

Metsähakkeen hankintamahdollisuus- laskelmat Pohjois- Karjalassa

KESSU-hanke

30.12.2025

Perttu Anttila, Arto Haara, Reetta
Lempinen, Vesa Nivala, Tuomas Niinistö ja
Hannu Hirvelä



POHJOIS-KARJALA
Maakuntaliitto



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Kuva: Perttu Anttila



Tausta ja tavoitteet

- Yritykset tarvitsevat päätöksenteon tueksi tietoa energiapuun kestävästä hankintamahdollisuuksista
- Hankkeessa "KESSU - Kestävästi tuotetun pienpuun saatavuuden parantaminen Pohjois-Karjalassa" tuotettiin metsähakkeen hankintamahdollisuusarviot neljällä menetelmällä Pohjois-Karjalassa
- Tuloksia esiteltiin hankkeeseen osallistuneille yrityksille webinaarissa 23.9.2025 sekä laajemmalle joukolle metsäammattilaisia webinaarissa 12.12.2025
- Tässä raportissa käydään läpi laskentamenetelmät ja niiden tuottamat tulokset

Neljä menetelmää

- Metsähakkeen saatavuutta arvioitiin neljällä menetelmällä
 - Metsähaketase
 - Metsien käsittelyn ja kuljetuksen optimointi VMI-aineistolla
 - Metsien käsittelyn ja kuljetuksen optimointi metsävarakuvioaineistolla
 - Metsävarakuviotieto
- Tavoitteena oli hyödyntää sekä Luonnonvarakeskuksen että Metsäkeskuksen aineistoja ja menetelmiä

Metsähaketase

Metsähakkeen tekninen hankintamahdollisuus (1/2)

- Metsähakkeen tekninen hankintamahdollisuus eli potentiaali tarkoittaa tässä metsähakkeen määrää, joka voitaisiin korjata noudattaen energiapuun korjuusuosituksia (Koistinen ym. 2019)
- Laskenta perustui [Valtakunnan metsien inventoinnin koeala-aineistoon ja MELA-ohjelmistoon](#)
- MELA-ohjelmistossa energiapuun korjuu oli laskelmissa mahdollinen, kun energiapuun kertymä oli vähintään 25 m³/ha
- Energiapuuta korjattiin vain kohteilla, joilla ei ollut puuntuotannon rajoituksia

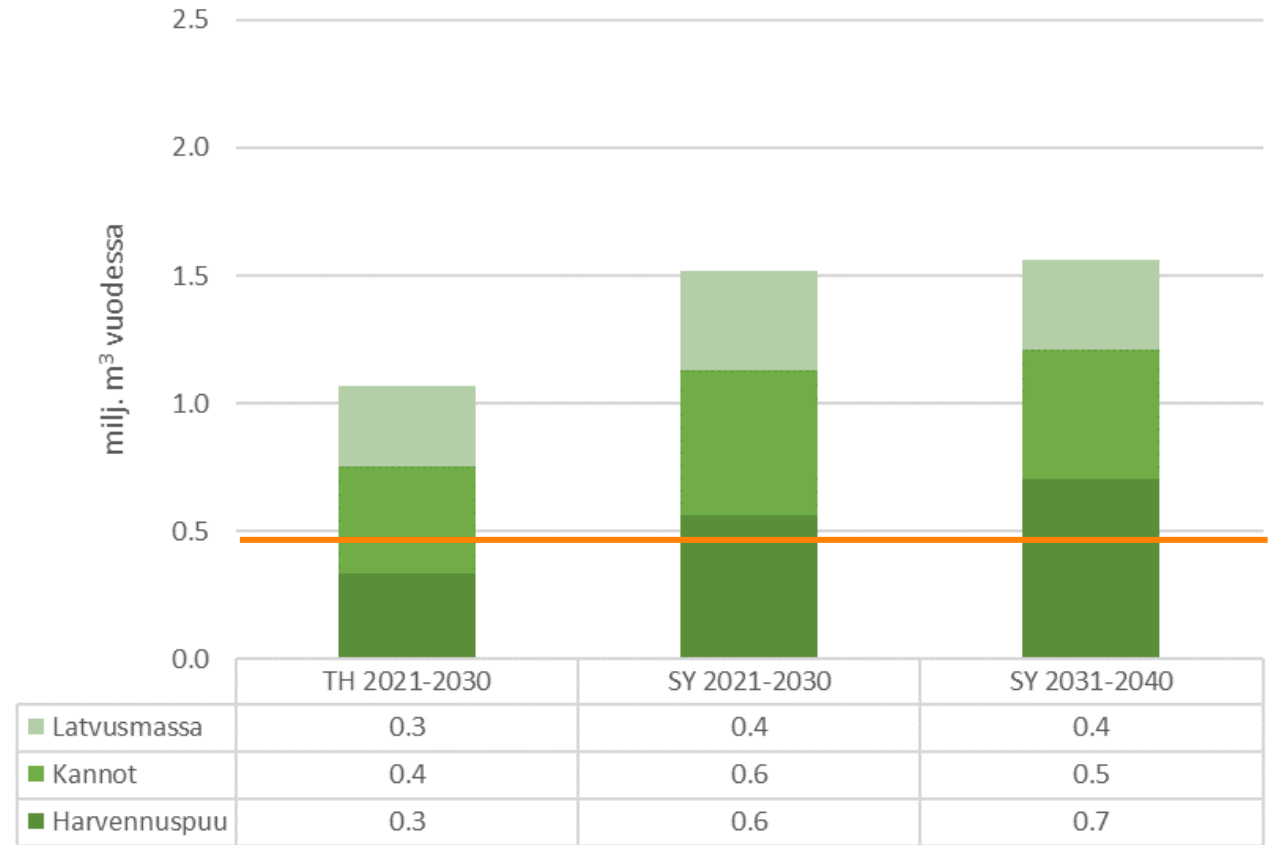


Metsähakkeen tekninen hankintamahdollisuus (2/2)

- Harvennushakkuissa energiapuu korjattiin ainespuun ja energiapuun integroituna korjuuna tai energiapuun erilliskorjuuna. Integroidussa korjuussa energiapuu korjattiin rankana ja erilliskorjuussa tietyin ehdoin rankana tai kokopuuna
- Kuusen latvusmassan tekninen potentiaali laskettiin MELA-ohjelmiston antaman hakkuupoistuman oksien, neulasten ja runkohukkapuun sekä hakkuukertymän energiarunkopuun summana avohakkuualoilta kivennäismailta
- Kantojen tekniseen potentiaaliin laskettiin vastaavasti hakkuupoistuman kuusen kannot ja juuret kivennäismailta
- Latvusmassan talteensaantoasteeksi oletettiin 70 % (Koistinen ym. 2019) ja kantojen 84 % (Anttila ym. 2013, Muinonen ym. 2013)
- Vuotuinen hankintamahdollisuus esitetään kiintokuutiometreinä (m³)
- Metsähakkeen hankintamahdollisuudet laskettiin perustuen kahteen eri laskelmaan: Toteutunut hakkuukertymä (TH) ja Suurin ylläpidettävissä oleva aines- ja energiapuun hakkuukertymä (SY)

Metsähakkeen tekninen hankintamahdollisuus Pohjois-Karjalassa

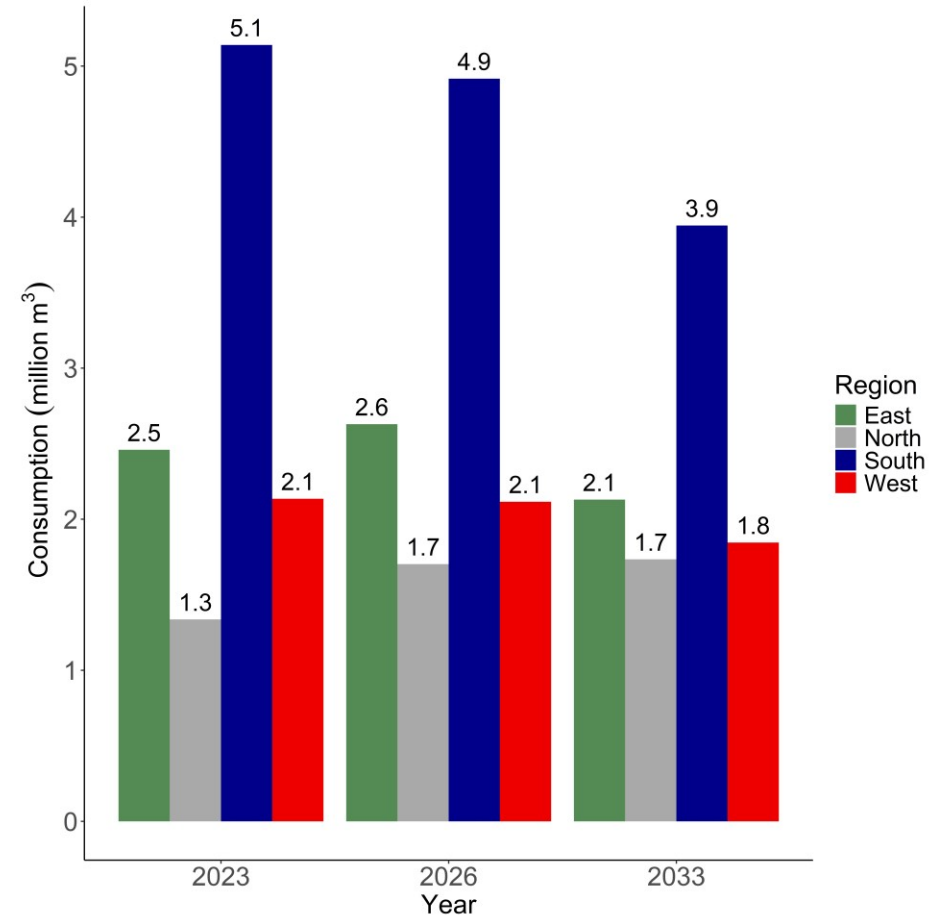
- Tekninen hankintamahdollisuus SY-laskelmassa 40 % TH-laskelmaa suurempi
- Harvennusenergiapuusta vain 8-12 % alle ainespuukokoista
- TH-laskelmassa harvennuspuu koostui lähes yksinomaan rangasta, mutta SY-laskelmissa kokopuuta oli 46-58 %
- Potentiaali ylittää selvästi nykykäytön Pohjois-Karjalassa (472 000 m³)



— = metsähakkeen käyttö Pohjois-Karjalan lämpö- ja voimalaitoksissa 2024 sekä pientaloissa 2023 (Luonnonvarakeskus, SVT: Puun energiakäyttö; Pientalojen polttopuun käyttö)

Metsähakkeen kysyntä Itä-Suomessa

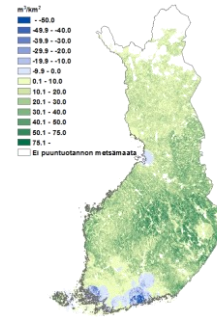
- Vuonna 2024 metsähakkeen käyttäjille suunnattuun kyselyyn perustuvan tutkimuksen mukaan metsähakkeen kysynnän Itä-Suomessa ennakoidaan hieman pienenevän vuoteen 2033 mennessä (Niinistö ym. 2025a)
- Metsähakkeen käytön tulevaisuusnäkymissä havaittiin merkittäviä toimijakohtaisia eroja



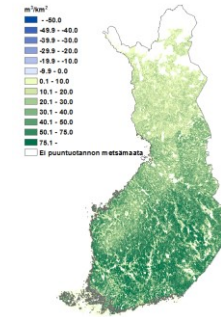
Lähde: Niinistö ym. (2025a)

Metsähaketase perustuu paikkatietoanalyysiin

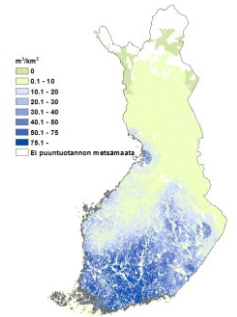
- Metsähakkeen riittävyyttä arvioitiin ns. metsähaketaseen avulla
- Metsähaketase laskettiin [potentiaali-](#) ja [kysyntä](#) karttatasojen erotuksena jakeittain
- Menetelmät kuvattu tarkemmin julkaisuissa Anttila ym. (2018) ja Koljonen ym. (2017)



Metsähaketase



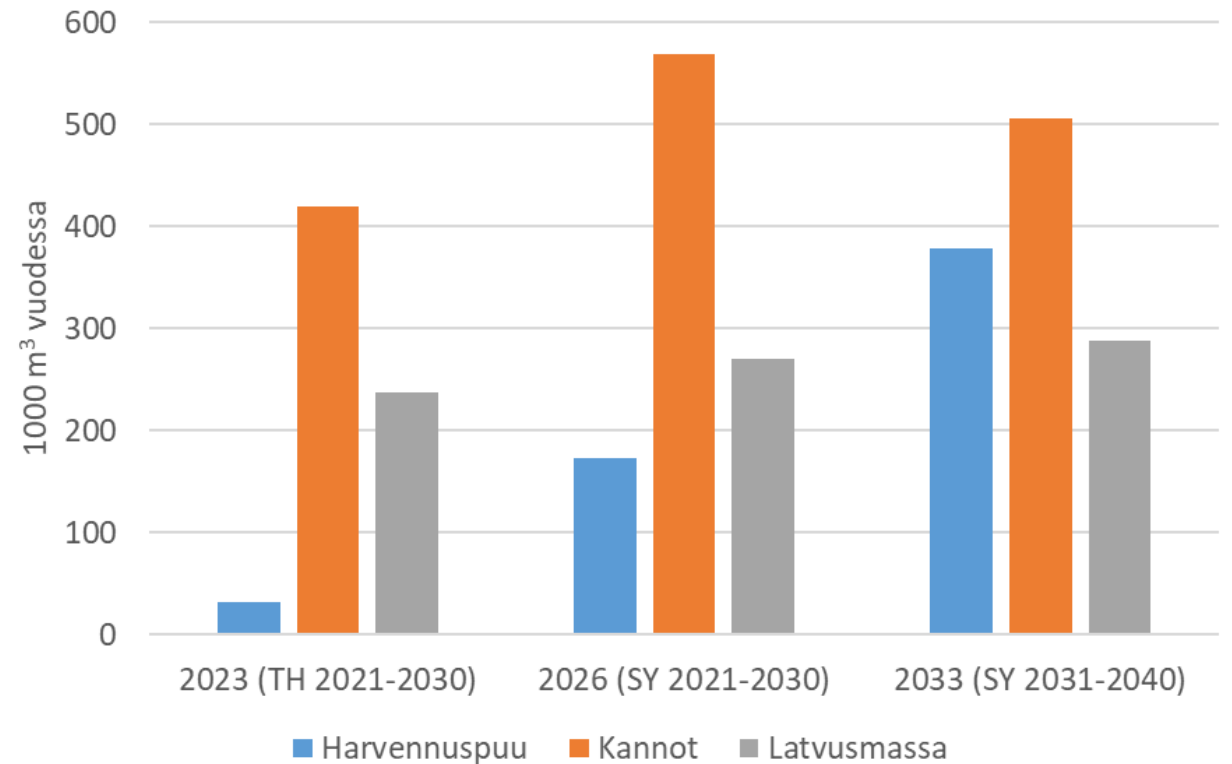
Potentiaali



Kysyntä

Pohjois-Karjalan metsähaketase

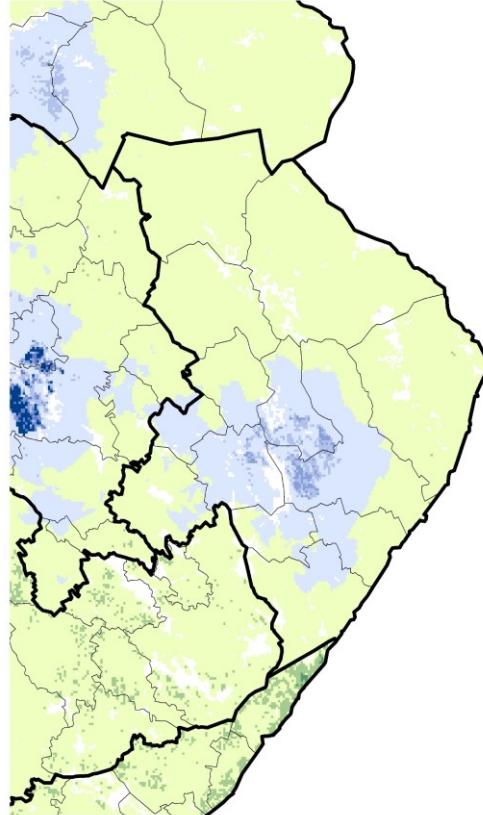
- Maakunnan metsähaketase positiivinen kaikilla jakeilla ja kaikilla laskenta-ajankohdilla
- Erityisesti kantojen tase on suuri, koska kysyntä on pieni verrattuna tekniseen potentiaaliin
- Jakeiden laitoskohtaisten osuuksien oletettu pysyvän samoina kuin 2023
- Vuoden 2023 taseet perustuvat MELA-ohjelmistolla laadittuun TH-laskelmaan ja vuosien 2026 ja 2033 SY-laskelmaan



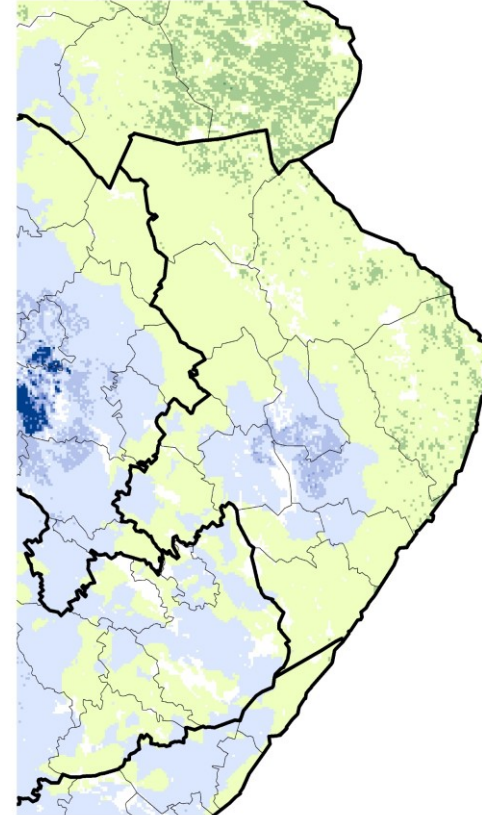
Harvennusenergiapuu

- Suurimmat negatiiviset taseet erottuvat suurten kaupunkien ympäristöissä
- Ennakoidun käytön yli jäävää potentiaalia on eniten Pohjois-Karjalan itä- ja pohjoisosissa

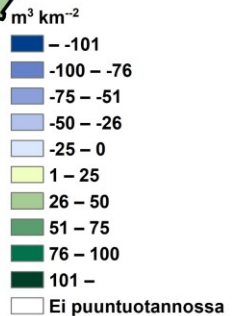
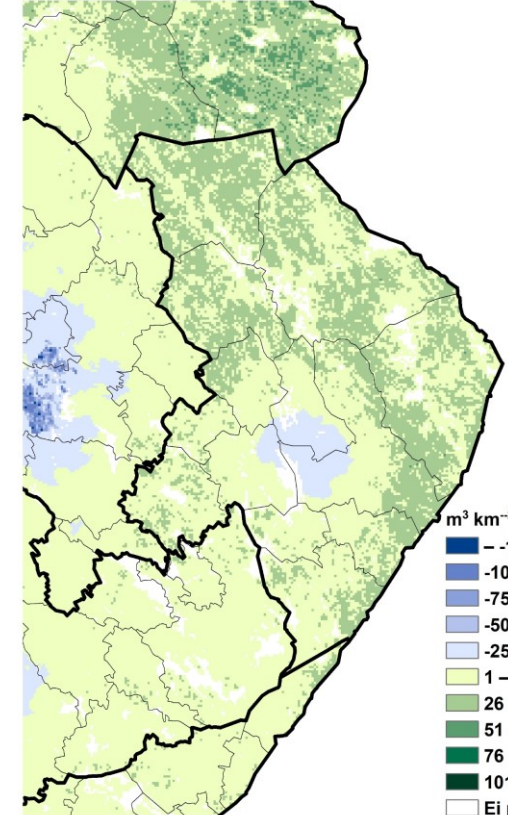
2023 (TH 2021-2030)



2026 (SY 2021-2030)



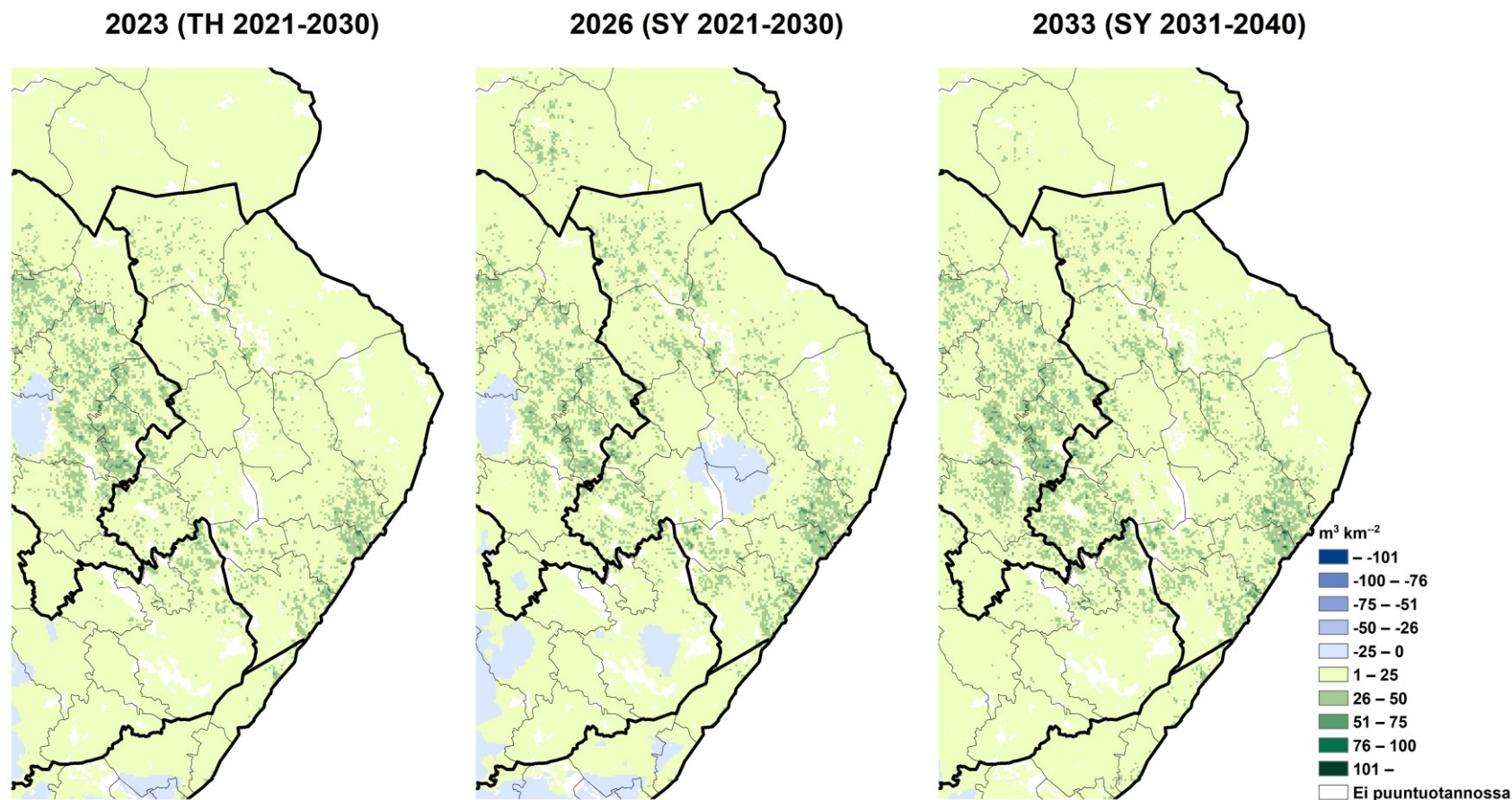
2033 (SY 2031-2040)



Latvusmassa ja kannot

- Latvusmassatase pääosin positiivinen
- Kantojen tase pysyy positiivisena koko maakunnassa kaikissa skenaarioissa

Latvusmassatase eri skenaarioissa



Tulosten tarkastelua

- Vuosien 2026 ja 2033 taseet perustuivat kyselytutkimuksen käyttömääriin ja nykyisiin jakeiden laitoskohtaisiin jakaumiin
- Metsähakejakeiden laitoskohtaiset jakaumat elävät käytännössä markkinatilanteen ja muuttuvien rajoitteiden mukaan
- Metsähaketaseet eivät kuitenkaan reagoi voimakkaasti kohtalaisiin muutoksiin ($\pm 5\%$ 2026, $\pm 10\%$ 2033) käyttömääräennusteissa
- Potentiaali- ja tasekartat mahdollistavat laitoskohtaisena jatkolaskentana esim. potentiaalin ja taseen kuljetusmatkan mukaan tai kustannus-tarjontakäyrän

Metsien käsittelyn ja kuljetuksen optimointi VMI-aineistolla

Menetelmä

- Ratkaistaan tehtaiden, sahojen ja muiden laitosten porttihintojen ja korjuu- ja kuljetuskustannusten perusteella optimaaliset metsäncäsittelyn vaihtoehdot kullekin metsikölle ja käyttöpisteet lähtöpisteiden puutavaralle
- Puutavarajakeet kuljetetaan suurimman kokonaishyödyn tuottaville käyttöpisteille. Käyttöpisteen valintaan vaikuttavat käyttöpisteessä puutavarajakeelle maksettava hinta, kuljetuskustannukset sekä käyttöpisteille asetetun kysynnän täyttyminen.
- Optimoinnissa käytetään J-ohjelmaa (Lappi & Lempinen 2013), ei kuitenkaan uusinta avointa nettiversiota, koska se ei vielä sisällä kuljetusoptimointia

Menetelmä

- Optimoinneissa pidetään mukana myös teollisuuden sivuvirrat
- Tarkastelussa on mukana kolme 10-vuotiskautta
- Optimoinneissa käytetään kahta skenaariota
 - Suurin ylläpidettävissä oleva aines- ja energiapuun hakkuukertymä (SY), jossa ainespuun hakkuukertymä, tukkikertymä, energiapuun kokonaiskertymä, nettotulot ja puuston lopputuottoarvo pysyvät vähintään samana kutakin kautta seuraavalla kaudella
 - Toteutunut hakkuukertymä (TH), jossa hakkuukertymä ja sen rakenne säilyy viime vuosien mukaisena Pohjois-Karjalassa

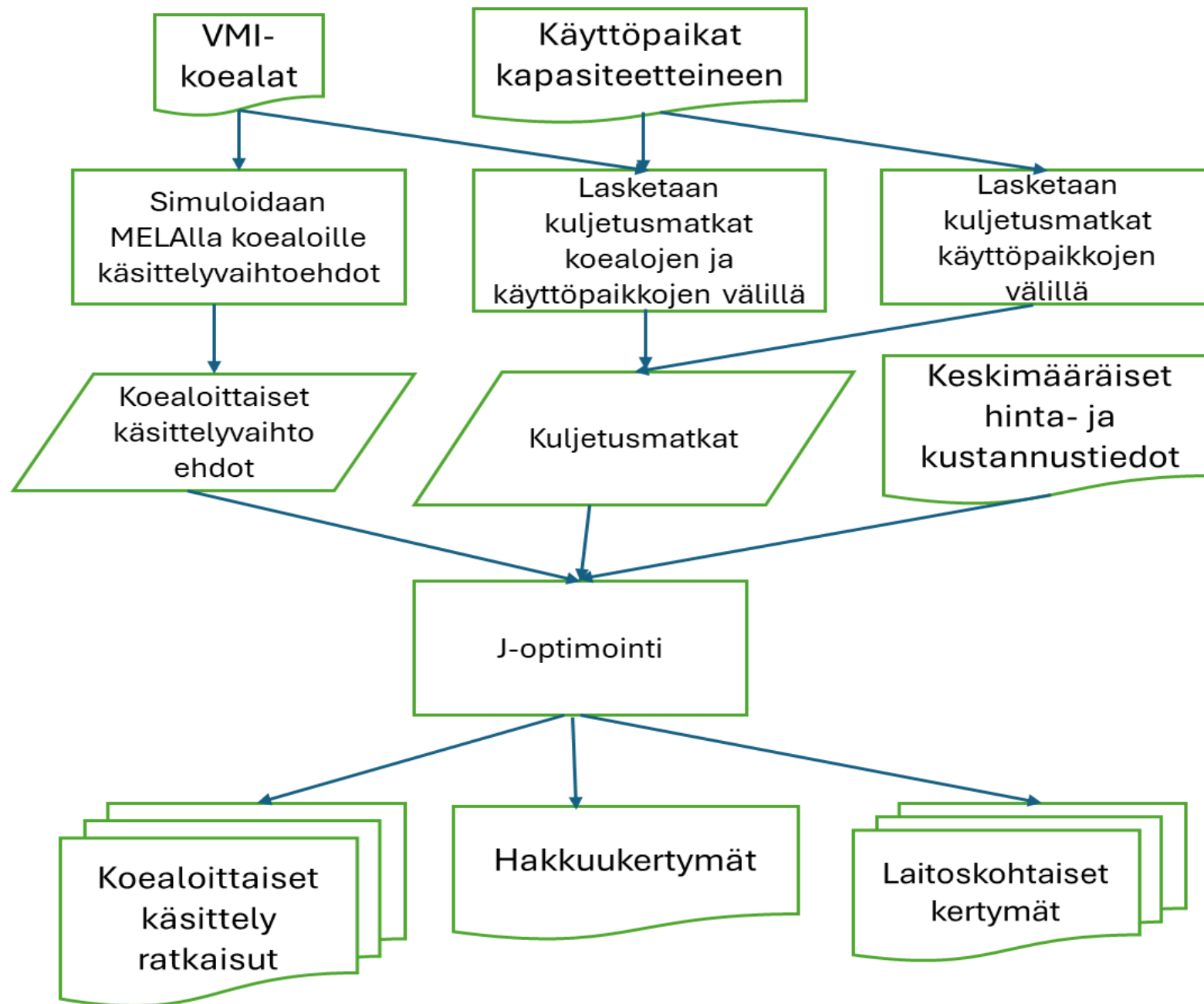
Lähtöaineistot

- Metsäaineistona Pohjois-Karjalassa sijaitsevat valtakunnan metsien 13. inventoinnin (VMI) koealat (4606 kpl)
- Aineisto käsittää koealoittaiset kasvupaikka- ja puustotiedot, omistajaryhmän, metsänkäyttörajoitukset ym.
- Kullekin koealalle simuloitiin MELA-ohjelmistolla käsittelyvaihtoehdot kolmelle kymmenvuotiskaudelle käyttäen MELA Tulospalvelun hinta- ja kustannusmäärittäjiä suojelualueet ja käyttörajoitukset huomioiden (kaikkien koealojen vaihtoehdot summaamalla saatiin yhteensä 307 881 käsittelyvaihtoehtoa)

Lähtöaineistot

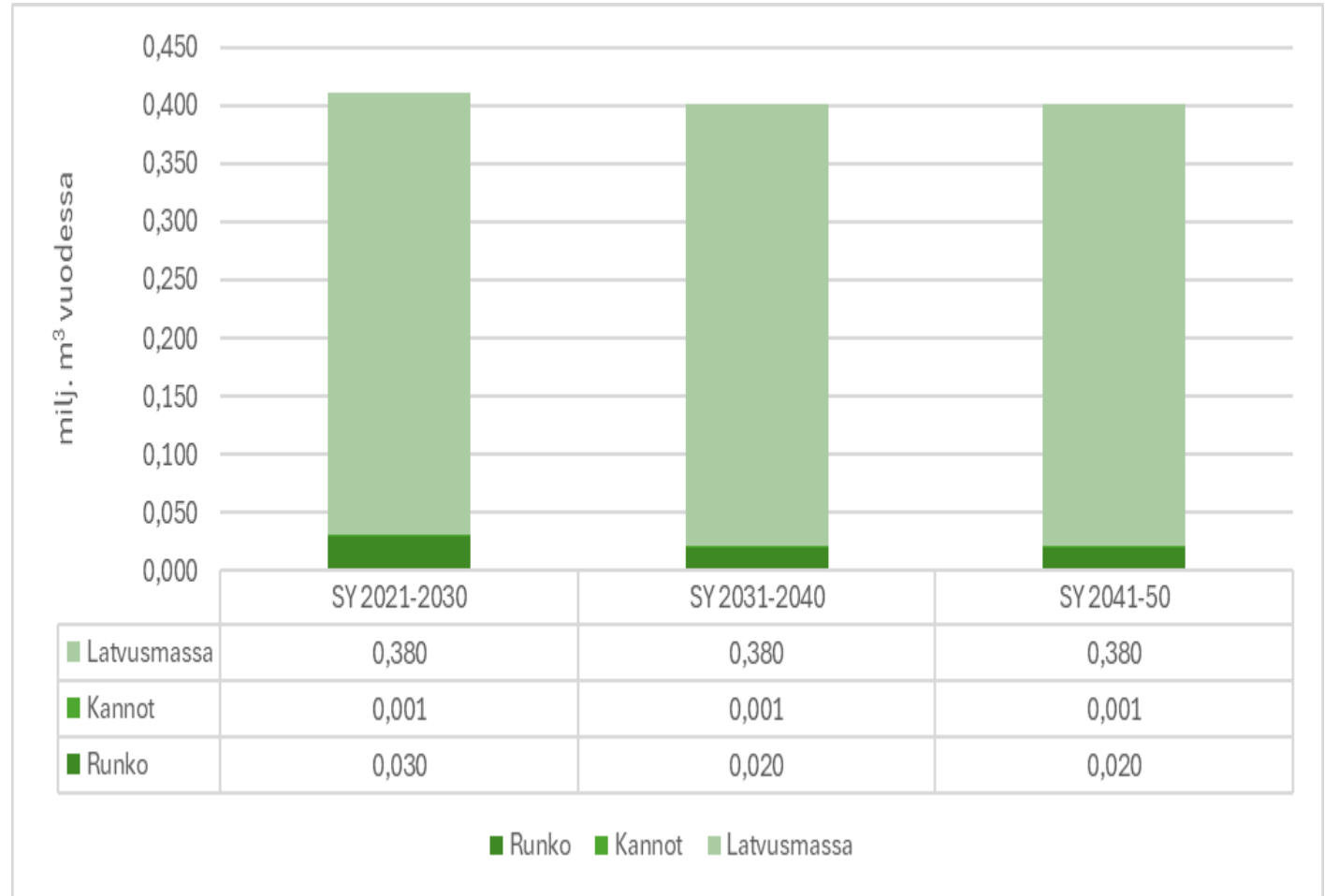
- Käyttöpisteaineistoon kerättiin Pohjois-Karjalan aines- ja energiapuuta merkittävästi käyttävät yritykset, osuuskunnat ym. ja lisäksi maakunnan ulkopuolisia käyttöpisteitä painottaen niiden valinnassa käyttöpisteen kokoa ja etäisyyttä Pohjois-Karjalasta seuraavasti:
 - sahat (47 kpl)
 - sellutehtaat (18 kpl)
 - energialaitokset (114 kpl)
- Kunkin koealan ja käyttöpisteen väliset tiekuljetusmatkat laskettiin paikkatietoanalyysillä käyttäen apuna tieverkoston paikkatietodataa
- Myös käyttöpisteiden väliset kuljetusmatkat laskettiin paikkatietoanalyysillä teollisuuden sivuvirtojen kuljetusten laskentaa varten
- Tuloksissa esitetään energiapuun erilliskorjuusta, integroidusta aines- ja energiapuun korjuusta sekä avohakkuilta saatavan energiapuun määrä
- Tämän lisäksi energiapuuksi ohjautuu kuitupuuksi korjattua puuta

Laskennan kulku J-
optimoinnilla
SY-laskelmassa VMI-
koeala-aineistolla



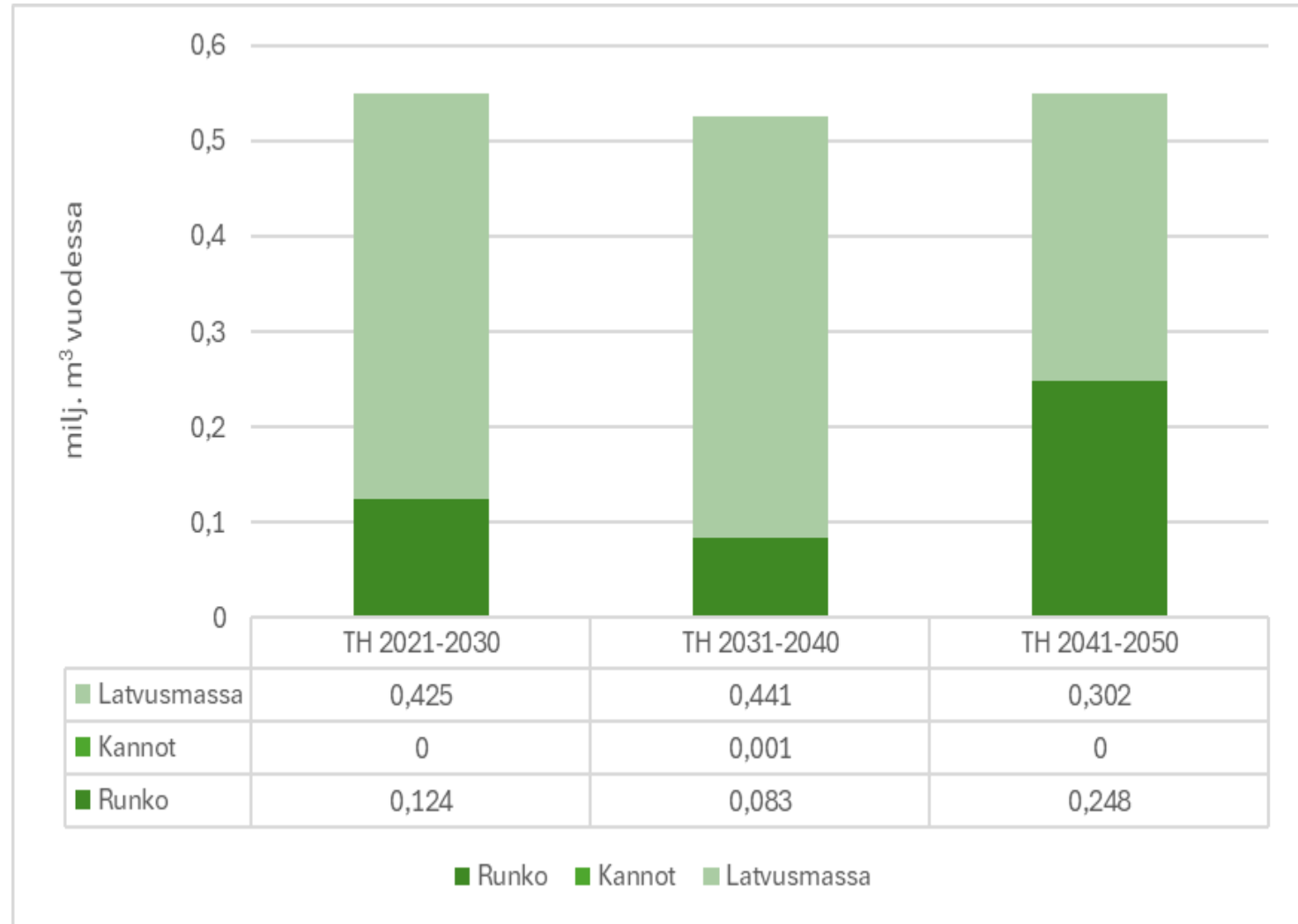
Suurin ylläpidettävissä oleva aines- ja energiapuun hakkuukertymä (SY) kantojen nostorajoituksella

- Käytännössä kantoja ei nosteta nykyisin juuri lainkaan, joten SY-laskelma tehtiin niin, että kantoja nostettiin korkeintaan 1000 m³ vuosittain
- Vuosittaiset kokonaishakkuumäärät ovat seitsemän miljoonan kuution paikkeilla



Toteutunut hakkuukertymä (TH)

- Runkopuun ja hakkuutähteiden osuudet korjatusta energiapuusta vaihtelevat jonkin verran kausittain
- Vuosittaiset kokonaishakkuumäärät seitsemän miljoonan kuution paikkeilla (ainespuu+energiapu)



Tulosten tarkastelua

- Suurin ylläpidettävissä oleva hakkuukertymä -laskelmassa (SY) vuosittain korjattiin huomattavasti vähemmän runkopuuta energiaksi kuin Toteutuneet hakkuut -laskelmassa (TH)
- SY-menetelmässä kuitupuuta kuljetettiin energialaitoksille enemmän

Metsien käsittelyn ja kuljetuksen optimointi metsävarakuvioaineistolla

Lähtöaineistot

- Aineistona Pohjois-Karjalan Metsäkeskuksen metsävarakuvioaineisto, josta tuotettiin kunnittaiset MELA-lähtöaineistot
- Metsävarakuviotiedoston puuttuville alueille tuotettiin kuvio- ja metsävaratiedot Luken monilähdeinventointiaineistosta (MVMI, Mäkisara et al. 2022)
- MVMI-aineisto koostuu 30 m * 30 m ruuduista (ns. pikseleistä), joille on tuotettu mm. puustotiedot ja kasvupaikkatiedot
- Puuttuvien alueiden MVMI-pikselit segmentoitiin kuvioiksi yhdistämällä vierekkäisiä pikseleitä suuremmiksi alueiksi ruutujen puuston ja kasvupaikkatietojen perusteella (Pekkarinen 2002)
- Segmenttikuvioista muodostettiin MELA-lähtötiedosto

Lähtöaineistot

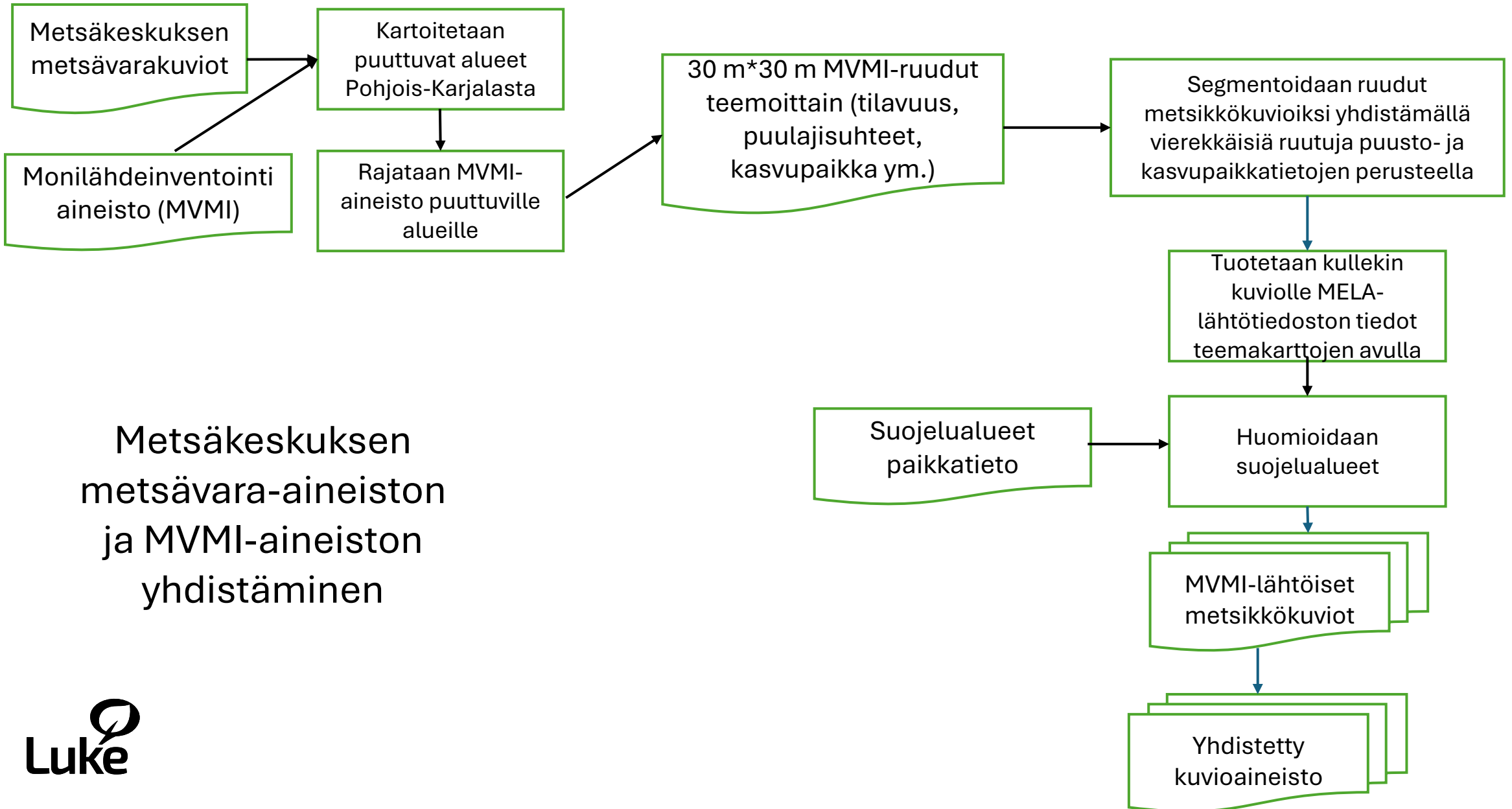
- Yhdistetty aineisto käsitti 1 246 692 kuviota
 - Metsävarakuvioaineisto: 1 068 419 metsikkökuviota
 - MVMI-aineisto: 178 273 metsikkökuviota (noin 11 % Pohjois-Karjalan metsäpinta-alasta)

Laskennan kulku

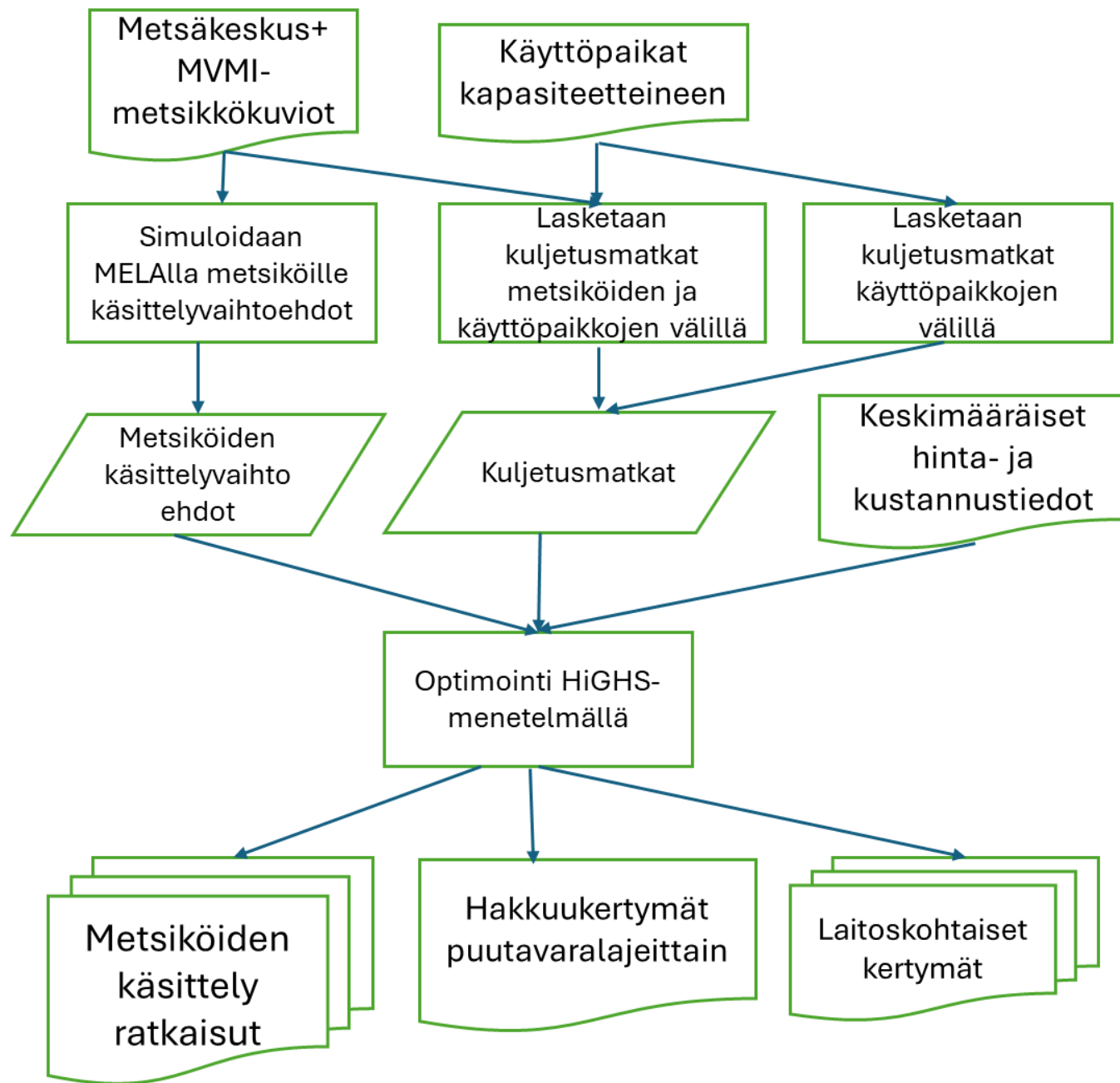
- Kullekin kuviolle simuloitiin kolmelle 10-vuotiskaudelle MELA-ohjelmistolla käsittelyvaihtoehdot käyttäen MELA Tulospalvelun määrittämiä suojelualueet ja käyttörajoitukset huomioiden (saatiin yhteensä yli 150 miljoonaa käsittelyvaihtoehtoa)
- Käyttöpisteaineisto sama kuin VMI-kuljetusoptimoinnissa
- Kunkin kuvion ja käyttöpisteen välinen kuljetusmatka tuotettiin paikkatietoanalyysillä (kuljetus tieverkoston kautta)
- Tässäkin kuljetusoptimoinnissa oli 2 skenaariota:
 - Suurin ylläpidettävissä oleva aines- ja energiapuun hakkuukertymä (SY)
 - Toteutuneet hakkuut (TH)
- Yritettiin ensin kuljetusoptimointia koko aineistolla, mutta melko pian kävi ilmi ettei laskentateho riitä käytettävissä olevalla J-optimointiohjelmalla, joka sisältää kuljetusoptimoinnin

Laskennan kulku

- Pienentämällä lähtöaineistoa vaiheittain saatiin SY-skenaario lopulta läpi valitsemalla mukaan joka 250. kuvio. TH-skenaariota ei saatu J-ohjelmistolla menemään läpi tällä pienennetyllä aineistolla.
- Ottamalla käyttöön Lukessa tuotettu kuljetusoptimoinnin algoritmi, joka käyttää HiGHS-optimointiohjelmistoa (HiGHS ... 2025) molemmat skenaariot menivät läpi valitsemalla joka 50. kuvio mukaan.
- Lähtöaineisto käsitti lopulta 24 935 kuviota, joille oli simuloitu MELA-ohjelmistolla 3 075 593 käsittelyvaihtoehtoa

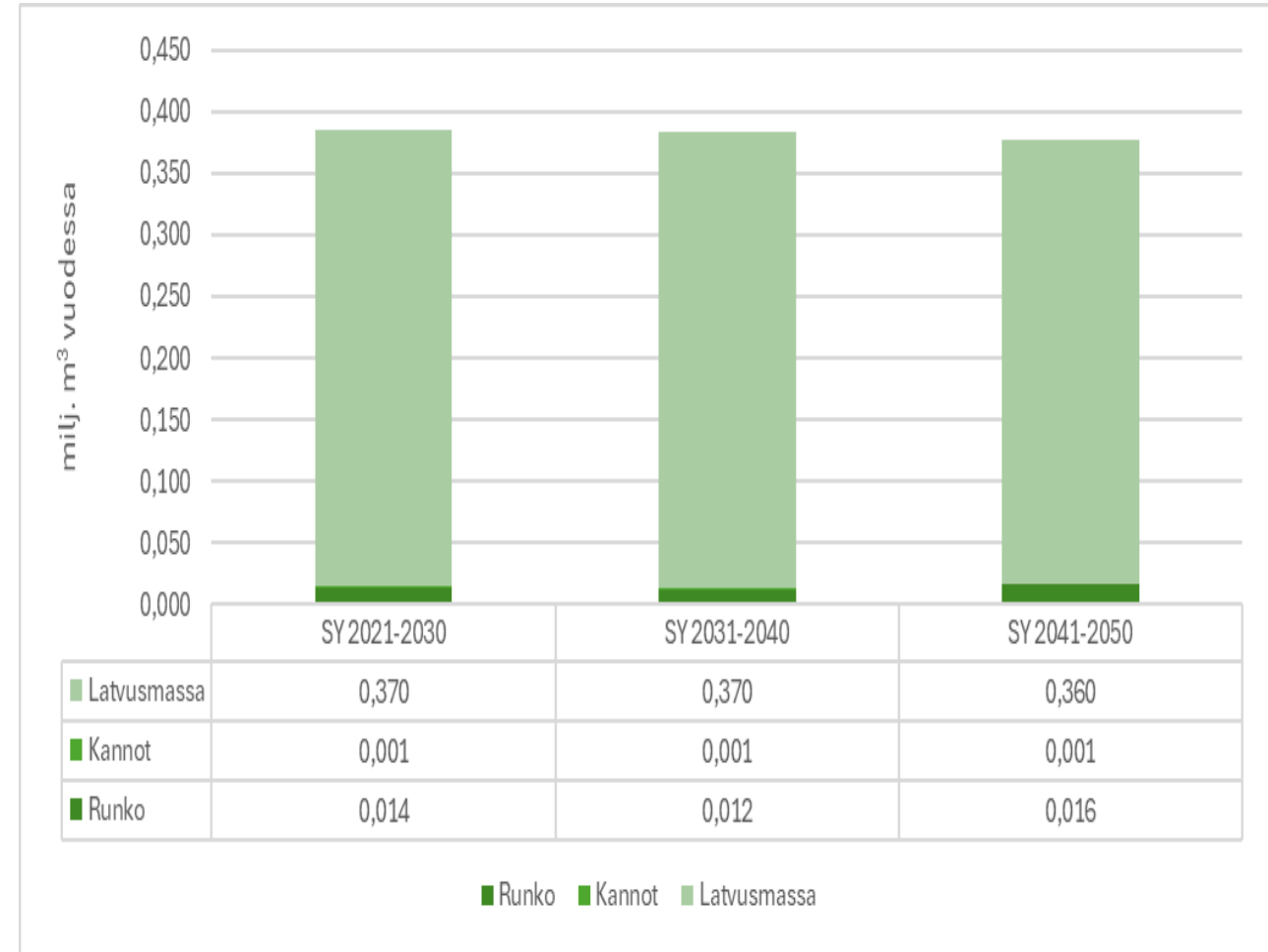


Laskennan kulku
HiGHS-optimoinnilla
SY-laskelmassa
yhdistetyllä
Metsävara- ja MVMI-
aineistolla



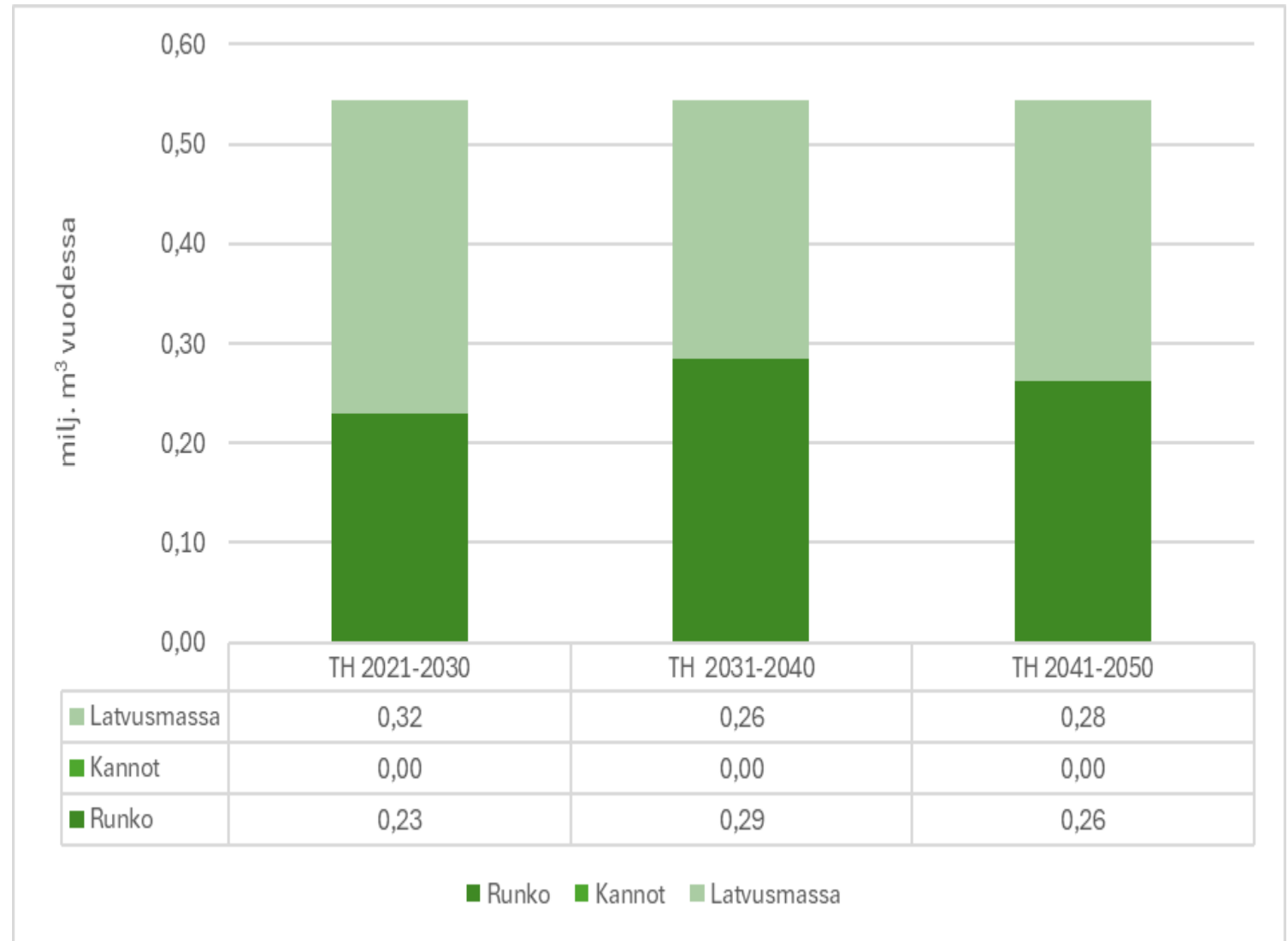
Suurin ylläpidettävissä oleva hakkuukertymä (SY) kantojen nostorajoituksella

- Käytännössä kantoja ei nosteta nykyisin juuri lainkaan, joten SY-laskelma tehtiin niin, että kantoja nostettiin korkeintaan 1000 m³ vuosittain
- Vuosittaiset kokonaishakkuumäärät seitsemän miljoonan kuution paikkeilla
- Energiapuun vuosittaiset korjuumäärät jäävät jonkin verran pienemmiksi kuin viime vuosina keskimäärin toteutuneet



Toteutunut hakkuukertymä (TH)

- Runkopuun osuus korjatusta energiapuusta suuri
- Vuosittaiset kokonaishakkuumäärät seitsemän miljoonan kuution paikkeilla (ainespuu+energiapuu)



Tulosten tarkastelu – J- ja HiGHS-optimointi

- Teollisuuden sivuvirtojen määrä vuosittain vaihteli 500 000 – 600 000 m³
- Energiapuukertymiä voidaan laskea pienemmille alueille kuten kunnille tai yrityksen hankinta-alueelle
- Koska kuitupuun käyttäjiä (sellu, kartonki ym.) ei ole tarpeeksi maakunnassa, huomattava osa kuitupuusta (varsinkin koivusta) ohjautuu energialaitoksille, kun ei kannata kuljettaa kauemmaksi. Tämä ei kuitenkaan näy esitetyissä energiapuukertymissä.
- Noin 40 % korjatusta energiapuusta kuljetettiin maakunnan ulkopuolelle, puuttuva määrä Pohjois-Karjalassa korvattiin lisäämällä kuitupuun käyttöä energian tuotannossa.
- Mikäli energiapuun hinta laskee, yhä suurempi osa korjatusta energiapuusta jäisi maakuntaan

Tulosten tarkastelu – J- ja HiGHS-optimointi

Energiapuuhakkuista korjatun puun lisäksi laskenta ohjasi kuitupuuna korjattua puuta energiantuotantoon. Esimerkkinä taulukossa metsävarakuvioaineiston + MVMI-aineiston SY-laskelman ensimmäisen kauden toteutuneet energiapuumäärät. Taulukon alimmalla rivillä on prosenttiosuus, joka kertoo kuinka paljon yhteensä Pohjois-Karjalan ja muiden maakuntien metsähakekapasiteetista täyttyi.

	Pohjois-Karjala	Muut maakunnat
Energiapuu energiapuuhakkuista (m ³ / vuosi)	191 000	190 000
Kuitupuuna korjattu puu energiaksi (m ³ / vuosi)	799 000	579 000
Yhteensä	990 000 (100 %)	769 000 (18 %)

Metsähakkeen hankintamahdollisuudet perustuen metsävarakuvioaineistoon

Aineisto ja menetelmät

- Aineistona Metsäkeskuksen Pohjois-Karjalan metsävarakuvioaineisto, josta puuttuvat metsävaratiedot on täydennetty Luken MVMI-aineistosta muodostetulla kuvioaineistolla samoin kuin optimoinnissa metsävarakuviotiedolla
- Suojelualueet ja muut käytön rajoitukset huomioidaan laskennassa
- Ennustetaan ensimmäisen kymmenvuotiskauden energiapuupotentiaalia, kun kullakin kuviolla käytetään Tapion metsänkäsittelyohjeiden mukaisia ehdotuksia hakkuista ja metsänhoitotoista.
- Kolme erilaista lähestymistapaa:
 - Energiapuumäärän maksimointi (MAX EP)
 - Sääntöpohjainen lähestymistapa (SÄÄNTÖ)
 - Energiapuumäärän maksimointi tasakausittain (EP TASA)

Energiapuumäärän maksimointi (MAX EP)

- Simuloidaan MELA-ohjelmistolla metsävarakuvioaineistolle vaihtoehtoiset käsittelyt, jotka mahdollisia metsänkäsittelyohjeiden mukaan
- Aineistossa 1 246 691 metsikkökuviota ja yhteensä hieman yli 150 miljoonaa simuloitua käsittelyvaihtoehtoa
- Optimoinnissa (MAX EP) kullekin metsikkökuviolle valitaan se käsittelyvaihtoehto, jolla saadaan korjattua eniten energiapuuta runkopuusta, latvustosta ja kannoista ensimmäisen 10-vuotiskauden aikana ('Energiapuuhakkuumahto')

Sääntöpohjainen lähestymistapa (SÄÄNTÖ)

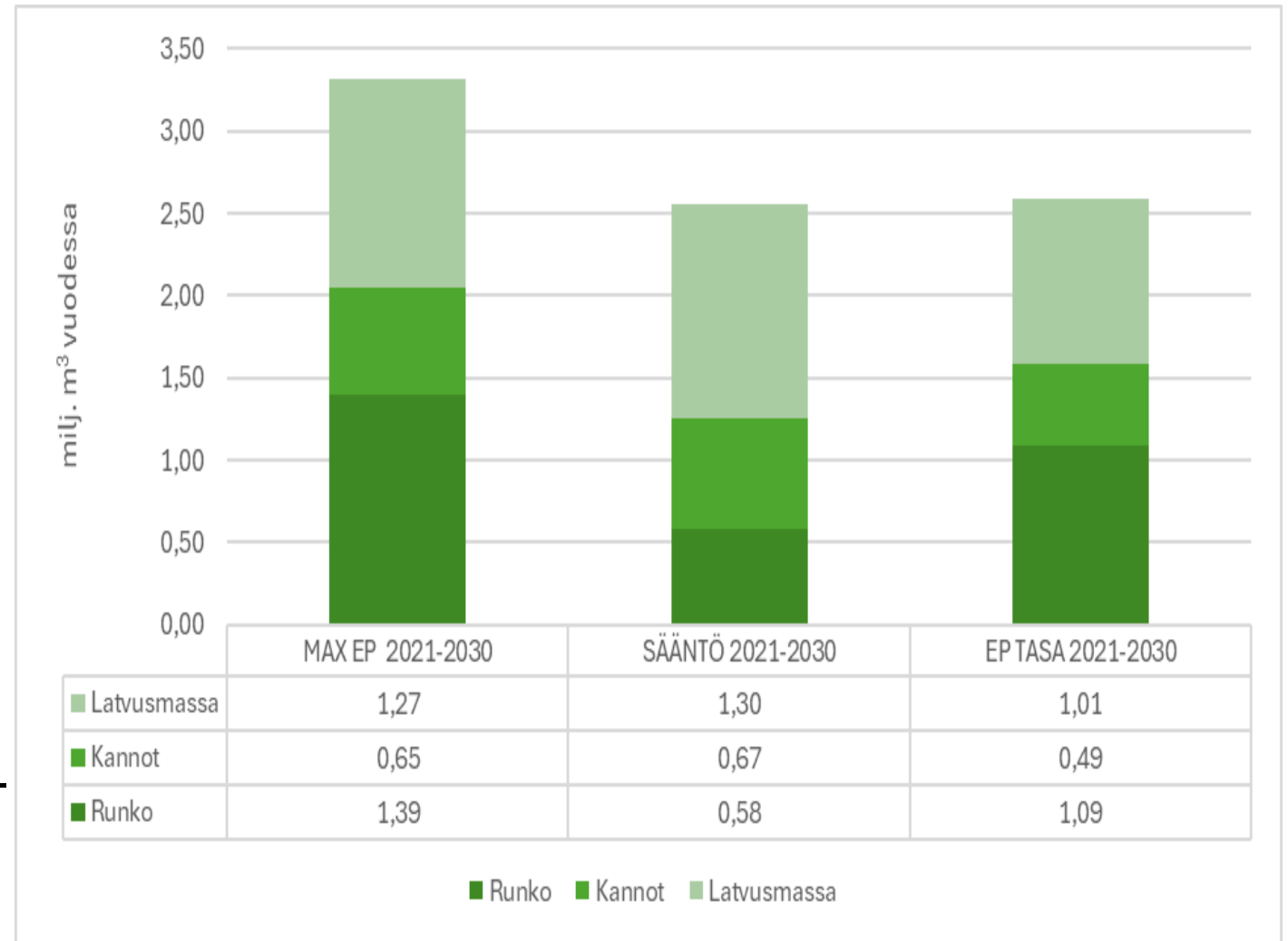
- Valitaan suoraan kullekin metsikkökuviolle ensimmäinen mahdollinen metsänkäsittelyvaihto energiapuupainotteisesti
- Mikäli harvennushakkuu on mahdollinen 1. kaudella, valitaan ensin integroidun korjuun lähestymistapa, jos se on kertymien puolesta mahdollista, harvennus ilman energiapuun korjuuta valitaan viimeiseksi, mikäli muu korjuutapa ei ole mahdollinen
- Ensimmäisellä kaudella uudistamiskypsien metsien osalta valitaan ensin avohakkuu, missä korjataan myös latvustot ja puulajin ja kasvupaikan perusteella korjataan kannotkin
- Erona edelliseen menetelmään tässä ei optimoida, vaan kullekin kuviolle tulee suoraan yksi käsittelyvaihtoehto

Energiapuumäärän optimointi tasakausittain (EP TASA)

- Simuloidaan MELA-ohjelmistolla metsävarakuvioaineistolle vaihtoehtoiset käsittelyt, jotka mahdollisia metsänkäyttöohjeiden mukaan
- Optimoinnissa kullekin metsikkökuviolle valitaan se käsittelyvaihtoehto, jolla saadaan korjattua eniten energiapuuta ensimmäisen 10-vuotiskauden aikana ('Energiapuuhakkuumahto')
- Tarkastellaan kolmea 10-vuotiskautta
- Erona MAX EP-menetelmään optimoinnissa kausittain energiapuun määrä on pysyttävä vähintään samana jälkimmäisillä kausilla

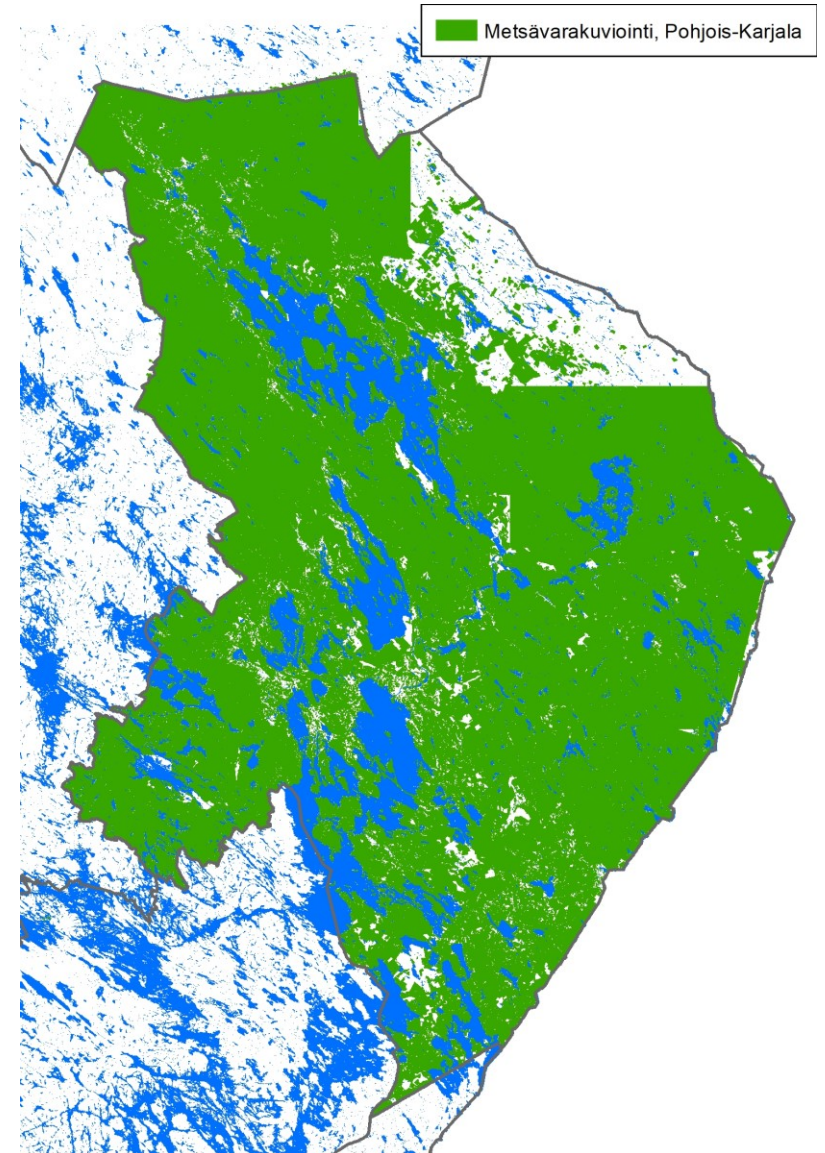
Metsähakepotentiaalit eri menetelmillä

- Ainespuukertymät vuosittain 1. kaudella MAX EP-menetelmällä 13,2 milj. m³, SÄÄNTÖ-menetelmällä 15,7 milj. m³ ja EP TASA menetelmällä vuosittainen vaihtelu välillä 9,7-10,2 milj. m³
- Energiapuujakeiden osuuden välillä vaihtelua menetelmien kesken
- SÄÄNTÖ-menetelmällä laskenta-aika MELA-ohjelmistolla hyvin pieni verrattuna optimointiin



Tulosten tarkastelua

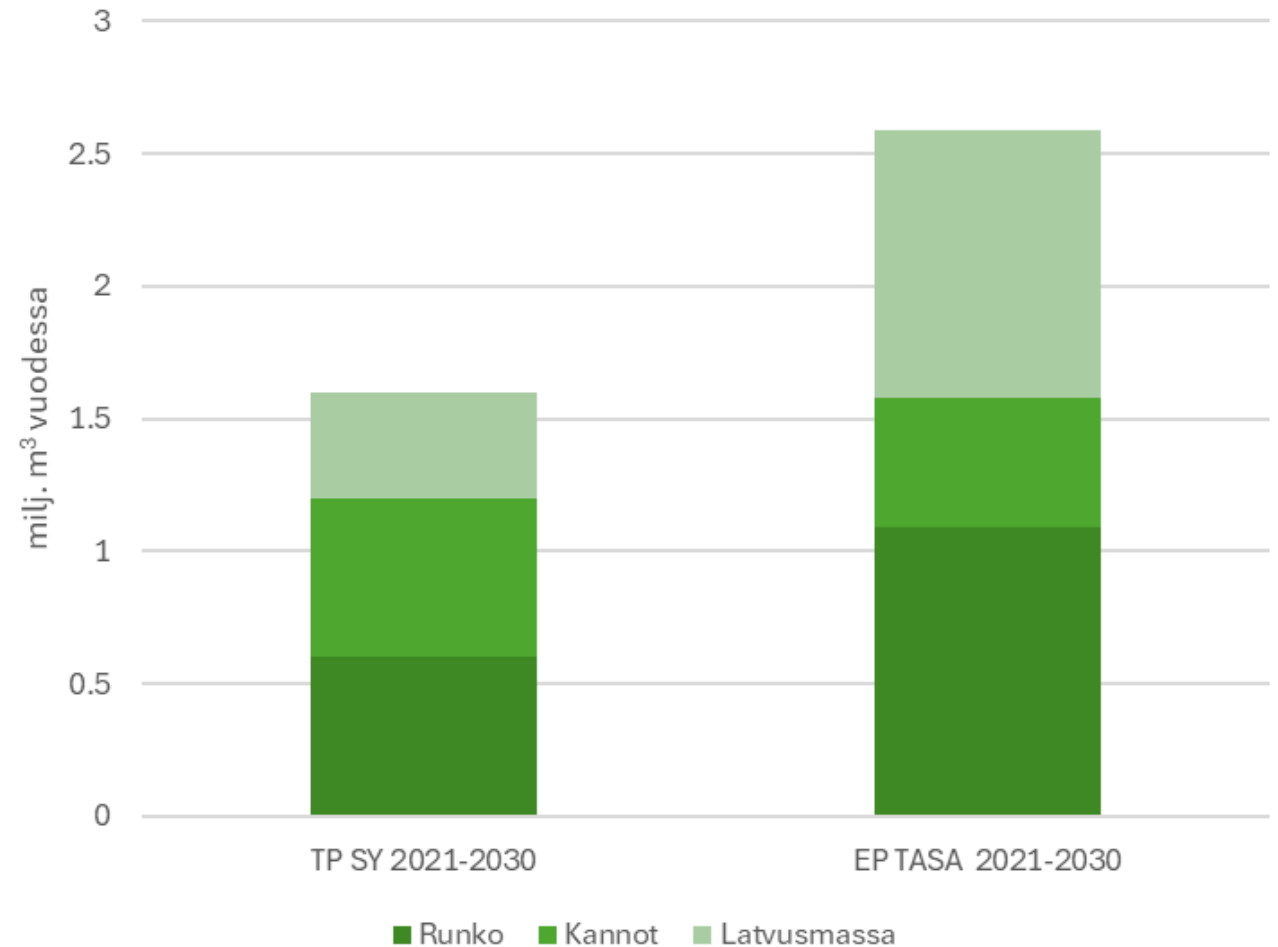
- Metsäkeskuksen metsävarakuvioaineisto ei kattanut koko maakuntaa, joten puuttuvien alueiden metsävaratieto jouduttiin tuottamaan MVMI-aineistosta
- Metsävarakuvioaineistoa voitaisiin paikata samaan tapaan myös Metsäkeskuksen hila-aineistolla
- Metsävarakuvioilla oli toimenpide-ehdotuksia, mutta osa niistä oli vanhentuneita. Lisäksi segmentoiduille kuvioille piti tuottaa ehdotukset. Tämän vuoksi käytettiin MELA-ohjelmistoa ehdotusten tuottamiseen.
- Jos halutaan laskea energiapuun hankintamahdollisuudet alueelle, jossa metsävarakuvioaineisto on kattava, voidaan hyödyntää kuvioaineiston ehdotuksia vanhentuneet ehdotukset poistaen



Menetelmien yhteenveto ja johtopäätökset

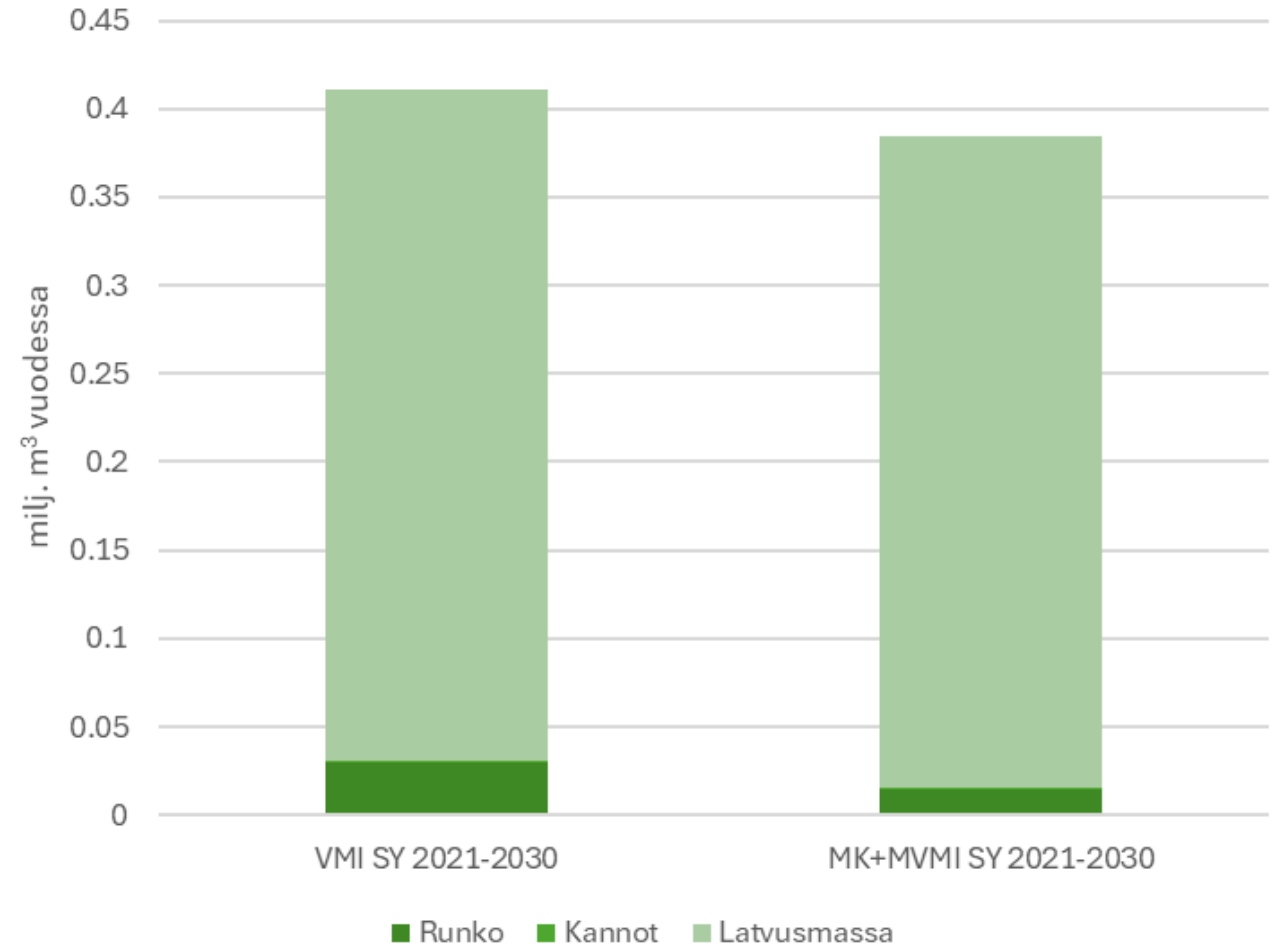
Tulosten vertailu – metsän kasvatuksen optimointiin perustuvat menetelmät

- Taselaskennan pohjaksi laskettu tekninen potentiaali (TP SY 2021-2030) on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella n. 1,5 milj. m³
- Metsävarakuvioaineistosta laskettu potentiaali (EP TASA 2021-2030) on n. miljoona m³ suurempi
- EP TASA:ssa maksimoitiin energiapuun kertymää, kun taas TP:ssä myös ainespuun kertymää



Tulosten vertailu – metsän kasvatuksen ja kuljetuksen optimointiin perustuvat menetelmät

- VMI-koealatietojen J-optimointiin perustuva potentiaali (VMI SY 2021-2030) on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella n. 0,4 milj. m³
- Metsävarakuvioaineistosta HiGHS-optimoinnilla laskettu potentiaali (MK+MVMI SY 2021-2030) on vain hieman pienempi
- Potentiaalit ovat huomattavasti edellisen dian potentiaaleja pienempiä, koska näissä huomioidaan myös käyttöpisteiden kapasiteetit ja kuljetusmatkat
- Lisäksi kuitupuuna korjattua puuta on [ohjautunut energiakäyttöön](#)



Yhteenveto menetelmistä (1/2)

- Kolme ensimmäistä menetelmää soveltuu lähinnä strategisen päätöksenteon tueksi
- Metsävarakuvioaineiston perusteella on jossain määrin mahdollista suunnata operatiivista metsähakkeen hankintaa
- Kaikki menetelmät ovat laskennallisesti melko raskaita ja vaativat asiantuntemusta
- Yrityksiltä saadun palautteen perusteella mahdollisimman yksinkertainen tulostieto on hyvä, samoin karttamuotoinen tieto
- Seuraavia tekijöitä ei ole huomioitu laskennassa
 - Metsiin liittyvät ilmasto- ja ympäristötavoitteet voivat rajoittaa puun saatavuutta
 - Ilmastonmuutoksen vuoksi metsätuhot oletettavasti lisääntyvät, mikä voi lisätä energiapuun tarjontaa

Yhteenveto menetelmistä (2/2)

	Tase	J VMI	HiGHS MV	MV
+	- Karttamuotoinen tulos - Kilpailun mallintaminen	- Kilpailun mallintaminen - Teollisuuden sivuvirrat mukana	- Kilpailun mallintaminen - Teollisuuden sivuvirrat mukana - Metsävaratieto avointa	- Karttamuotoinen tulos - Metsävaratieto avointa - Mahdollistaa kuviokohtaiset karttatulosteet
-	Harvennuspuun mallinnus haastava	- Laitoskohtaisen kysyntä staattinen yli ajan - Potentiaali vain maakunnasta, kysyntää myös ulkopuolelta	- Simuloinnit ja optimoinnit erityisen raskaita ja aikaa vieviä - Laitoskohtaisen kysyntä staattinen yli ajan - Potentiaali vain maakunnasta, kysyntää myös ulkopuolelta - Data ei maantieteellisesti kattava	- Ei kilpailun mallinnusta - Potentiaali ei puuntuotannollisesti kestävä - Data ei maantieteellisesti kattava

Energiapuun riittävyys maakunnassa

- Metsähakkeen riittävyys Pohjois-Karjalassa näyttää hyvältä
- Latvusmassan ja kantojen potentiaali on suuri verrattuna niiden kysyntään, mutta varsinkaan kantojen käytön lisääntyminen ei ole todennäköistä ilmasto- ja ympäristösyistä
- Pieniläpimittaisen harvennusenergiapuun määrä ei ole riittävä ja hankinta kallista, joten jatkossakin energiaksi käytetään metsäteollisuudelle jalostuskelpoista puuta
- Mikäli painetta ainespuun mitta- ja laatuvaatimukset täyttävän puun energiakäyttöön halutaan vähentää, tulee latvusmassan ja pienpuun hankintaketjuja kehittää

Lähteet

Viitteet (1/2)

- Anttila P., Muinonen E., Laitila J. (2013). Nostoalueen kannoista jää viidennes maahan. [One fifth of the stumps on a stump harvesting area stays in the ground]. BioEnergia 3: 10–11.
- Anttila P., Nivala V., Salminen O., Hurskainen M., Kärki J., Lindroos T.J. & Asikainen A. 2018. Regional balance of forest chip supply and demand in Finland in 2030. Silva Fennica vol. 52 no. 2 article id 9902. 20 p. <https://doi.org/10.14214/sf.9902>
- Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R., Salminen, O. 2017. MELA2016 Reference Manual. Natural Resources Institute Finland (Luke). 547 p. ISBN: 978-952-326-358-1 (Online). ISSN 2342-7639 (Online). URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-358-1>
- HiGHS – high performance software 2025. Viitattu 15.12.2025. <https://highs.dev/>
- Koistinen, A., Luiro, J-P. & Vanhatalo, K. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas. Tapion julkaisuja. Saatavilla: https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/10/Metsanhoidon_suosituksset_energiapuun_korjuuseen_Tapio-20191230.pdf
- Koljonen, T., Soimakallio, S., Asikainen, A., Lanki, T., Anttila, P., Hildén, M., Honkatukia, J., Karvosenoja, N., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Lindroos, T.J., Regina, K., Salminen, O., Savolahti, M. & Siljander, R. 2017. Energia ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. [Impact assessments of the Energy and Climate strategy: The summary report]. Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 21/2017. 106 p. Available at: <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=16902>
- Kurki, P., Mutanen, A., Anttila, P. 2012. Energiapuumarkkinat – käytännön kokemukset ja tilastointimahdollisuudet. Metlan työraportti 228. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2358-3>

Viitteet (2/2)

Lappi, J., Lempinen, R. 2013. J user's guide 2.1: [J2.1_userguide.pdf](#).

Muinonen E., Anttila P., Heinonen J., Mustonen J. (2013). Estimating the bioenergy potential of forest chips from final fellings in Central Finland based on biomass maps and spatially explicit constraints. *Silva Fennica* 47(4) article 1022. <https://doi.org/10.14214/sf.1022>.

Mäkisara, K., Katila, M. & Peräsaari, J. 2022. The Multi-Source National Forest Inventory of Finland - methods and results 2017 and 2019. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-538-5>

Niinistö, T., Anttila, P., Sikanen, L., Kärhä, K. & Routa, J. 2025a. Estimating future consumption of forest chips based on insights from energy producers: A case study for Finland. <https://doi.org/10.1080/02827581.2025.2491450>

Niinistö, T., Anttila, P., Kaseva, J., Sikanen, L., Kärhä, K. & Routa, J. 2025b. Energy Wood Flows and the Operational Environment of Supply Chains in Finland: Insights from a Supplier Survey. <https://doi.org/10.14214/sf.25011>

Pekkarinen, A. Image segment-based spectral features in the estimation of timber volume. *Remote Sens. Environ.*, 82 (2002), pp. 349-359, 10.1016/S0034-4257(02)00052-4

Liitteet

MELA-ohjelmisto ja laskelmat (1/2)

- Luken MELA-ohjelmistoa (Hirvelä ym. 2017) on hyödynnetty useissa skenaariolaskelmissa hakkuumahdollisuuksien ja metsien kehityksen arvioinnissa
- MELA-ohjelmiston avulla laskettiin uudistushakkuissa syntyvän latvusmassan ja kantojen sekä harvennusten energiapuun määrä
- Laskelma-aineistona oli valtakunnan metsien 13. inventoinnin (VMI13) aineisto mittausvuosilta 2019-2023. Laskelmissa otettiin huomioon metsänhoidon suositukset ja aineistossa kirjatut puuntuotannon rajoitukset
- Metsähakkeen hankintamahdollisuudet laskettiin perustuen kahteen eri laskelmaan: Toteutunut hakkuukertymä (TH) ja Suurin ylläpidettävissä oleva aines- ja energiapuun hakkuukertymä (SY) (laskelmien määrittely, ks. MELA Tulospalvelu <http://www.luke.fi/mela-metsalaskelmat>)

MELA-ohjelmisto ja laskelmat (2/2)

- TH-laskelma noudatti vuosina 2021-2023 keskimäärin toteutunutta hakkuukertymän tasoa ja rakennetta
- SY-laskelmassa ei ollut etukäteen määrättyä hakkuutasoa, vaan se on nettotulojen ja hakkuukertymien laskentakausittaisia tasaisuus- ja kestävyysvaatimuksia noudattaen suurin ylläpidettävissä oleva hakkuukertymäarvio
- TH- ja SY-laskelmat raportoitiin kymmenvuotiskaudelle 2021-2030 sekä SY-laskelma lisäksi kaudelle 2031-2040
- Tilastoitua metsähakkeen käyttöä verrataan taselaskennassa TH-laskelman ja ennakoitua käyttöä SY-laskelman mukaisiin potentiaaleihin
- VMI13-aineistoon perustuvia hakkuumahdollisuusarvioita ei ole vielä julkaistu MELA Tulospalvelussa. Arviot tullaan laatimaan uudistettuun aineistonmuodostukseen ja tarkennettuihin laskentaoletuksiin perustuen ja julkistetaan MELA Tulospalvelussa alkuvuoden 2026 aikana.

Metsähakepotentialin alueellinen jakautuminen

- Maakunnittaiset potentiaalit (1) levitettiin puuntuotannon metsämaalle (2) 1 km²:n hilaan (4)
- Metsähakejakeet jaettiin hilaruuduille painottaen monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin (MVMI) biomassoilla (3)
- Esim. latvusmassapotentiaali jaettiin hilaruutuihin suhteessa MVMI:n elävien oksien biomassaan

