

# Uusi toimintamalli kuitupuun mittaukseen

---

Koulutusmateriaali toimihenkilöille ja metsänomistajille

Tapio Räsänen ja Timo Melkas (Metsäteho Oy)

Jari Lindblad (Luonnonvarakeskus)

Päivitys 8.11.2023



# Koulutusmateriaalin sisältö

- 1) Terminologia
- 2) Tausta ja tavoitteet
- 3) Nykyiset painoon perustuvat kuitupuun mittaussmenetelmät
- 4) Uudet tuoretiheyden ennustemallit
- 5) Luonnonvarakeskuksen määräys
- 6) Uusi toimintamalli ja Pulpwood Online –laskentapalvelu
- 7) Soveltaminen puukaupassa
- 8) Mittauksen käytännön toteutus
  - Kuormainvaakamittaus lähikuljetuksen yhteydessä
  - Kuormainvaakamittaus kaukokuljetuksen yhteydessä
  - Paino-otantamittaus tehdasmittauksessa
  - Tuoretiheyskyselyt julkisella web -sovelluksella
- 9) Pulpwood Online -palvelun valvonta
- 10) Pulpwood Online -palvelun käyttöönotto
- 11) Havainnot mittaustarkkuudesta palvelun käyttöönottovaiheessa
- 12) Uuden toimintatavan hyödyt



# 1) Terminologia

- **Puutavaralaji (lyhenne ptl)** = Puunjalostuksen tarpeisiin määritelty rungon osa. Tässä tapauksessa kyse on kuitupuutavaralajeista ja ne luokitellaan seuraavasti: mäntykuitupuu (MÄK), kuusikuitupuu (KUK), laho kuusikuitupuu (KUKLAHO), koivukuitupuu (KOK), haapakuitupuu (HAK), havukuitupuu (HAVUK).
- **Pulpwood Online (PWO) mittausera** = Mittausera koostuu tässä yhteydessä yhdestä nipusta tai osanipusta, joka on mittauseran ominaisuuksien (puutavaralaji, varastointiaika, lähtövaraston sijainti/alue) osalta yhteneväinen. On yhden puukaupallisen mittauseran osa. Huom! Mittauseran määritelmä poikkeaa tässä puukaupallisesta mittauserästä.
- **Puukaupallinen mittausera** = yhden puukauppasopimuksen tiettyä puutavaralajia sisältävät kaikki mittauserat eli kaikki niput ja osaniput
- **Otantaera, otantamittausera** = Puutavarasta otannalla valittu puutavaranippu tai nipun osa. Otantaeran tavoitteellinen koko on oltava vähintään  $\frac{1}{2}$  (puoli) nippua. Suosituksena kuitenkin minimissään  $6 \text{ m}^3$ .
- **Tuoreiheysmallin kalibrointi** = Otantaerien perusteella lasketuilla korjauskertoimilla perus- ja yksinkertaistetut tuoreiheysmallit asetetaan tuottamaan ko. ajankohtana, ko. puutavaralajille mahdollisimman oikea ja harhaton tuoreiheyden arvo.
- **Nippukaavio** = Nippukaaviolla kuvataan puutavara-autossa tai junassa olevien nippujen ja osanippujen tunnistet, sijainnit ja niiden ominaisuudet, kuten puutavaralaji ja ennakkokilot eli kuormainvaan alla punnitut kilot
- **Pulpwood Online (PWO)** = Painonmittauksessa käytettävä tuoreiheyslukujen laskentapalvelu
- **Forest Hub** = Puutavaralogistiikan sanomavälityspalvelu, Tietoevry Oyj:n palvelu
- **LogForce** = Puutavarakuljetusten ohjelmistopalvelu kuljetusyrittäjille, Trimble Forestry:n palvelu



## 2) Tausta ja tavoitteet

- Kuitupuun painomittauksessa käytettävät tuoretiheysluvut ovat perustuneet ennen Pulpwood Onlinen käyttöönottoa joko Luonnonvarakeskuksen yleisiin muuntokertoimiin (kuormainvaakamittaus) tai otantamittauksilla määritettyyn tuoretiheyslukuun (paino-otantamittaus tehtaalla).
  - Luonnonvarakeskuksen yleiset muuntokertoimet tuottavat keskimääräisiä tuoretiheyksiä kuukausitasolla. Ne eivät huomioi vuosien välisiä sääolosuhteiden muutoksia eivätkä mittauseräkohtaista varastointiaikaa ja ajankohtaa.
  - Tuoretiheysluku voi olla erilainen myös riippuen siitä, mille tehtaalle ja millä mittausmenetelmällä mittauserän tilavuus on sovittu puukauppasopimuksessa laskettavan.
    - Syntyi selkeä tarve yhtenäistää ja tarkentaa tuoretiheysluvun määrittämenetelmiä.
  - Ilmatieteen laitoksen hilamuotoinen säädata mahdollistaa tuoretiheyslukujen määrittämisen mittauserätasolla.
- Luonnonvarakeskuksen, Metsä Groupin, Stora Enson, UPM:n ja Metsätehon yhteistyössä aloitettiin laaja koko valtakunnan kattava tutkimushanke keväällä 2019. Hankkeen tavoitteena oli kehittää kuitupuun painomittausmenetelmien suhteen yhtenäisellä tavalla.
  - Hankkeessa kuvattiin uusi toimintamalli ja määritettiin Pulpwood Online (PWO) –laskentapalvelun toiminnallisuudet.
- Palvelu toteutettiin yhteistyössä Tietoevry Oy:n kanssa ja se on otettu käyttöön 04/2023.



### 3) Painoon perustuvat kuitupuun mittaussmenetelmät

- Tarkasteltaessa painoon perustuvien mittaussmenetelmien käytön laajuutta, on niiden käyttö luovutus-, työ- ja urakointimittaussmenetelmänä yleistynyt viime vuosina voimakkaasti.
  - Hankintapuun luovutusmittauksessa kuormainvaakamittauksen osuus on vajaat 41 % (2022)
  - Kuitupuun tehdasmittauksessa (ensikertainen perusmittaus) puolestaan paino-otantamittaus on valttamenetelmä lähes 100 % osuudella (2022)
  - Kuitupuun vastaanottomittaus kokonaisuudessaan on suuruusluokkaa yli 30 Mm<sup>3</sup> (kotimainen kuitupuun markkinahakkuu keskimäärin 2019-2022 noin 35,5 Mm<sup>3</sup>).
- Kuormainvaakamittauksessa on käytetty yleisesti Luonnonvarakeskuksen keskimääräisiä muuntokertoimia.
- Kuitupuun tehdasmittauksessa taas on ollut käytössä pääsääntöisesti paino-otantamittaus, jossa tuoretiheys lasketaan otantamittauksien perusteella liukuvana tuoretiheyslukuna kollektiiveittain tai toimittajakohtaisesti.
- Tämän lisäksi painoon perustuvia mittaussmenetelmiä ja muuntokertoimia käytetään yhtiön sisäisissä puutavaran siirroissa ja varastohallinnassa.



## PUNNITUS

- Kaikki vastaanotettava puutavara punnitaan



## OTANTA

- Otantaerät ovat puutavarannippuja. Kaikilla nipuilla on mahdollisuus tulla valituksi otokseen.



## OTANTAERIEN MITTAUS

- Otantaeristä mitataan paino ja tilavuus upotusmenetelmällä → tuoreiheys



## MUUNTOLUKU (TUOREIHEYS)

- Otantaerien mittaustuloksista saadaan muuntoluku ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )



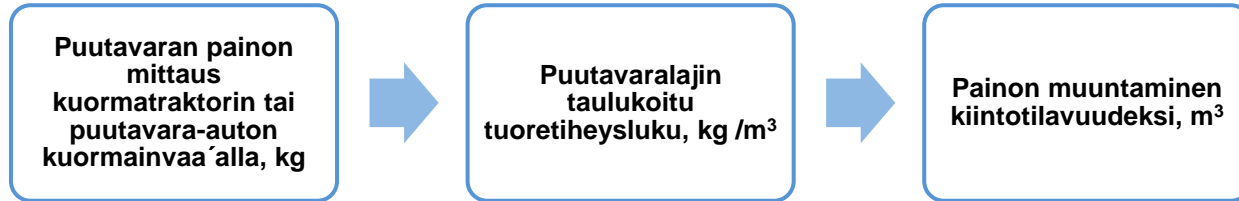
## TILAVUUDEN LASKENTA

- Mittauserän paino muunnetaan tilavuudeksi muuntoluvulla

# Paino-otantamittaus tehtaalla



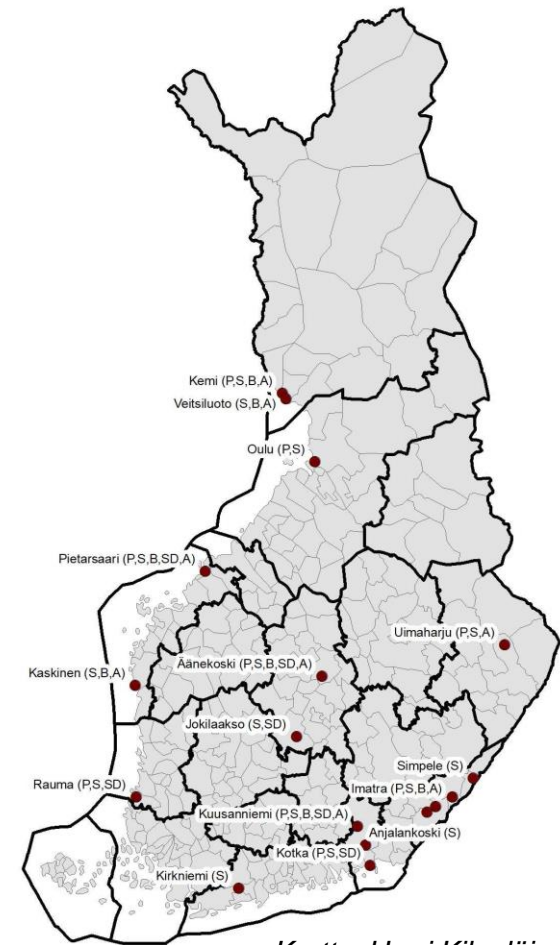
# Kuormainvaakamittaus



Puutavaralajikohtaisina tuoretiheyslukuina voidaan käyttää Luken määräyksen mukaisia yleisiä tuoretiheyslukuja tai uusilla tuoretiheysmalleilla Pulpwood Online –palvelussa laskettuja mittauseräkohtaisia tuoretiheyslukuja.

## 4) Uudet tuoretiheyden ennustemallit

- Uudet tuoretiheyden ennustemallit on kehitetty yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen ja alan toimijoiden kanssa yhteisessä tutkimushankkeessa.
  - Perusmallit (säähavaintoihin perustuvat)
  - Yksinkertaistetut mallit (mittausajankohtaan perustuvat)
- Kuitupuun tuoretiheysmallit on laadittu puutavaralajeittain (Mäk, Kuk, Lahokuusi, Kok, Haapak)
- Mallien laadinnassa ja testauksessa on käytetty laajaa tutkimusaineistoa, joka on kerätty vuosina 2013-2020 yhteensä 17 tehdasmittauspaikkakunnalta.
- Luken uusi määräys perustuu malleihin ja niiden tieteelliseen raportointiin.
- Uusia kuitupuun tuoretiheyden ennustemalleja käytetään Pulpwood Online (PWO) –laskentapalvelussa.
  - Käytettäessä uusia tuoretiheyden ennustemalleja, mittauserien on oltava puutavaralajipuhtaita (maksimissaan 5 % toista puutavaralajia sallitaan, Pohjois-Suomessa sallitaan mänty- ja kuusikuidulla, maksimissaan 10% toista havupuutavaralajia.)

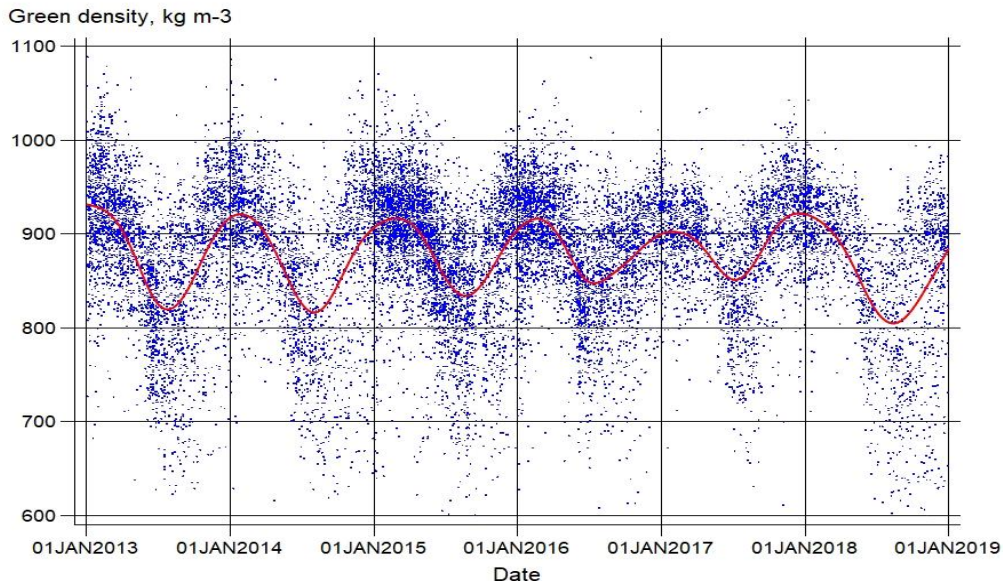


Kartta: Harri Kilpeläinen



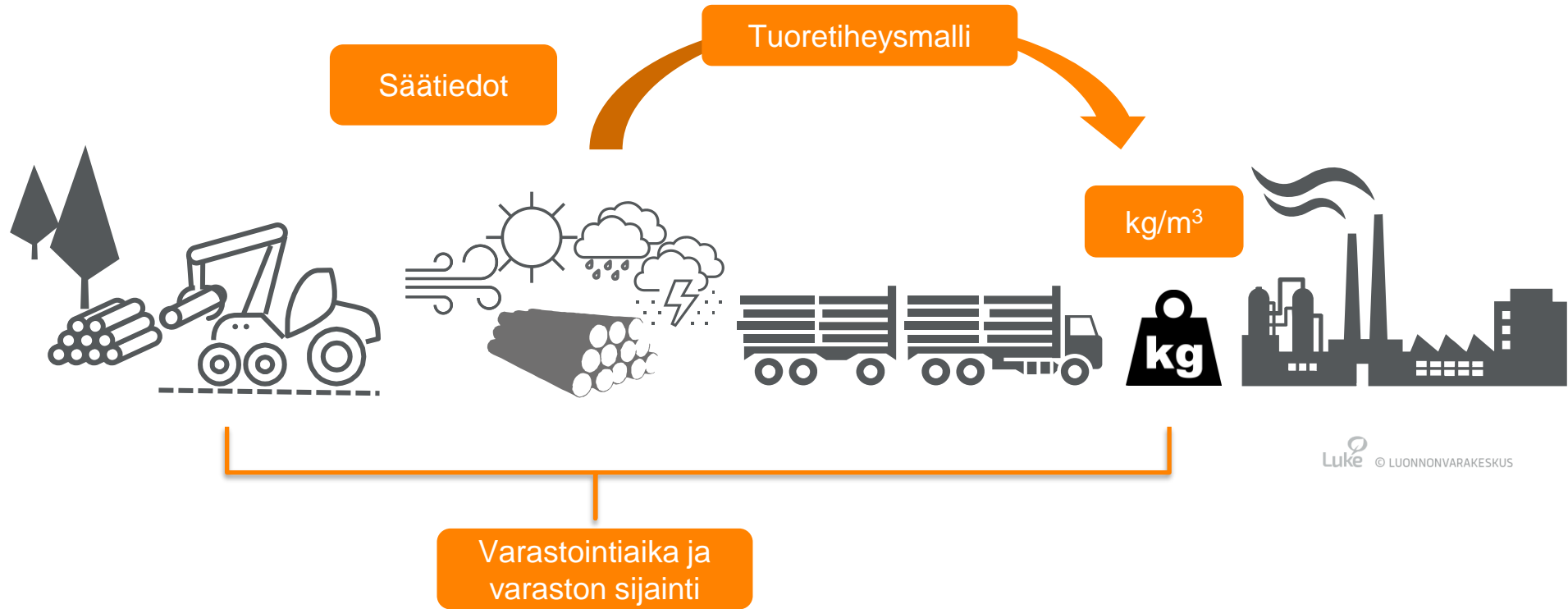
# Tuoretiheyden vaihtelu ja tuoretiheyteen vaikuttavat tekijät

- Puutavaran tuoretiheyteen vaikuttavat
  - Puutavaralaji
  - Vuodenaika (mittausajankohta)
  - Varastointiajan kesto
  - Varastointiaikana vallinneet sääolosuhteet
- Maantieteellisellä alkuperällä ei näyttäisi olevan tutkimuksen perusteella merkittävää vaikutusta tuoretiheyteen.
- Mikäli alueellisia eroja havaitaan, on mahdollista käyttää alueittain kalibroivia perusmalleja.



Paino-otantamittauksessa mitattujen otantaerien (mäntykuitu) tuoretiheyden (siniset pisteet) vuosittainen vaihtelu tutkimusaineistossa mittauspäivämäärän mukaan sekä tasoitettu keskimääräinen tuoretiheys (punainen trendiviiva).

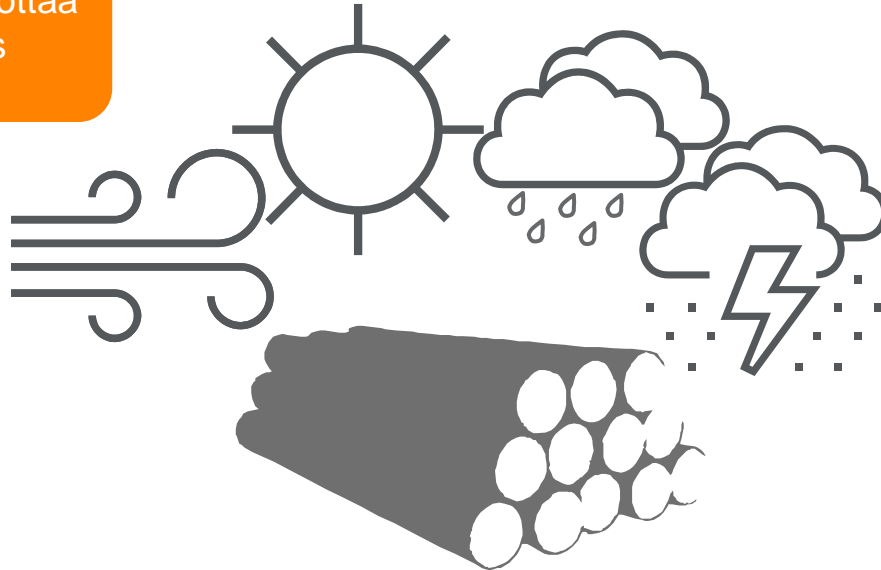
# Mittauserien tuoretiheyden määrittäminen



# Tuoretiheysmallit

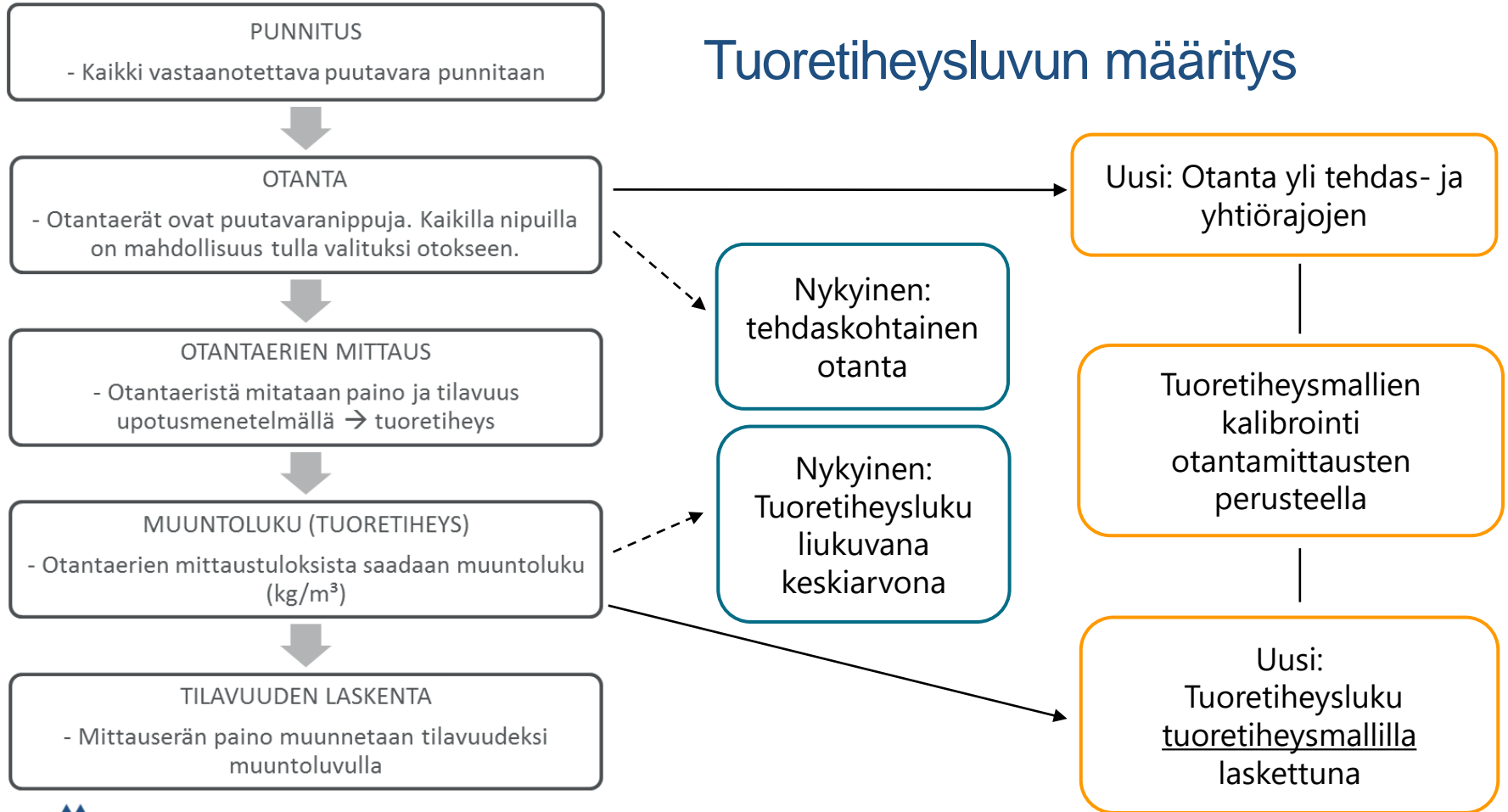
Puutavaraerän tuoretiheysennuste ( $\text{kg/m}^3$ ) määritetään käyttämällä paikallisia varastointiajan säähavaintotietoja

Säähavaintotiedot tuottaa  
Ilmatieteen laitos



Tuoretiheysarvot ovat  
mittauseräkohtaisia

# Tuoretiheysluvun määrittäminen



# Tuoretiheysmallit ja niiden soveltaminen

**Perusmallit**, joissa mittausajankohtaan, maantieteelliseen alkuperään, varastointiaikaan ja varastointipaikan säähavaintotietoihin perustuvia selittäjiä

→ Voidaan käyttää, kun tunnetaan puutavaran puutavaralaji, mittaus- ja hakkuuajankohdat sekä korjuukohteen tai varastointipaikan sijainti vähintään kuntatasolla

**Mallit 1: Tuoretiheyden koko maahan kalibroittavat perusmallit** (Mäk, Kok, Kuk, Lahokuusi, Haapak)

**Mallit 2: Tuoretiheyden alueittain kalibroittavat perusmallit** (Mäk, Kok, Kuk)

- Alueittain kalibroittavien perusmallien osalta Suomi on jaettu viiteen suuralueeseen
- Toistaiseksi alueittaista kalibrointia ei sovelleta. Voidaan ottaa käyttöön tarvittaessa.

**Yksinkertaistetut mallit**, joissa mittausajankohtaan perustuvia selittäjiä

→ Voidaan käyttää, kun tunnetaan puutavaran puutavaralaji ja mittausajankohta

**Mallit 3: Tuoretiheyden koko maahan kalibroittavat yksinkertaistetut mallit** (Mäk, Kok, Kuk, Lahokuusi, Haapak)



# Säähavaintoaineiston hyödyntäminen

- Pulpwood Online -palvelussa käytetään 1km x 1km hilaan interpoloitua säähavaintoaineistoa.
- Palvelussa käytettävä säähavaintoaineisto haetaan kerran vuorokaudessa Ilmatieteen laitoksen rajapinnasta.
- Jos mittauserän varastointipaikka tunnetaan tarkasti, PWO –laskentapalvelu käyttää tuoretiheyden laskennassa lähimmän hilapisteen säähavaintoja.
- Jos mittauserän varastointipaikka tunnetaan vain kuntatasolla, käytetään tuoretiheyden laskennassa kuntakohtaisesti laskettuja säämuuttujien arvoja.
- Kunnan säädata haetaan kiinteästi valittujen kuntapisteiden lähimmistä hilapisteistä. Kuntasäädatan laskennassa käytetään metsämaalle osuneita sijaintipisteitä, jotka on valittu otannalla.

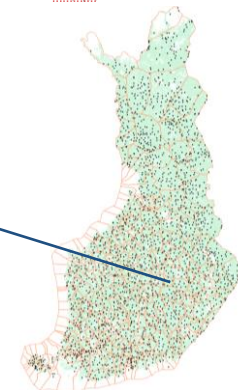
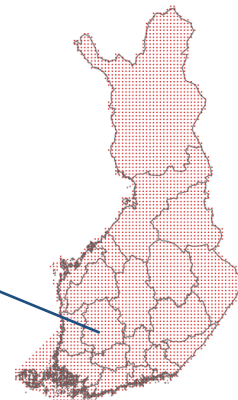
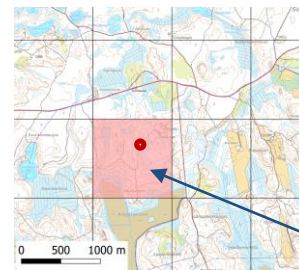
## Säädata yksittäiseltä hilalta:

- Keskilämpötila(°C)
- Sademäärä (mm)



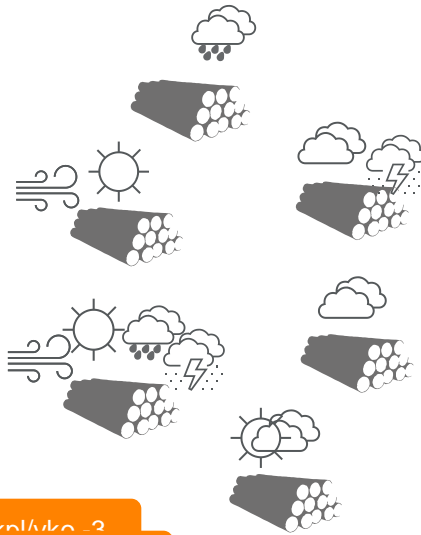
## Säädata kuntasääpisteistä:

- Keskilämpötila(°C)
- Sademäärä (mm)



*Säähavaintoaineiston haku yhdeltä hilapisteeltä tai kuntasääaineistosta yksittäiselle mittauserälle varastointipaikan sijainnin perusteella.*

# Kalibrointi



Tehtaille kuljetettavista mittauseriistä arvoit otantaerät

- Otantaerät, kpl/vko -3
- Otantaerät, kpl/vko -2
- Otantaerät, kpl/vko -1
- Otantaerät, kpl/vko 0

- Mittaero, vko -3
- Mittaero, vko -2
- Mittaero, vko -1
- Mittaero, vko 0

X

- Painokerroin, vko -3
- Painokerroin, vko -2
- Painokerroin, vko -1
- Painokerroin, vko 0

Painotettu mittaero



# Tuoretiheysmallin kalibrointi

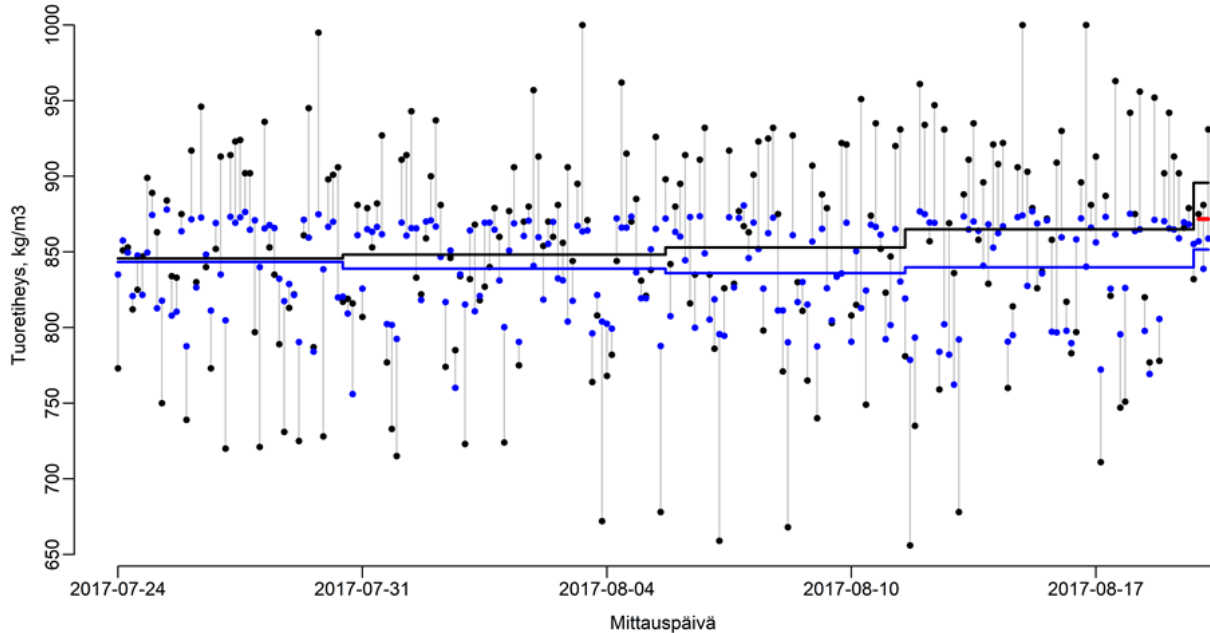
- Tuoretiheysmallien kalibroinnin tavoitteena on korjata tuoretiheysmallien tuottamat ennusteet todenmukaiselle tasolle.
- Tuoretiheysmallin kalibroinnin laskennassa perustana ovat otannalla valittujen otantamittauserien
  - mitatut tuoretiheydet
  - tuoretiheysmallilla määritetyt tuoretiheydet
  - painokerrointen laskenta edellisten välillä.
- Kalibroinnissa käytetään useiden viikkojen otantaeriä.
- Kalibrointilaskennassa käytetään ”liukuvia viikkoja” kalenteriviikkojen sijasta.
- Tuoretiheysmallien kalibrointi tehdään vuorokausittain, jolloin käytettävissä on aina uusimpien otantaerien mittaustieto.





# Esimerkki tuoretiheysmallin kalibroinnista

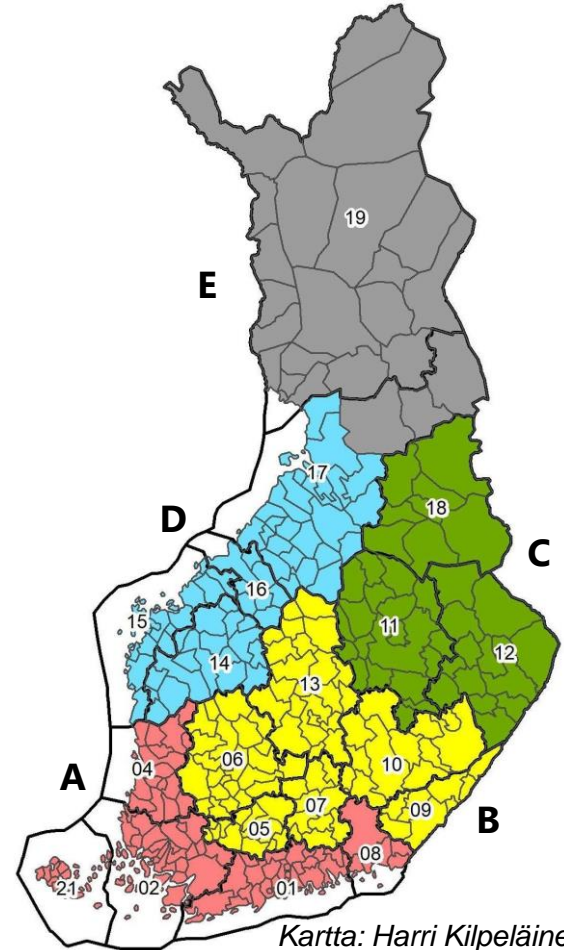
- Mäntykuitupuun otantaerien mitatut (musta) ja kalibroimattomalla tuoretiheysmallilla ennustetut (sininen) tuoretiheydet vuonna 2017 viikoilla 30-33.



Tuoretiheysmallien  
ennusteiden korjaus  
19.8.2017 (ks. ed. dia)

# Tuoretiheysmallien kalibroinnin aluetaso

- Tuoretiheysmallien (Mallit 2) rakenteessa on huomioitu mahdollisuus alueittaiseen kalibrointiin
  - Viisi suuraluetta A-E
  - Tuoretiheysmallit, jotka mahdollistavat aluekohtaisen kalibroinnin
  - Mahdollisuus aluekalibrointiin Mäk, Kuk ja Kok (ei Lahokuusi ja Haapak)
- Soveltaminen
  - Puutavaralajikohtainen tuoretiheysmallin kalibrointi voidaan tehdä
    - a) koko maan yleiskalibrointina,
    - b) yhdelle alueelle erikseen, muille yhdessä tai
    - c) kaikille alueille erikseen
- Toistaiseksi alueittaista kalibrointia ei sovelleta. Voidaan ottaa käyttöön tarvittaessa.



Kartta: Harri Kilpeläinen

# Otanta



\*) Otantakelpoisuus vaatii, että mittauserästä on tiedossa varaston sijainti- ja varastointiaikatieköt



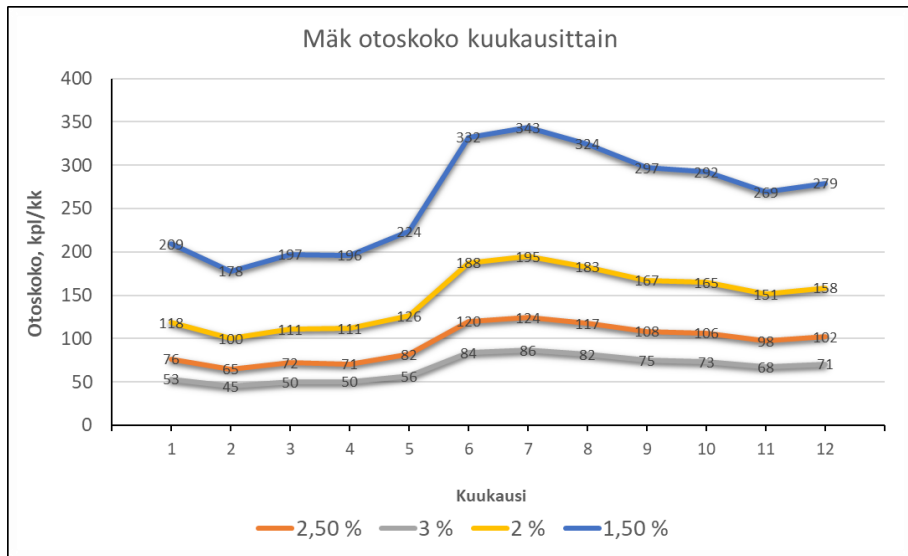
# Otoskoon määrittäminen

- Otoskoko (otantaerien määrä) määritetään siten, että kalibroituilla tuoretiheysmalleilla lasketuissa tuoretiheyksissä saavutetaan haluttu tarkkuus
  - Tarkkuus = Ennustettujen ja mitattujen tuoretiheyksien keskimääräinen poikkeama
  - Tarkkuus on puutavaralajikohtainen arvo, jonka on täytettävä mittaustarkkuudelle mittauslaissa asetetut vaatimukset
  - Tarkkuusvaatimus voi olla eri puutavaralajeilla erilainen, esim. pääpuutavaralajeilla tiukempi kuin lahokuusella ja haapakuitupuulla
    - Palvelun käyttöönottovaiheessa on käytetty mittaustarkkuusvaatimuksena
      - mänty-, kuusi- ja koivukuidulla 1,5 % ja
      - haapakuidulla ja lahokuusella 3,0 %
- Tuoretiheysmallit kalibroidaan otantamittausten perusteella
  - Kalibrointi lasketaan ennustetuista ja otantaeristä mitatuista tuoretiheyksistä

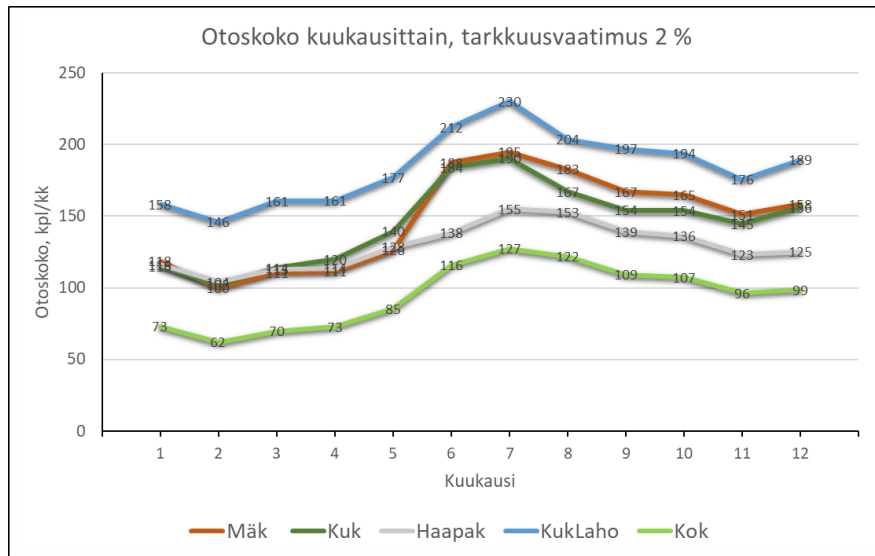


# Tarkkuusvaatimuksen, pti:n ja kk:n vaikutus otoskokoon

- Tarkkuusvaatimus asetetaan puutavaralajeittain
- Tarvittava otoskoko vaihtelee kalenterikuukauden ja vuodenajan mukaan



Mäntykuitupuun (Mäk) otantaerien tavoitemäärä kuukausittain eri tarkkuusvaatimuksilla (1,5-3%)



Puutavaralajien otantaerien tavoitemäärä kuukausittain, kun tarkkuusvaatimus on 2 %



# Mittaustarkkuuden tunnuslukuja

- Mallien luotettavuutta tarkasteltiin vuosien 2019 ja 2020 testiaineistoilla.
- Taulukoissa on esitetty ennustevirheen suhteellinen keskihajonta (rRMSE), % laskentatavoittain:
  - Kalibroimattomat tuoretiheysmallit
  - Kalibroidut yksinkertaistetut tuoretiheys mallit
  - Tehdaskohtainen liukuva keskiarvo (nyk. menettely)
  - Tuoretiheystaulukot (nyk. menettely)
- Uudet tuoretiheyden ennustemallit tuovat selkeän parannuksen mittauseräkohtaisen tuoretiheysluvun määrittämiseen.

## 2019

Laskettu viikkokeskiarvoista (Repola J., Heikkinen J. & Lindblad J. (2021), Table 5)

Puutavaralaji	Ennustevirheen suhteellinen keskihajonta (rRMSE), %				
	Kalibroimaton perusmalli	Kalibroitu perusmalli	Kalibroitu yksinkertaistettu malli	Tehdaskohtainen liukuva keskiarvo	Tuoretiheystaulukot
Mäk	2.20	1.34	2.05	1.39	4.54
Kuk	1.40	1.22	1.87	1.51	2.64
Kok	2.09	0.90	1.26	1.33	2.82
Lahokuusi	2.96	2.62	2.84	3.38	3.24
Haapak	4.05	3.4	3.65	4.99	5.48

## 2020

Laskettu viikkokeskiarvoista

Puutavaralaji	Ennustevirheen suhteellinen keskihajonta (rRMSE), %				
	Kalibroimaton perusmalli	Kalibroitu perusmalli	Kalibroitu yksinkertaistettu malli	Tehdaskohtainen liukuva keskiarvo	Tuoretiheystaulukot
Mäk	1.91	1.24	1.86	1.61	2.66
Kuk	2.08	1.57	1.98	2.27	3.53
Kok	1.50	1.34	1.37	1.44	2.71
Lahokuusi	2.33	1.93	2.32	2.36	2.77
Haapak	5.14	5.12	5.14	6.88	5.87



## 5) Luonnonvarakeskuksen määräys

- Tuoretiheyden ennustemallit on virallistettu Luken määräyksellä ([1/2021](#)) ja ovat olleet käytettävissä puutavaranmittauksessa vuoden 2022 alusta.
- Määräyksessä on kuvattu puutavaran tehdasmittauksen sekä kauko- ja lähikuljetuksen yhteydessä tehtävä mittaus käyttäen tuoretiheysmalleja (perusmallit & yksinkertaistetut mallit)
  - Käyttöalue
  - Tuoretiheysmallit kertoimineen
  - Tuoretiheysmallien kalibrointimenettely
  - Otanta ja otannan kiintiöinti
  - Sovellettava aluejako
- Lisäksi määräys sisältää aiemmin käytössä olleet Luonnonvarakeskuksen yleiset muuntokertoimet.
- Uuden määräyksen myötä kuitupuun tuoretiheys voidaan määrittää neljällä eri tavalla.
  - 1) perusmalleilla käyttäen säähavaintoaineistoa tai
  - 2) yksinkertaistetuilla malleilla (ml. taulukkomuotoiset arvot) tai
  - 3) käyttäen tehtaan tehdas- tai toimittajakohtaista liukuvaa kollektiivia tai
  - 4) Luonnonvarakeskuksen yleisillä muuntokertoimilla (vanhat taulukot)
- PWO:n kehittämisryhmän suositus on, että kuormainvaakamittauksessa käytetään eräkohtaisesti tarkinta mahdollista menetelmää. Tehtaalla tapahtuvissa tuoretiheyden määrittelyissä asian soveltaminen tapahtuu osapuolten välisten kauppasopimusten mukaisesti.



## 6) Uusi toimintamalli ja Pulpwood Online –laskentapalvelu

- Metsäyhtiöiden, Luken ja Metsätehon yhteistyönä on määritetty yhtenäinen toimintamalli kuitupuun painomittaukseen ja Pulpwood Online –laskentapalvelun käyttöön.
- Pulpwood Online -palvelua käytetään painomittauksissa tarvittavien tuoretiheyslukujen eli tilavuuslaskennassa käytettävien muuntolukujen tuottamiseen.
  - Palvelu laskee ajantasaisen tuoretiheyden mittauseräkohtaisesti käytettävissä olevien tietojen perusteella joko sääperusteisilla tai yksinkertaistetuilla tuoretiheysmalleilla.
  - Toimintamallissa mittauserä = puutavarakuorman nippu tai osanippu. HUOM! Poikkeaa puukaupallisesta mittauserästä.
- Varsinainen tilavuuden määrittäminen tehdään jatkossakin metsäyhtiöiden ja muiden toimijoiden omissa tietojärjestelmissä.
- Mittauserälle tuoretiheydet voidaan kysellä palvelusta useaan kertaan tarvittaessa, mutta otannon arvonta tehdään vain kertaalleen.
- Toimintamallia voidaan soveltaa ja palvelua käyttää kaikelle painomitattavalle puutavaralle mittauspaikasta, toimituspaikasta ja -tavasta riippumatta työ-, urakointi- ja luovutusmittauksessa.
  - Mittauserän on oltava puutavaralajipuhdasta (maksimissaan 5 % toista puutavaralajia sallitaan, Pohjois-Suomessa sallitaan mänty- ja kuusikuidulla maksimissaan 10 % toista havupuutavaralajia.)
  - Mahdollista käyttää myös kuormainvaakamittauksessa ja metsäyhtiön sisäisessä varastomäärien laskennassa.
  - Tuontipuulle palvelua ei kuitenkaan lähtökohtaisesti käytetä.

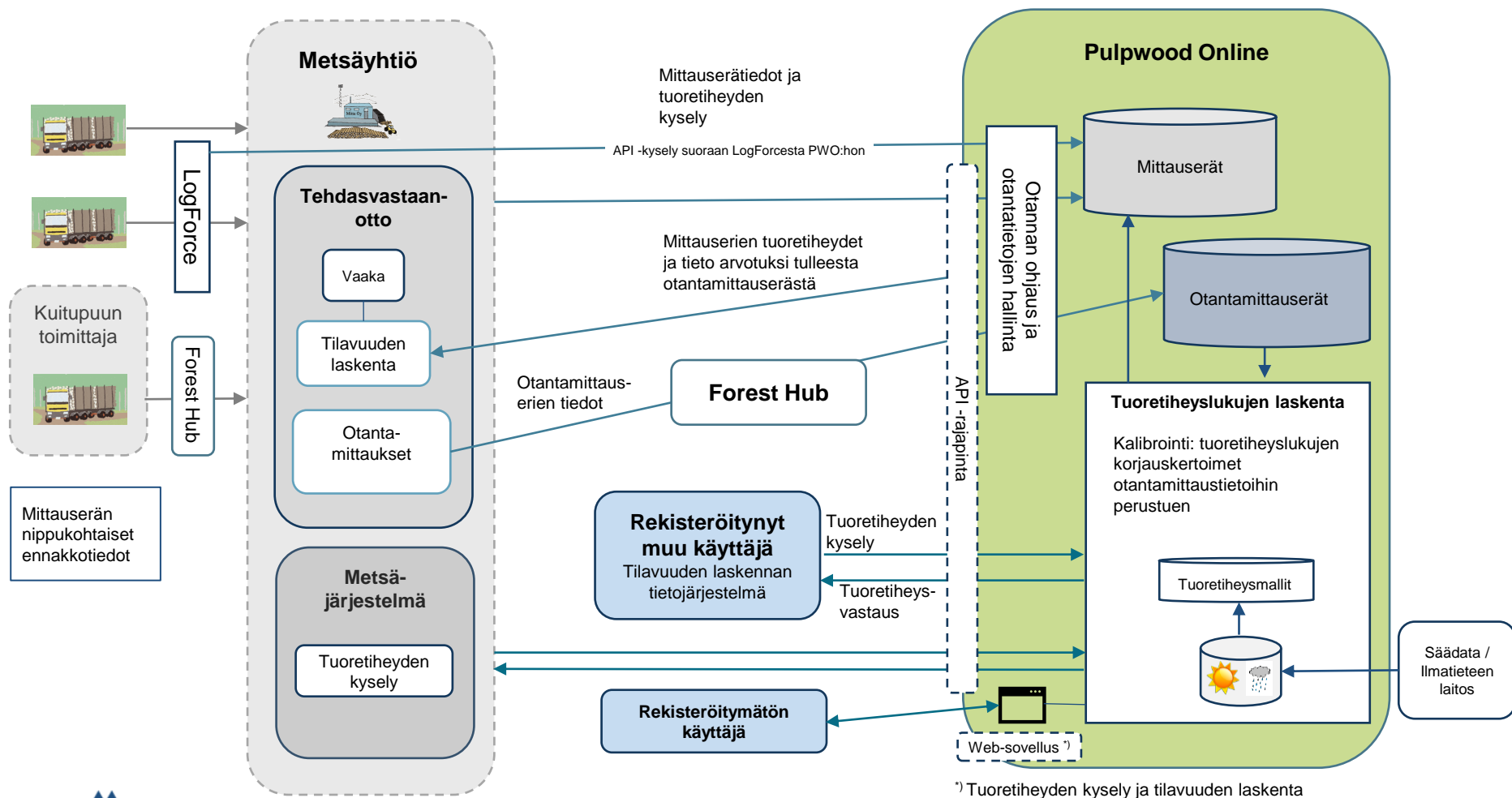




# Uusi toimintamalli ja Pulpwood Online –laskentapalvelu

- Kun on kyse vierastoimituksesta (muiden kuin metsäyhtiön oman puunhankinnan toimitukset tehtaille), puutavaraerän tarkkaa sijaintia (lähtövaraston koordinaatit tai kunta) ei lähetetä kilpailuoikeudellisista ja liikesalaisuussyistä vastaanottavan yhtiön järjestelmään.
  - Sijaintitieto välitetään kuitenkin laskentapalveluun tuoretiheysluvun laskentaa ja otannan arvontaa varten.
- PWO:ssa tuotetaan myös kerran vuorokaudessa päivittyvät tuoretiheystaulukot, jotka perustuvat yksinkertaistettujen ennustemallien tuottamiin tuoretiheyslukuihin ja joita voidaan käyttää tehdasvastaanoton teknisenä varamenettelynä sekä kuormainvaakamittauksessa.
- Otantamittauserien arvonta tehdään keskitetysti Pulpwood Onlinessa.
  - Otanta kohdistetaan pääsääntöisesti tehtaalle suoraan toimitettavaan puutavaraan, josta tarvittavat tiedot ovat olemassa ja jolle on otantamittausmahdollisuus.
  - Lastaus- tai puskuriterminaaliin toimitettavaan puutavaraan ei kohdisteta otantaa, ellei siellä ole otantamahdollisuutta.
- Otantamittauserät mitataan vastaanottoaikoilla nykyiseen tapaan. Mittaustiedot lähetetään Pulpwood Onlineen.
- Otantamittaustietoja käytetään tuoretiheysmallien kalibroinnissa.





<sup>\*)</sup> Tuoreiheyden kysely ja tilavuuden laskenta



# Pulpwood Onlinen käyttötavat ja käyttäjäryhmät

- Pulpwood Online on suunniteltu käytettäväksi metsäyhtiöiden ja muiden puutavaraa mittaavien toimijoiden tietojärjestelmiin integroitavana ulkoisena laskentapalveluna
  - tehdasvastaanottojärjestelmät
  - metsäjärjestelmät
  - puunkorjuun ja puutavaran kuljetuksen suunnittelu- ja ohjausjärjestelmät (esim. WoodForce ja LogForce)
  - järjestelmien välinen integrointi ja tuoretiheyden kyselysanomat standardeina rajapintapalveluina
- Käyttäjäryhmät
  - 1) Kuitupuuta vastaanottavat metsäyhtiöt (rekisteröitynyt käyttäjä)
    - mittauserien tuoretiheyslukujen kyselyt vastaanottomittausten ja varastohallinnan tilavuuksien laskentaa varten (tehtaat ja terminaalit)
    - otantamittaukset vastaanottopaikoilla
  - 2) Kuitupuuta painomittauksella mittaavat muut toimijat (rekisteröitynyt käyttäjä)
    - esim. kuitupuuta ostavat ja toimittavat yritykset ja metsänhoitoyhdistykset sekä korjuu- ja kuljetusyrittäjät
    - mittauserien tuoretiheyslukujen kyselyt logistiikan ja varastojen puumäärien hallinnassa
  - 3) Satunnaisesti palvelua käyttävät toimijat (rekisteröitymätön käyttäjä)
    - esim. korjuu- ja kuljetusyrittäjät, metsänomistajat
    - avoin ja ilmainen web-sovellus yksittäisen mittauserien tuoretiheyden määrittämiseen ja tilavuuden laskentaan



# Tuoretiheyden laskenta eri käyttötapauksissa

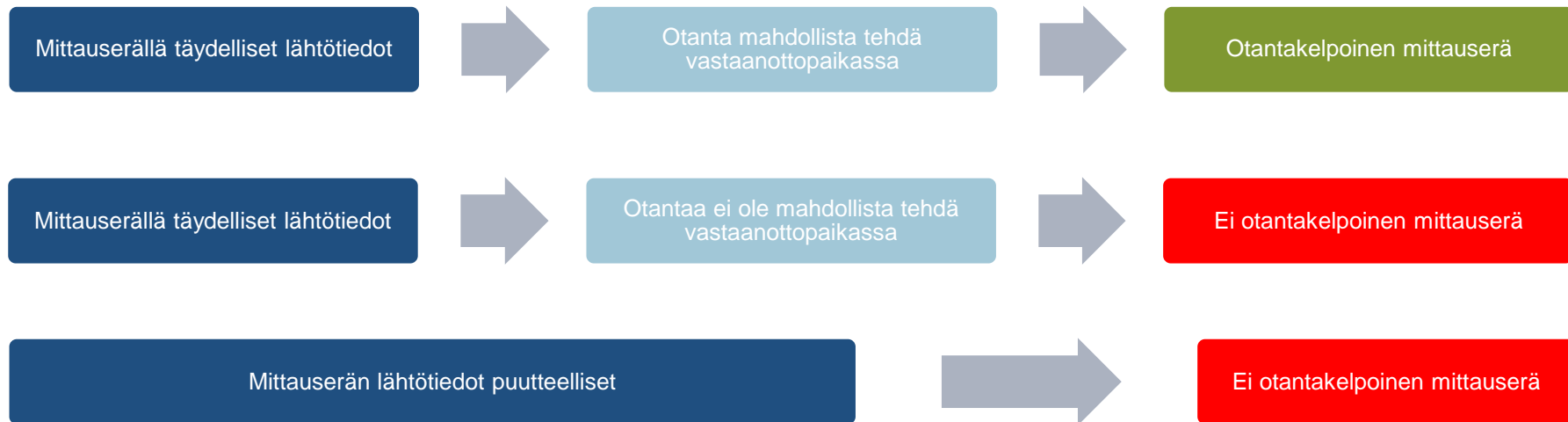


28

Poikkeavat ja lähtötiedoiltaan puutteelliset mittauserät: varamenettelyä voidaan käyttää tehtaalla käytössä olevia muita mittauserämenetelmiä.



# Mittauserien otantamittauskelpoisuus



Pulpwood Online tarkistaa nippukohtaisista tiedoista otantakelpoisuuden määräytymisessä tarvittavat tiedot ja määrittää otantakelpoisuuden. Tiedoissa on oltava mm.

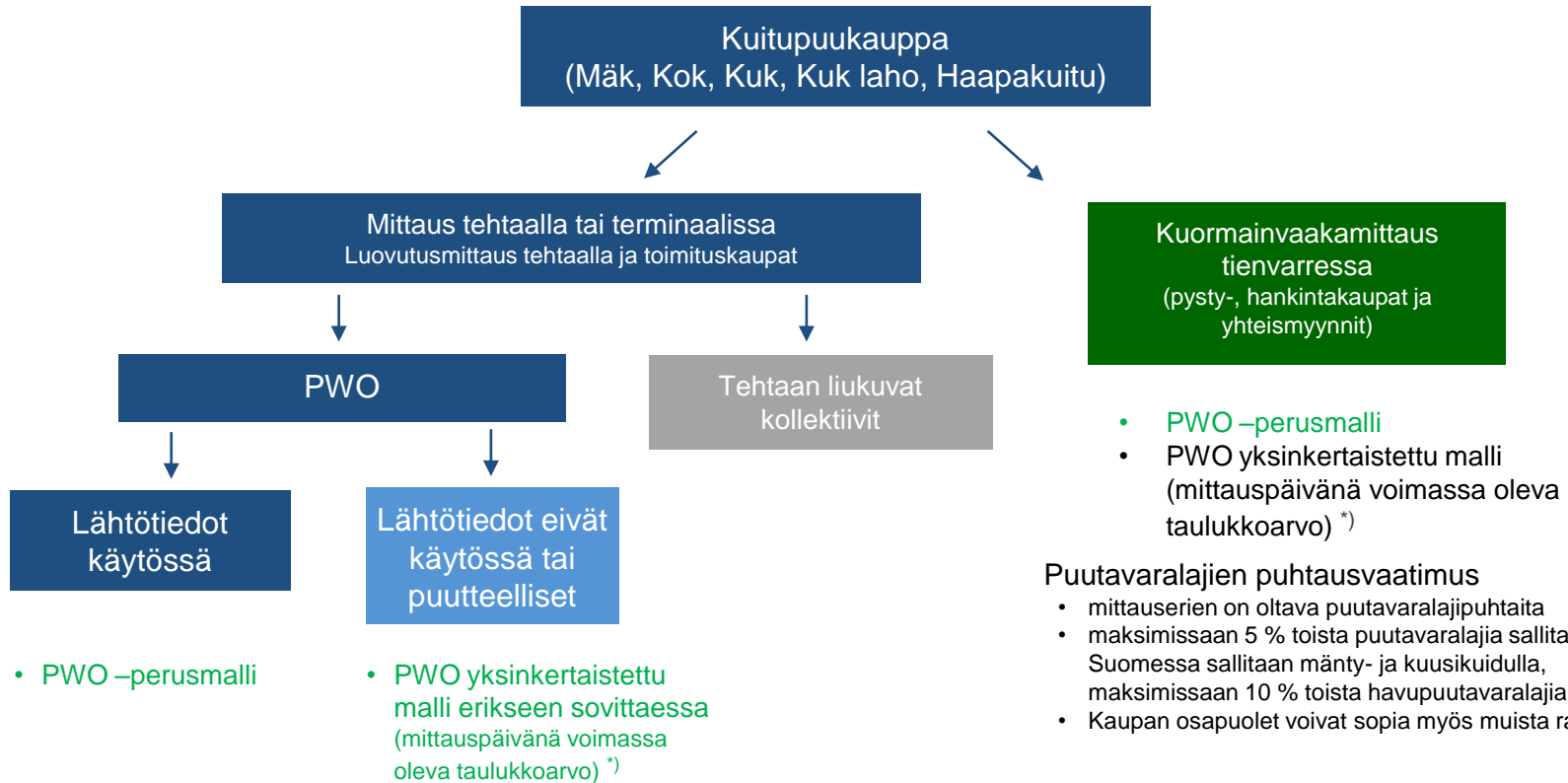
- vastaanotopaikka
- puutavaralaji
- lähtövaraston sijaintitiedot (koordinaatit tai kunta)
- varastointiajan aloitus- ja päättymisajankohta

## 7) Soveltaminen puukaupassa

- Puukauppasopimuksessa on sovittava käytettävä mittaussuomenetelmä sekä, mitä menettelyä käytetään tuoretiheyden määrittäyksessä. Painoon perustuvissa menetelmissä on perinteisesti puhuttu kuormainvaakamittauksesta tai tehdasmittauksesta (paino-otantamittaus), jolloin myös tuoretiheysluku on määrytyntynyt menetelmän mukaisesti.
- Uuden määräyksen myötä tuoretiheys voidaan määrittää
  - **Kuormainvaakamittauksessa** ensisijaisesti säähavaintoihin perustuvilla tuoretiheyden ennustemalleilla tai yksinkertaistetuilla malleilla (1 kerran vuorokaudessa päivittyvät taulukot) tai erikseen sovittaessa Luonnonvarakeskuksen yleisillä muuntokertoimilla.
  - **Tehdasmittauksessa** säähavaintoihin perustuvilla tuoretiheyden ennustemalleilla tai yksinkertaistetuilla malleilla tai käyttäen perinteistä tehtaan liukuvaa kollektiivia.
- Perusperiaate on, että käytetään aina tarkinta mahdollista menettelyä tuoretiheysluvun määrittämiseksi eli **säähavaintoihin perustuvia tuoretiheyden ennustemalleja**. Ja muita menettelyjä toissijaisina.
- Tältä osin on tärkeää, että mahdollisimman moni toimija liittyy joko palveluun rekisteröityneeksi käyttäjäksi tai toimittaa kattavat lähtötiedot tuoretiheysluvun laskentaa varten PWO -palveluun.
- Varastointiaika määritetään palvelussa alkavaksi pääsääntöisesti yhtäjaksoisen hakkuun aloitusajankohtana. Hankintakauppojen osalta varastointiaika alkaa kuitenkin siitä päivämäärästä, kun mittauserä on ilmoitettu olevan kuljetusvalmiudessa tienvarressa, mikäli tarkempaa tietoa hakkuun aloitusajankohdasta ei ole saatavilla. Mittaava yhtiö on näissä tapauksissa vastuussa varastointiajan oikeellisuudesta.



# Kuitupuun tuoretiheyden määrittäminen kotimaan puukaupassa



\*) Luken nykyinen taulukko vain poikkeustapauksissa



## 8) Mittauksen käytännön toteutus

### Kuormainvaakamittaus lähikuljetuksen yhteydessä

- Tuoretiheyden kysely tehdään kuormatraktorin järjestelmästä (WoodForce tai metsäyhtiön sovellus) tai metsäyhtiön metsäjärjestelmästä.
- Kysely voidaan tehdä kuormakohtaisesti tai koko mittauserälle, kun kuorma tai mittauserä on punnittu kuorman purun yhteydessä.
- Mittauserä ositetaan varastointiajan mukaan siten, että puutavaran paino, tuoretiheys ja kiintotilavuus määritetään jokaisena mittauspäivänä erikseen.
- Varastointiajan aloitusajankohtana käytetään yhtäjaksoisen hakkuun aloitusajankohtaa ja lopetusajankohtana mittausajankohtaa.
- Mikäli hakkuu keskeytyy, tulee ko. mittauserälle määrittää uusi varastoinnin aloitusajankohta.
- Tavoitteena on, että tuoretiheys kysellään käytettävissä olevilla täydellisillä tiedoilla siten, että Pulpwood Online –palvelussa voidaan käyttää perusmallia tuoretiheyden laskennassa.
- Pulpwood Online – palvelu ilmoittaa, millä mallilla tulos on laskettu.
- Varamenettelynä voidaan käyttää yksinkertaistettuja taulukkomuotoisia kerran vuorokaudessa päivittyviä tuoretiheyslukuja ja mikäli niiden käyttö ei ole teknisesti mahdollista niin Luonnonvarakeskuksen yleisiä muuntolukuja.





# Kuormainvaakamittaus kaukokuljetuksen yhteydessä

- Tuoretiheyden kysely tehdään ajoneuvon järjestelmästä (LogForce tai metsäyhtiön sovellus) tai metsäyhtiön metsäjärjestelmästä.
- Kysely tehdään puutavara-auton kuorman ollessa lastattu ja nippukaavion ollessa valmis.
- Varastointiajan aloitusajankohtana käytetään yhtäjaksoisen hakkuun aloitusajankohtaa ja lopetusajankohtana mittausajankohtaa.
- Tavoitteena on, että tuoretiheys kysellään käytettävissä olevilla täydellisillä tiedoilla siten, että Pulpwood Online –palvelussa voidaan käyttää perusmallia tuoretiheyden laskennassa.
- Pulpwood Online – palvelu ilmoittaa, millä mallilla tulos on laskettu.
- Varamenettelynä voidaan käyttää yksinkertaistettuja taulukkomuotoisia kerran vuorokaudessa päivittyviä tuoretiheyslukuja ja mikäli niiden käyttö ei ole teknisesti mahdollista niin Luonnonvarakeskuksen yleisiä muuntolukuja.



# Varastointiajan määrittäminen hankintahakkuissa

- Varastointiajan aloitusajankohtana käytetään PWO –palvelussa yhtäjaksoisen hakkuun aloitusajankohtaa ja päättymisajankohtana ko. mittausajankohtaa (esim. tehdasmittauksessa ennakoitu/toteutunut saapumisaika tehtaalla).
- Hankintahakkuiden osalta käytetään tarkinta mahdollista tiedossa olevaa varastointiajan aloitusajankohtaa alkuajankohtana:
  - **Koneellisesti toteutetussa hankintahakkuussa**, jossa hakkuun aloitusajankohta on saatavissa hakkuukoneen järjestelmistä ja jäljitettävissä, käytetään yhtäjaksoisen hakkuun aloitusajankohtaa, joka saadaan hakkuukoneen tietojärjestelmästä.
  - **Metsänomistajan omatoimisessa hankintahakkuussa** käytetään esim. myyjän ilmoittamaa hakkuun aloitusajankohtaa, mikäli se on tiedossa.
  - Jos hankintahakkuun ”tarkkaa” aloitusaikaa (myyjän ilmoittama) ei ole tiedossa käytetään ajankohtaa, jolloin mittausajankohta on kirjattu tienvarsivarastoon eli on ilmoitettu olevan tienvarressa kuljetusvalmiudessa.
- **PWO laskee tuoretiheyden hankintapuulle tällöin seuraavasti:**
  - 1) hakkuun tarkka aloitusajankohta tiedossa (koneellisesti toteutettu hankintahakkuu, päivämäärät jäljitettävissä) → tuoretiheys perusmallilla → **otannan arvonnassa mukana**
  - 2) metsänomistajan ilmoittama hakkuun aloitusajankohta → tuoretiheys perusmallilla → **ei otannan arvontaa**
  - 3) tienvarteen kirjausajankohta tiedossa → tuoretiheys perusmallilla → **ei otannan arvontaa**



# Mittauksen käytännön toteutus tehdasmittauksessa

- Paino-otantamittauksessa tehtaalla tuoretiheyden kysely voidaan tehdä joko vastaanottojärjestelmästä tai metsäyhtiön järjestelmästä tai tuoretiheys voi tulla ennakkotietosanoman mukana (kyselyt ajoneuvojärjestelmästä).
- Tavoitteena on, että tuoretiheysluku ja tieto mahdollisesta arvotusta otannasta on järjestelmissä jo siinä vaiheessa, kun puutavara-auto (kuljetusväline) saapuu tehtaalle.
- Mikäli toimitus viivästyy (esim. yli 1 vrk) ennakkoidusta saapumisajankohdasta, voidaan tuoretiheys kysellä uudelleen tehtaalla vastaanottojärjestelmästä.
- Tavoitteena on, että tuoretiheys kysellään käytettävissä olevilla täydellisillä tiedoilla siten, että Pulpwood Online –palvelussa voidaan käyttää perusmallia tuoretiheyden laskennassa.
- Pulpwood Online – palvelu ilmoittaa, millä mallilla tulos on laskettu.
- Varamenettelyinä voidaan käyttää tehtaalla tehdas- tai toimittajakohtaista liukuvaa kollektiivia tai yksinkertaistettuja taulukkomuotoisia kerran vuorokaudessa päivittyviä tuoretiheyslukuja.



# Tuoretiheyslukujen kysely julkisella web –sovelluksella

- Avoin ja ilmainen web –sovellus, joka on tarkoitettu rekisteröitymättömille käyttäjille.
- Mahdollistaa yksittäisen mitattavan puutavaraerän tuoretiheyden kyselyn ja tilavuuden laskennan.
- Käyttäjä syöttää käsin tarvittavat lähtötiedot puutavaraerälle nettikäyttöliittymään.
  - Varastopaikan sijainnin (kartalta)
  - Hakkuun aloitusajankohdan ja mittausajankohdan
  - Puutavaralajin sekä halutessaan myös puutavaran painon
- Sovellus laskee perusmallia käyttäen puutavaraerän tuoretiheysluvun sekä tilavuuden sekä hakee tietokannasta varastointiajan säähavainnot (sademäärän ja lämpötilan).
- Tulokset voivat poiketa luovutusmittaustodistuksessa olevasta tilavuudesta ja tuoretiheydestä, koska lähtötiedot on voitu antaa eri tarkkuudella (esim. yhdelle puukaupalliselle mittauserälle kerrallaan tai päiväkohtaisesti, sen mukaan miten puutavaraa on ajettu tienvarteen).
- Virallinen luovutusmittaustodistus muodostetaan aina mittaajan toimesta, joka kysyy tuoretiheyden Pulpwood Online –palvelusta.
- Palvelu on tarkoitettu lähinnä yksittäisten tuoretiheyslukujen kyselyyn ja tarkistamiseen, ei operatiiviseen toimintaan.
- Tavoitteena on parantaa puutavaranmittauksen läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta.



Osoita varaston sijainti kartalta tai valitse kunta, jossa varasto sijaitsee, ja syötä sen jälkeen mittausarän tiedot. Jos varastoinnin aloitusajankohta ja mittauspäivä on sama, niin tuoreiheyden laskennassa käytetään edellisen päivän säädataa. Varastoinnin aloitusajankohtana tulee käyttää yhtäjaksoisen hakkuun aloitusajankohtaa. Tuoreiheyden laskennassa käytetään vain perus- eli sääperusteisia malleja.

Laske tuoreiheyys

Näytä käytetyt säätiedot

Lataa pdf-tiedostoon

Lataa Excel-tiedostoon

Tyhjennä

## Mittausarä

Kunta\*  
Kiuruvesi

Mittauksen nimi

Laskenta-aika  
23.10.2023 klo 8.18.52

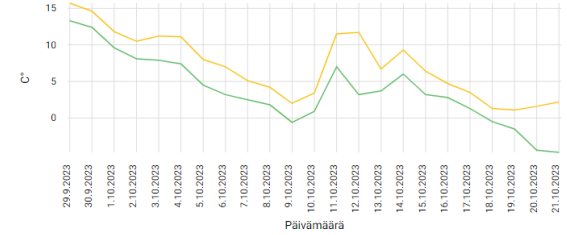


EUREF: N 7063913 E 477626  
WGS84: N 63° 42.1342' E 026° 32.8422'

Mittausarä	Puutavaralaji *	Varastointi alkoi*	Mittauspäivä*	Paino [kg]	Tuoreiheyys [kg/m <sup>3</sup> ]	Tilavuus [m <sup>3</sup> ]
Mittausarä 1	Mäntykuitu	29.9.2023	23.10.2023	45 000	927	48,5
Mittausarä 2	Koivukuitu	2.10.2023	23.10.2023	30 000	880	34,1
Mittausarä 3	Kuusikuitu	29.9.2023	23.10.2023	21 000	888	23,6

## Säätiedot

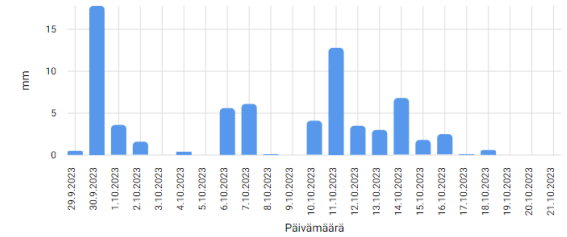
Vuorokauden keski- ja maksimilämpötila (C°)



Selite

Maksimilämpötila Keskilämpötila

Vuorokauden sademäärä (mm)



## 9) Pulpwood Online –palvelun valvonta

### Omavalvonta

- Palvelun pääkäyttäjä seuraa mittaustarkkuutta ja otannan toteutumista mm. omavalvontaraporttien ja otantamäärien seurantaraporttien avulla sekä tekee tarvittavat muutosehdotukset otannan ohjaukseen.
- Palvelun jatkuvassa automaattisessa monitoroinnissa seurataan mm. sanomien kulkua, virheilmoituksia, säädätän päivittymistä, ennustemallien kalibrointia sekä otantojen syntymistä.
- Metsäyhtiön pääkäyttäjä seuraa mittaustarkkuuden toteutumista ja vastaa palvelun otannan toteutumisesta oman yrityksensä puolesta.

### Ulkopuolinen valvonta

- PWO:n valvonta on osa virallisten mittaajien tekemää tehdasmittauksen valvontaa.
- Valvonta kohdistuu tuoretiheyden määrittämiseen ja sen luotettavuuteen, ml. tarkkuusvaatimukset, kalibrointi ja kalibrointitapa, otoskoon määrittäminen ja otannan toteumat, omavalvonnan toteutuminen ja tuoretiheyden määrittämisen toteutunut tarkkuus.
- Valvonta toteutetaan asiakirjavalvontana (etänä).
- Valvonta koostuu valvontamittauksista ja muusta PWO -palvelun toimivuuden seurannasta.
- Virallisilla mittaajilla on mahdollisuus seurata reaaliaikaisesti palvelun toimivuutta.



## 10) Pulpwood Online -palvelun käyttöönotto

- Laskentapalvelu on toteutettu Metsä Groupin, Stora Enson, UPM-Kymmene, Metsätehon, Luonnonvarakeskuksen ja TietoEVRY:n yhteistyönä ja otettu käyttöön 19.4.2023
  - Vakiintumisvaiheessa v. 2023 seurataan tiiviisti tuoretiheyslukujen määritystarkkuutta ja otantamäärien riittävyyttä
  - Palvelun käytön laajentumisvaiheen arvioidaan alkavan vuoden 2023 lopussa
- Hankkeen käynnistysvaiheessa on selvitetty laskentapalvelun kilpailuoikeudelliset reunaehdot ja informoitu Kilpailu- ja kuluttajavirastoa.
- Tavoitteena on, että palvelun rekisteröityneiksi käyttäjiksi voivat jatkossa liittyä kaikki kuitupuuta mittaavat toimijat yhtäläisin ja tasapuolisin ehdoin.



# 11) Havaintoja mittaustarkkuudesta ja otantamääristä palvelun käyttöönottovaiheessa

## Tuoretiheyden mittaerot otantamittauserillä

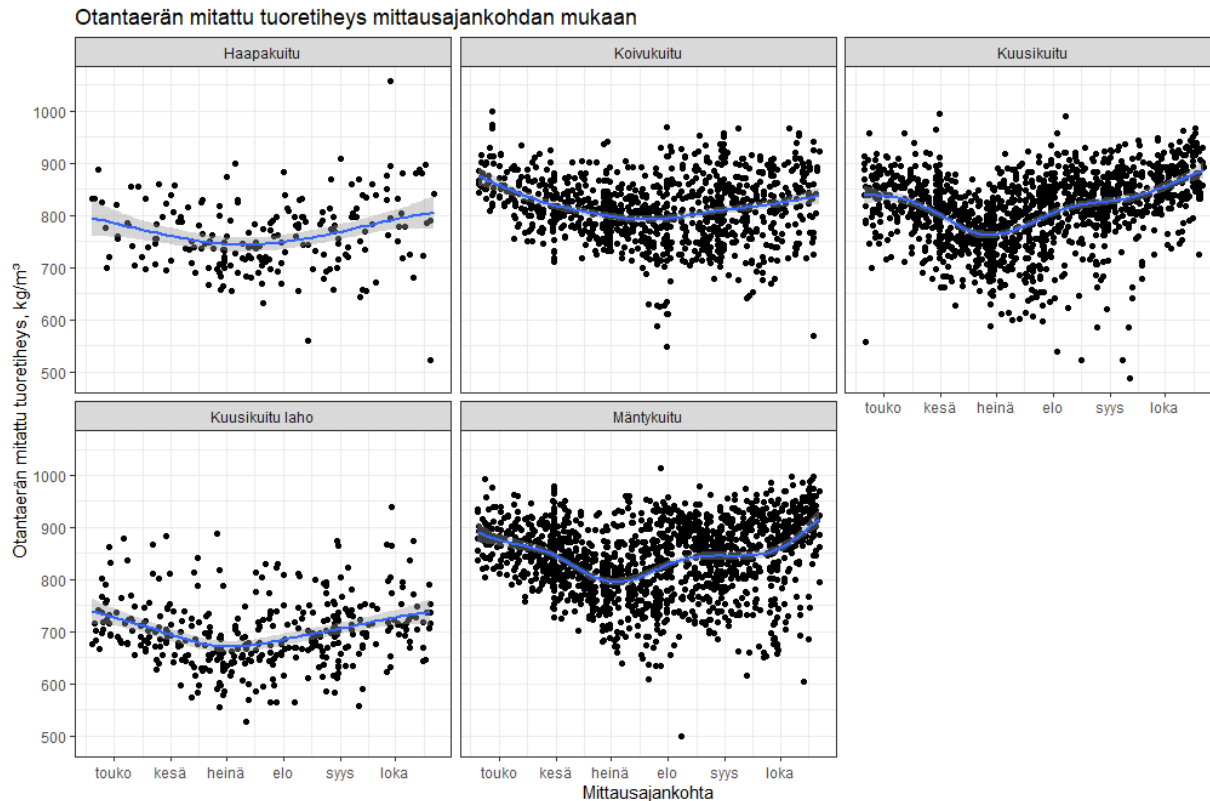
Omavalvonta						
Alkupäivämäärä	19.4.2023					
Loppupäivämäärä	20.10.2023					
Puutavaralaji	Ositteen alue	Lukumäärä, kpl	Ennustettu kalibroitu tuoretiheys, kg/m <sup>3</sup>	Mitattu tuoretiheys, kg/m <sup>3</sup>	Mittaero, %	Tilastollinen merkitsevyys
Mäntykuitu	Koko maa	1673	842	841	+0.6	0
Kuusikuitu	Koko maa	1478	812	811	+0.7	0
Kuusikuitu laho	Koko maa	378	699	699	+0.8	0.068
Koivukuitu	Koko maa	985	814	812	+0.7	0.001
Haapakuitu	Koko maa	199	760	761	+0.5	0.404





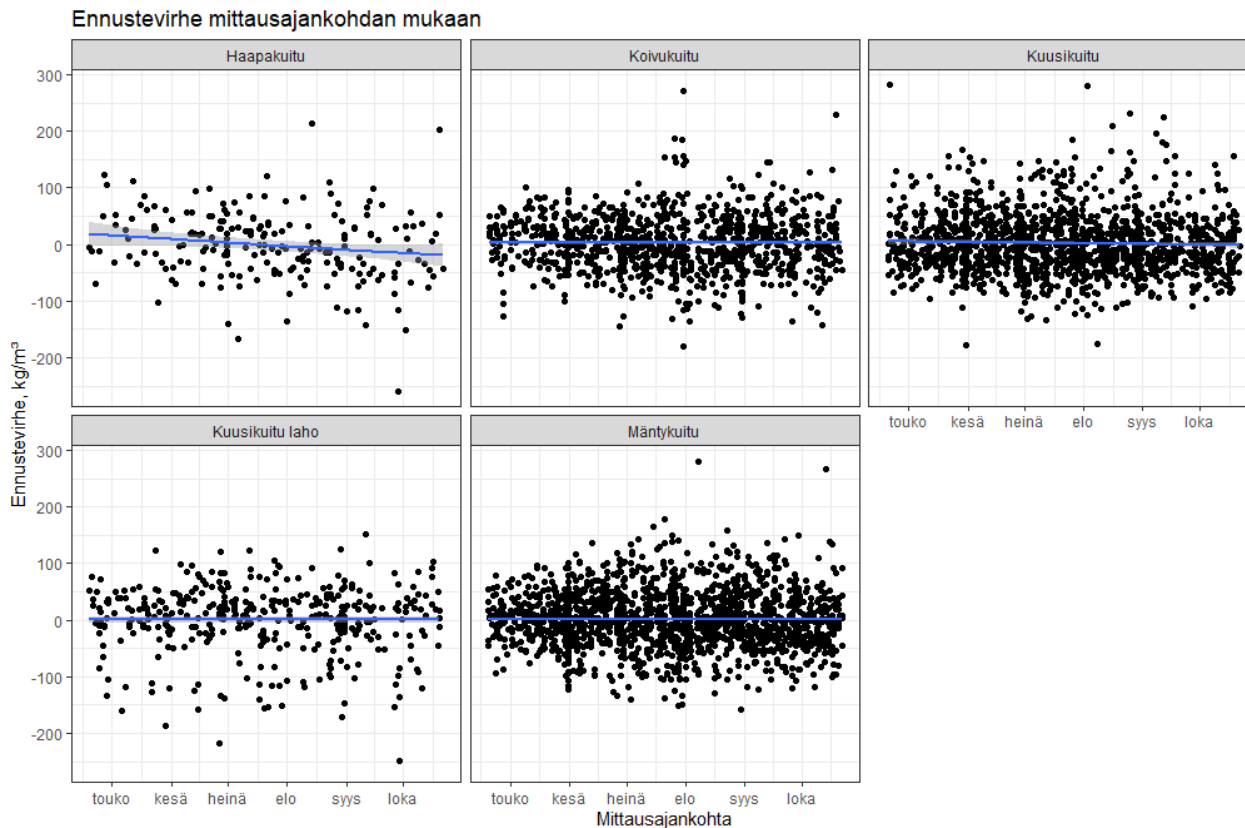
# Tuoretiheyden määrittäminen PWO:ssa (ensimmäiset ½ vuotta) I

Otantaerien mitatut  
tuoretiheydet  
mittauspäivämäärän  
mukaan  
19.4.-22.10.2023



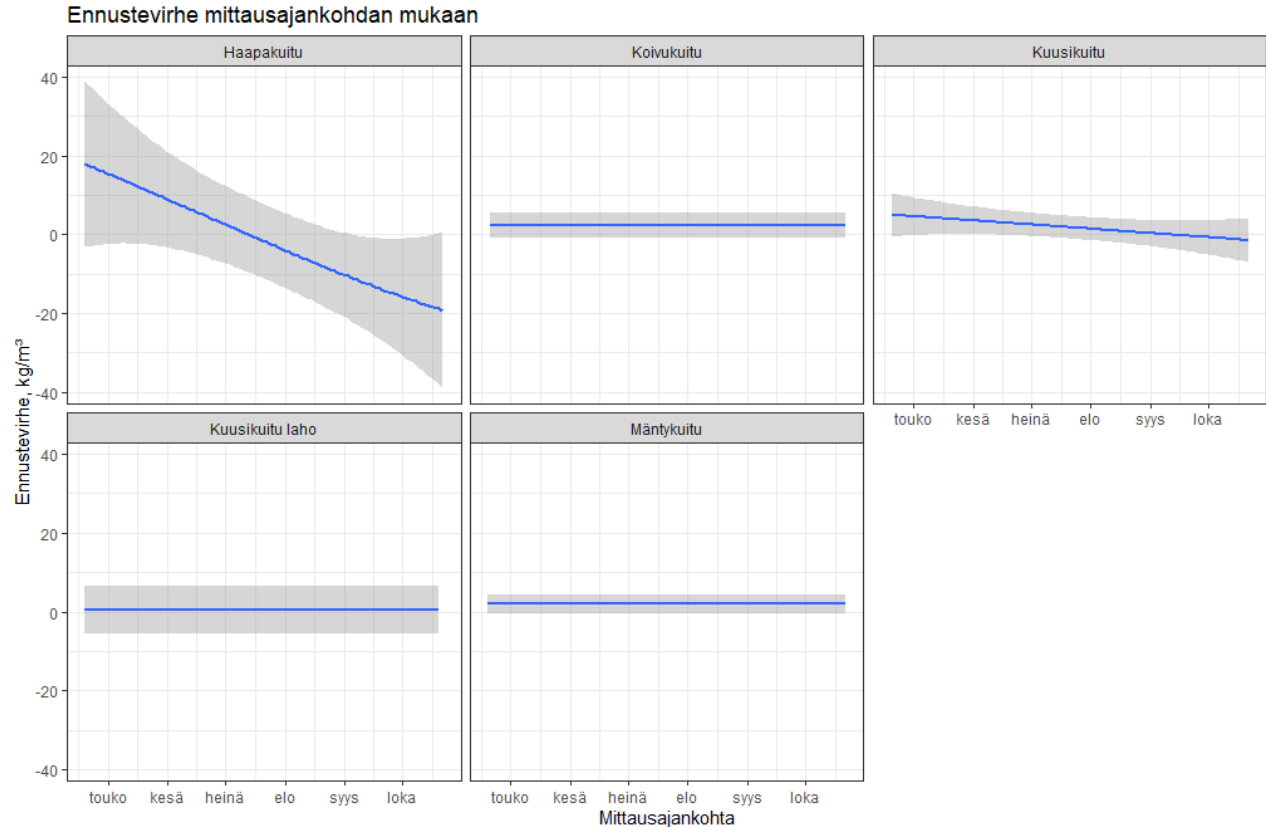
# Tuoretiheyden määrittäminen PWO:ssa (ensimmäiset ½ vuotta) II

Ennustevirhe  
mittauspäivämäärän  
mukaan  
19.4.-22.10.2023



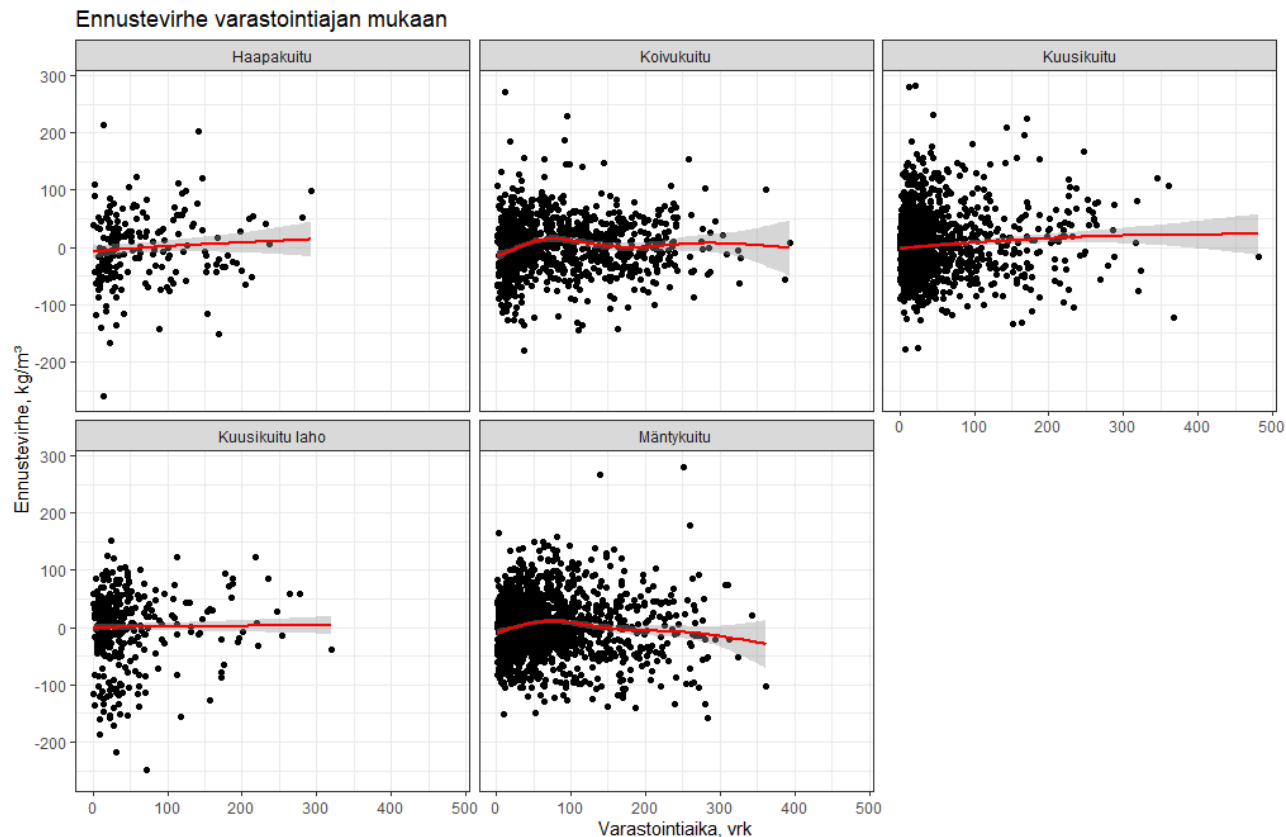
# Tuoretiheyden määrittäminen PWO:ssa (ensimmäiset ½ vuotta) III

Ennustevirheen keskiarvo  
mittauspäivämäärän  
mukaan  
19.4.-22.10.2023



# Tuoretiheyden määrittäminen PWO:ssa (ensimmäiset ½ vuotta) IV

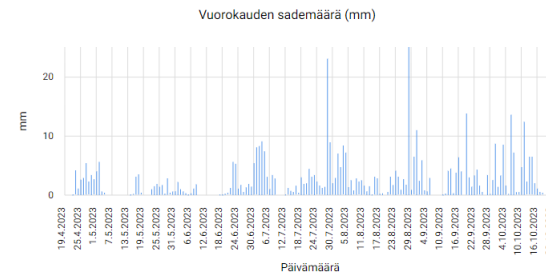
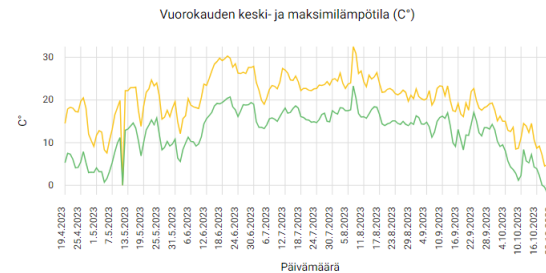
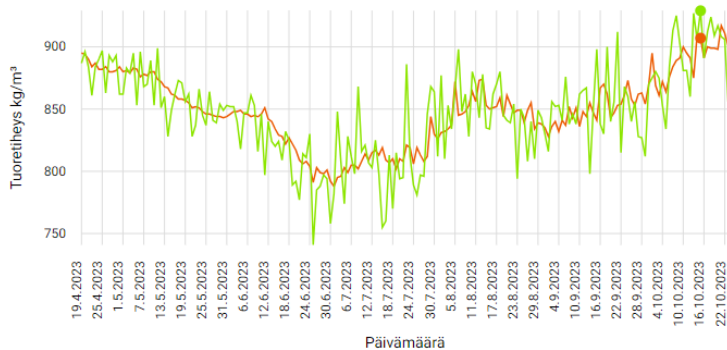
Ennustevirhe  
varastointiajan (vrk)  
mukaan  
19.4.-22.10.2023



# Esimerkkinä mäntykuitupuun perusmallilla ennustettujen ja otantamittauksissa mitattujen tuoretiheyksien päivittäiset keskiarvot ja säähavaintoarvot (koko maa)

Tuoreiheysmalli **base**  
 Tarkastelujakson alkupäivämäärä **19.4.2023**  
 Tarkastelujakson loppupäivämäärä **23.10.2023**

Keskimääräinen tuoreiheys (mittauserät)  Keskimääräinen tuoreiheys (otantamittauserät)  Mitatut otantamittauserät



## 12) Uuden toimintatavan hyödyt

- Mahdollistaa tuoretiheysluvun määrittämisen yhtenäisellä tavalla painoon perustuvissa mittausmenetelmissä
  - Paino-otantamittaus tehtaalla (tehtaan liukuva)
  - Kuormainvaakamittaus (Luken tuoretiheystaulukot)
- Menettely huomioi nykyistä paremmin mittausajankohdan, varastointiajan ja paikalliset sääolosuhteet
  - Menetelmä tuottaa jokaiselle mittauserälle mittauseräkohtaisen muuntoluvun (tuoretiheyden)
  - Se ottaa tarkemmin huomioon sekä vuoden sisäiset tuoretiheysvaihtelut että paikalliset sääolosuhteet varastointiaikana (nykyiset Luken tuoretiheystaulukot perustuvat useamman vuoden tutkimusaineistoihin eli tuottavat keskimääräisiä tuoretiheyksiä)
  - Hyödynnetään muista lähteistä saatavilla oleva dataa (säädädata) puun mittauksessa.
- Mahdollistaa siirtymisen tehdaskohtaisesta otannasta laajempaan tarkasteluun.
  - Otanta voidaan kohdentaa nykyistä paremmin haluttuihin ositteisiin ja vuodenaikoihin parantaen näin mittauksen luotettavuutta.
  - Otantamittausdataa käytetään yli tehdas- ja toimijarajojen parantaen mittauksen luotettavuutta.
  - Toimintamalli mahdollistaa otannan keskitetyn ohjauksen.
- Palvelu mahdollistaa mallien validoinnin ja jatkokehittämisen nykyistä helpommin.



# Täydentävää materiaalia

**Luonnonvarakeskuksen määräys 1/2021** (10.12.2021) Dnro 2463/13 04 00 00 02/2021  
<https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/410001/47620>

**Repola J., Heikkinen J., Lindblad J. (2021). Pulpwood green density prediction models and sampling-based calibration.** Silva Fennica vol. 55 no. 4 article id 10539.  
<https://doi.org/10.14214/sf.10539>

**Repola, J., Heikkinen, J., Ojanen, H., Lindblad, J., Räsänen, T., & Melkas, T. (2021).** Kuitupuun tuoretiheyden ennustemallit ja uusi painomittauksessa käytettävä toimintamalli. Metsätehon tulosalvosarja 11/2021. ISSN 1796-2390.

**Repola, J., Heikkinen, J., Ojanen, H., Lindblad, J., Räsänen, T., & Melkas, T. (2021).** Prediction models for the green density of pulpwood and a new operating model for weight measurement. Metsätehon tulosalvosarja 11/2021. ISSN 1796-2390.



# Lisätietoja

**Tapio Räsänen**, Metsäteho Oy, [tapio.rasanen@metsateho.fi](mailto:tapio.rasanen@metsateho.fi)

**Timo Melkas**, Metsäteho Oy, [timo.melkas@metsateho.fi](mailto:timo.melkas@metsateho.fi)

**Jari Lindblad**, Luonnonvarakeskus, [jari.lindblad@luke.fi](mailto:jari.lindblad@luke.fi)

