

# Hakkuukoneen konedatan käyttö

- Hakkuukoneen mittaustarkkuus
  - Energiapuun korjuu ja varastointi
- 

Jotpa –koulutustilaisuus  
MHY Pohjois-Savo  
7.10.2024

Tapio Räsänen  
Metsäteho Oy

# 1. Hakkuukoneen mittaustarkkuuden ylläpito - omavalvonta, mittalaitteen viritys ja mittaustarkkuuden seuranta

## **SÄÄDÖKSET**

- Laki puutavaran mittauksesta 414/2013
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus puutavaran mittauksen mittausten menetelmäryhmien tarkemmasta sisällöstä sekä mittausslaitteiden käytöstä 12/13 (Dnro1323/13/2013)
- Luonnonvarakeskuksen määräys puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista 1/2015 (Dnro 1654/13 04 00 00 02/2015)

[Puutavaranmittaus: tehdasmittauksen valvonta, virallinen mittaus, muuntoluvut ja neuvonta](#)  
[| Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](#)



# Hakkuukoneen mittaustarkkuuden yhteydessä käytettäviä termejä (1)

- **Kalibrointi** = Hakkuukonemittauksen ja oikeana pidettävän vertailuarvon (saksimittauksen) välisen mittaeron todentaminen.
  - HUOM! Ei sisällä mittalaitteen säätämistä (ks. viritys).
- **Kalibrointimittaus** = Työn suorittajan tekemä erillisen näyte-erän hakkaaminen ja mittaaminen kalibrointia (mittaeron todentamista) varten esim. mittausolosuhteiden jyrkästi muuttuessa tai mittalaitteen huollon yhteydessä. Toteutetaan mittalaittevalmistajan ohjeiden mukaisesti.
- **Mittaustarkkuus** = Mitatun arvon ja todellisen (oikeana pidettävän) arvon yhtäpitävyys.
- **Omavalvonta** = Työn suorittajan tekemät toimenpiteet, joihin kuuluvat käytönaikainen seuranta, kalibroinnit, mittalaitteen viritys ja edellisten dokumentointi.



## Hakkuukoneen mittaustarkkuuden yhteydessä käytettäviä termejä (2)

- **Satunnaisotanta / Satunnainen näyterunko** = Jokaisella hakkuukoneella hakatulla rungolla on sama todennäköisyys tulla valituksi näyterungoksi.
- **Ulkopuolinen valvonta** = Muun kuin työn suorittajan tekemä valvonta. Esimerkiksi urakanantajan suorittama tarkastusmittaus.
- **Viritys** = Mittalaitteen toiminnan asettaminen käyttöolosuhteisiin sopivaksi ja tuottamaan oikea mittaustulos. Aikaisemmin käytetty nimitystä kalibrointi tai säätäminen.

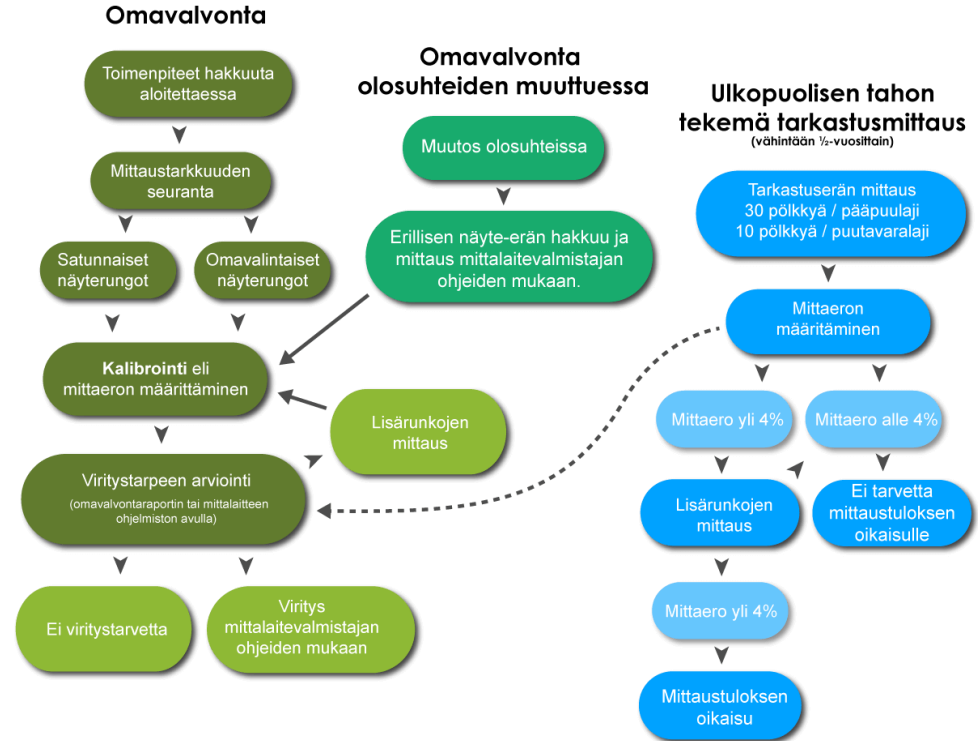


# Hakkuukoneen mittaustarkkuuden omavalvonnin menettely

Hakkuukoneen kuljettaja seuraa hakkuukoneen mittauslaitteen toimivuutta ja mittaustarkkuutta jatkuvasti:

- Työvuoron alussa hakkuukoneen kuljettajan on varmistettava, että mittauslaitteen toimivuudesta ja siitä, että mittauslaite mittaa oikein
  - muutaman pölkyn pituuden ja katkaisuläpimitan tarkastus tai
  - hakkuulaitteen auki/kiinni arvojen tarkastus.
  - arvontalogiikan tarkistus (satunnainen näyterunko vähintään kahdesti hakkuukoneen käyttöviikon aikana, työaikamuoto ei vaikuta).
- Lisäksi mittaustarkkuutta seurataan satunnaisten ja omavalintaisten näyterunkojen avulla
- Arvontaa ei saa kytkeä koskaan pois päältä, jos työ-, urakointi- tai luovutusmittaus perustuu hakkuukone-mittaukseen.

Omavalvonta ja mittaustarkkuuden seuranta perustuu lakiin ja ministeriön asetukseen sekä mittauslaitevalmistajien tarkempiin ohjeistuksiin.



# Mittaustarkkuuden seurannan vaiheet omavalvonnassa

1) Satunnaisen näyterungon arvonta



2) Ilmoitus kuljettajalle



3) Satunnaisen näyterungon hakkaaminen



Näyterungon mahdollinen hylkääminen

4) Omavalintaiset näyterungot

|     | Tilavuus <sup>2</sup> |               |              |
|-----|-----------------------|---------------|--------------|
|     | Kone                  | Mittasakset   | Ero          |
| 51% | 0.6285                | 0.6347        | -0.99%       |
| 34% | 0.4245                | 0.4220        | 0.59%        |
| 39% | 0.3575                | 0.3457        | 3.30%        |
| 56% | 0.6473                | 0.6458        | 0.23%        |
|     | <b>2,0578</b>         | <b>2,0482</b> | <b>0,47%</b> |
|     | <b>2,0578</b>         | <b>2,0482</b> | <b>0,47%</b> |

7) Tiedonsiirto hakkuukoneelle



8) Omavalvontaraportti ja lisätoimenpidetarpeen arviointi

6) Pölkkyjen mittaus

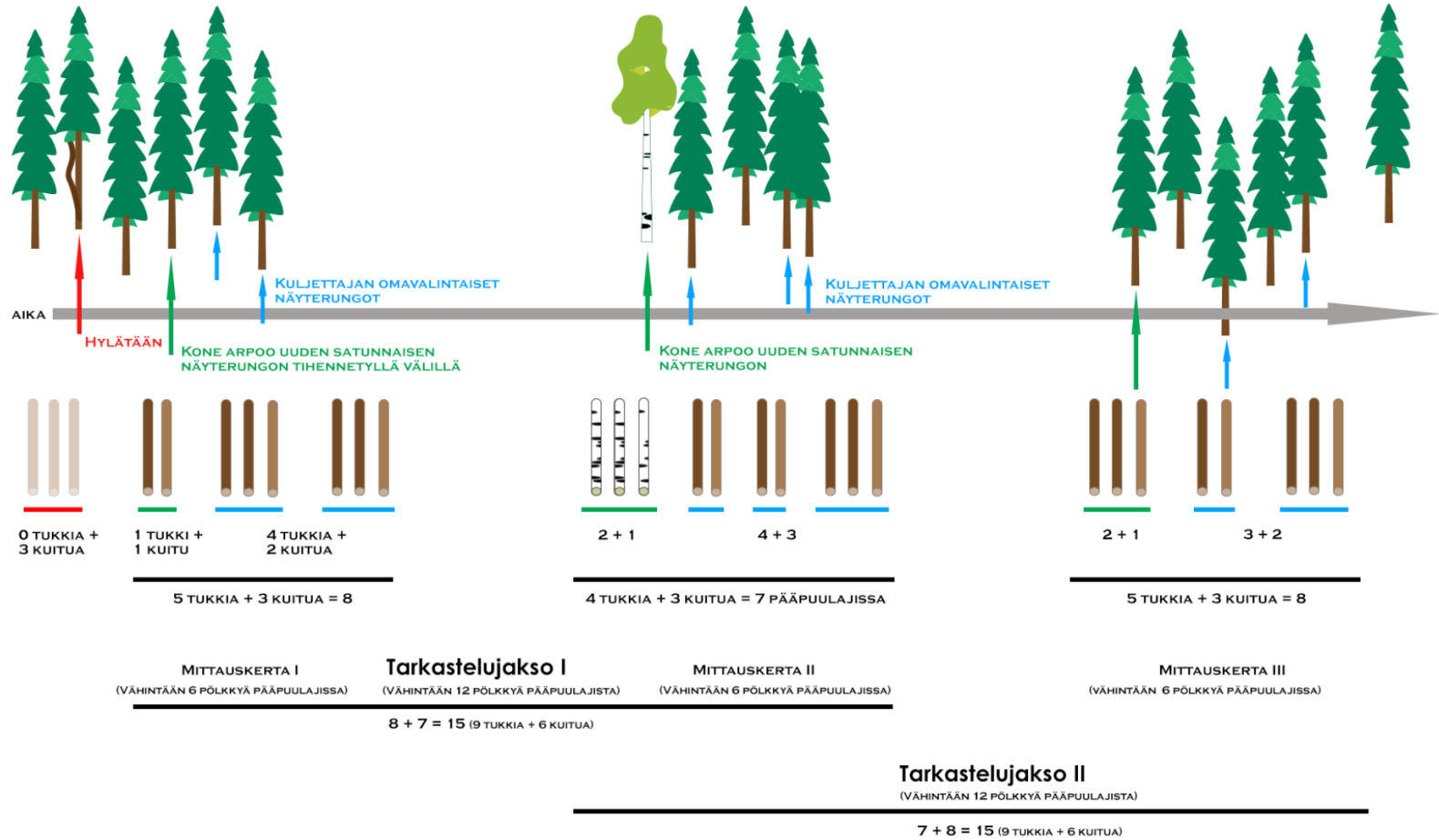


5) Tiedonsiirto mittasaksille

| Viimeksi tuotetut rungot |         |                   |     |      |
|--------------------------|---------|-------------------|-----|------|
| Hakkuusaika              | Puutaji | Tukkeen lukumäärä | DBH | Tila |
| 18.6.2015 8:50:25        | Mänty   | 5                 |     | 249  |
| 18.6.2015 8:49:26        | Mänty   | 4                 |     | 297  |
| 18.6.2015 8:48:09        | Mänty   | 5                 |     | 319  |
| 18.6.2015 8:47:16        | Mänty   | 4                 |     | 227  |
| 18.6.2015 8:45:51        | Mänty   | 3                 |     | 205  |
| 18.6.2015 8:44:01        | Mänty   | 4                 |     | 172  |
| 18.6.2015 8:43:20        | Mänty   | 3                 |     | 2    |
| 18.6.2015 8:41:44        | Mänty   | 2                 |     | 2    |
| 18.6.2015 8:40:39        | Mänty   | 4                 |     | 2    |
| 18.6.2015 8:29:27        | Mänty   | 4                 |     | 2    |
| 18.6.2015 8:29:03        | Mänty   | 4                 |     | 2    |

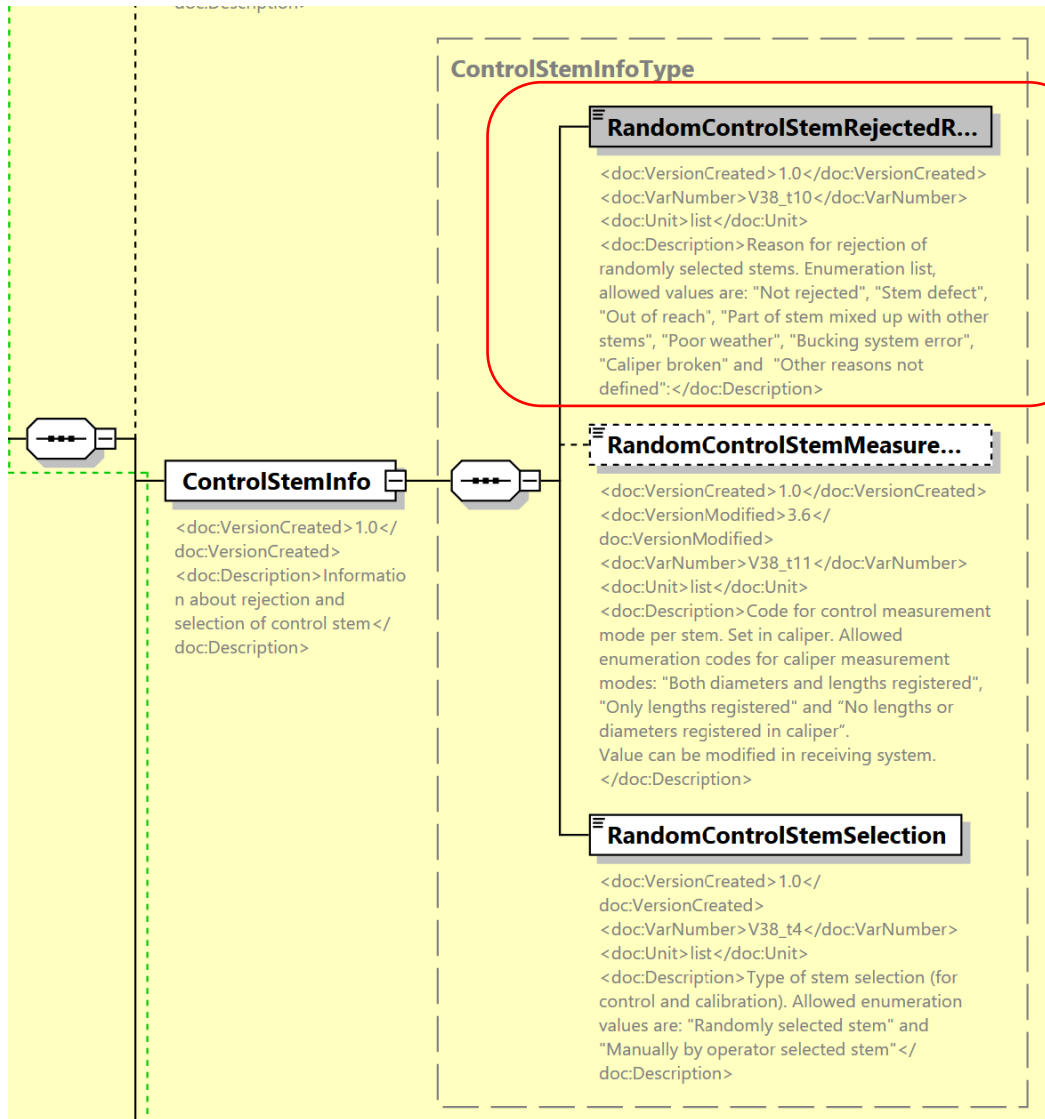
Tiedostoa tall...

Kaikkien puulajien on oltava arvonnin piirissä



*Yksi pääpuulaji (kolme leimikkoa)*

Näyterunkojen  
tiedot tallentuvat  
hakkuukoneen hqc  
-tiedostoon  
- mm. satunnaisen  
näyterungon  
hylkäyssyy



# Kalibroinnin ja virityksen vaiheet



Mittalaitteen viritystarve arvioidaan omavalvonnassa mitattujen näyterunkojen tai erikseen tehtävän kalibroitimittauksen perusteella. Erillinen kalibroitimittaus toteutetaan mittauslaitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Tämä voi olla tarpeen esim. silloin, kun mittausolosuhteet muuttuvat jyrkästi tai mittauslaitetta on jouduttu huoltamaan (esim. mittapyörän vaihto) tai omavalvonnassa mitattu näyte (esim. pölkky-/runkomäärä, tuoreus) ei täytä mittauslaitevalmistajan asettamia vaatimuksia.

Mittaustarkkuuden tulee pysyä säädetyissä rajoissa, eikä systemaattista virhettä saa esiintyä. Kalibroinnit ja viritykset on aina rekisteröitävä.

- Mikäli tarkastelukerralla pää- ja sivupuulajin puutavaralajiryhmissä:
  - tilavuuden mittaero on  $\pm 2\%$ :n sisällä, mittauslaitteen viritystä ei edellytetä
  - tilavuuden mittaero on kahtena peräkkäisenä tarkastelukertana samansuuntainen ja  $\pm 2-3\%$ :n välillä, mittauslaite viritetään
  - tilavuuden mittaero on yli  $\pm 3\%$ , mittauslaite viritetään
  - jollakin läpimitta-alueella tai pituudessa havaitaan systemaattista virhettä, mittauslaite viritetään.

# Hakkuukoneen tarkastusmittaus

- Tarkastusmittaus on tehtävä hakkuukonekohtaisesti vähintään 6 kk välein ja silloin, kun joku mittausosapuoli tai heidän edustajansa sitä perustellusti vaatii.
  - Urakanantaja, työnantaja tai heidän valtuuttamansa henkilö (esim. alueurakoitsija eli muu henkilö kuin tarkastettavan hakkuukoneen kuljettaja) suorittaa tarkastusmittauksen.
- Tarkastusmittaus on tehtävä muilla kuin kyseisen hakkuukoneen omilla mittasaksilla.
  - Mittasaksien ohjelmistot on oltava ajan tasalla.
- Ennen mittauksen suoritusta tehdään mittasaksien kalibrointi ja tarvittaessa viritys valmistajan ohjeen mukaan.
  - Kalibroinnissa käytetään mittasaksien mukana toimitettua mittanormaalia tai muuta mittasaksien valmistajan ohjeistamaa tapaa. Myös pituusmittavälineen oikea käyttöperiaate (esim. 0-kohta) on tarkistettava.
- Tarkastuserän koko on vähintään 30 pölkkä/pääpuulaji siten, että pääpuulajin tukki- ja kuitupuutavaralajiryhmään kertyy vähintään 10 pölkkä.
  - Jos vähimmäismäärää ei saada täyttymään kohtuullisella työllä (runkomäärää lisäämällä tai runkoja valikoimalla), voidaan ko. puutavaralajiryhmä jättää pois tarkastusmittauksesta.



- Mittauslaitetta ei saa virittää kesken tarkastusmittauksen.
- **Mittaustulos** on tarkastusmittauksessa hyväksyttävä ja mittaustuloksen oikaisua ei edellytetä, jos hakkuukoneen tilavuusmittaustulos poikkeaa tarkastusmittauksesta sekä tukki- että kuitupuutavaralajiryhmässä enintään  $\pm 4 \%$ 
  - yli 10 m<sup>3</sup> mittauserillä
  - systemaattista virhettä ei sallita
- Mittauslaite on kuitenkin tarvittaessa kalibroitava ja viritettävä.
- **Suurimman sallitun poikkeaman** ( $\pm 4 \%$ ) ylittyessä tarkastusmittauksessa mittaero varmistetaan kohdistamalla lisätarkastus siihen puutavaralajiryhmään, jonka mitaustulos ei ole hyväksyttävä.
- Hakattavan lisätarkastuserän koko on vähintään 10 pölkkyä.



# Mittaustuloksen oikaisu tarkastusmittauksessa

- Jos yhdistetyn tarkastuserän tilavuusero jää suurinta sallittua poikkeamaa suuremmaksi, hakkuukonemittauksen tulos oikaistaan puutavaralajiryhmän sisällä todetun määräeron mukaisesti.
- Oikaisu kohdistetaan siihen puumäärään, joka on hakattu kyseisessä leimikossa ja kyseisessä puutavaralajiryhmässä sekä viimeisimmän mittauslaitteen rekisteröidyn kalibroinnin jälkeen (MMM asetus1323/13/2013).
- Oikaisuun johtaneesta tarkastusmittauksen tuloksesta on ilmoitettava viipymättä kaikille mittausosapuolille.



## 2. Energiapuun korjuu ja varastointi



# Kotimaisten puupolttoaineiden käytön kehitys lähivuosina

## - konsulttiyhtiö Afryn selvitys 2023

- Puupolttoaineiden ja turpeen kysyntä lämmön ja sähkön tuotannossa pysyy suhteellisen tasaisena vuoteen 2028 asti
  - kysyntää kasvattaa fossiilisten polttoaineiden korvautuminen puupolttoaineilla
  - kysynnän kasvua hillitsee polttamiselle vaihtoehtoisten lämmön ja sähkön tuotannon teknologioiden yleistyminen sekä uusien lämmön ja sähkön tuotantolaitosten hyötysuhteiden parantuminen
  - energiapuun käyttöä lisää myös puubiomassaan perustuvien nestemäisten biopolttoaineiden tuotannon lisääntyminen
  - turpeen käyttöä pyritään korvaamaan mahdollisimman paljon puupolttoaineilla.
- Energiapuun tarjonnan odotetaan kasvavan 6 - 10 TWh vuoteen 2028 mennessä
  - metsäresurssien puolesta metsähakkeen tarjontaa on mahdollista lisätä, mutta mobilisointi ja puukaupan aktivointi rajoittaa hankinnan nopeaa kasvattamista
  - kotimaisen sivutuotetarjonnan kehitys riippuu metsäteollisuuden suhdanteista
  - Venäjän tuonnin loputtua tuontipuun rooli energiapuumarkkinoilla pienenee
  - turpeen tuotantomahdollisuus jäänee riittämättömäksi kattamaan arvioitua turpeen kysyntää



- Arvioitu energiapuun tarjonta ja turpeen tuotantomahdollisuus eivät riitä kattamaan polttoaineiden kysyntää lähivuosina
  - polttoainevaje kohdistuu lähinnä lämmön ja höyryn tuotantoon ja näiden yhteydessä tapahtuvaan sähkön tuotantoon
- Energian toimitusvarmuuden varmistamiseksi energian tuottajat voivat kattaa vajetta mm.
  - metsäteollisuuden ainespuun energiakäytöllä
  - kustannuksiltaan kalliimpien tuontimarkkinoiden hyödyntämisellä
  - myös fossiilisten tuontipolttoaineiden arvioitua suurempi käyttö tai sähkön osittainen tuottamatta jättäminen voi olla mahdollista
  - uusilla kaukolämmön tuotantotavoilla (mm. sähkökattilat, lämpöakut sekä jätevesien ja datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen lämpöpumpuilla)
- Hakkuutähteiden ja pienpuun tarjontaa tulee kasvattaa tehostamalla hyödyntämättömän potentiaalin mobilisointia ja varmistamalla, että energiapuun tarjontaketjujen osalta on käytettävissä riittävät resurssit
  - merkittävänä tekijänä on riittävän keinovalikoiman hyödyntäminen metsänomistajien aktivoimiseksi
  - nuoren metsän hoidon ja pienpuun korjuun metka -tuet



# Energiantuotannossa käytettävät puupolttoaineet

- Metsähake

- hakkuutähteet (oksa- ja latvusmassa)
- pienpuu
  - karsittu ranka
  - karsimaton ranka (kokopuu)
- kantomurske
- ainespuukäyttöön soveltumaton runkopuu, mm.
  - lahovikainen tai ylijäreä puu
  - tuhohyönteisten vahingoittama puu
  - myrskytuhopuu

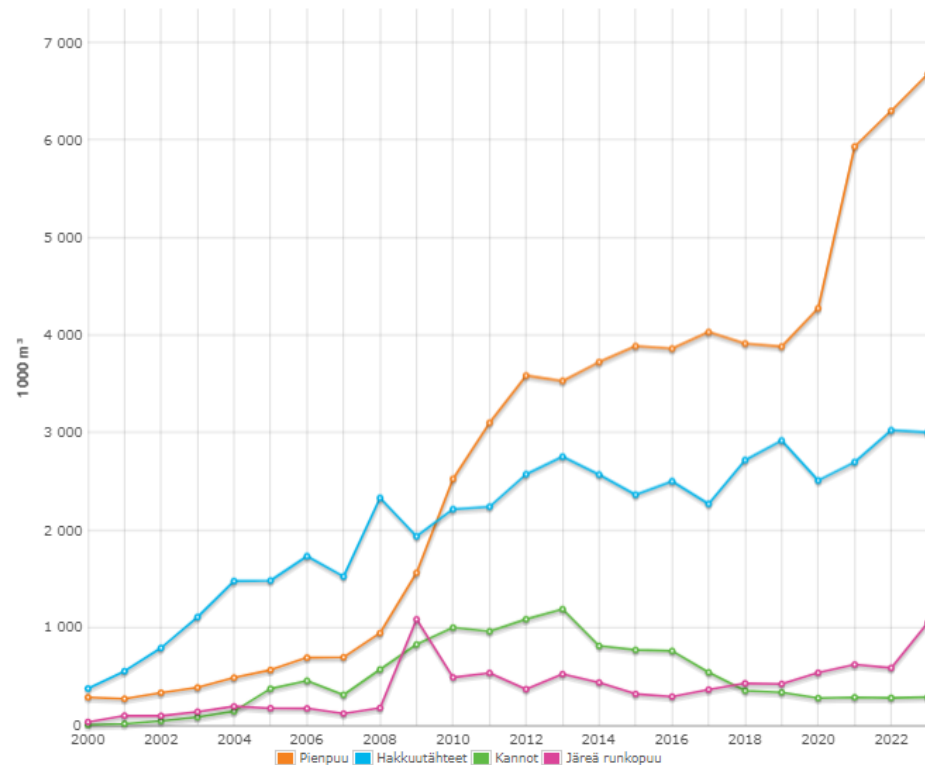
- Metsäteollisuuden sivutuotteet

- kuori
- puru
- puutähdehake ja muut prosessijakeet

- Puupelletit ja -brikitit

- Kierrätyspuu ym.

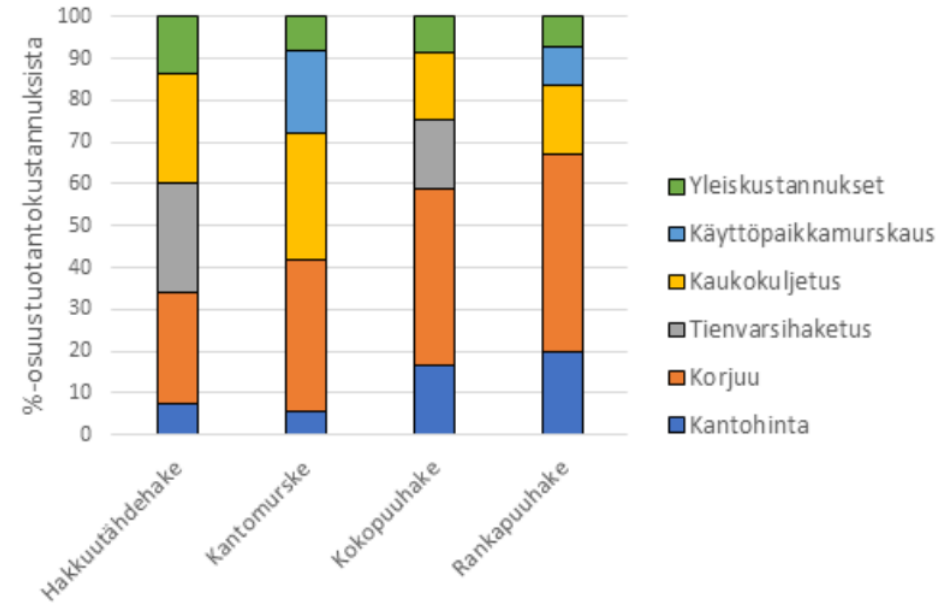
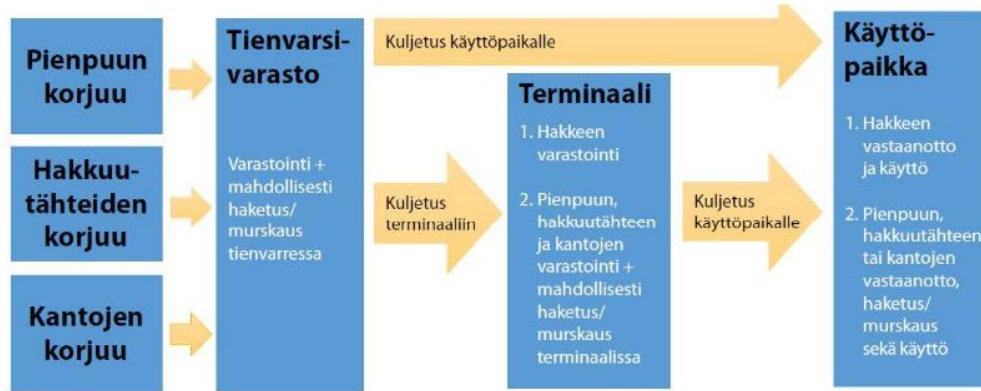
Metsähakkeen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa raaka-aineittain



Lähde: SVT: Luonnonvarakeskus, Puun energiakäyttö.



# Energiapuun hankintaketju ja tuotantokustannukset



Lähde: Työteho-seura, 2020



# Energiapuun kauppa



Kuva: © Tapio Räsänen

- Osana ainespuukauppaa tai erilliskauppana
  - kauppamuoto voi olla pysty-, hankinta- tai toimituskauppa
  - korjuu vastaavasti
- Hintaa voidaan määrittää tilavuusperusteisesti, painon tai energiasisällön perusteella
  - karsittu ranka ja kokopuu tavallisesti kiinto-m<sup>3</sup>
  - sitominen ainespuumäärään (mm. hakkuutähteet)
  - lämpölaitokset maksavat metsähakkeesta sen sisältämän energiamäärän (MWh) mukaan.
- Energiapuun korjuun kannattavuuteen vaikuttavat mm. korjuukustannukset, kertymä ja kuljetusmatka käyttöpaikalle.

# Energiapuun erilliskorjuuseen sopivat kohteet



Kuva: © Kalle Kärhä

- Nuoren metsän hoitokohteet ja ensiharvennukset, joissa syntyvä puutavara on osin tai kokonaan kuitupuun mittavaatimuksia pienempää
  - nuoren metsän kunnostuksen metka –tuki 200 €/ha (korotettuna 300 €/ha)
  - ehtona kohteen pinta-ala väh. 1 ha ja kertymä väh. 35 m<sup>3</sup>/ha Etelä-Suomessa
  - voi koostua useasta kuviosta
- Tyypillinen energiapuuhakkuukohte on riukuuntunut, runkoluvultaan suuri, mutta runkojen läpimitaltaan pieni metsä, jossa liian tiheässä kasvavien puiden elävä latvus on supistunut unohtuneen tai liian lievästä tehdyn taimikonhoidon vuoksi
  - mm. hoitamattomat taimikot
- Muita energiapuuhakkuun kohteita voivat esimerkiksi olla ojalinjahakkuut, tien ja pellon reunojen sekä sähkölinjojen perkaukset.

# Kasvatusemetsien energiapuunkorjuun kohdevalinta ja suunnittelu

## Lähtökohtana on konekorjuukelpoisuus

- runkoluku on yli 2 500 kpl/ha
- puuston pituus on 10 m ja yli
- puuston keskiläpimitta on 10–16 cm
- puuston keskijäreys on yli 40 litraa per runko
- korjuualueen pinta-ala on 2 ha
- kohteelta saatava poistuma on vähintään 40–50 m<sup>3</sup>/ha

Lisäksi on huomioitava varastoinnin ja kaukokuljetuksen vaatimukset, kuten hakkurin ja hakeauton vaatima tila sekä maan kantavuus.

Energiapuun korjuu ei saa haitata olennaisesti puuston kehitystä eikä kohteen luontoarvoja.



## Karsitun rangan korjuu

- Ei juuri poikkea ainespuun korjuusta.
- Soveltuu ravinnetalouden ja muiden korjuun kestävyysnäkökohtien puolesta kaikille talousmetsien harvennuskohteille.
- Karsittujen rankojen rungon keskikoko on yli 40 litraa, ja rinnankorkeusläpimitta on 9–10 cm.
- Karsinta parantaa rungosta saatavan hakkeen laatua.
- Korjuu voidaan tehdä joukkokäsittelyinä
  - usean rungon yhtäaikainen karsinta, katkonta ja kasaus
  - ei edellytä erikoisvarustelua, vaan voidaan tehdä kaikilla hakkuulaitteilla, joissa on joukkokäsittelyominaisuus
  - hakkuukonemittaus ei kuitenkaan ole luotettavaa joukkokäsittelyssä.



## Kokopuun korjuu

- Sopiva menetelmä nuoren metsän kunnostuskohteilla, joissa on paljon pieniläpimittaista, riukuuntunutta puustoa.
- Kokopuun korjuuseen soveltuvat parhaiten mänty- ja lehtipuuvaltaiset kohteet.
- Suositusten mukaisella kokopuun korjuulla, jossa osa latvusmassasta ja oksista jätetään metsään, ei ole merkittävää vaikutusta puuston kasvuun rehevillä kasvupaikoilla.
- Kokopuun korjuuta ei suositella karuimmille kasvupaikoille tai ravinne-epätasapainosta kärsiville kohteille.

### Kokopuun korjuukohteen valinta

|                                                                                                       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Kuivahkot kankaat ja niitä viljavammat kivennäismaat sekä vastaavat turvemaat                         | Kyllä |
| Kuivat kankaat ja karukkokankaat sekä vastaavat turvemaat                                             | Ei    |
| Kivennäismaiden kuusivaltaiset metsät, joissa kuusen osuus runkoluvusta on ennen harvennusta yli 75 % | Ei    |

Kyllä: soveltuu korjuukohteeksi

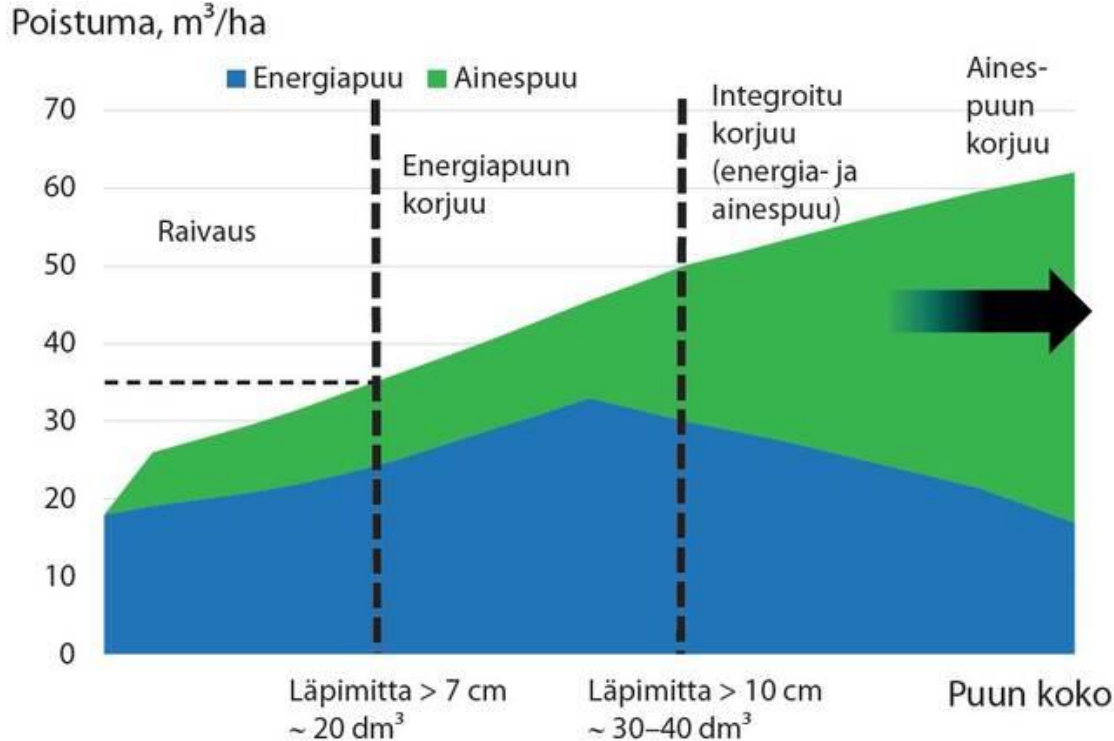
Ei: ei suositella korjuukohteeksi

### Poikkeukset

- Boorinpuutoksesta kärsiviin kuusikoihin kokopuun korjuu soveltuu vain, mikäli puuston ravinnetasapaino turvataan boorilannoituksella.
- Mustikka- ja puolukkaturvekangas II -tyypin korjuukohteilla suositellaan ravinne-epätasapainon ehkäisemiseksi PK- tai tuhkalannoitusta.



# Yhdistetty aines- ja energiapuun korjuu



- Kun yhdistetty korjuu toteutetaan niin, että sekä energia- että ainespuuositteet karsitaan, korjuukohteiksi soveltuvat kaikki talousmetsien harvennuskohteet.
- Mikäli energiapuun korjataan osin tai kokonaan karsimattomana, kohdevalinnassa sovelletaan kokopuun korjuun suosituksia.
- Taloudellinen kannattavuus vaatii riittävää puutavaralajin kertymää.
  - Tällöin pieniä määriä kuitupuuta ei välttämättä kannata lajitella erikseen, vaan sen voi yhdistää energiapuuhun.



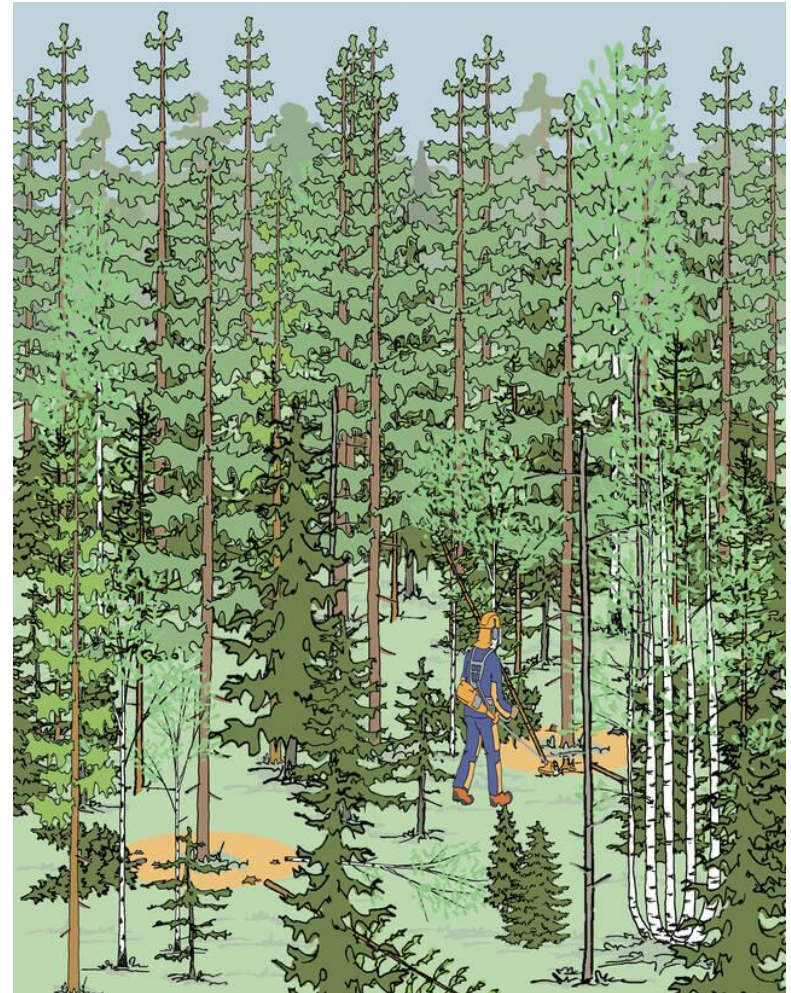
# Energiapuun korjuu hoitamattomissa metsissä

- Tavoitteena on saattaa puuston tiheys laadukkaan ainespuun kasvatuksen mahdollistavalle tasolle
  - tämä riippuu kasvupaikasta, valtipituudesta ja kasvatettavasta puulajista
  - tavoitteellinen runkoluku (kpl/ha) hakkuun jälkeen
- Laadukas korjuun lopputulos
  - hakkuuta haittaava alikasvos on raivattu tarvittaessa
  - korjuuajankohta on valittu kohteen kantavuuden ja hakkuukaluston mukaan
  - korjuuajankohta ja varastopaikka on valittu puutavaran kaukokuljetusvaatimusten mukaan
  - kokopuun korjuu on valittu vain siihen soveltuvalla kohteella suositusten mukaisesti
  - kasvamaan jätetty puusto on tavoitteen mukainen tai mahdollisimman lähellä sitä
  - on huolehdittu riskiaikana juurikäävän torjunnasta riskikohteilla
  - on vältetty maastovaurioiden syntymistä
  - on pyritty välttämään puustovaurioiden syntymistä
  - ajourien leveys ja ajouraväli ovat metsänhoidon suositusten mukaiset
  - kokopuun korjuussa on huolehdittu ravinteisuuden hoidosta.



# Ennakkoraivaus

- Ennakkoraivauksen tarve arvioidaan kohteen ja korjuumenetelmän mukaan.
  - Karsittua rankaa korjattaessa ennakkoraivaus on tarpeellinen.
  - Kokopuun korjuun kohteita taas ei yleensä ennakkoraivata.
- Toteutus yleensä näkemäraivauksena ja mieluiten vuotta ennen korjuuta
- Raivaus tehdään, jos 2 metriä ylittävää
  - kuusialikasvosta on yli 2 000 runkoa/ha,
  - sekapuualikasvosta on yli 3 000 runkoa/ha tai
  - lehtipuualikasvosta on yli 4 000 runkoa/ha.
- Raivaus tehdään vain niissä leimikon osissa, joissa sille on tarvetta.
- Säästetään suojatiheiköt.



Kuva: Juha Varhi, © Tapio



# Energiapuun korjuun riskit kasvatusmetsissä

- Hoitamattomissa nuorissa metsissä jäävälle puustolle aiheutuu tavanomaista suurempi **korjuuvaurioriski**
  - johtuu vaikeista korjuuolosuhteista, kuten lähtöpuuston suuresta runkotiheydestä sekä vesasyntyisestä lehtipuustosta.
- Metsään jäävien **ravinteiden määrää voi vähentyä** jonkin verran, jos korjuu toteutetaan kokopuun korjuuna.
- Kokopuun korjuu voi hidastaa jäljelle jäävän puuston kasvua verrattuna ranka- ja ainespuun korjuuseen.
- Kokopuun korjuu voi lisätä maan happamuutta.
- Puusto altistuu tuuli- ja lumituhoille välittömästi harvennuksen jälkeen, kuten muussakin puunkorjuussa.
- **Juurikääpä** voi levitä havupuuvaltaisilla korjuualoilla, minkä vuoksi myös energiapuun korjuussa tulee huolehtia juurikäävän torjunnasta.
- **Vesistöjen ja pienvesien laatu ja eliöstöjen elinympäristön ominaisuudet** voivat heikentyä erityisesti rantametsissä.



# Hakkuutähteiden korjuusuositukset

- Hakkuutähteitä (oksia ja latvoja) voidaan korjata uudistushakkuun yhteydessä tuoreilta ja niitä viljavammilta kankailta sekä ruoho- ja mustikkaturvekankailta.
- Tarvittaessa hakkuutähteet voidaan sijoittaa ajouralle parantamaan kantavuutta ja suojaamaan puiden juuria.
- Hakkuutähteitä ei suositella korjattavaksi ravinne-epätasapainosta kärsivistä ja karujen kasvupaikkojen metsiköistä.
- Hakkuutähteen mukana poistuu merkittävästi ravinteita
  - Korjuussa suositellaankin, että metsään jätettäisiin noin 30 % ravinteista joko hakkuutähteitä kuivattamalla tai jättämällä osa siitä korjaamatta
    - tasaisesti hakkuualueelle jakautuneena
  - Hakkuutähteet voidaan korjata vesistöjen ja pienvesien suojakaistoilta, koska se osaltaan vähentää vesistöjen ravinnekuormitusta.



# Luonnonhoito energiapuun korjuussa

## Käytetään tavanomaisia talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteitä

- Järeät kuolleet puut (pysty- ja maapuut) jätetään korjaamatta eikä niitä vaurioiteta
  - erityisesti suurempiläpimittaisen lahopuun hajoaminen koneiden alle on haitallista metsälajiston monimuotoisuudelle
- Monimuotoisuudelle arvokkaita lehtipuita, kuten haapoja, raitoja ja leppiä, jätetään säästöpuiksi
  - tekopökölöitä tehdään, jos lahopuuta ei ole kohteella
- Olemassa olevia säästöpuuryhmiä ei käsitellä
- Lehtipuiden osuus havupuuvaltaisessa metsikössä on mahdollisen metsäsertifikaatin ja metsänomistajan tavoitteen mukainen
  - nuorta lehtipuustoa jätetään korjaamatta → edellytykset järeän lehtipuun syntymiselle
- Suojatiheiköiden säästäminen
  - alikasvoskuusikot, pienialaiset kosteikot, vaihettumisvyöhykkeet ym.
- Vesiensuojelun suojavyöhykkeet on otettu huomioon
- Mahdolliset erityiskohteet, kuten luonto- ja muinaismuistokohteet, on otettu huomioon



# Energiapuun metsäkuljetus

- Rankapuun metsäkuljetus samoin säännöin kuin ainespuunkin.
- Hakkuutähteen kuormauksessa varmistetaan taakkojen kuormatilaan asettelulla ja kuorman kasvattamisella, että hakkuutähdettä ei putoa.
  - Kuormatraktoriin on saatettu asentaa erillinen energiapuukoura ja kuormatilaan lisäpankot tuottavuuden kasvattamiseksi.
- Tavoitteena on, että tienvarsivaraston pinossa on mahdollisimman vähän epäpuhtauksia ja että pinojen kuivuminen on mahdollisimman tehokasta
  - Varmistus, että kiviä ja hiekkaa ei kulkeudu varastoon kourataakkojen mukana



- Energiapuun massa mitataan pääsääntöisesti kuormatraktorin kuormainvaa'alla
  - kuormainvaa'an punnitustarkkuuden omavalvonta ja vaa'an kalibrointi

# Energiapuun varastopaikka

- tasainen ja kantava maasto
- avoin, tuulinen ja mieluiten ympäröivää maastoa korkeampi kohta, joka on kuivumisen kannalta hyvä
- riittävän etäällä sähkö- ja puhelinlinjoista
- ei sijaitse kääntölenkin varressa, jossa kuormaaminen olisi vaikeaa
- ei sijaitse jyrkässä mäessä tai mutkassa
- kiviä, kantoja tai puita ei ole koneiden esteenä, eikä niitä jää varastopinon alle
- ei sijaitse toimivien ojien päällä (ravinteiden huuhtoutumisriski vesistöihin vähenee)
- paloturvallisuuden varmistamiseksi ja haketuksen meluhaittojen vähentämiseksi ei sijaitse rakennusten lähietäisyydellä
- lisäksi paikalla on oltava riittävä tila haketus- ja kuljetuskalustolle
  - enemmän tilaa kuin ainespuulle
- tienhoito on syytä huomioida paikan valinnassa



# Energiapuuvaraston tilantarve

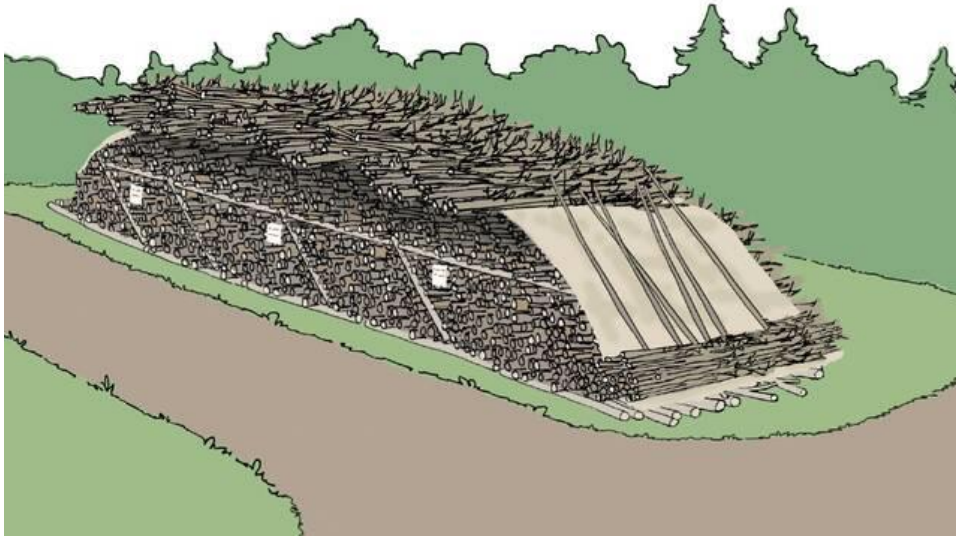


Kuva: © Hannu Niemelä

Energiapuupinon tilantarve pituussuunnassa per hakuhehtaari

| Energiapuu     | Pinon tarvitsema tila |
|----------------|-----------------------|
| Hakkuutähteet  | n. 20 m/ha            |
| Kokopuu        | n. 12 m/ha            |
| Karsittu ranka | n. 10 m/ha            |
| Kannot         | n. 15 m/ha            |

# Rankapuun varastointi



Kuva: Juha Varhi, © Tapio

## Karsitun rangan ja kokopuun varastointi

- Laita pinon pohjalle isot aluspuut.
- Lisää välipuut vinosti pystyyn noin 5 m välein.
- Lisää puoliväliin välipuut pinon suuntaisesti.
- Tee pinosta mahdollisimman korkea (enintään 5 m), varmista sortumattomuus.
- Pinoa korjattujen puiden tyvet tielle päin, mieluiten niin, että ne osoittavat etelään.
- Vältä vierasesineiden joutumista varastopinoon.
- Tee pinon päälle tien suuntaan noin metrin pituinen lippa, joka suojaa varastoa kastumiselta.
- Peitä varastopino peittopaperilla.
- Levitä peite siten, että varaston päällyys peittyy kokonaan ja lisäksi 0,5 metrin leveydeltä pinon sivut ja päädyt.
- Lukitse peite paikalleen nostamalla sen päälle painoksi kourakasoja energiapuuta.

# Varastointiaika

- Optimaalinen varastointiaika on n. 1 vuosi
  - 2 vuotta pidempää varastointia ei suositella. Puu ei enää kuivu ja kuiva-ainehäviöt kasvavat.
- Kuiva-ainehäviöt voivat olla huomattavia hakkuutähteiden tienvarsivarastoinnissa
  - Hakkuutähteitä ei kannata varastoida tienvarressa muutamaa kuukautta pidempään, mutta toimituksiin liittyvistä käytännön syistä varastointiajat ovat yleensä pidemmät.
  - Rankapuuvarastoissa kuiva-ainetappiot eivät muodostu suuriksi noin vuoden mittaisessa tienvarsivarastoinnissa.
  - Kannot säilyttävät ominaisuutensa tienvarsivarastossa pisimpään.
- Metsätuholain varastointia koskevat rajoitukset huomioitava
  - jos varastossa on havupuuta.



# Metsähakkeen laatuominaisuuksia

- tehollinen lämpöarvo saapumistilassa ts. käyttöpaikalla
- energiatiheys saapumistilassa ts. käyttöpaikalla
- kosteus
  - mitä kosteampaa polttoaine on, sitä alhaisempi on energiasisältö / painoyksikkö
  - kostealla hakkeella käsittelyongelmat talvella → kuljetus- ja käsittelykustannusten kasvu
  - epätäydellinen palaminen → lisääntyvät hiilimonoksidi-, hiilivety- ja hiukkaspäästöt
- epäpuhtaudet (mm. maa-aines, jää, vierasesineet)
  - aiheuttavat ongelmia haketuksessa ja poltossa
- palakokojakauma ja hakkeen tasalaatuisuus
  - karsitusta rangasta valmistettu hake on yleensä tasalaatuista
  - sen sijaan kokopuusta ja hakkuutähteistä valmistetussa hakkeessa palakoko voi vaihdella
  - hakepalan tavoitepituus on 30 – 40 mm
- neulasten määrä → hakkeen klooripitoisuus
  - aiheuttaa likaantumista ja korroosiota poltossa



# Metsähakkeen laatuun vaikuttaminen korjuussa

- Rankojen karsinta on tehty tavoiteltavan hakkeen laadun mukaan
- Vihreitä neulasia ja lehtiä ei päädy energiapuun joukkoon
- Energiapuu kuivuu mahdollisimman hyvin ja säilyy kuivana myös tienvarressa
- Varastomuodostelmat ovat riittävän isot, jolloin kostuvaa pintaa on puumäärään nähden mahdollisimman vähän
- Kuivaa energiapuuta ei varastoida tarpeettoman kauan
- Kiviä ja hiekkaa ei kulkeudu varastoon kourataakkojen mukana
- Lunta ei aurata tai lingota energiapuuvarastoihin

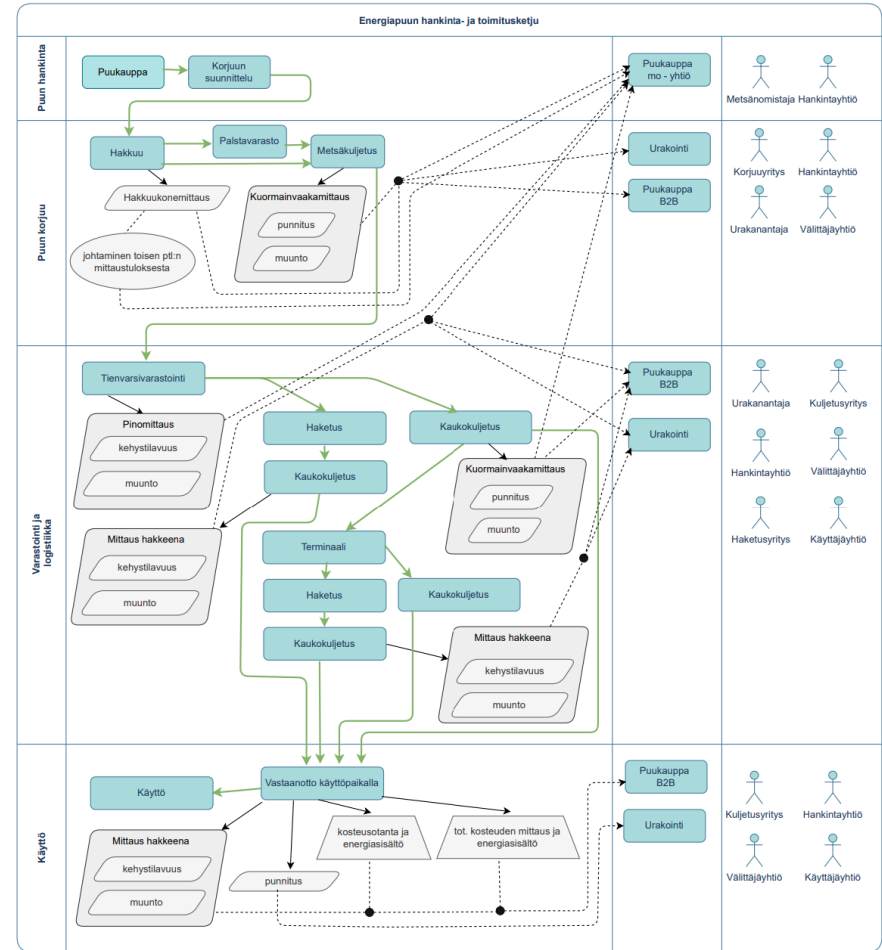


# Energiapuun mittaus

## Energiapuun mittauksen erityispiirteitä

- Energiapuun tarkka mittaus on vaikeaa.
- Energiapuuta mitataan eri menetelmillä hankintaketjun eri vaiheissa.
- Energiapuuerään tulee käsittelyn myötä määrähävikkiä ja varastoinnin kuluessa kuiva-ainehävikkiä.
  - Lisäksi sääolosuhteet ja mittausmenetelmien tarkkuuserot aiheuttavat vaihtelua mittauksiin.
  - Käytännössä energiapuun mitattu määrä vähenee hankintaketjun aikana.
- Energiasisällön ja lämpöarvon mittaus eivät kuulu puutavaran mittauslain soveltamisalaan.

[Energiapuun mittauslaskuri](#)  
[Emil \(luke.fi\)](http://Emil.luke.fi)



Mittauslain soveltamisalaan kuuluva mittaus  
 Mittauslain soveltamisalan ulkopuolella tehtävä mittaus

Lähde: Luonnonvarakeskus





Metsäteho

LUOMASSA MAHDOLLISUUKSIA

[tapio.rasanen@metsateho.fi](mailto:tapio.rasanen@metsateho.fi)