

Metsiin kohdistuvien ilmastopoliittisten toimenpiteiden toteutettavuus ja puun tarjonta yksityisen metsänomistuksen näkökulmasta

Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan
toimet ja vaikutukset

Paula Horne, Olli Korhonen, Olli-Pekka Ruuskanen

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2021:66

tietokayttoon.fi

Metsiin kohdistuvien ilmastopoliittisten toimenpiteiden toteutettavuus ja puun tarjonta yksityisen metsänomistuksen näkökulmasta

Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja
energiapolitiikan toimet ja vaikutukset

Paula Horne, Olli Korhonen, Olli-Pekka Ruuskanen
Pellervon taloustutkimus PTT

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Valtioneuvoston kanslia

© tekijät ja valtioneuvoston kanslia

ISBN pdf: 978-952-383-302-9

ISSN pdf: 2342-6799

Taitto Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

Metsiin kohdistuvien ilmastopoliittisten toimenpiteiden toteutettavuus ja puun tarjonta yksityisen metsänomistuksen näkökulmasta

Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:66

Kustantaja Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Paula Horne, Olli Korhonen, Olli-Pekka Ruuskanen

Yhteisötekijä Pellervon taloustutkimus PTT

Kieli Suomi

Sivumäärä 53

Tiivistelmä Tämä raportti arvioi Hiisi-hankkeessa esitettyjen metsiin kohdistettujen toimenpiteiden toteutettavuutta ja puumarkkinavaikutuksia hyödyntäen kirjallisuuskatsausta metsänomistajien asennetutkimuksista, ekonometristä analyysiä ja sidosryhmähaastatteluita.

Yksityismetsänomistajien merkitys puumarkkinoilla ja hiilinielun tuottajina on merkittävä. Päätökseen toteuttaa ehdotettuja toimenpiteitä metsissä vaikuttavat metsänomistajien asenteet ja näkemykset ilmastonmuutoksesta, metsänomistuksen tavoitteet, metsätilan mahdollisuudet ja taloudelliset tekijät. Suomalaiset metsänomistajat ymmärtävät metsiensä roolin ilmastonmuutoksen hillinnässä. Metsänomistuksen tavoiteryhmiin suhtautuminen eri ilmastotoimenpiteisiin vaihtelee suuresti, mikä tulisi ottaa huomioon vaihtoehtoja valitessa. Päätöstä siitä mitä toimenpiteitä voi ja kannattaa toteuttaa metsissä rajoittavat kuitenkin metsätilan ominaisuudet. Puumarkkinoiden ekonometrisen tarkastelun mukaan metsänomistajat reagoivat tehokkaammin hintojen muutokseen ja näin puun tarjontaa voidaan kasvattaa lyhyellä aikavälillä hintoja nostamalla.

Ehdotetuista toimenpiteistä osa vähentäisi, osa lisäisi puuntarjontaa. Puumarkkinoiden kysyntä ja tarjonta kasvavat tulevaisuudessa, mutta tukkipuun saannon lisääntymisen ei vastaa nykyistä tuotantorakennetta. Toimenpiteiden toteutuksen edistämiseksi olennaisia ohjauskeinoja ovat tuet ja neuvonta. Tavoitteiden saavuttaminen nopealla aikataululla saattaisi edellyttää lisää kannustavia toimia ja vahvaa lisäpanosta neuvonta- ja suunnittelutyöhön. Myös tutkimustietoon ja metsänammattilaisten osaamiseen tulisi panostaa.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa.(tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat tutkimus, tutkimustoiminta, metsäpolitiikka, ilmastopoliitiikka, puuntarjonta, metsät

ISBN PDF 978-952-383-302-9

ISSN PDF 2342-6799

Julkaisun osoite <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-302-9>

Genomförbarhet av klimatpolitiska åtgärder för skog och virkesförsörjning ur det privata skogsägandets perspektiv

Kolneutralt Finland 2035 – klimat- och energipolitiska åtgärder och verklingar

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2021:66

Utgivare Statrådets kansli

Författare Paula Horne, Olli Korhonen, Olli-Pekka Ruuskanen

Utarbetad av Pellervo ekonomisk forskning PTT

Språk Sidantal 53

Referat Den här rapporten utvärderar genomförbarheten av de skogsbruksåtgärder som föreslås i Hiisi-projektet (Ett klimatneutralt Finland 2035 – klimat- och energipolitiska åtgärder) och deras effekter på virkesmarknaden med hjälp av en litteraturoversikt av undersökningar om skogsägares attityder, ekometrisk analys och intervjuer med intressentgrupper.

De privata skogsägarna har en viktig roll på virkesmarknaden och som producenter av kol-sänkor. Skogsägarnas beslut om att genomföra de föreslagna åtgärderna påverkas av deras attityder och syn på klimatförändringen, målet med skogsägandet, skogsbrukslägenhetens potential och ekonomiska faktorer. Finländska skogsägare inser vilken roll skogarna har för att bekämpa klimatförändringen. Skogsägarnas attityder gentemot olika klimatåtgärder varierar mycket beroende på deras mål för den egna skogen, vilket är något som bör beaktas vid valet av alternativ. Beslutet om vilka åtgärder som kan och bör vidtas i skogarna begränsas emellertid av skogsbrukslägenhetens egenskaper. Enligt en ekometrisk analys av virkesmarknaden är skogsägarna mer mottagliga för förändringar i pris och följaktligen kan virkesutbudet på kort sikt ökas genom en höjning av priserna.

Vissa av de föreslagna åtgärderna skulle minska utbudet av virke, vissa öka det. Efterfrågan och utbudet på virkesmarknaden kommer att öka i framtiden, men en ökning av andelen stock motsvarar inte den nuvarande produktionsstrukturen. Bidrag och rådgivning är väsentliga styrmedel för att främja genomförandet av åtgärderna. För att målen ska kunna uppnås på kort sikt kan det krävas ytterligare stimulerande åtgärder och en stark satsning på rådgivnings- och planeringsarbete. Satsningar behövs också på forskning och kompetensen hos yrkespersoner i skogsbranschen.

Klausul Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan.(tietokaytoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt.

Nyckelord forskning, forskningsverksamhet, skogspolitik, klimatpolitik, virkesförsörjning, skog

ISBN PDF 978-952-383-302-9

ISSN PDF 2342-6799

URN-adress <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-302-9>

Feasibility of climate policy measures for forests and supply of wood from the perspective of private forest ownership
Carbon neutral Finland 2035 – measures and impacts of the climate and energy policies

Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2021:66

Publisher Prime Minister's Office

Author(s) Paula Horne, Olli Korhonen, Olli-Pekka Ruuskanen

Group author Pellervo Economic Research PTT

Language Finnish

Pages 53

Abstract This report assesses the feasibility and roundwood market impacts of forest measures proposed in the HII SI project ('Carbon neutral Finland 2035 – climate and energy policy measures and their impacts'). The methods used in the report include a literature review of forest owner attitude surveys, econometric analysis, and stakeholder interviews. Private forest owners play an important role in the roundwood market and as producers of carbon sinks. Forest owners' decisions on whether to implement proposed forest management measures are affected by the owners' attitudes and views on climate change, their goals as forest owners, the potential of their forest holding, and economic factors. Finnish forest owners today understand the role their forests play in mitigating climate change. The attitudes of forest ownership groups towards climate measures vary a great deal, depending on the owners' forest management objectives, a fact that should be taken into consideration when choosing between options. However, the decision on what measures can and are worth taking is limited by the characteristics of the forest holding itself. Econometric analysis of the roundwood market shows that forest owners' reactions are affected more readily by changes in pricing; consequently, the wood supply can be increased in the short term by raising prices.

Some of the proposed measures would reduce the wood supply, and some would increase it. The supply and demand for wood are expected to increase in the future, but an increase in the supply of logs does not match the current production structure. Subsidies and advisory services are essential tools for promoting implementation of the measures. Achieving these targets in the short term might require further incentives and a strong additional investment in advisory and planning efforts. Investment would also be needed in the production of research knowledge and improving the skills of forestry professionals.

Provision This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

Keywords research, research activities, forest policy, climate policy, timber supply, forest

ISBN PDF 978-952-383-302-9

ISSN PDF 2342-6799

URN-address <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-302-9>

Sisältö

1	Johdanto	7
2	Yksityisen metsänomistuksen rakenne ja rooli Suomessa	8
3	Yksityismetsänomistajien puunmyyntikäyttäytyminen ja ohjauskeinot	10
3.1	Puunmyyntiin vaikuttavat tekijät	10
3.2	Metsätalouden ohjauskeinot.....	12
3.3	Metsänomistajien ilmastoasenteet ja halukkuus toteuttaa ilmastomyönteisiä toimenpiteitä	15
4	Puun tarjonnan ekonometrinen analyysi.....	17
5	Hiisi-hankkeen WEM- ja WAM-toimenpiteiden vaikutus metsien kehitykseen	25
6	Metsäalan toimijoiden näkemykset ilmastotoimenpiteiden toteutettavuudesta ja vaikutuksista puumarkkinoihin	30
6.1	Haastattelujen toteutus ja tavoite	30
6.2	Toimenpiteiden toteutettavuus ja tarvittavat ohjauskeinot.....	31
6.3	Puumarkkinoiden kehitys vuoteen 2035-2050 ja toimenpiteiden vaikutus	35
6.4	Toimenpiteiden yhdensuuntaisuus ja ristiriitaisuus muiden metsäsektoriin kohdistuvien politiikkatavoitteiden suhteen	35
7	Johtopäätökset ja politiikkasuositukset.....	37
	Lähteet.....	42
	Liitteet.....	46

1 Johdanto

Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset – hankkeen tehtävänä on tuottaa tietoa kansallisen ilmasto- ja energiastrategian ja ilmasto- ja energiapolitiikan valmistelun tueksi. Hankkeen tuloksia on tarkoitus käyttää laajalti myös EU:n raportoinnissa. Koska hanke tuottaa laskennallisia ja laadullisia arvioita ilmasto- ja energiapolitiittisten toimenpiteiden vaikutuksista, on tärkeää tarkastella, kuinka realistisia työssä tehdyt oletukset ovat ja kuinka herkkiä ne ovat taustalla olevien oletusten muuttuessa.

Ilmastopolitiikka nojaa valtaosaltaan markkinaehtoiseen ohjaukseen. Tämä näkyy erityisesti päästökaupan roolissa. Myös taakanjakosektorin ja LULUCF-sektorin osalta pääosa ohjauskeinoista rakentuu tukien ja verojen varaan. Näissä yksittäisten taloudenpitäjien rooli ohjauksen kohteina ja kaavailtujen toimenpiteiden välittäjinä on keskeinen niiden onnistumien kannalta. Jos käsitys taloudenpitäjien reagoinnista uusiin toimenpiteisiin on puutteellinen tai perustuu väärin oletuksiin, voi lopputulema erota voimakkaasti tavoittelusta.

Raportti keskittyy hiilineutraalisuus-tavoitteen kannalta yhteen keskeiseen kohteeseen: metsiin. Tarkastelussa on erityisesti yksityisessä omistuksessa olevat metsät sekä niiden omistajien halukkuus toimia raportissa annettujen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Metsät ja niistä saatava hyvinvointi ovatkin ilmastotoimien keskipisteessä: Metsäteollisuus on keskeinen sekä tuotokseltaan että energia- ja raaka-ainekäytöltään. Arvio metsäteollisuuden tuotannon kehityksestä määrittää hakkuutarpeet, jotka toteutessaan määrittävät osaltaan metsien hiilinielujen kehityksen ja hiilineutraaliustavoitteen toteutumisen.

Metsät ovat suurin hiilinielu Suomessa, jonka koko määräytyy puuston kasvussa sitoutuvan hiilidioksidin ja puuston poistumassa lähtevän hiilidioksidin erotuksena. (Soimakallio ym. 2021) Eri osatekijöiden vaikutus metsäsektorin toteutuneeseen hiilinieluun on tärkeä selvittää, koska nettonielujen suuruus voi vaihdella suuresti vuosittain. Keskeisenä uhkana päästötavoitteiden saavuttamiseksi nähdään, että metsien hakkuut kehittyvät Hiisi-laskelmia suuremmiksi ja siten hiilinielut jäävät pienemmiksi. (Soimakallio ym., 2021). Toisaalta on otettava huomioon, että ilmastonmuutos ja metsänhoitotoimenpiteet lisäävät metsien kasvua.

2 Yksityisen metsänomistuksen rakenne ja rooli Suomessa

Metsämaan pinta-alasta yksityiset metsänomistajat (perhemetsänomistajat, verotusyhtymät ja kuolinpesät) omistavat noin 60 prosenttia. Valtio omistaa neljänneksen metsämaasta ja hallitsee sitä valtion liikelaitoksena toimivan Metsähallituksen kautta. Eduskunta hyväksyy Metsähallituksen vuosittaiset tavoitteet osana valtion budjettia, ja tulosohjauksesta vastaa maa- ja metsätalousministeriö sekä oman hallinnonalansa asioissa ympäristöministeriö. Muiden metsänomistajaryhmien osuus metsänomistuksesta on vähäisempi, vaikkakin rahastojen osuus on selvässä nousussa (Suomen virallinen tilasto: Metsämaan omistus). Tässä raportin osassa tarkastellaan pääosin yksityistä metsänomistusta sen merkittävyyden takia. Valtio voi myös asettaa suoraan Metsähallitukselle tavoitteita ilmastonmuutoksen torjumiseksi, kun sen sijaan yksityismetsänomistuksen ohjaaminen on monitahoisempaa.

Suomen metsäteollisuuden puuhoolto on pitkälti riippuvainen yksityismetsänomistajien puunmyynneistä. Yli 80 prosenttia Suomessa toimivan metsäteollisuuden käyttämästä raaka-aineesta on 2010-luvulla korjattu kotimaisista yksityismetsistä (Suomen virallinen tilasto: Teollisuuspuun hakkuut alueittain). Metsätalouden ja -teollisuuden merkitys Suomen kansantaloudessa on edelleen suuri, aluetaloudellisesti erityisesti Itä- ja Keski-Suomessa hyvinkin merkittävä.

Suomessa on yli kaksi hehtaaria metsää omistavia yksityishenkilöitä noin 620 000 (Suomen virallinen tilasto, Metsämaan omistus). Noin kolme neljännestä yksityismetsistä on yksittäisten henkilöiden tai perheiden omistuksessa ja pienempi osa kuolinpesien ja yhtymien hallinnassa. Tilojen keskikoko on noin 31 hehtaaria. Metsänomistajakunta on ikääntynyt kolmen viime vuosikymmenen aikana, vuonna 2019 keski-ikä oli 62 vuotta. Ikääntymisen taustalla on pitkälti metsätilojen siirtyminen sukupolvelta toiselle perintönä, lähes puolet metsänomistajista on saanut metsät perintönä. (Karpinen ym. 2020).

Suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän laskennassa otetaan huomioon taloudellinen ja puuntuotannollinen kestävyys, metsänhoitosuositukset ja tehdyt suojelupäätökset sekä metsien muista käyttömuodoista aiheutuvat rajoitteet puuntuotannolle. Luonnonvarakeskuksen mukaan (Suomen virallinen tilasto: hakkuukertymä ja puuston poistuma) suurin ylläpidettävissä oleva hakkuukertymä on vuosina 2016-2025 koko maassa 80,5 miljoonaa kuutiometriä runkopuuta vuodessa. Tästä ainespuuta on 74,6 miljoonaa kuutiometriä. Vuosien 2016-2020 välillä ainespuun vuosittainen toteutunut hakkuukertymä on ollut keskimäärin 63,3 miljoonaa kuutiometriä eli noin 79 prosenttia suurimmasta ylläpidettävästä hakkuukertymästä.

Hakkuupaine on kuitenkin jakautunut epätasaisesti maakuntien välillä. Vuosien 2016-2020 keskimääräiset hakkuut ylittivät suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän selvästi Etelä-Karjalassa ja Kymenlaaksossa. Myös Kanta-Hämeen, Pirkanmaan, Päijät-Hämeen sekä Etelä-Savon maakunnissa oli muutaman prosentin ylityksiä. On huomattava, että hakkuumahdollisuus on suurinta puuntuotannollisesti kestäväää hakkuumahdollisuutta pienempi, kun ilmastotavoitteet otetaan huomioon (Kansallinen metsästrategia 2025 – päivitys, 2019)

3 Yksityismetsänomistajien puunmyyntikäyttäytyminen ja ohjauskeinot

3.1 Puunmyyntiin vaikuttavat tekijät

Keskeinen rajoite yksittäisten metsänomistajien mahdollisuuksista toimia ilmastopoliittisten toimenpiteiden mukaisesti sekä näiden toimenpiteiden näkymisenä hiilipäästöissä on metsänkasvatuksen hyvin pitkä aikajänne. Metsän taloudellinen hyödyntäminen on pitkäjänteistä toimintaa, jossa etupainotteiset kulut ja takapainotteiset tuotot jaksottuvat pitkälle ajanjaksolle erityisesti tasaikäiskasvatuksessa. Metsän kiertoajan pituus ja sen aikana kertyvät tulot ja kustannukset riippuvat monista tekijöistä. Karkealla tasolla voidaan arvioida, että ensiharvennus tuottaa noin 5–10 prosenttia koko kiertoajan tuloista. Myöhemmät harvennushakkuut tuottavat 20–30 prosenttia ja päätehakkuu loput. Metsänhoidon kustannukset on arvioitu olevan keskimäärin 15–25 prosenttia metsän kiertoajan tuloista (Metsäkoulu, 2007).

Ajallinen jaksotus on pitkä. Ensiharvennus tehdään puulajeista ja sijainnista riippuen noin 20–35 vuoden ikäisissä metsissä. Tavallisesti metsissä tehdään vielä toinen harvennus noin 40–55 vuoden iässä ja joskus tehdään vielä kolmas harvennus ennen päätehakkuuta. Päätehakkuu tulee ajankohtaiseksi noin 60–80-vuotiaassa metsässä. Vaihtelu on kuitenkin suurta: koivikkoja voidaan hakata 50-vuotiaina ja männikköjä saatetaan kasvattaa jopa satavuotiaiksi.

Koska tuotot ja kulut kohdistuvat pitkälle ajanjaksolle epätasaisesti tuottoarvioissa käytetty korkotaso vaikuttaa taloudelliseen arvioon toimenpiteiden kannattavuudesta.

Metsänomistajan mahdollisuus metsän kokonaiskierron aikana siirtää toimenpiteitä omien preferenssiensä mukaisesti on rajattu. Metsänomistaja pystyy aikaistamaan tai myöhentämään toimenpiteitä tietyn aikaikkunan puitteissa. Ensiharvennusta voidaan ajoittaa kuusella ja männyllä noin kuuden vuoden välille, mutta koivulla vain kolmen. Päätehakkuun ajoitus voi vaihdella kymmenillä vuosilla. (kts. UPMMetsä 2021) Jatkuvassa kasvatuksessa investointien määrä on tyypillisesti pienempi ja tulovirta tasaisempi kuviotasolla.

Metsästä saatava tulo on useimmille kotitalouksille lisä, jonka suuruus riippuu metsäomistuksen koosta ja puuston hakkuukelpoisuudesta. Yksityismetsien kantorahatulot

ovat olleet viime vuosina lähes kaksi miljardia euroa vuodessa. Noin puolella metsätaloudellisesti aktiivisista metsänomistajista hakkuutulot ovat vähemmän kuin 10 prosenttia kotitalouden tuloista (Haltia ym., 2017). Taloudellisten tekijöiden ohella metsänomistukseen liitetään kuitenkin muitakin arvoja kotitarvepuiden saannista luonnon monimuotoisuuden vaalimiseen. Metsätalous tarjoaa myös työmahdollisuuksia osalle metsänomistajista. Niinpä monet metsänomistajat ottavat metsien hoidossa ja puunmyyntipäätöksissään huomioon myös nämä muut tekijät (Favada 2007, Rämö ym., 2011).

Kyselytutkimuksissa tärkeimmäksi puun myyntiin vaikuttavaksi tekijäksi nousevat tilalla olevat hakkuumahdollisuudet ja tukkipuun hinta (esim. Rämö ym., 2011, 2005). Muita syitä ovat muiden puutavaralajien hinta, metsäsuunnitelman sisältämä hakkuusuositus ja rahantarve. Taloudelliset ja metsänhoidolliset seikat korostuvat niillä metsänomistajilla, jotka ovat monitavoitteisia ja tuntevat hyvin omat metsänsä metsäsuunnitelman, oman yrittäjyytensä ja tilalla asumisen vuoksi (Rämö ym., 2011).

Keskeisin syy päätökseen olla myymättä puuta on hakkuumahdollisuuksien puute. Myös halu säästää hakkuumahdollisuuksia tulevaisuuteen, riittämätön puun hinta ja rahantarpeen puuttuminen vaikuttavat puunmyyntipäätökseen. (Rämö ym., 2011, Tilli ym., 2009). Myös metsäasioihin käytettävissä oleva aika rajoittaa metsäasioiden hoitoa etenkin alle 55-vuotiailla metsänomistajilla (Haltia ym., 2017).

Metsänomistajan iän on havaittu olevan tärkein puuvarannon kertymiseen vaikuttava tekijä (Favada, 2007). Puuvaranto kasvaa metsänomistajan ikääntyessä, joten motivoituneina saattaa olla perinnönjätö seuraaville sukupolville. Hakkuiden koko laskee jo omistajan saavuttaessa 40 ikävuoden. Yli 75-vuotiaista selvästi harvempi oli tehnyt puukaupan ja lähes kolme neljänestä oli epä tietoinen tulevaisuuden puukaupoista tai eivät aikoneet myydä. (Karppinen ym., 2021)

Metsätilan koko vaikuttaa luonnollisesti hakkuumahdollisuuksiin ja puukaupan useuteen (mm. Haltia ym., 2017). Isommat tilat ovat useammin puumarkkinoilla, mutta myyvät pienempiä tiloja vähemmän puuta hehtaaria kohti vuodessa, eli puutuotannon tehokkuus pienenee (Karppinen ym., 2020). Metsätilan koko vaikuttaa myös syihin puunmyyntipäätösten takana: korjuun vaikutukset jäävälle puustolle korostuivat kooltaan 50–99 hehtaarin metsätiloilla, kun taas alle kymmenen hehtaarin tiloilla nousi esiin rahan tarve (Rämö ym., 2011).

Metsänomistajien metsänomistukselleen asettamat tavoitteet heijastuvat puukaupan ja metsätalouteen. Tutkimuksissa metsänomistajia ryhmitellään omistustavoitteisiin liittyvien väittämien perusteella muodostamalla yleensä 4–5 tavoiteryhmää. Esimerkiksi Karppinen ym., (2020) jakoi metsänomistajat viiteen ryhmään: monitavoittei-

set (29 %), virkistyskäyttäjät (20 %), metsässä tekevät (21 %), turvaa ja tuloja korostavat (20 %) ja epätietoiset (11 %). Monitavoitteiset ja taloutta ja turvaa korostavat ovat muita aktiivisempia puukaupassa ja myyvät puuta hehtaaria ja vuotta kohden enemmän kuin muihin tavoiteryhmiin kuuluvat metsänomistajat (Karppinen ym., 2021). He myös suhtautuvat avohakkuisiin myönteisemmin kuin virkistyskäyttäjät ja epätietoiset (Rämö ym., 2011, Horne ym., 2020) ja ovat muita ryhmiä selvästi tyytyväisempiä metsänhoito- ja hakkuutapoihin (Horne ym., 2020). Virkistyskäyttäjää on muita ryhmiä enemmän metsätaloudellisesti hiljaisissa metsänomistajissa (ei metsänkäyttöilmoitusta tai kemeratukianomuksia 10 vuoteen), joista jopa yli puolelle avohakkuiden vastustus omissa metsissä oli syynä pidättäytymiselle puukaupoista (Haltia ym., 2017)

Virkistyskäyttäjät ja epätietoiset metsänomistajat eivät suosineet metsäteollisuuden ostomiehen ja metsänhoitoyhdistyksen neuvojan tekemiä aloitteita puukaupasta. Näille ryhmille mieluisin aloitteentekijä oli perheenjäsen, mikä korostui erityisesti epätietoisien vastauksissa. Muissa tavoiteryhmissä aloitteentekijöiden välillä ei ollut kovin merkittäviä eroja (Rämö ym., 2011).

Rämön ja Toivosen (2009) mukaan myös uusilla, 2000-luvulla metsänomistajiksi tulleilla metsänomistajilla puun hinta on suurin motiivi puukaupan tekemiselle. Muilla taloudellisilla tekijöillä on sen sijaan keskimääräistä vähäisempi merkitys uusille metsänomistajille. Lisäksi metsäammattilaisten ohjeilla ja suosituksilla on näille metsänomistajille suuri merkitys myyntipäätöksessä. Uusien metsänomistajien myyntipäätöksiin vaikuttavat myös hakkuiden vaikutus luontoon, maisemaan ja metsän virkistyskäyttöön.

3.2 Metsätalouden ohjauskeinot

Suomen metsäpolitiikan tavoitteet määritellään Kansallinen metsästrategia 2025:ssä, joka painottaa kokonaisvaltaista kestävästä kehitystä. Myös metsien ilmastokestävyys on strategian keskeinen tavoite. Yhtenä lisätavoitteena on korvata fossiilisia raaka-aineita uusiutuvilla energiamuodoilla, kuten puun biomassalla, joka lisää puun energiankäyttöä ja siihen ohjautuvaa ainesta.

Metsäpolitiikalla on pyritty ohjaamaan metsänomistajia toimimaan yhteiskunnan tavoitteiden mukaisesti. Keskeinen ajuri hakkuiden tavoitetasossa on vastaavuus metsäbiotalouden lisäntyviin tarpeisiin. Metsäpolitiikan tärkeimpiä ohjauskeinoja lain lisäksi ovat tuet ja neuvonta. Vuoden 2013 lakiudistus liberalisoi metsäpolitiikkaa vapauttaen päätöksenteon aikaisempaa laajemmassa määrin metsänomistajille. Samalla neuvonnan merkitys lisääntyi. Metsänomistajien neuvonnalla on ollut keskeinen

rooli metsänomistajien päätöksenteossa jo vuosikymmeniä (Primmer ja Wolf 2009). Neuvontaa on esimerkiksi tiedotus metsäasioista ja metsänomistajien koulutus, sekä henkilökohtainen neuvonta ja metsäsuunnitelmien tekeminen. Metsänomistajia on neuvottu metsien hoidossa, mihin on sisällynyt myös ohjeita metsien hakkuista. Osin tähän liittyen metsänomistajille on markkinoitu metsäsuunnitelmia, joilla on pyritty aktiiviseen metsien säännöllistä hoitoa ja hakkuista sekä metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamista ja ympäristövaikutusten minimointia. Neuvonta on keskeistä myös vaihtoehtoisten metsänkäsittelytapojen punnitsemisessa ja niiden vaikutusten arvioinnissa (Kurttila ym., 2010). Neuvontaa antavat Suomen metsäkeskuksen lisäksi metsäyhtiöiden, metsänhoitoyhdistysten ja muiden metsäpalveluyritysten metsäammattilaiset.

Neuvonnan rooli korostuu maanviljelijöiden osuuden vähetessä metsänomistajista. Muita ammattiryhmiä yleisemmin he asuvat metsätilansa lähellä ja tuntevat metsänsä hyvin sekä pystyvät itsenäiseen päätöksentekoon ja metsänhoitotöiden kilpailuttamiseen (Hänninen ym., 2020). Ammattilaisiin nojautuvat tyypillisesti vahvimmin kaupunkimaisessa ympäristössä asuvat iäkkäämmät metsänomistajat, joilla ei ole tavoitteita eikä mahdollisuuksiakaan metsäasioiden opiskeluun ja hoitoon. Osa metsänomistajista on tältä väliltä – he ovat kiinnostuneita metsäasioista, keräävät tietoa itsenäisesti ja kuuntelevat metsäammattilaisia, mutta ovat valmiita kyseenalaistamaan tai kysymään vaihtoehtoja esitetyillä toimenpiteillä.

Kestävän metsälain rahoituslain tuki edistää yksityisten metsänomistajien teettämiä metsänhoitotöitä, kuten terveyslannoituksia, tuhkalannoituksia, ympäristötukisopimuksia ja luonnonhoitohankkeita. Terveyslannoitusten suoritettavuutta on lähes kaksinkertaistettu vuosien 2019-2020 noin 12 000 hehtaarista yli 21 000 hehtaariin. Vuonna 2020 tavoite jo ylitettiin euromääräisesti (tiedonanto Metsäkeskus 2021). Metsien tuhkalannoituksen tavoitetta ja tukea tarkistettiin keväällä 2020, jolloin tavoitteeksi asetettiin kolminkertaistaa tuhkalannoituksen määrä 30 000 hehtaariin vuodessa kaikkien metsänomistajien mailla. Metka-työryhmän mukaan sopivia kohteita olisi 1,8 miljoonaa hehtaaria ja tarvetta olisi vuosittain jopa 260 000 hehtaarilla, mutta realistisena toteutusmääränä pidettiin noin 60 000 hehtaaria laadukkaan tuhkan riittävyydenkin rajoittamana. Kemera-tuki kattaa nykyisellään vaihtelevasti 30–60 prosenttia suunnittelu-, työ- ja tarvikekustannuksista riippuen kohdealueen koosta ja siitä, jättääkö hakeuksen metsänomistaja vai metsäalan toimija. Tuki on verollista. Esimerkiksi tuhkalannoituksessa tuen osuus on 30 prosenttia kustannuksista. Omatoimiseen lannoituksen toteutukseen metsänomistaja saa tuen vain tarvikkeisiin, metsäammattilaisen valtuuttaminen tuen hakijaksi laajentaa korvauksen myös suunnittelutöihin ja toteutukseen. Suomessa lannoituksen tuki kattaa vain osan suorista kustannuksista, mutta eivät mahdollisia vaihtoehtoiskustannuksia tai korvausta pitkäaikaisesta sitoutumisesta. Metka-työryhmän esityksen mukaan hallinnon yksinkertaistamiseksi tuki määritellään tulevaisuudessa hehtaariperusteisena laskennallisena tukena, boorilannoitukselle 70

euroa hehtaarille ja terveyslannoitukselle 125 euroa hehtaarille. Tuen osuus kustannuksista hieman laskee aikaisempaan tukeen verrattuna.

METSO-ohjelmassa, johon ympäristötukisopimukset ja luonnonhoitohankkeet myös kuuluvat voidaan ELY-keskusten kautta tukea myös pidempiaikaisia suojeluratkaisuja, kuten yksityisen suojelualueen perustaminen. Myös HELMI-elinympäristöohjelma tarjoaa mm. soiden suojeluun ja ennallistamiseen kohdistuvia korvauksia. METSO- ja HELMI-ohjelmat ovat metsänomistajan vapaaehtoisuuteen perustuvia luonnon monimuotoisuutta turvaavia ohjelmia, ja HELMI-ohjelmassa tavoitteeksi nostetaan myös ilmastonmuutoksen hillintä. Rehevät korvet eli lehtokorpi, saniaiskorpi sekä ruoho- ja heinäkorpi ovat metsälain tarkoittamia arvokkaita elinympäristöjä luonnontilaisina tai luonnontilaisen kaltaisina.

Ilmastoystävällisten toimenpiteiden valinta ja yhdistäminen omiin metsänomistusta koskeviin tavoitteisiin tulisi tehdä mahdollisimman helpoksi metsänomistajille metsäalan järjestelmissä. Tämän kehittämiseksi ja neuvonnan tehostamiseksi tarvitaan tuuppauksia (nudging) (Thaler & Sustein 2008) ja niiden toimivuutta tarkastelevaa tutkimusta.

Verotus on ollut aikaisemmin vaikuttava keino metsänomistajien päätöksentekoa ohjattaessa. Vuosikymmeniä kestäneen metsien pinta-alaverotuksen aikana verojärjestelmään rakennettiin metsien hoitoon ja hakkuisiin kannustavia elementtejä. Metsiään hoitavaa ja hakkaavaa metsänomistajaa palkittiin kevennetyllä verotuksella. Pinta-alaverotuksesta luovuttiin vuoden 1992 lopussa, jolloin pääomatulojen verotus haluttiin saada yhtenäiseksi. Siirtymäkauden jälkeen vuodesta 2006 lähtien kaikki metsänomistajat ovat kuuluneet puun myyntituloerotuksen piiriin. Vuonna 2008 verotus nostettiin jälleen keskeiseksi metsäpolitiikan teon välineeksi ottamalla käyttöön määräaikaiset puunmyyntitulojen verohuojennukset. Venäjän puutullien takia korvaavaa puuntarjontaa kannustavat ohjaustoimenpide-ehdotukset hämmensivät puuntarjontaa vuonna 2008, ja lyhytaikaisten ohjauskeinojen todettiin omaavan ennakoimattomia vaikutuksia (Leppänen, 2008).

3.3 Metsänomistajien ilmastoasenteet ja halukkuus toteuttaa ilmastomyönteisiä toimenpiteitä

Metsänomistajien suhtautumista ja halukkuutta osallistua hiilinielujen- ja varastojen lisäämiseen omista metsissään on tarkasteltu useissa tutkimuksissa kyselyaineistoihin perustuvilla tilastollisilla malleilla ja kuvailevilla analyyseilla (mm., Markowski-Lindsay ym., 2011, Wade & Moseley, 2011, Miller ym., 2012, Koskela ym., 2021).

Tutkimuksissa on noussut esille yhtenä osallistumiseen vaikuttavana tekijänä metsänomistajien yleinen käsitys metsien roolista ilmastonmuutoksen hillinnässä (mm. Markowski-Lindsay ym. 2011, Miller ym., 2012). Thompson ja Hansen (2013) havaitsivat metsänomistajien omien valmiuksien ja tietämyksen metsien roolista ilmastonmuutoksen hillinnässä vaikuttavan positiivisesti halukkuuteen lisätä hiilen sitomista omista metsissä. Koskela ym. (2021) kysyivät metsänomistajilta heidän mielestään tärkeimpiä metsien tuottamia ekosysteemipalveluita sekä itselleen että Suomelle. Tulosten mukaan ylivoimaisesti suurin osa metsänomistajista piti puuntuotantoa selvästi tärkeimpänä ekosysteemipalveluna sekä omalta että Suomen kannalta. Hiilensidonta koettiin kuitenkin Suomen kannalta toiseksi yleisimmän tärkeimmäksi metsien tuottamaksi hyödyksi ja se oli kolmen tärkeimmän joukossa 60 prosentille metsänomistajista. Metsänomistajat siis ymmärtävät ja tiedostavat metsien roolin ilmastonmuutoksen hillinnässä.

Hanke- ja toimenpiteiden ominaisuuksista korvauksen taso on useiden tutkimusten mukaan tärkein kannuste metsänomistajalle osallistua vapaaehtoiseen hiilensidonnasta lisäämistä edistävien hankkeiden toteuttamiseen (mm., Markowski-Lindsay ym., 2011, Wade & Moseley, 2011, Miller ym., 2012). Wade ja Moseley (2011) tutkivat metsänomistajien osallistumishalukkuutta hiilimarkkinoille tarkastelemalla Yhdysvaltojen koillisosassa toimivien metsäammattilaisten havaintoja. Heidän mukaansa metsänomistajia kannustaa eniten osallistumisesta saatavan korvauksen taso. Sen lisäksi he havaitsivat useita esteitä osallistumiselle, kuten hiilimarkkinoiden kehittymättömyys, epävarmuus omistusoikeuden varmistamisesta, heikko tuotto-odotus suhteessa muihin metsien tuottamiin tulovirtoihin ja metsäammattilaisten epäilevä suhtautuminen.

Kuitenkaan edes suhteellisen suuri korvaus hiilensidonnasta ei ole aina riittävä kannuste osalle metsänomistajista (Khanal ym., 2017). Korvauksen lisäksi houkuttelevuuteen vaikuttavat muutkin tekijät, kuten metsänomistajan taustapiirteet, omistamisen tavoitteet, hanketyyppi, kustannukset, omistusoikeuden varmistaminen ja sopimusedot (mm., Markowski-Lindsay ym., 2011, Wade & Moseley, 2011, Miller ym., 2012,

Khanal ym., 2017, Koskela, 2021). Ilmastonmuutokseen tähtäävien ohjelmien tai toimien osallistumishalukkuuteen on havaittu vaikuttavan mm. metsänomistajan tulotaso, ikä, omistamisen tavoitteet ja metsätilan koko (Khanal ym., 2017). Koskelan ym. (2021) mukaan kiinnostus hiilensidontapalvelun tuottamiseen painottui monitavoitteisilla metsänomistajilla, jotka ovat iältään alle 65-vuotiaita, asuvat kaupunkimaisessa asuinympäristössä ja omistavat yli 50 hehtaaria metsää.

Metsänomistajien halukkuuteen toteuttaa ilmastoystävällisiä toimia metsissään vaikuttaa myös tehtävät toimenpiteet itsessään. Koskelan ym., (2021) raportissa tarkasteltiin metsänomistajien näkemyksiä kymmenen eri toimenpiteen osalta hiilen sitomisen ja varastoinnin lisäämiseksi metsissä. Vastaajille esiteltiin tilanne, jossa ilmastopoliittikka olisi muuttunut siten, että toimenpiteen toteuttamisesta saisi korvauksen. Edellä mainitussa tilanteessa 62 prosenttia metsänomistajista olisi kiinnostunut jatkuvan kasvatuksen hyödyntämisestä osana metsien hoitoa. Yli puolet suhtautui myönteisesti myös päätehakkuun viivästyttämiseen, heikkotuottoisten ojitettujen turvemaiden jättämiseen metsätalouden ulkopuolelle ja kaatuneiden puiden lahoamaan jättämiseen. Eri toimenpiteiden lisäksi metsänomistajilta kysyttiin yleistä halukkuutta myydä hiilensidontapalvelua, jonka tuottamisesta muodostuvat kustannukset ja menetetyt tuotot korvattaisiin. Puolet metsänomistajista oli vähintäänkin ehdollisesti kiinnostuneita myymään hiilensidontapalvelua. Ehdoiksi osa vastanneista oli maininnut riittävän korvauksen tason, alueen koon rajaamisen, sopimuksen keston sopivuuden ja sopimuksesta irtautumisen mahdollisuuden. Myös ulkomaisten tutkimusten mukaan pitkät sopimusaikat, tiukat ehdot ja sopimuksesta irtautumisen vaikeuttaminen laskevat metsänomistajien halukkuutta osallistua hiilensidonnan lisäämistä tavoitteleviin ohjelmiin (mm. Markowski-Lindsay ym., 2011, Miller ym., 2012).

4 Puun tarjonnan ekonometrinen analyysi

Toppinen ja Kuuluvainen (2010) toteavat Euroopan metsäsektorin mallinnusta koskevassa katsausartikkelissaan, että niiden kehitystä ennustavat tutkimukset ovat keskittyneet lähinnä Suomen ja Ruotsin markkinoihin ja osoittautuneet vaikeiksi toteuttaa. Malaty ym. (2007) vertasivat eri aikasarjamuunnoksia kuukausittaisen aineiston pohjalta mäntyukin hinnan ennustamiseksi. Heidän keskeinen tuloksensa oli, että pelkästään hintoihin ja kauppamääriin perustuvien aikasarjojen pohjalta on vaikea ennustaa hintojen käyttäytymistä, vaikka yhtälöissä huomioitaisiinkin rakenteelliset muutokset.

Puukaupan mallinnusta ja hintajoustoja koskevaa tutkimusta on Suomessa tehty pitkään. Mallinnuksessa on käytetty yleisesti kahden periodin hakkuumallia ja hyötyyn perustuvaa rotaatiomallia (esim. Kuuluvainen ja Tahvonen, 1999, Tahvonen ja Salo, 1999, Salo ja Tahvonen, 2002, Uusivuori ja Kuuluvainen, 2005).

Tuloksena on yleensä tilastollisesti merkitsevä lyhyen aikavälin positiivinen hintajousto, eli tarjonta lisääntyy hinnan noustessa. Pitkän aikavälin joustot olivat aiemmissä tutkimuksissa välillä 0-1 (Kuuluvainen ym., 1988, Leppänen ym., 2001), kun taas uudemmat tulokset osoittaisivat jouston olevan suurempi (Mutanen ja Toppinen, 2005). Viimeisimpiä arvioita on koottu taulukkoon 1.

Tutkimustulosten mukaan puumarkkinat ovat alueellisesti eriytyneet erityisesti kuitupuutavaralajien osalta (Toppinen ja Toivonen, 1998, Tilli ym., 2000). Markkinoiden epätäydellisyyden astetta ei kuitenkaan ole laajalti tutkittu (Toppinen ja Kuuluvainen, 2010).

Viitanen ym. (2021) tutkivat kuuden puutavaralajin kysyntää ja tarjontaa valtakunnallisesti vuosien 1995-2017 aineistolla. Mallinnuksessa käytettiin tietoja vain pystykaupasta. Yhtenä selittäjänä käytettiin kotitalouden muita tuloja. Varantomuuttujana käytettiin arviota metsähakkuiden maksimääräarviota, joka oli arvioitu VMI:n tietojen pohjalta. He saivat tulokseksi, että erityisesti hintaodotukset vaikuttavat paljon metsäomistajien puunmyyntipäätökseen. Mitä suuremmat odotukset ovat, sitä vähemmän puuta tarjotaan. Puuvarannon kasvulla näytti olevan vähäinen, mutta positiivinen, vaikutus tarjontaan. Sen sijaan metsänomistajien muut tulot vähensivät tarjontaa, vaikka tilastollisesti merkittävä vaikutus saatiin vain mäntyukeilla. Metsänomistajat reagoivat myös enemmän kuitupuun kuin tukkien hintojen muutokseen.

Useissa aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa verrattiin puun myyntitulojen verotuksen muutoksia, saatiin tulokseksi verouudistuksen lisännen puun tarjontaa. Viitanen ym.

(2021) saivat kuitenkin tulokseksi, että tarjonta ei merkittävästi muuttunut veromuutosten seurauksena.

Taulukko 1. Aikaisempien tutkimusten arvioita joustoista

Tutkimus	Toppinen (1995) Havaintoväli: vuosi Ajanjakso: 1976– 1992 Menetelmä: 2SLS		Toppinen ja Kuuluvainen (1997) Havaintoväli: vuosi Ajanjakso: 1960–1992 Menetelmä: 2SLS		Mutanen ja Toppinen (2005) Havaintoväli: neljännes- vuosi Ajanjakso: 1986–2003 Menetelmä: 2SLS	
	Tukkipuu	Kuitupuu	Tukkipuu	Kuitupuu	Kuusitukki	Mäntytukki
Hinta (t)	4,02*	2,18**	0,16	0,41*	7,72***	7,11***
Hinta (t-1)	-2,22*	-2,03**	-1,46**	-0,99**	-5,60***	-5,00***
Tarjonta (t-1)	0,33	-	0,53**	0,34**	0,11	0,25***
Korko	-1,92 (t-1)	-	1,99 (t-1)	-0,49	15,77*** (diff.)	13,53*** (diff.)

Tutkimus	Hänninen ym. (2004) Havaintoväli: vuosi Ajanjakso: 1983–2004 Menetelmä: SUR					
	Mäntytukki	Kuusitukki	Koivutukki	Mäntykuitu	Kuusikuitu	Koivukuitu
Hinta (t)	3,71***	-2,75***	3,75***	1,13***	2,11***	2,02***
Hinta (t-1)	-2,75***	-2,49***	-2,49***	-1,63***	-2,01***	-1,59***
Tarjonta (t-1)	-0,52**	0,02	-0,29	-0,62**	-0,044**	-0,64***
Korko	-0,12	-0,12	-0,02	-0,28***	-0,04	-0,23**
Puuvaranto	-4,72*	-1,59	-0,13	1,96***	0,07	0,07
Hinta (pitkä aikaväli)	0,63	-0,77	0,95	0,39	0,07	0,28

Tutkimus	Viitanen ym. (2021) Havaintoväli: vuosi Ajanjakso: 1995–2017 Menetelmä: 3SLS					
	Mäntytukki	Kuusitukki	Koivutukki	Mäntykuitu	Kuusikuitu	Koivukuitu
Puutavaralaji						
Hinta (t)	1,97*	2,36**	2,06*	3,21***	4,37***	3,31***
Hinta (t-1)	-2,08	-2,29**	-2,58**	-1,34**	-3,19**	-2,06**
Tarjonta (t-1)	0,11	-	0,32	-	0,15	0,05
Käytettävissä olevat tulos	-1,04	-1,68	-0,90	0,86*	0,80	2,25
Hakkuumahdollisuudet	4,21	0,77	0,19	2,85*	0,16	0,18

Koska Hiisi-hankkeessa käytetyt hakkuukertymätavoitteet perustuvat Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekarttaan ja Sahateollisuus ry:n ilmastoraporttiin, voidaan olettaa kysynnän olevan ulkopuolelta annettu. Siksi mallitarkastelu tapahtuu vain tarjonnan estimoinnilla.

Puun tarjonnan tarkastelua varten koottiin havaintoaineistot eri puutavaralajien kuukausittaisista pystykauppojen hinta- ja määrätiedoista koko maan osalta sekä hinta-alueittain (taulukot 2 ja 3). Aikasarjat kattavat tiedot vuoden 2016 tammikuusta alkaen, joten havaintoja aikasarjoissa on yhteensä 65. Hinta-alueita on yhteensä kahdeksan (Etelä-Suomi, Keski-Suomi, Kymi-Savo, Savo-Karjala, Etelä-Pohjanmaa, Pohjois-pohjanmaa, Kainuu-Koillismaa ja Lappi). Puun tarjontaa kuvataan toteutuneilla pystykauppamäärillä kunkin puutavaralajin kohdalla (mänty-, kuusi- ja lehtitukki sekä mänty-, kuusi- ja koivukuitu). Korkeaineisto pohjautuu Suomen pankin 12 kuukauden Euribor -tilastoihin. Korko on ollut viime vuodet alhainen ja lähes koko tarkastellun ajanjakson osalta negatiivinen, jolloin koron vaikutus tarjontamalleissa on mahdollisesti vähäinen.

Taulukko 2. Puun hinta-alueet maakunnittain

Etelä-Suomi	Uusimaa Varsinais-Suomi Satakunta Kanta-Häme Päijät-Häme
Keski-Suomi	Pirkanmaa Keski-Suomi
Savo-Karjala	Pohjois-Savo Pohjois-Karjala
Kymi-Savo	Kymenlaakso Etelä-Karjala Etelä-Savo
Etelä-Pohjanmaa	Etelä-Pohjanmaa Pohjanmaa Keski-Pohjanmaa
Pohjois-Pohjanmaa	Pohjois-Pohjanmaa (poislukien Kuusamo, Pudasjärvi ja Taivalkoski)
Kainuu-Koillismaa	Kainuu sekä Kuusamo, Pudasjärvi ja Taivalkoski
Lappi	Lappi

(Lähde:Luonnonvarakeskus, alueluokitukset)

Hinta-alueittain tiedot olivat suoraan saatavilla Luonnonvarakeskuksen tilastotietokannasta (Suomen virallinen tilasto: teollisuuspuun kauppa) lukuun ottamatta Pohjois-Pohjanmaata ja Kainuu-Koillismaata, joiden tilastointi alkoi vuonna 2020. Näiden osalta aikasarjat on estimoitu vuosille 2016-2019 käyttäen Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan maakuntakohtaisia sekä aiemmin tilastoidun Kainuu-Pohjanmaan tietoja. Hintasarjat on deflatoitu kesäkuun 2021 tasolle elinkustannusindeksillä (EKI 1951:10 = 100, Suomen virallinen tilasto: kuluttajahintaindeksi). Aineistosta mallinnettujen estimointien tavoitteena on tarkastella puun tarjonnan hintajoustoja, joten aikasarjat on muutettu luonnollisiksi logaritmeiksi.

Puutavaralajeittain tarkasteltaessa tietyillä hinta-alueilla havaintoja on niukasti saatavilla tai puukauppamäärät ovat muuten vähäisiä, eikä vaihtelua eri kuukausien välillä esiintynyt tarkastellun ajanjakson puitteissa merkittävästi. Tästä johtuen tarkastelussa ei ole koivutukki mukana pohjoisimmilla hinta-alueilla. Lisäksi Lapin osalta mukana eivät ole kuusikuitupuu ja koivukuitupuu. Mallintamisessa tarkastellaan kunkin yksittäisen puutavaralajin tarjontaa, eikä hintamuutosten ristikkäisvaikutuksia ole huomioitu.

Puukauppamäärien vaihdellessa voimakkaasti eri kuukausien välillä, lisättiin aineistoon kuukausittaiset dummy-muuttujat. Nämä todennäköisesti tasoittavat estimoitavien mallien kertoimia. Aiemmissa tarjonnan hintajoustoja tarkastelluissa tutkimuksissa aikasarjat ovat yleensä olleet vuositason aineistoja. Tässä työssä käytettävä kuukausitason aineisto tuottaa enemmän vaihtelua eri kuukausien välille, koska puukauppojen määrässä ja hinnassa on kausivaihtelua.

Taulukko 3. Puun hinta-alueet, puutavaralajit ja pystykauppoja sekä kantohintoja kuvaavien muuttujien nimeäminen

Hinta-alue	Tunnus	Puutavaralaji	Pystykaupat	Kantohinta
Koko maa	-	Mäntytukki	qpmati	hmati
Etelä-Suomi	1	Kuusitukki	qpkuti	hkuti
Keski-Suomi	2	Koivutukki	qpkoti	hkoti
Savo-Karjala	3	Mäntykuitu	qpmaki	hmaki
Kymi-Savo	4	Kuusikuitu	qpkuki	hkuki
Etelä-Pohjanmaa	5	Koivukuitu	qpkoki	hkoki
Pohjois-Pohjanmaa	6			
Kainuu-Koillismaa	7			
Lappi	8	$i = (1, 2, \dots, 8)$		

Tulosten luotettavuuden kannalta aikasarja-analyysissä on olennaista testata aikasarjojen integroitumisastetta. Aikasarjojen integroitumisastetta testattiin ADF (Augmented Dickey Fuller) -yksikköjuuritestillä (Dickey ja Fuller, 1979), jonka tulokset on raportoitu liitteessä 1. Testiin sisällytettiin muuttujien vakio, deterministinen aikatrendi ja viisi viivettä, jota käytettiin myös aiemmin kuukausitasolla tehdyssä puumarkkinatutkimuksessa (Tilli ym., 2000). Testitulosten perusteella puukauppamääriä kuvaavat muuttujat olivat lähes kaikki stationaarisia, mutta hintamuuttujat osoittautuivat pääosin epästationaarisiksi. Stationaarisessa aikasarjassa havaintoarvot eivät muodosta näkyvästi havaittavaa trendiä, kun taas epästationaarisen aikasarjan arvot vaihtelevat tietyn kehityksen mukaisesti. Epästationaarisiksi osoittautuneiden aikasarjojen kohdalla testattiin myös muuttujan ensimmäisen ja toisen differenssin stationaarisuutta. Viimeistään toisen differenssin kohdalla aikasarjat osoittautuivat stationaarisiksi.

Tarjontamallit on estimoitu puutavaralajeittain koko maan osalta sekä hinta-alueittain. Olettaen täydelliset markkinat, tulisi lyhyen aikavälin hintajouston olla optimaalisessa

tilanteessa positiivinen ja hintaodotuksia kuvaavan viivästetyn hinnan negatiivinen, sillä hinnan nousun nykyisen periodin aikana oletetaan lisäävän puun tarjontaa ja hintaodotusten kasvun vähentävän. Puuntarjontamallit estimoitiiin käyttäen pienimmän neliosumman menetelmää, jolloin puun tarjontamalli voidaan esittää muodossa:

$$qp_t = c_0 + c_1 qp_1 + c_2 p_{t-1} + c_3 qp_{t-1} + c_4 r_t + e_t$$

Vakiona käytetään toteutuneiden pystykauppojen määrää (qp_t) ja selittävinä muuttujina ovat puutavaralajin hinta (qp_1), viivästetty hinta (p_{t-1}), viivästetty määrä (qp_{t-1}) ja korko (r_t). Koska mallinnuksessa on käytetty muuttujien logaritimuunnoksia, ovat kertoimet (c_0, \dots, c_4) tulkittavissa joustoiksi. Lyhyen aikavälin hintajoustopuun ja määrän sopeutumiskertoimien avulla voidaan laskea pitkän aikavälin hintajousto kaavalla (Koytsoyiannis, 1977):

$$e_t = \frac{c_1 + c_2}{1 - c_3}$$

Taulukossa 4. on esitetty tiivistetysti eri puutavaralajien tarjontamallien lyhyen ja pitkän aikavälin joustot koko maassa sekä hinta-alueittain. Alueittaisessa tarkastelussa osa pohjoisemmista alueista on jätetty tarkastelusta pois havaintojen puuttuessa tai puunmyyntimäärän ollessa vähäinen. Tukkipuun joustot lyhyellä aikavälillä olivat pääsääntöisesti korkeampia verrattuna kuitupuulle laskettuihin joustoihin, mikä mahdollisesti selittyy voimakkaammalla hintavaihtelulla. Puun nimellinen hinta nousi selvästi vuonna 2018, jolloin myös puukauppamäärät kasvoivat verrattuna aiempimpiin vuosiin. Vuoden 2020 lopulta alkaen nykyhetkeen puun hinta lähti uudelleen selvään nousuun, mikä on lisännyt toteutuneita pystykauppoja suhteessa alhaisempien hintatasojen vastaavaan ajankohtaan. Suotuisa kehitys on näkynyt etenkin kuusitukin sekä mäntytukin hinnoissa, mutta myös muiden puutavaralajien hintojen kehitys oli vastaavan suuntaista. Hintaodotukset olivat pääasiassa itseisarvoltaan alhaisempia kuin lyhyen aikavälin hintajoustopuun, jolloin myös pitkän aikavälin joustot asettuivat positiivisiksi. Korkotasolla on ollut vähäinen vaikutus toteutuneisiin puukauppamääriin tässä raportissa käytetyn aineiston perusteella, mikä johtuu luultavasti negatiivisesta korkotasosta ja sen vähäisestä vaihtelusta viime vuosina.

Yleisen teorian mukaan koron nousun oletetaan lyhentävän puuston kiertoaikaa, jolloin hakkuuajankohta olisi aiemmin kuin alhaisemman korkotason vallitessa. Kuitenkaan aiemmissa tutkimuksissa korkotasolla ei ole havaittu olleen merkittävää vaikutusta kertoimiin (mm. Hänninen 2004, Mutanen ja Toppinen, 2005).

Tarjontamalleissa saatujen tulosten perusteella sekä lyhyen että pitkän aikavälin hintajoustot olivat korkeampia aiempiin tutkimuksiin verrattuna (esim. Hänninen ym. 2004, Mutanen ja Toppinen, 2005). Tämä todennäköisesti johtuu aineistossa käytetystä aikasarjasta, jossa tässä raportissa oli kuukausitason havaintoväli. Aikasarjojen ajoittuessa vuosille 2016-2021 eivät pitkän aikavälin hintajoustot ole niin luotettavia verrattuna tilanteeseen, jossa tarkasteltava aikasarja ja havaintoväli olisivat pidempiä. Malany ym., (2007) korostaa kuukausittaisen aineiston käytön haasteita ja toteaa, että verrattuna vuosiaineistoihin, niiden kautta tuleva kausivaihtelu voi heikentää estimointien luotettavuutta. Viitanen ym., (2021) toteavat kuukausiaineistojen käytön olevan hankalaa metsänomistajien tulojen ja metsävarannon muutoksen arvioinnissa.

Lyhyen ja pitkän aikavälin joustot koko maassa olivat keskimäärin alhaisempia kuin hinta-alueittain lasketut joustot. Tulosten perusteella nykyinen hinta vaikuttaa puukauppaan positiivisesti, kun taas hintaodotusten vaikutus on negatiivinen. Molemmat osoittautuivat myös useimmiten tilastollisesti merkitseviksi. Lyhyen aikavälin hintajoustot olivat koivutukia ja kuusikuitua lukuun ottamatta samansuuruisia. Mänty- ja kuusitukin sekä mänty- ja koivukuidun joustot vaihtelivat välillä 3,09–3,71, kun taas koivutukin hintajousto oli 4,80 ja kuusikuidun 1,33. Pitkän aikavälin hintajoustoissa ainoastaan kuusikuitu sai negatiivisen arvon ja muiden puutavaralajien kohdalla joustot vaihtelivat välillä 0,31–1,69. Kuusikuitua koskevaan tulokseen saattaa vaikuttaa erityisesti kuusikuitua käyttävän mekaanisen massateollisuuden tuotannonleikkaukset.

Alueellisesti tarkasteltuna sekä lyhyen että pitkän aikavälin joustojen arvot olivat alhaisempia etelämpänä sijaitsevilla hinta-alueilla. Tämän voidaan olettaa johtuvan vaihtelevista puukaupparamäärissä, jotka olivat pohjoisemmilla alueilla vähäisempiä ja suhteellinen muutos kuukausien välillä korkeampi, joten tuloksiin on niiden osalta syytä suhtautua varauksella.

Pitkän aikavälin hintajoustoissa negatiivisia arvoja ilmeni osittain koivutukin, kuusitukin ja -kuidun sekä mäntykuidun kohdalla. Kuusitukin lyhyen aikavälin joustot vaihtelivat välillä 3,10–5,21 ja kuusikuidun välillä 0,10–7,28. Kuusikuitupuun lyhyen aikavälin joustot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä niillä hinta-alueilla, joissa pitkän aikavälin jousto asettui negatiiviseksi. Kertoimet olivat huomattavasti korkeampia Lapissa ja Pohjanmaalla sijaitsevilla hinta-alueilla, mikä toistui yleensä jokaisen puutavaralajin kohdalla. Negatiivisten pitkän aikavälin joustojen osalta etenkin kuusitukin suhteellinen hintakehitys on ollut tarkastelujakson aikana suotuista hintojen nousun yhteydessä. Voisikin olettaa, että hintojen nousun seurauksena metsänomistaja odottaa kehityksen jatkuvan samansuuntaisena, mikä voi vaikuttaa puunmyyntipäätökseen. Mäntytukin lyhyen aikavälin joustojen kertoimet hinta-alueittain olivat välillä 2,93–6,98. Hintaodotukset olivat itseisarvoltaan lyhyen aikavälin joustoja alhaisempia,

joten pitkän aikavälin hintajoustot olivat myös positiivisia. Koivutukin osalta tarkastelussa oli vain neljä hinta-alueita sekä koko maa johtuen pohjoisimpien hinta-alueiden vähäisistä pystykauppamääristä. Koivutukin lyhyen ja pitkän aikavälin hintajoustot olivat korkeampia suhteessa muiden tukkipuiden joustoihin ja myös hintaodotukset saivat itseisarvoltaan korkeampia kertoimia lukuun ottamatta Kymi-Savon hinta-alueita. Mäntykuitupuun joustojen vaihtelu eri alueiden välillä oli vähäisintä (1,71–5,54), mutta kertoimet olivat eteläisten hinta-alueiden osalta selvästi kuusikuidun vastaavia korkeampia. Koivukuitupuulle lasketut lyhyen aikavälin joustot olivat samaa suuruusluokkaa mäntykuitupuun kanssa ja ne vaihtelivat välillä 1,61–5,57.

Taulukko 4. Lyhyen (pitkän) aikavälin joustot koko maassa ja hinta-alueittain

	MÄNTY- TUKKI	KUUSI- TUKKI	KOIVU- TUKKI	MÄNTY- KUITU	KUUSI- KUITU	KOIVU- KUITU
KOKO MAA	3,71 (1,58)	3,66 (0,37)	4,80 (0,31)	3,53 (0,92)	1,33 (- 0,78)	3,09 (1,69)
ETELÄ-SUOMI	2,93 (0,04)	3,10 (- 0,44)	4,34 (1,25)	1,71 (- 0,35)	0,50 (- 1,37)	1,91 (0,45)
KESKI-SUOMI	3,55 (2,00)	3,90 (1,29)	5,30 (2,72)	2,06 (0,55)	1,42 (- 0,04)	2,28 (1,31)
SAVO- KARJALA	3,46 (0,07)	3,39 (- 0,37)	3,28 (0,23)	2,42 (- 0,09)	0,10 (- 1,45)	2,77 (1,30)
KYMI-SAVO	3,00 (0,76)	3,20 (0,04)	4,66 (- 0,17)	3,10 (1,39)	0,45 (- 1,78)	2,12 (0,82)
ETELÄ- POHJANMAA	4,44 (3,15)	5,17 (3,73)	-	4,54 (3,19)	5,95 (8,67)	2,96 (2,24)
POHJOIS- POHJANMAA	6,98 (5,72)	-	-	4,12 (1,60)	7,28 (6,63)	5,57 (4,69)
KAINUU- KOILLISMAA	4,33 (1,96)	-	-	3,03 (1,73)	3,78 (4,20)	1,61 (1,02)
LAPPI	4,09 (2,05)	5,21 (3,26)	-	1,71 (0,41)	-	-

Viitanen ym. (2021) korostavat, että keskeinen vaatimus tarjontapäätösten mallinnuksen tulosten oikeellisuudessa on oletus, että metsänomistajan kulutus ja säästämisspäätökset voidaan erottaa. Jos näin ei ole, ja viimeaikaisten tutkimustulosten mukaan päätöksenteko on yhä monitahoisempaa, metsänomistajan muut tulot pitäisi ottaa mukaan tarkasteluun.

5 Hiisi-hankkeen WEM- ja WAM-toimenpiteiden vaikutus metsien kehitykseen

Jotta voidaan arvioida Hiisi-hankkeen tuottaman hiilipäästöjen kehityspolun toteutu-
vuutta, on hyvä ymmärtää, miten mallinnus on tehty.

Suomen kasvihuonekaasupäästöjen ja energijärjestelmän kehitys lasketaan Hiisi-
hankkeessa TIMES-VTT-energiajärjestelmämallilla. Malli kattaa energian tuotannon ja
käytön nykyjärjestelmän lisäksi tulevaisuuden teknologiavaihtoehdot, jotka perustuvat
sekä kansainväliseen tutkimuskirjallisuuteen että VTT:n omiin arvioihin. Mukana las-
kennassa ovat kaikki Kioton pöytäkirjan kasvihuonekaasupäästöt. Malli tuottaa ener-
gian kulutuksen ja päästöjen kehitysurat tarvittaessa aina vuoteen 2150 saakka.

Mallinnuksen tuloksia käytetään puolestaan lähtötietoina puun kysynnän ja LULUCF-
sektorin kehitysarvioissa. Hiisi-hankkeessa metsien hiilinielun kehitys on mallinnettu
Luken toimesta. Saatu nettonielu toimii TIMES-VTT:ssä rajoitteena muiden sektorei-
den päästöille. Malli kuvaa millaisilla ohjauskeinoilla ja teknologisilla ratkaisuilla voi-
daan saavuttaa tarvittavat päästövähennykset TIMES-VTT:n kustannusoptimin mukai-
sesti, kun rajoitteena on LULUCF-sektorin päästöjen kehitys.

Metsäteollisuuden tuotannon kehitysarviot nojaavat Luken MELA-ohjelmiston laskel-
miin sekä Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekartan, Sahateollisuus ry:n hiilitiekartan ja
konsulttiyhtiö AFRY:n selvityksiin. Niitä on tarkennettu viimeaikaisten kehityslinjojen
osalta. On syytä huomata, että hakkuuarvio on jätetty selvästi Metsäteollisuus ry:n il-
mastotiekartan visiota pienemmiksi, vaikka metsien kasvu lisääntyy.

Hiisi- hankkeessa tehtiin laskelmia varten kaksi skenaariota: nykyisten politiikkatoi-
menpiteiden (WEM) pohjalta ja uudet politiikkatoimenpiteet huomioiden (WAM). Met-
säteollisuuden tuotantomäärät ja siten hakkuumäärät oletetaan samoiksi sekä WEM-
että WAM-skenaarioissa. WAM-skenaariossa tarkasteltiin lisäksi metsien kasvua li-
sääviä toimenpiteitä. Metsien kasvua lisäävien toimenpiteiden lähtökohtana on toimi-
alajärjestöjen ilmastotiekartan keinot.

Sekä WEM- että WAM-skenaarion laskelmissa oletetaan, että taimikonhoito tehdään
aina metsänhoidon suositusten mukaisesti. Lisäksi WAM-skenaarion laskelmissa kei-
noina ovat metsälannoituksen lisääminen, rehevien korprien yläharvennusten lisäämi-
nen ja kunnostusojituksen vähentäminen rehevillä korvilla ja karuilla rämeillä. Keskei-
senä keinona on metsälannoituksen lisääminen kivennäis- ja turvemailloilla yhteensä

150 000 hehtaariin vuodessa. Tavoitteet ovat keskenään yhteensopivia, koska lannoitus ja yläharvennus lisäävät haihduntaa ja kuivatuskykyä, mikä vähentää kunnostusojituksen tarvetta puuntuotannon kärsimättä. Toisena keinona on soiden kunnostusojitusten vähentäminen. WEM-skenaariossa kunnostusojitusta vähennetään harvennusten yhteydessä rehevissä korvissa, mutta WAM-skenaariossa tätä on laajennettu koskemaan myös karuja rämeitä. Viimeisenä toimenpiteenä on yläharvennusten lisääminen rehevien korpien harvennuskohteilla. WEM-skenaariossa harvennukset aina alaharvennustyyppisinä. WAM-skenaariossa sen sijaan rehevien korpien harvennushakkuista 30 prosenttia tehdään yläharvennustyyppisinä ja siten, että ko. harvennus on aina kiertoajan viimeinen pohjapinta-alaan perustuva harvennus.

Luonnonvarakeskuksen käyttämä MELA2016-ohjelmisto ei sisällä jalostetun viljelymateriaalin käyttöön liittyviä kehitysmalleja ja siten sekä WEM- että WAM-skenaarioissa jalostetun viljelymateriaalin mahdollinen vaikutus ilmeni vain kalibroidun kasvuntason kautta.

WEM- ja WAM- laskelmat toteutettiin siten, että kotimaisen ainespuun, metsähakkeen ja polttopuun käyttöä vastaava hakkuuprojektio sekä sille ehdollinen metsävarojen kehitys Luken MELA2016-ohjelmistolla. MELA2016 sisältää puutason luonnonprosessi- ja tuottavuusmalleihin perustuvasta metsiköiden käsittely- ja kehitysvaihtoehdot tuottavasta simulaattorista ja eri vaihtoehtoja vertailevasta lineaarisen optimoinnin ohjelmistosta. (Luke, 2021)

Hakkuuprojektio saadaan kertomalla tuotannon vaatima puumäärä puunkulutuskertoimen avulla kiintiökuutiometriksi raakapuuta. Tällöin saadaan metsäteollisuuden tarvitsema puumäärä puutavaralajeittain. Muutamia lisälaskuja tarvitaan tuontipuun, sivutuotehakkeen ja kuorten osuuden huomioimiseksi.

Kotimaisen metsähakkeen ja pientalojen polttopuun sekä polttohakkeen nettotuonnin tarve WEM- ja WAM- skenaarioissa tulee TIMES-VTT-mallista. Pienpoltto ja kotitarviketakuut huomioidaan laskelmassa ja näissä käyttömäärissä on eroja WEM- ja WAM-skenaarioissa, johtuen TIMES-VTT-mallista.

Näin saadaan lopputulokseksi maakunnittaiset hakkuukertymätavoitteet, joiden pohjalta MELA2016-ohjelmalla lasketaan hakkuumäärät ja niiden kohdistuminen yli ajan. Laskentayksiköt, joita on lähes 60 000 perustuvat valtakunnan metsien 12. inventointiin ja vuosi 2016 muodostuu laskennan aloitusvuodeksi.

Hakkuut lasketaan puuntuotannon nettotulojen nykyarvon optimointina maakunnittain. Optimoinnissa on käytetty neljän prosentin korkokantaa. Käytetty korkokanta on korkea suhteessa nykyiseen korkotasoon, mutta heijastaa keskimääräistä metsän tuottoa prosenttia. Tuottovaatimuksen korkokannan käyttöä on kritisoitu (Lappi, 2019).

Tukki- ja kuitupuun hinnat perustuvat tienvarsihintoihin ja energiapuun osalta käyttöpistehintoihin, joista on vähennetty metsänhoidon ja korjuun kustannukset. Puutavara-lajien kantohintana käytettiin 2008-2018 toteutunutta keskimääräistä yksikköhintaa. Samalla tavalla muiden erien hinnat olivat keskiarvoja toteutuneista. Kullakin alueella on joukko hakkuukertymää rajoittavia tekijöitä, jotka otetaan huomioon.

Näin saadaan kullekin tarkasteltavalle alueelle optimointiin perustuva toimenpide, joka eroaa lähinnä hakkupinta-alojen, hakkuiden ajoittumisen ja voimakkuuden suhteen.

Hakkuukertymätavoitteet määräävät siis metsävarojen kehitysennusteen, jonka tulokset toimivat kangasmaiden maaperän ja metsäisten turvemaiden hiilivarastojen muutoksen arvioinnissa. Alle 20 vuotta metsämaana olleen puuston hiilivaraston muutos laskettiin KHK-inventaariossa keskimääräisillä puuston kasvu- ja poistuma-arvoilla. Yli 20-vuotiaan metsämaan puuston hiilivaraston muutokset laskettiin kymmenvuotiskausittain puuston biomassavarastojen erotuksena.

Näiden laskelmien mukaan runkokuu vuosittainen hakkuukertymä nousee kauden 2016-2025 vuosittaisesta 71 miljoonasta kuutiometrillä kauden 2036-2045 82 miljoonaan kuutiometriin. Samanaikaisesti runkokuu kasvu nousee WEM-skenaariossa kauden 2016-2025 vuosittaisesta 106 miljoonasta kuutiometrillä kauden 2036-2045 108 miljoonaan kuutiometriin. WEM että WAM-skenaarioissa tehdään kasvatushakkuuta, runsaammin WAM:issa. Ne kohdistuvat lisäksi enemmän turvemaihin, joissa ei tehdä kunnostusojituksia. (Luke, 2021)

WAM skenaariossa puuston kasvu on koko ajan hieman suurempaa. Kokonaispoistuma nousee samoilla kausilla 83 miljoonasta 95 miljoonaan kuutiometriin. Puuston runkotilavuus nousee alkuvuoden 2016 2,5 miljardista kuutiometrillä WEM-skenaariossa 3 miljardiin kuutiometriin ja WAM-skenaariossa 3,1 miljardiin kuutiometriin vuoteen 2046 mennessä eli noin neljänneksen. Lisäys kohdistuu pääosin kangasmaihin. Erot WEM- ja WAM-skenaarioiden lopputulemien välillä ovat vähäiset.

WEM- ja WAM-skenaarioissa tapahtuu sekä metsitystä että metsien häviämistä ja yhteensä metsäalan nettomuutos WEM-skenaariossa on 73 000 hehtaarin vähennys kun WAM-skenaariossa lisäys on 15 000 hehtaarilla vuoteen 2040 mennessä. Lisäntyminen johtuu viljelysmaiden, ruohikkoalueiden ja turvetuotantoalueiden metsittämis-toimenpiteillä ja raivausten rajoituksilla.

Metsämaan nettonielu vähenee WEM-skenaariossa vuoden 2019 tasosta (-23.0 miljoonaa) vuoden 2040 -21.9 miljoonan tasoon. Sen sijaan WAM-skenaariossa se vah-

vistuu -26.9 miljoonaan tonniin. Keskeinen ajuri WAM-skenaariossa toteutuvaan suu- rempaan hiilinieluun on hoidetulla metsämaalla toteutuvat toimenpiteet. Kehitys met- sänkäsittelyn piirissä olevan maan osalta on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Hiisi-hankkeen WEM- ja WAM-arviot hakkuista metsänkäsittelyn piirissä ole- valta maalta vuosina 2016-2055

KAUDET	2016-2025		2026-2035		2036-2045	
	WEM	WAM	WEM	WAM	WEM	WAM
Runkopuun hakkuukertymä, milj. m³/v	71,1	71,1	78,6	79,2	82,0	82,2
Ainespuukertymä, milj. m³/v	61,8	61,8	67,8	67,7	71,2	71,2
Tukkikertymä ²¹	27,0	27,0	29,8	29,8	30,4	30,4
Kuitukertymä ²¹	34,8	34,8	38,0	37,9	40,8	40,7
Energiapuukertymä, milj. m³/v	13,4	13,3	16,0	16,9	16,4	16,8
Hakkuupinta-ala, 1000 ha/v	534	550	672	693	658	668
Kasvatushakkuu	318	338	471	497	453	474
Uudistushakkuu	217	211	200	196	205	194

¹⁾ Tilatiedot (mm. pinta-ala) ovat kunkin ajankohdan alkuvuoden tietoja ja kausittaiset tiedot (mm. kasvu) kunkin jakson vuotuisia keskiarvoja.
²⁾ Laskentateknisista seikoista johtuen tukki- ja kuitukertymän arviot ovat vain suuntaa antavia.

Lähde: Luke, 2021

TIMES-VTT mallissa ei ole mukana talouden toimijoiden optimointia ja MELA2016 mallissa hakkuumäärät määräytyvät yksinkertaisen optimoinnin seurauksena. Tämän takia näissä malleissa ei pystytä arvioimaan talousyksiköiden reaktioita. Koska yksit- täiset metsänomistajat päättävät suurimmasta osasta puutavaran tarjonnasta, tämä ongelma on erityisen vahva metsäsektorin kehitystä arvioitaessa. Kuten Toppinen ja Kuuluvainen (2010) toteavat, metsäsektoria kuvaavat laskennalliset osittaistasapaino- mallit kärsivät sekä metsävarantojen kehityksen satunnaistekijöiden että metsänomis- tajiin käyttäytymisen puutteellisesta mallintamisesta. Vaikka mallit ovat heidän mu- kaansa käyttökelpoisia politiikkatoimenpiteiden arvioimisessa, niin oikeellisuus nojaa pitkälti alla olevin vuorovaikutusten onnistuneeseen kuvaamiseen.

Aikaisemmat ekonometriset analyysit ja tässä raportissa tehty mallinnus viittaa siihen, että viimeaikaisiin aineistojen perusteella metsänomistajat reagoivat tehokkaammin hintojen muutokseen ja näin puun tarjontaa voidaan kasvattaa lyhyellä aikavälillä hin- toja nostamalla. Hintaohjautuvuutta tukee myös metsäomistajien kyselytutkimusten tulokset puusta saatavan hinnan keskeisestä merkityksestä heille. Tämän perusteella voidaan Hiisi-laskelmien hakkuukertymätavoitteita pitää mahdollisena saavuttaa, jos hinnat reagoivat riittävästi ja puuston kasvun nopeutuminen väljentää alueellisesti puun tarjonnan keskeistä rajoitetta eli hakkuumahdollisuuksia.

Puuston kasvun lisääntyminen ilmastonmuutoksen seurauksena lisää puun tarjontaa tulevaisuudessa, mutta ilmastonmuutos altistaa metsät uuden tyyppisille riskeille kuten tuholaisille, myrskytuhoille ja tulipaloille

Hiilinielut nojaavat pitkälti metsävarantojen kehitykseen, mutta arviota niihin kohdistuvista riskeistä ja niiden toteutumisen vaikutuksista nieluihin on arvioitu vain vähän (kts Tuomenvirta ym., 2018).

6 Metsäalan toimijoiden näkemykset ilmastotoimenpiteiden toteutettavuudesta ja vaikutuksista puumarkkinoihin

6.1 Haastattelujen toteutus ja tavoite

Osana tarkastelua tehtiin puhelimitse haastattelututkimus yhdeksälle metsäalan toimijalle syyskuun alkupuolella vuonna 2021. Haastateltujen nimet on esitetty liitteessä 2.

HIISI-hankkeessa asetettiin maankäyttö, maankäytön muutos ja metsä eli LULUCF-sektorin tavoitteeksi vahvistaa nettonieluja 3 Mt CO₂ eq. 2035 mennessä. Haastatteluissa keskusteltiin pääosin kolmesta Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekartassa esitetyistä toimenpiteistä, jotka ovat mukana myös HIISI-tutkimuksessa: 1) lisää lannoitusta kivennäis- ja turvemaidella, yhteensä 150 000 hehtaaria vuodessa; 2) rehevien korprien harvennusalasta 30 prosenttia käsitellään yläharvennustyyppisesti; sekä 3) ei kunnostusojitusta rehevien korprien lisäksi karuilla rämeillä. Taimikonhoito tehdään aina metsänhoidon suositusten mukaisesti. Haastattelut pitäytyivät vaikutuksissa ainespuuhun ja sen kasvatukseen, puun energiakäyttö rajattiin tarkastelun ulkopuolelle. Tämä kaventaa hieman haastattelujen kattavuutta, koska puun energiakäytön lisääminen on yksi Hiisi-hankkeen keinoja fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi.

Haastattelujen tavoitteena oli kerätä metsäalan toimijoiden näkemyksiä toimenpiteiden toteutettavuudesta ja tarvittavista ohjaukeinoista; puumarkkinoiden kehityksestä ja toimenpiteiden vaikutuksesta siihen; sekä toimenpiteiden yhdensuuntaisuudesta ja/tai ristiriitaisuuksista muiden metsäsektoriin kohdistuvien politiikkatavoitteiden suhteen. Seuraavissa alaluvuissa on yhteenveto haastatteluista.

6.2 Toimenpiteiden toteutettavuus ja tarvittavat ohjauskeinot

Toimenpide 1): Lisää lannoitusta kivennäis- ja turvemilla, yhteensä 150 000 hehtaaria vuodessa

Metsäalan toimijat pitivät tavoitteen saavuttamista melko todennäköisenä tietyn edellytyksin, vaikkakin se on hyvin kunnianhimoinen. Potentiaalisia kohteita toimenpiteille on kuitenkin paljon, ja esimerkiksi Metsähallitus on jo kaksinkertaistanut vuosittaisen lannoitustavoitteen. Yksityismetsissä tilakoko (ja kuviokoko) edellyttää yleensä yhteishankkeita, joten jonkun tahon, yleensä metsäammattilaisten, on käytettävä resursseja hankkeiden kokoamiseen. Lannoitus on hiilinielun lisäämisen kannalta nopea toimenpide varsinkin kivennäismailla, joilla kasvu lisääntyy jo vuodessa toimenpiteen jälkeen, ja toimenpide on nopeutensa ja suuren pinta-alakattavuutensa kannalta tärkeä hiilinielun kasvattamisessa. Puun kasvun ja siten hiilinielun kasvun lisäksi lannoitus vahvistaa metsän vastustuskykyä tuhoja vastaan. Ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät sään ääri-ilmiöt tulee ottaa huomioon myös lannoituksen toteutuksessa, esimerkiksi harvennushakkuiden jälkeen tehtävien lannoituksen toteutuksessa. Metsäpolitiikan tulisi varmistaa lannoituksen mahdollistaminen tulevaisuudessakin metsänhoidollisena toimenpiteenä. Haastateltavat pitivät olennaisimpina ohjauskeinoina lannoituksen lisäämiseksi neuvontaa ja olemassa olevia tukia. Myös lannoituksen liitettyjä kielteisiä näkemyksiä tulisi heidän mielestään tarkistaa vanhentuneiden uskomusten päivittämiseksi. Lannoitus tulisi mieltää vahvasti osana kiertotaloutta. Haastateltavien mukaan lannoituksen ei ole myöskään todettu heikentävän puun laatua, vaikka sellaisia näkemyksiä esitetäänkin.

Kivennäismailla kasvatuslannoitus on haastateltujen mukaan selvästi kannattavaa tukin saannin nopeutuessa ja lisääntyessä. Monet metsänomistajat, jotka painottavat tavoitteissaan myös taloudellista tuottoa, ovat lähtökohtaisesti kiinnostuneita, kunhan heillä on tietoa sopivista kohteista ja lannoituksen kannattavuudesta. Lannoituksen vaikutus on 6-8 vuotta, ja se tehdään yksityismailla yleensä noin 10 vuotta ennen päätehakkuuta. Jotta tavoiteltu hehtaarimäärä saavutettaisiin, lannoitukset tulisi kohdistaa myös kasvatusikään ensimmäisen tai toisen harvennuksen jälkeen. Kustannus on kuitenkin korkea, ja investoinnin tuotto realisoituu vasta usean kymmenen vuoden päästä. Investointihalukkuus pitkäkestoisiin hankkeisiin myös laskee, jos korkotasonousee nykyisestä hyvin alhaisesta tasosta. Metsähallitus ja isojen tilakokonaisuuksien haltijat lannoittavat jo nykyään useammin kuin kerran, mutta yksityismetsänomistajille olisi hyvä suunnata lisätietoa kasvatuslannoitusten kannattavuudesta. Pääsääntöisesti Suomessa metsänomistajat kuitenkin suunnittelevat metsätalouttaan ylisukupolisesti (Karppinen ym. 2020). Kivennäismaiden lannoitustoimiin ei ole sinänsä tarvetta suunnata valtion tukea, mutta tavoiteltavien hehtaarien saavuttamiseksi nopealla

aikataululla se saattaa olla tarpeen haastateltujen mielestä. Hiilikompensaatiohankkeiden mahdollisesti laajetessa metsänomistajat voivat saada tuloa lannoituksen aiheuttamasta hiilinielun lisäyksestä myös yksityiseltä sektorilta, mikä vähentäisi valtion tuen tarvetta.

Kivennäismailla puuston kasvua ja siten hiilensidontaa lisää myös terveyslannoitusten lisääminen kuusikoissa booritasapainon parantamiseksi taimikonhoidon yhteydessä, varsinkin entisillä kaskimailla. Yksityiset metsänomistajat saavat tukea terveyslannoitukseen Kemerasta. Toteutuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota vesistö- ja muihin ympäristövaikutuksiin. Täsmällistä levitystä pienilläkin aloilla edistää reppuruiskutus ja myös dronen käytöstä on hyviä kokemuksia. Metsänomistajien päätöksenteon tueksi ja toteutuksen optimaaliseksi suunnitteluksi ja toteuttamiseksi tarvitaan lisää tietoa ja tehokasta jakamista. Kivennäismaille tulisi myös suunnata sopiville kohteille kierrätelannoitusta yleisen hyväksyttävyyden lisäämiseksi osana kiertotaloutta.

Vesistövaikutukset tulee minimoida kivennäismaiden lannoituksissa. Kohteiden hyvä suunnittelu niin lento- kuin maalevityksessä on tässä erittäin olennaista. Tarvittaisiin myös paikkatietoon yhdistettyä tutkimustietoa kantavien maiden maaperästä, jotta voidaan valita maalevitykseen parhaat kohteet ja toimia vesistöystävällisesti. Valtion panostusta tarvittaisiin kartta-aineiston kehittämiseksi tutkimustiedon pohjalta koko toimialan käyttöön.

Turvemaiden tuhkalannoituksen vaikuttavuus on kivennäismaiden kasvatustalannoitusta hitaampi ja pitkäkestoisempi, vähintään 30 vuotta. Tuhkalannoitus tehdään nuoremmissa ikäluokissa kuin kivennäismaiden lannoitukset, ja jatkuvassa kasvatuksessa ajankohdalla ei ole merkitystä. Tuhkalannoituksen toteuttaminen harvennuksen jälkeen mahdollistaa samojen ajourien käytön, mikä vähentää vaurioita.

Tuhkaan lisätään usein myös booria tai muita hivenaineita kasvun edistämiseksi, mutta booria sisältävän tuhkan levitys esimerkiksi pohjavesialueille on kielletty. Ruokaviraston toteuttama tuhkan laadun määrittely ja tuottajavastuu on tärkeää vesistövaikutusten ehkäisemiseksi. Osa metsänomistajista on kiinnostunut tuhkalannoituksesta, mutta tietoa toimenpiteen toteuttamisesta, kannattavuudesta ja tuista tulisi lisätä. Työlaji on Kemeran piirissä. Nykyistä tukimäärää metsänomistajille tuhkalannoituksen toteuttamisesta pidettiin pääsääntöisesti riittävänä. Tuhkalannoituksella voi olla myös hyötyä luonnon monimuotoisuudelle lehtipuiden lisääntymisen ja luontaisen uudistumisen näkökulmasta. Hyötyjen esiintuominen voisi lisätä joidenkin metsänomistajien kiinnostusta toimenpiteeseen.

Toimenpiteen toteutuminen edellyttää neuvonnan lisäämistä kohteiden valinnasta ja toimenpiteen kannattavuudesta ja taloudellisista vaikutuksista. Metsänomistajan pää- töstä toteuttamisesta edistää mm. olemassa olevien lannoituskohteiden esittely ja toisten metsänomistajien hyvät kokemukset.

Hehtaaritavoitteiden saavuttamista voi vaikeuttaa lento- että maalevityksenkaluston ja osaavien tekijöiden puute. Kaluston tasaisen käyttöasteen vuoksi pitäisi tuhkalannoituksia voida tehdä myös kesäkaudella. Tuhkamäärä kiloina hehtaarille on kuitenkin lähes kymmenkertainen kivennäismaiden lannoitukseen verrattuna, mikä on olennaista levityksessä maan kantavuuden kannalta. Turvemailla erityisesti maalevityksen ajanjaksoa kaventaa kuitenkin maan kantavuus sulanmaan aikana. Ilmastonmuutos voi edelleen lyhentää talvikautta. Lentolevityksellä aikaansaadaan yleensä tasaisin tulos eikä maaston kantavuus ole ongelma, mutta se on kalliimpaa toteuttaa. Lentolevityksen varasto- ja lähtöalue pitää myös suunnitella huolella. Tuhkan tuottajia on vielä vähän ja kuljetusmatkat vaikuttavat lannoituksen kannattavuuteen ja nettoilmastovaikutukseen.

Toimenpide 2) Rehevien korpien harvennusalasta 30 prosenttia käsitellään yläharvennustyyppisesti

Tavoite on haastateltujen mielestä saavutettavissa, mutta haasteellinen. Reheviä korpia on vähän, joten toimenpiteen ilmastovaikutukset jäävät toteutuessaankin melko pieniksi ilmastotoimenpiteiden kokonaisuudessa. Toimenpide on sopiva osalle rehevistä korvista ja toimenpiteen rajaamista 30 prosentille rehevien korpien harvennusalasta pidettiin hyvänä. On otettava huomioon, että osa kohteista on sopivia myös METSO- tai HELMI-kohteiksi. Myös sertifiointi rajoittaa ojitusta ja käsittelyä etenkin, jos kuvion vesitalous on luonnontilaisen kaltainen. Jatkuvan kasvatuksen nähtiin ylipäättänsäkin lisääntyvän ilman ohjausta, mutta toteutuksen tueksi tarvitaan vielä lisätutkimusta ja ammattitaitoista suunnittelua. Maaperätieto olisi myös tämän toimenpiteen toteutuksen osalta tärkeää.

Yksityismetsänomistajista osa on jo kiinnostuneita peittävästä metsänkasvatuksesta rehevillä korvilla, mutta oikeista toteutustavoista ja taloudellisista vaikutuksista tarvitaan neuvontaa. Juuristovaurioita syntyy helposti sulalla maalla, ja toisaalta kovilla pakkasilla voivat latvukset katkeilla. Hyvä suunnittelu ja huolellinen toteutus oikea-aikaisesti on siten tärkeää. Toimenpiteen lisäämiseksi tulisi tukea neuvontaorganisaatioiden toimintaa ja aktiivisuutta sen suosittelussa metsänomistajille.

Haastateltujen mukaan yläharvennuksen lisäksi myös muut peitteisen metsänkasvatuksen tavat, kuten kaistalehaku ja pienaukot tulisi sallia. Luontaista uudistumista varten on olennaista jättää hyvälaatuista puustoa ensiharvennuksessa, joka kannat-

taa siten tehdä laatuharvennuksena. Toinen harvennuskerta voidaan tehdä yläharvennuksena. Olennaista on, että puustoa jää riittävästi vesitalouden säätelyyn ja hyvälaatuisen taimiaineuksen tuotantoon.

Juurikäävän vuoksi jatkuvan kasvatuksen kohteita tulee seurata erityisesti eteläisessä ja keskisessä Suomessa. Osaava suunnittelu ja seuranta on olennaista näillä kohteilla. Jos juurikääppää esiintyy, kohteella tarvitaan viljelyä ja vesitalouden säätelyä. Pullonkaulana toimenpiteen toteutukselle voi olla kaluston määrä, jota voisi helpottaa investoinnit kesäkorjuuseenkin sopiviin kantaviin tai superkantaviin korjuukoneisiin.

Toimenpide 3) Ei kunnostusojitusta rehevien korprien lisäksi karuilla rämeillä, kunnostusojitusten vähennys 40 prosenttia.

Tavoitetta pidettiin realistisena. Erityisesti karuilla rämeillä, joita on korpia enemmän, kunnostusojitus vähenee jo nykyisellään kannattamattomuuden vuoksi. Rämeellä pitää kuitenkin olla jo luontainen taimikko, jotta kunnostusojituksen voi jättää toteuttamatta. Rehevien korprien kunnostusojitustarvetta vähentäisi jatkuvan kasvatuksen ylläpitämä haihdunta (toimenpide 2), joten yhdessä näiden kahden toimenpiteen toteutuminen on todennäköisempää. Edellytyksenä on, että puusto on riittävää vesitalouden säätelemiseksi. Kunnostusojituskohteiden vesistövaikutuksia ja mahdollisesti hiilipäästöjä voidaan kuitenkin vähentää esimerkiksi mataloittamalla ojia.

Yksityismetsänomistaja ei välttämättä itse huomaa kunnostusojitustarvetta, vaan metsäammattilaiset suosittelevat toimenpidettä. Rehevien korprien uudistumisesta jatkuvassa kasvatuksessa tarvitaan lisää tutkimustietoa, jotta metsäammattilaiset voivat tarjota vaihtoehtoisia käsittelymuotoja. Kohteita, joissa kunnostusojitusta ei enää toteuteta, olisi tarpeen seurata puuston kehittymistä mahdollisten tautien varalta.

6.3 Puumarkkinoiden kehitys vuoteen 2035-2050 ja toimenpiteiden vaikutus

Puumarkkinoiden nähtiin kehittyvän tasapainossa sekä tarjonnan että kysynnän kasvaessa. Tarjonnan kasvuun vaikuttaa puuston kasvun lisääntyminen ilmastonmuutoksenkin myötä. Melko hitaan metsänomistajakunnan rakennemuutoksen ei odoteta ainakaan vähentävän tarjontaa. Toimenpiteet eivät pakettina vaikuta juurikaan tarjottuun puumäärään, mutta tukkisaanto lisääntyy suhteessa kuitupuuhun. Myös ensiharvennusten hakkuukertymät nousevat.

Metsäteollisuuden kysyntä tulee lisääntymään, mutta nykyinen tuotantorakenne ei tue tukkiosuuden lisääntymistä. Jos taas tukkia ei käytetä puutuoteteollisuudessa ja metsänomistajat eivät saa siitä tukin hintaa, tarjontahalukkuus laskee. Puutuotteiden käytön lisäys kaikessa rakentamisessa Suomessa ja Euroopassa tukisi tukkipuun käyttöä ja kasvattamisen kannattavuutta ja lisäksi hiilensidontaa puutuotteisiin sekä korvaisi ilmastovaikutuksiltaan huonompien raaka-aineiden käyttöä.

6.4 Toimenpiteiden yhdensuuntaisuus ja ristiriitaisuus muiden metsäsektoriin kohdistuvien politiikkatavoitteiden suhteen

Toimenpiteet nähtiin yhdensuuntaisina nykyisten metsäpoliittisten tavoitteiden kanssa ja monitahoista metsäpolitiikkaa tukevinä. Haastateltavat uskoivat, että lisääntyvä tietoisuus ympäristövaikutuksista ja pyrkimys vastuullisuuteen suuntaa metsätaloutta joka tapauksessa toimenpiteiden viitoittamaan suuntaan. Toimenpiteiden toteuttamisessa tulisi olla kuitenkin malttia, jotta toteuttaminen pohjautuu tietoon ja osaamiseen. Osa toimenpiteistä lisää puuntuotantoa, osa vähentää sitä, mutta turvaa rinnalla osittain myös luonnon monimuotoisuutta. Ylipäättänsä toimenpiteiden aikaansaaman puuston järeytymisen nähtiin vaikuttavan luonnon monimuotoisuuteen myönteisesti. Myös haitalliset vesistövaikutukset vähenevät kunnostusojituksen vähentämisen myötä. Yksittäisinä toimenpiteinä tavoitteet voisi olla vaikeampi saavuttaa, mutta yhdessä ne muodostavat tasapainoisen, hyväksyttävän paketin, joka tukee kestävästä metsätalouden taloudellisia, sosiaalisia ja ekologisia tavoitteita.

Monipuolinen, aktiivinen metsätalous ja sen tuottamat puutuotteet fossiilisten raaka-aineiden korvaajina ovat osa ilmastoratkaisua. Valtion roolina on metsäpolitiikallaan tukea metsäalan toimijoita tutkimustiedon rahoittajana, neuvontatyön edistäjänä ja osin rahoittajana sekä kestävänsä metsätalouden mahdollistajana ja puolustajana ulkoisia paineita vastaan.

Haastateltavat korostivat yksityisen sektorin hiilikompensaatiohankkeiden lisäävän metsänomistajien kiinnostusta hiilinieluja lisääviin toimenpiteisiin ja heidän metsistängsä saatavia tulojaan. Suomen kannalta on olennaista selvittää, mikä on ns. kansallista hiilivarantoa ja -nielua, ja mikä hiilikrediittien ostajille laskettavaa. Hiilikompensaatiohankkeiden puskurivarantojen takia hiilensidonta myös todennäköisesti ylittää myytävien hiilikrediittien määrän.

Kaikissa haastatteluissa korostui metsäammattilaisten rooli eri toimenpiteiden tavoitteiden saavuttamisessa kestäväällä tavalla. Monet yksityismetsänomistajista tukeutuvat metsäammattilaisiin ja heidän suosituksiinsa päätöksissään metsissään tehtävistä toimenpiteistä. Neuvojen työhön sisältyy kuitenkin jo nyt paljon erilaisia metsän- ja ympäristöhoidollisia tavoitteita sekä muuta neuvontaa. Olennaista tulee olemaan miten neuvojat ohjeistetaan omissa organisaatioissaan ja miten he omaksuvat ja mahdollistavat ehdotettujen toimenpiteiden edistämisen osaksi työtään.

7 Johtopäätökset ja politiikkasuositukset

Tämä raportti arvioi Hiisi-hankkeessa esitettyjen metsiin kohdistettujen toimenpiteiden toteutettavuutta ja puumarkkinavaikutuksia hyödyntäen kirjallisuuskatsausta metsänomistajien asennetutkimuksista, ekonometristä analyysiä ja sidosryhmähaastatteluita. Tarkastelussa rajauduttiin lähinnä yksityismetsiin ja ainespuun markkinoihin. Hiisi-hankkeessa esitettyjä LULUCF-sektorilla metsiin suunnattuja toimenpiteitä WAM-skenaariossa oli kolme: 1) lisää lannoitusta kivennäis- ja turvemaidella, yhteensä 150 000 hehtaaria vuodessa; 2) rehevien korprien harvennusalasta 30 prosenttia käsitellään yläharvennustyyppisesti; sekä 3) ei kunnostusojitusta rehevien korprien lisäksi karuilla rämeillä, kunnostusojitusten vähennys 40 prosenttia.

Yksityiset ihmiset omistavat noin 60 prosenttia Suomen metsämaasta. He tuottavat suurimman osan metsäteollisuuden käyttämästä puusta, mutta myös kasvattavat samalla Suomen ilmasto- ja energiapolitiikassa tärkeimpänä pidetyn hiilinielun. Metsäpolitiikalla pyritään ohjaamaan metsänomistajien päätöksiä yhteiskunnan tavoitteiden suuntaan. Ohjauksella voidaan myös tukea uuden tiedon valossa tehtyjä muutoksia metsänhoidon suosituksissa. Kansallinen metsästrategia 2025 muiden metsään kohdistuvien politiikkojen kanssa asettaa metsien hoidolle ja käytölle niin puuntuotantoon, metsien terveyteen, luonnon monimuotoisuuteen, hiilinieluihin ja -varastoihin ja virkistyskäyttöön sekä muihin ekosysteemipalveluihin kohdistuvia tavoitteita. Koska tavoitteetkin ovat moninaiset, monitavoitteinen metsänomistajakunta erilaisin metsänhoidollisin painoituksin kattaa erilaisia tavoitteita. Tavoitteet voivat olla myös yhdensuuntaisia – puuston kasvun lisääminen lannoituksella vahvistaa myös hiilinieluja, tai rehevän korven käsittely jatkuvalla kasvatuksella lisää hiilinielun lisäksi myös luonnon monimuotoisuutta. Kunnostusojituksen vähentäminen parantaa vedenlaatua myönteisten ilmastovaikutusten lisäksi.

Yksityismetsänomistajien päätökseen toteuttaa ehdotettuja toimenpiteitä metsissään vaikuttavat heidän asenteensa ja näkemyksensä ilmastonmuutoksesta, heidän metsänomistukselleen asettamat tavoitteet, metsätilan mahdollisuudet ja taloudelliset tekijät. Suomalaiset metsänomistajat ymmärtävät metsiensä roolin ilmastonmuutoksen hillinnässä. Metsänomistajatutkimuksissa on havaittu metsänomistajien jakautuvan erilaisiin tavoiteryhmiin metsänomistuksensa suhteen. Ryhmien suhtautuminen metsien hoitoon ja käyttöön sekä muiden ekosysteemipalveluiden tuotantoon vaihtelee selvästi. Tämä heijastuu myös erilaiseen suhtautumiseen ilmastotoimenpiteisiin – puuntuotantoa korostavat metsänomistajat ovat kiinnostuneempia kasvua lisäävästä lannoituksesta, kun taas virkistys- ja suojelupainotteiset kiinnostuvat pikemminkin la-

hopuun jättämisestä tai kunnostusojituksesta luopumisesta. Metsänomistajan päätöstä siitä mitä toimenpiteitä voi ja kannattaa toteuttaa metsissä rajoittavat kuitenkin metsän kasvupaikkatyyppi, kuvioiden kehitysvaihe, metsätilan koko ja puulajijakautuminen.

Puuntuotanto on yhteiskunnallisesti ja suurimmalle osalle metsänomistajista tärkeä tavoite metsätaloudessa. Kyselytutkimuksissa tärkeimmiksi puun myyntiin vaikuttaviksi tekijöiksi yksityismetsänomistajilla nousevat tilalla olevat hakkuumahdollisuudet, puutavaralajien hinta ja rahantarve. Metsänomistajien taustapiirteet ja metsätila vaikuttavat puunmyyntihalukkuuteen. Monitavoitteiset sekä taloutta ja turvaa korostavat metsänomistavat myyvät muita tavoiteryhmiä useammin ja enemmän puuta. Isommat tilat ovat useammin puumarkkinoilla, mutta myyvät pienempiä tiloja vähemmän puuta hehtaaria kohti vuodessa, eli puuntuotannon tehokkuus pienenee. Metsäomistajan ikä ja kotitalouden muut tulot vähentävät puun tarjontaa.

Puun tarjonnan tarkastelua varten koottiin havaintoaineistot kuuden eri puutavaralajin kuukausittaisista pystykauppojen hinta- ja määrätiedoista koko maan osalta sekä hinta-alueittain. Keskeisiksi tuloksiksi saatiin, että sekä lyhyen että pitkän aikavälin hintajoustot olivat korkeampia aiempiin tutkimuksiin verrattuna. Erityisesti tukkipuun joustot lyhyellä aikavälillä olivat pääsääntöisesti korkeampia verrattuna kuitupuulle laskettuihin joustoihin, mikä mahdollisesti selittyy voimakkaammalla hintavaihtelulla. Hintaaodotukset olivat pääasiassa alhaisempia kuin lyhyen aikavälin hintajoustot, jolloin myös pitkän aikavälin joustot asettuivat positiivisiksi. Korkotasolla oli vähäinen vaikutus toteutuneisiin puukauppamääriin.

Tämän perusteella voidaan päätellä, että viimeaikaisiin aineistojen perusteella metsänomistajat reagoivat tehokkaammin hintojen muutokseen ja näin puun tarjontaa voidaan kasvattaa lyhyellä aikavälillä hintoja nostamalla. Hintaohjautuvuutta tukee myös metsäomistajien kyselytutkimusten tulokset puusta saatavan hinnan keskeisestä merkityksestä heille. Puuston kasvun nopeutuminen väljentää myös ajan myötä puun tarjonnan keskeistä rajoitetta eli hakkuumahdollisuuksia. Sen sijaan metsänomistajien ikääntyminen, vaurastuminen ja kaupungistuminen ovat tekijöitä, jotka todennäköisesti vähentävät tarjontaa.

Puun hinnan kehitystä voidaan luonnehtia eri kysyntä- ja tarjontatilanteissa. Jos ilmastomuutoksen ja uusien politiikkatoimenpiteiden johdosta puun kasvu nopeutuu, johtaa tämä tarjonnan lisääntymiseen. Ilman vastaavaa kysynnän kasvua, hintataso laskee. Jos kysyntä kasvaa samassa tahdissa tarjonnan lisääntymisen myötä, hintataso pysyy vakaana. Hintataso vastaavasti nousee, jos lyhyen aikavälin toimenpiteet alentavat puuntuotannossa olevan metsämaan pinta-alaa tai sen kasvua. Toisaalta, metsäteollisuuden ennustettua suurempi puunkysyntä taas nostaisi hintoja.

Ehdotettujen toimenpiteiden vaikutukset puumarkkinoihin ovat suhteellisen vähäiset. Osa toimenpiteistä vähentäisi, osa lisäisi puuntarjontaa. Puuston odotetaan kasvavan ilmastonmuutoksen seurauksena joka tapauksessa seuraavina vuosikymmeninä selvästi nykyistä enemmän. Toisaalta metsäteollisuuden tarvitsema puumäärä kasvaa Metsäteollisuuden tiekartan mukaan. Tarjonnan ja kysynnän kasvaessa puumarkkinat pysyisivät tasapainossa, mutta tukkisaannon suhteellinen osuus nousisi toimenpiteiden vaikutuksesta. Tämä saattaa horjuttaa tasapainoa eri puutavaralajien markkinoilla. Mahdollisena uhkana puuston kasvulle on ilmastonmuutoksen ääri-ilmiöiden lisääntyminen, mikä altistaa metsät uuden tyyppisille riskeille kuten tuholaisille ja tulipaloille. Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat riskit heikentäisivät toteutuessaan puun tarjonnan lisäksi myös hiilinieluja. Siten hillintätoimien lisäksi myös ilmastonmuutokseen sopeutumiseen tähtäävät toimenpiteet ovat metsänhoidossa ja käytössä tarpeen. Koska suurin osa metsänomistajista myy puuta ja saa metsistä taloudellista tuloa, ilmastotoimenpiteiden vaikutukset metsätalouden kannattavuuteen on otettava huomioon tavoitteita asetettaessa. Lähinnä Yhdysvaltoihin keskittyvässä tutkimuksessa on havaittu, että tärkein kannuste metsänomistajalle osallistua vapaaehtoisin hiilensidonnin lisäämistä edistävien hankkeiden toteuttamiseen on korvauksen taso. Ilmastonmuutokseen tähtäävien ohjelmien tai toimien osallistumishalukkuuteen on havaittu vaikuttavan lisäksi mm. metsänomistajan tulotaso, ikä, omistamisen tavoitteet ja metsätilan koko.

Suomessa ei ole metsien ilmastotoimenpiteitä kokoavaa ohjelmaa, vaan toimenpiteet sisältyvät yleiseen metsäpolitiikkaan kuten Kansallinen metsästrategia 2025. Metsäpolitiikan tärkeimpiä ohjauskeinoja lain lisäksi ovat tuet ja neuvonta. Kestävän metsätalouden rahoituslain tuki edistää yksityisten metsänomistajien teettämiä metsänhoitotöitä, kuten terveyslannoituksia, tuhkalannoituksia, ympäristötukisopimuksia ja luonnonhoitohankkeita. METSO-ohjelmassa, johon ympäristötukisopimukset ja luonnonhoitohankkeet myös kuuluvat, voidaan ELY-keskusten kautta tukea myös pidempiaikaisia suojeluratkaisuja, kuten yksityisen suojelualueen perustaminen. Myös HELMI-elinympäristöohjelma tarjoaa mm. soiden suojeluun ja ennallistamiseen kohdistuvia korvauksia. Sidosryhmähaastatteluissa ehdotettuja toimenpiteitä pidettiin pitkälti yhdensuuntaisina nykyisen metsäpolitiikan tavoitteiden kanssa.

Neuvonta on metsäalalla vaikuttava informaatio-ohjauksen kanava. Neuvonta on keskeistä myös vaihtoehtoisten metsänkäsittelytapojen punnitsemisessa ja niiden vaikutusten arvioinnissa. Neuvonnan rooli korostuu tulevaisuudessa metsänomistajien asuessa kauempana metsätiloiltaan. Toisaalta metsänomistajien koulutustason nousu lisää palveluvaatimuksia ja valmiuksia kyseenalaistamaan ammattilaisten näkemykset. Toimenpiteille asetettujen tavoitteiden saavuttaminen olisi haastavaa ilman vahvaa lisäpanosta neuvonta- ja suunnittelutyöhön. Ilmastoystävällisten toimenpiteiden valinta ja yhdistäminen omiin metsänomistusta koskeviin tavoitteisiin tulisi tehdä mahdollisimman helpoksi metsänomistajille eri järjestelmissä. Tämän kehittämiseksi tarvitaan tuuppauksia (nudging) ja niiden toimivuutta tarkastelevaa tutkimusta.

Sidosryhmähaastatteluissa nousi ohjauskeinoista vahvimmin esiin neuvonta keinona edistää ilmastoystävällisiä toimenpiteitä metsissä. Nykyisiin tukiin ei sinänsä ehdotettu lisäyksiä, mutta tavoitteiden saavuttaminen nopealla aikataululla saattaisi edellyttää lisää kannustavia toimia. Suomessa kemera-tuen saanti edellyttää selvästi lyhytaikaisempaa sitoutumista toimenpiteen toteuttamiseen kuin ulkomaisissa ilmastotoimiohjelmissä. Tuki kuitenkin kattaa vain osan suorista kustannuksista, mutta ei mahdollisia vaihtoehtokustannuksia tai korvausta sitoutumisesta. Esimerkiksi tuhkalannoituksessa tuen osuus on 30 prosenttia kokonaiskustannuksista, joihin voi sisältyä suunnittelu-, työ- ja tarvikkekustannukset sekä ravinneanalyysi. Kuitenkin, kun maanomistaja hakee tukea itse, tuki voidaan myöntää vain tarvikkekustannuksiin. Haastatteluissa nousi esiin myös yksityisen sektorin hiilikompensaatiohankkeiden mahdollinen rooli toimenpiteiden lisäämisen vauhdittajana. Yksityissektorilla toimivat hiilinielumarkkinat voivat kuitenkin vaikuttaa suurestikin puumarkkinoihin, jos toteutuksen toimenpiteinä lisääntyvät puuntuotantoa vähentävät toimet kuten kiertoajan pidentäminen ja suojeleminen. Varsinkin hiilikrediittien kansainväliset ostajat saattavat valita mieluummin tämän tyyppiset toimenpiteet esimerkiksi lannoituksen sijasta. Vaihtoehtoinen ansaintamuoto voisi siten vähentää metsänomistajien puuntarjontaa tulevaisuudessa.

Tulosten perusteella toimenpiteiden toteutuksessa tulisi ottaa huomioon:

- Yksityismetsien terveys- ja tuhkalannoituksen lisäämiseksi tulisi kohdentaa lisää Kemera-rahoitusta ko. työlajiin, lisätä metsäalan organisaatioiden osuudesta suunnitelmien laadinnassa ja toimenpiteiden toteutuksessa sekä varmistaa Suomen metsäkeskuksen resurssit hakemusten käsittelyyn.
- Rehevien korprien harvennuskäsittelyssä tulisi voida harkita myös muita jatkuvan kasvatuksen menetelmiä kuin yläharvennusta. Ennallistamiskelpoisten kohteiden omistajille tulisi markkinoida myös METSO- ja HELMI-ohjelman keinoja.
- Kaikkien toimenpiteiden ammattilaisten tekemään suunnittelutyöhön tulee suunnata suurempi korvaus haitallisten vaikutusten minimoimiseksi, myös silloin kun metsänomistaja itse toteuttaa työn.
- Ilmastonmuutoksen hillintää edistävien toimenpiteiden valikoima tulisi pitää mahdollisimman laajana, jotta erilaiset metsänomistajat kokisivat ne mielekkäiksi omien tavoitteidensa kannalta. Metsänomistajille tulisi tehdä myös helppoksi (tuuppaus, nudging) ilmastoystävällisten toimenpiteiden valinta.
- Tutkimuksen rahoittaminen tiedon lisäämiseksi hiilinieluja vahvistavien toimenpiteiden yhteensovittamisesta muiden metsien kohdistettujen tavoitteiden kanssa ja toteuttamista niin, että haitalliset vaikutukset vältetään ja uudistuminen varmistetaan. Myös maaperäkartat vesistövaikutusten välttämiseksi olisi tarpeen toteuttaa.

Mahdollisuus myös, että ohjauskeinot ja toimenpiteet vaikuttavat käyttäytymiseen nopeammin ja tavoitteet saavutetaan etuajassa. Tämä myös tilanteessa, jossa hakkuut eivät toteudu suunnitellussa määrässä.

Lähteet

- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. 1979. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*. 74: 427-431.
- Favada, I. 2007. Econometric models of Finnish non-industrial private forest owners' timber supply and timber stock. *Dissertationes Forestales* 46. Helsingin yliopisto, maa- ja metsätieteellinen tiedekunta.
- Haltia, E., Rämö, A.-K., Pynnönen, S., Valonen, M. & Horne, P. 2017. Miksi metsien taloudellisia mahdollisuuksia jätetään käyttämättä? – Metsänomistajien aktiivisuus ja siihen vaikuttaminen. *PTT raporteja* 255.
- Hänninen, H., Valonen, M. & Haltia, E. 2020. Metsänomistajat palveluiden käyttäjinä : Metsänomistaja 2020-tutkimuksen tuloksia. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 63/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 63 s.
- Kansallinen metsästrategia 2025 – päivitys. Valtioneuvoston periaatepäätös 21.2.2019. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2019:7. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.
- Karppinen, H., Hänninen, H. & Horne, P. 2020. Suomalainen metsänomistaja 2020. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 30/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s 73.
- Khanal, P. N., Grebner, D. L., Munn, I. A., Grado, S. C., Grala, R. K., & Henderson, J. E. 2017. Evaluating non-industrial private forest landowner willingness to manage for forest carbon sequestration in the southern United States. *Forest Policy and Economics*. 75:112-119.
- Koskela, T., Horne, P., Karppinen, H. ja Korhonen O. 2021. Metsien ekosysteemipalvelut ja jokamiehen oikeus – Metsänomistaja 2020. *PTT raporteja* 267.
- Kotsoyiannis, A. 1977. *Theory of Econometrics*. Second Edition. The Macmillan Press Ltd., London. 681 s.
- Kuuluvainen, J. & Tahvonen, O. 1999. Testing the forest rotation model: Evidence from panel data. *Forest Science* 45. s.539-551.

Kuuluvainen, J. & Hetemäki, L. & Ollonqvist, P. & Ovaskainen, V. & Pajuoja, H. & Salo, J. & Seppälä, H. ja Tervo, J. 1988. The Finnish Roundwood Market: An econometric analysis. Finnish Economic Papers 1. s. 191-201.

Lappi, J. 2019. Metsätalouden tuottoprosentti ja nykyarvolaskennan korko ovat vertailukelvottomia. Metsätaloudellinen aikakauskirja. Tiedonanto

Leppänen, J. 2008. Puumarkkinoiden vero-ohjaukskeinot vuonna 2008. Teoksessa: Hänninen, R. & Sevola, Y. (toim.). Metsäsektorijn suhdannekatsaus 2008–2009. Metsäntutkimuslaitos. Ss. 44–45.

Leppänen, J., Pajuoja, H. & Toppinen, A. 2001. Effects of public support for forestry on timber supply. Teoksessa: Solberg, Birger (toim.). Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics, Gausdal, Norway, April 2000. Scandinavian Forest Economics 37. s. 257-275

Luonnonvarakeskus, Alueluokitukset 2021 [verkkajulkaisu]. [viitattu 08.09.2021]. https://stat.luke.fi/sites/default/files/fi2021_alueluokitus_kartat_2021_0.pdf

Luonnonvarakeskus 2021. Mela tulospalvelu, [verkkajulkaisu]. [viitattu 11.09.2021]. <http://mela2.metla.fi/mela/tupa/tupaindex.htm>

Malatay, R., Toppinen, A. & Viitanen, J. 2007. Modelling and forecasting Finnish pine sawlog stumpage prices using alternative time-series methods. Canadian Journal of Forestry Research, 37:178-187.

Markowski-Lindsay, M., Stevens, T., Kittredge, D. B., Butler, B. J., Catanzaro, P., & Dickinson, B. J. 2011. Barriers to Massachusetts forest landowner participation in carbon markets. Ecological Economics, 71:180–190.

Miller, K. A., Snyder, S. A., & Kilgore, M. A. 2012. An assessment of forest landowner interest in selling forest carbon credits in the Lake States, USA. Forest Policy and Economics. 25:113-122.

Mutanen, A. & Toppinen, A. 2005. Finnish Sawlog Market under Forest Taxation Reform. Silva Fennica 39:117–130.

Rämö, A.-K., Haltia, E., Horne, P. & Hänninen, H. 2011. Yksityismetsien puuntarjonta – Puunmyyntipäätökseen vaikuttavat tekijät. PTT raportteja 226. 79 s.

Rämö, A-K. & Toivonen, R. 2009. Uusien metsänomistajien asenteet, motiivit ja aiomukset metsiin ja metsänomistukseen liittyvissä asioissa. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja N:o 216. 137 s. + liitteet.

Rämö, A-K, Tilli, T., Toivonen, R., Ripatti, P., Lindroos, K., Ruohola, H. 2005. Metsäverojärjestelmän muutos ja yksityismetsänomistajien puunmyyntiaikeet vuosina 2004–2007. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja N:o 191. 73 s. + liitteet.

Salo, S. & Tahvonen, O. 2002. On the optimality of a normal forest with multiple land classes. *Forest Science*. 48. s.530-542

Soimakallio, S., Tikkakoski, P., Niemistö, J., Savolahti, M., Rehunen, A., Seppälä, J., Hildén, M. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimien ympäristövaikutusten arviointi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 64/2021.

Suomen metsäkeskus, tuki suometsän hoitoon. Viitattu: 13.9.2021. www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/tuki-suometsan-hoitoon

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kuluttajahintaindeksi [verkkojulkaisu]. ISSN=1796-3524. Heinäkuu 2021, Liitetaulukko 3. Elinkustannusindeksi 1951:10=100. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 14.9.2021]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/khi/2021/07/khi_2021_07_2021-08-13_tau_003_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT): Metsämaan omistus [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 8.9.2021]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/metsom/index.html>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Teollisuuspuun kauppa [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus, [viitattu 8.9.2021]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/mahakk/index.html>

Tahvonen, O. & Salo, S. 1999. Optimal forest rotation with in situ preferences. *Journal of Environmental Economics and Management*.

Teollisuuspuun hakkuut alueittain [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus, [viitattu 8.9.2021]. Saantitapa: <https://stat.luke.fi/teollisuuspuun-hakkuut-alueittain>

Thaler, R.H. & Sustein, C.R. 2008. *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press, 312 s.

Tilli, T., Rämö, A-K., Maidell, M., Toivonen, R. & Kärki, L. 2009. Metsänomistajien näkemyksiä metsätalouden kannattavuudesta ja puun tarjonnasta vuoteen 2015. Pelleron taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja 213. 94 s + liitteet.

Toppinen A. ja Kuuluvainen J. 2010. Forest sector modelling in Europe-the state of the art and future research directions. *Forest Policy and Economics* 12: 2-8.

Toppinen, A., Toivonen, R. 1998. Roundwood market integration in Finland: a multivariate conintegration analysis. *Journal of Forest Economics* 4:241–266.

Tuomenvirta, H.; Haavisto, R.; Hildén, M.; Lanki, T.; Luhtala, S.; Meriläinen, P.; Mäkinen, K.; Parjanne, A.; Peltonen-Sainio, P.; Pilli-Sihvola, K.; Pöyry, J.; Sorvali, J.; Veijalainen, N. 2018. Sää- ja ilmatoriskit Suomessa - Kansallinen arvio. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja

UPMmetsä 2021. Milloin on ensiharvennuksen aika? Milloin päätehakkuun, verkkojulkaisu. (viitattu 14.9.2021. <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/artikkelit/hakkuun-aika/>)

Uusivuori, J. & Kuuluvainen, J. 2005. The harvesting decisions when a standing forest with multiple age-classes has a value. *American Journal of Agricultural Economics* 87. s. 61-76.

Viitanen, J., Mutanen, A., Kalliovirta, L. & Packalen, T. 2021. Demand and Supply Elasticities in the Finnish Roundwood Markets in 1995–2017, Julkaisematon käsikirjoitus.

Wade, D., & Moseley, C. 2011. Foresters' perceptions of family forest owner willingness to participate in forest carbon markets. *Northern Journal of Applied Forestry*. 28(4): 199-203.

Liitteet

Liite 1a. ADF-testien tulokset malleissa käytetyistä muuttujista.

Muuttuja	t-ADF	Päätelmä	Muuttuja	t-ADF	Päätelmä
hmat	-1,318	I(1)	qpmat	-3,055**	I(0)
hmat1	-1,532	I(1)	qpmat1	-3,066**	I(0)
hmat2	-1,509	I(1)	qpmat2	-3,333**	I(0)
hmat3	-1,568	I(1)	qpmat3	-3,981**	I(0)
hmat4	-1,357	I(1)	qpmat4	-4,740***	I(0)
hmat5	-1,155	I(1)	qpmat5	-2,212	I(1)
hmat6	-1,028	I(1)	qpmat6	-3,030**	I(0)
hmat7	-0,216	I(1)	qpmat7	-3,294**	I(0)
hmat8	-1,011	I(1)	qpmat8	-4,478***	I(0)
hkut	-1,562	I(1)	qpkut	-3,217**	I(0)
hkut1	-1,127	I(1)	qpkut1	-3,306**	I(0)
hkut2	-1,676	I(1)	qpkut2	-3,758***	I(0)
hkut3	-1,541	I(1)	qpkut3	-4,216***	I(0)
hkut4	-1,155	I(1)	qpkut4	-4,497***	I(0)
hkut5	-1,143	I(1)	qpkut5	-2,060	I(1)
hkut6	-	-	qpkut6	-	-
hkut7	-	-	qpkut7	-	-
hkut8	-0,844	I(1)	qpkut8	-3,799***	I(0)
hkot	-1,905	I(1)	qpkot	-4,045***	I(0)
hkot1	-2,69	I(1)	qpkot1	-3,899***	I(0)
hkot2	-3,166**	I(0)	qpkot2	-4,222***	I(0)
hkot3	-1,442	I(1)	qpkot3	-2,753*	I(0)
hkot4	-2,433	I(1)	qpkot4	-4,380***	I(0)
hkot5	-	-	qpkot5	-	-

Muuttuja	t-ADF	Päätelmä	Muuttuja	t-ADF	Päätelmä
hkot6	-	-	qpkot6	-	-
hkot7	-	-	qpkot7	-	-
hkot8	-	-	qpkot8	-	-
hmak	-0,597	I(1)	qpmak	-5,065***	I(0)
hmak1	-1,339	I(1)	qpmak1	-4,904***	I(0)
hmak2	-0,527	I(1)	qpmak2	-5,451***	I(0)
hmak3	-0,959	I(1)	qpmak3	-5,275***	I(0)
hmak4	-1,127	I(1)	qpmak4	-4,798***	I(0)
hmak5	-1,609	I(1)	qpmak5	-4,016***	I(0)
hmak6	-1,303	I(1)	qpmak6	-4,336***	I(0)
hmak7	-0,804	I(1)	qpmak7	-4,299***	I(0)
hmak8	-1,181	I(1)	qpmak8	-6,055***	I(0)
hkuk	-1,083	I(1)	qpkuk	-4,390***	I(0)
hkuk1	-1,395	I(1)	qpkuk1	-4,096***	I(0)
hkuk2	-1,931	I(1)	qpkuk2	-4,729***	I(0)
hkuk3	-0,942	I(1)	qpkuk3	-4,631***	I(0)
hkuk4	-1,154	I(1)	qpkuk4	-5,833***	I(0)
hkuk5	-3,186**	I(0)	qpkuk5	-1,240	I(1)
hkuk6	-2,126	I(1)	qpkuk6	-3,704***	I(0)
hkuk7	-0,338	I(1)	qpkuk7	-4,393***	I(0)
hkuk8	-	-	qpkuk8	-	-
hkok	-0,471	I(1)	qpkok	-4,558***	I(0)
hkok1	-0,739	I(1)	qpkok1	-4,620***	I(0)
hkok2	-0,706	I(1)	qpkok2	-5,340***	I(0)
hkok3	-0,499	I(1)	qpkok3	-4,411***	I(0)
hkok4	-0,383	I(1)	qpkok4	-5,476***	I(0)
hkok5	-1,456	I(1)	qpkok5	-3,425**	I(0)
hkok6	-1,534	I(1)	qpkok6	-4,702***	I(0)

Muuttuja	t-ADF	Päätelmä	Muuttuja	t-ADF	Päätelmä
hkok7	-2,223	I(1)	qpkok7	-3,674***	I(0)
hkok8	-	-	qpkok8	-	-

ADF-yksikköjuuritestien tulokset. I(0) = Aikasarja on stationaarinen, I(1) = Aikasarja on epästationaarinen. Aikasarja on stationaarinen: * = alle 10 % merkitsevyystasolla, ** = alle 5 % merkitsevyystasolla ja *** = alle 1 % merkitsevyystasolla.

Liite 1b. Tarjontamallit puutavaralajeittain koko maassa.

	Hinta	Viivästetty hintaa	Viivästetty määrä	Korko	Pitkän aikavälin hintajousto	R ²	DW
Mänty- tukki	3,71***	-2,12**	-0,01	-0,01	1,58	0,8 8	1,8 4
Kuusitukki	3,66***	-3,29***	0,00	-0,06	0,37	0,8 6	1,7 7
Koivutukki	4,80***	-4,51***	0,07	- 0,52**	0,31	0,8 1	1,3 4
Mäntykui- tupuu	3,53***	-2,62***	0,00	0,36	0,92	0,8 5	2,0 0
Kuusikui- tupuu	1,33	-2,16***	-0,07	-0,38	-0,78	0,7 3	1,4 8
Koivukui- tupuu	3,09***	-1,21	-0,11	0,22	1,69	0,8 3	1,8 9

Selittävien muuttujien kertoimet, selitysaste (R²) ja residuaalien autokorrelaatiota kuvaava Durbin-Watson -testisuure. Kerroin poikkeaa nolasta: * = 10 %:n merkitsevyydellä, ** = 5 % merkitsevyydellä, *** = 1 % merkitsevyydellä.

Liite 1c Tarjontamallit puutavaralajeittain hinta-alueilla.

	Hinta	Viivästetty hinta	Viivästetty määrä	Korko	Pitkän aikavälin hintajousto	R ²	DW
Mäntytukki1	2,93***	-2,89**	-0,01	-0,10	0,04	0,80	1,78
Mäntytukki2	3,55***	-1,32*	-0,12	-0,06	2,00	0,87	1,95
Mäntytukki3	3,46***	-3,40***	0,16	-0,09	0,07	0,86	1,74
Mäntytukki4	3,00***	-2,23**	-0,01	0,41	0,76	0,78	2,04
Mäntytukki5	4,44***	-0,60	-0,22	-0,38	3,15	0,84	1,84
Mäntytukki6	6,98 ***	0,06	-0,23*	0,16	5,72	0,94	1,79
Mäntytukki7	4,33***	-2,57	0,10	0,20	1,96	0,83	1,68
Mäntytukki8	4,09***	-1,41	-0,30*	0,80*	2,05	0,82	2,40
Kuusitukki1	3,10***	-3,55***	-0,02	-0,12	-0,44	0,80	1,38
Kuusitukki2	3,90***	-2,48***	-0,10	0,02	1,29	0,86	1,92
Kuusitukki3	3,39***	-3,76***	0,01	-0,20	-0,37	0,83	2,00
Kuusitukki4	3,20***	-3,16***	-0,02	0,25	0,04	0,81	1,87
Kuusitukki5	5,17***	-0,92	-0,14	-0,72	3,73	0,82	1,28
Kuusitukki6	-	-	-	-	-	-	-
Kuusitukki7	-	-	-	-	-	-	-
Kuusitukki8	5,21**	-0,94	-0,31	-0,08	3,26	0,75	1,64
Koivutukki1	4,34**	-3,14*	0,04	-0,34	1,25	0,68	1,37
Koivutukki2	5,30***	-2,60	0,00	-0,36	2,72	0,75	1,49
Koivutukki3	3,28***	-3,02***	-0,09	-0,85	0,23	0,74	1,44
Koivutukki4	4,66***	-4,84***	-0,05	-0,11	-0,17	0,77	1,68
Koivutukki5	-	-	-	-	-	-	-
Koivutukki6	-	-	-	-	-	-	-
Koivutukki7	-	-	-	-	-	-	-
Koivutukki8	-	-	-	-	-	-	-

	Hinta	Viivästetty hinta	Viivästetty määrä	Korko	Pitkän aikavälin hintajousto	R ²	DW
Mäntykuitupuu1	1,71**	-2,07**	-0,05	0,15	-0,35	0,74	1,69
Mäntykuitupuu2	2,06**	-1,42	-0,16	0,60*	0,55	0,78	1,87
Mäntykuitupuu3	2,42***	-2,51***	-0,03	0,25	-0,09	0,84	2,44
Mäntykuitupuu4	3,10***	-1,86**	0,11	0,99**	1,39	0,77	1,97
Mäntykuitupuu5	4,54***	-0,81	-0,17	0,44	3,19	0,81	2,18
Mäntykuitupuu6	4,12***	-2,31**	-0,13	0,06	1,60	0,85	1,28
Mäntykuitupuu7	3,03**	-1,34	0,02	0,56	1,73	0,66	1,33
Mäntykuitupuu8	1,71**	-1,14*	-0,39**	0,32	0,41	0,76	2,42
Kuusikuitupuu1	0,50	-1,98**	-0,09	-0,58	-1,37	0,63	1,26
Kuusikuitupuu2	1,42*	-1,46	-0,08	0,18	-0,04	0,73	1,30
Kuusikuitupuu3	0,10	-1,75**	-0,14	-0,89**	-1,45	0,67	1,59
Kuusikuitupuu4	0,45	-2,12***	0,07	-0,13	-1,78	0,70	1,91
Kuusikuitupuu5	5,95***	4,38	-0,19	0,65	8,67	0,88	1,15
Kuusikuitupuu6	7,28***	0,98	-0,25	-0,66*	6,63	0,82	1,46
Kuusikuitupuu7	3,78*	-0,46	0,21	-0,44	4,20	0,70	0,95
Kuusikuitupuu8	-	-	-	-	-	-	-

	Hinta	Viivästetty hintaa	Viiväs- tettu määrä	Korko	Pitkän aikavälin hintajousto	R ²	DW
Koivukuitu- puu1	1,91**	-1,43	-0,09	0,21	0,45	0,69	1,56
Koivukuitu- puu2	2,28***	-0,96	0,00	0,18	1,31	0,82	1,79
Koivukuitu- puu3	2,77***	-1,35**	-0,09	0,11	1,30	0,83	2,16
Koivukuitu- puu4	2,12***	-1,19	-0,13	0,24	0,82	0,74	2,03
Koivukuitu- puu5	2,96	-0,23	-0,21	-0,08	2,24	0,87	1,72
Koivukuitu- puu6	5,57***	1,14	-0,43**	0,17	4,69	0,88	1,48
Koivukuitu- puu7	1,61	-0,81	0,21	-0,36	1,02	0,77	1,02
Koivukuitu- puu8	-	-	-	-	-	-	-

Selittävien muuttujien kertoimet, selitysaste (R²) ja residuaalien autokorrelaatiota kuvaava Durbin-Watson -testisuure. Kerroin poikkeaa nolasta: * = 10 %:n merkitsevyystasolla, ** = 5 % merkitsevyystasolla, *** = 1 % merkitsevyystasolla.

Liite 2. Haastatellut

Metsänomistajien edustajat

energia-asiantuntija Anssi Kainulainen (Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto)

metsäasiantuntija Jyrki Ketola (Taaleritehdas)

toimitusjohtaja Jussi Kumpula (Metsähallitus Metsätalous oy)

puheenjohtaja Rauno Numminen (Etämetsänomistajien Liitto ry)

Metsäteollisuuden edustajat

metsäjohtaja Sauli Brander (UPM),

energia- ja ilmastopäällikkö Ahti Fagerblom (Metsäteollisuus ry)

kotimaan metsäasioiden päällikkö Matti Mäkelä (Metsäteollisuus ry)

Metsätalouden asiantuntijat

metsänhoidon johtava asiantuntija Markku Remes (Suomen metsäkeskus)

toimitusjohtaja Jukka Koivumäki (Teollisuuden metsäpalvelu oy)

tietokayttoon.fi

ISBN PDF 978-952-383-302-9
ISSN PDF 2342-6799