

Pöyry Management Consulting Oy

# Metsäbiomassan kustannustehokas käyttö

**Helmikuu 2017**

Valtioneuvoston selvitys-  
ja tutkimustoiminnan  
julkaisusarja 23/2017

# KUVAILULEHTI

<b>Julkaisija ja julkaisuaika</b>	Valtioneuvoston kanslia, 2.2.2017		
<b>Tekijät</b>	Pöry Management Consulting Oy		
<b>Julkaisun nimi</b>	Metsäbiomassan kustannustehokas käyttö		
<b>Julkaisusarjan nimi ja numero</b>	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 23/2017		
<b>Asiasanat</b>	Energia, Ilmasto, Puumarkkina, Bioenergia, Metsäbiomassa, biopolttoaineet		
<b>Julkaisuaika</b>	Helmikuu, 2017	<b>Sivu</b> 43	<b>Kieli</b> Suomi

## Tiivistelmä

Metsäteollisuus ja puubiomassaan perustuva energiantuotanto lisää puun kokonaiskysyntää vuoteen 2030 mennessä. Puupohjaisten nestemäisten biopolttoaineiden tuotannon kaupallistuminen samalla ajanjaksolla lisäisi kokonaiskysyntää entisestään. Voidaankin arvioida että näköpiirissä olevan puun käytön kasvu asettaa suureen haasteen kotimaisille puumarkkinoille.

Pöryn skenaarioanalyysien perusteella Suomen tulevaisuuden kokonaispuunkäyttö voi nousta jopa 120 miljoonaan m<sup>3</sup>:iin ja hakkuut jopa 87 miljoonan m<sup>3</sup>:iin vuonna 2030. Puunkäytön kasvusta vastaavat suurimmalta osalta sellun ja sahatavaran tuotannon ja viennin arvioitu kasvu.

Puuvarat mahdollistavat nestemäisten biopolttoaineiden tuotannon selvän kasvun nykytasoon verrattuna. Tuotannon kasvulla voi kuitenkin erityisesti korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa olla myös negatiivisia taloudellisia vaikutuksia muille puuta käyttäville sektoreille, erityisesti sellun valmistukselle. Selvityksessä arvioitiin kahden eri biopolttoaineen tuotantoskenaarion (300 000 t/a ja 700 000 t/a) vaikutuksia puumarkkinoihin, puun käyttöön eri sektoreilla sekä kansantalouteen. Biopolttoaineiden tuotannon noustessa nykytasolta 300 000 tonnilla, ei tällä selvityksen mukaan ole merkittäviä vaikutuksia metsäteollisuuden tuotantoon. Tämän suuruisen lisätuotannon raaka-aineiksi riittäisivät pääosin teollisuuden sivutuotteet ja metsähake, joiden tarjonta kasvaa metsäteollisuuden lisääntyvän puunkäytön myötä. Puupohjaisten biopolttoaineiden tuotannon korkean kasvun skenaariossa tuotanto nousisi nykytasolta 700 000 tonnilla, mikä johtaisi siihen, että ainespuuta alkaisi ohjautua pois kemiallisesta metsäteollisuudesta sekä sivutuotteita pois energiasektorilta.

Molemmissa tarkastelluissa skenaarioissa tarvitaan uusia ohjauskeinoja puupohjaisten biopolttoaineiden markkinoille saattamiseksi. Jotta tuotantoa voisi Suomeen syntyä, ohjauskeinojen tulisi taata selkeä markkinanäkymä edistyksellisille biopolttoaineille vähintään vuoteen 2030 tai 2035 asti. Laitosten puustamaksukyky ei ilman ohjauskeinoja ole tasolla, jolla ne voivat ostaa raaka-ainetta markkina-hintaan ja toimia kannattavasti. Mikäli kuitenkin puupohjaisten biopolttoaineiden tuotannon edistäminen katsotaan strategisesti tärkeäksi tavoitteeksi, ohjauskeinojen tärkein tehtävä on nostaa uusien biopolttoainelaitosten puustamaksukyky riittävälle tasolle puuraaka-aineen saannin turvaamiseksi. Jotta muun teollisuuden puun saantia ja kilpailukykyä ei vaarannettaisi, tulisi mahdollisten ohjauskeinojen kohdistua ensisijassa aina sivutuotteiden kuten kuoren, purun ja metsähakkeen kaltaisiin jakeisiin.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2016 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

# PRESENTATIONSBLAD

<b>Utgivare &amp; utgivningsdatum</b>	Statsrådets kansli, 2.2.2017		
<b>Författare</b>	Pöyry Management Consulting Oy		
<b>Publikationens namn</b>	Kostnadseffektiv användning av skogsbiomassa		
<b>Publikationsseriens namn och nummer</b>	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 23/2017		
<b>Nyckelord</b>	Energi, Klimat, Trämarknad, Bioenergi, Skogsbiomassa		
<b>Utgivningsdatum</b>	Februari, 2017	<b>Sidantal</b> 43	<b>Språk</b> Finska

## Sammandrag

Skogsindustrin och energiproduktion som baserar sig på skogsbiomassa ökar den totala efterfrågan av trä fram till 2030. Produktion av träbaserade flytande drivmedel, som kommersialiseras under samma tidsperiod, ökar den totala efterfrågan ytterligare. Det kan estimeras att den förväntade tillväxten på träanvändning sikte utsätter en stor utmaning för den inhemska trämarknaden.

På basis av Pöyrys scenarioanalyser kan Finlands framtida träanvändning stiga upp till 120 miljoner m<sup>3</sup> och avverkning till 87 miljoner m<sup>3</sup> år 2030. Största delen av ökningen kommer från estimerad tillväxt i produktion och export av massa och virke.

Trätillgångar möjliggör en märkbar tillväxt i produktionen av flytande drivmedel jämfört med nuläget. Den växande produktionen kan dock ha negativa ekonomiska effekter för de andra sektorer som använder trä, särskilt för produktion av massa. Detta gäller speciellt för scenariot med hög biodrivmedelproduktion. Effekterna på trämarknaden, andra sektorer träanvändning samt nationalekonomin estimerades i två scenarier – den ena med biodrivmedelproduktion av 300 000 t/a och den andra med 700 000 t/a. Enligt utredningen har en ökning av biodrivmedelproduktion med 300 000 t/a ingen märkbar effekt på produktion i skogsindustrin. I denna storleksklass kan ökningen förses med råvara främst från industrins biprodukter samt skogsflis, vars utbud växer tillsammans med den ökande träanvändningen. I det höga scenariot där ökningen i biodrivmedelproduktion var 700 000 t/a började gagnvirke styras bort från kemisk träförädling och biprodukter bort från energisektorn.

I de båda utvärderade scenarion behövs det nya styrmedel för att få fram träbaserade biodrivmedel till marknaden. Styrmedlen bör garantera tydlig marknadsutsikt för avancerade biodrivmedel fram till år 2030 eller 2035 för att ny produktionskapasitet skulle kunna byggas upp i Finland. Utan styrmedel är anläggningarnas förmåga att betala för trä på en för låg nivå för att de skulle kunna skaffa råvara på marknadsmässiga priser och bedriva lönsam operation. Om främjandet av träbaserad biodrivmedelproduktion ses som en strategiskt viktig ändamål, är den viktigaste uppgiften för styrmedlen är att lyfta nya anläggningars förmåga att betala för trä till en nivå där råvaruförsörjningen är försäkrad. För att undvika att sätta den övriga industrins träförsörjning och konkurrensförmåga i fara, bör de eventuella styrmedlen riktas främst till biprodukter så som bark och spån samt fraktioner som skogsflis.

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2016 (tietokaytoon.fi).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

## DESCRIPTION

<b>Publisher and release date</b>	Prime Minister's Office, 2.2.2017		
<b>Authors</b>	Pöyry Management Consulting Oy		
<b>Title of publication</b>	Cost-effective use of forest biomass		
<b>Name of series and number of publication</b>	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 23/2017		
<b>Keywords</b>	Energy, Climate, Wood market, Bioenergy, Forest biomass		
<b>Release date</b>	February, 2017	<b>Pages</b> 43	<b>Language</b> Finnish

### Abstract

Forest industry and woody biomass-based energy production will increase the demand of wood in Finland by 2030. Commercialisation of wood-based biofuels during the same period would further increase the total wood demand. The foreseen growth of wood utilisation presents a challenge for the domestic wood market.

Based on the scenarios analysed by Pöyry, the total wood consumption in Finland may experience growth of up to 120 million m<sup>3</sup> and a harvest of up to 87 million m<sup>3</sup> by 2030. Increased production and export of both pulp and sawnwood represent a majority of the forecasted growth.

Forest resources in Finland are sufficient in allowing significant growth in wood-based biofuels production, though this may also have negative economic impacts on other wood-based sectors, especially pulp production. The study estimated the impacts of two wood-based biofuels scenarios on the wood markets, as well as on other sectors and the domestic economics. Wood-based biofuels production increased by 300 000 tonnes in the low-scenario, and did not impact the forest industry production volumes. In the low scenario, biofuels production is mainly based on the consumption of forest industry by-products and forest residues, which are available due to the growth in wood consumption for forest industry operations. The wood-based biofuels production increases by 700 000 tonnes in the high scenario, which would impact the wood availability for the chemical pulp production and the energy sector.

Commercialisation of wood-based biofuels requires new regulations in both scenarios. Regulations need to provide a clear view on the markets for wood-based biofuels until 2030 or 2035 in order to enable investments in Finland. Wood-paying capability of wood-based biofuels is not sufficient for feasible operations with market-based wood procurement. If wood-based biofuels production in Finland is seen as a strategic goal, the main objective of the regulations would be to ensure the competitive wood-paying capability for biofuels plants. Possible regulations should focus on the utilization of by-products as well as the utilization of forest residues for biofuels in order to avoid negatively impacting the forest industry's competitiveness.

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2016 ( tietokayttoon.fi).

The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Työn tausta ja tavoitteet</b> .....	<b>6</b>
	2.1 Tausta.....	6
	2.2 Tavoitteet.....	6
	2.3 Työn toteutus.....	7
<b>3</b>	<b>PUUN KYSYNNÄN JA TARJONNAN MALLINNUKSET SEKÄ PÄÄOLETUKSET</b> .....	<b>8</b>
	3.1 Pöyryn puumarkkinamalli .....	8
	3.2 Puun kysynnän mallinnus.....	9
	3.3 Puun tarjonnan mallinnus.....	10
	3.4 Hankintaketjun pääkustannusolelut.....	12
	3.5 Metsäteollisuuden kysyntä .....	12
	3.5.1 Paperi- ja kartonki.....	12
	3.5.2 Massa .....	14
	3.5.3 Mekaaniset puutuotteet .....	15
	3.6 Nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoskenaariot.....	18
<b>4</b>	<b>Suomen puunkäytön skenaariot vuoteen 2030</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Biopolttoaineiden tuotannon vaikutus metsä- ja energiateollisuuteen</b> .....	<b>26</b>
	5.1 Biopolttoaineiden korkean tuotannon skenaarion vaikutus muiden sektoreiden puunkäyttöön .....	26
	5.2 Biopolttoaineiden vaikutus massanvalmistuksen kuitupuukustannuksiin ja metsäteollisuuden kilpailukykyyn.....	27
<b>6</b>	<b>Kansantaloudelliset vaikutukset</b> .....	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Biopolttoaineiden tuotannon ohjauskeinot</b> .....	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>Johtopäätökset</b> .....	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA</b> .....	<b>42</b>

# 1 JOHDANTO

Suomessa toimii kaksi vahvaa teollisuudenalaa, metsä- ja energiateollisuus, joille kohtuuhintaisen puupohjaisen raaka-aineen saatavuus on toiminnan perusedellytys. Metsäteollisuus vastaa merkittävästä osasta Suomen vientiä kun taas puupohjaisella energiantuotannolla on suuri ja kasvava rooli sähkön- ja lämmöntuotannossa ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Metsäbiomassan ohjautuminen eri käyttökohteisiin kustannustehokkaasti on Suomen talouskasvun ja kansantalouden kannalta erittäin tärkeää. Tämän lisäksi on esitetty toiveita kasvavalle metsäbiomassan käytölle uusissa bio-tuotteissa, joista odotetaan uusia talouskasvun lähteitä ja vientimahdollisuuksia Suomelle. Kun yhdistetään sekä perinteisen metsäteollisuuden, puupohjaisen energiantuotannon sekä uusien biotuotteiden potentiaalinen puuraaka-aineen lisäkysyntä, voidaan todeta että puun kysyntä kasvaa merkittävästi kaikilla sektoreilla ja että tämä aiheuttaa suuren haasteen kotimaisille puumarkkinoille.

Kansainvälisillä ankarasti kilpailluilla markkinoilla toimivan metsäteollisuuden kustannuskilpailukyky on erittäin herkkä puukustannuksen nousulle. Useiden toiminnassa olevien tuotantolinjojen ja jopa kokonaisten tehtaiden tulevaisuus on riippuvainen lopputuotteiden markkinoista, mutta myös puun hinnasta ja saatavuudesta. Asetettaessa puun ja muun biomassan käyttöön vaikuttavia poliittisia ohjausmekanismeja (esim. tukia ja kannustimia) pitääkin tarkasti analysoida ja harkita toimien ilmastovaikutusten lisäksi myös niiden kansantaloudellisia vaikutuksia.

## 2 TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

### 2.1 Tausta

Tämä työ on osa laajempaa kokonaisuutta, jonka Valtioneuvosto on tilannut Pöyry Management Consulting Oy:ltä. Hankekokonaisuuden nimi on ”Uusiutuvan energian ja hajautetun tuotannon potentiaalinen toteutuminen markkinaehtoisesti ja tukien tarve ja metsäbiomassan kustannustehokas käyttö”. Tässä raportissa keskitytään metsäbiomassan kustannustehokkaan käytön analysointiin.

Hankkeen muissa osioissa keskitytään hajautetun energiantuotannon potentiaalinen ja sen hyödyntämisen mahdollisuuksiin ja vaikutuksiin sekä hajautettujen energiajärjestelmien rakentamiseen markkinaehtoisesti.

### 2.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka pohjalta voidaan suunnitella mahdollisimman tehokkaita ohjauskeinoja. Tavoitteen saavuttamiseksi on määritetty kolme tutkimuskysymystä:

- Miten sovitetaan yhteen metsäpohjaisen bioenergian ja puuta käyttävän teollisuuden intressit ja varmistetaan kohtuuhintaisen raaka-aineen saatavuus molemmille sektoreille?

- Mikäli käytettävissä olevan metsäbiomassan määrä rajoittaa metsä- tai energiasektorin toimintaa, mikä on kansantalouden ja ilmastopolitiikan kannalta optimaalinen tapa käyttää biomassaa?
- Mitkä biomassapohjaisen uusiutuvan energian tuotantomuodot tarjoavat kustannustehokkaimman päästövähennysvaikutuksen?

## 2.3 Työn toteutus

Työ toteutettiin Pöyry Management Consulting Oy:n Suomen henkilöstön toimesta huhtijoulukuussa 2016. Työn vetäjänä toimi Esa Sipilä, puumarkkinoiden asiantuntijana Sami Pastila, puumarkkinamallinnuksen asiantuntijana Pekka Mild, puumarkkinamallin tulosten käsitteilyjänä Antti Schalin ja metsäteollisuuden tuotannon asiantuntijoina Timo Suhonen sekä Juho Einovaara. Lisäksi työn ohjaukseen ja raportointiin osallistuivat Juha Elo, Jenni Patronen, Jaakko Jokinen, Terttu-Leea Saarenpää sekä Jaakko Saarela.

Työ koostui viidestä pääosasta, joiden tarkempi kuvaus on esitetty Taulukko 1:

- Tulevaisuuden puustamaksukyky
- Tulevaisuuden puunkäytön skenaariot
- Ohjauskeinot biopolttoaineiden saattamiseksi markkinoille
- Kansallinen puunkäytön tasapaino
- Tiedonvaihto KEIJU-hankkeen kanssa (VTT:n vetämä rinnakkainen TEAS hanke)

**Taulukko 1 Työn sisällön pääosat**

Työn osa	Kuvaus
Tulevaisuuden puustamaksukyky	Puustamaksukyvyn kehitys 2015-2030 metsäteollisuudessa ja biopolttoainesektorilla
Tulevaisuuden puunkäytön skenaariot	Miten laajamittainen biopolttoaineiden tuotanto vaikuttaa metsä- ja energiateollisuuden puunkäyttöön ja hintoihin?
Ohjauskeinot biopolttoaineiden saattamiseksi markkinoille	Tarkastellaan eri ohjauskeinojen vaikutusta biopolttoainesektorin kykyyn saada hankittua raaka-ainetta puumarkkinoilta
Kansallinen puunkäytön tasapaino	Miten sovitetään yhteen metsäpohjaisen bioenergian ja puuta käyttävän teollisuuden intressit ja varmistetaan raaka-aineen saatavuus molemmille?
Linkit KEIJU-hankkeeseen	Miten puunkäytön tulevaisuus ja vaihtoehdot asettuvat Suomen energia- ja ilmastostrategian kokonaiskuvaan?

## 3 PUUN KYSYNNÄN JA TARJONNAN MALLINNUS SEKÄ PÄÄOLETUKSET

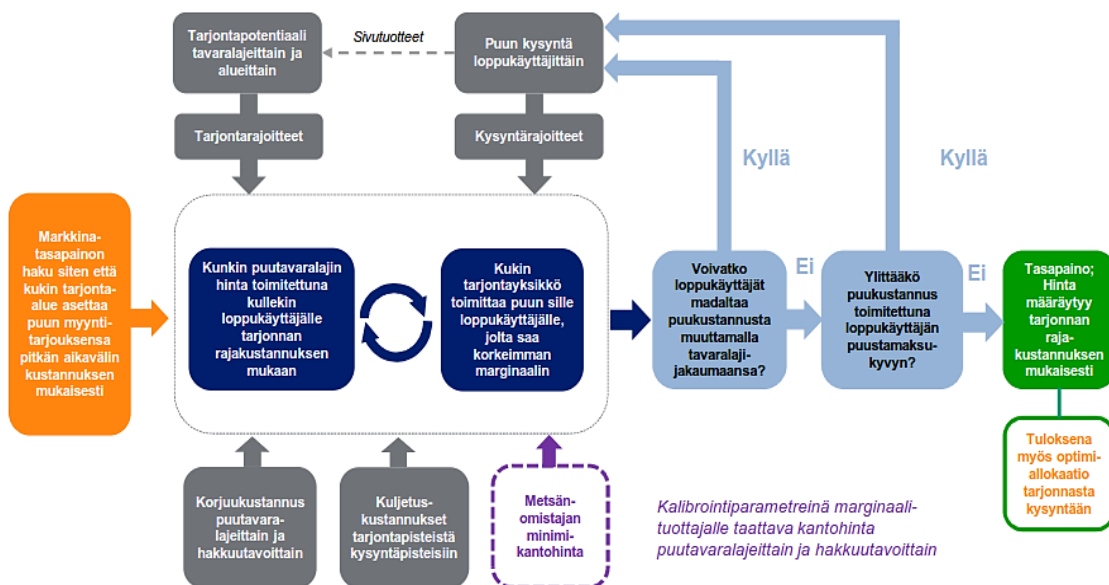
### 3.1 Pöyryn puumarkkinamalli

Analyysityökaluna hankkeessa käytettiin Pöyryn kehittämää puumarkkinamallia. Mallia on aiemmin sovellettu niin kotimaisissa kuin kansainvälisissä projekteissa eri maissa ja alueellisten puumarkkinoiden analysoinnissa. Tässä hankkeessa lähtökohtana käytettiin Maa- ja metsätalousministeriölle vuonna 2015 tehtyä (Pöyry Management Consulting Oy, 2015) Suomen puumarkkinamallinnuskehikkoa, jossa suomalaisen puumarkkinan rakenne, erityispiirteet ja toimintaympäristö on huomioitu.

Puumarkkinamallin avulla määritetään kysynnän ja tarjonnan tasapainotila sekä tasapainohinnat täydellisillä markkinoilla. Malli on lineaarinen optimointimalli, joka minimoi markkinan puuvirtojen kokonaiskustannukset vuositasolla asetettujen rajoitteiden puitteissa. Mallissa ei huomioida lyhyen aikavälin markkinamuutoksia tai mahdollisia epätasapainotiloja vaan mallitus perustuu trenditason tarkasteluun.

Mallin syötteinä toimivat kysyntä-, tarjonta-, korjuu- ja kuljetusvaatimukset ja erilaiset kysyntään ja tarjontaan liittyvät rajoitteet puutavaralajeittain. Malli minimoi toimitusten kokonaiskustannukset ja päätyy markkinatasapainoon, jossa hinnat määräytyvät rajakustannusten mukaan.

Mallin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 Pöyryn puumarkkinamallin toimintaperiaate

Mallin perusoletus on, että puumarkkinat ovat täydelliset eli likvidit, läpinäkyvät ja tehokkaat. Todellisuudessa markkinoilla esiintyy ainakin väliaikaisia epätäydellisyyksiä. Lisäksi mallissa jokainen tuotantoyksikkö on oma ostoyksikkönsä ja jokainen tarjontapiste on oma myyntiyksikkönsä – malli ei huomioi useiden laitosten keskitettyä puunhankintaa ja yhtiöiden sisäisten puuvirtojen oletetaan ohjautuvan markkinaehtoisesti. Jokaisen ostajan ja myyjän käyttäytymi-



nen on täysin rationaalista täydellisten markkinoiden näkökulmasta – malli ei huomioi strategista ostamista tai emotionaalisia ratkaisuja. Täydellisillä markkinoilla kaikilla markkinaosa-  
puoliilla on käytettävissään täysi markkinainformaatio eikä yksikään toimija voi vaikuttaa hin-  
taan vaan se on markkinoiden asettama. Hinta toimii markkinainformaation välittäjänä ja re-  
surssin kohdistajana eri käyttökohteisiin.

## 3.2 Puun kysynnän mallinnus

Puun kysyntä mallinnettiin kysyntäpistetasolla puunkäyttökapasiteetin avulla. Kysyntäpisteitä ovat puuta käyttävät teollisuus- ja energialaitokset sekä vientisatamat ja muut raja-asetat. Teollisuus- ja energialaitosten sijainti ja kapasiteetti perustuivat Pöyryn tehdas- ja kattilatieto-  
kantoihin. Nykytilanteessa mukana oli noin 130 teollista käyttöpistettä sekä melkein 700 energialaitosta ja -kattilaa. Tulevaosuuden kysynnän mallintamisessa huomioitiin myös suunnitteilla olevat ja päätetyt investointiprojektit. Jokaiselle kysyntäpisteelle määriteltiin ne puula-  
jit ja -jakeet, joita käyttöpisteessä voidaan teknisesti käyttää.

Kysynnän lisäksi jokaiselle käyttöpisteelle määriteltiin puustamaksukyky. Metsäteollisuuden puustamaksukykyyn määrittäminen pohjautui Pöyryn kustannuskilpailukykykymalleihin. Tuotan-  
tokustannukset mallinnettiin puuta käyttäville tuotantolaitoksille tuotantolinjakohtaisesti. Suunnitteilla olevien tehtaiden kustannukset mallinnettiin saatavilla olevan julkisen tiedon  
pohjalta. Kustannusten oletettiin pääosin pysyvän reaalisesti nykytasollaan vuoteen 2030 asti. Sellun markkinahinnat määriteltiin trendihintatasojen mukaan vuoteen 2030 asti. Loppu-  
tuotteiden hintatasona eri lopputuotteille käytettiin Pöyryn trendihintatasoja vuoteen 2030 saakka.

Energialaitoksen puustamaksukyky kuvaa laitoksen kykyä maksaa puupolttoaineesta verrat-  
tuna vaihtoehtoiseen polttoaineeseen. Yhteistuotantolaitoksessa puustamaksukykyyn määrit-  
telee vaihtoehtoisen polttoaineen hinta ja lämmöntuotannon vero, päästöoikeuskustannus  
sekä metsähakkeella tuotetulle sähkölle myönnettävä tuki. Hintaoletukset perustuvat Pöyryn  
arvioihin sekä energia- ja ilmastostrategian skenaariokehikoon. Lämpölaitoksissa maksuky-  
vyn muodostuminen noudattelee samoja periaatteita sillä erolla, että lämpölaitokset eivät saa  
sähköntuotannon tukea ja laitoksen tuottaessa ainoastaan lämpöä lämmöntuotannon vero-  
tuksella on suurempi vaikutus (sähköntuotannossa polttoaineita ei veroteta). Yhteistuotanto-  
laitoksien polttoaineerotus on myös kevyempää kuin erillislämmöntuotannon.

Nestemäisten biopolttoaineiden puustamaksukyky määriteltiin kehitteillä olevien laitosten  
tyypillisen kustannusrakenteen mukaan sekä tuotteiden myyntihinnat vallitsevien edistykse-  
listen biopolttoaineiden (esim. NExBTL) hintojen mukaan. Analyysin tuloksena on että nyky-  
kustannuksin ja ohjauskeinoin laitosten yksikään laitos ei pystynyt taloudellisesti kannatta-  
vaan toimintaan. Koska tarkastelun tavoitteena oli ymmärtää miten mahdolliset biopolttoai-  
neiden tuotantolaitokset toteutuessaan vaikuttaisivat puumarkkinoihin, asetettiin biopoltto-  
ainelaitosten puustamaksukyky 50 EUR/m<sup>3</sup> tasolle. Tällä puustamaksukykytasolla laitokset sai-  
vat tarvitsemansa puumäärän ja siten puumarkkinavaikutuksia päästiin arvioimaan. Asetettu  
puustamaksukyky ei siis anna täyttä kuvaa biopolttoainelaitosten markkinaehtoisesta kilpailu-  
kyvystä, mutta tehtyä mallinnusratkaisua voidaan pitää perusteltuna tilanteessa, jossa bio-  
polttoainelaitosinvestointeja pidetään energia- ja ilmastopoliittisesti perusteltuina. Mallinnuk-  
sen avulla voidaan ilmasto- ja energiapolitiikan näkökulman lisäksi tarkastella myös toimien  
kansantaloudellista mielekkyyttä.

Mallissa puustamaksukyky toimii ylärajana puun tehdaskustannukselle. Jos puustamaksuky-  
ky ylittyy, tuotantolaitos joko lopettaa toimintansa tai rajoittaa tuotantoaan. Riippuen tuotanto-

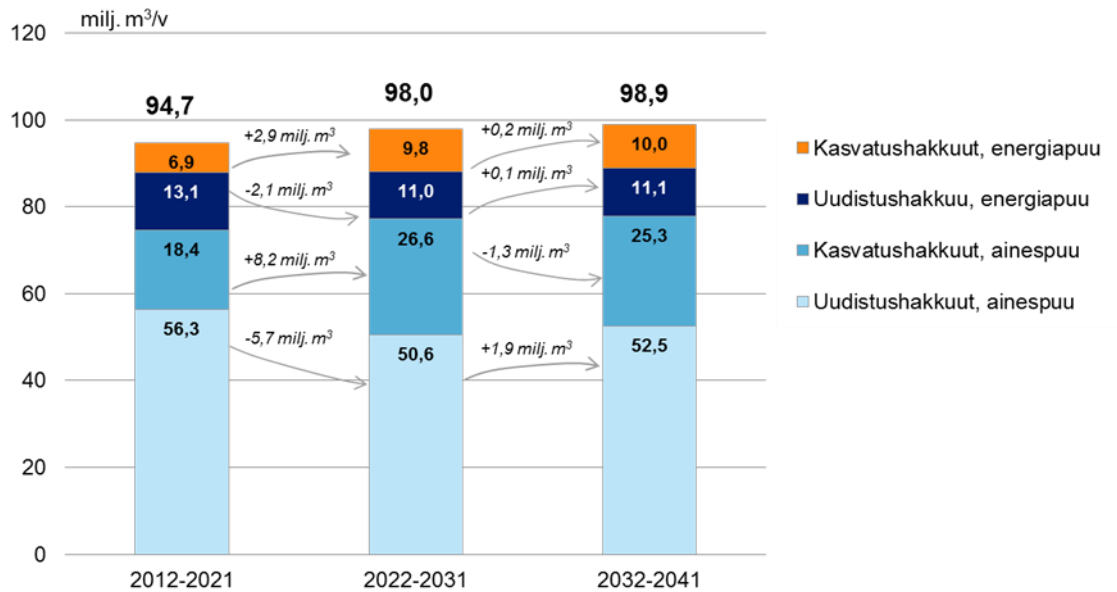
prosessista ja –kustannuksista, jos puukustannus nousee yli puustamaksukyvyyn, loppukäyttäjät joko lopettavat toimintansa tai vähentävät puunkäyttöään (l. tuotantoaan), kunnes puun hinta laskee puustamaksukyvyyn tasolle. Seuraavina vuosina puunkäyttö voi nousta, jos puustamaksukyky nousee tai puukustannus laskee. Näistä laskentaoletuksista johtuen mallissa toteutuva puun käyttö voi olla alhaisempi kuin lähtökohdaksi asetettu puun kysyntä.

### 3.3 Puun tarjonnan mallinnus

Puun tarjontapotentiaalin määrittämisessä lähtökohtana käytettiin Luonnonvarakeskuksen (LUKE) laatimaa suurimman kestävän aines- ja energiapuun hakkuukertymäärviota. LUKE laati valtakunnan metsien 11. inventoinnin (VMI11) koeala-aineistoon perustuen suurimman kestävän vuosittaisen aines- ja energiapuun hakkuukertymäärviion runsaan 70 kuntaryhmän alueelle. Arvio laadittiin kolmelle 10-vuotisjaksolle (2012–2021, 2022–2031 ja 2032–2041) LUKE:n määrittämiä tarjontapotentiaaleja sopeutettiin mallin jalostuskäyttöihin, mutta kokonaisuushakkuukertymään ei tehty muutoksia.

Markkinamallinnusta varten puun kuntaryhmätason tarjontaa muutettiin hienojakoisemmaksi. Metsien tarjontapotentiaali mallinnettiin valtakunnan tasolla noin tuhannessa tarjontayksikössä hakkuutavoittain, puu- ja puutavaralajeittain sekä omistajaryhmittäin. Rajapisteet ja tuontisatamat toimivat tarjontapisteinä tuontipuulle, näitä pisteitä käsiteltiin yhdenvertaisina muiden tarjontapisteiden kanssa. Tuontipuun saatavuus rajattiin perusanalyysissä nykyiselle tasolle – tämä siksi koska haluttiin keskittyä kotimaisen puun riittävyteen ja sen mukanaan tuomiin vaikutuksiin.

LUKE:n laskelman mukaan kokonai-shakkuumahdollisuus kasvaa nykyisestä tasosta 3,3 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä seuraavalle 10-vuotisjaksolle. Ainespuun hakkuukertymäärvio kasvaa ensimmäisen ja toisen 10-vuotiskauden välillä 2,5 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä, ja edelleen toisen ja kolmannen 10-vuotiskauden välillä 0,6 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuodessa. Uudistushakkuiden ainespuukertymäärvio laskee kahden ensimmäisen periodin välillä melkein 6 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuodessa, kun taas kasvatushakkuiden kertymäärvio nousee yli 8 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuodessa. Energiapuukertymäärvio määräytyy suhteessa uudistus- ja kasvatushakkuihin kasvaen 1. ja 2. jakson välillä 0,7 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä 20,8 miljoonaa m<sup>3</sup>:iin vuodessa ja edelleen 2. ja 3. jakson välillä 21,2 miljoonaa m<sup>3</sup>:iin vuodessa.



Kuva 2 . Luonnonvarakeskuksen suurin kestävä hakkuukertymäarvio kymmenvuotiskausittain

Tarjontapotentiaali (ja sittemmin mallinnuksessa toteutuva tarjonta) on jaettu ja analysoitu tarjonta- ja omistajaryhmittäin. Tarjontaryhmät eroavat toisistaan omistajaryhmän oletetun puunmyyntikäyttötymisen perusteella. Metsähallitus, metsää omistavat yhtiöt ja osa yksityisistä metsänomistajista luokiteltiin aktiivisiksi puunmyyjiksi ja rinnastettiin puunmyyntikäyttötymiseltään toisiinsa. Osa yksityisistä metsänomistajista luokiteltiin passiivisiksi puunmyyjiksi, joilla puunmyyntihalukkuus oletettiin alhaisemmaksi kuin aktiivisilla puunmyyjillä.

Puumarkkinoihin liittyvät tekijät kuten puun kysyntä ja puun nykyinen hinta sekä odotettu hintakehitys vaikuttavat metsänomistajan tarjontapäätöksiin. Yksityismetsänomistajien puunmyyntiaktiivisuuteen vaikuttavat myös monet omistaja- ja tilakohtaiset tekijät kuten metsänomistajan tavoitteet, sosioekonominen asema, ikä ja sukupuoli sekä tietämys omasta metsäomaisuudesta.

Puunmyyntikäyttötymistä arvioitiin metsänomistuksen tavoitteiden kautta, joiden perusteella yksityismetsänomistajat luokiteltiin joko aktiivisiksi tai passiivisiksi puunmyyjiksi. Mallinnuksessa myyntikäyttötymisen (l. tarjontapäätösten) ero tarjontaryhmien välillä huomioitiin minimikantohinnan avulla. On kuitenkin huomioitava, että yksityismetsänomistajan puunmyyntikäyttötymisen mallinnus on vajavaisen tiedon takia haasteellista, ja tässä työssä kuten myös monissa aiemmissa töissä, jouduttiin turvautumaan verrattain karkeisiin oletamiin myyntikäyttötymisestä.

Metsien käyttöön vaikuttavat lisäksi ilmastopoliittiset linjaukset, lisääntyvä metsien suojele luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi sekä korjuuolosuhteet. Ilmastopoliittikan asettamilla rajoituksilla tarkoitetaan sitä, että Suomi on sitoutunut osana Kioton pöytäkirjan toisen sitoumuskauden (2013–2020) velvoitteita päästövähennyksiin, joissa metsien hiilinielulla on olennainen osa. Teoriassa tämä rajoittaa hakkuupotentiaalin hyödyntämistä, mutta käytännössä hakkuista johtuva nielun mahdollinen pieneneminen voidaan korvata muilla keinoin. Ilmastopoliittiset linjauksen metsien osalta Kioton toisen sopimuskauden jälkeen (esimerkiksi vuonna 2030) ovat avoimet.

Metsien suojelun osalta LUKE:n hakkuupotentiaalilaskelmissa huomioidaan vain nykyisen suojelun ja luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen liittyvät suositukset mutta on todettava että erityisesti eteläisessä Suomessa metsien suojelun lisäämiseen kohdistuu painetta. Hakkuupotentiaalin arvioidaan kasvavan erityisesti turvemaidella. Turvemaiden haastavien korjuuolosuhteiden takia hakkuupotentiaalin realisoiminen saattaa olla ainakin lyhyellä aikavälillä haastavaa mutta on oletettavaa, että korjuuteknologian kehitys ratkaisee ongelmat ennen pitkää.

Sivutuotteiden tarjontapotentiaali määräytyy mallinnuksessa energiapuun osalta ainespuun hakkuuiden ja teollisuuden sivutuotteiden osalta puunkäytön (teollisuuden sivutuotteet) suhteessa. Absoluuttista sivutuotepotentiaalia ei rajata ennakkoon, vaan mallissa määritetään teollisuuden prosesseissa syntyvä sivutuotepotentiaali jakeittain puunkäytön perusteella. Sivutuotepotentiaalin määrä on sidottu paikkaan, ja se on optimoinnissa tässä mielessä yhdenvertaisessa asemassa metsästä saatavan puun kanssa niihin käyttötarkoituksiin, joihin molemmat soveltuvat. Samalla tavalla myöskään energiapuupotentiaalia (hakkuutähteet, kannot ja runkopuu) ei ole ennakkoon määritetty, vaan se määräytyy ainespuuhakkuuiden perusteella. Energiapuupotentiaali ei kuitenkaan voi ylittää kuntaryhmätasolla LUKE:n määrittämää jaakohtaista ylärajaa.

### **3.4 Hankintaketjun pääkustannusolelut**

Puun korjuukustannukset on määritetty hakkuutavoittain toteutuneisiin kustannuksiin perustuen sekä ottaen huomioon mallinnetut erot maakuntien välillä. Lähtökohtana ainespuun korjuukustannuksille käytettiin toteutunutta kustannustilastointia (Metsäteho) sekä LUKE:n hakkuukertymäärivelaskelmiin perustuvaa maakuntatason kustannusarviota. Yksikkökustannusten oletetaan pysyvän reaalisesti muuttumattomina.

Kuljetusten mallinnuksessa määritettiin edullisimmat kuljetusreitit ja -etäisyydet sekä kuljetuskustannukset kaikista tarjontapisteistä kaikkiin kysyntäpisteisiin. Markkinamallissa etsitään optimaalista kuljetusmuotoa ja -reittiä kustakin tarjontapisteestä kuhunkin kysyntäpisteeseen olemassa olevia kuljetusverkkoja hyödyntäen. Optimikuljetusmuodolla ja -reitillä tarkoitetaan vaihtoehtoa, joka tuottaa alhaisimman kokonaiskuljetuskustannuksen. Mallinnus perustui olemassa olevaan tieverkkoon, rautatieverkkoon ja -terminaaleihin sekä vesikuljetusinfrastruktuuriin (vesikuljetusten pudotuspaikat ja vesikuljetusreitit). Yksikkökuljetuskustannuksissa lähtökohtana ovat Metsätehon määrittämät kustannukset. Yksikkökustannusten oletetaan perustapauksessa pysyvän reaalisesti muuttumattomina.

### **3.5 Metsäteollisuuden kysyntä**

#### **3.5.1 Paperi- ja kartonki**

Metsäteollisuuden tuotantoennusteet tuotteittain perustuivat Pöyryn tammikuussa 2016 julkaisemaan ”Suomen metsäteollisuus 2015 – 2035 raporttiin (Pöyry Management Consulting Oy, 2016), joka on julkaistu Työ- ja elinkeinoministeriön energia- ja ilmastostrategian teemasivulla. Raportissa on esitetty keskeisimpien metsäteollisuustuotteiden tuotanto- ja vientienusteita vuoteen 2035 saakka, ja näistä ennusteista johdettua puunkysyntää hyödynnettiin puumarkkinamallissa vuosittain metsäteollisuuden kysyntäfunktioiden luomiseksi.

Suomen paperiteollisuuden päämarkkinoiden kysyntäkehitys on kaksijakoinen. Euroopan paino- ja kirjoituspaperien kysynnän odotetaan lähes puolittuvan vuoden 2014 27 miljoonasta

tonnista 17 miljoonaan tonniin vuoteen 2030 mennessä (-2,8%/v). Pakkauskartonkien kysyntä on sen sijaan vielä kasvussa – Euroopan kokonaiskulutuksen odotetaan nousevan 40 miljoonasta tonnista vuonna 2014 noin 49 miljoonaan tonniin vuonna 2030 (+1,4%/v).

Suomen paperiteollisuuden tuotantoennusteissa on päädytty yksinkertaisuuden vuoksi markkinaosuustarkastelun ja staattisen kilpailukykyanalyysin tuottamien tulosten välimaastoon. Muuttuvat kilpailutekijät, mahdolliset omistussuhdemuutokset, yhtiöstrategiat yms. tuovat paperimarkkinoille tuotantoennusteita komplisoivaa dynamiikkaa. Esimerkiksi rikkidirektiivin mahdolliset vaikutukset kilpailukenttään jäävät vain suuntaa-antaviksi. Tuotannon sopeutus päätösten logiikka taas riippuu yritysstrategioista, -järjestelyistä ja -rakenteista, joita on mahdollista ennustaa.

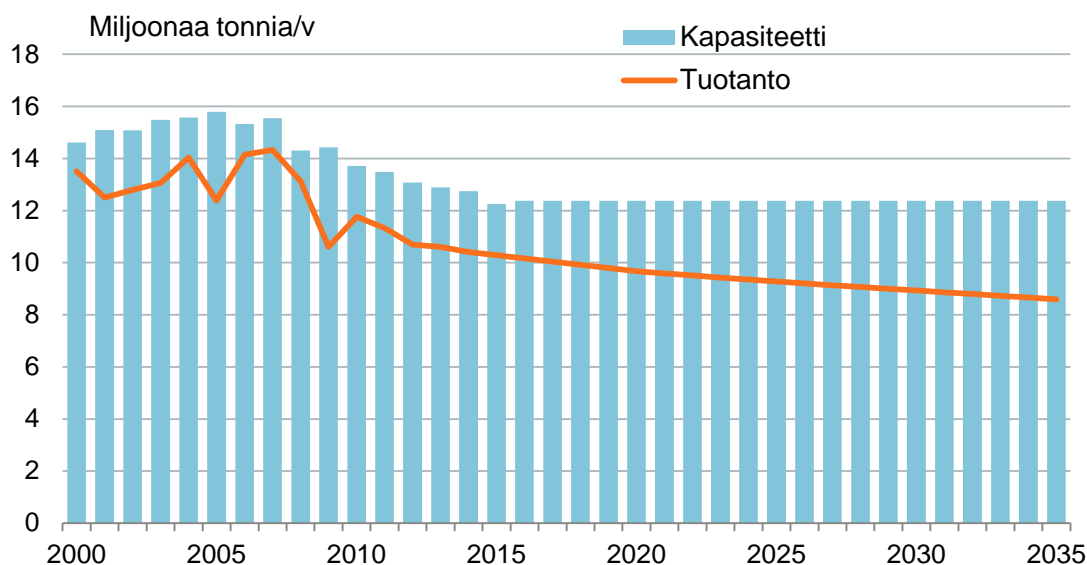
Veitsiluodon paperikone PM1 (MWC/HWC), Jämsänkosken paperikone PM5 (SC), Lappeenrannan paperikone PM2 (LWC) sekä Kauttuan ja Lohjan erikoispaperikoneet ovat poistuneet markkinoilta 2014-2015. Muitakin suomalaisia paino- ja kirjoituspapereita tuottavia tuotantoyksiköitä oletettavasti suljetaan Euroopan kysynnän alentuessa. Vaaravyöhykkeessä ovat erityisesti kilpailukykyvertailussa (tuottajien tarjontakäyrä) huonosti sijoittuvat tuottajat.

Suoraviivaisella markkinaosuustarkastelulla Suomen paino- ja kirjoituspaperien tuotannon voisi olettaa laskevan vuoden 2014 noin 6 miljoonan tonnin tasolta noin 3,7 miljoonaan tonniin vuoteen 2030 ja edelleen 3,1-3,2 miljoonaan tonniin vuoteen 2035 mennessä. Kilpailukykyseikat kuitenkin puoltavat Suomen nykyistä selvästi korkeampaa markkinaosuutta ennustajakson lopulla. Graafisten paperien tuotannon ennustetaan laskevan noin 2,5 miljoonalla tonnilla 3,5 miljoonaan tonniin vuoteen 2035 mennessä.

Suomen taivekartongin (FBB) kapasiteetti on noussut lähes 250 000 tonnilla vuosien 2011-2013 aikana pääasiassa Simpeleellä, Äänekoskella, Kyrössä ja Inkeröisissä tehtyjen koneuusintojen seurauksena. Varkaudessa on myös investoitu kapasiteetin nostoon yhteensä 400 000 tonnilla (PM3 lajikonversio hienopaperista valkopintaiselle ja ruskealle lainerille).

Pakkauskartonkien tuotannon odotetaan nousevan 1,1-1,2 miljoonalla tonnilla nykytasoltaan. Tutkimuksessa esitetyt tuotantoennusteet perustuvat siihen oletukseen, että Suomeen tulee vuosikymmenen puolivälissä kaksi kartonkikoneprojektia, joista toinen (Varkauden koneinvestointi) aloitti tuotantonsa vuodenvaihteessa 2015-2016 ja Kotkamillsin taivekartonkihanke vuoden 2016 aikana.

Pehmopaperin tuotannon ennustetaan pysyvän noin 170 000 – 180 000 vuositonniin tasolla lähivuosikymmenen aikana. Pakkaus- ja käärepapereiden tuotannossa ei ennakoita suuria muutoksia, sillä kysynnän ja suomalaisen tuotantokapasiteetin kilpailukyvyyn oletetaan pysyvän verraten vakaana lähivuosikymmenen aikana.



Kuva 3 Suomen paperin ja kartongin tuotannon kehitys 2000-2035

### 3.5.2 Massa

Paperimassan kulutusennusteet perustuvat paperin ja kartongin tuotantoennusteisiin. Kullekin paperin tuotealueelle määritetään valitun perusvuoden mukainen, sille ominainen massa- ja täyteainekoostumus. Kierrätyskuidun käytön jakaumat eri paperilaaduissa voidaan ratkaista kohtuullisella tarkkuudella CEPI:n (Confederation of European Paper Industries) tilaston pohjalta, jossa raportoidaan Suomen ja Norjan yhteenlasketut kierrätyskuitujakaumat. Ensi-kuidun ja täyteaineiden jakaumat tuotealueittain ratkaistaan niille tyypillisten kuitujakaumien mukaisesti; täsmäytys tilastollisiin raportointisuureisiin (massalajien kokonaiskulutus, paperilajien kokonaistuotanto) tapahtuu matriisissa, jossa rivit muodostuvat paperin ja kartongin lajeista ja sarakkeet massojen ja täyteaineiden tuotealueista.

Edellä kuvattu on ns. perusvuoden massa- ja täyteainekoostumusmatriisi, jossa jokainen tilastoitu massatonna on löytänyt paikkansa. Paperiteollisuuden ulkopuolinen käyttö (esimerkiksi revintämassat, kierrätyskuidun käyttö eristeisiin, muottituotteisiin esim. munakennot) arvioidaan erikseen.

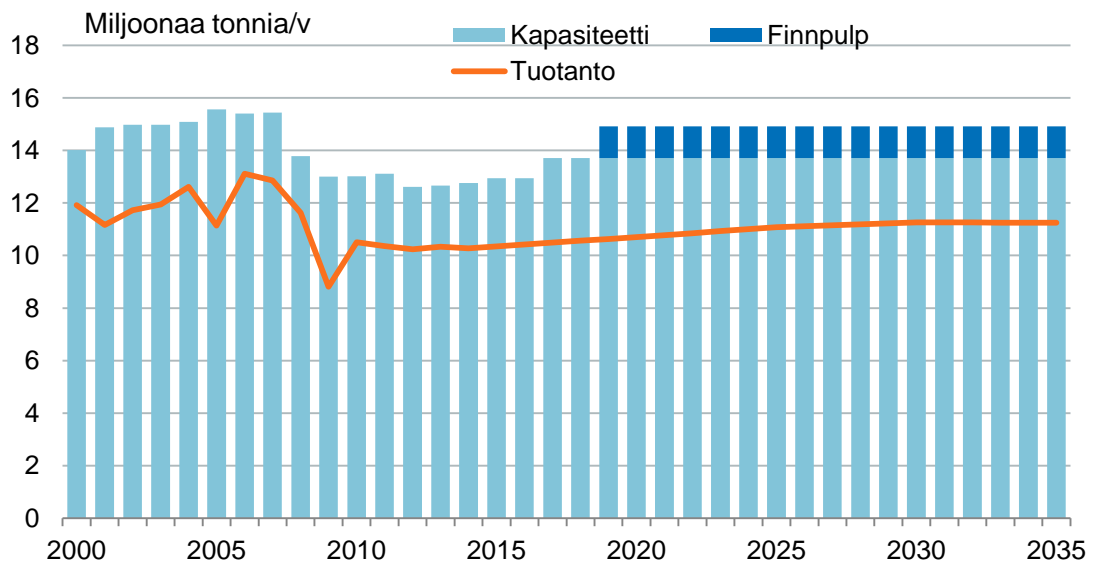
Perusvuoden matriisiin lisäksi arvioidaan tulevaisuuden (uuden teknologian) kuitujakaumat. Perusvuoden ja tulevaisuuden kuitujakaumamatriisien painoarvot muuttuvat tulevaisuuteen mentäessä ja oletusarvona on, että vanha teknologia korvautuu kokonaan uudella noin 30 vuodessa. Paperin tuotantoennusteiden ja ajassa muuttuvan massa- ja täyteainematriisin avulla estimoidaan tulevaisuuden massan kulutukset kullekin paperin ja kartongin tuotealueille. Samalla arvioidaan eri massojen käytön jakautuminen integroituun ja markkinamassaan. Arvio nojautuu vahvasti paperiteollisuuden rakenneanalyysiin (eri yksiköiden kilpailukyky ja asema nyt ja tulevaisuudessa).

Paperimassan tuotantoennusteet perustuvat paperiteollisuuden kuidun kulutusennusteisiin ja markkinamassan kysyntään ja tuotannon kehitysarvioihin. Markkinamassan tuotannon kehitysarviot laaditaan (1) ilmoitettujen hankkeiden (uudet linjat, tehtaat ja kapasiteetin laajennukset), (2) keskeisten vientimarkkinoiden kehityksen ja (3) markkinamassan tuotantolaitosten kilpailukykyyn perusteella. Kotimaisen puuraaka-aineen saatavuudella on keskeinen asema tuotantoennusteiden rajoitteita pohdittaessa.

Tuotannon ja nettokaupan arviot vuosille 2014–2035 ratkaistaan maittain ja tuotealueittain. Tämä tarkoittaa sitä, että Suomen tuotantoarvioita ei tehdä maailmanmarkkinoista irrallaan, vaan kaikkien tuottavien maiden tuotantoskenaariot täsmäytetään maailmanmarkkinoiden kehitykseen suhteellisen kilpailukyyn perusteella.

Ennustemenetelmään sisältyy rationaalisuuden oletus. Investointirahoituksen oletetaan toimivan mielekkäällä tavalla, jolloin kilpailukyvyttömät hankkeet karsiutuvat jo ennen toteutumistaan. Suomen markkinasellun kilpailuasemaan vaikuttavat tekijät kiteytyvät kolmeen seikkaan: (1) Kanadan havusellun tuotantonäkymät, (2) Pohjoismaiden – Suomen ja Ruotsin – kilpailuasemaan maailmanmarkkinoilla ja (3) Venäjän selluhankkeiden kehitykseen. Kanadan (erityisesti B.C. ja Alberta) tuotannon odotetaan laskevan vuoristonilurin (*Dendroctonus ponderosae*) aiheuttamien metsätuhojen ja siihen liittyvän sahateollisuuden alasajon seurauksena. Venäjällä on mittavat ja kohtalaisen kilpailukykyiset puuvarat, mutta selluhankkeiden toteutumista ovat vaikeuttaneet mm. investointi-ilmapiiriin liittyvät kysymykset, Venäjän mittavat investointitarpeet infrastruktuuriin sekä konsessiometsätalouden aiheuttamat puuraaka-aineen korjuun ja käytön tasapainotusongelmat.

Sellun markkinaennusteissa on huomioitu mm. Äänekosken investointipäätös sekä Finnpulpin sellutehdasprojekti, jotka kasvattaisivat Suomen markkinasellun tuotantoa n. 2 miljoonalla tonnilla ensi vuosikymmenen puoleenväliin mennessä. Myös muita sellutehdassuunnitelmia on viety eteenpäin Kemijärvellä sekä Kajaanissa, mutta tuotantoennuste vuonna 2015 ei huomioinut niiden vaikutusta. Uusien sellutehdasinvestointien myötä kemiallisen massan tuotannon ennustetaan kasvavan 1.8 miljoonalla tonnilla nykytasoon verrattuna. Mekaanisten massojen tuotannon ennustetaan laskevan 0.9 miljoonaa tonnia vuoteen 2035 mennessä.

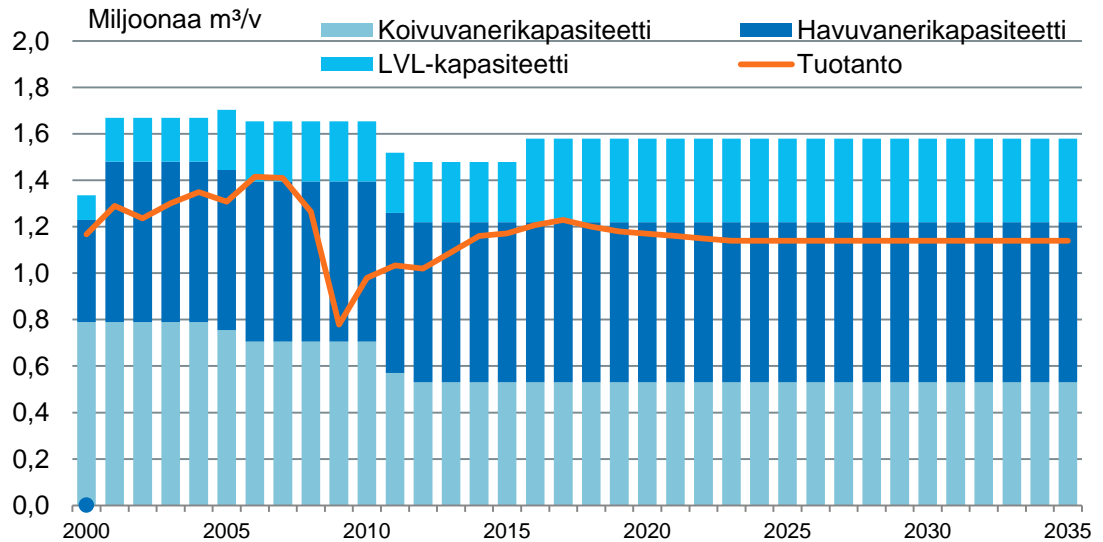


Kuva 4 Suomen massateollisuuden tuotannon kehitys 2000 – 2035

### 3.5.3 Mekaaniset puutuotteet

Mekaanisten puutuotteiden tuotantoennusteet perustuivat tuote- ja aluekohtaisiin kysyntäennusteisiin sekä suomalaisten tuotantolaitosten kilpailukykyyn. Vaneriteollisuuden kehitys Suomessa on kolmitahoinen: Viilupuu (LVL) tuotanto kasvaa Stora Enson uuden tuotantolaitoksen myötä 90 000 kuutiolla vuodessa. Suomen LVL-tuotannon kilpailukyky on hyvällä tasolla.

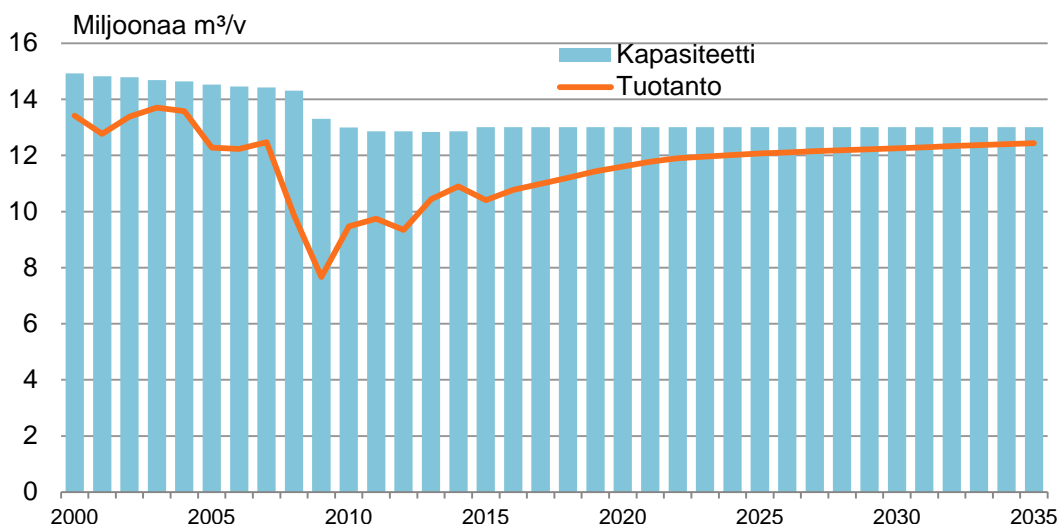
Brasilia ja Venäjä luovat kustannuspainetta Suomen ikääntyvälle havuvanerituotannolle. Tuonti Brasiliasta Eurooppaan on kasvussa ja Venäjän kotimarkkinoiden heikentyminen on aiheuttanut vientipainetta paikalliselle havuvaneriteollisuudelle. Suomen havuvanerituotannon ennustetaan laskevan samalla kun LVL:n tuotanto kasvaa. Myös OSB-levyn (eng. oriented strand board eli suunnattu suurlastulevy) kasvu Euroopassa on pienentänyt havuvanerin kysyntää. Suomalaisen koivuvaneriteollisuuden tuotantokustannustaso on korkea, mutta se on kuitenkin onnistunut segmentoitumaan korkean jalostusasteen, kuten ajoneuvoteollisuudessa ja LNG-tankkereissa käytettäviin vanerituotteisiin. Koivuvanerin Euroopan markkinoiden odotetaan nousevan 200 000 m<sup>3</sup>/a vuoteen 2020 mennessä.



**Kuva 5 Suomen vaneriteollisuuden tuotannon kehitys 2000-2035**

Suomen sahateollisuus on kasvattanut vientiä Lähi-itään ja Pohjois-Afrikkaan. Pääasiassa Kiinan ja mahdollisesti Pohjois-Amerikan markkinoiden odotetaan tarjoavan suomalaiselle sahatavaratuotannolle kasvumahdollisuuksia. Suomen metsäteollisuuden hakkuut tulevat kasvamaan lähitulevaisuudessa uusien sellutehdasprojektien myötä. Kasvavien hakkuiden myötä sahausmäärien tulisi kasvaa ja sahakapasiteettia saadaankin tarvittaessa lisää vuorojärjestelyillä ja marginaali-investoinneilla (Verkasalo; Kilpeläinen; Salminen; & Kurttila, 2016). Myös piensahojen tuotanto voi kasvaa nopeastikin, jos markkinanäkymät parantuvat. Suomen sahakapasiteetti kasvoi vuonna 2015 300 000 m<sup>3</sup>:lla kun Keitele Group rakensi Kemijärvelle uuden Lappi Timberin sahan. Sahatavaratuotannon ennustetaan nousevan yli 12 miljoonaan kuutiioon vuoteen 2035 mennessä.

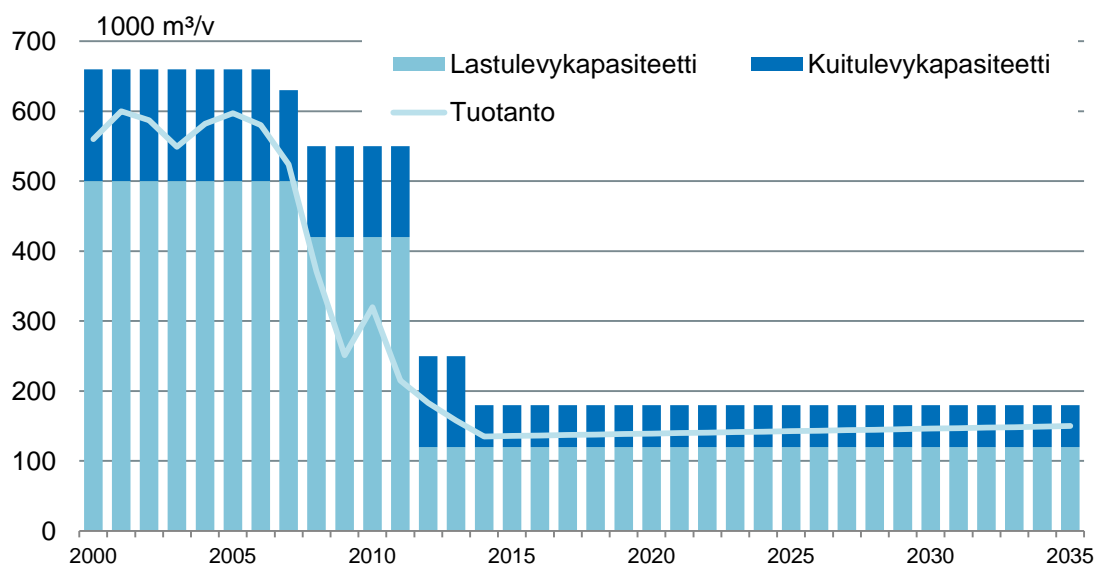




**Kuva 6 Suomen sahateollisuuden tuotannon kehitys 2000-2035**

Suomen lastulevytuotanto on alentunut merkittävästi kilpailutilanteen kiristyessä. Suuret uudet lastulevylaitosinvestoinnit Venäjälle, Baltiaan sekä Itä-Eurooppaan ovat matalan kustannustasonsa ansiosta kasvattaneet vientimääriään myös Suomeen. Tuotantolaitoksista on jäljellä Koskisen Oy:n lastulevytehdas Kärkölässä. Tehtaaseen on investoitu viime vuosina, ja tehtaan asema kotimarkkinoilla on vahva. Tuotantolaitos on integroitu sahaan, mikä varmistaa kustannuskilpailukykyisen raaka-aineen saatavuuden.

Näin ollen lastulevytuotannon ennustetaan kasvavan, tosin maltillisesti, samaan aikaan kun kuitulevyn tuotanto laskee. Kokonaisuudessaan lastu- ja kuitulevytuotannon ennustetaan kasvavan nykytasoltaan noin 10 % vuoteen 2035 mennessä



**Kuva 7 Suomen lastu- ja kuitulevyteollisuuden tuotannon kehitys 2014-2035**

### 3.6 Nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoskenaariot

Nestemäisten biopolttoaineiden tarvetta Suomessa on arvioitu eri selvityksissä viime vuosina. Näissä yhteyksissä on myös arvioitu puu- ja jättepohjaisiin raaka-aineisiin perustuvaa tuotantoa. VTT-VATT selvityksessä (Nylund & al., 2015) kotimaisten puupohjaisten biopolttoaineiden tuotanto arvioitiin kansantaloudellisesti tehokkaaksi tavaksi vähentää liikenteen ja taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjä. Vuoden 2015 selvityksessä arvioitiin kotimaisen biopolttoaineen lisätuotantomahdollisuudeksi 850 000 toe/a, tuotannon perustuessa pääosin puubiomassaa ja mustalipeää hyödyntäviin laitoksiin.

Vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian valmistelua varten Pöyry arvioi uudet puupohjaisten biopolttoaineiden tuotantoskenaariot. Skenaarioiden tavoitteena oli tutkia biopolttoaineiden tuotannon vaikutusta puumarkkinoihin ja välillisesti metsäteollisuuden ja energiantuotannon puunkäyttöön ja puun hintaan. Skenaarioiksi valittiin matala ja korkea tuotantoskenaario, joiden avulla voitiin arvioida puumarkkinavaikutuksia tuotannon eri tasoilla. Biopolttoaineen tuotannon lisääntymisen todennäköisyyteen ei kuitenkaan otettu kantaa, sillä hankkeiden kehitys on ollut viime vuosina haasteellista. Tämä johtuu poliittisesta epävarmuudesta sekä öljyn hinnan laskusta. Kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa biopolttoaineiden puuraaka-aineen kysynnässä oli mukana Fortumin pyrolyysilaitos Joensuussa sekä St1:n rakenteilla oleva sahanpuruun perustuva etanolilaitos Kajaanissa.

Viimeisten VTT:n liikenteen polttoaineiden kulutusarvioiden mukaan vuonna 2030 biopolttoaineiden kokonaistarve olisi noin 1.1 miljoonaa toe:ta. Nesteen ja UPM:n uusiutuvan dieselin vuosituotanto on nykyisellään noin 500 000 toe, jolloin uuden tuotannon lisätarve olisi noin 600 000 toe/v. Nykytuotannon oletettiin täyttävän vuoteen 2030 saakka vaaditut kestävyyskriteerit niin tuotannon kuin raaka-aineen osalta, joskin joulukuussa 2016 julkaistu Komission uusi direktiiviehdotus ja sen tulevat neuvottelut sekä toimeenpano voivat tätä oletusta muuttaa. Keskeinen kysymys on mitkä raaka-aineet katsotaan jatkossa ympäristön kannalta kestäviksi.

Matala biopolttoaineiden tuotantoskenaario lähtee oletuksesta, jonka mukaan kotimaisten biopolttoaineiden vuosituotanto metsäbiomassasta ylittäisi 300 000 toe:n tasolle vuonna 2030. Käytännössä tämä tarkoittaa että puolet uuden tuotannon lisätarpeesta täytettäisiin kotimaisilla puupohjaisilla biopolttoaineilla ja toinen puoli nykyisten öljyn- ja biojalostamoiden kapasiteetin lisäyksellä hyödyntäen erilaisia jäterasvoja ja –öljyjä sekä mäntyöljyä.

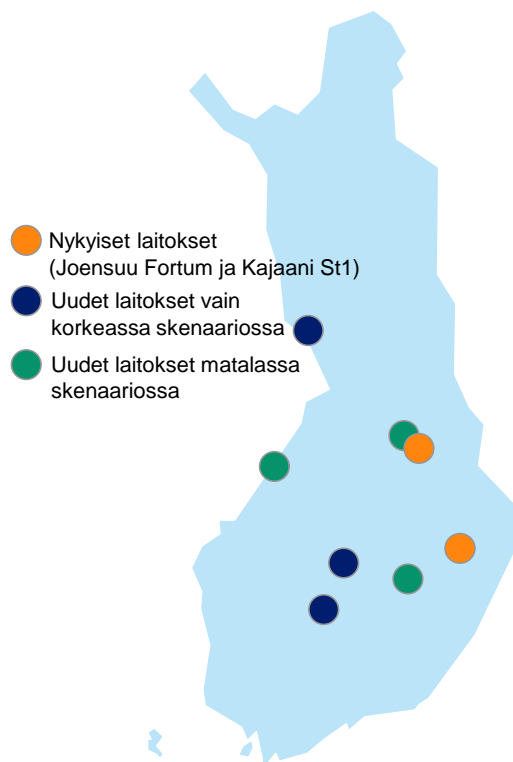
Puupohjaisten biopolttoaineiden lisätuotannon laituskooksi valittiin 100 000 toe/v, joka vastaa viime vuosina suunnitteilla olevia kaasutukseen perustuvien biopolttoainehankkeiden kapasiteettia. Nämä laitokset voisivat raaka-ainetarpeen puolesta perustua pitkälti teollisuuden sivuvirtoihin ja metsähakkeeseen. Skenaarion mukaiset kolme laitosta piti sijoittaa puumarkkinamallinnuksessa jonnekin päin Suomea. Paikkakuntien valinnassa otettiin huomioon kilpailu sivutuotteista ja metsähakkeesta, metsäteollisuuden tuotantolaitokset sekä mahdolliset jo tehdyt biopolttoainetuotantoon liittyvät kehitys- tai selvityshankkeet. Matalan tuotannon skenaariossa paikkakunniksi valittiin Kokkola, Kajaani sekä Varkaus, joiden nähtiin olevan kilpailukykyisiä sijoituspaikkakuntia raaka-aineen saatavuuden suhteen.

Korkean biopolttoaineiden tuotantoskenaarion lähtökohtana oli tarkastella tilannetta, jossa Suomeen syntyisi merkittävää uutta biopolttoaineiden tuotantoa. Lisätuotannolla tähdättäisiin niin kotimaisen kuin mahdollisesti polttoaineen viennin kautta tapahtuvaan liikenteen päästöjen vähentämiseen myös muissa maissa. Vallitsevien EU:n sisämarkkinasäädösten mukaisesti on epärealistista ajatella, että Suomen biopolttoaineiden tuotanto voitaisiin saada eri ohjaukskeinoilla vastaamaan juuri kotimaista kysyntää. Mikäli Suomi on hyvä toimintaympäris-

tö puupohjaisten edistyksellisten biopolttoaineiden tuotannolle, on mahdollista että tuotantokapasiteettia syntyisi yli kotimaan tarpeen. Myös puumarkkinavaikutuksia tarkasteltaessa tavoitteena oli löytää taso, jolla etukäteen uskottiin olevan myös negatiivisia vaikutuksia muille puukäyttösektoreille. Skenaariorajausten avulla vaikutusten suuruusluokkaa ja mekanismeja pyrittiin ymmärtämään paremmin.

Korkean biopolttoaineiden tuotantoskenaarion kotimaiseen metsäbiomassaan perustuvan tuotannon määräksi määriteltiin 700 000 toe/v uusiutuvaa dieseliä ja bensiiniä. Tuotannon lisäys oletettiin tehtävän kolmella lisätuotantolaitoksella, joista kahden kapasiteetiksi oletettiin 100 000 toe/v laitosta kohden sekä yksi suurempi 200 000 toe:n laitos Kemiin. Tällä tuotantolaitoksella pyrittiin kuvaamaan Kaidi Finlandin laitosta. Kaksi pienempää laitosta sijoitettiin Äänekoskelle ja Jämsänkoskelle, joiden nähtiin olevan hyviä paikkakuntia sivuotteiden saatavuuden suhteen ja mahdollistavan tehdasintegraation nykytuotantoon.

Kaidin Kemin laitoksen luvut tässä mallinnuksessa eivät vastaa täysin yhtiön itse ilmoittamia viimeisimpiä lukuja tuotannon ja kustannuksien osalta, sillä niistä oli hyvin vähän julkista tietoa saatavilla keväällä 2016, jolloin puumarkkinamallin kysyntää mallinnettiin. Puun kysynnän uskotaan kuitenkin kuvaavan hyvin suunnitellun laitoksen tarvetta, ja kustannusten epävarmuuksilla ei arvioissa ole merkitystä, sillä puustamaksukyvyt asetettiin niin korkeaksi että laitokset saavat tarvitsemansa raaka-aineen. Biopolttoaineiden tuotantolaitokset eri skenaarioissa on esitetty Kuva 8.

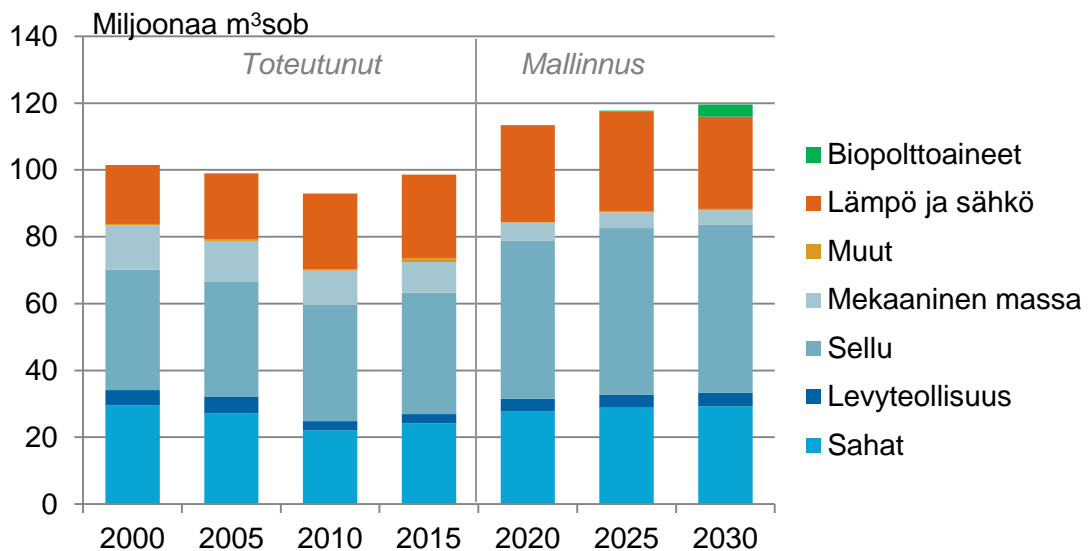


Kuva 8 Biopolttoaineiden tuotantolaitokset eri skenaarioissa

## 4 SUOMEN PUUNKÄYTÖN SKENAARIOT VUOTEEN 2030

Suomen puunkäytön kehitysnäkymät korkean ja matalan biopolttoaineen tuotannon skenaarioiden mukaisesti laskettiin Pöyry puumarkkinamallilla. Puun käyttö matalan biopolttoainetuotannon skenaariossa kasvaa vuoden 2015 tasosta (99 miljoonaa m<sup>3</sup>) noin 21 miljoonalla m<sup>3</sup>:lla vuoteen 2030 mennessä. Tästä kasvusta suurin osa, 14 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä, johtuu selluteollisuuden uusien hankkeiden aiheuttamasta puunkäytön kasvusta. Mallinnuksen mukaan myös sahateollisuuden puunkäyttö kasvaa yli 5 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä johtuen osittain selluteollisuuden kuitupuun kysynnän kasvusta johtuvasta hakkuumäärän kokonaislisäyksestä.

Biopolttoainetuotannon puunkäyttö on matalassa tuotantoskenaariossa 3,7 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuodessa. Koska nykyisin puuta ei juuri biopolttoaineiden valmistukseen käytetä, määrä on lähes kokonaisuudessaan lisäystä nykytasoon verrattuna. Kokonaispuunkäytössä näkyy myös mekaanisen massan kysynnän laskusta johtuva massanvalmistuksen väheneminen. Tähän on pääsääntöisesti syynä painopaperin heikko tulevaisuuden kysyntänäkymä. Puun käyttö mekaanisen massan valmistuksessa laskee noin 4,8 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä. Lämmön- ja sähkötuotannossa puunkäyttö kasvaa matalan biopolttoainetuotannon skenaariossa noin 2,6 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuoteen 2030 mennessä verrattaessa vuoden 2015 toteutuneeseen käyttöön.

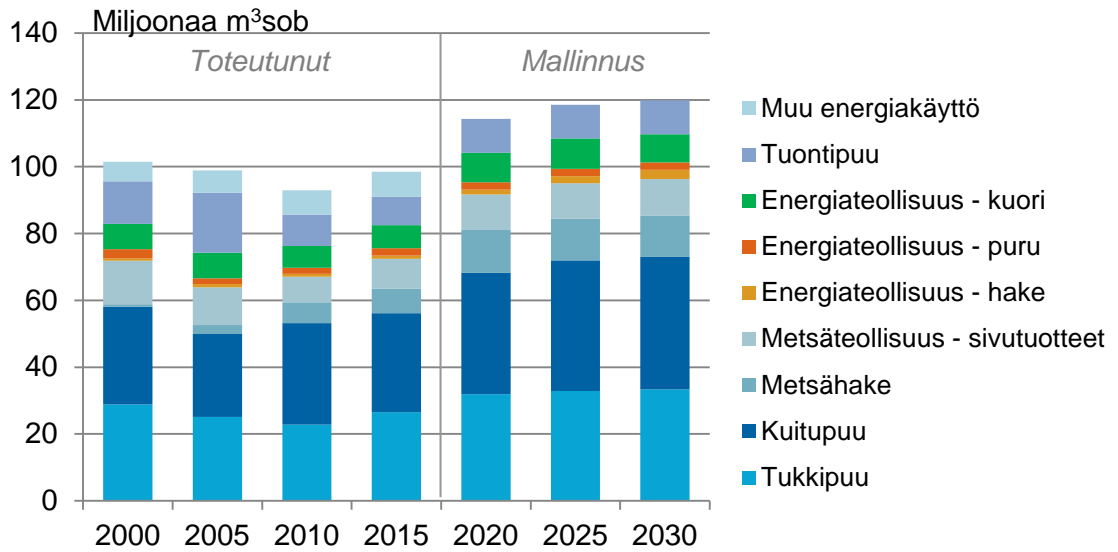


Kuva 9 Suomen puunkäyttö loppukäyttöittäin matalan biopolttoainetuotannon skenaariossa (Historialähde: (Luonnonvarakeskus, 2015))

Puunkäytön kasvu kohdistuu mallin tuloksissa erityisesti kuitu- ja tukkipuuhun, joiden käyttö kasvaa yhteensä noin 17 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuodessa vuoteen 2030 mennessä. Tästä kuitupuun käytön kasvu on noin 10 ja tukkipuun käytön kasvu noin 7 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä.

Metsähakkeen käyttö kasvaa myös noin 5 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuodessa. Iso osa kasvusta johtuu puumarkkinamallin täydellisten markkinoiden oletuksesta suhteessa toteutuneeseen metsähakkeen käyttöön. Mallinnuksen tuloksissa metsähakkeen käyttö kasvaa maltillisesti mallinnetusta perusvuodesta 2014. Ero mallin tulosten ja historiallisten käyttöjen välillä kuvastaa metsähakkeen toimitus- ja käyttöketjujen optimointipotentiaalia. Potentiaali voidaan kuitenkin saavuttaa vuoteen 2030 mennessä, mikäli kasvava kysyntä ja teknologian sekä toimitusket-

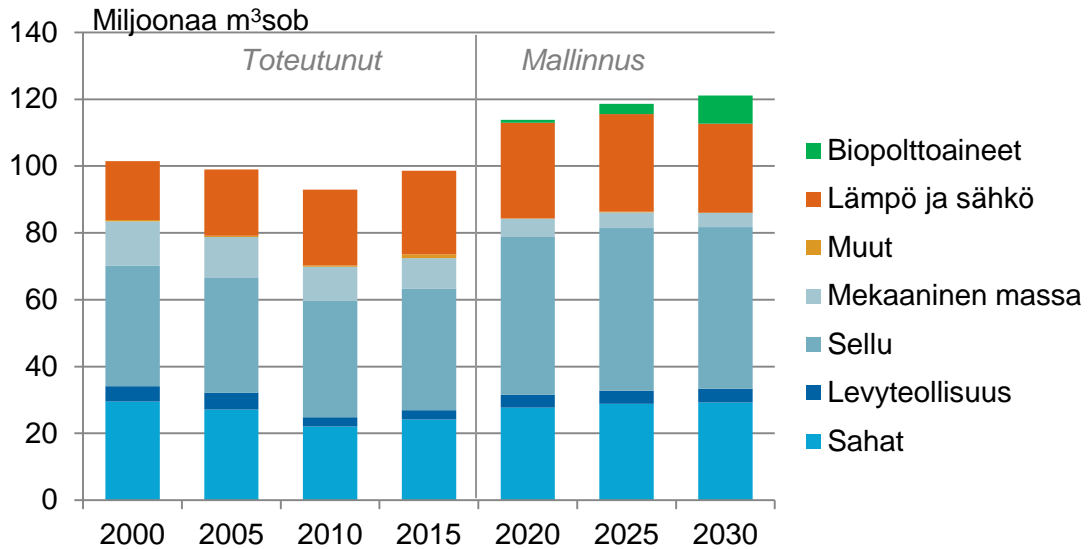
jun kehitys johtavat tuottavuuden kasvuun. Sivutuotteiden käyttö kasvaa noin 5 miljoonaa kuutiometriä lähinnä kuoren ja sahalakkeen kasvavan tarjonnan myötä.



**Kuva 10 Suomen puunkäyttö puutavaralajeittain sekä sivutuotteittain matalan biopolttoainetuotannon skenaariossa (Historialähde (Luonnonvarakeskus, 2015):)**

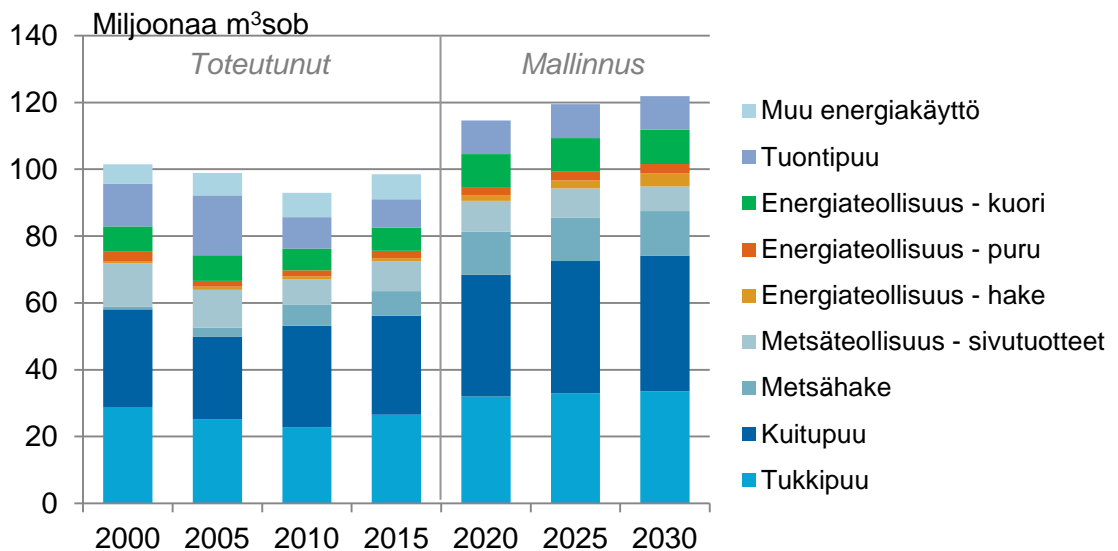
Puun käyttö korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa kasvaa vuoden 2015 vertailutasosta (99 miljoonaa m<sup>3</sup>) reilulla 22 miljoonalla m<sup>3</sup>:llä vuoteen 2030 mennessä. Tästä kasvusta suurin osa, 12 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä aiheutuu selluteollisuuden puunkäytön kasvusta. Myös sahateollisuuden puunkäyttö kasvaa yli 5 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä. Kokonaispuunkäytössä näkyy myös mekaanisen massan tuotannon lasku, joka johtuu pääsääntöisesti painopaperituotannon heikoista tulevaisuuden kysyntänäkymistä. Tämä lasku on noin 4,8 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuoteen 2030 mennessä eli saman verran kuin alhaisen biopolttoainetuotannon skenaariossa.

Lämmön- ja sähköntuotannon puunkäyttö vähenee korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa noin 1.1 miljoonaa m<sup>3</sup> vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2015 toteutuneeseen tilastolliseen vertailulukuun. Biopolttoaineiden puunkäyttö nousee korkean tuotannon skenaariossa 8.4 miljoonaa m<sup>3</sup>:n vuodessa vuoteen 2030 mennessä. Tämä määrä on lähes täysimääräisesti lisäystä nykytasoon verrattuna.



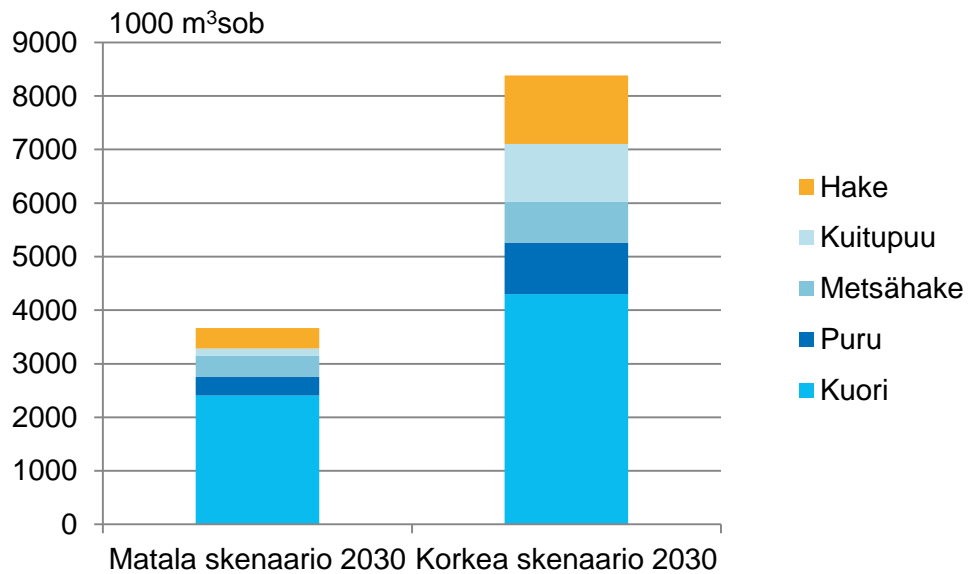
**Kuva 11 Suomen puunkäyttö loppukäyttöittäin korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa (Historialähde: (Luonnonvarakeskus, 2015))**

Mallinnuksen tuloksissa kuitu- ja tukkipuun käyttö kasvaa yhteensä noin 18 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa (kuitupuun 11 miljoonaa m<sup>3</sup> ja tukkipuun 7 miljoonaa m<sup>3</sup>) vuoteen 2030 mennessä. Metsähakkeen käyttö kasvaa myös noin 6 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä vuodessa; kasvusta iso osa johtuu puumarkkinamallin optimaalisesta markkinaoletuksesta suhteessa nykytilanteeseen. Mallinnuksen tuloksissa metsähakkeen käyttö nousee vain vähän mallinnetusta perusvuodesta 2014, joka kuvastaa metsähakkeen toimitus- ja käyttöketjujen optimointipotentiaalia. Tämä potentiaali voidaan kuitenkin saavuttaa vuoteen 2030 mennessä, mikäli kasvava kysyntä ja teknologian sekä toimitusketjujen kehitys johtavat tuottavuuden paranemiseen. Sivutuotteiden käyttö kasvaa noin 5 miljoonaa kuutiota lähinnä kuoren ja saharakkeen ainepuukäytön luoman kasvavan tarjonnan myötä.



**Kuva 12 Suomen puunkäyttö puutavaralajeittain sekä sivutuotteittain korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa (Historialähde: (Luonnonvarakeskus, 2015))**

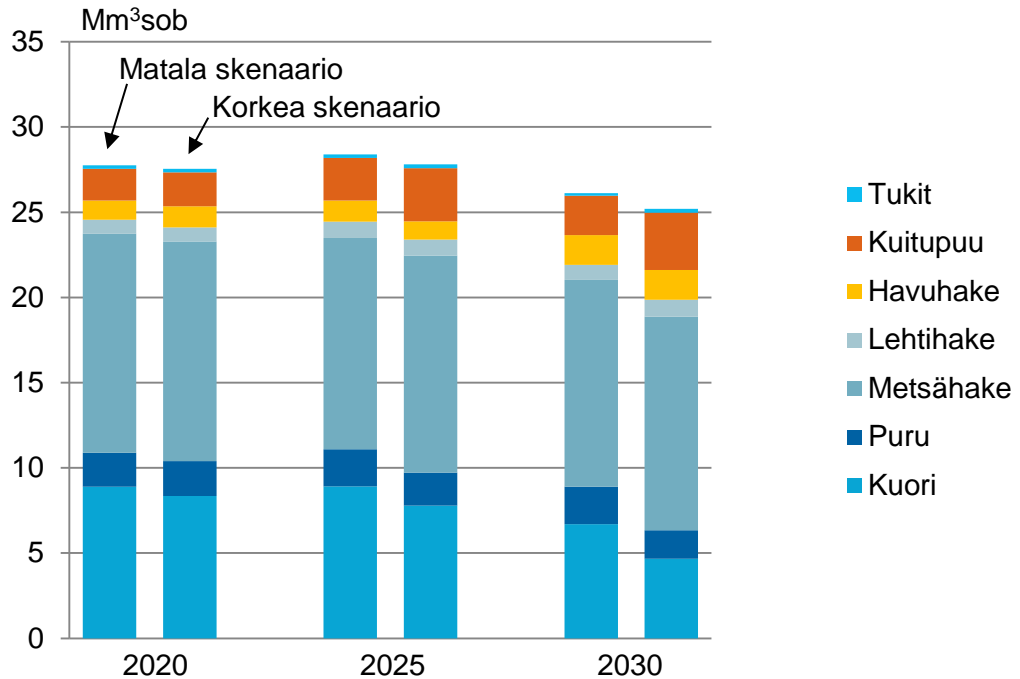
Matalan ja korkean biopolttoainetuotannon skenaarioiden puunkäytön eroilla voidaan tutkia, miten kasvava biopolttoaineiden tuotanto vaikuttaisi puumarkkinoihin. Ensimmäinen oleellinen vertailu on miten biopolttoaineiden käyttämät puuraaka-aineet matalassa ja korkeassa skenaariossa jakaantuvat eri jakeisiin. Matalassa skenaariossa biopolttoaineiden puunkäyttö perustuisi mallin mukaan pääasiassa kuoreen (66 % kokonaiskäytöstä), puruun (9%) ja metsähakkeeseen (11%), jolloin kuitupuun ja sahanhakkeen osuus olisi vähäinen eli noin 14 prosenttia. Korkeassa skenaariossa sivutuotteiden osuus olisi myös suuri (62%) ja metsähakkeen osuus laskisi hieman (9%), mutta kuitupuun ja sahanhakkeen osuus kasvaisi jo merkittäväksi (28%) vastaten noin 2,4 miljoonaa m<sup>3</sup>:ävuodessa.



**Kuva 13 Nestemäisten biopolttoaineiden tuotannon raaka-aineet matalassa ja korkeassa skenaariossa**

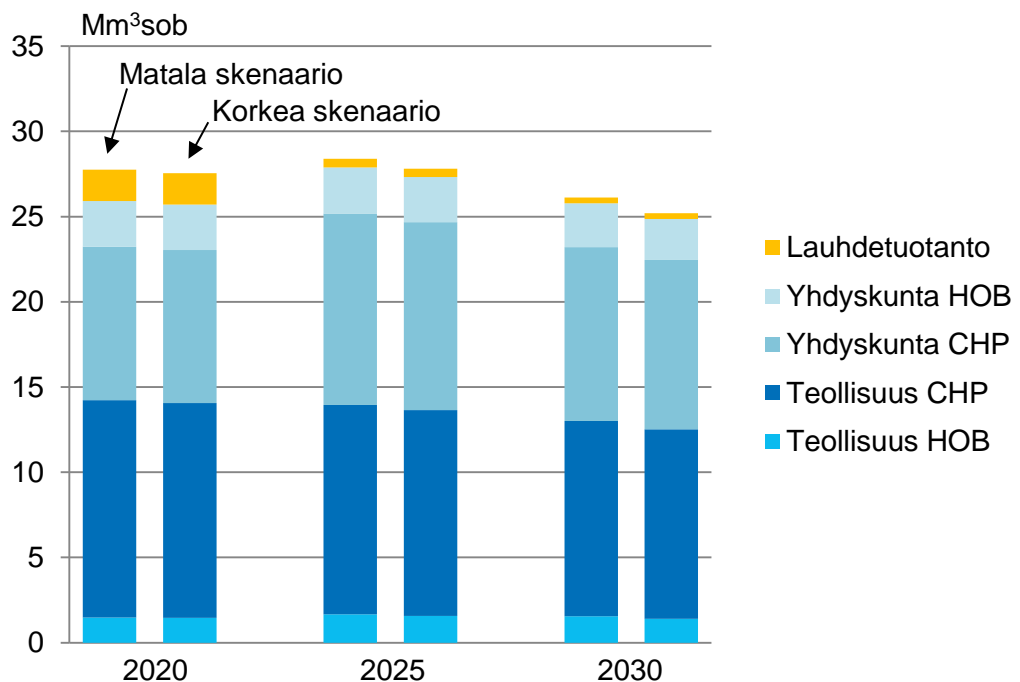
Toiseksi skenaarioiden välillä tutkittiin lisäksi puun energiakäytön kehitystä puutavaralajeittain ja sivutuotteittain sekä energiantuotantotyypeittäin. Vertailussa on huomioitiin vain mallinnetut tulevaisuuden käytöt, sillä Luonnonvarakeskuksen tilastojen avulla ei päästä täysin yhtenevään jaotteluun, eivätkä mallin optimoidut käytöt vastaa täysin toteutuneita käyttäjiä.

Tulokset antavat kuitenkin viitteitä siitä, mistä muista loppukäyttöistä biopolttoaineet voisivat puuraaka-ainetta puumarkkinamallin avulla määritetyssä optimaalisessa tilanteessa. Tarkasteltaessa puun energiakäyttöä jakeittain huomataan kasvavan biopolttoaineiden tuotannon vähentävän erityisesti kuoren ja jonkin verran purun energiakäyttöä. Tämä on luontevaa, sillä biopolttoainetuotannossa raaka-aineiden kosteudella on vähemmän taloudellista merkitystä kuin suorassa poltossa. Puuta polttavat lämpö- ja voimalaitokset voivat maksaa kuivasta raaka-aineesta kuutiota kohden enemmän kuin määräästä puupolttoaineesta.



Kuva 14 Energiantuotannon puunkäyttö jakeittain matalassa ja korkeassa skenaariossa

Biopolttoaineiden vaikutus eri energiantuotantomuotoihin on mallinnuksen tulosten mukaan kohtalaisen samankaltainen. Eri lämmön- ja sähköntuotantolaitokset vähentäisivät puun energiakäyttöä lähes samassa suhteessa. Puumarkkinamalli käsittelee energiantuotannon laitoksia vain polttoaineen vertaiskustannuksen kautta, jolloin suuria eroja laitosten välille ei synny. Poltettavaan puun määrään vaikuttaa siis vain hankinnassa saatava määrä maksukyvyn ja kuljetusmatkan funktiona.



Kuva 15 Energiantuotannon puunkäyttö laitostyypeittäin matalassa ja korkeassa skenaariossa



Esitettyjen matalan ja korkean biopolttoainetuotannon skenaarioiden lisäksi puumarkkinamallilla tutkittiin skenaariota, jossa kaikki 7 biopolttoainelaitosta (Kuva 8) kilpailisivat puuraaka-aineesta mallinnetun puustamaksukyvyyn kautta. Tässä mallinnuksessa biopolttoaineille oletettiin 30 prosentin investointiavustus, jollaista on ollut mahdollista hakea uuden teknologian demonstroiintiin sekä EU:lta NER300-hakuohjelmasta että TEM:n biojalostamotuista. Puupohjaisen biopolttoainemallilaitosten (kaasutus-FT) puustamaksukyvyksi saatiin määriteltyä noin 32 EUR/m<sup>3</sup> olettaen 100 000 toe:n vuosituotannon, 450 miljoonan euron investointikustannuksen sekä noin 1,2 miljoonan m<sup>3</sup>:n vuosittaisen kokonaispuunkulutuksen.

Mallin tuloksena vain yksi laitos seitsemästä pystyi hankkimaan noin puolet tarvitsemastaan raaka-aineesta ja suurin osa vain noin kolmanneksen. Mikäli biopolttoainetehtaan puun markkinaehtoinen saatavuus jäisi näin alhaiseksi, ei se pystyisi toimimaan taloudellisesti kannattavan toiminnan edellyttämällä käyntiasteella. Laitosten taloutta rasittavat erityisesti korkeat pääomakustannukset, joiden takia laitoksia pitäisi pystyä ajamaan täydellä kapasiteetilla. Edellä kuvatusta syystä kyseisen ns. vapaan skenaarion puunkäyttöjä tai vaikutuksia ei ole mielekäästä tarkastella tarkemmin.

## 5 BIOPOLTTOAINEIDEN TUOTANNON VAIKUTUS METSÄ- JA ENERGIAATEOLLISUUTEEN

### 5.1 Biopolttoaineiden korkean tuotannon skenaarion vaikutus muiden sektoreiden puunkäyttöön

Tarkasteltaessa puun käyttöä skenaarioiden välillä eri loppukäytöissä, voidaan arvioida perustuuko biopolttoaineiden kasvava tuotanto kasvaviin hakkuisiin vai vähentääkö sen tuotanto muiden loppukäyttöjen puunkäyttöä. Korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa kasvavan kysynnän arvioidaan pääasiassa kilpailevan sellutehtaiden ja energialaitosten kanssa (Taulukko 2). Puunkäyttö näillä sektoreilla vähenee noin 3,2 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä samalla kun biopolttoaineiden valmistukseen menevän puun määrä kasvaa 4,7 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä.

Puun kokonaiskäyttö kasvaa noin 1,5 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä, joka on peräisin lähinnä kasvavista harvennushakkuista. Vertailusta voi nähdä korkean biopolttoainetuotannon skenaarion välilliset vaikutukset selluteollisuuden tuotannon määrään. Käytännössä biopolttoaineiden tuotannon kasvava puuntarve heikentää joidenkin sellutehtaiden puunhankintamahdollisuuksia ja rajoittaa sitä kautta sellun tuotantoa. Myös energiantuotannosta siirtyy erityisesti sivutuotteita ja metsähaketta biopolttoainelaitoksille, jolloin niiden tarvitsee hankkia muita polttoaineita korvaamaan puupolttoaineita. Muu käytön väheneminen johtuu pääosin sahanpurusta valmistetun pelletin tuotannon laskusta.

**Taulukko 2 Korkean biopolttoainetuotantoskenaarion puunkäytön muutos verrattuna matalaan skenaarioon vuonna 2030**

1000 m <sup>3</sup> sob	2020	2025	2030
Sahat	0	0	0
Levyteollisuus	0	0	0
Sellu	-70	-190	-1 910
Mekaaninen massa	0	0	0
Muut (pelletit)	-50	-190	-340
Lämpö ja sähkö	-200	-580	-920
<b>Muut yhteensä</b>	<b>-320</b>	<b>-1 080</b>	<b>-3 160</b>
Biopolttoaineet	310	920	4 720

Mallin eräänä keskeisenä oletuksena oli, että puun tuonti säilyy noin 10 miljoonan m<sup>3</sup>:n tasolla. Tällä oletuksella voi olla vaikutusta biopolttoaineiden valmistukseen vaadittavan puunkäytön lisäyksen aiheuttamiin negatiivisiin vaikutuksiin muille sektoreille. Suomen ulkorajojen tai satamien läheisyyteen sijoittuvilla biopolttoainelaitoksilla on useimmiten myös hyvät mahdollisuudet puun tuontiin Itämeren alueelta ja Venäjältä ja tuonnilla voidaankin ajatella ainakin teoriassa voitavan vähentää painetta kotimaisilla puumarkkinoilla.

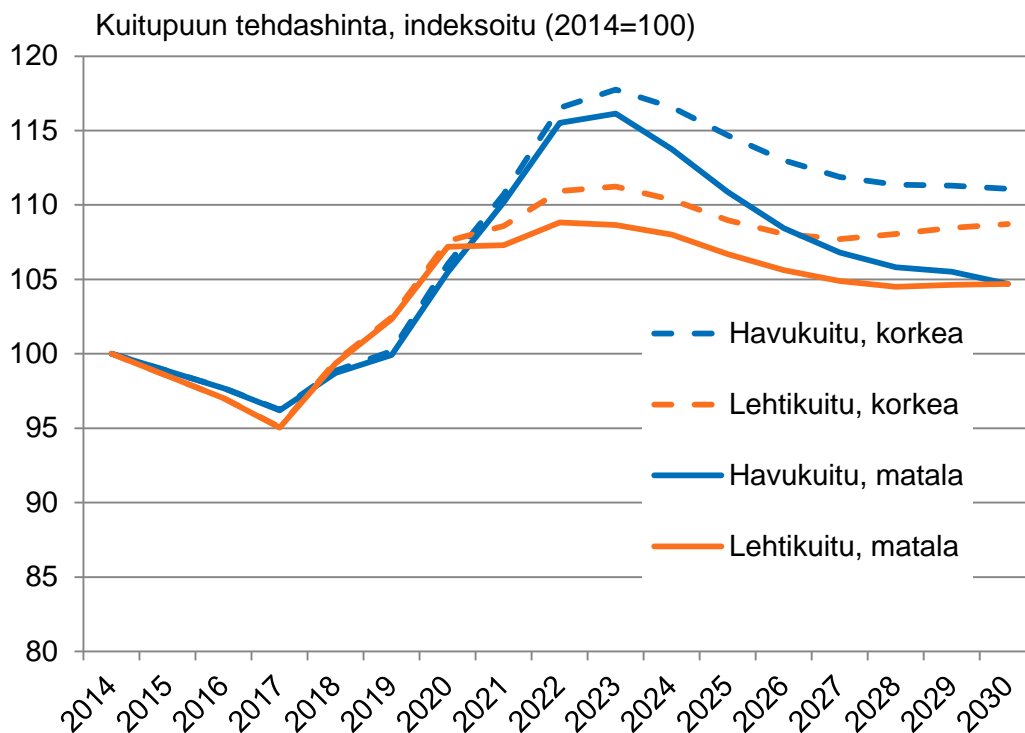
## 5.2 Biopolttoaineiden vaikutus massanvalmistuksen kuitupuukustannuksiin ja metsäteollisuuden kilpailukykyyn

Mallinnusten tulosten mukaan puun kasvava kysyntä tiukentaa kilpailua puumarkkinoilla, joka johtaa puukustannusten nousuun. Tässä työssä pyrittiin myös tutkimaan korkean biopolttoainetuotannon aiheuttamia epäsuoria vaikutuksia erityisesti metsäteollisuuteen. Yksi oleellinen kilpailutekijä metsäteollisuuden tuotannolle on ainespuun hinta tehtaalla. Hinta koostuu kantohinnasta, korjuu-, kuljetus- ja hankinnan yleiskustannuksista.

Puumarkkinamallin avulla tarkasteltiin massateollisuuden keskimääräisen puukustannuksen kehitystä niin havu- kuin lehtikuidulle. Malliteknisestä volatiliiteetistä johtuen hintasarjaa tarkastellaan kolmen vuoden liukuvana keskiarvona, joka kuvaa paremmin teollisuuden ostokäyttäytymistä ja markkinoiden sekä hankintaketjun käytännön dynamiikkaa.

Tulosten perusteella matalan biopolttoainetuotannon skenaariossa havukuitupuun tehdashinta nousee noin 16 prosenttia ja lehtikuitupuun noin 9 prosenttia vuoteen 2023 mennessä verrattuna vuoden 2014 vertailutasoon. Korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa vastaava kustannustason nousu on muutamia prosenttiyksiköjä suurempi. Nousun aiheuttaa pääsääntöisesti uusi sellukapasiteetti, sillä uutta biopolttoainekapasiteettia ei vielä ole vuoteen 2023 mennessä syntynyt.

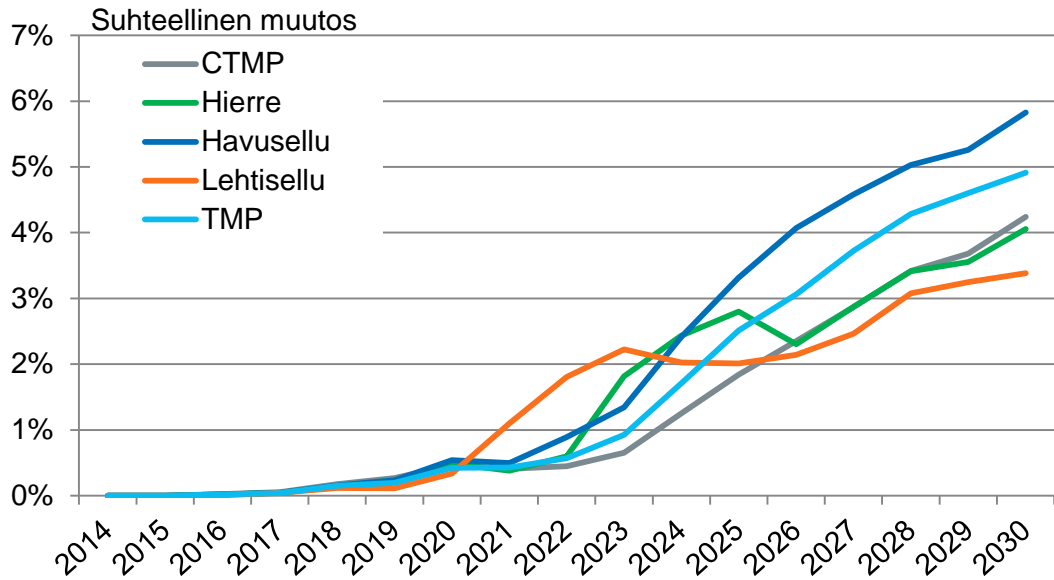
Vuoden 2023 jälkeen kuitupuun tehdashinta lähtee laskemaan matalassa skenaariossa päätyen noin 5 prosenttia korkeammalle tasolle vuonna 2030 vuoteen 2014 verrattuna. Tämä johtuu siitä että puumarkkinoiden arvioidaan sopeutuvan kasvavaan kysyntään. Korkeassa biopolttoaineiden tuotantoskenaariossa varsinkaan havukuitupuun hinta ei palaudu yhtä voimakkaasti kuin matalassa skenaariossa vaan se jää noin 6 prosenttia korkeammalle tasolle verrattuna vuoteen 2014. Lehtikuidun osalta hinta palautuu alun nousun jälkeen hieman alemmalle tasolle kuin matalassa skenaariossa päätyen noin 4 prosenttia korkeampaan hintatasoon vuonna 2030 kun hintaa verrataan jälleen kerran perusvuoteen 2014.



**Kuva 16 Kuitupuun tehdashinnan kehitys matalassa ja korkeassa biopolttoainetuotannon skenaariossa. (Hintaindeksi laskettu 3 vuoden liukuvana keskiarvona)**

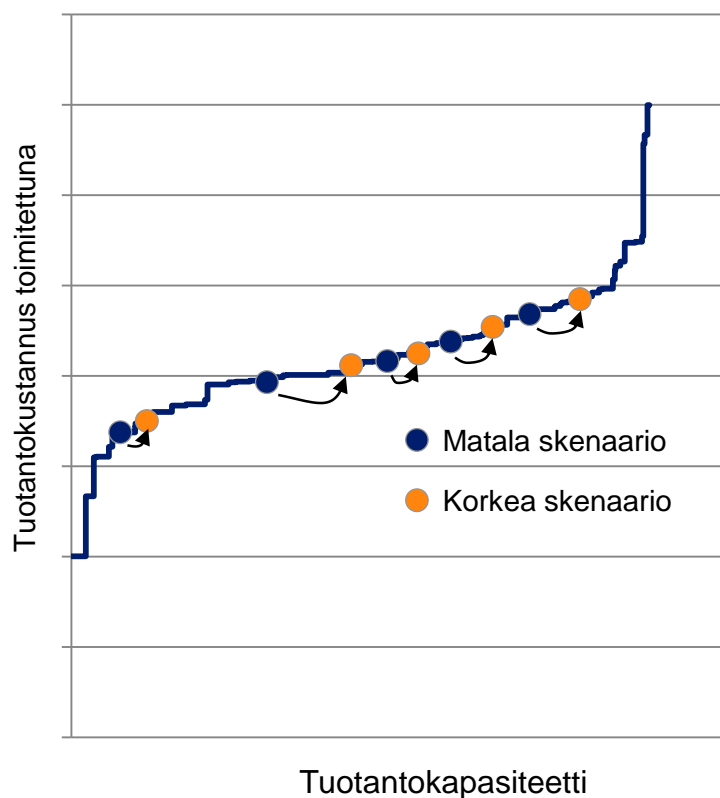
Massateollisuuden kuitupuunkäyttö jakautuu eri massalajeihin, ja eri massalajien tuotannossa käytetään tyypillisesti osittain eri puutavaralajeja. Lisäksi eri tuotantosuuntien laitosten maantieteellinen sijainti vaikuttaa niiden kohtaamaan kilpailutilanteeseen puumarkkinoilla. Tämän takia kuitupuun tehdashinnan kehitystä korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa tarkasteltiin suhteessa matalaan skenaarioon myös erikseen eri massalajeittain.

Mallinnuksen tulosten perusteella havusellutehtaiden tehdashintataso nousee suhteessa eniten. Tämä johtuu uuden havusellukapasiteetin myötä kiristyvistä markkinatilanteesta, mutta myös biopolttoaineiden aiheuttama lisäkysyntä nostaa näiden tehtaiden kustannuksia. Samat markkinatekijät nostavat myös hierre- eli TMP-massaa tuottavien laitosten puukustannuksia. Lehtipuuta käyttävien massatehtaiden hinnannousu on hieman havupuuta käyttäviä tehtaita maltillisempaa. Korkean biopolttoainetuotannon vaikutus massalajeittain ei selity pelkästään puulajilla, vaan alueellisen kilpailutilanteen vaikutuksen arvioidaan olevan suurempi.



**Kuva 17 Kuitupuukustannusten suhteellinen kehitys massalajeittain korkean ja matalan skenaarion välillä. (3 vuoden liukuva keskiarvo)**

Kilpailukykyinen puun hinta on tärkeä tekijä Suomessa toimivalle selluteollisuudelle ja sen kehitykselle. On tärkeää ymmärtää, miten korkeassa biopolttoaineiden tuotantoskenaariossa puukustannusten absoluuttisen nousun myötä suomalaisten tehtaiden kustannusasema muuttuisi suhteessa kilpaileviin tuottajiin. Puukustannusten nousun vaikutusta suomalaisten sellutehtaiden kilpailukykyyn arvioitiin Pöyryn kustannuskilpailukyky mallilla. Mallissa on laskettu kaikille merkittävälle sellutehtaille tuotantokustannusrakenne ja arvioitu kuljetuskustannukset päämarkkinoille.

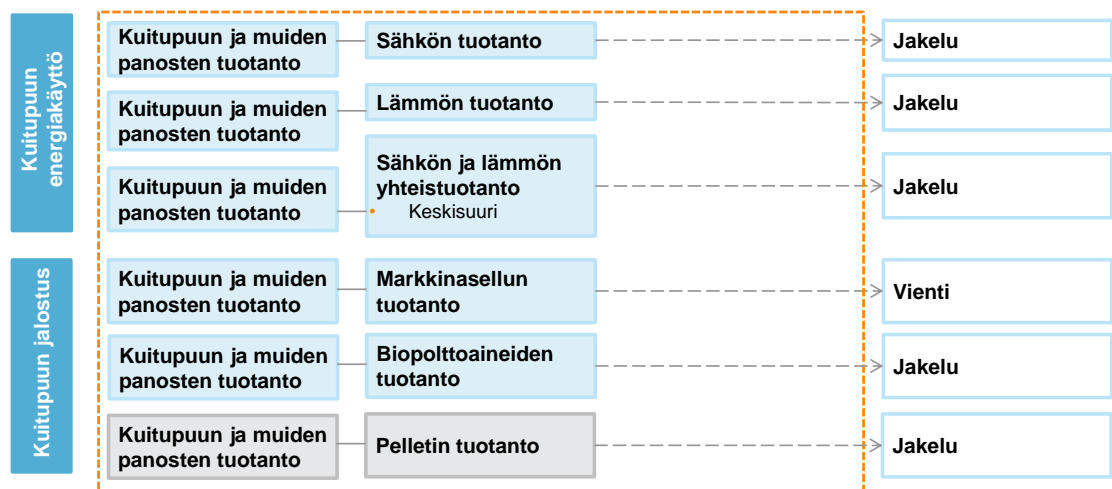


**Kuva 18 Suomalaisten esimerkkitehtaiden kustannuspositio tarjontakäyrällä ja sen muutos korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa**

Puumarkkinamallinnuksen perusteella korkean biopolttoainetuotannon skenaariossa havukuitupuun tehdashinta nousi siis noin 6 prosenttia, joka vastaa keskimäärin noin 15 euron kustannusten nousua sellutonna kohden. Kustannuskilpailukykyanalyysin perusteella voidaan arvioida, että kustannusten noususta huolimatta suomalaisten sellutehtaiden kustannuskilpailukyky on edelleen kohtalaisen hyvä vuonna 2030. Kuitupuun tehdashinnan nousulla on kilpailukykyä heikentävä vaikutus, mutta sen ei arvioida vaarantavan laajassa mittakaavassa selluteollisuuden toimintaedellytyksiä. On kuitenkin todettava, että kustannusten nousu voi aiheuttaa kannattavuushaasteita kustannuskilpailukyvyltään heikoimmille sellutehtaille ja toisaalta vaikuttaa laitosten uusintainvestointihalukkuuteen varsinkin tarkastelujakson loppupuolella. Tarkastelujakson puolivälissä puun hinnan nousu voi aiheutua suurempia paineita kustannuskilpailukyvyille, mikäli useat suunnitteilla olevista sellutehtaista käynnistyisivät muuttaman vuoden sisällä ja kuitupuun tehdashinnan nousu toteutuu mallin tulosten mukaisesti.

## 6 KANSANTALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Kansantaloudellisen tarkastelun tavoitteena oli vertailla puun käytön vaikutuksia jalostuksen ja energiakäytön arvoketjuissa, jotta ymmärrettäisiin paremmin biopolttoainetuotannon eri skenaarioiden kokonaisvaikutuksia. Tarkastelumenetelmä on yhdistelmä kansantalouden tilastoanalyysiä sekä Pöyryn mallinnusta. Laskennassa on sovellettu osittaisen tasapainon mallia, jolla voidaan arvioida tiettyjen markkinoiden toimintaa ohjaavien säädösten suoria vaikutuksia valittuun toimialaan ja sen synnyttämään arvonlisään. Arvoketjujen eli eri toimialojen välisten kytkösten tietolähteenä hyödynnettiin Tilastokeskuksen panos-tuotostilastoja. Laitos- ja kustannustietokantojensa avulla Pöyry arvioi panokset myös Tilastokeskuksen käyttämää teollisuustoimialaluokitusta tarkemmalle tasolle. Mallinnusta varten toimiala jaoteltiin kuitupuun käyttöön perustuvaan sähkön- ja lämmön yhteis- ja erillistuotantoon, biopolttoaineiden, markkinasellun sekä pellettien valmistukseen. Tarkastelussa keskityttiin tuotantovaikutuksiin, arvonlisään ja työllisyyteen. Suorien vaikutusten lisäksi arvioitiin puunkäytön epäsuoria vaikutuksia huomioimalla kotimaisten ostopanosten vaikutukset kotimaiseen arvonlisään ja työllisyyteen. Myös tässä käytettiin hyväksi Tilastokeskuksen panos-tuotostilastoja. Epäsuorien vaikutusten arviointi rajattiin koskemaan vain puunkäytön ensimmäisiä ostopanoksia, eikä laskennassa huomioitu niiden kerrannaisvaikutuksia tai muita epäsuoria vaikutuksia. Ne päätettiin jättää tarkastelun ulkopuolelle koska niiden merkitys arvioitiin pieneksi.



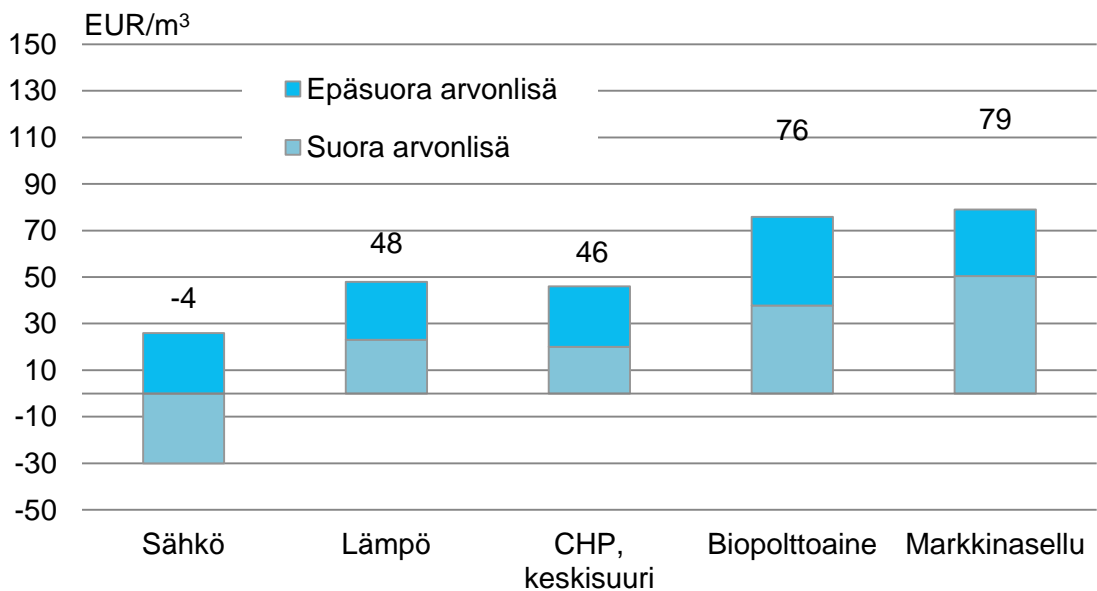
**Kuva 19 Kansantaloudellisten vaikutusten arvioinnissa tarkastellut arvoketjut (pelletit arvioitu karkeammalla tasolla)**

Tarkastelussa keskityttiin kansantaloudellisiin vaikutuksiin Suomessa, eli laskelmat kuvaavat kotimaisen tuotannon suoria sekä kotimaisiin ostopanoksiin liittyviä epäsuoria vaikutuksia. Laskennassa lähdettiin oletuksesta, että mahdolliset muutokset puun käytössä ovat pieniä, jolloin vähenevä selluntuotanto vähentää vain vientimääriä, ei sellun kotimaista kysyntää. Paperin valmistus rajattiin laskennan ulkopuolelle, sillä muutokset tapahtuivat vain kemiallisen sellun valmistusmäärissä, ei mekaanisessa massassa. Paperin ja kartongin jatkojalostus rajattiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä tämän toiminnan ei arvioida muuttuvan puunkäytön muutosten seurauksena. Suurin osa paperista ja kartongista toimitetaan vientimarkkinoille ilman jatkojalostusta ja puunkäytön muutosten on siis oletettu vaikuttavan vain tähän osuuteen. Ostopanoksista huomioitiin tärkeimmät kustannustekijät eli raakapuu, kemikaalit, energia, koneet ja laitteet, henkilöstö sekä palvelut (kuljetukset, korjaus- ja huoltopalvelut). Kun otetaan huomioon kaikki edellä kuvatut tekijät, saadaan arvioitua suurin osa kotimaisten osto-

jen epäsuorista vaikutuksista. Raakapuun osalta tehdashinta jaettiin pääkomponentteihin; raakapuu (kantohinta), korjuu, kuljetus sekä hankinta, näin saatiin tarkennettua puunkäytön epäsuoria vaikutuksia sektoreittain.

Työssä käytetyt sellun ja energian hinnat olivat vuoden 2015 keskimääräisiä (vienti-) hintoja perustuen tulli- ja energiatilastoihin. Biopolttoaineiden valmistus oletettiin perustuvan puun kaasutukseen sekä synteettisen dieselin valmistukseen (kuten Rauman ja Ajoksen hankkeet) kuitupuusta, jolloin kotimainen tuotanto korvasi tuplalaskettavan biopolttoaineen tuontia. Biopolttoaineen hinta arvioitiin Suomen vuoden 2015 tuplalaskettavan parafiinisen dieselin hinnan pohjalta. Hinnassa on huomioitu veroporrastus sekä HVO polttoaineiden markkina-hinnat 2015 (esim NExBTL ~1250 EUR/t). Puunhinnaksi tarkastelussa arvioitiin vuoden 2015 keskimääräinen kuitupuun tehdashinta, jotta tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia.

Kustannusrakenteet mallinnettiin tarkemmin kuin Tilastokeskuksen toimialajaottelussa,. Tämä siksi, että erityyppisten puun käyttömuotojen suorat ja epäsuorat vaikutukset saataisiin määritettyä. Selluteollisuuden kustannusrakenteen laskettiin Pöyryn kustannuskilpailukyymallilla, jossa jokaiselle markkinasellua tuottavalle linjalle laskettiin puunkäytöllä painotettu tuotantokustannus. Biopolttoaineiden osalta mallinnuksessa käytettiin tyyppilaitosta, jonka kapasiteetti oli 100 000 tonnia/v. Biopolttoainelaitosten kiinteän pääoman osalta ei kustannusarviossa oletettu lainkaan investointitukia. Tueton investointikustannus on täten korkea, joka on nähtävissä osana suoraa arvonlisää (poistot ovat osa arvonlisää). Energiatuotannon osalta tehtiin vastaavasti tyyppilaitokset lauhdesähkölle, yhteistuotannolle (CHP) ja lämmön erillistuotannolle. Näiden kustannusrakenteet mallinnettiin kuvaamaan tämän hetkisiä kustannustasoja Suomessa. Suora arvonlisä laskettiin kustannusrakenteista voiton, työvoimakulujen ja kiinteän pääoman kulumisen summana. Epäsuora arvonlisä laskettiin kotimaisten ostojen ja Tilastokeskuksen panos-tuotos kertomien suorien sektorikohtaisten arvonlisien tulona.

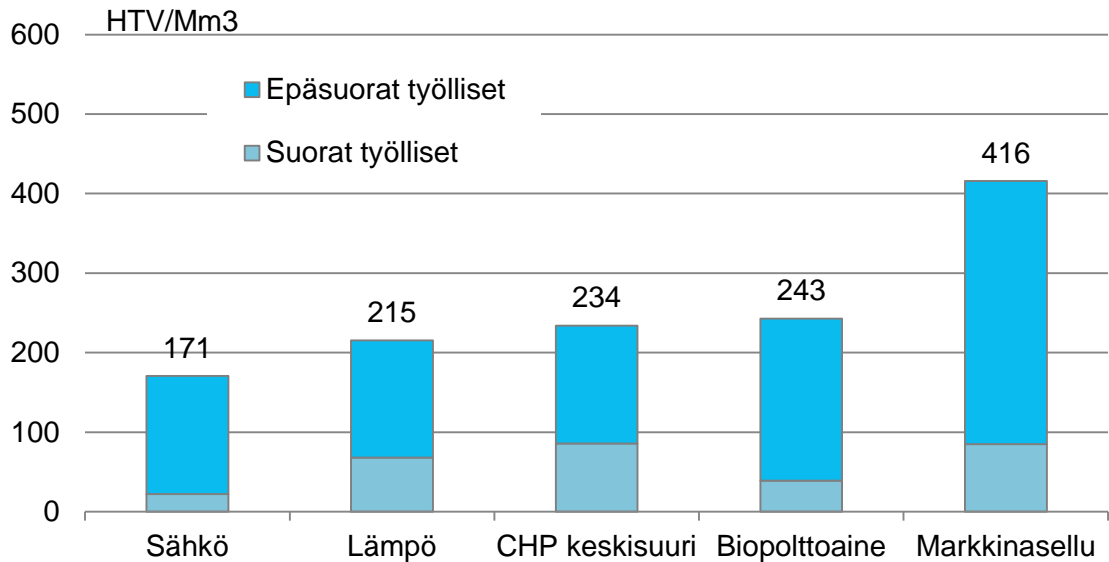


**Kuva 20 Arvonlisäys puunkäytön suhteen**

Tulosten perusteella puunjalostuksen kotimainen arvonlisä on suurinta markkinahavusellun valmistuksessa ja edistyksellisten biopolttoaineiden tuotannossa. Niiden keskinäinen paremmuus on hyvin riippuvainen sellun nettohinnasta sekä edistyksellisten biopolttoaineiden tuontihinnasta. Tarkastelun tarkkuuden puitteissa voidaankin todeta markkinasellun ja biopolttoaineiden arvonlisän olevan yhtä suuri ja selkeästi korkeampi kuin sähkön- ja lämmöntuotan-

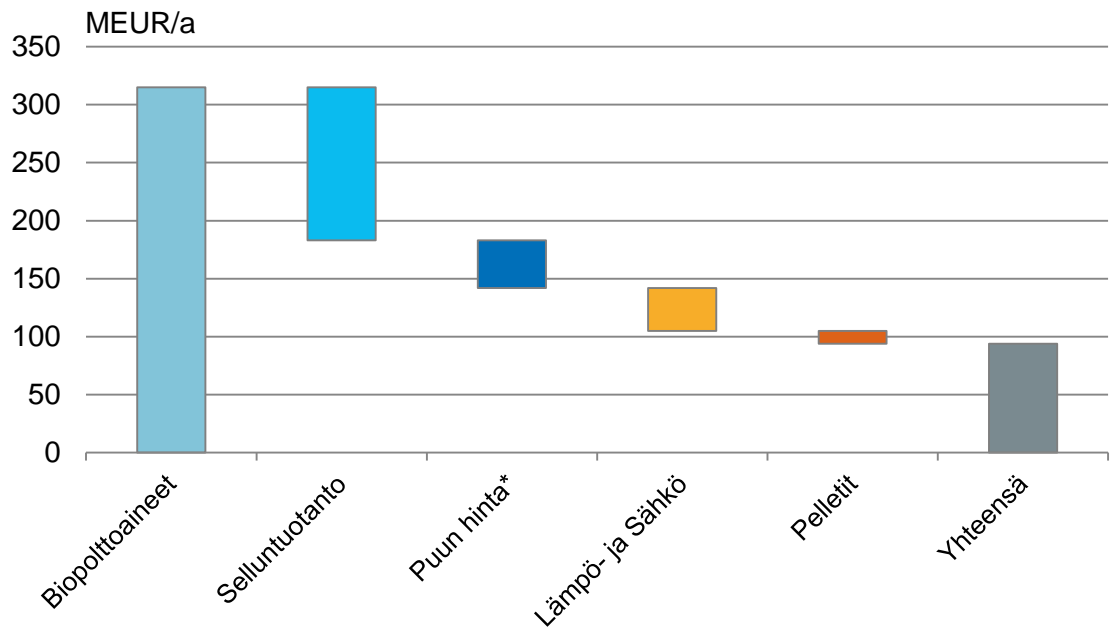


nossa. Vuoden 2015 hintatasoilla ei lauhdesähkön tekeminen kuitupuusta ollut kannattavaa ja se näkyikin arvonlisässä negatiivisena suorana vaikutuksena. Nykyisillä matalilla sähkön-hinnoilla lämmön erillis- ja yhteistuotanto ovat lähes samalla tasolla arvonlisän suhteen ja niiden arvonlisän taso on hyvin riippuvainen oletetusta lämmön myyntihinnasta verkkoyhtiölle.



**Kuva 21 Työllisyys puun käytön suhteen (työlliset miljoonaa kuutiota kohden)**

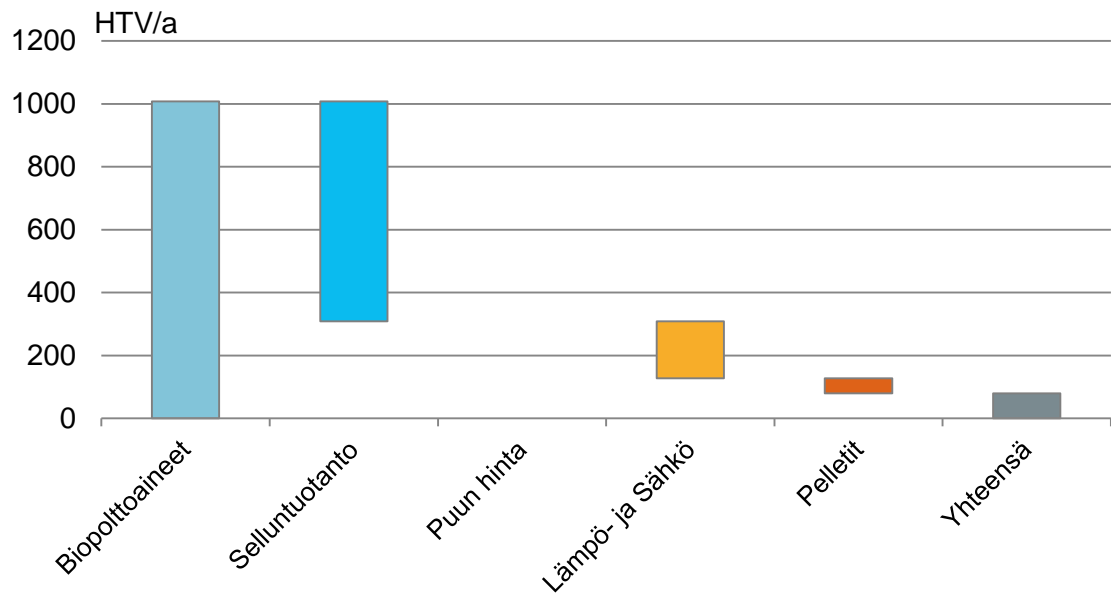
Kaikista vertailuista tuotantomuodoista selluntuotannon työllisyysvaikutukset olivat selvästi suurimmat. Selluntuotannon suorat työllisyysvaikutukset ovat samaa suuruusluokkaa kuin lämmön erillis- ja yhteistuotannossa, mutta epäsuorat työllisyysvaikutukset ovat kaikkein suurimmat johtuen puun ja kemikaalien ostoista pääosin Suomesta. Biopolttoaineiden suorat työllisyysvaikutukset ovat suhteellisen pienet ja epäsuoria vaikutuksia syntyy lähinnä vain puun ostoista. Uusilla biopolttoainelaitoksilla kiinteän pääoman kuluminen on korkealla tasolla, joka näkyy korkeana arvonlisänä. Työllisyysvaikutukset jäivät mataliksi koska investoinnin kertaluonteisia työllisyysvaikutuksia ei huomioida tässä laskennassa.



\*Puun hinnan vaikutus arvonlisään johtuu voiton (arvonlisä=1) ja kantorahatulon (arvonlisä=0.69) arvonlisien erosta

#### Kuva 22 Biopolttoaine-skenaarioiden välinen kokonaisvaikutus arvonlisäykseen

Kokonaisuutta tarkasteltaessa voitiin biopolttoaineiden tuotantoskenaarioiden kansantaloudellisia vaikutuksia arvioida yhdistämällä muutokset puunkäytössä sekä arvonlisäys ja työllisyysvaikutukset kulutettua puukuutiota kohden. Tällöin huomattiin, että biopolttoaineiden kasvava tuotanto nostaa kotimaista arvonlisää noin 300 MEUR vuosittain. Tästä luvusta tulee vähentää sellun, lämmön, sähkön ja pellettien vähentyneen tuotannon negatiiviset vaikutukset. Kokonaisuudessaan arvonlisäys näyttäisi kuitenkin jäävän positiiviseksi noin 94 MEUR vuosittain, sillä biopolttoaineiden kasvava tuotanto ei mallin tulosten mukaan vähentäisi samassa suhteessa muiden sektoreiden tuotantoa. Puun hinnan vaikutusta arvonlisäykseen arvioitiin vähentyneen voiton ja kantorahatulon arvonlisien erotuksena, joka perustui Tilastokeskuksen metsätalouden yleiseen arvonlisään 0,69. Tämä vaikutus voi tarkemmassa tarkastelussa olla hieman epätarkka arvio, mutta selvityksessä tarkoituksena oli etsiä merkittävimpiä vaikutusmekanismeja, joista puun hinnannousu oli yksi.

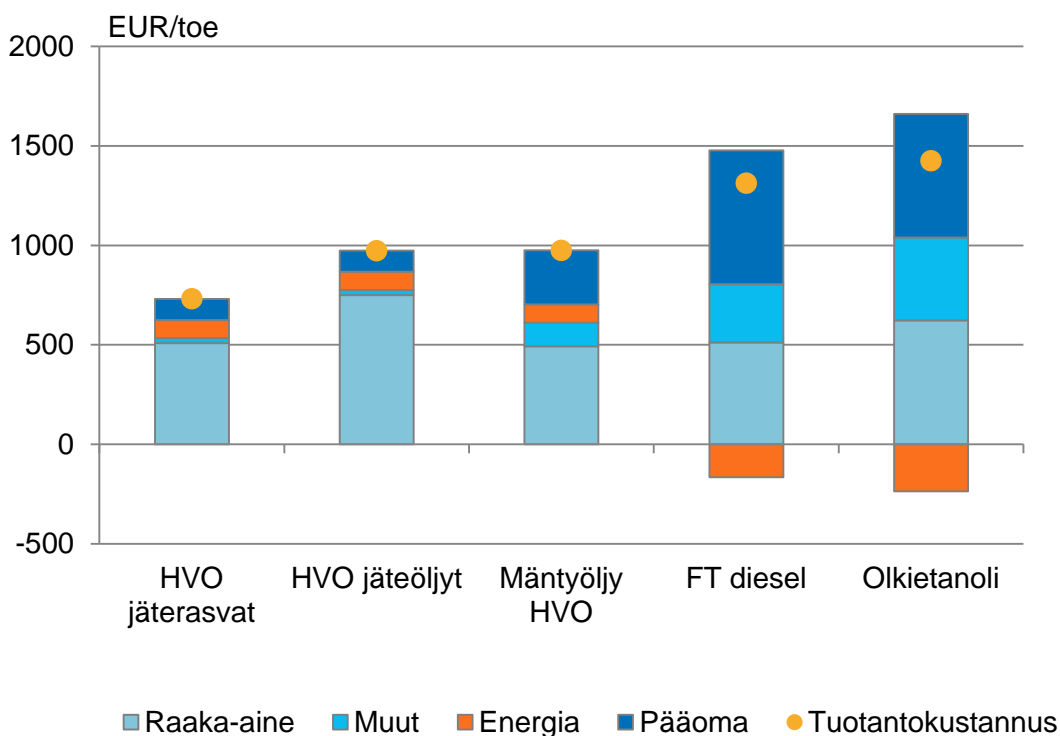


**Kuva 23 Biopolttoaine skenaarioiden välinen kokonaisvaikutus työllisyyteen**

Työllisyyden osalta kasvava biopolttoaineiden tuotanto loisi Suomeen noin 1 000 työpaikkaa suorasti tuotantoon ja epäsuorasti toimitusketjuun. Kun huomioidaan vähennykset muilla sektoreilla, nettovaikutus jää noin 80 henkilötyövuoteen. Tämä johtuu biopolttoainetuotannon matalasta työllistävästä vaikutuksesta. Puun hinnalla ei arvioida olevan suoria työllisyysvaikutuksia eri käyttäjien epäsuorien vaikutusten lisäksi. Tuloksista voitiinkin todeta, että korkea biopolttoaineiden tuotanto voisi olla nykyisillä hintatasoilla kansantaloudellisesti perusteltua, mutta sillä ei olisi merkittäviä työllisyysvaikutuksia. Kansantaloudellisetkin vaikutukset ovat kuitenkin puuta käyttävän sektorin kokonaisuuteen suhteutettuina varsin pienet.

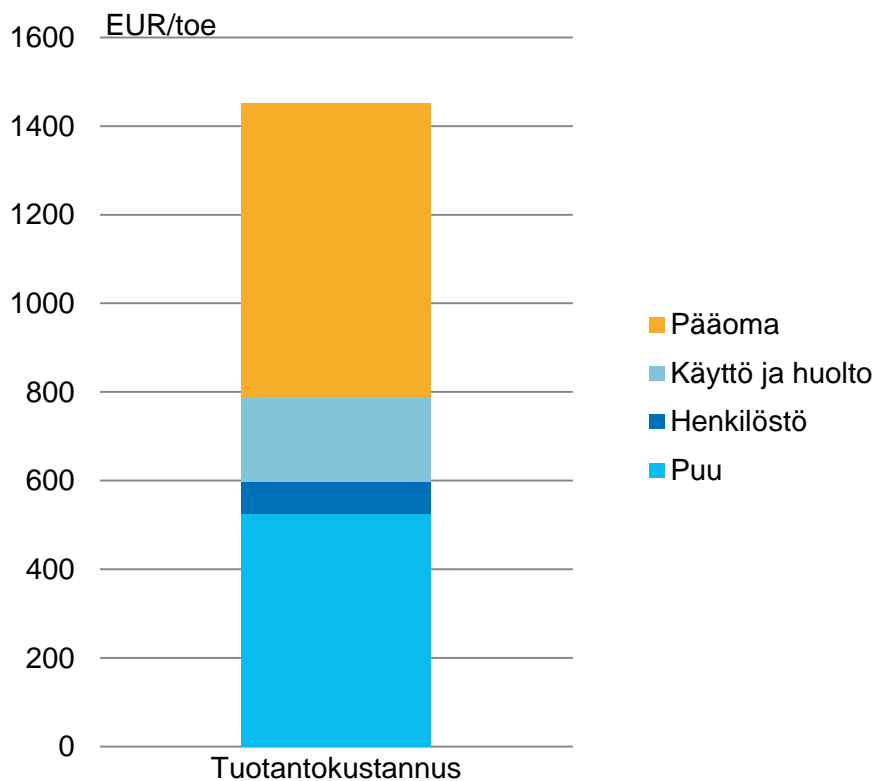
## 7 BIOPOLTTOAINEIDEN TUOTANNON OHJAUSKEINOT

Puupohjainen biopolttoaineiden tuotantoteknologia on valmis teolliseen demonstraatioon useiden eri teknologioiden ja toimittajien osalta. Kaupallistuminen on kuitenkin lähes pysähtynyt ja suuren profiilin projekteja ei ole saatu toteutettua huolimatta esim. NER300 rahoituksesta ja eri maissa käytössä olevista biopolttoaineiden käyttövelvoitteista. Suurin syy hankkeiden lykkäyksille ja peruuntumisille on ollut biopolttoaineiden käyttöä ohjaavan politiikan epävarmuus ja toisaalta öljyn hinnan muutokset, jotka yhdessä luovat merkittävän markkinariskin suurille investoinneille. Myös maatalouden sivutuotteisiin perustuvat biopolttoainehankkeet ovat haastavassa tilanteessa. Edellä mainittujen epävarmuustekijöiden lisäksi näihin hankkeisiin vaikuttaa toimivien raaka-aineen hankintaketjujen puute. Lisäksi biopolttoaineliiketoiminnan merkitys teknologiaa kehittäneiden ja rahoittaneiden yritysten strategiassa on laskenut markkinavaikeuksista johtuen. Jotta puupohjaisten biopolttoaineiden osuus liikenteen polttoainekäytöstä nousisi merkittävästi, vaaditaan merkittäviä taloudellisten ohjauskeinojen käyttöönottoa. Varsinkin kotimaisiin raaka-aineisiin perustuva tuotanto ei voi kasvaa juurikaan nykytilasta ilman vahvaa taloudellista ohjausta. Ohjauskeinojen tulee kohdistua sekä teknologian edelleen kehittämiseen kohti kaupallista tasoa että kotimaisen biopolttoainetuotannon kustannusten pienentämiseen suhteessa öljyyn ja muihin tuontipolttoaineisiin. Lähtökohdana ohjauskeinojen arvioinnissa oli määrittää kotimaisten biopolttoaineiden tuotantokustannukset ns. ensimmäisille laitoksille. Mikäli puupohjaisten biopolttoaineiden markkinoille tuloa halutaan edistää, näiden demonstraatiolaitosten rakentaminen on välttämätöntä. Ensimmäisistä laitoksista saatavat kokemukset mahdollistavat seuraavien laitosten kustannusten alentamisen.



Kuva 24 Arvio biopolttoaineiden tuotantokustannuksista vuoden 2015 lopun hintatasoilla

Kustannusvertailun perusteella kotimaisiin biomassavaroihin perustuvien biopolttoainelaitosten kustannukset ovat selkeästi korkeampia kuin kilpailevat, jo toiminnassa olevat vetykäsittelyyn perustuvat kehittyneiden biopolttoaineiden valmistusvaihtoehdot. Pöyryn kustannusmallien mukaan kiinteitä biomassoja hyödyntävien teknologioiden tuotantokustannus on nykyisellään 30-50% korkeampi kuin jäterasvoihin ja öljyihin perustuvilla konsepteilla. Edistysellisten biopolttoaineiden tuotanto on tällä hetkellä lähes puhtaasti perustunut jätteiksi luokiteltavien öljyjen ja rasvojen vetykäsittelyyn, jolloin nämä polttoaineet toimivat markkinoilla hinnanasettajina. Pöyryn arvion mukaan vetykäsitteltyjen biopolttoaineiden vuosituotantokapasiteetti (HVO) on noin 3,6 miljoonaa tonnia globaalisti ja suunnitteilla ja rakenteilla on lisäksi jopa 4 miljoonaa tonnia uutta kapasiteettia. HVO -polttoaineiden osuus edistysellisistä biopolttoaineista pysyy määräävänä, ellei EU:n uusiutuvan energian direktiivin sisältö olennaisesti muutu uusien linjavetojen myötä. Mikäli HVO -polttoaineiden raaka-aineiden kestävyden tulkintoihin esitetään tai päätetään merkittävistä rajoituksista, voi sillä olla suuriakin vaikutuksia edistysellisten biopolttoaineiden saatavuuteen ja markkinoihin. Tällä hetkellä näyttäisi kuitenkin siltä, että kiinteään biomassaan ja kotimaisiin puuraaka-aineisiin perustuvan biopolttoainetuotannon tulee olla keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä kilpailukykyistä suhteessa HVO-polttoaineisiin, jotta ne voisivat päästä markkinoille. Tällöin ohjauskeinojen tulee joko laskea ensimmäisten laitosten tuotantokustannuksia niin, että ne ovat samalla tasolla HVO-polttoaineiden kanssa, tai luoda omat markkinamekanismit tai käyttövelvoitteet kiinteään biomassaan perustuville polttoaineille.



**Kuva 25 Tuotantokustannusarvio puun kaasutus-FT laitokselle korkeassa skenaariossa**

Yllä on esitetty kaasutusprosessiin ja FT-synteesiin perustuvan puupohjaisen biopolttoaineen tuotantokustannus ja kustannusjakauma Pöyryn mallinnuksen mukaan. Tuotantokustannusarvio perustuu suunniteltujen laitosten kulutus- ja kustannustietoihin. Puukustannuksen osuus yo. arviossa kuvaa puumarkkinamallin antamaa biopolttoaineiden tuotantolaitosten maksamaa puun hintaa (41 EUR/m<sup>3</sup> korkea skenaario, 36 EUR/m<sup>3</sup> matala skenaario). Nykykustannuksin puupohjaisen dieselin tuotantokustannus olisi noin 1 400 EUR/t korkean skenaarion puunhinnalla. Biopolttoaineiden hinnan ollessa tasolla 1100-1300 EUR/toe tarvitaan

puupohjaiselle tuotannolle jonkinlaisia tukia tai muita mikäli niiden markkinoille tuloa halutaan edistää. Uuden teknologian innovaatiotuki on yksi jo käytössä oleva mahdollinen keino, jonka avulla voidaan laskea pääomakustannuksia arviolta noin kolmanneksella eli 200-250 EUR/toe. Esimerkkejä tällaisista tuista ovat esimerkiksi NER300 rahoitus ja kansallinen innovaatiotuki. Pelkkä investointituki olisi nykypolitiikan epävarmuuksien vallitessa todennäköisesti riittämätön keino sillä uusien hankkeiden rahoituksessa markkinariski on hyvin merkittävä tekijä yhdessä ensimmäisten laitosten teknologiariskien kanssa. Korkean kokonaisriskin vastapainoksi laitosinvestointeja harkitsevat toimijat vaativat sijoitetulle pääomalle selvästi korkeampaa tuottoa rahoituksen (pääoma ja velkarahoitus) perustaksi kuin sellaisille investoinneille, joilla teknologiariski on pieni ja markkinariskit paremmin tunnettuja.

Puun hintaan on nykyisten valtiontukisäädösten perusteella vaikeaa asettaa merkittäviä tukimekanismeja, jotka kohdistuisivat erityisesti biopolttoaineiden tuotantoon. Puun tarjontaa ja puukauppaa edistävät ohjaukeino, jotka parantavat ja sujuvoittavat puumarkkinoiden toimintaa, ovat lähtökohtaisesti kaikkien puunkäyttösektoreiden edun mukaisia. Niitä ohjaukeinoja tarvitaan joka tapauksessa, mikäli kotimaisen puun käyttö kasvaa skenaarioiden mukaisesti. Näillä ohjaukeinoilla ei uskota kuitenkaan olevan kovin suurta ohjaavaa vaikutusta puupohjaisten biopolttoaineiden tuotannon kasvuun vaan edellä kuvatun kaltaisia investointeihin ja markkinoihin kohdistettuja tukia tarvittaisiin joka tapauksessa.

Kun merkittävimmille kustannustekijöille, pääomalle ja puunhinnalle, ei nykysäädöksin ole mahdollista asettaa riittäviä ohjaukeinoja ja tukia liiketaloudellisesti kannattavien biopolttoainestointien käynnistämiseksi, jää kysymys takuuhinnasta tai muista myyntihintaa tukevista ohjaukeinoista. Nykyinen biopolttoaineiden jakeluvaikeus velvoittaa liikennepolttonesteiden jakelijat lisäämään kasvavia määriä kestäviä biopolttoaineita toimittamiinsa polttoainesiinsa. Vuoteen 2020 mennessä nykylain mukainen sekoitusvaikeus kasvaa vuoden 2016 10%:n tasosta aina 20%:iin laskettuna polttoaineiden energiasisällöstä. Nykylainsäädäntö mahdollistaa kaksois- eli tuplalaskennan biopolttoaineille, jotka käyttävät raaka-aineenaan syötäväksi kelpaamattomia jätteitä, tähteitä sekä selluloosaa ja lignoselluloosaa. Tämä tuplalaskentasaädäntö nostaa puupohjaisten biopolttoaineiden arvoa sekoituskomponenttina. Arvo riippuu fossiilisen polttoaineen ja yksöislaskettavan biopolttoaineen hintojen suhteesta. Tuplalaskettavan biopolttoaineen arvo on sitä korkeampi mitä korkeampi on biopolttoaineen ja fossiilisen polttoaineiden verollisten hintojen erotus. Tällä hetkellä pääosa tuplalaskettavista biopolttoaineista on aiemmin mainittuja HVO- polttoaineita, joilla on nykyhinnoilla merkittävä kilpailuetu suhteessa puupohjaisiin biopolttoaineisiin. Valmisteltaessa vuoden 2020 jälkeisiä biopolttoaineiden ohjaukeinoja, on tärkeää analysoida kuinka mahdolliset uudet jakeluvaikeudet huomioisivat erityyppiset edistykselliset biopolttoaineet. Analyysin tärkeys korostuu varsinkin kun Komission "talvipaketissa" ja sen alustavissa tulkinnoissa on epäselvää miten eri HVO-polttoaineiden tuotannossa käytettävät raaka-aineet luokitellaan tulevaisuudessa.

Mikäli toivottua kehitystä kohti kotimaisiin raaka-aineisiin pohjautuvaa biopolttoainetuotantoa ei saavuteta nykyisenkaltaisella jakeluvaikeudella, vaihtoehtona voisi tulla kysymykseen vahvemmat takuuhinta- ja sertifikaattityyppiset ohjaukeino. Uusituvan sähkön tuotannon edistämiseksi on Suomessa ja Euroopassa ollut lukuisia vahvoja ohjaukeinoja, joilla on pääosin saavutettu juuri toivottu tuotannon kasvu ja uusinvestointien määrä. Varsinkin tuuli- ja aurinkoenergian osalta syöttötariffijärjestelmät ovat myös kyenneet toimimaan teknologian kaupallistumisen vauhdittajana, jonka ansiosta tuotantokustannukset, varsinkin tuulivoiman osalta, ovat lähestyneet tasoa, jossa tukia ei enää tarvita. Biomassapohjaisten biopolttoaineiden osalta tilanne on hyvin samanlainen kuin tuuli- ja aurinkoenergiassa noin vuosikymmen sitten, jossa vain teollisten investointien kautta voidaan saavuttaa kustannustason lasku teknologian kypsymisen myötä. Täytyy kuitenkin huomata että muuttuvien kustannusten osuus biopolttoaineiden tuotannossa on suuri kun taas esim. tuuli- tai aurinkoenergiassa muuttuvia

kustannuksia ei ole juuri lainkaan. Tästä syystä teknologian kehittymisen vaikutus biopolttoaineiden tuotantokustannusten alentamiseen ei voi nousta yhtä merkittävään rooliin kuin tuuli- ja aurinkoenergian kohdalla on käynyt. Takuuhinta- tai syöttötariffijärjestelmien etuna on se, että viranomaisten on hyvin helppoa säädellä tuetun tuotannon määrää ja/tai tukitasoa ajan yli. Tukien hakuprosessit ja voimassaoloajat voidaan valita niin, että biopolttoaineiden tuotannon teknologian kehittymisen mukanaan tuoma kustannusten lasku huomioidaan seuraavan tuettavan määrän kilpailutuksessa tai takuuhinnan asettamisessa.

Puhtaan takuuhinnan lisäksi vaihtoehtona voisi olla myös muuttuvan metsähakkeen tuotantotuen kaltainen ohjauskeino, jolla toimijat ja valtio voivat osittain jakaa hintojen heilahteluun liittyvät riskit. Tällöin biopolttoaineiden tuki voisi olla sidottu esimerkiksi öljyn ja kestävien biopolttoaineiden hintoihin, jolloin vältetään ylisuurten tukien vaara pitkäaikaisissa tuotantoinvestoinneissa. Metsähakkeen syöttötariffin hyväksyttävyyttä on myös selvästi parantanut viranomaisten ylläpitämä seurantajärjestelmä, jossa seurataan tuen vaikutusta erityisesti puuta jalostavan teollisuuden puun hintaan. Tällainen toimijoiden ja viranomaisten välinen avoin seurantajärjestelmä lisää keskinäistä luottamusta sekä mahdollistaa muutokset eri markkinatilanteissa. Biopolttoaineiden osalta muuttuva tuki voitaisiinkin kohdistaa erityisesti kestäviksi luokiteltuihin sivutuotteisiin ja jätteisiin, jolloin mahdolliset negatiiviset vaikutukset metsäteollisuuden ainespuun hintaan voitaisiin minimoida.

Suurin haaste kaikille biopolttoaineiden hintaan vaikuttaville ohjauskeinoille on biopolttoaineiden globaali kauppa, jossa tuotteet itsessään ovat kustannustehokkaasti kuljetettavissa eri markkinoille sen mukaan missä niistä maksetaan korkein hinta. Myöskään vapaakauppasopimukset ja EU:n sisämarkkinasäädökset eivät mahdollista ohjauskeinojen vahvaa kytkemistä kotimaisen tuotannon ja kotimaisen kulutuksen osalta. Öljy-yhtiöt pyrkivät jatkuvasti optimoimaan polttoainevirtojaan ostojen ja myyntien kautta niin, että tuotteiden arvo saadaan maksimoitua huomioiden eri markkinoiden verotus ja tukitasot. Tuotteen hintaan vaikuttavien ohjauskeinojen osalta on siis tärkeää löytää tasapaino kotimaisten tuotantoedellytysten ja kotimaisen kysynnän välillä, kuitenkin samalla mahdollistaen biopolttoaineiden kauppa muutuvissa markkinaolosuhteissa. Ohjauskeinojen joustavuus ja selkeät seurantajärjestelmät luovat tarvittavaa uskottavuutta investoijien ja jakelijoiden päätöksentekoon.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pöyryn puumarkkinamallinnuksen perusteella Suomen tulevaisuuden puunkäyttö voi nousta jopa 120 miljoonan m<sup>3</sup> tasolle vuonna 2030. Merkittävimpiä tekijöitä kasvussa on sellun ja sahatavaran tuotannon ja viennin kasvu. Uudet metsäteollisuusinvestoinnit kasvattavat kotimaisen puun hakuja ja samalla tuottavat merkittävästi lisää sivutuotteita ja tähteitä energiantuotantoon.

Puun riittävyyden näkökulmasta tarkasteltuna biopolttoaineiden tuotanto voi nousta selkeästi nykytavoitteista, mutta tuotannon kasvulla on myös negatiivisia taloudellisia vaikutuksia eri sektoreille. Tässä selvityksessä arvioitiin kahden eri biopolttoaineiden tuotantoskenaarion (300 000 t/a ja 700 000 t/a) vaikutuksia puumarkkinoihin, puun käyttöön eri sektoreilla ja kansantalouteen. Puupohjaisten biopolttoaineiden tuotannon noustessa nykytasosta 300 000 tonnilla, voidaan arvioida että tällä ei ole merkittäviä vaikutuksia metsäteollisuuden tuotantoon. Tämän tuotantomäärän raaka-aineiksi riittäisivät pääosin teollisuuden sivutuotteet ja metsähake, joiden tarjonta kasvaa metsäteollisuuden kasvavan puunkäytön myötä.

Puupohjaisten biopolttoaineiden tuotannon nousu 700 000 tonnilla nykytasosta johtaisi siihen, että ainespuuta alkaisi ohjautua pois kemiallisesta metsäteollisuudesta sekä sivutuotteita energiasektorilta. Biopolttoaineiden suuren tuotantomäärän kansantaloudelliset vaikutukset näyttäisivät kuitenkin olevan vielä lievästi positiivisia. Kohoava puun käyttö nostaa puun hintaa, mikä voi pitkällä aikavälillä vaikuttaa metsäteollisuuden laitosten sulkemisiin tai investointihalukkuuteen. Tällaisen kehitys ei luonnollisestikaan ole kansantalouden kannalta positiivista. Suurin tekijä mallin tulosten mukaiselle puun hinnan nousulle on kuitenkin puumarkkinoiden kiristynyt kilpailu kasvavan metsäteollisuustuotannon johdosta, jota mahdollinen biopolttoaineiden tuotannon kasvu edelleen voimistaisi.

Nykyisen vallitsevan markkinanäkemyksen mukaan kiinteään puuhun perustuvien biopolttoaineiden tuotanto ei tule yksin kattamaan liikenteen kasvavaa biopolttoaineiden kysyntää, vaan yritykset hakevat myös muita mahdollisesti kannattavampia ratkaisuja mustalipeän ja muiden sivutuotteiden jalostuksesta (esim. mäntyöljy). Liikenteen sähköistyminen voi tulevaisuudessa laskea nestemäisten biopolttoaineiden tarvetta kasvihuonekaasupäästövähennysten saavuttamisessa. Sähköistyminen koskee kuitenkin todennäköisesti lähinnä henkilöliikennettä, jolloin biopolttoaineiden käytön lisästarve on kuitenkin nykytasoon verrattuna merkittävä päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi.

Mikäli kotimaisiin raaka-aineisiin perustuvaa biopolttoaineiden tuotantoa halutaan käynnistää, vaaditaan selkeitä ja vahvoja ohjauskeinoja aina vuoden 2030 jälkeiseen aikaan asti. Uusien ohjauskeinojen tulisi taata selkeä markkinanäkymä edistyksellisille biopolttoaineille vähintään vuoteen 2030 tai 2035 asti. Ohjauskeinojen tulisi nostaa myös uusien biopolttoainelaitosten puustamaksukykyä selvästi nykytasolta, jotta laitosten puunhankinta voidaan turvata puumarkkinoiden tulevisissa kilpailutilanteissa.

Biopolttoaineiden tuotantolaitosten tekninen käyttöikä on vähintään 20-25 vuotta, mutta kysynnän kehitys tällä aikavälillä on hyvin epävarmaa ja riippuvaista poliittisista päätöksistä. Investointien toteutumisen edellytyksenä on, että pääomalle saadaan korkea tuotto investointia seuraavina ensimmäisinä vuosina. Korkeaa tuottovaatimusta ajavat teknologia- ja markkinariskit jotka investoijat ottavat huomioon investointipäätöksiä tehdessään. Ohjauskeinoilla ja niiden ajoituksilla on suuri merkitys myös puumarkkinoilla, sillä käynnistyessään suuret sellutehdasinvestoinnit jo itsessään kiristävät puumarkkinoita merkittävästi nykytilanteeseen ver-



rattuna. Samanaikaiset biopolttoainelaitosinvestoinnit loisivat merkittäviä lisähinnannousupaineita markkinoille. Kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa suureksi haasteeksi nousee puun mobilisointi ja puukaupan toimivuus, sillä puun käytön kasvu on suurta vuoteen 2020/2025 mennessä jo nykyisillä metsäteollisuuden hankkeilla. Kansantalouden kannalta parhaat ohjaukset keskittyvät puun tarjonnan ja markkinoille tulon lisäämiseen, jolloin teollisuustuotanto voi kasvaa, mikä samalla tuottaa kasvavia puupohjaisia sivuvirtoja energian ja biopolttoainesten tuotantoon. Puun tuonnilla on merkitystä varsinkin Pohjoiseen Suomen suunnitelluille biopolttoainehankkeille sekä Kaakkois-Suomen teollisuudelle puun saatavuutta tukevana tekijänä. Kauppapolitiikalla on tärkeä rooli puun tuontimahdollisuuksien turvaajana vaikka onkin selvää että kasvaviin tuontipuumääriin ei minkään puuta käyttävän teollisuuden kasvu Suomessa voi perustua.

## 9 LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA

- Luonnonvarakeskus. (2015). *Puun kokonaiskäyttö metsäkeskuksittain*. <http://stat.luke.fi/puun-kokonaiskaytto>.
- Nylund, N.-O.;& al., e. (2015). *Tieliikenteen 40 %:n hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vuoteen 2030: Käyttövoimavaihtoehdot ja niiden kansantaloudelliset vaikutukset*. VTT VTT-R-00752-15.
- Pöyry Management Consulting Oy. (2015). *Biotalousinvestointien puuraaka-ainehuollon varmistaminen*. [http://mmm.fi/documents/1410837/1801204/MMM\\_Poyry\\_Julk\\_Biotalousinvestoinnit.pdf/0b581a2b-f5ff-4a66-96dd-8b83c688496c](http://mmm.fi/documents/1410837/1801204/MMM_Poyry_Julk_Biotalousinvestoinnit.pdf/0b581a2b-f5ff-4a66-96dd-8b83c688496c).
- Pöyry Management Consulting Oy. (2016). *Suomen metsäteollisuus 2015 – 2035*. [https://tem.fi/documents/1410877/2772829/P%C3%B6ry\\_Suomen+mets%C3%A4teollisuus+2015-2035.pdf/ac9395f8-8aea-4180-9642-c917e8c23ab2](https://tem.fi/documents/1410877/2772829/P%C3%B6ry_Suomen+mets%C3%A4teollisuus+2015-2035.pdf/ac9395f8-8aea-4180-9642-c917e8c23ab2).
- Verkasalo, E.;Kilpeläinen, H.;Salminen, O.;& Kurttila, M. (2016). *Sahateollisuus vastaa biotalouden haasteeseen - sahateollisuuden kapasiteettiselvitys*. [http://www.stmy.fi/sites/all/files/media/sahojen\\_kapasiteettiselvitys\\_aulanko\\_0.pdf](http://www.stmy.fi/sites/all/files/media/sahojen_kapasiteettiselvitys_aulanko_0.pdf).



VALTIONEUVOSTON  
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

[vn.fi/teas](http://vn.fi/teas)

ISSN 2342-6799 (pdf)  
ISBN 978-952-287-356-9 (pdf)

