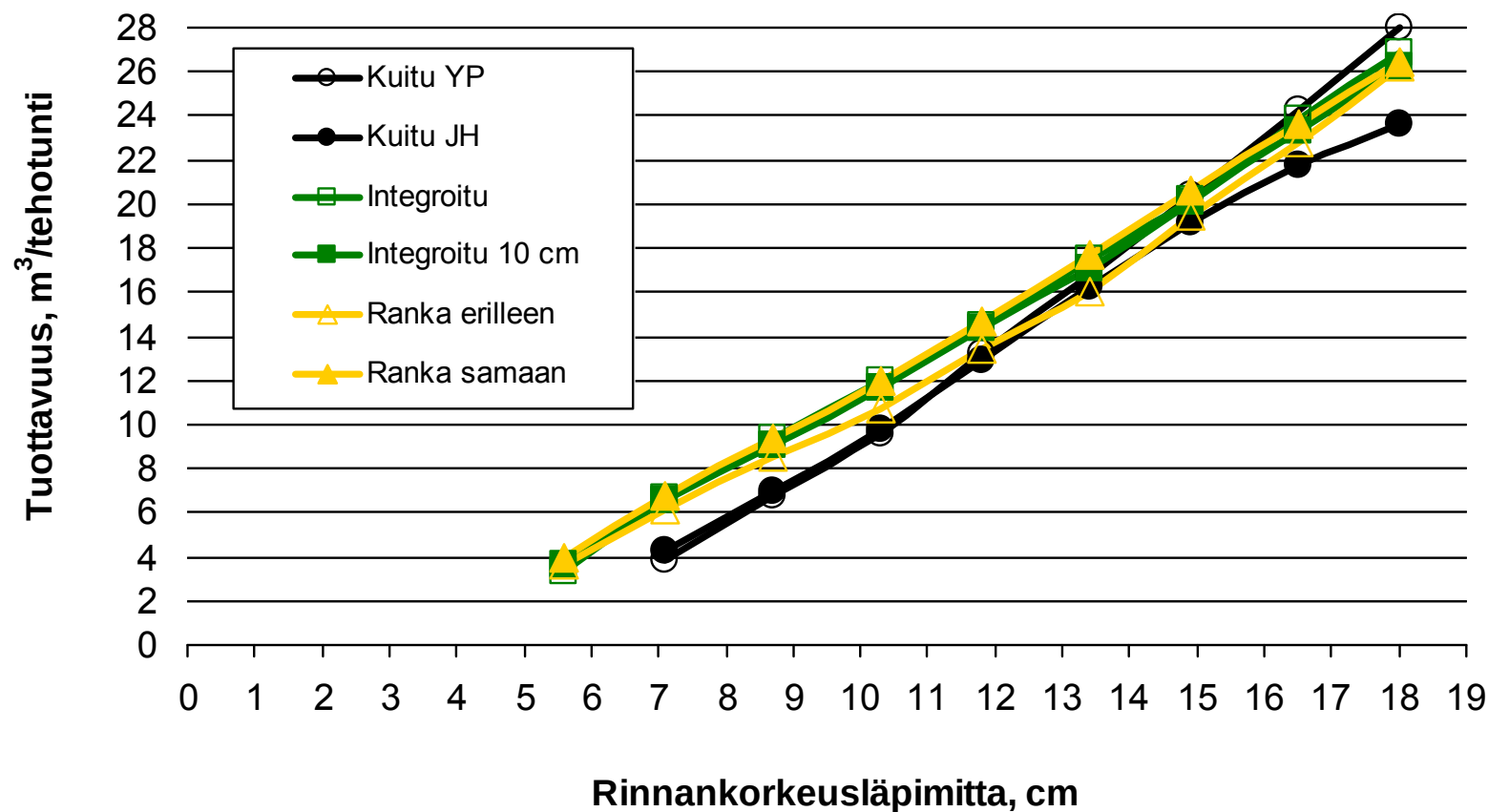
Rungon käsittelyaika



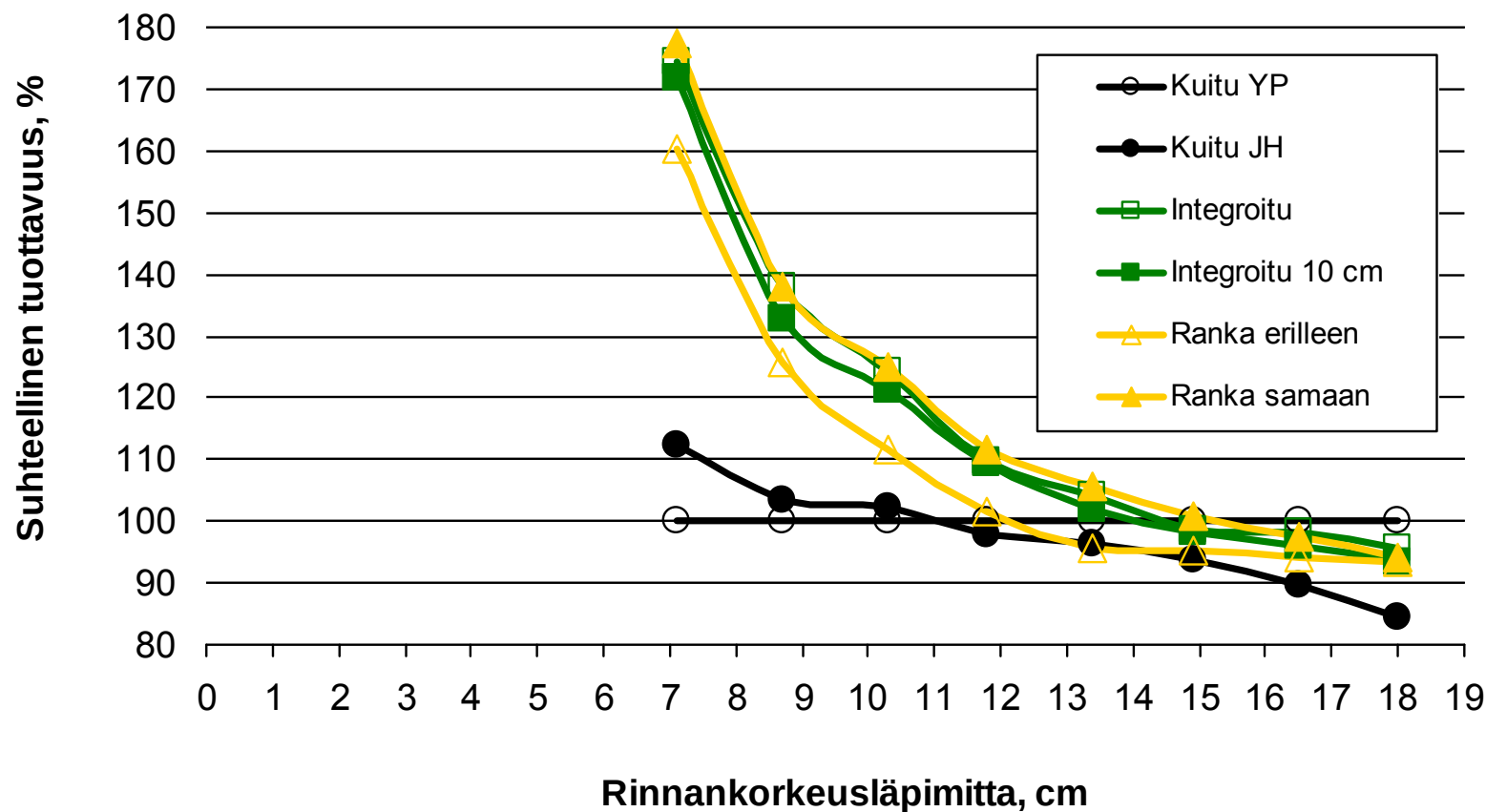
Hakkuun tuottavuus

- **Kuitupuun joukkohakkuun (Kuitu JH) tuottavuus oli korkeampi kuin kuitupuun yksinpuin hakkuussa (Kuitu YP), kun poistuman rinnankorkeusläpimitta oli alle 11 cm.**
- Poistuman ollessa **alle 15 cm tuottavimmat hakkuumenetelmät olivat molemmat integroidut (Integroitu & Integroitu 10 cm) hakkuumenetelmät ja Ranka samaan kasaan -menetelmä.**
 - ✓ Pienillä puilla em. hakkuumenetelmien tuottavuusero oli useita kymmeniä prosentteja verrattuna kuitupuun yksinpuin hakkuuseen.
- Kun poistuma oli kooltaan **yli 15 cm, kuitupuun yksinpuin hakkuu oli tuottavin menetelmä.**

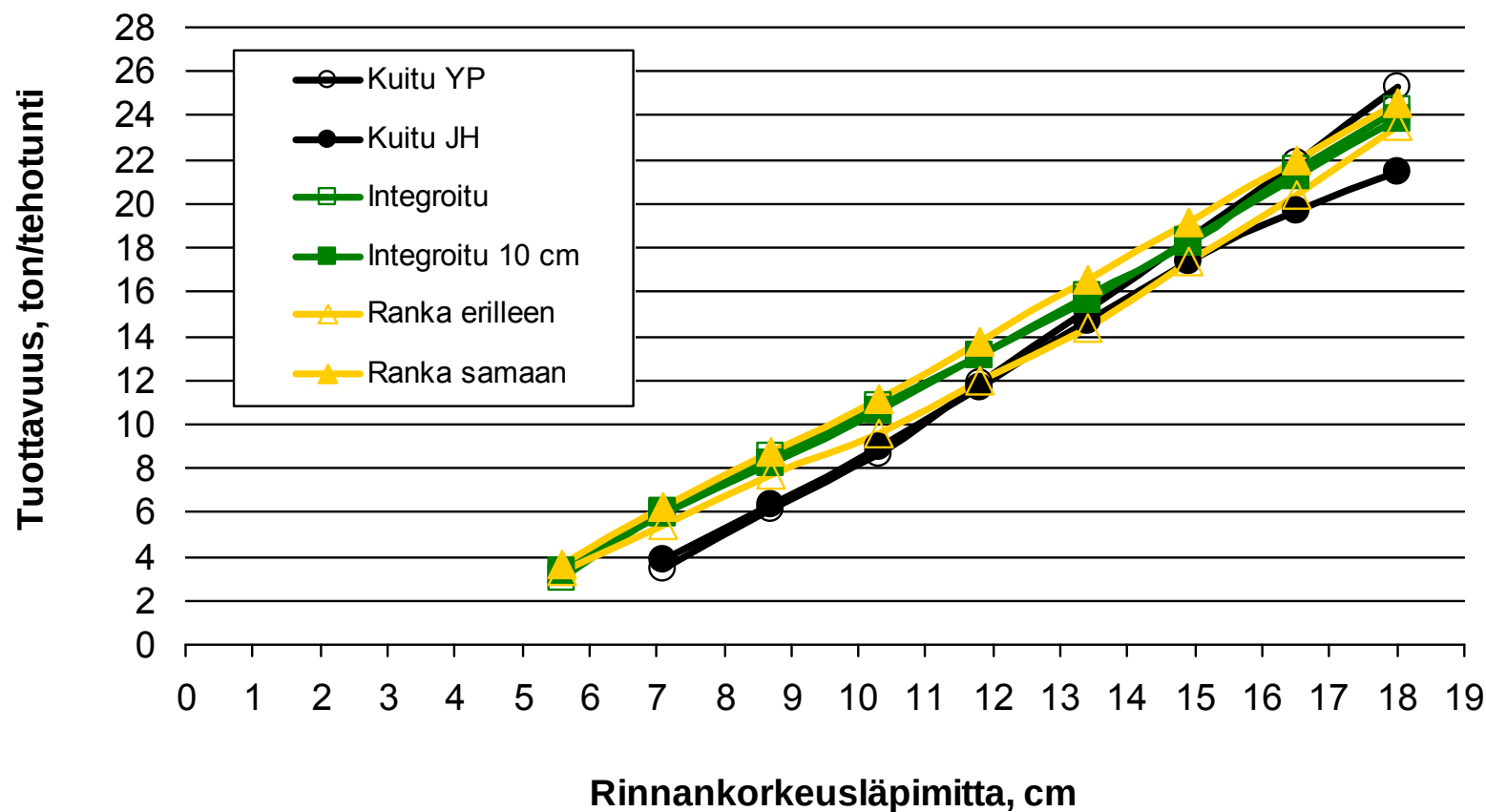
Hakkuun tehotuntituottavuus (m^3/h)



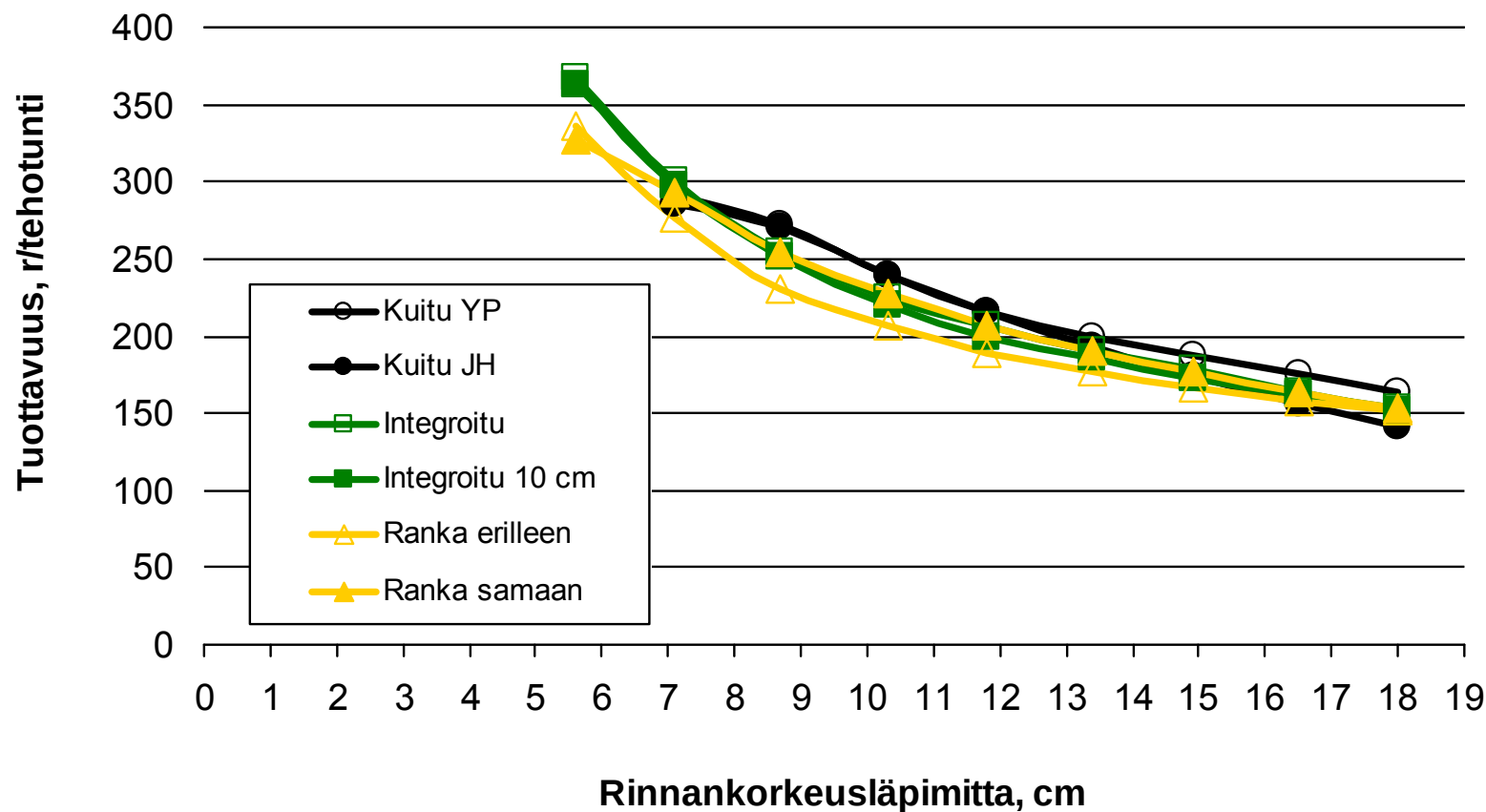
Hakkuun suhteellinen tuottavuus



Hakkuun tehotuntituottavuus (tonnia / h)



Hakkuun tehotuntituottavuus (runkoa / h)



A photograph of a forest with many tall, thin trees and a ground covered in fallen branches and logs.

Metsäkuljetuksen aikatutkimus

Aineistona 59 kuormaa

- Metsäkuljetuksen aikatutkimus toteutettiin siten, että kuorma-traktorin kuljettaja kirjasi:
 - ✓ Millä työmenetelmällä kuljetettava puu oli hakattu
 - ✓ Puutavaralajin (mänty-, kuusi- ja koivukuitupuu, rankapuu)
 - ✓ Kuormakoon (kg)
 - ✓ Kuorman täyttöasteen (%)
 - ✓ Metsäkuljetusmatkan (m)
 - ✓ Ajanmenekin (min/kuorma).
- Metsäkuljetuksen aikatutkimuksessa kuljetettiin yhteensä 59 kuormaa, eli 399 tonnia (= 440 m³).
 - ✓ Yli puolet (56 %) kuljetusmäärästä oli rankapuuta.
 - ✓ Kuormista 37:ssä täyttöaste oli $\geq 75\%$.
- Tutkimuksessa kuormatraktorina Ponsse Buffalo.
- Kaikki kuormat samasta (hakkuun aikatutkimus)leimikosta; osa kuormista hakkuun aikatutkimuskoealoilta, osa aikatutkimuskoealojen ulkopuolelta.

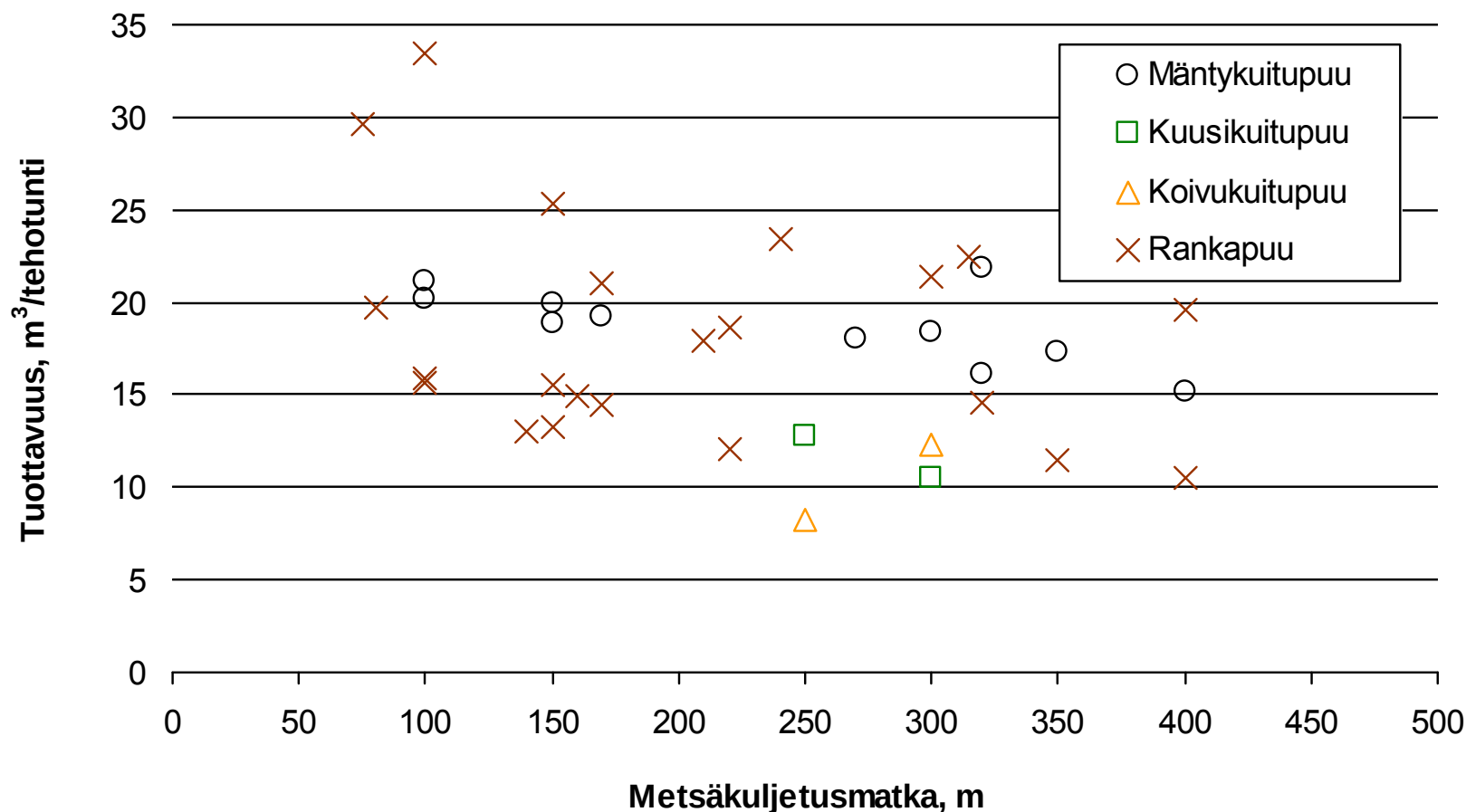
Rankapuukuormat kooltaan noin 9 tonnia

- Rankapuukuorman koko oli tutkimuksessa keskimäärin 8,7–9,2 tonnia (9,6–10,1 m³).
- Mäntykuitupuulla keskikuormakoko oli 9,6–10,0 tonnia (10,3–10,8 m³).
- **Rankapuun metsäkuljetuksessa kuormakoko hyvin lähellä mäntykuitupuukuormaa** (keskimäärin 90–96 % mäntykuitupuukuormasta).
- Rankapuun metsäkuljetuksen tehotuntuottavuus oli myös hyvin lähellä mäntykuitupuun metsäkuljetusta.

Kuormakoko metsäkuljetuksessa

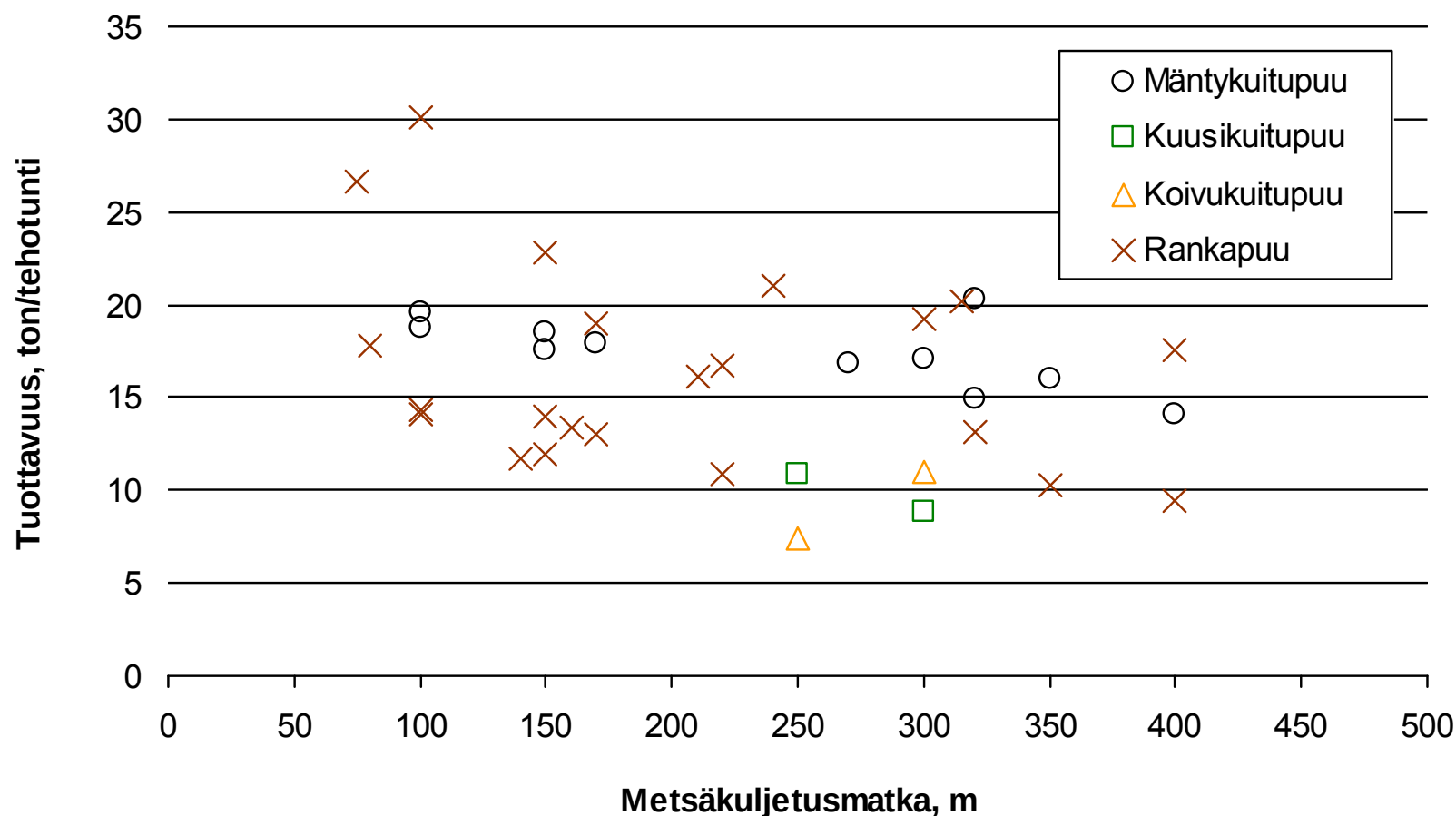
	Mänty- kuitupuu	Kuusi- kuitupuu	Koivu- kuitupuu	Rankapuu
	Keskikuormakoko, m ³ (ton)			
Täyttöasteella kaikki kuormat (59 kpl) muunnettu täysiksi	10,8 (10,0)	11,2 (9,5)	5,9 (5,2)	9,9 (9,0)
Täyttöasteella kuormat (37 kpl), joissa täyttöaste ≥ 75 %, muunnettu täysiksi	10,5 (9,8)	7,5 (6,3)	6,0 (5,3)	10,1 (9,2)
Kuormat (37 kpl), joissa täyttöaste ≥ 75 % (ei muuntoa täysiksi)	10,3 (9,6)	6,4 (5,4)	5,4 (4,8)	9,6 (8,7)

Metsäkuljetuksen tuottavuus (m^3/h)



Mukana "täydet" (täyttöaste $\geq 75\%$) kuormat (37 kpl); ei täysiksi muuntoa.

Metsäkuljetuksen tuottavuus (tonnia / h)



Mukana "täydet" (täyttöaste $\geq 75\%$) kuormat (37 kpl); ei täysiksi muuntoa.

Tarkastelu ,

- Harvennuspuun korjuussa on tapahtunut **merkittävä kehityshyppäys** kuluneen parin, kolmen vuoden aikana.
 - ✓ **Joukkohakkuuta** on alettu hyödyntää ns. Kemera-leimikoiden lisäksi **ensiharvennusleimikoissa**.
 - ✓ Merkittäviä määriä **energiapuuta korjataan integroidusti kuitupuuleimikoista**.
 - ✓ Korjattu **energia- ja ainespuu mitataan kuormainvaa'alla tuoretonneissa**. Nykyisin arviolta reilusti yli puolessa kuormatraktoreista on kuormainvaaka.
- Kehityshyppäyksellä on pyritty **tehostamaan puunkorjuuta ja tuomaan joustavuutta puunhankintaan**.
- ➡ **Kehityshyppäystä ei ole vielä suoritettu loppuun.**
- ➡ **Kehityshyppäyksen hyötyjen maksimointi edellyttää tehostamiskeinojen entistä parempaa soveltamista käytäntöön sekä kehityksen tukemista ja seuraamista.**

Puunkorjuun tehostamiskeinojen KolmiYhteys



Tarkastelu II

- 2000-luvulla on tehty joitakin joukkohakkuututkimuksia.
 - ✓ Kalustona on ollut keskiraskas harvennushakkuukone ja harvennuksille sopiva hakkuulaite joukkokäsittelykämpälillä.
 - ✓ Leimikkoina ovat olleet pääosin ensiharvennusmänniköt.
- Tehdyssä tutkimuksessa:
 - ✓ Joukkohakkuuta haluttiin viedä järeämmän puun hakkuuseen.
 - Edellyttää tavanomaista harvennuskonetta järeämpää kalustoa.
 - ✓ Ja selvittää ohjelmallisen joukkohakkuun toimivuutta ja mahdollisuuksia.
- Tehty tutkimus osoitti, että:
 - ✓ **Järeä hakkuulaite ja peruskone mahdollistavat isokokoistenkin kuitupuurunkojen joukkokäsittelyn.**
 - ✓ **Ohjelmallinen joukkokäsittely toimii hyvin.**
 - ➡ **Jatkossa joukkohakkuuta tullaan hyödyntämään ensiharvennusten lisäksi myöhemmillä harvennuksilla ja pienirunkoisilla päätehakkuilla kuitupuun hakkuussa.**

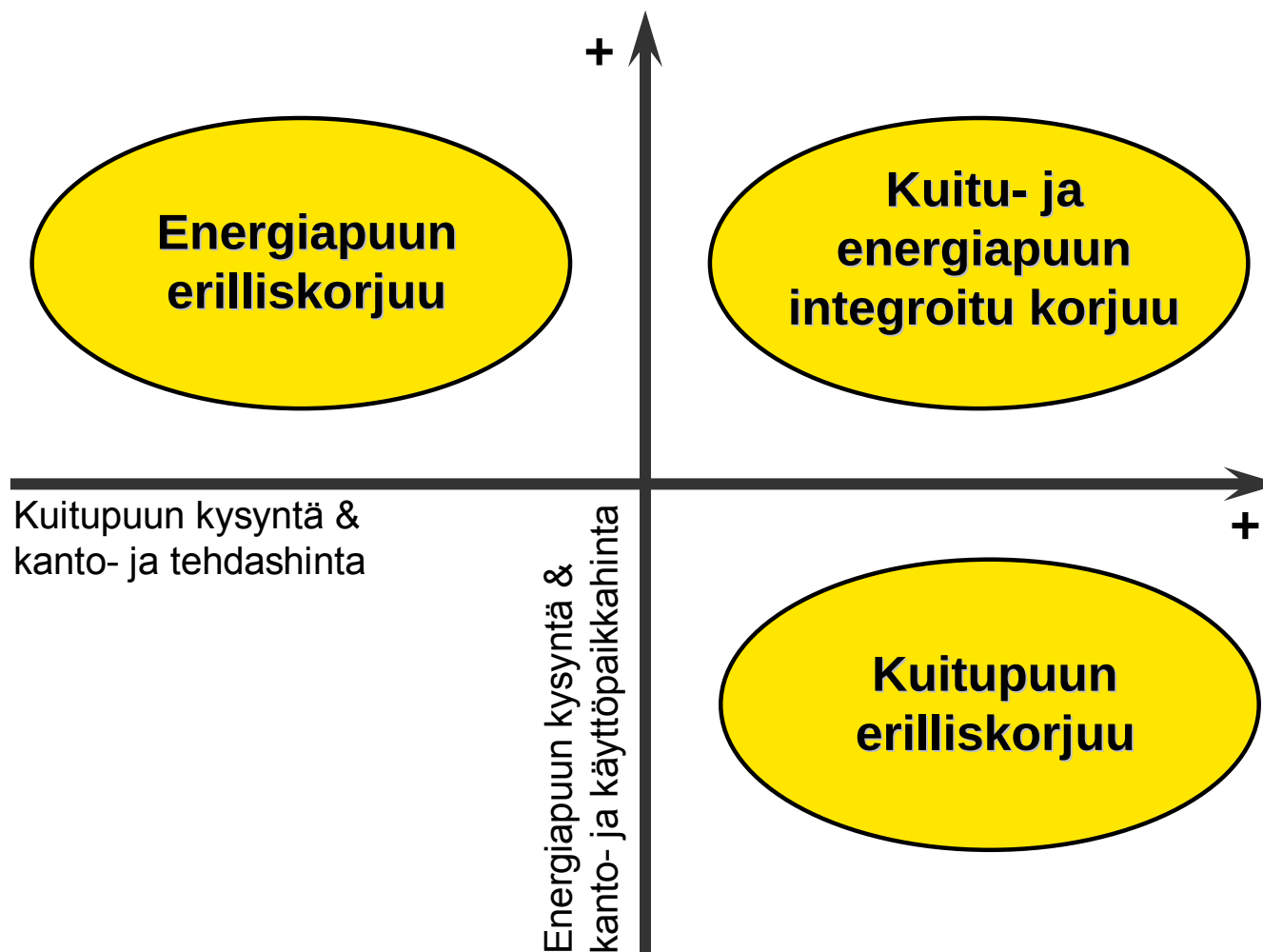
Tarkastelu III

- Tutkimuksessa saavutetut hakkuun tuottavuustasot olivat korkeita.
 - ✓ Tutkimuksessa ollut hakkuukoneen kuljettaja oli erittäin kokenut ja taitava.
- Kuitupuun joukkohakkuun (Kuitu JK) tuottavuuden olisi voinut olettaa olevan korkeampi kuin mitä se oli tutkimuksessa. Taustalla lienee:
 - ✓ Kuljettajan vähäinen kokemus pelkän kuitupuun joukkohakkuusta.
 - ✓ Koivun iso osuus poistumasta kuitupuun joukkohakkuukoelalla.
 - ➡ **Kuitupuukokoisten puiden joukkohakkuuoppien jalkauttamista on tehtävä entistä ponnekkaammin.**
 - ➡ **Kalusto- ja työmenetelmäkehitystä on tehtävä edelleen.**
 - ➡ **Lisätutkimuksia isokokoisten kuitupuurunkojen joukkohakkuusta ja puulajin vaikutuksesta joukkohakkuun tuottavuuteen tarvitaan.**

Tarkastelu IV

- Tutkimuksessa rankapuuna korjuu / integroitu korjuu nosti hakkuukertymää ja hakkuun tuottavuutta verrattuna pelkän kuitupuun hakkuuseen.
 - **Jatkossa rankapuun (erillis)korjuu sekä kuitu- ja rankapuun integroitu korjuu tulevat yleistymään.**
 - **Kuitu- ja energiapuumarkkinat määräävät tahdin.**
- Tutkimuksessa tarkasteltiin myös rankapuun samaan kasaan hakkuun (Ranka samaan) ja puulajipuhtaaksi hakkuun (Ranka erilleen) ajanmenekkejä.
 - ✓ Rankapuun samaan kasaan hakkuun tuottavuus oli korkeampi kuin puulajipuhtaaksi hakkuussa.
 - **Hakkuutyön rationalisoinnilla on merkittävä potentiaali.**
 - **Puutavaralajien määrä on minimoitava, mikäli mahdollista; tällä on kustannusvaikutuksia sekä hakkuuseen että myös metsäkuljetukseen.**

Kuitu- ja energiapuumarkkinat ...



... ja korjuuolot määrittävät korjuumenetelmän

*Kun korjuukohde
pienirunkoinen.*

*Kun sekä kuitu- että
rankapuukertymät hyvät.*

*Kun energiapuuta vain
vähän saatavilla tai
korjuukohde heikosti
kantava.*

