



Hakkuukonetiedon hyödyntäminen ja hakkuukonetietovarasto

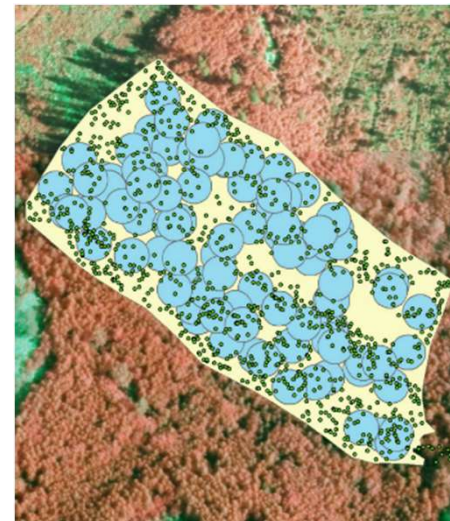
Tapio Räsänen, Metsäteho Oy
Metsätieto ja sähköiset palvelut –hankkeen lopputulosseminaari
22.1.2019, Helsinki



Hakkuukonetiedon käyttöalueita



Puun koordinaatit
ja puutunnukset



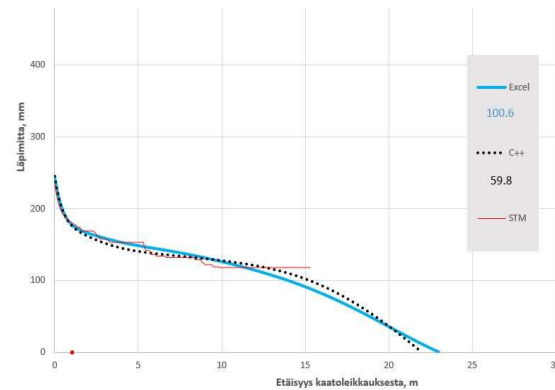
Puustotulkinnan
maastoreferenssi



Hakkuukonetiedon käyttöalueita



Runkoprofiilit ja katkontatiedot



Katkongan ohjaus

- tyyppileimikointi
- puuston laadun kuvaus

Katkonta-
automaatiikka

Korjuutyön laatu

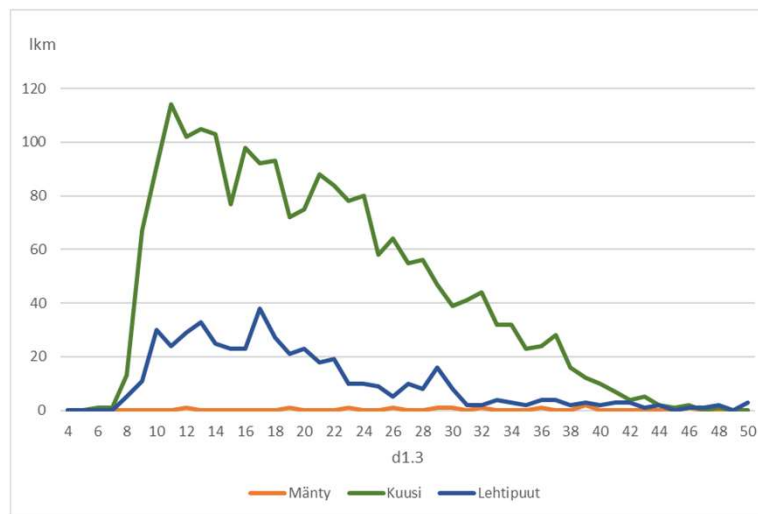
Runkomuoto-,
tilavuus- ja
laatumallit



Hakkuukonetiedon käyttöalueita



Korjuulohkon hakatun puuston määrätiedot ja keskitunnukset
Runkolukusarjat



Katkongan ohjaus

- vastinleimikot
- tyyppileimikointi

Metsävaratiedot

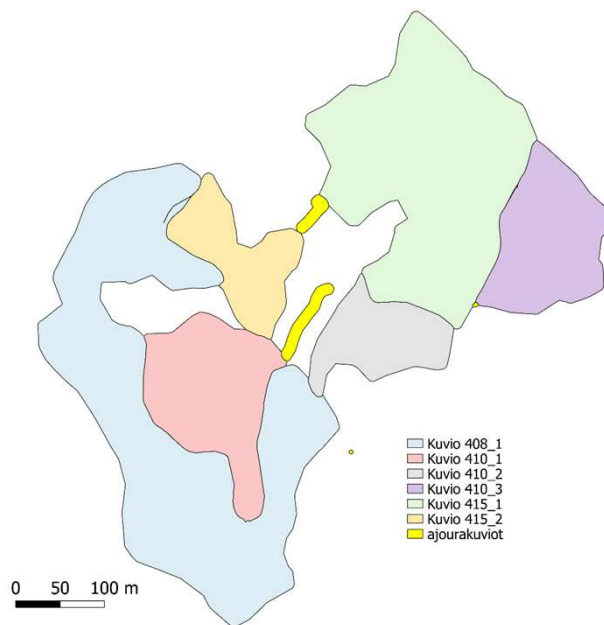
- kuviotietojen arviointi ja päivitys
- hilatiedon tarkkuus



Hakkuukonetiedon käyttöalueita



Hakkuukuviot



Metsävaratietojen ajantasaistus

Korjuun seuranta ja ohjaus

- suunnittelu vs. toteutus
- kestävyuden todentaminen

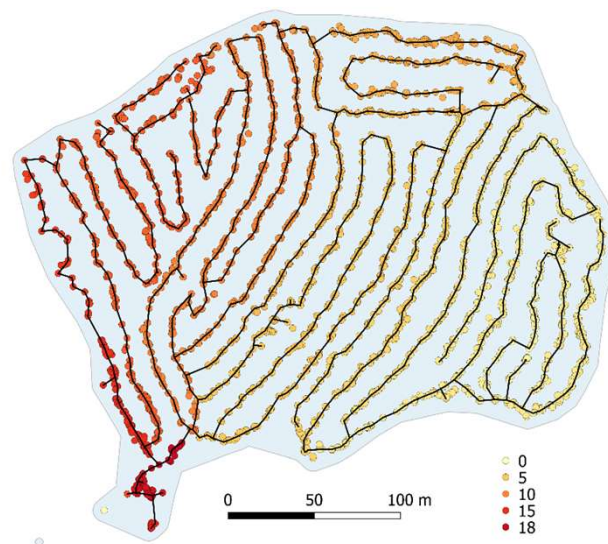
Metsänuudistamisen suunnittelu



Hakkuukonetiedon käyttöalueita



Ajourat ja ajouraston tunnusluvut



Korjuutyön laadun omavalvonta ja seuranta

- palaute metsänomistajalle
- maastovaurioiden todentaminen

Metsävaratietojen ajantasaistus



Hakkuukonetiedon käytön edellytykset paranevat

- Uusi metsäkoneiden tiedonsiirtostandardi StanForD 2010 mahdollistaa tietojen laajemman hyödyntämisen
 - runko- ja pölkkykohtainen mittaustieto ja tuotannon raportointi → puiden mittaustietoa
 - konevalmistajien mittalaiteohjelmistot tukevat sekä vanhaa että uutta standardia
- Metsäyhtiöissä on vaihtelevat valmiudet hankkia, käsitellä ja hyödyntää hakkuukonetietoa
 - tietojärjestelmien uudistamishankkeita on paljon meneillään
 - WoodForce kanavana siirtää ja prosessoida dataa
- Konevalmistajien tuotekehitys ja palvelut
 - paikannusjärjestelmiä on kehitetty korjuutyön ohjauksen ja seurannan tarpeisiin
 - lähikartoitusmenetelmät harvennusvoimakkuuden hallintaan ja jäävän puuston mittaukseen
 - konevalmistajat tarjoavat pilvipalveluita ja niihin perustuvia sovelluksia yrittäjille (mm. konetyön tuottavuuden seurantaan)



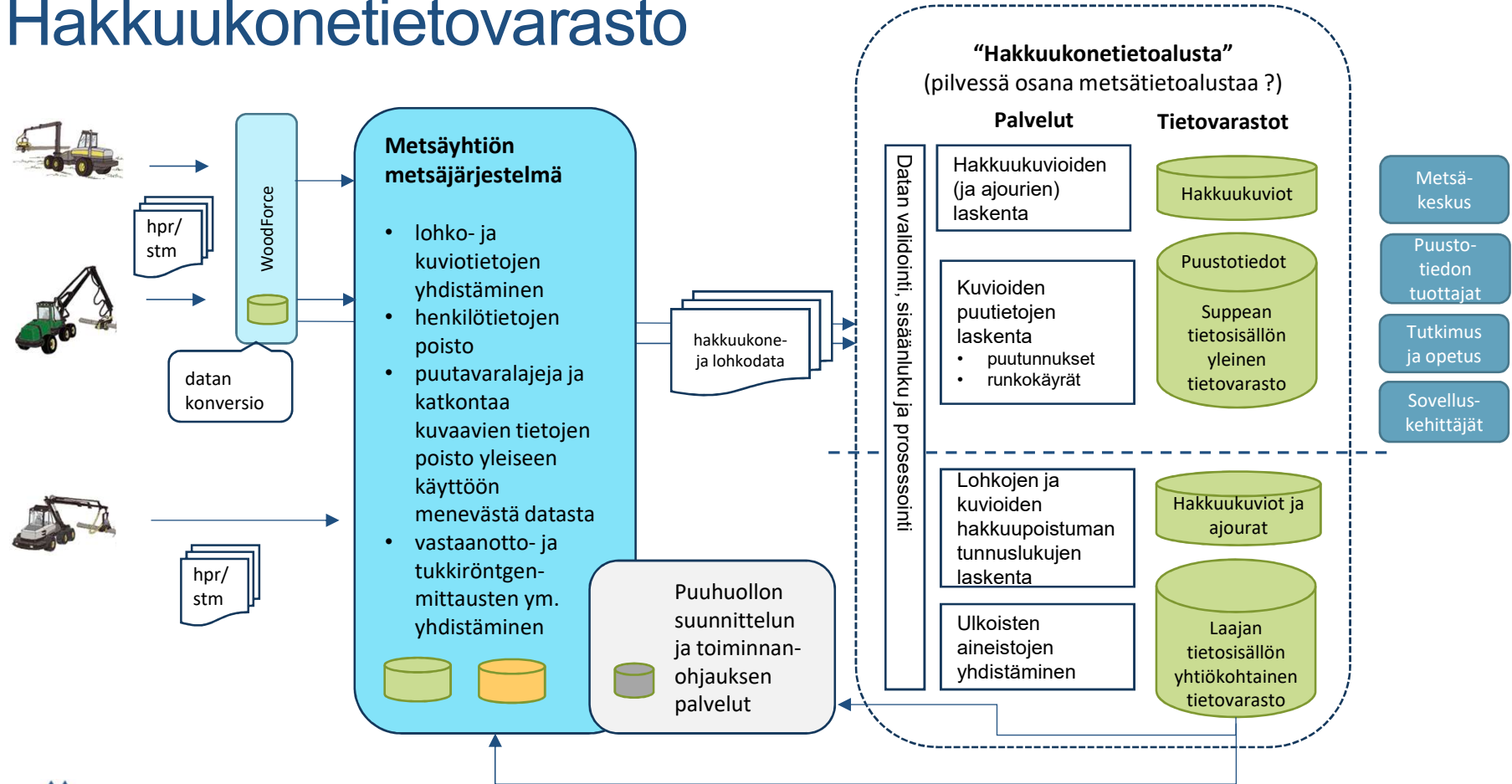
Kuka saa kerätä ja käyttää hakkuukonetietoja ?

Metsäkonetietojen omistus- ja käyttöoikeuksia koskeva suositus määrittää tietojen käytön

- Konetyypeittäin ja tietolajeittain
 - metsäkoneiden tiedonsiirtostandardin (StanForD 2010) tiedostotyypit ryhmiteltynä
 - standardisoimattomat ja potentiaaliset uudet metsäkoneilla tuotettavat tiedot
- Toimijoittain
 1. Metsäkonetyön sopimusosapuolet (urakanantajat ja puunkorjuu- ja metsänhoitopalveluyritykset)
 2. Kone- ja mittalaittevalmistajat
 3. Muut palveluntarjoajat ja tiedon käyttäjät
- Hakkuukoneen mittaustiedostot (hpr ja stm)
 - Omistusoikeus urakanantajilla
 - Käyttöoikeus koneyrittäjillä
 - Rajattu käyttöoikeus mahdollista, kun sopimus omistusoikeuden haltijan kanssa on tehty
- Jos tietoja käytetään muuhun kuin varsinaiseen tarkoitukseensa on kaikki henkilötiedot tietosuoja-asetuksen (GDPR) mukaisesti syytä poistaa tiedostoista ennen luovutusta
 - metsänomistajat, yrittäjä, kuljettajat, metsäyhtiön henkilöstö



Hakkuukonetietovarasto

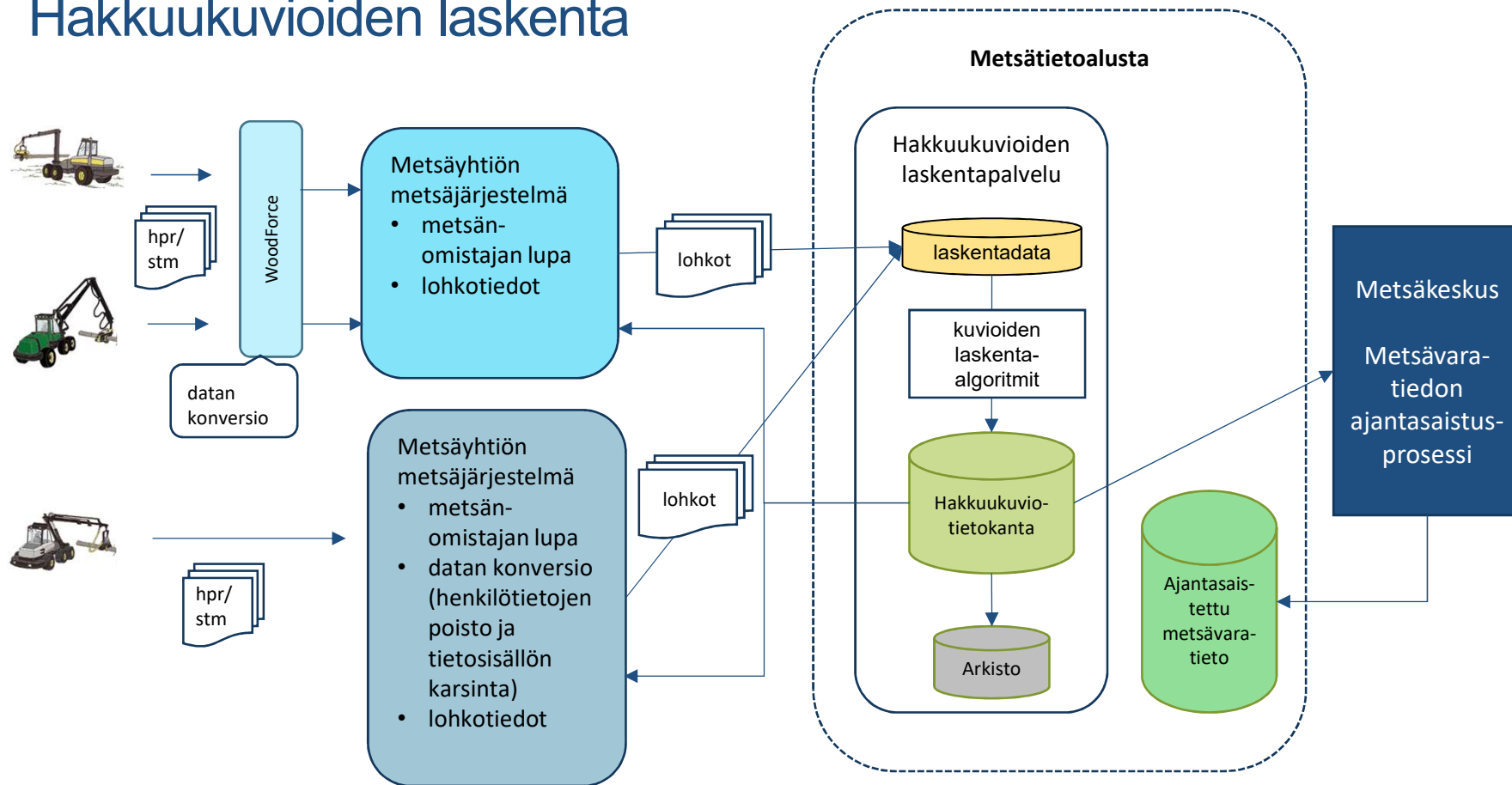


Hakkuukonetieto metsävaratietojen ajantasaistuksessa

- Metsätöiden toteutustiedon palautus Metsäkeskukselle - hankkeessa valmistellaan laskentapalvelun määrittely hakkuukuvioiden tuottamiseen ja käyttöön metsävaratiedon ajantasaistuksessa
- Metsätehon kehittämien hakkuukuvioiden muodostamisen algoritmit määritellään tuotantokelpoiseen muotoon
 - paikkatieto-operaatioita tehokkaassa laskentaympäristössä
 - testataan laskentapalvelun testiversiossa
- Lisäksi selvitetään hakkuukonedatan toimittamisen käytännön pelisäännöt toimijoiden kanssa
- Päätökset laskentapalvelun toteutuksesta tehdään erikseen



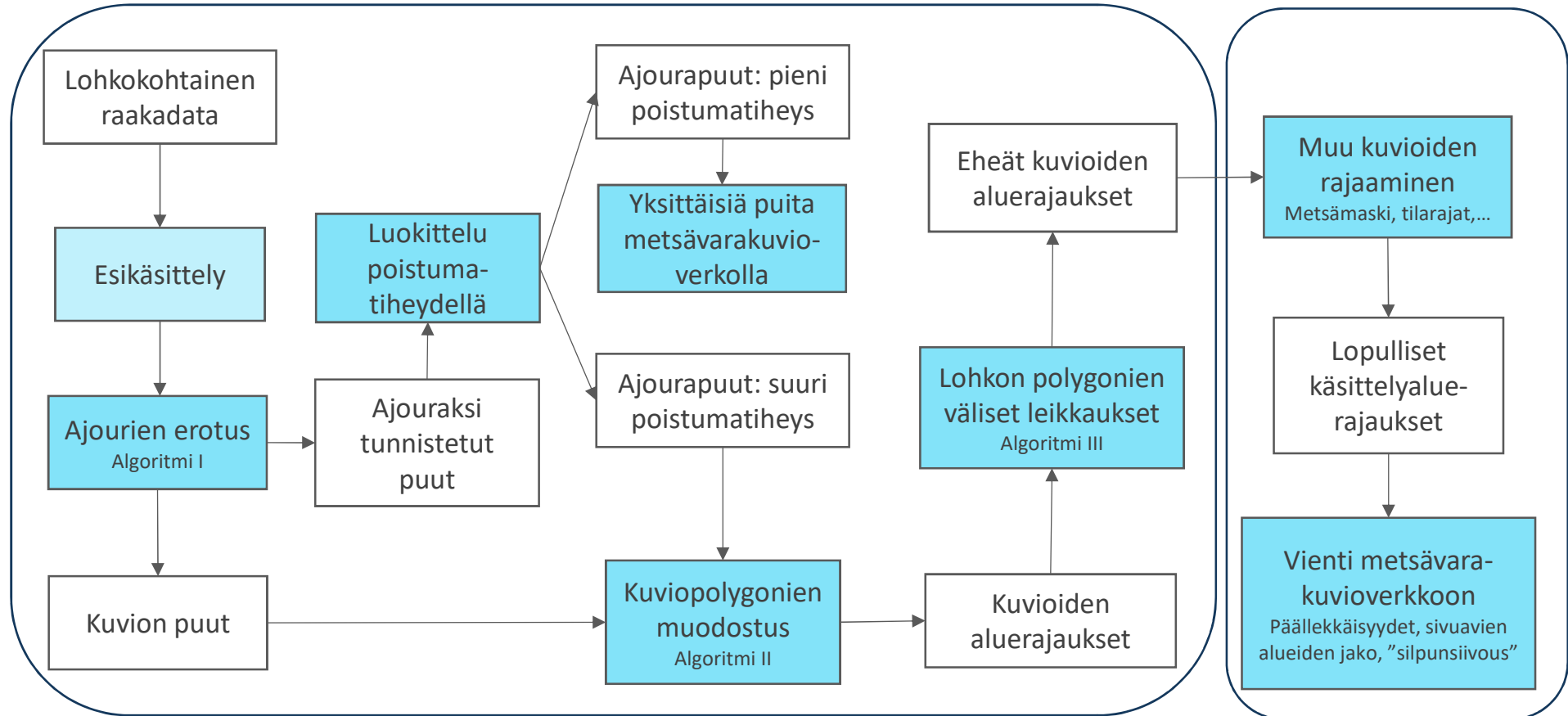
Hakkuukuvioiden laskenta

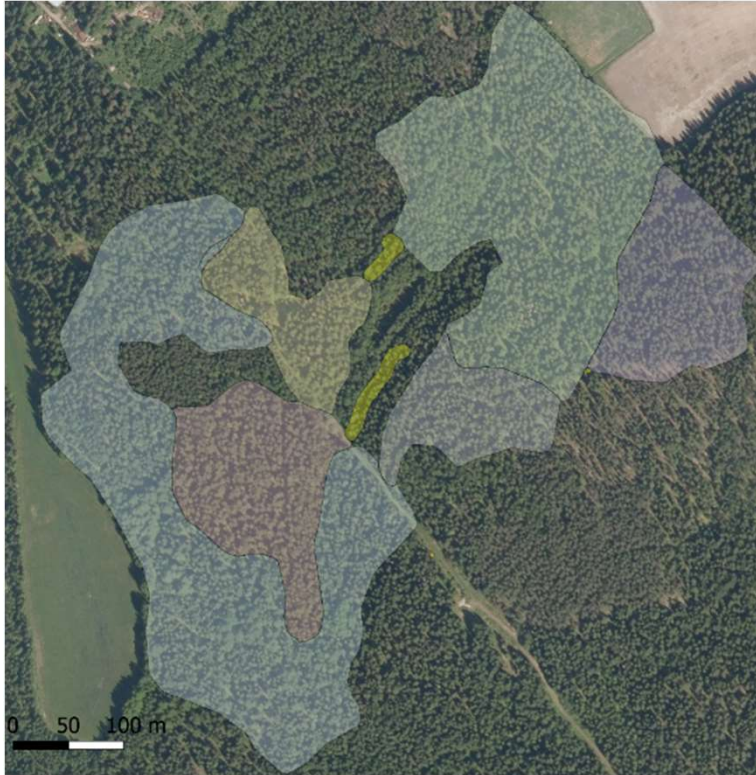


Kuviointiprosessi

PALVELU 1

PALVELU 2





Hakkuukuvion tietosisältö

a) Ajantasaistukseen tarvittavat vähimmäistiedot

- hakkuukuvion rajat
- pinta-ala
- hakkuutapa
- hakkuun ajankohta

b) Metatiedot

- tiedon tuottaja
- tiedon muodostusmenetelmä
- tiedon laskentapäivä ym.

c) Laskentaprosessissa mahdollista tuottaa myös yhtiökohtaisiin tarpeisiin

- ajourien paikat
- ajourastoa kuvaavat tunnusluvut
- kuvion käsittelemättömät osat
- hakatun puuston tiedot

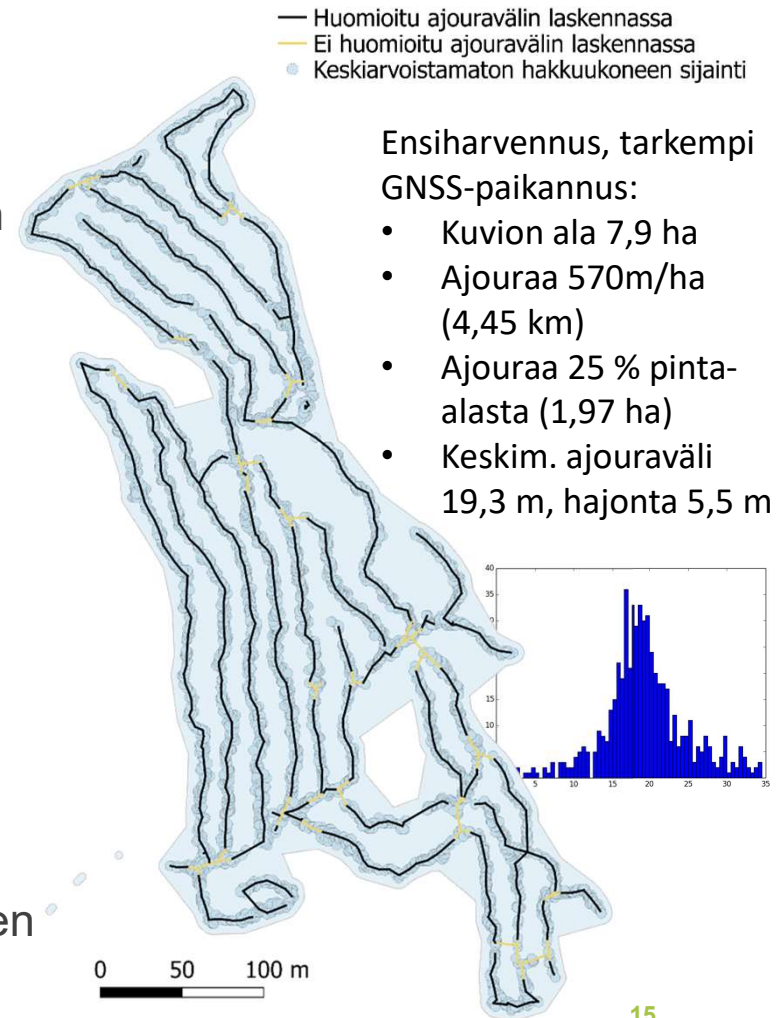
Hakkuun toteutustiedon toimittamisen kysymykset

- Hakkuun toteutustiedon laskennan ja toimittamisen organisoinnin vaihtoehdot
 - A) jokainen toimija (metsäyhtiö tai muu urakanantaja) järjestää itsenäisesti
 - B) keskitetty yhteinen laskentapalvelu ja tietovarastot
- Hakkuukonetiedon toimittamisen edellytykset toimijalla
 - tukeeko yhtiön tietojärjestelmä tuotantotiedon (hpr tai stm) hankintaa ja prosessointia
 - huomiointi urakointisopimuksissa
 - GNSS-paikannus koneissa oltava päällä
- Metsänomistajalta hankittava puukaupan yhteydessä lupa hakkuukuvioiden toimittamiseen metsävaratietojen ajantasaistukseen
- Hakkuukuvioiden tietovarasto ja tiedonsiirtotavat
 - laskettujen hakkuukuviotietojen säilyttämisen ja jakelun periaatteet
 - laskentapalvelun rajapinnat integroitava yhtiöiden metsäjärjestelmiin



Automaattiset ajourat

- Nykyisellään käytettävissä olevat hakkuukoneen ajouranauhoitukset yliarvioivat kuviolle tehdyn ajouraverkoston pituutta
 - useat ajokerrat
 - paikannusvirheen aiheuttama heittelehtiminen
 - konekohtaiset erot
- Metsäteho kehitti hakkuukoneen sijaintitietoon perustuvan automaattisen ajourien tuottamismenetelmän, joka tuottaa toimenpidekuvioittain
 - ajouraverkoston kokonaispituuden,
 - ajourien osuuden kuvion pinta-alasta käyttäen uran oletusleveytenä vakioarvoa
 - keskimääräisen ajouravälin
- Menetelmää voidaan käyttää korjuun laadun omavalvonnassa ajouratunnusten määrittämiseen

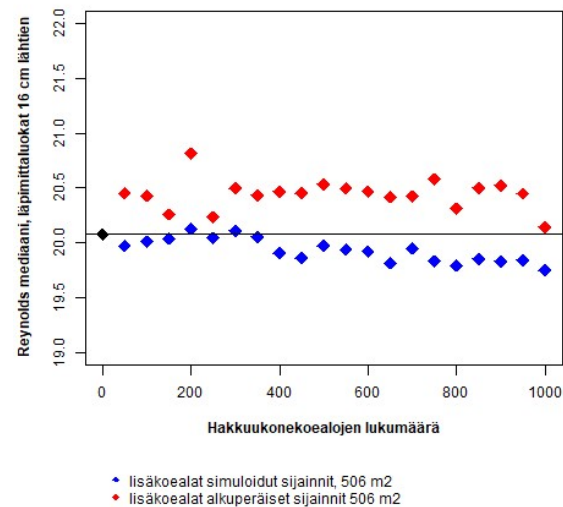
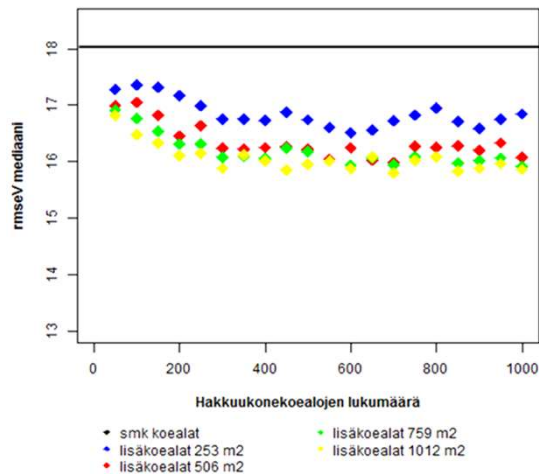


Metsäkonetieto puustotulkinnan apuaineistona

Hakkuukonetiedon vaikutusta puustotulkintaan on tutkittu kahdella tavalla:

1. Mittaamalla hakkuukoneen kouran sijainti suhteessa koneeseen (HY, Saukkola ym.).
 2. Simuloimalla kouran sijainti suhteessa koneeseen, kun tunnetaan vain koneen sijainti
 - Tällöin parannetaan hakkuu-uran suuntaista kouran sijaintitarkkuutta.
- Näitä verrataan pelkkään hakkuukoneen sijaintiin.
 - Simuloitujen kouran paikkojen avulla saadut puustotulkinnan ennustetulokset ohessa:

Kokonaistilavuuden ennustevirheen mediaani eri hakkuukonekoealakoolla. Vaakasuora viiva kuvaa pelkkiin SMK koealoihin perustuvan mallin virhettä.



Läpimittajakaumien ennustevirhe (Reynolds) simuloimalla korjatulla sijainnilla (sininen) vs. korjaamattomalla sijainnilla (punainen). Vaakasuora viiva kuvaa pelkkiin maastokoealoihin perustuvan virheen tasoa.



Johtopäätökset simulointitutkimuksesta

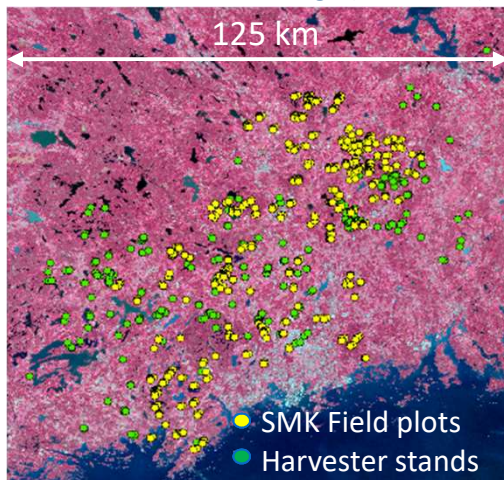
- Hakkuukonekoealojen lisääminen malliin parantaa keskimääräistä puuston keskitunnusten estimointitarkkuutta päätehakkuukuvioilla, kun maastototuutena käytetään hakkuukonemittausta.
- Hakkuukoneaineiston puiden sijainnin korjaaminen simuloimalla sijaintivirhettä parantaa estimointitarkkuutta.
- Optimaalinen koealakoko riippuu aineistosta.
 - Tutkimusaineistossa simulointitulosten perusteella optimaalinen koealakoko olisi noin 2 x nykyinen maastokoeala (500 m²).
- Läpimittajakaumien estimoinnissa sijaintitarkkuuden merkitys korostuu.
 - Sijaintivirheen simulointiin perustuvaa korjausta hyödyntäen päästiin jonkin verran parempaan jakaumien ennustustarkkuuteen kuin pelkillä maastokoealoilla.
- Hakkuukonekoealojen hyödyntäminen puustotulkinnan maastoreferenssinä vaatii hakkuukonetiedossa olevan puun sijaintitiedon parannusta.



Hakkuukoneaineiston käyttö satelliittikuvapohjaisen puustotulkinnan referenssiaineistona



Extract of Sentinel-2 image (17.8.2015)



Tavoitteet

- Mikä lisähyöty hakkuukoneaineistosta on saatavissa puustotunnusten (runkotilavuus (V), pituus (H), pohjapinta-ala (G), keskiläpimitta (D)) estimoinnissa verrattuna perinteisen referenssiaineiston yksinomaiseen käyttöön?
- Miten eri aineistot tulisi yhdistää?
- Mikä on Sentinel-2 ja Landsat 8 aineistojen ero puustotulkinnassa?

Aineistot ja toteutus

- Sentinel-2 ja Landsat 8 satelliittikuvat vuodelta 2015 (Etelä-Suomi)
- Estimointimallien referenssiaineistot:
 - 739 koealaa (Suomen Metsäkeskus)
 - 124 hakkuukonekuviota (Metsäteho)
- Mallinnus (Matlab tai Keras + Tensorflow):
 - Täysin kytketty yhden piilokerroksen matala tai 3 – 9 piilokerroksen 'syvä' neuroverkkomalli

Hakkuukoneaineiston käyttö satelliittikuvapohjaisen puustotulkinnan referenssiaineistona



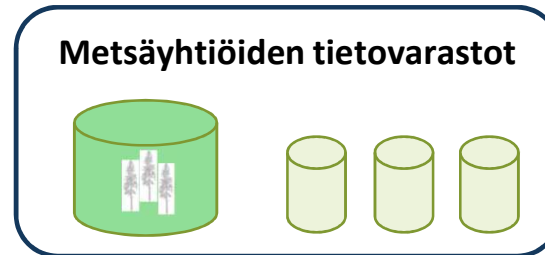
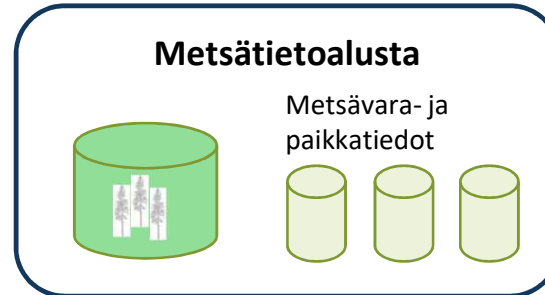
Tulokset

- Tuloksissa ei merkittäviä eroja pelkkään koela-aineistoon perustuvien mallien ja hakkuukoneaineistoa hyödyntävien mallien välillä
 - Hakkuukonemallien tulokset runkotilavuuksilla $V \geq 150 \text{ m}^3/\text{ha}$ olivat hieman parempia
- Sentinel-2 -kuviin perustuvat estimaattien RMS-virheet 6.3 – 13.0 % pienempiä kuin Landsat 8 estimaateilla
 - Publication - accepted 15.1.2019 (Remote Sensing of Environment): **Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 imagery for forest variable prediction in boreal region**, Heikki Astola, Tuomas Häme, Laura Sirro, Jorma Kilpi, Matthieu Molinier VTT Technical Research Centre of Finland

Johtopäätökset ja suositukset

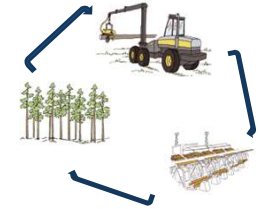
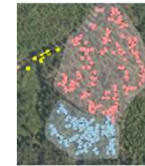
- Hakkuukoneista saatavissa tarkkaa, ajantasaista kuviotason referenssiaineistoa satelliittikaukokartoituksen tarpeisiin
 - Nuorten metsiköiden ($V = 0 - 150 \text{ m}^3/\text{ha}$) referenssiaineisto tuotettava muista lähteistä
 - Hakkuukoneaineiston paikkatarkkuutta parannettava
- Sentinel-2 –kuvat suositeltava satelliittiaineisto laajojen alueiden inventointiin

Hakkuukonetieto metsätietoekosysteemissä



Palveluiden ja tietovarastojen integraatiot

Sovellukset ja palvelut



Big Data



Johtopäätökset kehityksen suuntaamiseksi

- Hakkuukonetiedon tuottamisen lähtökohdat ja elementit sekä pelisäännöt ovat olemassa, mutta toimijoiden tietojärjestelmät eivät kaikilta osin ole vielä valmiita tuottamaan dataa ja käyttämään jalostettua tietoa.
- Hakkuukoneiden paikannustarkkuutta on parannettava, mikäli hakkuukonetietoa halutaan hyödyntää metsäinventoinneissa ja puutason kuvauksissa.
- Hakkuukonetieto ja siihen perustuvat hakkuukuvioiden laskentamenetelmät ovat perusteiltaan valmiit käytettäväksi metsävaratietojen ajantasaistuksessa. Tuotantokäyttöisen laskentapalvelun rakentaminen voidaan aloittaa.
- Hakkuukonetietovarastojen muodostaminen on pilotoitu. Pilvipalvelut tarjoavat tehokkaita alustoja datan prosessointiin ja tietoaaineistojen yhdistämiseen.
- Hakkuukonetietovarastoja voi syntyä useita eri tarpeisiin.
- Puunhankinnan operaatioiden ohjaukseen ja seurantaan hakkuukonetietovarastot luovat uusia mahdollisuuksia. Innovaatioille ja sovelluskehitykselle on tilaa.



Kiitokset kaikille osahankkeiden tekijöille

❖ Metsäkonetiedon välitys keskitettyyn tietokantaan ja tietokantasovelluspilotti

Metsäteho Oy

Tapio Räsänen, Timo Melkas, Kirsi Riekkö, Juha-Antti Sorsa,
Asko Poikela, Matti Pesonen, Jarmo Hämäläinen
Mikko Vastaranta, Atte Saukkola, Markus Holopainen
Juha Hyyppä

Helsingin yliopisto

Maanmittauslaitoksen

paikkatietokeskus FGI

Tampereen teknillinen yliopisto

(nyk. Tampereen yliopisto)

Risto Ritala, David Hästbacka, Mikael Filppula

❖ Metsäkonetieto puustotulkinnan apuaineistona

Helsingin yliopisto

Arbonaut Oy

Metsäteho Oy

VTT

Mikko Vastaranta, Atte Saukkola, Markus Holopainen

Jussi Peuhkurinen, Sanna Sirparanta

Timo Melkas, Kirsi Riekkö, Tapio Räsänen, Juha-Antti Sorsa

Heikki Astola, Tuomas Häme, Laura Sirro, Jorma Kilpi,

Matthieu Molinier

