

VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

Tommi Ekholm – Juha Honkatukia – Tiina Koljonen – Jani Laturi –
Jussi Lintunen – Johanna Pohjola – Jussi Uusivuori

EU:n 2030 ilmasto- ja energiakehys – arvio LULUCF-sektorin sisällyttämisen mahdollisuuksista ja ristiriidoista Suomelle

Kesäkuu 2015

Valtioneuvoston selvitys-
ja tutkimustoiminnan
julkaisusarja 6/2015

ISSN PDF 2342-6799

ISBN PDF 978-952-287-178-7

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2014 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (www.vn.fi/teas).

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



Esipuhe

Tämä tutkimus kartoittaa EU:n vuodelle 2030 asetettavien ilmasto- ja energiatavoitteiden vaihtoehtoja, etenkin maankäyttösektorin (LULUCF) osalta, sekä eri tavoin aseteltujen tavoitteiden mahdollisia vaikutuksia Suomen kannalta. EU:n nykyinen ilmastopolitiikka jakaa kasvihuonekaasupäästöt kolmeen suurempaan kokonaisuuteen: päästökauppasektoriin, ei-päästökauppasektoriin ja maankäyttösektoriin (LULUCF). Näistä kahdelle ensimmäiselle on asetettu EU-tasoiset päästötavoitteet vuodelle 2030, mutta maankäyttösektorin rooli on vielä avoin. Suomen kannalta maankäyttö on hyvin oleellinen tekijä johtuen Suomen metsien suuresta hiilinielusta ja puupohjaisen energian merkittävästä osuudesta Suomen energiajärjestelmässä. Tutkimus pyrkii kuvaamaan millä tavoin metsien käyttö, energiajärjestelmä ja kasvihuonekaasupäästöt vuorovaikuttavat toistensa kanssa erilaisilla ehdotetuilla EU-tason ilmastopolitiikkakehikoilla, sekä mitä vaikutuksia eri vaihtoehtoilta voi olla metsäteollisuuteen, energiankäyttöön, kasvihuonekaasupäästöihin ja laajemmin Suomen kansantalouteen.

Tutkimus on tehty osana Valtioneuvoston kanslian päätöksentekoa tukevaa selvitys- ja tutkimustoimintaa, ja siihen ovat osallistuneet Tommi Ekholm (VTT), Juha Honkatukia (VATT), Tiina Koljonen (VTT), Jani Laturi (Luke), Jussi Lintunen (Luke), Johanna Pohjola (Syke) sekä Jussi Uusivuori (Luke). Tutkimusta ovat ohjanneet Heli Saijets (TEM), Magnus Cederlöf (YM), Matti Kahra (MMM), Juhani Tirkkonen (TEM) sekä Birgitta Vainio-Mattila (MMM). Tekijät haluavat esittää kiitoksensa ohjausryhmälle tutkimustyön aikana käydyistä keskusteluista ja heiltä saaduista hyödyllisistä kommentteista.

Tutkimuksessa esitetyt tulokset, näkemykset ja johtopäätökset ovat tutkimusryhmän omia, eivätkä välttämättä heijasta ohjausryhmään osallistuneiden ministeriöiden näkemystä.

12.5.2015

Tekijät

Sisällys

Esipuhe	2
Sisällys	4
Tiivistelmä	5
Extended abstract	7
1 Tutkimuksen asetelma	10
1.1 Tausta	10
1.2 Tutkimuksen tavoitteet	11
2 Esitetyt politiikkavaihtoehdot vuodelle 2030	12
2.1 Tarkastellut politiikkavaihtoehdot	12
2.2 Sektoreiden väliset vuorovaikutukset	15
2.3 Ilmasto- ja energiapolitiikka sekä maankäyttö	16
2.4 Kannustinjärjestelmät hiilinielun lisäämiseksi	17
3 Metsäteollisuuden tulevaisuus ja ilmastopolitiikka	20
3.1 Metsäteollisuuden, hakkuiden ja nielun kehitys tulevaisuudessa	20
3.2 Hiilivuokran vaikutukset metsänielun sekä metsä- ja energiasektoreille	23
4 Poliittikkavaihtoehtojen vaikutuksia	25
4.1 Ei-PK- ja LULUCF-sektoreilla erilliset tavoitteet	25
4.2 Ei-PK- ja LULUCF-sektoreilla yhteinen tavoite	26
4.3 Ei-PK- ja AFOLU-sektoreilla erilliset tavoitteet	27
4.4 Arvio kansantaloudellisista vaikutuksista	28
4.5 Yhteenveto arvioituista vaikutuksista ja avoimista kysymyksistä	30
5 Johtopäätökset ja pohdinta	31
Lähteet	35
Liite A: Mallikuvaukset	37
FinFEP-metsä- ja energiapolitiikkamalli	37
TIMES-VTT-energiajärjestelmämalli	38
VATTAGE-kansantalousmalli	38
Liite B: Kustannustehokkuus	40



Tiivistelmä

Euroopan komissio on esittänyt EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan 2030 tavoitteeksi vähintään 40 %:n vähennystä kasvihuonekaasupäästöissä (KHK-päästöistä) vuoden 1990 tasoon verrattuna. Tavoite on jaettu koko EU:n laajuisella päästökauppasektorilla (PKS) toteutettavaan 43 %:n vähennykseen vuoden 2005 tasosta ja jäsenmaittain ns. ei-päästökauppasektorilla (ei-PKS) toteutettavaan 30 %:n vähennykseen vuoden 2005 tasosta. Maankäyttösektorin (land-use, land-use change and forestry, LULUCF) päästöt ja nielut eivät ole olleet osana EU:n 2020-päästötavoitteita, ja niiden rooli 2030-tavoitteissa on vielä avoin. Suomessa LULUCF-sektori on tärkeä tekijä maan kokonaispäästöjen kannalta, sillä Suomen metsät muodostavat merkittävän hiilinielun ja toisaalta orgaaniset maat merkittävän päästölähteen. Tässä tutkimuksessa on keskitytty metsäelementtiin sen kansantaloudellisen ja ilmastopoliittisen merkityksen takia.

Valmisteluna EU:n ilmastopoliitiikan laajentamiseen koskemaan vahvemmin myös LULUCF-sektoria, EU:n komissio on esittänyt politiikkavaihtoja, joilla sektori voitaisiin ottaa EU:n päästövähennystavoitteen piiriin. Näissä vaihtoehtoina ovat 1) sektorin kehittäminen omana kokonaisuutenaan, 2) sen liittäminen ei-PK -sektorin tavoitteeseen, tai 3) maatalouden ja LULUCF-sektorin yhdistäminen ns. AFOLU-sektoriksi (agriculture, forestry and land-use). Komissio ei ole esittänyt mahdollisia KHK-päästötavoitteita eri sektorijaoille.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on jäsenellä ongelmanasettelua, joka liittyy EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan kehitykseen vuotta 2030 kohti, etenkin siihen miten talouden eri sektoreilla syntyvät päästöt ja hiilinielut jaetaan erillisten tai yhtenäisen päästötavoitteiden alle. Koska vaihtoehtoisten päästösektoreiden tavoitteita vuodelle 2030 ei vielä tiedetä, tutkimuksessa ei voida esittää tarkkoja strategioita päästötavoitteiden saavuttamiseksi tai tästä seuraavia taloudellisia vaikutuksia. Sen sijaan tutkimuksessa pyritään kuvaamaan metsien käytön, energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasupäästöjen keskinäisiä vuorovaikutuksia, sekä mitä vaikutuksia yllä esitetyillä LULUCF-vaihtoehdoilla voi olla Suomen metsäteollisuuteen, energiatalouteen, kasvihuonekaasupäästöihin ja laajemmin Suomen kansantalouteen.

Tulosten perusteella metsäteollisuuden lopputuotteiden tulevalla kysynnällä on merkittävä vaikutus metsänieluun vuonna 2030, ja toteutuvaan nieluskenaarioon liittyä epävarmuus vaikeuttaa sektorin koskevan tavoitteen asettelua. Jos LULUCF-sektoria koskisi erillinen ja sitova tavoite, tämä tulisi saavuttaa sektorin sisäisesti esimerkiksi hakkuita vähentämällä. Tällaisessa tilanteessa bioenergian käyttö tuottaisi ns. trade-off -tilanteen LULUCF- ja ei-PK-sektoreiden päästötavoitteiden välillä. Mikäli LULUCF- ja nykyinen ei-PK-sektori olisivat saman tavoitteen alla, metsänielun lisääminen voisi kompensoida ei-PK-sektorin päästöjä, ja oletettu tavoite voitaisiin saavuttaa nielua lisäämällä huomattavan pienillä kustannuksilla verrattuna ei-PK-sektorin vähennyskustannuksiin. Tällöin saavutettaisiin säästö päästövähennyskustannuksissa ei-PK-sektorilla, mutta vastapainona metsäteollisuuden tuotanto supistuisi hieman. Kokonaistaloudellinen tarkastelu osoitti, että tällaisen tilanteen vaikutus Suomen BKT:hen olisi hieman alempi, kuin jos ei-PK -sektorin tulisi saavuttaa oletettu vähennystavoite yksin.

LULUCF-sektorin lisääminen osaksi EU:n ilmastotavoitteita parantaisi sekä EU:n ilmastopoliitiikan kustannustehokkuutta, joustavuutta ja koherenssia eri sektoreita koskien. Tällöin kuitenkin ilmastopoliitiikan epävarmuudet lisääntyisivät myös merkittävästi. Koska tulevan metsänielun

taso on hyvin epävarma, sektorin yhdistäminen muihin päästötavoitteisiin voi tuottaa joko "kuumaa ilmaa" tai tarpeettoman tiukan vähennystavoitteen. Lisäksi taloudellisten kannustinjärjestelmien, kuten hiilivuokrien, implementoinnista ja kustannuksista sekä todellisista vaikutuksista hakkuupäätöksiin ei ole toistaiseksi juurikaan käytännön kokemusta. Siten maankäytön ja metsänhoidon ilmastotavoitteiden mahdollisia vaikutuksia sekä nielun lisäämiseen kannustavia toimenpiteitä tulisi selvittää tarkemmin sekä mallinnuspohjaisen tutkimuksen että käytännön kokeilun kautta.



Extended abstract

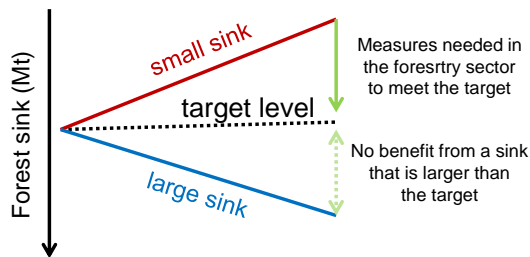
The European Commission has proposed an EU-level greenhouse gas emission reduction target of at least 40% for the year 2030 relative to emissions in 1990. The overall target is shared between a 43% reduction within the EU-wide emission trading sector (ETS) and a 30% reduction in the sectors outside the ETS (non-ETS sectors), defined separately for each Member State; with both targets defined with respect to the sectors' emissions in 2005. Emissions and carbon sinks within the land-use, land-use change and forestry sector (LULUCF) are not part of the EU climate and energy policy targets for 2020, and their role in the 2030 targets remains open. The LULUCF-sector is a substantial factor in Finland's greenhouse gas (GHG) emission balance, as Finland's forests constitute a large carbon sink and the organic lands a moderate emission source; while the forestry and forest industries constitute a major sector in Finland's economy.

As a preparation for the expansion of future emission targets to cover more extensively the LULUCF sector, the EU Commission has proposed possible policy alternatives that would ensure that the LULUCF sector contributes to the EU's climate change commitments. Possible policy frameworks include 1) development of the sector's commitments as a separate framework, 2) inclusion of the sector in the Effort Sharing Decision (ESD) with the current non-ETS sector, or 3) merging the agriculture and land-use sectors to form the AFOLU sector (agriculture, forestry and land-use) and assigning separate targets for AFOLU and the remaining part of the non-ETS sector. How the commitments for these possible sector divisions would be defined has not yet been communicated by the Commission.

Impact assessments on how the different sectoral scopes of emission commitments would affect the Member States' mitigation strategies are scarce. This study aims to refine the problem setting that is associated with the development of EU's climate and energy policy commitments for the year 2030, particularly in terms of outcomes that could follow if emissions and sinks from different sectors were allocated under separate or common emission targets. Because possible targets have not been proposed for the different policy frameworks considered here, it is not possible to report actual emission reduction strategies to meet the targets, or to estimate the economic impacts that would follow. Instead, the study outlines the interactions between forestry and wood use, the energy system and GHG emissions; and aims at answering on how possible policy frameworks for climate commitments might affect the forest industries, energy production and use, emissions and the overall economy in Finland.

As regards the impact of alternative sectoral scopes for the non-ETS and LULUCF sectors' net emission commitments, a few general observations were made. Generally, including more sectors under a common target – or allowing the emission reductions or enhanced sinks on one sector to compensate for emissions in another sector – would, in principle, improve both the cost-efficiency and flexibility meeting the climatic commitments. A separate, effective target for LULUCF would necessitate measures within the sector to meet the hypothesized target, but there would be no incentives to further enhance the sinks if flexibility between LULUCF and non-ETS mitigation measures (or with other Member States) is not permitted. If flexibility between the sectors is allowed, the sectors have a common incentive for reducing net emissions. This is illustrated in Figure EA1. To obtain full gains from the common target, the policy measures used need to be flexible enough to sustain an efficient allocation.

1. Separate target for LULUCF



2a. LULUCF as a part of other sectors' commitment

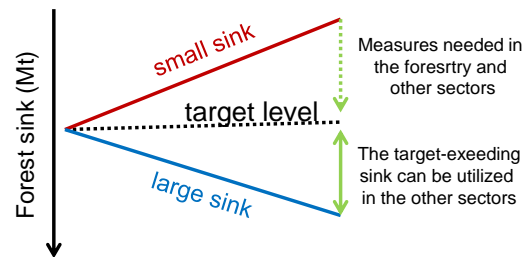


Figure EA1. An outline of impact from a hypothetical target level for the forest sink or the LULUCF sector, assuming two possible baseline developments of the sink relative to the target level. On the left side, the LULUCF-target is assumed to be independent from the other sectors' targets; and on the right, the LULUCF is a part of the other sectors' (specifically the non-ETS sectors') target.

A substantial part of Finland's LULUCF-sector net sink is from forestry, which is strongly affected by wood harvests for the forest industries' products and wood-based energy. Increasing the sink, e.g. by lengthening forest rotations, would affect the wood material available for these uses, and vice versa. Especially in the short and medium term, there will be a trade-off between increasing the sink and reducing fossil GHG emission with forest-based bioenergy in the other sectors. If the LULUCF sector is under a common target with e.g. the non-ETS sector, such a trade-off could be handled by choosing mitigation measures that allow meeting the sectors' joint target cost-efficiently. If the forest sink is under a separate target, economic incentives for reaching the target can differ between sectors. This disparity could distort the efficient use of wood biomass.

We use three quantitative scenario models to illustrate the possible impacts. FinFEP is a forest-sector model that covers the decisions made by forest owners, the production by forest industries, development of Finland's forest resources and changes in the tree carbon stock. TIMES-VTT is an energy system model that also covers the emissions and reductions measures for non-energy GHG sources. VATTAGE is a macroeconomic model of the Finnish economy, and is used to evaluate the overall economic impacts of EU 2030 climate and energy policy. The models are soft-linked, so that e.g. the results regarding the forest industries' production and forest bioenergy supply from FinFEP are used as inputs in the TIMES model; and further the forest and energy sectors' future outlooks are used as inputs in the VATTAGE model.

The scenarios highlight that the future demand for forest industries' products has a significant impact on Finland's forest sink in 2030. The level of future demand is, however, difficult to predict reliably, which renders the target setting relating to the forest sink and the whole LULUCF-sector difficult as well. The size of forest carbon sink in the four demand scenarios considered in this study differ by 6 Mt CO₂/year in 2030, presented in Figure EA2. This difference equals roughly the estimated emission reductions required from the baseline in the Finnish non-ETS sector in 2030, and is also considerably larger than the uncertainty estimated earlier regarding the 2030 non-ETS emissions. If the sectors were under a single net-emission target, the uncertainty in the baseline of future forest sinks would be realized either as an increase in emission reduction requirement, or alternatively create "hot air" to the non-ETS sector; should the sink be respectively lower or higher than expected.

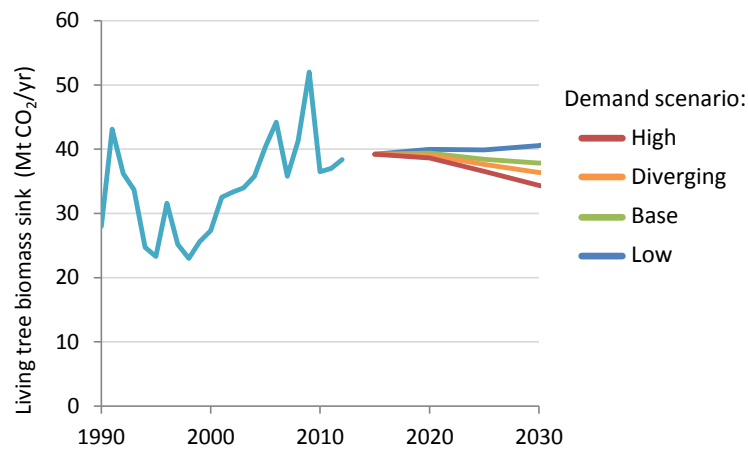


Figure EA2. The carbon sink of living forest biomass in Finland's forests in four demand scenarios of the forest industry up to 2030.

The level of the sink could be increased to meet a future commitment – either the sector's own target or a common target with other sectors – by policies that affect forest owners' management and harvest decisions. Illustrative calculations with a relatively small carbon rent paid to forest owners for each unit of carbon stored in the biomass, corresponding to an emission price of 5 €/t CO₂, increased the forest sink in 2030 by 4 to 5 Mt CO₂. Consequently, this also led to a higher price of wood, reduced forest-based bioenergy use and roughly a 2% reduction in forest industries' output.

If this increase in sink could compensate for emissions in the non-ETS sector, a common emission target for the non-ETS and LULUCF sectors could be achieved cost-efficiently by substituting the majority of emission reductions in the non-ETS sector with enhanced forest sinks. A macroeconomic assessment indicated that the economic burden of such a policy framework would be only slightly lower than that from an equal emission reduction purely from the non-ETS sector. Although there would be considerable cost savings in the non-ETS sector from the lower emission reduction effort, these would be balanced by the loss in production from the forest industry.

Although setting common net-emission targets e.g. for the LULUCF and non-ETS sectors would increase the coherence, economic efficiency and flexibility of climate and energy policy, the drawback would be an increased uncertainty in climate policy, primarily due to the higher uncertainty in overall trend of the forest sink and the large annual variations associated with it. The economic impacts from such policy change would distribute differently across the economy. So far, the policies for promoting increased forest sinks have only marginally been tested in practice. A number of factors, such as carbon leakage via wood imports and EU-level markets for carbon sink credits, were also identified, but not covered in this study. Yet, also these factors might affect the policies' impacts considerably. Therefore, given the current state of understanding regarding the issue, there seems to be no well-grounded way to assign reliable net-emission targets that would cover also the LULUCF sector. Further research with some regionally restricted field experiments should be conducted to learn more about the measures aimed at enhancing the role in climate policy of land-use and forest sinks.



1 Tutkimuksen asetelma

1.1 Tausta

Euroopan komissio on esittänyt kehyksen EU:n ilmastopolitiikalle vuodelle 2030 (EC, 2014). Kehyksen kokonaistavoitteena on vähintään 40 %:n vähennys kasvihuonekaasupäästöissä (KHK-päästöistä) vuoden 1990 tasoon verrattuna, mikä ohjaisi EU:n päästöt EU:n matalahiilitiekartan (EC, 2011) mukaiselle polulle. Tavoite on jaettu koko EU:n laajuisella päästökauppasektorilla (PKS) toteutettavaan 43 %:n vähennykseen vuoden 2005 tasosta ja jäsenmaittain ns. ei-päästökauppasektorilla (ei-PKS) toteutettavaan 30 %:n vähennykseen vuoden 2005 tasosta. Päästötavoitteiden lisäksi kehyksessä on esitetty EU-tasoiset tavoitteet uusiutuvien osuudelle energiantuotannossa (27 % loppuenergiankulutuksesta) sekä energiatehokkuuden paranemiselle vuoteen 2030, mutta kehyksen mukaan näitä tavoitteita ei aseteta sitoviksi tavoitteiksi jäsenmaatasolla.

Päästökauppasektori kattaa valtaosan energiantuotantolaitoksista sekä raskaasta teollisuudesta. Ei-PK-sektori kattaa nykyisissä vuoden 2020 tavoitteissa liikenteen, rakennusten erillislämmityksen, maatalouden ei-CO₂ -päästöt, jätehuollon, muun PK-sektorille kuulumattoman energiankäytön ja fluorattujen kaasujen päästöt. Ei-PK-sektorin vähennystavoitteita EU-jäsenmaittain (ns. taakanjako) vuodelle 2030 ei ole vielä esitetty. Aiemmissa tutkimuksissa on arvioitu Suomelle kohdistuvaa ei-PKS tavoitetta sekä siihen tarvittavia päästövähennyskeinoja (Lindroos ym. 2013, Lindroos ja Ekholm 2013) sekä 2030-tavoitteiden yhteisvaikutuksia PK- ja ei-PK-sektoreilla (Koljonen ym. 2014).

Vuoden 2030 politiikkakehys ja matalahiilitiekartta eivät sisällä päästötavoitteita maankäytölle, maankäytön muutoksille ja metsänhoidolle (land-use, land-use change and forestry, LULUCF). Komissio on ilmoittanut, että sektoria koskevat lainsäädäntöehdotukset julkistetaan aikaisintaan Pariisiin ilmastokokouksen jälkeen vuonna 2016. LULUCF-sektorin päästölaskenta seuraa hiilivarastojen muutoksia kuudessa eri maankäyttöluokassa (metsät, maatalousmaat, kosteikot, rakennettu maa, muu maankäyttö). Tällöin esimerkiksi puuston kasvuun sitoutunut hiili huomioidaan LULUCF-sektorilla nieluna (negatiivisena päästönä) ja hakkuiden tai hakkuutähteiden korjuun aiheuttama hiilivaraston pieneneminen päästönä. Suomessa LULUCF-sektori on ollut pitkään merkittävä hiilinielu metsien sitoman hiilen vuoksi, mutta nielun voimakkuus on vaihdellut pääosin metsien kasvun ja hakkuiden määrän mukaan. LULUCF-sektorin rooli EU:n ilmastopolitiikassa on siten merkittävä kysymys Suomelle, sekä ilmasto- ja energiapolitiikan että metsien käytön ja maatalouden kannalta.

Valmisteluna EU:n ilmastopolitiikan laajentamiseen LULUCF-sektorille EU:n nielupäätös (OJEU, 2013) asetti jäsenmaille yhtenäiset raportointivelvoitteet LULUCF-päästöjä ja -nieluja koskien. Velvoitteet koskevat sekä metsiä että maatalousmaiden hiilivarastoja ja sen tavoitteena on mahdollistaa näiden maankäyttöluokkien sisällyttäminen 2030-kehykseen. Komission tiedonannossa (EC, 2012) tarkasteltiin mahdollisia politiikkavaihtoja, joilla sektori voitaisiin ottaa EU:n päästövähennystavoitteen piiriin. Sektorin käsittely EU-tasolla voi kuitenkin osaltaan olla riippuvainen myös mahdollisesta YK:n ilmastopöytäkirjassa (Pariisin ilmastopöytäkirja) tulevaisuudessa noudatettavasta LULUCF-sektorin käsittelytavasta. Siten LULUCF-sektorin rooli EU:n ilmastopolitiikassa on vielä avoin.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on jäsenellä ongelmanasettelua, joka liittyy EU:n ilmastopolitiikan kehitykseen vuotta 2030 kohti. Tutkimuksessa käsitellään komission esittämiä politiikkakehiköitä sektoreiden päästötavoitteiden asettelulle, havainnollistetaan numeeristen skenaarioiden avulla mahdollisia vaikutuksia vaihtoehtoisissa asetelmissa, sekä tuodaan esiin mahdollisuuksia ja ristiriitoja tarkastelluissa politiikkakehikoissa. Maankäyttösektoria koskevat lainsäädäntöehdotuksia käsitellään EU:n tasolla aikaisintaan vuonna 2016, ja tämä tutkimus siten tukee osaltaan Suomen valmistautumista EU:ssa käytäviin keskusteluihin.

Esitetyt vaihtoehtoiset politiikkakehikot (EC, 2012) ovat luonteeltaan väljiä, ja esimerkiksi eri sektoreita koskevia päästötavoitetasoja eri politiikkavaihtoehdoissa ei ole esitetty EU-tasolla, saati jäsenmaittain. EU-tasolla ei ole myöskään hyvää tietoa maankäytön päästöjen ja nielujen projektiosta tai hillintämahdollisuuksien todellisesta potentiaalista. Avoimia kysymyksiä ovat mm. mitkä päästölähteet kuuluvat saman päästötavoitteen piiriin, asetetaanko uusia tavoitteita EU-tasolla vai sitovina jäsenmaittain, tai onko jäsenmailla tai päästösektoreilla mahdollisuutta kompensoida toistensa päästöjä. Yksi LULUCF-sektorin kannalta merkittävä kysymys on tullaanko saavutettuja hillintätoimia rajoittamaan erillisten laskentasääntöjen, esimerkiksi kattolukujen tai diskonttauksen kautta. Tämän vuoksi tällä hetkellä ei ole mahdollisuutta tehdä tarkkaa vaikutusarviota eri politiikkakehiköiden vaikutuksista Suomelle.

Vaikutusten ja vähennysstrategioiden arviointiin käytetään kolmea laskentamallia. FinFEP kuvaa metsänomistajien sekä metsäteollisuuden päätöksentekoa ja tuotantoa, Suomen metsäresurssien käyttöä sekä puuston hiilivaraston muutoksia; TIMES-VTT -malli energijärjestelmää ja kasvihuonekaasupäästöjä (pl. LULUCF-sektoria) ja VATTAGE Suomen kansantalouden kehitystä. Työssä eri malleja on ajettu ns. soft linking -menetelmällä, jossa eri mallien tuottamia tuloksia käytetään muiden mallien syötteinä. Kuvaukset käytetyistä malleista on esitetty liitteessä A.

Koska Suomen ei-PK -sektorin tavoitetta vuodelle 2030 ei vielä tiedetä ja LULUCF-sektoria mahdollisesti koskeva tavoite on vielä täysin avoin, tutkimuksessa ei voida esittää tarkkoja strategioita päästötavoitteiden saavuttamiseksi tai tästä seuraavia taloudellisia vaikutuksia. Sen sijaan tutkimuksessa pyritään kuvaamaan millä tavoin metsien käyttö, energijärjestelmä ja kasvihuonekaasupäästöt vuorovaikuttavat toistensa kanssa ehdotetuilla politiikkakehikoilla, sekä mitä vaikutuksia eri vaihtoehtoilta voi olla metsäteollisuuteen, energiankäyttöön, kasvihuonekaasupäästöihin ja laajemmin Suomen kansantalouteen.

Tarkentamalla tähän liittyvää yleistä ongelmanasettelua tämä tutkimus pyrkiikin hahmottelemaan yleisesti vaikutuksia eri politiikkavaihtoehtoilta. Skenaariolaskelmien avulla pyritään kuvaamaan eri politiikkakehiköiden mahdollisia vaikutuksia siltä osin, kun esimerkiksi tulevien päästötavoitteiden osalta on tällä hetkellä mahdollista arvioida, sekä tunnistamaan näihin liittyviä tärkeimpiä epävarmuustekijöitä. Tätä kautta on mahdollista tunnistaa, mitkä tarkastelluista vaihtoehtoista voivat tuottaa positiivisia vaikutuksia esimerkiksi ilmasto- ja energiapolitiikan kustannustehokkuuden suhteen; sekä mitä riskejä eri vaihtoehtoihin ja niiden parametrisointeihin liittyy.



2 Esitetyt politiikkavaihtoehdot vuodelle 2030

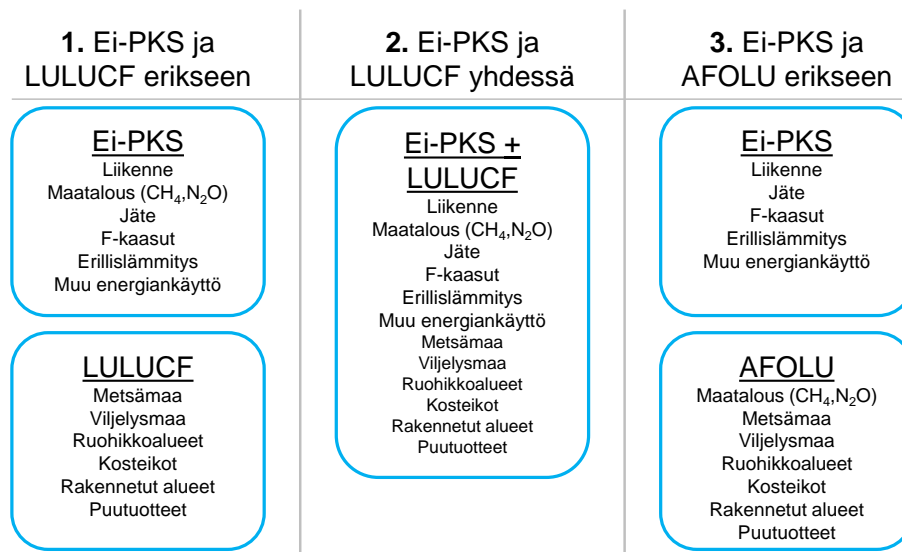
2.1 Tarkastellut politiikkavaihtoehdot

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikassa KHK-päästöt on jaettu kolmeen suurempaan kokonaisuuteen: PK-, ei-PK- ja LULUCF-sektoreihin. Tällä hetkellä sekä PK- että ei-PK -sektoreille on asetettu EU-tasoiset päästötavoitteet vuodelle 2030 (Eurooppa-neuvosto, 2014), mutta LULUCF-sektorin liittämien osaksi vähennystavoitteita on vielä suunnittelun alla. Komission määrittelemissä politiikkavaihtoehdoissa (EC, 2012) LULUCF-sektoria voidaan joko kehittää omana kokonaisuutenaan, mahdollisesti käsittäen sektorille määrätyn oman tavoitteen, tai se voidaan liittää osaksi nykyistä ei-PKS -sektoria¹. Näiden vaihtoehtojen lisäksi LULUCF-sektoriin voitaisiin liittää maatalouden ei-CO₂ -päästöt, ja tämä kokonaisuus muodostaisi ns. AFOLU-sektorin (agriculture, forestry and land-use) jolle määrättäisiin oma tavoitteensa. Tässä tapauksessa ei-PK-sektorin käsittämä kasvihuonekaasujen kattavuus pienenesi maatalouden osalta, ja sektorin tulevat päästövähennystavoitteet tulisi arvioida uudelleen. Myös muut mahdollisuudet, esimerkiksi viljelysmaiden CO₂-päästöjen liittäminen osaksi nykyistä ei-PK-sektoria, ovat mahdollisia, mutta näitä vaihtoehtoja ei ole tarkasteltu tässä tutkimuksessa.

Politiikkakehikoiden valinnassa suuri kysymys onkin, miten talouden eri sektoreilla syntyvät päästöt ja hiilinielut jaetaan kokonaisuuksiin, ns. päästöaltaisiin, joille asetetaan kullekin oma erillinen tavoitteensa nettopäästöille (sisältäen päästöt ja nielut, myöhemmin tekstissä "päästötavoite"). Tässä tarkasteltujen päästöallasvaihtoehtojen kattavuutta on havainnollistettu kuvassa 1. Poliittikkakehikko voi sisältää myös ns. joustomekanismeja, jotka sallivat päästöjen ja nielujen vaihdannaisuuden altaiden välillä. Käytännössä tällaisen joustomekanismin avulla voidaan yhden altaan päästötavoite saavuttaa myös toteuttamalla päästövähennyksiä toisen altaan piirissä olevista päästölähteistä. Päästöaltaiden valinnat vaikuttavat eri altaiden päästötavoitteiden määrittelyyn sekä laajemmin siihen, mitä mahdollisuuksia tavoitteiden saavuttamiseen on, miten tavoitteet vaikuttavat eri taloussektoreihin sekä lopulta, miten kustannustehokas altaiden muodostama politiikkakehikko on.

Käytännössä voidaan myös määrittää kahdelle sektorille erilliset päästötavoitteet, mutta sallia joustomekanismina sektoreiden välinen vaihtokauppa päästövähennyksillä. Tällöin on myös mahdollista rajoittaa päästövähennysten vastaavuutta sektoreiden välillä erillisillä laskentasäännöillä, kuten esimerkiksi Kioton pöytäkirjassa on tehty juuri LULUCF-sektorin osalta: metsänhoidon nielua verrataan maalle annettuun referenssitason, ja nielua voidaan laskea hyväksi ainoastaan tiettyyn kattolukuun saakka.

¹ Komission tiedonannossa LULUCF-sektori katsottiin yhteensopimattomaksi päästökaupparektoriin liittämisen kannalta, mm. LULUCF-sektorin nettopäästöjen epävarmuuksien ja päästökaupassa sovellettavien tarkkojen mittaus- ja verifiointikäytäntöjen (MRV) vuoksi.



Kuva 1. Tarkastellut päästöaltaat: päästölähteiden muodostamalla altailta on tässä tutkimuksessa oletettu olevan itsenäiset päästövähennystavoitteet, joiden väliset joustomekanismit ovat myös mahdollisia.

Sektoreiden muodostamalla kokonaisuudella on suuri merkitys sille miten päästövähennystaakka jakautuu sektoreiden välillä, sekä kuinka kustannustehokkaasti asetetut päästötavoitteet voidaan saavuttaa. Päästövähennysten sektorikohtaisessa taakanjaossa tulisi taloudellisesta perspektiivistä katsottuna pyrkiä kustannustehokkuuteen. Tämän vuoksi sektorille kohdistuva päästövähennystaakka riippuu siitä, mitä päästölähteitä ja vähennysmahdollisuuksia siihen kuuluu. Sektorijaossa 2 kaikki päästölähteet ovat yhden päästövähennystavoitteen alla ja, käytettävistä ohjauskeinoista riippuen, päästölähteet ovat taakanjaon suhteen automaattisesti samalla viivalla. Sen sijaan vaihtoehdoissa 1 ja 3 kustannustehokkuus vaatisi, että eri sektoreiden tavoitteet osataan asettaa sellaisille tasoille jotka johtaisivat ideaalitulanteessa yhtäläisiin rajakustannuksiin sektoreiden välillä. Siten sektorijaossa 2 kustannustehokkuus on periaatteessa helpoin saavuttaa, sillä kustannustehokkaat päästövähennyskeinot voidaan etsiä yhden päästöaltaan sisältä. On kuitenkin syytä huomata, että vaikka sektorit olisivatkin samassa altaassa, ei se automaattisesti takaa kustannustehokkaita päästövähennystoimia.

Kustannustehokkuus vaatii, että päästövähennystoimet toteutetaan aloittaen edullisimmasta jatkaen kohti yhä kalliimpia. Lisäksi, jos tavoitteet on asetettu erikseen eri sektoreille, kustannustehokkuus vaatii mitoittamaan toimet kullakin sektorilla niin, että viimeisten toteutettujen toimien kustannukset ovat yhtenevät (ks. Liite B). Eli kustannustehokkuus saavutetaan vain, jos määrätavoitteeseen pääsyyn käytetään ohjauskeinoja, jotka tuottavat toimijoille saman päästövähennysten rajakustannuksen. Tästä EU-ETS on tyypiesimerkki: Päästökauppajärjestelmässä määrätavoitteeseen päästään markkinoilla arvonsa saavia päästöoikeuksia käyttäen. Toimijat mitoittavat päästövähennystoimet siten, että rajakustannukset ovat yhtenevät päästöoikeuden hinnan kanssa. Koska toimijoiden rajakustannukset ovat yhtenevät, järjestelmä tuottaa kustannustehokkaan lopputuloksen.

Lähtökohtaisesti kustannustehokkuus on helpoin saavuttaa käyttäen yhtä hintaa päästöille. Jos päästöohjaus tehdään sektorikohtaisilla päästövähennystavoitteilla, voidaan päätyä tilanteeseen, jossa toisilla sektoreilla tehdään kalliita toimia ja toisaalla edullisempia. Tällöin päästövähennystoimet eivät ole kustannustehokkaat.

Sektorin sisällä tapauskohtaisesti asetetut määräykset tai verot eivät tyypillisesti johda kustannustehokkaaseen lopputulokseen, jollei niiden aiheuttamien päästövähennysten kustannusvaikutuksia aseteta samalle tasolle. Ei-PK-sektorilla on nykyisin käytössä lukuisia hinta-, määrä- ja informaatio-ohjaukseen perustuvia toimia. Liikennesektorilla keskeisimpiä toimia ovat jakeluvaihto biopolttoaineiden lisäämiseksi, päästöjen vähentäminen sitovan autoille asetetun CO₂-

raja-arvon, CO₂-porrastetun autoveron ja energiaverouudistuksen avulla sekä energiatehokkuuden parantaminen mm. energiatehokkuussopimusten ja joukkoliikenteen edistämisen avulla. Rakennusten lämmityksessä avustukset ovat edesauttaneet öljylämmityksestä luopumista. Täten Ei-PK-sektorille ei muodostu yhtä hintaa päästövähennystoimille, vaan kustannukset ovat toimikohtaiset. Tällaisessa lähtötilanteessa myöskään hiilinielun voimistamiseen tähtäävää ohjauskeinoja ei pystytä määrittämään kokonaisuuden kannalta kustannustehokkaasti. Jos hiilinielut sisällytettäisiin taakanjakoon ja niille asetettaisiin ohjauskeino, pohdittavaksi tulisi mahdollisesti myös mitä edellä mainituista ohjauskeinoista tulisi poistaa tai lieventää, jotta nettopäästöjen vähennys ei ylittäisi vaadittua tasoa.

Avoimeksi kysymykseksi jää toistaiseksi päästövähennystavoitteen taso kullekin päästöaltaalle. Maakohtaisista ei-PKS -tavoitteista on esitetty ehdotuksia mm. kustannustehokkuuden ja jäsenmaiden maksukyvyyn lähtökohdista, mutta päätöksiä ei ole vielä tehty. Mikäli päästötavoitteen sektorikattavuutta muutettaisiin uuden politiikkakehikon myötä, myös jäsenmaiden ei-PKS -taakanjako todennäköisesti muuttuisi (Ekholm ja Lindroos, 2014). Jäsenmaiden LULUCF-sektoria koskevaa tietopohjaa ja tulevaisuusskenaarioita tulisi parantaa, jotta tavoitteita voitaisiin asettaa perustellusti. Tämän vuoksi myöskään tässä tutkimuksessa ei tehdä arvioita päästötavoitteista eri politiikkavaihtoehtojen alla.

Tutkimuksessa tarkastellut politiikkavaihtoehdot tärkeimpine piirteineen on esitetty kootusti taulukossa 1. Kaikissa tapauksissa sektoreille oletetaan asetettavan omat päästötavoitteensa, mutta vaihtoehdossa 2b sektorijako ei toteudu täysimääräisenä, vaan LULUCF- ja ei-PKS-tavoitteiden välillä on rajoitettu vastaavuus. Siten politiikkavaihtoehto 2b on asetelmaltaan vaihtoehtojen 1 ja 2a välissä.

Taulukko 1. Kuvaus tässä raportissa tarkastelluista vaihtoehtoisista politiikkakehikoista LULUCF- ja ei-PK -sektorin päästötavoitteen asettelulle, niiden vaatimista määrittelyistä, mahdollisuuksista sektoreiden väliseen joustoon sekä kehikoiden muodostamista kannustimista päästövähennyksille eri sektoreilla.

	1. Erilliset ei-PKS- ja LULUCF-tavoitteet	2a. Ei-PKS ja LULUCF yhdessä, täysi vastaavuus	2b. Ei-PKS ja LULUCF yhdessä, rajoitettu vastaavuus	3. Erilliset ei-PKS- ja AFOLU-tavoitteet
Kuvaus	Ei-PKS- ja LULUCF-sektoreille asetetaan omat päästötavoitteensa	Ei-PKS- ja LULUCF-sektoreille ovat saman tavoitteen alla, tai sektoreiden päästöt vaihdannaisia	Ei-PKS- ja LULUCF-sektoreille omat tavoitteensa, mutta päästöt ovat osittain vaihdannaisia	Ei-PKS- (pl. maatalous) ja LULUCF-sektoreille asetetaan omat päästötavoitteensa
Vaadittavat määrittelyt	EU-tason taakanjako: 1) Ei-PKS-tavoite 2) LULUCF-tavoite	EU-tason taakanjako: Ei-PKS + LULUCF-tavoite (mahd. uutena pelkkä LULUCF-tavoite, joka lisättäisiin ei-PKS -tavoitteeseen)	EU-tason taakanjako: 1) Ei-PKS + LULUCF-tavoite 2) rajoitteet päästökiiintiöiden vaihdolle	EU-tason taakanjako: 1) Ei-PKS-tavoite 2) AFOLU-tavoite
Joustopotensiaalit sektoreiden välillä	Ei joustoa	Täysi jousto	Rajoitettu jousto	Ei joustoa
Kannustimet eri sektoreilla	Erisuuruiset kannustimet	Samat kannustimet	Mahdollisesti erisuuruiset kannustimet	Erisuuruiset kannustimet

2.2 Sektoreiden väliset vuorovaikutukset

KHK-päästöjä syntyy yhteiskunnassa usealla eri sektorilla, ja sektoreiden toiminta liittyy toisiinsa useiden vuorovaikutusmekanismien kautta. Tämän vuoksi ilmasto- ja energiapolitiikkaa suunniteltaessa on tarpeellista arvioida miten politiikka vaikuttaa suorasti sen kohteena olevaan sektoriin, sekä myös epäsuorasti muihin sektoreihin.

EU:n vuodelle 2030 asettamien päästötavoitteiden vaikutuksia ja vähennysmahdollisuuksia PK- ja ei-PK -sektoreilla on tutkittu jo aiemmin (mm. Lindroos ym., 2013; Koljonen ym., 2014). Mainitut tarkastelut eivät kuitenkaan huomioineet päästötavoitteiden mahdollista ulottamista LULUCF-sektorille, joko sektorin omana tavoitteena tai osana laajempaa tavoitetta. Siten tässä raportissa tarkasteltujen politiikkavaihtoehtojen vaikutusten ymmärtämiseksi on tärkeää hahmottaa miten LULUCF-sektoria koskeva ilmestopolitiikka vaikuttaa sektorin toimintaan, sekä miten tämä vaikuttaisi muihin päästösektoreihin eri politiikkavaihtoehtoilla. Tarkastelu kohdistuu LULUCF-sektorin osalta erityisesti metsämaan hiilivarastojen muutoksiin, ns. metsänieluun, joka on merkittävin yksittäinen komponentti LULUCF-sektorin nettopäästöissä. Muut maankäyttöluokat (viljelysmaa, ruohikot, kosteikot, rakennettu maa ja puutuotteet) on jätetty tässä työssä mallinnustarkastelun ulkopuolelle, koska niiden nettopäästöt ovat selkeästi metsänielua pienempiä ja kehitys on viime vuosikymmeninä ollut hyvin tasainen.

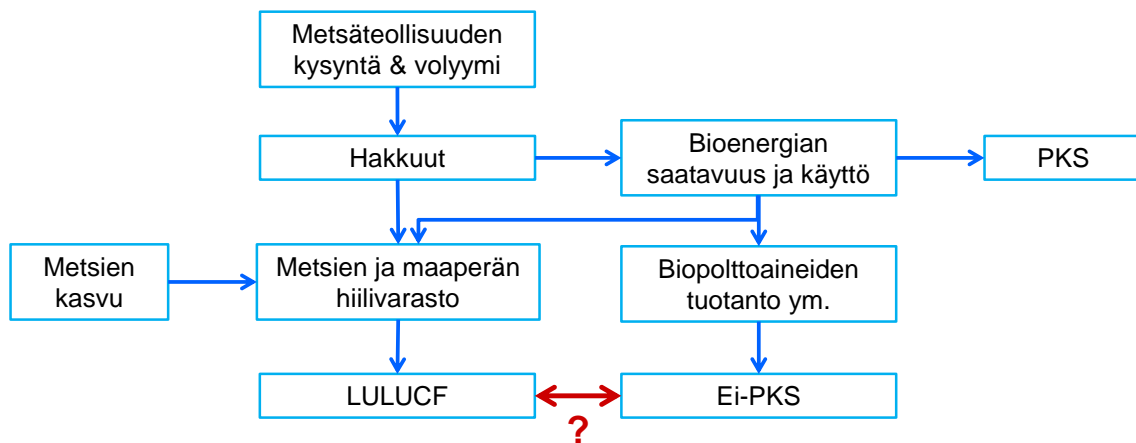
Eri vuorovaikutusketjuja päästösektoreiden välillä on havainnollistettu pääpiirteissään kuvassa 2. Metsien puuston ja maaperän hiilivarastoon vaikuttavat metsien kasvu, metsissä tehtävät hakkuut sekä hakkuutähteiden korjuu. Metsäteollisuuden tuotteiden suurempi kysyntä lisää puun kysyntää, ja suurempien hakkuiden kautta heikentää Suomen metsien hiilivaraston kasvua eli metsänielua. Vastaavasti energiapuun korjuu vähentää puuston hiilinielua, ja hakkuutähteiden korjuu vähentää maaperään hakkuiden jälkeen sitoutuvaa hiilen määrää. Koska bioenergian korjuun aiheuttamat muutokset puuston ja maaperän hiilivarastoissa huomioidaan jo LULUCF-sektorilla, bioenergian käyttö lasketaan nollopäästöiseksi PK- ja ei-PK -sektoreilla². Siten PK- ja ei-PK -sektoreilla voidaan vähentää päästöjä korvaamalla fossiilisia polttoaineita bioenergialla, mutta tällöin puuston ja maaperän hiilivarasto pienenee, johtaen heikompaan hiilinieluun LULUCF-sektorilla. Lisäksi metsäteollisuustuotteiden kysynnällä on vaikutusta PK-sektorin energiankäyttöön, puulla tuotettuun energian määrään sekä CO₂-päästöihin.

Sektoreiden päästötavoitteita koskeva politiikkakehikko määrittelee onko sektoreiden mahdollista korvata toistensa päästövähennyksiä, mitä kuvassa 2 symboloi kysymysmerkki ei-PK- ja LULUCF sektoreiden välissä. Kuvan 2 vaikutusketjuissa sekä metsien hakkuut että bioenergian korjuu heikentävät LULUCF-sektorin metsänielua, ja bioenergian käyttö vähentää päästöjä ei-PK -sektorilla. Bioenergian käyttö siis tukee ei-PK-sektorin päästövähennystoimia mutta vaikeuttaa mahdollisen LULUCF-sektorin päästötavoitteen saavuttamista. Bioenergian käyttö aiheuttaakin valintatilanteen eri tavoitteiden välille ja siten tavoitteet ovat tältä osin ristiriidassa keskenään. Mikäli politiikkakehikko määritteli nämä sektorit yhdeksi päästöalaksi (vaihtoehto 2a), tämä ristiriitainen vaikutus heijastuu vain yhteen päästörajoitteeseen. Tällöin bioenergian mahdollisuudet päästövähennyskeinona määräytyvät suoraan bioenergian korjuun vaikutuksesta nieluun sekä sen mahdollisuudesta korvata fossiilisten polttoaineiden päästöjä. Mikäli taas politiikkakehikko ei salli joustoja sektoreiden välillä, kustannustehokas strategia päästötavoitteiden saavuttamiselle ja bioenergian käytölle määräytyy sektoreiden erillisten päästötavoitteiden saavuttamisen rajakustannuksista. Tällöin tulee siis arvioida erikseen miten bioenergian käyttö vaikuttaa kahden sektorin erillisiin päästötavoitteisiin: lisääkö tai vähentääkö se tarvittavia, muilla keinoin toteutettavia päästövähennyksiä ja mitä näiden mahdollisesti korvautuvien päästövähennyskeinojen kustannukset ovat.

² Bioenergian käytön nollopäästöisyydellä estetään hiilivarastojen muutoksen ja käytön kaksoislaskenta bioenergiaketjun alku- ja loppupäässä.

Mikäli päästötavoitteisiin pyritään kustannustehokkaasti, päästötavoite asettaa taloudellisia kannustimia päästöjen vähentämiseen päästöjä tuottavassa tuotantoketjussa. Arvioitaessa päästötavoitteen kannustinvaikutusta eri sektoreille, tulee kuvan 2 vaikutusketjua tarkastella käänteisessä järjestyksessä. Esimerkiksi LULUCF-sektorille asetettu päästötavoite voi tuottaa kannustimen kasvattaa metsien ja maaperän hiilivarastoa, joka heijastuu kannustimien ja kustannusten kautta hakkuisiin ja edelleen metsäteollisuuden tuotantovolyyymiin. Myös sektoreiden väliset joustomahdollisuudet vaikuttavat tähän vaikutusketjuun, ja mikäli LULUCF- ja ei-PK -sektorit ovat yhteisen päästötavoitteen piirissä, myös ei-PK -sektorin päästövähennysmahdollisuudet vaikuttavat metsänielun kasvattamiseen kannustimiin.

EU:n politiikkakehikko vuoden 2030 ilmasto- ja energiapolitiikalle voi käsittää myös joustomekanismeja eri EU-jäsenmaiden välillä. Tällainen jäsenmaiden välinen joustomekanismi on olemassa myös nykyisissä ei-PKS -päästötavoitteissa vuodelle 2020. Tällöin sekä Suomen LULUCF- että ei-PK -sektoreilla olisi mahdollisuus joko toteuttaa tavoitetta vähäisempiä päästövähennyksiä ja ostaa päästöyksiköitä muilta jäsenmailta, tai toteuttaa ylimääräisiä vähennyksiä ja myydä ylijäämä päästövähennyksistä; riippuen muilla jäsenmailla olevista päästövähennysmahdollisuuksista ja niiden kustannuksista. Jäsenmaiden välisiä tai ajallisia joustomekanismeja ei kuitenkaan ole huomioitu tässä raportissa.



Kuva 2. Pääpiirteittäiset vuorovaikutusketjut metsäteollisuuden, metsien ja maaperän hiilivarastojen, bioenergian käytön ja päästösektoreiden välillä. Tässä raportissa tarkastellut politiikkakehikot liittyvät etenkin mahdollisiin päästötavoitteisiin LULUCF-sektorille, sekä niiden mahdolliseen liityntäpintaan ei-PKS -päästötavoitteen kanssa.

2.3 Ilmasto- ja energiapolitiikka sekä maankäyttö

Maankäyttösektorilla ei ole ollut tähän mennessä ollut sitovaa EU-tason tavoitetta päästöille tai nieluille vuoteen 2030 saakka. Lisäksi jäsenmaiden tulevista LULUCF-nettopäästöistä aiemmin esitetyt arviot ovat hyvin epävarmoja, eikä sektorin päästötavoitteen määrittelemiselle ole toistaiseksi esitetty lähtökohtia tai menetelmää. Näistä seikoista johtuen Suomen LULUCF-sektoria vuonna 2030 koskevaa, mahdollista päästötavoitetta on vaikea arvioida perustellusti.

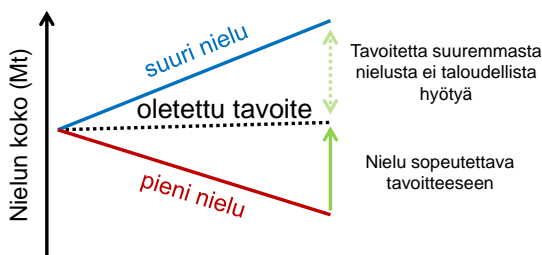
Mikäli kuitenkin sektorille asetetaan päästötavoite, voidaan sen vaikutuksia eri politiikkakehikoissa havainnollistaa yleisellä esimerkillä. Oletetaan siis kaksi hypoteettista päästötavoitetta, joista ensimmäinen koskee pelkkää LULUCF-sektoria ja toinen sektorin osatavoitetta osana laajempaa sektorikonaisuutta, esimerkiksi LULUCF- ja ei-PK-sektorin yhdistelmää. Koska LULUCF-sektorin tulevan nielun koko on tuntematon, oletetaan kaksi oletettuun tavoitteeseen suhteutettua nielun perusuraa, jotka toteutuisivat ilman erillisiä toimia nielun kasvattamiseksi: toisessa nielu on asetettua tavoitetta suurempi, ja toisessa pienempi. Tilannetta on havainnollistettu kuvassa 3.

Mikäli politiikkakehikko määrittelee sektoreille erilliset päästötavoitteet, tulee LULUCF-sektorin tavoite saavuttaa sektorin sisäisesti. Jos nielu perusuralla on tavoitetta pienempi, tulee nielua kasvattaa esimerkiksi hakkuita vähentämällä jotta sektorin päästötavoite täyttyisi. Jos nielu perusuralla on taas tavoitetta suurempi, tavoite täytetään mutta tavoitetta suuremmasta nielusta ei saada hyötyä.

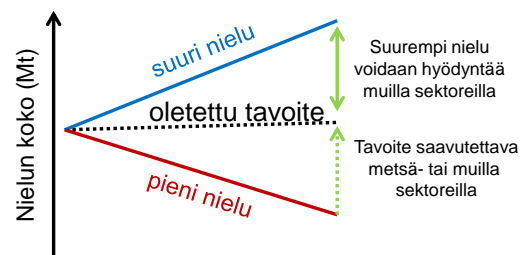
Mikäli taas politiikkakehikko määrittelee sektoreille yhteisen päästötavoitteen (vaihtoehto 2a), voidaan tarvittavia päästövähennyksiä toteuttaa joustavasti eri sektoreilla. Tällöin, jos nielu perusuralla on LULUCF-sektorin osatavoitetta pienempi, voidaan tarvittavat päästövähennykset toteuttaa joko LULUCF- tai muilla sektoreilla, esimerkiksi kustannustehokkuusperiaatteen mukaisesti. Jos taas nielu perusuralla on LULUCF-sektorin osatavoitetta suurempi, voidaan suurempi nielu hyödyntää korvaamalla muiden sektoreiden päästövähennyksiä, mikä tuottaa kokonaisuudessaan kustannustehokkaamman ratkaisun päästötavoitteen saavuttamiseksi. Yleisesti voidaan siten todeta, että päästötavoitteen laajempi sektoreiden välinen kattavuus parantaa sekä päästövähennysten toteutuksen joustavuutta että kustannustehokkuutta.

Sopivan tavoitetason asettaminen nielulle on kuitenkin haasteellista. Etenkin metsien hiilinielun koko vaihtelee Suomessa huomattavasti eri vuosien välillä, riippuen pääosin metsien hakkuista mm. metsäteollisuuden kysynnän tason ja vallitsevan taloussuhdanteen mukaan. Siten tulevan nielun ennustaminen riippuu metsien hakkuumäärän ja edelleen metsäteollisuuden kysynnän ennustamisesta. Jotta LULUCF-sektoria koskevan päästötavoitteen vaikutuksia voidaan arvioida, tarvitaan arviot siitä miten sektorin nielu kehittyisi tulevaisuudessa ilman mahdollista päästötavoitetta (kattaen esim. metsien hakkuiden ja metsäteollisuuden tuotannon kehityksen tulevaisuudessa), sekä arvion nielun lisäyspotentialista sekä sen taloudellisista vaikutuksista metsäsektorille. Nielun pitkän aikavälin tason lisäksi yksittäisten vuosien välinen vaihtelu nielun tasossa aiheuttaa lisähaasteen tavoitetason asettamiselle. Mikäli tavoitteen seuranta on vuotuinen, tulee päästötavoitteille sallia ajallisia tai muita joustomahdollisuuksia, jotta suuret vuotuiset vaihtelut trendin ympärillä eivät johtaisi päästötavoitteiden rikkomiseen.

1. Erillinen LULUCF-tavoite



2a. LULUCF-tavoite liitetty muiden sektoreiden tavoitteisiin



Kuva 3. Kaaviokuva hypoteettisesta tavoitteesta LULUCF-sektorin nielulle, sekä havainnollistus vaikutuksista kahdella toteutuvalla nielun tasolla suhteessa asetettuun tavoitteeseen (pieni nielu tai suuri nielu) politiikkakehikoissa, joissa LULUCF-sektorille asetetaan oma erillinen tavoitteensa (1.) tai tavoite on yhteydessä muiden sektoreiden, esim. ei-PK -sektorin tavoitteeseen (2a.).

2.4 Kannustinjärjestelmät hiilinielun lisäämiseksi

Suomen metsät ovat olleet viime vuosikymmenet merkittävä hiilinielu. Metsien voimakkaaseen kasvuun on vaikuttanut erityisesti soiden ojitus metsätalouskäyttöön 1950–1980-luvuilla ja tehostunut metsänhoito sekä jossain määrin ilmaston lämpeneminen. Aiempien metsänhoitotoimien ansiosta Suomen metsissä on ollut paljon nopean kasvun vaiheessa olevia 30–60-vuotiaita puita. Metsien ikäluokkarakenne tulee pitämään metsien kasvun korkeana vielä lähivuosikymmenet.

Metsään sitoutuvan hiilen määrää voidaan ilmastomuutoksen hillintätoimena lisätä. Jos

LULUCF-sektoria koskevan päästötavoitteen saavuttaminen vaatisi nielun lisäämistä perusurasta, olisi Suomella kannustin lisätä hiilinielua ohjaamalla metsänomistajia lisäämään metsien nettokasvua. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa päästömaksun vastinetta eli korvausta ilmakehästä puustoon sidotusta hiilestä. Tyypillisesti tarkasteltu järjestelmä perustuu tukeen, joka maksetaan metsiin sitoutuvan hiilidioksidin mukaan ja veroon, joka maksetaan hakkuuhetkellä vapautuvan hiilidioksidimäärän mukaan (IPCC-kirjanpito). Voidaan kuitenkin osoittaa, että hiilivuokrajärjestelmällä voidaan tuottaa samanlainen metsien käsittely (van Kooten ym. 1995; Lintunen ym. 2015). Hiilivuokrajärjestelmässä metsänomistajalle maksetaan hiilimaksu tämän metsiin varastoituneen hiilen mukaan. Jotta ohjausvaikutus olisi sektoreiden välillä taloudellisesti tehokas, vuokran perusteena oleva varastoituneen hiilen arvo tulisi laskea käyttäen samaa hiilen hintaa kuin mikä muillakin toimialoilla on käytössä (esim. jäsenmaiden AEA-yksiköiden tai EU:n päästökaupan päästöoikeuden hinta³). Talouden sopeutumiskustannusten ja ohjauskeinon hyväksyttävyyden kannalta voi olla myös perusteltua käyttää alempaa hiilen hintaa, sillä jo 15 euron päästöoikeuden hintaan perustava hiilivuokra vähentäisi aiemman mallitarkastelujen mukaan merkittävästi hakkuita ja metsäteollisuuden tuotantoa (ks. Laturi ym. 2015). Tässä tutkimuksessa tehdyt hiilikorvaustarkastelut tehdään käyttäen hiilivuokrajärjestelmää.

Hiilivuokrajärjestelmä muuttaa metsänomistajien hakkuupäätöksiä niin, että hehtaarikohtainen metsiin sitoutuvan hiilen määrä kasvaa, eli metsän hiilinielu voimistuu⁴. Hakkuiden ja siten puuntarjonnan väheneminen nostaa puun hintaa. Hiilinielun lisäys on ajasta riippuva: tyypillisesti metsien sitoma vuotuinen hiilen määrä kasvaa ja sitten laantuu. Suomen kaltaisessa maassa puustoon sitoutuva hiilen määrä on merkittävä suhteessa Suomen KHK-päästöihin ilman LULUCF-sektoria. Siten hiilikorvausjärjestelmällä voitaisiin saada merkittäviä nettopäästövaikutuksia.

Hiilikorvaukset olisivat sellaisenaan suuri tulonsiirto metsänomistajille. Koska suuri osa hiilinielusta toteutuisi ilman korvaustakin, voidaan maksun perustaksi ajatella nielun lisäys ohjauksettomaan tilanteeseen verrattuna. Olemassa olevien metsien hiilensidonta saadaan ohjattua tehokkaalle tasolle esim. maksamalla hiilikorvaus kaikelle sitoutuneelle hiilelle ja kohdistamalla metsänomistajille tämän lisäksi pinta-alavero. Vero kompensoisi hiilikorvauksen siltä hiilinielun osalta, joka toteutuisi ilman ohjaustakin (Rautiainen ja Tahvonen 2013). Jos myös maankäyttömuutokset halutaan ohjata tehokkaalle tasolle järjestelmissä, joissa rajataan metsänomistajien saamia hiilikorvauksia, tarvitaan lisäksi metsitystuki ja metsänraivausmaksu.

Järjestelmät, joissa kannustinvaikutukset ovat tehokkaat, mutta korvaus maksetaan vain lisäisyyden perusteella, ovat monimutkaisia toteuttaa ja lisäisyys on vaikea määrittää. Käytännön toteutuksessa voitaisiinkin joutua tyytymään oikeansuuntaiseen ohjausvaikutukseen. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi maksamalla hiilivuokra ainoastaan tietyn ikä- tai kokoluokan ylittävälle metsälle. Näin maksettu hiilivuokra perustuisi lähinnä varastoituneen hiilen lisäykseen, kun metsänomistajille ei maksettaisi kaikesta siitä puustosta, jonka he muutenkin kasvattaisivat. Lisäisyys voitaisiin määrittellä myös hiilivarannon erona hiilivarantoon, joka syntyisi noudatettaessa tyypillistä metsänkäsittelyä, joka perustuu esim. Tapion metsänhoitosuosituksiin.

Mikäli järjestelmää ei oteta käyttöön kansainvälisesti, vaarana on hiilivuoto, kun puuta ja sellua tuotaisiin järjestelmän ulkopuolisista maista niihin maihin, joissa järjestelmä on käytössä. Tämä johtaisi lisähakkuisiin ja siten metsien hiilivaraston pienenemiseen järjestelmään kuulumattomissa maissa. Hiilivuokrajärjestelmä vaatii myös pitkää sitoutumista. Korvausjärjestelmän loppuessa

³ Kustannustehokkaassa järjestelmässä molempien hintojen tulisi ideaalisesti olla yhtä suuret.

⁴ Hiilikorvausjärjestelmissä metsänkäsittelyä ohjataan lisäämällä metsänomistajalle taloudelliset kannustimet hiilen sidontaan. Järjestelmät ovat kustannustehokkaita: metsänomistaja valitsee käsittelyn, joka tuottaa annetulla hiilen hinnalla parhaan taloudellisen tuloksen ja allokaation raaka-aineeksi ja hiilinieluksi, kun sekä puuntuotannosta että hiilensidonnasta saadut taloudelliset hyödyt huomioidaan yhtäaikaisesti.

markkinavaikutukset ovat yhtä voimakkaat mutta käänteiset kuin järjestelmän käyttöönotossa: hakkuut lisääntyisivät voimakkaasti ja kertynyt metsien hiilivarasto purkautuisi.

Hiilikorvausjärjestelmän toiminnan kannalta on tärkeää, että korvaukset perustuvat mahdollisimman täsmällisesti metsänomistajan metsissä tapahtuvaan hiilivarantojen kehitykseen. Vaadittu tilatason tarkkuus lisää monitoroinnin kustannuksia ja haasteita kansalliseen tasoon verrattuna. Kuviokohtainen hiilivaraston kehityksen arviointi voitaisiin osin tuottaa hyödyntämällä olemassa olevia aineistoja, kuten metsään.fi -palvelun metsätietoja ja viranomaisrekistereitä (hakkuuilmoitukset ym.) Monitorointikustannuksia voitaisiin myös alentaa tekemällä pitkiä ja kiinteitä sopimuksia. Tämä helpottaisi kalliimpien menetelmien kuten laserkeilauksen käyttöä tilatason verifiointissa. Hiilikompensaatiojärjestelmään liittyvää tilakohtaista verifiointia tulisi selvittää jatkotutkimuksessa, jossa tarkasteltaisiin yhdessä mm. metsänomistajien päätöksentekoa sekä kustannuksia, tarkkuutta, riskejä, ja verifiointiin soveltuvia teknologioita ja aineistoja.

Metsien hiilivaraston kehitykseen voidaan vaikuttaa sekä hakkuita muuttamalla että muilla metsänhoitotoimenpiteillä. Kioton pöytäkirjan Artiklaan 3.4 kuuluneiden metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutuksia hiilitaseeseen on arvioitu aiemmissa selvityksissä (Sievänen 2000). Näitä toimia ovat mm. nuoren metsän hoito, lannoitukset, turvetuotantoalueiden metsitys/ennallistaminen, soiden kunnostus- ja uudisojitus sekä metsien suojele. Selvityksen mukaan näillä toimilla olisi kiertoaikojen pidentämistä vähäisempi vaikutus. Selvityksessä tarkasteltiin vain suoria vaikutuksia eikä käytetty aineisto ole edustavasti laajennettavissa koko Suomen alueelle. Osalla toimista, kuten soiden ojituksella vaikutuksen suunta on epävarma kun kaikki vaikutukset otetaan huomioon.

Uusivuori ja Laturi (2007) tarkastelivat tilannetta, jossa tuettiin metsän kasvua tukevan toimen, kuten lannoituksen, käyttöä. Tarkastelussa lannoitus lisäsi puuston kasvua, minkä johdosta lyhyemmät kiertoajat tulivat taloudellisesti kannattaviksi. Siten vaikka lannoitus lisäsi kasvua, eivät hiilivarannot kasvaneet. Myös nuoren metsän hoidolla on metsien hiilivarantoa vähentävä vaikutus, vaikka se lisääkin puuston arvoa kasvattamalla tukkipuun osuutta.

Hiilivuokran käyttöönotto muuttaa hakkuukäyttäytymistä, mutta lisää myös metsänhoitotoimia, jos ne hiilivuokran vallitessa ovat kannattavia. Hiilivuokrat kannustaisivat metsänomistajia lisäämään omatoimisia metsän kasvua edistäviä hoitoinvestointeja (Uusivuori & Laturi 2007). Tämä saattaisi vähentää tarvetta tukea metsänhoitoinvestointeja julkisin varoin.

3 Metsäteollisuuden tulevaisuus ja ilmastopolitiikka

3.1 Metsäteollisuuden, hakkuiden ja nielun kehitys tulevaisuudessa

Metsäteollisuuden kysynnällä on merkittävä vaikutus metsien hakkuisiin ja siten metsänielun tasoon, mutta tulevaan kysynnän tasoon liittyy merkittävää epävarmuutta. Tässä tarkastelussa lähtökohtana on neljä maailmanmarkkinoiden kehitysuraa, jotka määrittävät metsäteollisuustuotteiden kysyntäkehityksen yli ajan. Näitä kehitysuria on käytetty myös Polkeva-hankkeessa (Poliittisten ohjauskeinojen arviointi ja kehittäminen luonnonvarojen kestävä hyödyntämisen edistämiseksi) (Laturi ym. 2015). Esitettävät skenaariot eivät ole ennusteita, vaan esimerkkejä joiden avulla voidaan havainnollistaa ympäröivän maailman tilan ja metsäsektorin lopputuotteiden kysynnän vaikutusta ilmastopolitiikan tavoitteiden saavuttamiseen.

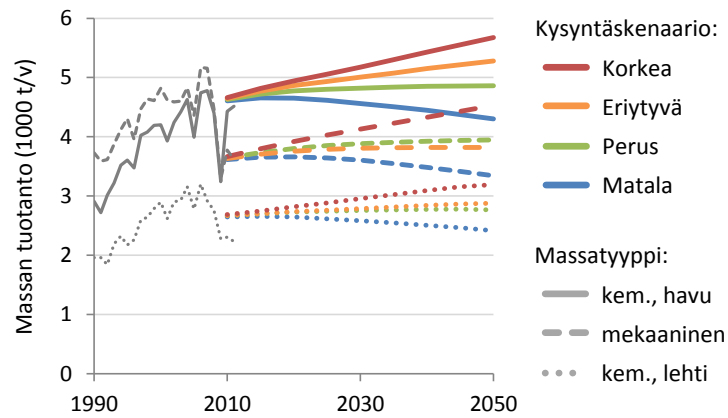
Tulevan kysyntäkehityksen perusteella tuotteet on jaettu ryhmiin. Ryhmä 1 sisältää suhteellisesti heikon kysyntäkehityksen tuotteet (sanomalehtipaperi, hienopaperit ja aikakauslehtipaperit) ja Ryhmä 2 suhteellisesti vahvan kysyntäkehityksen tuotteet (kartongit, pehmopaperi, havusellu, sahatavarat ja vanerit). Kysyntäskenaariot Ryhmille 1 ja 2 on esitetty taulukossa 2.

Perusskenaario muodostaa vertailutason, jossa kysyntä pysyy ennallaan kaikissa tuoteryhmissä. Matalassa kysyntäskenaariossa Ryhmien 1 ja 2 kysynät laskevat 1,5 ja 1 prosenttia vuodessa. Korkeassa kysyntäskenaariossa ne vastaavasti kasvavat 1 ja 1,5 prosenttia vuodessa. Eriytyvässä kysyntäskenaariossa heikon kysyntäkehityksen tuotteiden kysyntä taantuu, mutta vahvan kysynnän tuotteiden kysyntä kasvaa prosentin vuodessa. Koska kysyntämuutokset kohdistuvat kysyntäkäyriin, johtaa kysynnän kasvu tuotannon kannattavuuden kohentumiseen, jos tuotanto pysyy ennallaan.

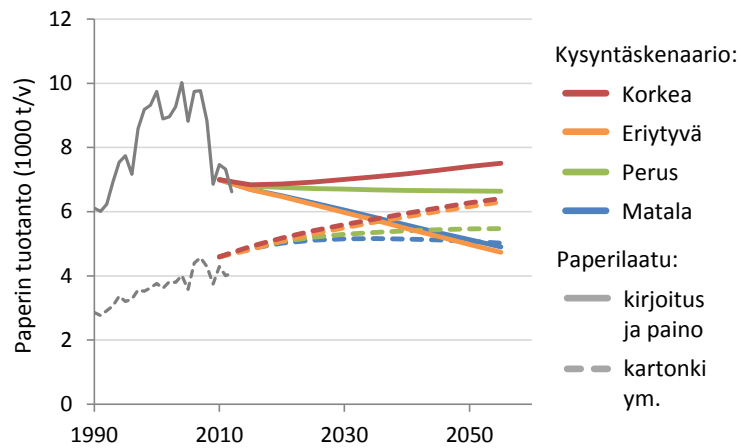
Taulukko 2. Kysyntäskenaariot suhteellisesti heikon (Ryhmä 1) ja vahvan (Ryhmä 2) kysyntäkehityksen tuotteille (%/v).

Kysyntäskenaario	Tuoteryhmä	
	Ryhmä 1	Ryhmä 2
Perus	0	0
Matala	-1,5	-1
Eriytyvä	-1	1
Korkea	1	1,5

Kannattavuuden ja puuntarjonnan kasvun johdosta sellun tuotanto kasvaa Suomessa, mikäli lopputuotteiden maailmanmarkkinakysyntä säilyy tai kasvaa vuoteen 2030 (ks. Kuva 4). Kartongin osalta nämä tekijät kasvattavat tuotantoa Suomessa myös tilanteessa jossa maailmanmarkkinakysyntä kartongille laskee, kuten skenaariossa Matala. Tällä hetkellä painopaperin tuotannon kannattavuus on selkeästi heikompi kuin sellun- ja kartongin. Skenaarioissa kirjoitus- ja painopaperien tuotanto laskee vuoteen 2030 (Kuva 5), myös siinä tapauksessa että näiden tuotteiden maailmanmarkkinakysyntä kääntyisi kasvuun, kuten tapahtuu skenaariossa Korkea.

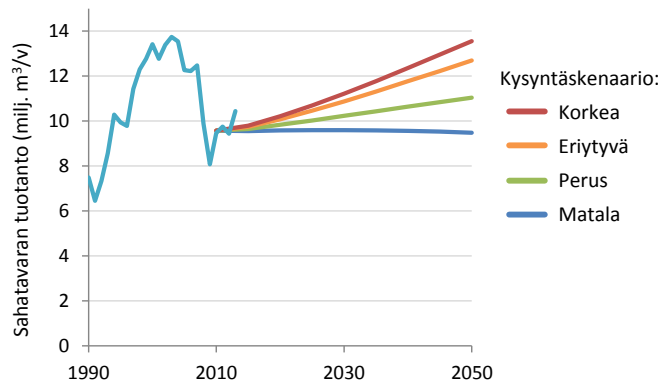


Kuva 4. Massan tuotanto eri kysyntäskenaarioissa.



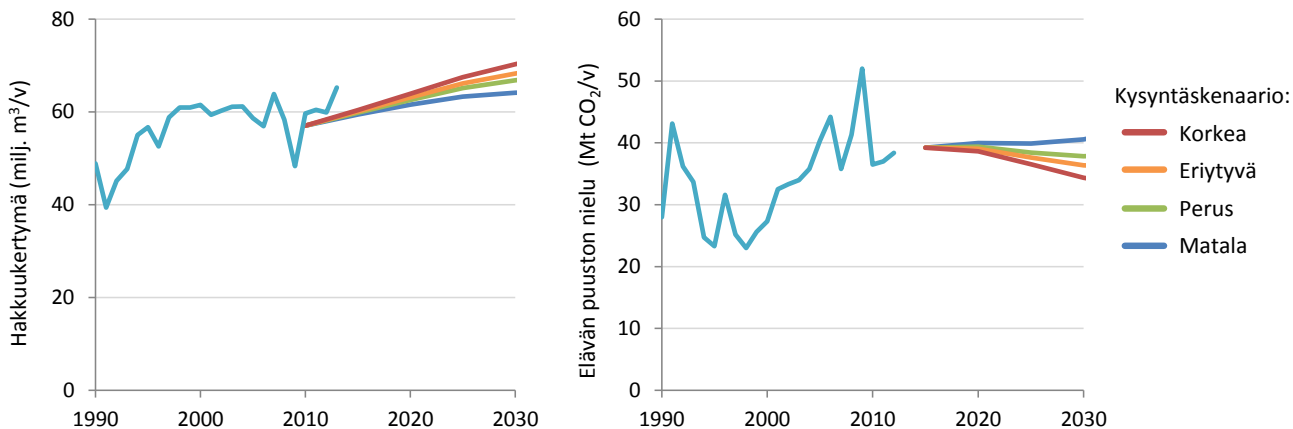
Kuva 5. Paperin tuotanto eri kysyntäskenaarioissa.

Sellun tuotannon kannattavuuden ja energiapuunkysynnän johdosta sahateollisuuden raaka-aineen hintataso tukee sahatavaran tuotannon kannattavuutta. Sahatavaran kysyntä on esitetty kuvassa 6. Vaikka sahatavaran kysyntä laskisikin, kuten skenaariossa Matala tapahtuu, sahatavaran tuotanto säilyy noin 10 miljoonassa kuutiossa vuoteen 2030. Kysynnän pysyessä nykyisellään tai kasvaessa sahatavaran tuotanto nousee, ja suurimmillaan tuotanto on Korkea-kysyntäskenaariossa, jolloin tuotanto kasvaa yli 2 milj. m³ vuoteen 2030.



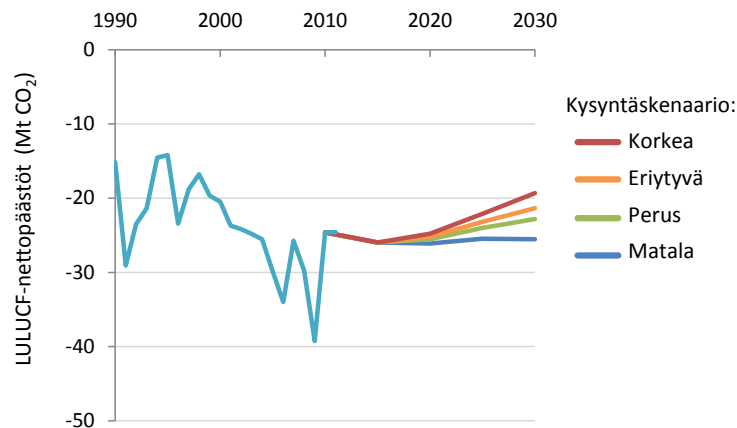
Kuva 6. Sahatavaran tuotanto eri kysyntäskenaarioissa.

Metsien ikäluokkarakenteen muutoksen vuoksi Suomessa on tulossa paljon metsiä ns. hakkuuikään. Tämä lisää kotimaista puuntarjontaa, parantaa metsä- ja energiateollisuuden kannattavuutta ja kilpailukykyä sekä kasvattaa hakkuita, kuten kuvasta 7 huomataan. Puuntarjontaa lisäävä vaikutus näkyy erityisesti tapauksessa, jossa lopputuotteiden kysyntä pienenee (Matala-skenaario), mutta kuitenkin kotimaiset hakkuut kasvavat. Skenaarioiden välinen ero hakkuissa vuonna 2030 on n. 6 milj. m³ vuodessa. Metsänielujen kehitys on hakkuiden kautta hyvin riippuvainen metsäteollisuuden lopputuotteiden kysynnän kehityksestä. Lopputuotteiden kysynnän vaikutus näkyy metsähiilinielun tasossa yli 6 milj. CO₂-tonnin erona skenaarioiden välillä vuonna 2030.



Kuva 7. Vuotuiset hakkuukertymät ja elävän puuston sitoma hiilen määrä eri kysyntäskenaarioissa.

Metsäteollisuuden kysyntäskenaarioiden laskemiseen käytetty FinFEP -malli kattaa hiilivarastojen osalta vain elävän puuston sekä hakkuutähteistä vuoden 2010 jälkeen kertyvän hiilivaraston. Puuston nielu muodostaa valtaosan suomen LULUCF-sektorin nettonielusta. Muiden LULUCF-päästökomponenttien osuus kokonaisuudessa on pienempi ja kehitys viime vuosikymmeninä ollut hyvin tasainen. Tähän perustuen muita LULUCF-päästöjä ja nieluja ekstrapoloitiin toteutuneen kehityksen perusteella aiemmassa tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä (Ekholm ja Lindroos, 2014), minkä avulla voitiin muodostaa arvio koko LULUCF-sektorin nettopäästöille. Arvio sektorin nettopäästöistä eri kysyntäskenaarioilla 2030 asti on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. LULUCF-sektorin nettopäästöt eri kysyntäskenaarioissa.

3.2 Hiilivuokran vaikutukset metsänieluun sekä metsä- ja energiasektoreille

Metsänielun voimistamiseksi metsänomistajille asetettiin mallilaskelmissa taloudelliset kannustimet hiilivuokra-järjestelmää käyttäen (ks. luku 2.4). Alhainenkin hiilivuokra vaikuttaa selvästi metsänomistajan hakkuukäyttämiseen ja siten metsiin sitoutuvan hiilen määrään. Jo 5 €/t CO₂ päästöoikeuden hintaan perustuvalla hiilivuokralla saadaan mallilaskelmien mukaan kasvatettua vuosittaista hiilen sidontaa lähes 5 milj. tCO₂/v, vaikutuksen ollessa suurimmillaan 20 vuoden kuluttua hiilivuokrien käyttöönotosta.⁵ Ensimmäisten viiden vuoden aikana järjestelmän käyttöönotosta hiilinielut olisivat 3 milj. tCO₂/v ja 5–10 vuoden päästä 3.5 milj. tCO₂/v suuremmat kuin ilman hiilivuokraa (Kuva 9). Nämä luvut sisältävän maaperän hiilivaraston pienenemisen noin 1 miljoonalla hiilidioksiditonilla vuodessa, joka aiheutuu hakkuutähdesyötteen vähenemisestä hakkuiden vähetessä.

Metsien hiilivaraston kasvu saadaan hiilivuokrajärjestelmässä aikaan viivästyksellä harvennus- ja päätehakkuita. Kokonaistasolla hiilivuokra vähentäisi hakkuita vuosittain 2–3 miljoonaa kuutiometriä (noin 5 %). Koska puuston tilavuus kasvaa voimakkaasti lähivuosikymmeninä, toteutuvat hakkuit olisivat kuitenkin suuremmat kuin nykyisin. Kuusipuun hinta nousisi heti ohjauskeinoon käyttöönotosta noin 5 % kun taas männyn hinta reagoi viiveellä. Ainespuun hinnan nousu heikentää metsäteollisuuden kannattavuutta ja johtaa alhaisempaan tuotannon tasoon kuin ilman hiilivuokraa. Mallilaskelmissa puun ja sellun tuonnilla kuitenkin hillitään kustannusten nousua. Tuotannot alenevat enimmillään vajaat 2 % 15–25 vuoden päästä ohjauskeinoon käyttöönotosta (Kuva 10). Paperien ja kartonkien tuotantoon vaikutus on hieman suurempi kuin sahatavaran ja vanerien tuotantoon.

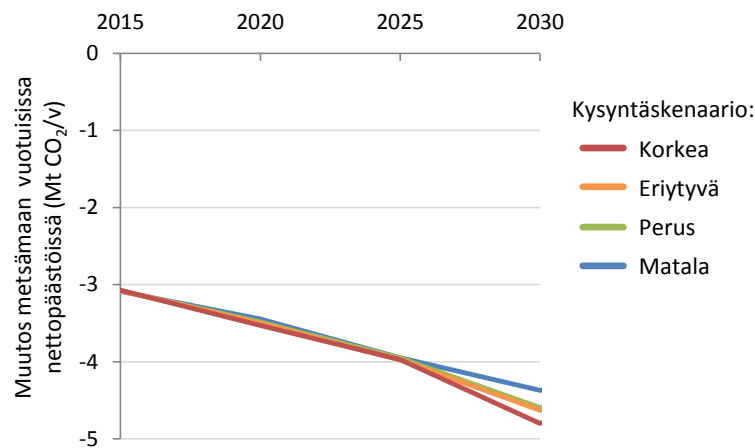
Koska hiilivuokra vaikuttaa aines- ja energiapuun tarjontaan, sillä on seurauksia PK- ja ei-PKS sektoreilla. Hakkuiden vähentyessä myös korjattavissa olevien hakkuutähteiden määrä pienenee. Metsäteollisuuden tuotannon supistuminen puolestaan vähentää sivutuotteiden ja mustalipeän tarjontaa. Metsäenergian hinnan noustessa hiilivuokran johdosta sen kilpailukyky fossiilisiin polttoaineisiin sekä muihin energiamuotoihin heikentyy.

Metsänomistajien tulot nousevat hiilivuokrajärjestelmän seurauksena. Hiilikorvausten määrä kasvaa selvästi ajan kuluessa puuston tilavuuden kasvaessa. Hiilikorvausten määrä olisi vuosittain noin 300 miljoonaa euroa hiilivuokrajärjestelmän alkuvaiheessa nousten 20 vuoden päästä yli 400 miljoonaan euroon, jos korvaus maksetaan koko hiilivarastoon perustuen. Jos taas korvaukset perustuisivat

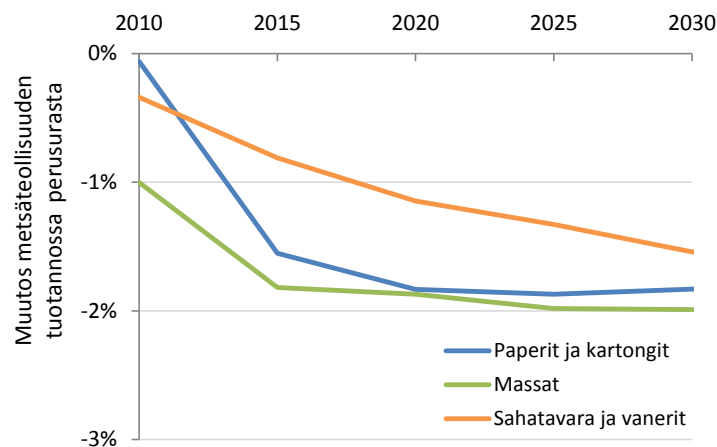
⁵ Viiden euron päästöoikeuden hintaan perustuvassa hiilivuokrajärjestelmässä, 3 %:n korkoa käytettäessä, maksetaan metsänomistajalle vuosittain vuokraa 0,15 euroa metsään sitoutunutta CO₂-tonnia kohden. Tekstissä viitataan jatkossa kuitenkin laskennassa käytetyn päästöoikeuden hintaan (5 €/t CO₂), jotta lukuarvo vastaisi muiden vähennystoimien rajakustannusta.

lisäisyyteen, voisivat ne pienimmillään olla vuosittain 5 miljoonaa euroa alkuvuosina ja vajaat 20 miljoonaa euroa 20 vuoden päästä järjestelmän käyttöönotosta. Minimi on laskettu käyttäen vertailukohtana mallin tuottamaa hiilivarastoa metsissä ilman hiilivuokrajärjestelmää. Käytännössä lisäisyyden määrittely olisi vaativa tehtävä ja metsänhoidon vertailutaso olisi määriteltävä suuntaa antavasti, esimerkiksi Tapion metsänhoitosuosituksen avulla.

Korkeammilla hiilivuokrilla hiilinielun lisäys kasvaa voimakkaasti. Hiilivuokra, joka perustuisi 15 euron päästömaksuun, voimistaisi vuosittaista hiilinielua suurimmillaan lähes 30 milj. tCO₂/v (Laturi ym. 2015). Metsävarannon dynamiikan seurauksena lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin vaikutukset eroavat kuitenkin toisistaan: kiertoaikojen pidennyttyä ja puuston tilavuuden kasvettua tarjonta alkaa elpyä hakkuumahdollisuuksien kasvaessa. Ensimmäisten viiden vuoden aikana järjestelmän käyttöönotosta lisäys olisi 11 milj. tCO₂/v. Hakkuut vähenisivät vastaavasti selvästi enemmän ja metsäteollisuuden tuotanto alenisi 10–15 % vertailu-uraan verrattuna, vaikutuksen ollessa suurimmillaan 15–20 vuoden päästä järjestelmän käyttöönotosta.



Kuva 9. Muutos puuntuotannon metsämaan vuotuisissa nettopäästöissä (elävän puuston ja maaperän nielussa) 5 €/t CO₂ päästöhintaan perustuvalla hiilivuokralla eri kysyntäskenaariossa. Mallilaskelmassa hiilivuokra on otettu täysimääräisenä käyttöön vuonna 2010.



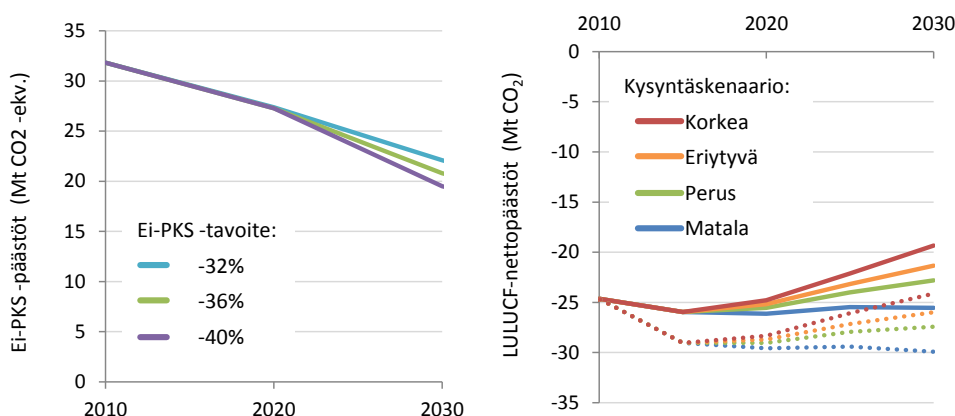
Kuva 10. Muutos metsäteollisuuden tuotannossa perusurasta 5 €/t päästöhintaan perustuvalla hiilivuokralla, keskiarvona eri kysyntäskenaarioista.

4 Poliittikkavaihtoehtojen vaikutuksia

Tässä luvussa esitetään havainnollistavia skenaarioita eri EU:n ilmasto- ja energiapolitiikkakehikoiden mahdollisista vaikutuksista Suomessa vuoteen 2030. Koska toistaiseksi ei ole esitetty ehdotusta tai perusteita LULUCF-sektoria tai laajempaa sektorikokonaisuutta koskevan päästötavoitteen määrittämiseksi, skenaarioissa ei voida tarkastella tietyn päästötavoitteen saavuttamiseksi tarvittavia päästövähennyskeinoja, niiden kustannuksia tai laajempia taloudellisia vaikutuksia. Sen sijaan skenaariot havainnollistavat yleisemmin sektoreiden välisiä vaikutusmekanismeja, mikäli eri politiikkakehikoissa asetetut päästötavoitteet pyritään toteuttamaan kustannustehokkaasti.

4.1 Ei-PK- ja LULUCF-sektoreilla erilliset tavoitteet

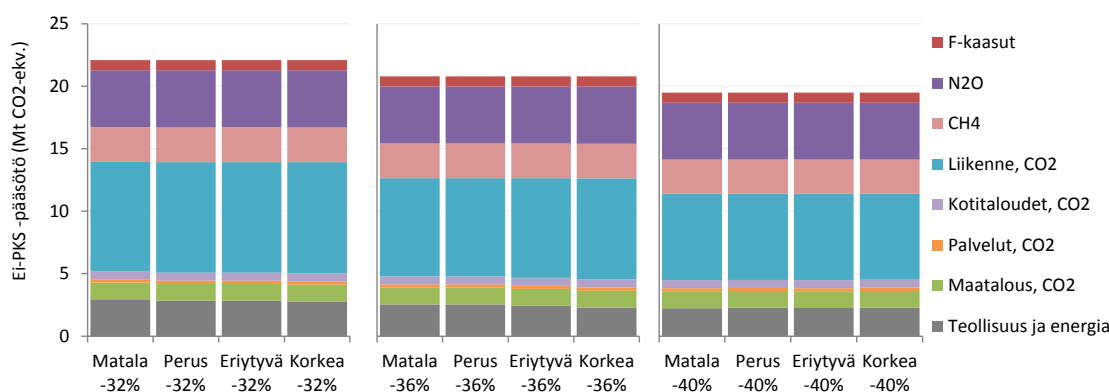
Mikäli sektoreille asetetaan erilliset tavoitteet, eikä päästöjä ja nieluja voida siirtää sektoreiden välillä joustomekanismin kautta, molempien sektoreiden tulee täyttää omat velvoitteensa sektorin sisäisillä toimilla, ja päästövähennysten kannustimet ovat tällöin sektoreilla erisuuret, jos sektoreiden päästovelvoitteet on asetettu epäsuhtaisesti. Ei-PK -sektorin vuoden 2030 päästövähennystavoite olisi todennäköisesti noin 36% vuoden 2005 tasosta, ja sen saavuttaminen vaatisi esimerkiksi erillislämmityksen ja liikenteen päästöjen vähentämistä (vrt. esim. Lindroos ym., 2013; Koljonen ym., 2014). Mikäli tavoitteen saavuttaminen vaatii erillisiä toimia LULUCF-sektorilla, voitaisiin nielua lisätä esimerkiksi hiilivuokran tai muun taloudellisen kannustimen avulla, mistä syntyisi luvussa 3.2 kuvattuja seurauksia mm. metsäteollisuuden tuotannolle, puun hinnalle ja metsäenergian saatavuudelle. Kuva 11 havainnollistaa molempien sektoreiden vaihtoehtoisia päästöpolkuja erillisillä tavoitteilla.



Kuva 11. Ei-PK -sektorin päästöt eri tavoitteilla vuodelle 2030, sekä LULUCF-sektorin nettopäästöt (nielu) eri kysyntäskenaarioilla perustapauksessa (yhtenäiset viivat) ja 5 €/t hiilivuokralla (pisteiviivat).

Erillisillä tavoitteilla LULUCF-sektorin nettopäästöt eivät siis vaikuta ei-PK -sektorin päästövähennystavoitteisiin tai tarvittaviin vähennyksiin. Lisäksi metsäteollisuuden kysyntäskenaario tai toimet nielun kasvattamiseksi vaikuttavat hyvin maltillisesti ei-PK -sektorin toimintaan tai sektorilla toteutettaviin päästövähennyksiin. Kuva 12 esittää ei-PK -sektorin päästöjä lähteittäin eri

vähennystavoitteilla ja eri metsäteollisuuden kysyntäskenaarioissa. Erot eri kysyntäskenaarioiden välillä ovat hyvin vähäisiä, ja johtuvat lähinnä eroista bioenergian tarjonnassa ja siten bioenergialla toteutettavista päästövähennyksistä ei-PK -sektorilla. FinFEP-mallilla laskettu bioenergian tarjonta on myös alempi verrattuna aiempaan tutkimukseen ei-PK -sektorin päästövähennyksistä (Koljonen ym., 2014), minkä vuoksi mm. biopolttoaineiden tuotantomäärät ovat aiempia skenaarioita pienemmät. Mikäli LULUCF-tavoitteen saavuttamien edellyttää nielun kasvattamista perusurasta, alentaa tämä metsäenergian tarjontaa entisestään. Alempi bioenergian käyttöpotentiaali myös nostaa ei-PKS -tavoitteen saavuttamisen vuotuisia kustannuksia vuonna 2030, mutta muuten energijärjestelmän skenaariot tällä politiikkakehikolla vastaavat pitkälti aiempia laskelmia (Koljonen ym., 2014).



Kuva 12. Ei-PK -sektorin päästöt 2030 lähteittäin eri kysyntäskenaarioissa ja ei-PKS -päästötavoitteilla.

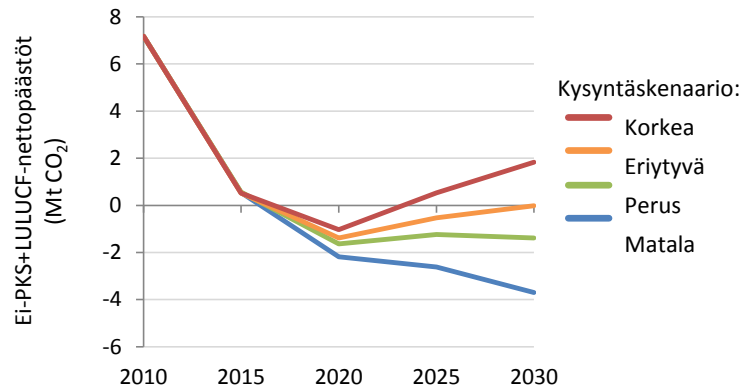
4.2 Ei-PK- ja LULUCF-sektoreilla yhteinen tavoite

Mikäli ei-PK- ja LULUCF-sektoreille asetetaan yhteinen tavoite, tai sektoreiden päästöt ja nielut ovat toistensa kanssa vaihdannaisia, syntyy molemmille sektoreille yhtäläinen kannuste päästövähennyksiin. Poliittikan vaativuustaso ja vaadittavat päästövähennystoimet riippuvat luonnollisesti siitä, kuinka suureksi sektoreiden yhteinen päästötavoite asetetaan suhteessa sektoreiden perusurasta.

Jos LULUCF-sektorin osatavoite onnistutaan asettamaan tulevaisuudessa toteutuvan perusuran mukaisesti, ts. siten että perusuralla ei synny ylimääräisiä päästöyksiköitä eikä rasitetta sektoreiden yhteisen päästötavoitteen saavuttamiseksi, voidaan nieluja lisäämällä saavuttaa merkittävä päästövähennys jo hyvin pienellä rajakustannuksella. Luvussa 3 esitetystä hiilivuokralaskelmassa 5 €/t hinta metsien hiille tuotti lähes 5 Mt CO₂ suuruisen lisäyksen vuotuisen hiilensidontaan vuonna 2030, mikä on hyvin lähellä ei-PK -sektorin -36% -tavoitteeseen pääsemiseksi vaadittavia päästövähennyksiä perusurasta vuonna 2030. Mikäli siis sektoreilla olisi yhteinen tavoite ja LULUCF-sektorin osatavoite ei tuottaisi tähän lisätaakkaa, voisi nielujen kasvattaminen kattaa lähes koko päästövähennystarpeen.

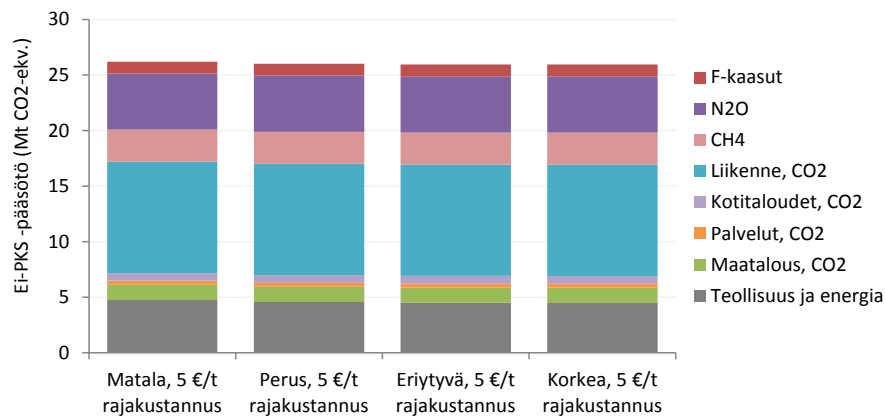
Esimerkkiskenaariona tälle politiikkakehikolle voidaan tarkastella tilannetta, jossa ei-PK- ja LULUCF-sektoreilla on yhtenevä 5 €/t kannuste nettopäästöjen vähennyksille. Sektoreiden yhteenlasketut päästöpolut tällaisessa tilanteessa on esitetty kuvassa 13. Verrattuna sektoreiden perusuriin, LULUCF-sektori lisäisi kuvan 9 mukaisesti nielua noin 4.5 Mt CO₂; mutta ei-PK -sektorin päästöt voivat jopa hieman kasvaa perusurasta, noin 0.2 - 0.3 Mt CO₂-ekv. Ei-PKS -päästöt tässä skenaariossa on esitetty kuvassa 14. Syynä päästöjen mahdolliselle kasvulle on bioenergian vahvempi ohjautuminen PK-sektorille ei-PK -sektorin sijaan, sekä fossiilisten polttoaineiden kilpailukyky esim. sähköä vastaan ei-PKS -teollisuudessa, johtuen hyvin pienestä päästöhinnasta ei-PK -sektorilla. Oletettu 5 €/t kannuste vähentäisi siis sektoreiden yhteenlaskettuja päästöjä toteutuvasta kysyntäskenaariosta riippuen noin 3.8 - 4.5 Mt CO₂-ekv. Huomionarvoista on myös, että eri kysyntäskenaarioilla sektoreiden yhteenlaskettujen päästöjen hajonta on merkittävän suurta: skenaarioiden Korkea ja Matala välillä on

5.8 Mt ero päästöissä.



Kuva 13. Ei-PK- ja LULUCF-sektoreiden yhteenlasketut päästöurat eri kysyntäskenaarioilla, kun molempia sektoreita koskee 5 €/t rajakustannus nettopäästöjen vähentämiseksi.

Koska 5 €/t rajahinnoittelutapauksessa tarve ei-PKS -päästövähennyksille on hyvin pieni, energiajärjestelmän kustannuksissa saavutetaan 2030 noin 200 - 220 miljoonan euron vuotuiset säästöt verrattuna skenaarioon, jossa ei-PK -sektorille on asetettu -36% vähennystavoite vuodelle 2030. Toisaalta metsäsektorilla käytetty 5€/t hiilivuokra aiheuttaa noin 1.5% - 2% aleneman metsäteollisuuden tuotantoon vuonna 2030, mikä tulee myös huomioida tämän politiikkakehikon kokonaiskustannuksia arvioitaessa. Luvussa 4.4 on arvioitu tarkemmin käsiteltyjen politiikkavaihtoehtojen taloudellisia vaikutuksia Suomen kansantalouden tasolla.



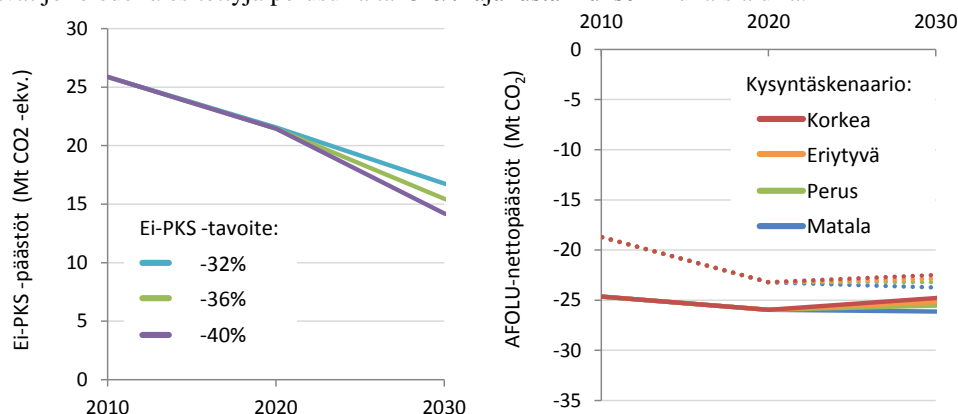
Kuva 14. Ei-PK -sektorin päästöt 2030 lähteittäin eri kysyntäskenaarioissa 5 €/t rajakustannuksella.

4.3 Ei-PK- ja AFOLU-sektoreilla erilliset tavoitteet

Maatalouden ja muun maankäytön yhdistäminen AFOLU-sektoriksi muuttaisi ei-PK -sektorin päästöjen kattavuutta nykyisestä. Kuten vaihtoehdossa 1. (ei-PKS ja LULUCF erikseen), AFOLU-sektorilla ja jäljelle jäävällä ei-PK -sektorilla on tällöin erisuuret kannustimet päästövähennyksiin. Tämän lisäksi ei-PK -sektorin kattavuuden muuttuessa sektorin päästövähennystavoite tulee arvioida uudelleen sekä koko EU:n tasolla että jäsenmaittain. TIMES-VTT- mallilla lasketuissa skenaarioissa maatalouden kustannustehokas päästövähennyspotentiaali 2030 on hyvin rajoitettu verrattuna muihin ei-PKS -alasektoreihin, mutta maatalous muodostaa noin neljänneksen ei-PKS -päästöistä. Mikäli maatalous siirtyisi osaksi AFOLU-sektoria ja jäljelle jäävän ei-PK -sektorin prosentuaalinen päästötavoite vuodelle 2030 pidettäisiin ennallaan, vaatisi esimerkiksi -36% vähennystavoite pienempiä päästövähennyksiä

jäljelle jääviltä ei-PKS -alasektoreilta verrattuna nykyisen ei-PK-sektorin kattavuudella vaadittaviin päästövähennyksiin.

Kuvassa 15 on esitetty ei-PK- (pl. maatalouden CH₄ ja N₂O) ja AFOLU-sektoreiden päästöt olettaen että jäljelle jäävillä ei-PKS -alasektoreilla päästöjen absoluuttista määrää vähennetään edellä tarkasteltujen ei-PKS -tavoitteiden mukaisesti, ja maatalouden ja LULUCF-sektorin nettopäästöt seuraavat joko edellä esitettyjä perusuria tai 5 €/t rajakustannuksen mukaisia uria.



Kuva 15. Ei-PK- sektorin päästöurat (pl. maatalouden CH₄ ja N₂O-päästöt) eri tavoitteilla vuodelle 2030, sekä AFOLU-sektorin nettopäästöt (nielu) eri kysyntäskenaarioilla perustapauksessa (yhtenäiset viivat) ja 5 €/t rajakustannuksella (pisteviivat).

4.4 Arvio kansantaloudellisista vaikutuksista

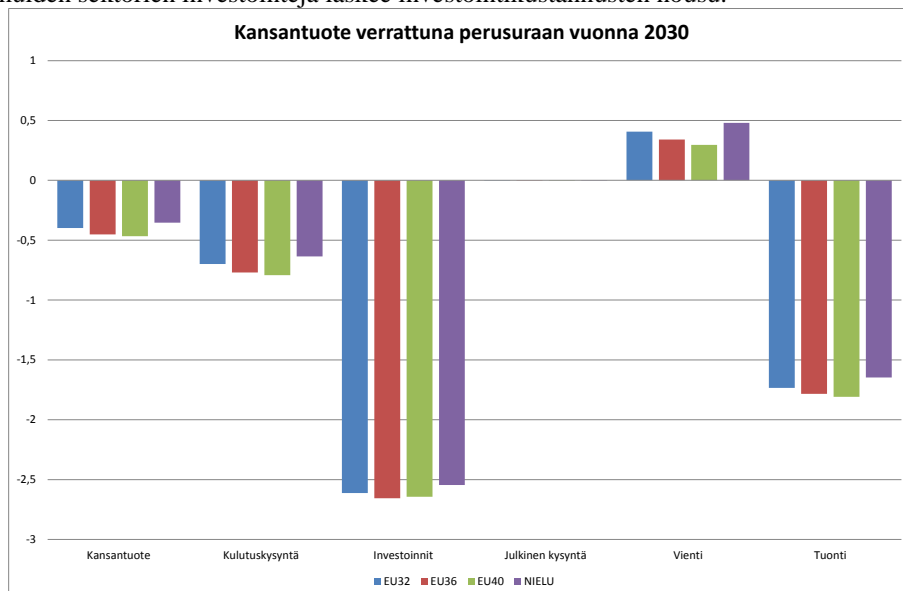
Kansantaloudellisia vaikutuksia on arvioitu kokonaistaloudellisen VATTAGE-mallin avulla. Arviossa verrataan vaikutuksia perusskenaarioon, jolla oletetaan toteutettavan ainoastaan jo päätetyt ilmasto- ja energiapolitiittiset tavoitteet vuoteen 2020 mennessä. Talouskehityksen osalta arvio hyödyntää VATT:n talous- ja toimialakehityksen pitkän aikavälin ennakointihankkeen tuloksia, jotka tässä tutkimuksessa on ulotettu vuoteen 2040 saakka. Arvion makrotaloutta koskevat oletukset perustuvat vuoteen 2016 saakka VM:n kansantaloudesaston keskipitkän aikavälin ennusteeseen. Ennusteessa kansantalouden toipumisen vuoden 2009 finanssikriisin aiheuttamasta viennin sukelluksesta ennustetaan kestävän useita vuosia. Perusskenaariossa oletetaan työn tarjonnan kehittyvän Tilastokeskuksen ennusteen mukaisesti, jolloin 2010-luvun jälkipuolella työn tarjonta alkaisi kuitenkin supistua, jolloin talouskasvu riippuu ennen kaikkea tuottavuuskehityksestä. Energia- ja ilmastopolitiikka eivät välttämättä vaikuta tuottavuuskehitykseen yksittäisillä toimialoilla, mutta se saattaa vaikuttaa kokonaistuottavuuden kasvuun muuttamalla toimialarakenteen kehitystä. Perusskenaariossa toimialarakenne muuttuu työvoimavaltaisemmaksi, mikä korostaa sellaisten toimialojen vaikutusta kokonaistuottavuudesta, joiden tuottavuuskehitys on historiallisesti ollut pääomavaltaisempia, teollisia toimialojen hitaampaa. Osittain tämä kehitys on peräisin vientirakenteen ennakoitusta muutoksesta, joka pienentää ennen kaikkea elektroniikkateollisuuden viime vuosiin saakka suurta osuutta kokonaistuottavuuden kasvusta (Honkatukia ja Ahokas 2014).

Laskennan perusskenaariossa oletetaan, että 2020-luvulla ei aseteta uusia tavoitteita päästöjen rajoittamiselle tai uusiutuvalle energialle jo päätettyjen toimenpiteiden lisäksi. EU:n 2030-tavoitteet vaativat siis lisätoimenpiteitä. Näistä keskeinen on päästökauppa- ja sektoria koko EU:n tasolla koskeva vähennystavoite, joka vaikuttaa Suomen talouteen päästöoikeuksien kohoavan hintatason kautta. Päästöoikeuksien hinnan oletetaan kohoavan 50 euroon hiilidioksiditonnilta vuoteen 2030 mennessä. Arviossa oletetaan, että päästöoikeuksien ilmaisjako säilyisi voimassa vielä 2020-luvullakin EU:n toteuttaessa ilmastopolitiikkaa yksin tai ainakin muuta maailmaa kunnianhimoisemmalla aikataululla, joka pitäisi hintakilpailukyvyyn agendalla 2020-luvullakin. Muita toimenpiteitä päästökauppa- ja sektorille ei

kohdistu.

Ei-PK -sektorin osalta on selvää, että ehdotetut -32%, -36% tai -40% vähennystavoitteet edellyttävät mittavia lisätoimenpiteitä. Kansantaloudellisessa arvioinnissa on otettu huomioon energiajärjestelmätarkastelun tulokset niin lisäinvestointien kuin energiankulutuksenkin osalta. Keskeiset VTT:n tuloksiin perustuvat oletukset koskevat: investointeja ja niiden aiheuttamia muutoksia energiankäytössä energiantuotannossa; biopolttoaineiden käyttöä liikenteessä ja niiden kotimaiseen tuotantoon tehtäviä investointeja; autokannan uudistamisen lisäkustannuksia ja liikenteen polttoaineenkäytön kehitystä; ja biopolttoaineiden hintakehitystä ja vaikutuksia polttoaineverokertymään. Lisäksi arvioissa on käytetty LUKE:n arvioimaa puun tarjonnan ja metsäteollisuuden tuotteiden kysynnän perusskenaariota. Biojalostamojen tarvitsema investointituki on tuotu VATTAGE-arvioihin VTT:n laskelmien perusteella. Kansantalouselaskelmissa oletetaan kuitenkin, että valtiontalous tasapainotetaan muuta verotusta sopeuttamalla siten, että vuoden 2030 valtiontalous ei asetu perusskenaariota ali- eikä ylijäämäisemmäksi.

Keskeiset tulokset on esitetty kuvassa 16, johon on kuvattu huoltotaseen muutos perusuraan nähden vuonna 2030 neljässä eri tapauksessa: ei-PK-sektorin kolmella vähennystavoitteella sekä ei-PK- ja LULUCF-sektoreiden 5€/t rajakustannuksen tapauksessa. Tiukempi päästötavoite edellyttää suurempia investointeja ja myös energiankulutuksen leikkaamista ja vaatii tuekseen myös liikennepolttoaineiden veron kiristämistä. Tästä syystä se leikkaa kotimaista kulutuskysyntää lievempää tavoitetta enemmän. Uusiutuvan energian lisääminen kasvattaa suoraan biopolttoaineiden jalostuksen investointeja. Lisäksi energiantuotantoon kohdistuu lisäinvestointeja. Kun nämä investoinnit työllistävät rakennussektoria, nousee investointihyödykkeiden hintataso perusuraan nähden. Rakentamisen toimialan investoinnit kasvavat nekin selvästi perusuraan nähden. Muilla toimialoilla investoinnit sen sijaan heikkenevät, mikä johtuu osittain hintakilpailukyvyyn heikkenemisestä EU:n ulkopuoliseen maailmaan nähden, joka heikentää vientisektorien kannattavuutta ja nostaa investointihyödykkeiden hintoja, osittain muiden sektorien investointeja laskee investointikustannusten nousu.



Kuva 16. EU:n 2030 tavoitteiden vaikutus Suomen kansantuotteeseen ja sen komponentteihin vuonna 2030.

Kauppatasetta heikentää useimpien hyödykkeiden viennin lasku perusuraan nähden, jonka takana on kotimaisen kustannustason nousu, joka puolestaan on suurempi korkeammilla vähennystavoitteilla. Tätä kompensoi biopolttoaineiden ja öljyjalosteiden viennin kasvu, joka on voimakkainta -36% ja -40% -skenaarioissa, joissa kotimainen jalostuskapasiteetti kasvaa -32% -skenaarioita enemmän. Kauppatasetta kohentaa myös EU:sta tuotavien hyödykkeiden tuontihintojen nousu. Tuonti EU:n

ulkopuolelta sen sijaan kasvaa.

Valtiontalous oletetaan tasapainotettavan kaikissa skenaarioissa. Arviossa oletetaan, että päästöoikeuksien ilmaisjako olisi voimassa 2020-luvullakin, jolloin päästöoikeuksien hinnan nousu hyödyttäisi valtiontaloutta vain osittain. Koska liikennepolttoaineiden hintakehitys on vähennysskenaarioissa erilainen sekoitelvelvoitteen vaihtelun vuoksi, hintatason kehitys ja sen myötä verotulot vaihtelevat skenaarioiden välillä, mikä vaikuttaa ostovoimaan. Tulonsiirtojen indeksointi pyrkii puolestaan nostamaan valtion menoja, samoin kuin energia- ja jalostamosektorin lisäinvestoinnit. Biojalostamojen tarvitseman investointituen vaikutus on tuotu VATTAGE-arvioihin VTT:n laskelmien perusteella. Kansantalouselaskelmissa oletetaan kuitenkin, että valtiontalous tasapainotetaan muuta hyödykeverotusta sopeuttamalla siten, että vuoden 2030 valtiontalous ei asetu perusskenaariota ali- eikä ylijäämäisemmäksi.

4.5 Yhteenveto arvioiduista vaikutuksista ja avoimista kysymyksistä

EU:n 2030 ilmastotavoitteita koskevan politiikkakehikon valinnalla on merkittäviä vaikutuksia Suomen päästövähennysstrategioihin. Eri tavoin asetellut päästöaltaat ja niille määrättävät vähennystavoitteet voivat luoda sekä uusia mahdollisuuksia kustannustehokkaisiin päästövähennyksiin että ristiriitoja mm. lisäämällä kilpailua metsäresurssin käytöstä ja eri talouden sektoreihin kohdistuviin taloudellisten vaikutusten osalta. Keskeiset rajapinnat metsä- ja energiasektoreiden välillä ovat metsäenergia ja metsän hiilinielu.

Päästövähennyspotentiaali ja kustannukset eroavat sektoreiden välillä huomattavasti. Mikäli LULUCF-sektoria koskee päästötavoite joka vaatii nettohiilinielun pitämistä ennallaan tai lisäämistä perusurasta, tämä vaikuttaisi negatiivisesti metsäenergian käyttömahdollisuuksiin ja siten päästövähennysmahdollisuuksiin PK- ja ei-PK -sektoreilla. Raportissa esitetyissä laskelmissa nielun lisääminen taloudellisilla kannustimilla myös vähentää hakkuita, nostaa puun hintaa, lisää metsänomistajien tuloja ja vähentää metsäteollisuuden tuotannon volyyymiä.

Mikäli ei-PK- ja LULUCF-sektoreiden päästövähennykset olisivat keskenään vaihdannaisia, voitaisiin LULUCF-sektorin nielua lisäämällä korvata huomattava määrä kalliimpia päästövähennyksiä ei-PKS -sektorilla. Kansantalouden tasolla säästöt ei-PK -sektorin päästövähennyskustannuksissa ja metsäteollisuuden tuotannon pienenemisessä tasapainottavat toisiaan, ja tehdyn arvion mukaan vaikutus Suomen bruttokansantuotteeseen olisi tällöin hieman pienempi kuin jos päästövähennykset toteutettaisiin pelkästään ei-PK -sektorilla.

Toistaiseksi ei kuitenkaan voida antaa yksikäsitteistä suositusta mikä politiikkakehikoista olisi Suomen kannalta kannattavin, politiikkakehikkojen tarkempaan määrittelyyn liittyy vielä useita avoimia kysymyksiä, esimerkiksi päästösektoreiden vähennystavoitteiden tason osalta. Lähtökohtia sille, miten LULUCF-sektoria mahdollisesti koskeva päästötavoite tulisi asettaa, ei ole vielä esitetty, ja tietopohja EU-jäsenmaiden nielun kehityksestä tulevaisuudessa on vielä heikko.

Myös Suomen metsänielun tulevaisuuteen liittyy merkittävää epävarmuutta. Tässä lasketut neljä metsäteollisuuden kysyntäskenaariota eroavat vuoden 2030 metsänielun osalta yli 6 Mt CO₂, mikä on suurempi kuin ei-PK -sektorin päästövähennystarve -36% -tavoitteella 2030, sekä merkittävämpi kuin aiemmin ei-PK -sektorin 2030-päästöille arvioitu epävarmuus (Lindroos ym., 2013). Tämä aiheuttaa merkittävän haasteen sektoria koskevan päästötavoitteen asettamiselle: mikäli tavoite asetetaan toteutuvaan perusuraa nähden liian tiukaksi, joudutaan päästövähennyksiä toteuttamaan merkittävästi tarkoitettua enemmän; ja mikäli tavoite asetetaan liian väljäksi, metsänielu voi tuottaa merkittävän määrän "kuumaa ilmaa", ts. ylimääräisiä päästövähennyksiä odotettua suuremman nielun myötä.

5 Johtopäätökset ja pohdinta

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan päästötavoitteiden laajentaminen maankäytön ja metsänhoidon CO₂-päästöihin olisi merkittävä muutos, jolla olisi potentiaalisia vaikutuksia usealla talouden osa-alueella jäsenmaille, kuten Suomelle, joilla on merkittävät metsävarat sekä metsäteollisuutta. Vaikutukset talouden eri sektoreille ja yleisemmin politiikan kustannustehokkuuteen riippuvat valittavasta politiikkavaihtoehdosta sekä sektoreille asetettavista päästötavoitteista. Koska EU:n ilmasto- ja energiapolitiikka koostuu jo nykyisellään useasta eri osasta ja koskettaa taloudellisia toimijoita useilla sektoreilla, muutokset politiikkatoimien sektorijaossa voivat joko hyödyttää tai luoda ristiriitoja olemassa oleville politiikkatoimille sekä eri toimijoille.

Päästöjen vähentämien aiheuttaa lähtökohtaisesti aina kustannuksia. Taloudellisesta näkökulmasta katsottuna sektorikohtaiset **päästövähennystavoitteet tulisi asettaa toisiinsa nähden kustannustehokkaasti**, ts. siten että kaikilla sektoreilla olisi yhtäläinen taloudellinen kannustin nettopäästöjensä vähentämiseen. Mikäli usean sektorin kasvihuonekaasupäästöt ovat yhteisen päästötavoitteen alla, kustannustehokkuus on helpompi saavuttaa. Mikäli taas eri sektoreille asetetaan erilliset päästötavoitteet, edellyttää kustannustehokkuuden saavuttamien huolellista analyysiä sektoreiden välisestä taakanjaosta. Toisaalta koska kustannustehokkuuteen vaikuttavat eri sektoreiden ja teknologioiden kehitykset, markkinahintojen kehitykset, sekä laajemmin koko yhteiskunnan ja elinkeinorakenteen kehitykset, optimaalista taakanjakoa on mahdotonta määrittää tarkasti etukäteen. Käytännössä ilmastopolitiikkaan liittyvässä päätöksenteossa tulee kuitenkin huomioida myös muita tekijöitä kuin taloudellinen tehokkuus.

Jos yksittäisen sektorin päästötavoite asetetaan virheellisesti, esimerkiksi arviointivirheen tai yllättävän talouskehityksen vuoksi, voivat päästövähennyskustannukset yksittäisellä sektorilla nousta huomattavan korkeiksi. Tällaisten tilanteiden varalta **sektoreiden yhdistäminen samaan altaaseen vähentää kustannusriskiä**, sillä päästötavoitteeseen pääsemiseksi tarvittavat kustannustehokkaat vähennykset voitaisiin etsiä eri sektoreilta. Yhdistettyjen altain järjestelmä on siis joustavampi kustannusriskien hallinnassa.

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan kehitysprosessissa on harkittu mm. tulisiko ei-PK- ja LULUCF-sektoreille mahdollisesti asettaa yhteinen päästötavoite (EC, 2012), ja olisivatko mahdolliset tavoitteet kansallisia tai EU-tasoisia. Tämä on jätetty myös avoimeksi EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikkakehyksessä. Suomessa LULUCF-sektorin netto-nielu on kooltaan samaa suuruusluokkaa ei-PK-sektorin KHK-päästöjen kanssa. Valtaosa Suomen nielusta muodostuu metsänhoidosta ja on hyvin riippuvainen toteutuvista hakkuista. Näin ollen kotimaisen puun kysyntä, eli käytännössä metsäteollisuuden tuotteiden sekä energian ja liikenteen biojalosteiden tuotantoon käytettävän puuraaka-aineen kysyntä, vaikuttavat hakkuisiin ja nielujen kehitykseen. Tässä raportissa oletettujen metsäteollisuuden kysyntäskenaarioiden vaikutus nieluun vuonna 2030 oli suurempi kuin ei-PK -sektorille arvioitu tarve päästövähennyksille.

Mikäli **molemmille sektoreille asetettaisiin omat tavoitteensa** ilman päästövähennysten vaihdettavuutta sektoreiden tavoitteiden välillä, tulisi sektorin tavoite saavuttaa yksinomaan kyseisen sektorin sisällä. Ei-PKS:n osalta vuodelle 2030 asetettu vähennystavoite tulisi mahdollisesti olemaan noin -36 % luokkaa vuoden 2005 päästöistä, ja tämän tavoitteen saavuttaminen kustannustehokkaasti edellyttäisi mm. fossiilisten polttoaineiden korvaamista liikenteessä ja rakennuskohtaisessa

lämmityksessä muilla energiamuodoilla. LULUCF-sektorin osalta mahdollista tavoitetta ei ole vielä esitetty. Mikäli tavoite edellyttäisi suurempaa nielua kuin mitä muuten toteutuisi, sektorilla tulisi toimeenpanna ohjaukeinoja tavoitteen saavuttamiseksi. Hiilivuokra-esimerkin mukaan sektorilla voitaisiin saavuttaa noin 4-5 Mt CO₂ lisäys nielussa jo 5 €/tCO₂ päästöhinnalla, jolloin vaikutukset metsäteollisuuden tuotantopotentiaaliin olisivat myös maltilliset.

Mikäli **sektorit olisivat saman päästötavoitteen alla**, tai mikäli sektoreiden päästöaltaat olisi yhdistetty joustomekanismin kautta, sektoreilla olisi periaatteessa yhtäläinen kannuste nettopäästöjen vähentämiseen. Kustannustehokas strategia päästövähennyksille olisi toteuttaa vähennyksiä molemmilla sektoreilla samaan rajakustannukseen asti. Koska raportissa esitettyjen laskelmien mukaan 5 €/tCO₂ päästöhinnalla saavutettava nielun lisäys LULUCF-sektorilla on huomattavasti merkittävämpi kuin ei-PK -sektorilla saavutettava päästövähennys, valtaosa sektoreiden yhteistavoitteeseen pääsemiseksi tarvittavista toimista toteutettaisiin kustannustehokkaasti metsänhoidon nielua lisäämällä. Skenaariolaskelmissa ei kuitenkaan huomioitu nielun lisäystä mahdollisesti koskevia laskentasaäntöjä, jotka saattaisivat rajoittaa suuremman nielun hyödyntämistä muilla sektoreilla.

Molemmissa tapauksissa haasteeksi muodostuu **LULUCF-sektoria koskevan tavoitteen tason asettaminen**, joko omana tavoitteenaan tai osana sektorin yhteistä tavoitetta. Metsäteollisuuden ja bioenergian tulevaa kysyntää on mahdotonta ennustaa tarkasti, ja kysynnällä on merkittävä vaikutus tulevan nielun tasoon. Mikäli LULUCF-sektoria koskeva tavoite asetettaisiin liian tiukaksi, se rajoittaisi metsäteollisuuden tuotantomahdollisuuksia kotimaisella puuraaka-aineella. Mikäli taas tavoite asetettaisiin liian väljäksi suhteessa toteutuvaan kysyntään ja nieluun, LULUCF-sektori tuottaisi merkittävän määrän käyttämättömiä päästöyksiköitä (ns. "kuumaa ilmaa"), jotka mahdollisesti poistaisivat ei-PK -sektorin päästövähennystarpeen jopa kokonaan, jos jousto sektoreiden päästöyksiköillä on sallittu. Epävarmuus nielun tulevassa kehityksessä muodostaa siis huomattavasti suuremman epävarmuustekijän kuin mitä ei-PK -sektorin päästötasoihin ja vähennyskeinoihin liittyy (vrt. esim. Lindroos ym. 2013). Lisäksi nieluihin liittyvät suuret vaihtelut yksittäisten vuosien välillä vaatisivat ajallisia tai muita joustomekanismeja vuotuisen päästötavoitteen saavuttamiseksi, tai vuotta pidempää seurantajaksoa jonka aikana päästötavoite tulee saavuttaa.

Mikäli LULUCF-sektoria koskevan päästötavoitteen saavuttaminen vaatisi nielun lisäämistä perusurasta, metsänomistajien hakkuupäätöksiin tulisi vaikuttaa politiikkakeinoilla, esimerkiksi hintaohjauksella. Metsänomistajien hakkuupäätöksiin vaikuttavat monet huonosti havaittavat tekijät, kuten metsien omistajalleen tuottamat ei-puuntuotannolliset arvot. Tämän vuoksi hintaohjauksen nieluvaikutusta on vaikea ennustaa. Laajamittaisen hiilivuokran tai vastaavan hiilimaksujärjestelmän toiminnasta ei ole vielä käytännön kokemuksia Suomessa. Hiilivuokran tason säätäminen sopivaksi vaatii aikaa, ja järjestelmä vaatii sitoutumista sekä hallinnolta että metsänomistajilta. Näistä syistä LULUCF-sektorin päästötavoitteet, metsien hiilimaksujärjestelmä tai vastaava kannustinjärjestelmä olisi hyvä ottaa käyttöön vaiheittain, jolloin järjestelyn toiminnasta saataisiin käytännön kokemusta harjoitteluvaiheen kautta.

Metsien hiilinielun käyttö päästövähennystoimena kuitenkin vähentäisi hakkuita ja **lisäisi kilpailua metsäresurssin käytöstä**. Tämä nostaisi aines- ja energiapuun hintaa, lisäisi metsänomistajien tuloja, mutta myös heikentäisi puuta hyödyntävän metsäteollisuuden kannattavuutta ja kansainvälistä kilpailukykyä. Näiden vaikutusten voimakkuus riippuu tarpeesta nielun lisäämiselle, joko sektoria koskevan päästötavoitteen saavuttamisen tai muilta sektoreilta tai muista EU-jäsenmaista tulevan taloudellisen kannusteen kautta.

Sekä nielujen lisääminen että liikenteen päästöjen vähentäminen **kotimaisten 2. sukupolven biopolttoaineiden** avulla vähentää energiapuun saatavuutta päästökauppa- ja ei-päästökaupparektoreilla. Tämä nostaa näiden sektoreiden päästövähennyskustannuksia, kun siirrytään korvaaviin polttoaineisiin, ostetaan lisää päästöoikeuksia tai vaihtoehtoisesti investoidaan muihin kalliimpiin

päästövähennysteknologioihin tai -keinoihin. Nielujen lisääminen vaikuttaa myös uusiutuvan energian määrään. Nielujen ja uusiutuvan metsäenergian lisääminen ovatkin vastakkaisia tavoitteita. Mikäli EU-jäsenmaille asetettaisiin vuodelle 2030 sitovat tavoitteet sekä LULUCF-nettopäästöjen että uusiutuvan energian lisäämiksi, nämä tavoitteet olisivat osittain toistensa kanssa ristiriitaisia.

Mikäli nieluja lisäämällä voidaan kompensoida ei-PK -sektorilla vaadittavia päästövähennyksiä, syntyy kaksi vastakkaista taloudellista vaikutusta. Toisaalta energiajärjestelmän päästövähennyskustannukset alenevat, koska tehdyn arvion mukaan ei-PK- ja LULUCF-sektoreiden yhteinen päästövähennystavoite saavutettaisiin kustannustehokkaasti etupäässä nieluja lisäämällä, ja tarve ei-PK -sektorin päästövähennykselle olisi vähäinen. Toisaalta hiilen hinnoittelu metsänhoidossa johtaisi myös metsäteollisuuden tuotantovolyymin alenemiseen ja alhaisempiin bioenergian käyttömääriin verrattuna perusuraan. Tehdyn kokonaistaloudellisen tarkastelun perusteella sektoreiden yhtenäinen päästötavoite pienentäisi Suomen bruttokansantuotetta hieman vähemmän kuin vastaavan kokoisien vähennystarpeen saavuttaminen ei-PK -sektorilla.

Metsäteollisuudesta etenkin paperin ja kartongin valmistus on hyvin vientivetoinen teollisuudenala. Mikäli metsien hiilimaksujärjestelmä ei olisi riittävän kattava kansainvälisesti, saattaisi hiilimaksujärjestelmä johtaa metsäteollisuuden osalta **hiilivuotoon** Suomen ulkopuolelle, joko puuraaka-aineen tuonnin tai tuotannon siirtymisen kautta. Koska Suomen ilmastopolitiikka on osa EU:n ilmastopolitiikkaa, olisi todennäköisesti myös muilla EU-mailla vastaava LULUCF-sektoria koskeva tavoite, ja mahdollisesti kannustin nielun kasvattamiseksi. Tällöin hiilivuotoa voisi tapahtua EU:n ulkopuolelle, esim. Venäjälle, josta saatettaisiin tuoda hiilimaksujärjestelmän myötä enemmän puuta metsäteollisuuden raaka-aineeksi.

Tässä raportissa ei tarkasteltu **hiilimaksujärjestelmän rahanlähdeä**, ja järjestelmän mahdollisista toteutustavoista käsiteltiin ainoastaan hiilivuokrajärjestelmää. Eri toteutustavoilla hiilimaksujärjestelmän rahoitustarve voi olla erilainen. Mikäli LULUCF-sektori otetaan osaksi EU:n päästötavoitteita, kyseeseen voi tulla myös jäsenmaiden väliset joustomekanismit sektoria koskevilla päästökiintiöillä. Tällöin on mahdollista, että myös muiden jäsenmaiden luoma kysyntä kyseisille päästöyksiköille tuottaa taloudellisen kannustimen nielun kasvattamiseen. Mikäli nieluksyksiköille on kysyntää, Suomi voisi myydä ylimääräistä nieluaan muille jäsenmaille, jolloin hiilimaksujärjestelmän rahoitus tulisi ainakin tältä osin Suomen ulkopuolelta. Tällainen tilanne voi muodostua myös, mikäli LULUCF-sektoria koskeva tavoite asetetaan EU:n tasolla, jolloin myös kannuste nielun koko EU:n nielun kasvattamiseen voi muodostua koko EU: tasolle.

Tässä tutkimuksessa ei myöskään tarkasteltu, kuinka hyväksyttävänä ilmastomuutoksen hillintästrategiana päästövähennysten korvaamista nielun lisäyksellä voidaan pitää EU:n ja globalilla tasolla. Tällä hetkellä hillintästrategioiden pääasiallinen tavoite on fossiilisista polttoaineista luopuminen uusiutuvien energianlähteiden ja energiatehokkuuden parantamisen avulla. Tämä kehitys lykkääntyisi, mikäli asetettuja päästötavoitteita pyrittäisiin täyttämään nielua lisäämällä. Lisäksi yksi taustalla oleva huolenaihe on metsien hiilivarastojen pysyvyys verrattuna fossiilisten päästöjen vähentämiseen, sekä fossiilisista polttoaineista luopumisen hitaus. Maankäyttöön liittyvät hillintätoimet ovat kytköksissä myös mm. ruokahuoltoon, mikä voi lisätä sektorilla tehtävien toimien haasteita. Maankäytön ja muiden hillintätoimien välisen suhteen käsittely vaatii kuitenkin huomattavasti laajempaa pohdintaa, mm. teknologisen kehityksen, muutosten hitauden ja polkuriippuvuuksien kannalta.

Alustavana johtopäätöksenä voidaan kuitenkin todeta, että LULUCF-sektorin lisääminen osaksi EU:n ilmastotavoitteita parantaisi sekä EU:n ilmastopolitiikan kustannustehokkuutta, joustavuutta sekä koherenssia eri sektoreita koskien (ks. myös EC, 2012). Tällöin kuitenkin ilmastopolitiikan epävarmuudet lisääntyisivät myös merkittävästi. Suomen nielujen perusuraan sisältyy suuri epävarmuus johtuen mm. metsäteollisuuden kysynnän kehityksestä, eikä mahdollisten nielun kasvattamiseen tähtävien politiikkatoimien toiminnasta ole vielä kattavaa käytännön kokemusta. Siten tämänhetkisellä

tiedon tasolla ei ole tarkkaa ja perusteltua menetelmää asettaa LULUCF-sektoria koskevaa päästötavoitetta. Tavoitteen mahdollisia vaikutuksia sekä nielen lisäämiseen kannustavia toimenpiteitä tulisi selvittää tarkemmin sekä mallinnuspohjaisen tutkimuksen että käytännön kokeilun kautta.



Lähteet

- Capros, P., Parousos, L., ja Karkatsoulis, P., 2012. Macroeconomic costs and benefits for the EU as a first mover in climate change mitigation: a computable general equilibrium analysis. E3MLab of National Technical University of Athens.
- EC, 2011. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, COM(2011) 112 final.
- EC, 2012. The role of land use, land use change and forestry (LULUCF) in the EU's climate change commitments, SWD(2012) 40 final.
- EC, 2014. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, COM(2014) 15 final.
- Ekholm, T. ja Lindroos, T.J., 2014. Nielut EU:n ilmastopolitiikassa. VTT Tutkimusraportti VTT-R-02340-14.
- Eurooppa-neuvosto, 2014. Päätelmät ilmasto- ja energiapolitiikan puitteista 2030. SN 79/14.
- Honkatukia, J. ja Ahokas, J., 2014. Kriisin jälkeen – Suomen kansantalouden rakenteellinen kehitys 2014-2030. VATT Tutkimuksia 177, Helsinki.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Siipilehto, J. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA system. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.
- Koljonen, T., Pursiheimo, E., Lehtilä, A., Sipilä, K., Nylund, N-O., Lindroos, T.J., Honkatukia, J. 2014. EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen – Taustaraportti, VTT Technology 170.
- Laturi, J., Lintunen, J., Pohjola, J., Uusivuori, J.(2015). Taloustieteellinen näkökulma metsien käyttöä ohjaavaan politiikkaan: Tuloksia FinFEP-mallilla. Teoksessa Uusivuori, Hilden, Lehtonen, Rikkinen, Makkonen (toim.) 2015. Poliitikka ja luonnonvarat. Luonnonvara ja biotalouden tutkimus 20/2015.
- Lehtilä, A., Honkatukia J. & Koljonen, T. 2014. Ydinvoimapäätösten energia- ja kansantaloudelliset vaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03704-14.
- Lindroos, T.J., Ekholm, T. ja Savolainen, I., 2013. Arvio Suomen ei-päästäkauppasektorin pitkän ajan tavoitteesta ja päästöistä vuoteen 2030, VTT Tutkimusraportti VTT-R-01286-13.
- Lintunen, J., Laturi, J. ja Uusivuori, J. 2015. How should a forest carbon rent policy be implemented?, julkaisematon käsikirjoitus.
- OJEU, 2013. Decision No 529/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 21 May 2013, Official Journal of the European Union, 18.6.2013.
- Pursiheimo, E., Koljonen, T., Honkatukia, J., Lehtilä, A., Airaksinen, M., Flyktman, M., Sipilä, K., ja Helynen, S. 2013. Tarkennetun perusskenaarion vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Energia- ja ilmastostrategian päivityksen taustaraportti. VTT Technology 86.
- Rautiainen, A., & Tahvonen, O. 2013. Forest Carbon Pricing and the Additionality Principle. Metsätieteen päivä 2013. Poster.
- Sievänen, R. 2000. Kansallisen ilmasto-ohjelman metsätoimialan taustaselvitys. Maa- ja metsätalousministeriön tilaama muistio.
- Uusivuori, J. ja Laturi, J. 2007. Carbon rentals and silvicultural subsidies for private forests as climate policy instruments. Canadian Journal of Forest Research 37(12): 2541-2551.
- Van Kooten, G. C., Binkley, C. S., & Delcourt, G. 1995. Effect of carbon taxes and subsidies on optimal forest rotation age and supply of carbon services. American Journal of Agricultural Economics, 77(2),

365-374.



Liite A: Mallikuvaukset

FinFEP-metsä- ja energiapolitiikkamalli

Metsäsektorin ja metsien puuston kehitystä on arvioitu FinFEP-mallilla. FinFEP on Luonnonvarakeskuksen (LUKE) metsä- ja energiasektorin osittaistasapainomalli, jonka perustana on näiden sektoreiden taloudellisen päätöksenteon ja tuotantoteknologioiden tarkka kuvaus. Mallin pääpaino on puumarkkinoiden, metsäteollisuuden ja energiasektorikytkennän kuvaamisessa, ja se kuvaa yksityiskohtaisesti eri puutavaralajien kysynnän ja tarjonnan sekä metsävarojen kehityksen.

FinFEP-malli rakentuu neljästä itsenäisestä osiosta, jotka koostuvat kolmesta puuta käyttävästä toimialasta (massa- ja paperiteollisuus, saha- ja levyteollisuus ja energiasektori) sekä puun tarjonnasta. Eri osiot kytkeytyvät toisiinsa raaka-aine- ja välituotevirtojen myötä. Lisäksi malli sisältää osioiden sisäisiä materiaalivirtoja ja lopputuotevirtoja kysyntäfunctioilla kuvattuihin lopputuotteiden kysyntäosioiden. Kysyntä perustuu voittoa maksimoivaan tuotantopanosten käyttöön toimijoiden kohdatessa hinnantottajina lopputuotemarkkinat. Lopputuotemarkkinoilla kysyntäfunctiot vastaavat tuotteiden yhdistettyä kotimarkkina- ja maailmanmarkkinakysyntää. Tuotantopanosten käyttö optimoidaan periodeittain, mutta dynaaminen optimointi määrää toimijoiden investoinnit uuteen tuotantokapasiteettiin.

Pääosa puun tarjonnasta syntyy metsäomistajien yli ajan optimaalisten harvennus- ja päätehakkuiden tuloksena. Erillisessä optimointirutiinissa tuotetut hakkuusäännöt kytkettynä metsäresurssitietoon määrittävät markkinahakkuut. Lisäksi puuta tuodaan ulkomailta ja osa puutavaralajeista syntyy teollisten prosessien sivutuotteena.

Osittaistasapainomallin ratkaisussa kaikki kuvatut markkinat ovat tasapainossa, eli tarjonta on yhtä suurta kuin kysyntä. Nämä tasapainoehdot määrittävät hintatasot kaikille tuotteille ja siten myös suhteelliset hinnat eri tuotantopanoksille. Malli rajoittuu tarkastelemaan Suomen tilannetta siten, että metsä- ja energiasektoreiden kytkentöjä kansainvälisiin markkinoihin ei malliteta muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta (esim. tuontipuu ja -sähkö). Siten kansainväliset kytkökset käsitellään mallin ulkopuolelta tulevana annettuina vaikutuksina.

Metsämaa kuvataan maakunnittain ikäluokkarakenteisena, pääpuulajin ja kasvupaikan mukaisissa luokissa. Kasvupaikat luokitellaan käyttäen valtakunnan metsien inventoinnin vero-luokkia. Kasvukuvaukset perustuvat MOTTI-metsänkasvatusohjelmistolla tehtyihin metsänkasvatussimulointeihin (Hynynen ym. 2002). FinFEP-mallissa Suomen metsät on jaettu kolmeen ryhmään metsänomistajan metsänhoidolle asettamien tavoitteiden mukaan. Metsänomistajat mallinnetaan metsävarallisuuden tuottaman arvon maksimoijina. Metsänomistajan kokema arvo koostuu hakkuutulosten rahallisesta arvosta ja ei-rahallisista hyödyistä. Ei-rahalliset hyödyt kuten maisemalliset arvot tai marjastus- ja sienestysmahdollisuudet on kytketty metsän ikään ja puuston tilavuuteen. FinFEP-malli mahdollistaa monipuolisten politiikkalaskelmien ja ohjauskeinojen vaikuttavuuden analyysin. Mallin erityispiirteenä on mahdollisuus tutkia energia- ja ilmestopolitiikkaa samassa mallissa. FinFEP-mallia on käytetty mm. Metsäpoliittisen selonteon ja Suomen kansallinen metsästrategian valmistelussa (2014).

TIMES-VTT-energiajärjestelmämalli

Suomen energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä on arvioitu TIMES-VTT-mallilla, joka pohjautuu IEA-yhteistyössä kehitettyyn globaaliin ETSAP-TIAM- malliin. TIMES-VTT-malli on globaali energiajärjestelmämalli, joka kuvaa kokonaisuudessaan eri energiahyödykkeiden tuotannon, kaupan, konversion ja käytön globaalisti pitkän aikavälin skenaarioissa. TIMES-VTT mallissa Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan energiajärjestelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti maittain, ja muu Eurooppa on jaettu Itä- ja Länsi-Eurooppaan. Venäjän energiajärjestelmä on mallinnettu yhtenä alueena.

Energiajärjestelmätarkasteluissa huomioidaan koko energiajärjestelmän kehitys kattaen polttoaineen ja energian tuotannon, siirron, jakelun sekä energian käytön kaikilla sektoreilla, ja lisäksi mallissa on kuvattuna jätesektori. Energiajärjestelmän kehitystä arvioidaan sekä teknologian kehityksen että kustannusten kehityksen näkökulmista: mallitarkasteluissa huomioidaan uuden, vähäpäästöisemmän teknologian käyttöönotto, johon investoidaan kattamaan kasvava energiapalveluiden kysyntä, korvaamaan nykyisen energiajärjestelmän poistumaa sekä toteuttamaan annetut politiikkatavoitteet minimikustannuksin. TIMES-VTT-mallin laaja tietokanta sisältää yksityiskohtaisen kuvauksen nykyisestä energiajärjestelmästä alueittain, ml. energiantuotanto ja -siirtojärjestelmä, rakennuskanta, auto- ja muu liikennevälinekanta, eri teollisuustuotteiden tuotantoprosessit ja -laitokset sekä maa-, metsä- ja kaivannaisteollisuus. Mallin tietokanta sisältää myös arviot nykyisen energiajärjestelmän, kuten nykyisten energiantuotantolaitosten, rakennusten ja autokannan, poistumasta.

Arvioitaessa ilmastopolitiikan vaikutuksia kasvihuonekaasupäästötavoitteet ja päästökauppa voidaan mallintaa globaalilla tasolla tai alueittain, eli esimerkiksi EU-laajuinen päästökauppa huomioiden. TIMES-VTT-mallissa on kuvattuna kaikki Kioton pöytäkirjan kasvihuonekaasupäästöt sekä niiden vähennystekniikat ja -kustannukset, joten mallinnusmenetelmä soveltuu erittäin hyvin myös ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöjen kehityksen arviointiin. Mallin etuna on lisäksi sen kattavuus kaikkiin energiaa käyttäviin ja khk-päästöjä tuottaviin sektoreihin, joten myös eri toimenpiteiden välilliset vaikutukset tulee huomioida. Esimerkiksi tietyt päästöjä vähentävä politiikat ja muut toimenpiteet saattavat lisätä päästöjä jollain muulla sektorilla.

Mallia on käytetty useissa VTT:n toteuttamissa aiemmissa selvityksissä liittyen kansalliseen energia- ja ilmastopoliittiseen päätöksentekoon, esimerkiksi arvioitaessa EU:n 2030 ilmastopolitiikan vaikutuksia PK- ja ei-PK -sektoreille (Koljonen ym., 2014), energiajärjestelmän yleiseen kehitykseen (Pursiheimo ym., 2014) ja ydinvoimainvestointien vaikutuksiin (Lehtilä ym., 2014).

VATTAGE-kansantalousmalli

Tutkimuksessa käytetään laskennallista yleisen tasapainon mallia, joka perustuu tuotannon, kulutuksen ja julkisen sektorin yksityiskohtaisiin kuvauksiin. Mallissa oletetaan, että niin kuluttajat kuin yrityksetkin toimivat rationaalisesti. Mallissa kuluttajien ja yritysten valintoja kuvataan optimointiongelmoina, joiden ratkaisuna saadaan erilaisten tuotteiden kulutuskysyntä tai vaikkapa työvoiman ja investointien kysyntä. Mallissa kaikki markkinat (hyödyke ja panosmarkkinat) ovat tasapainossa (kysyntä on yhtä suuri kuin tarjonta), ja tasapaino saavutetaan suhteellisten hintojen muutosten kautta.

Valtion taloudellisessa tutkimuskeskuksessa kehitetty VATTAGE-malli on dynaaminen yleisen tasapainon malli. VATTAGE-mallia on sovellettu ennen kaikkea veropolitiikan ja energia- ja ympäristöpolitiikan vaikutusten arviointiin sekä pitkän aikavälin talousskenaarioiden laadintaan. Mallilla voidaan tuottaa rahamääräisiä arvioita talouden reagoinnista erilaisiin politiikan tai ympäröivän maailman muutoksiin. Skenaariokäytössä mallin avulla voidaan tarkastella erilaisten rakenteellisten tekijöiden yli ajan tapahtuvan muutoksen aikaansaamaa kasvua ja tuotanto- ja kulutusrakenteen muutosta. Varsinaisista ennustemallista tasapainomallissa ei ole kysymys, pikemminkin malli mahdollistaa erilaisia rakenteellisia tekijöitä koskevien ennusteiden ja näkemysten yhdistämisen

konsistenteiksi, kokonaistaloudelliseksi skenaarioiksi. Tässä tutkimuksessa julkisten sektorien kulutuksen kehitystä arvioidaan edellisessä luvussa kuvatun ennusteen avulla, kun taas talouden muiden sektorien kehitysarvio perustuu pääasiassa Valtiovarainministeriön ennusteeseen.

Talouden kuvauksen perustana mallissa on tietokanta, joka kuvaa talouden toimijoiden välisiä taloustoimia ja kunkin toimijan joko välituotteisiin tai lopputuotteisiin kohdistuvaa kysyntää. Perustaltaan malli on suuri joukko kuluttajan ja yrityksen teoriasta johdettuja käyttäytymissääntöjä, kysyntä- ja tarjontafunktioita, jotka kattavat kaikki markkinat, niin tuotteet kuin tuotannon tekijätkin, sekä kysynnän ja tarjonnan ja tulojen ja menojen kohdentumista koskevia tasapainoehjoja.

Mallin tietokanta rakentuu koko maan tasolla hyvin yksityiskohtaisten tarjonta- ja käyttötaulukkojen pohjalle, joita on täydennetty kattavalla julkisten sektorien ja muun muassa vaihtotaseen kuvauksilla. Mallin tietoaineistot ovat Tilastokeskuksen tuottamia. Yleisen tasapainon malleissa otetaan huomioon kaikki taloudessa tapahtuva taloudellinen aktiviteetti, joka vaikuttaa talouden eri toimijoiden väliseen vuorovaikutukseen. Vastaavasti kansatalouden tilinpito on tilinpitokehikko, jossa pyritään kuvaamaan koko kansatalous käsitteellisesti yhtenäisenä kokonaisuutena (ESA95, 1). Kansantalouden tilinpito on myös eräänlainen malli, jossa yleisesti määriteltujen periaatteiden mukaan erilaiset taloudelliset tapahtumat, transaktiot, määritellään ja luokitellaan yhtenäisellä tavalla (Bos, 51). Koska kansantalouden tilinpidolla ja numeerisilla yleisen tasapainon malleilla on selvästi yhtäläisyyksiä, kansatalouden tilinpito on käytännöllinen aineistokehikko ja luonnollinen lähtökohta yleisen tasapainon malleilla tehtäville tarkasteluille.

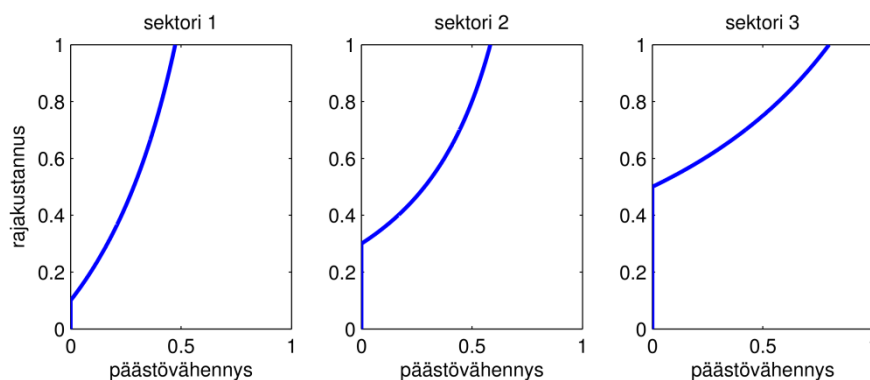
Muun maailman osalta VATTAGE-malli rajoittuu tarkastelemaan vientiä ja tuontia EU-maihin ja EU:n ulkopuoliseen maailmaan. Ulkomaankaupan lisäksi tietokanta käsittää maksutaseen. Sekä kotitalouksien että julkisen sektorin vaateet ja vastuut ulkomaille on mallinnettu eksplisiittisesti, samoin ulkomaisten omistukset Suomessa. Finanssi-investoinnit eivät ole mallin kannalta keskeinen kiinnostuksen kohde, mutta niillä on merkitystä hyvinvointivaikutusten arvioinnissa, jos esimerkiksi osa suomalaisyrityksiä koskevista vaikutuksista valuu ulkomaille.

Mallien dynamiikkaan liittyy kaksi keskeistä piirrettä. Ensimmäinen näistä koskee investointeja fyysiseen pääomaan ja arvopapereihin, toinen puolestaan palkkojen määräytymistä. Investoinnit jakautuvat toimialojen välillä pääoman odotetussa tuotossa tapahtuvien muutosten mukaisesti. Odotuksien sopeutumisen voidaan joko olettaa olevan hidasta tai sitten malli voidaan ratkaista rationaalisin odotuksin. Rahoitusvaateilla on siinä mielessä tärkeä osa mallin dynamiikassa, että ne kuvaavat talouden eri sektorien ja koko kansantalouden varallisuuden kehitystä. Palkkojen osalta malli mahdollistaa useita eri lähestymistapoja, joista yksi olettaa reaali-palkkajäykkyyden yli ajan. Reaalipalkkojen sopeutumismuutos onkin yksi keskeisiä talouden sopeutumiseen vaikuttavia tekijöitä. VATTAGE-malli ja sen taustalla oleva teoria on kuvattu tarkemmin julkaisussa Honkatukia (2009).

Liite B: Kustannustehokkuus

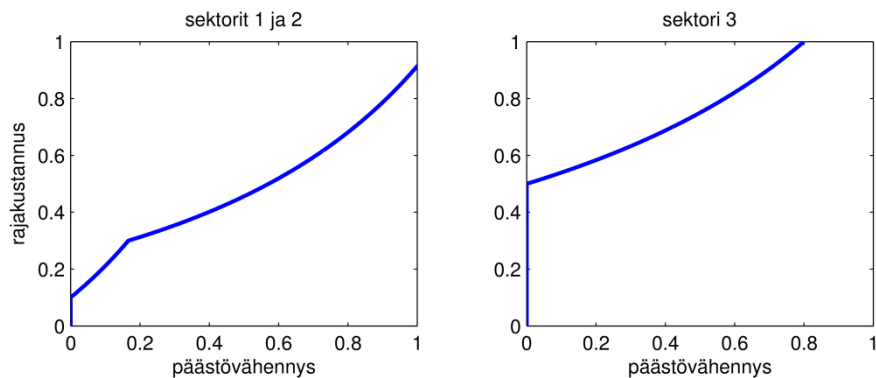
Sektorikohtaisten päästövähennystavoitteiden asettamiseen liittyvien näkökulmien pohjaksi tarkastelemme asiaa esimerkin avulla. Lähtökohtana ovat päästövähennykset ja niiden toteuttamisen aiheuttamat kustannukset. Erityisen tärkeässä roolissa ovat viimeisen päästövähennysyksikön aiheuttamat lisäkustannukset, eli ns. päästövähennysten rajakustannukset. Päästövähennys on nimittäin kustannustehokasta silloin, kun kaikkien toimijoiden päästövähennykset ovat sellaisella tasolla, että kaikkien rajakustannukset ovat yhtenevät.

Kuva 17 esittää kolmen kuvitteellisen sektorin sektorikohtaiset päästövähennysrajakustannukset, kun sektorin sisällä suoritetaan vähennykset kustannustehokkaasti. Sektorissa 1 ensimmäiset päästövähennykset voidaan tehdä edullisemmin kuin muissa sektoreissa, mutta kokonaisvähennys ei ole kovin suuri. Sektorilla 3 toimet ovat kalliita, mutta vähennysmahdollisuuksia on paljon. Sektori 2 on näiden välimaastossa.

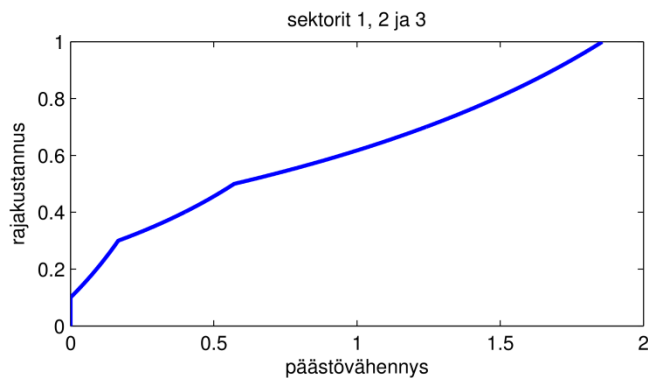


Kuva 17: Päästövähennystoimien rajakustannukset sektoreittain.

Kuvassa 18 sektoreiden 1 ja 2 päästöt on laitettu samaan altaaseen, kun taas sektori 3 muodostaa oman altaansa. Sektoreiden 1 ja 2 yhdistetty rajakustannus on sektorikohtaisten käyrien yhdistelmä. Oletuksena on, että yhdistetyssä altaassa päästövähennystoimet suoritetaan kustannustehokkaasti. Vastaavasti kuvassa 19 kaikki sektorit on asetettu samaan altaaseen ja rajakustannuskäyrä on kaikkien kolmen sektorin käyrien yhdistelmä.

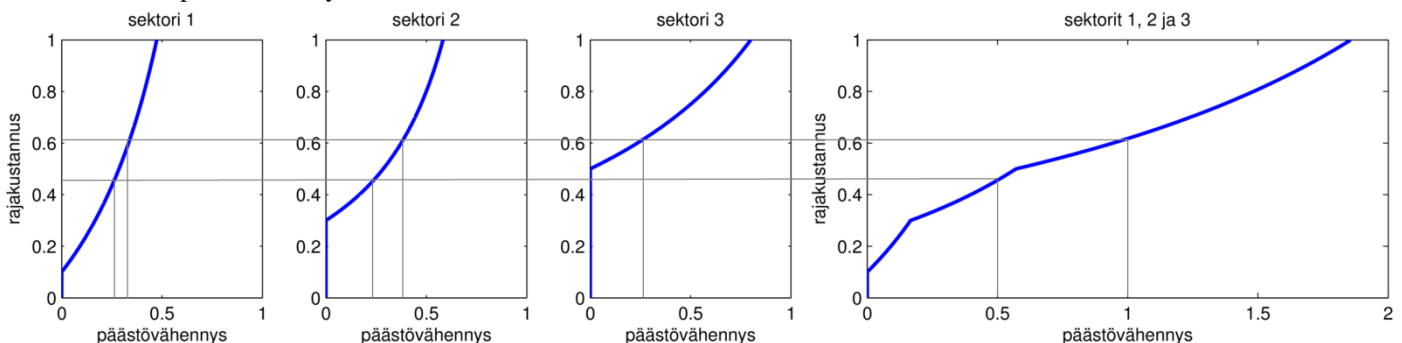


Kuva 18: Päästövähennystoimien rajakustannukset, kun sektorien 1 ja 2 päästöt on yhdistetty samaan altaaseen ja sektori 3 on omassa altaassa.



Kuva 19: Päästövähennystoimien rajakustannukset, kun kaikki sektorien päästöt on yhdistetty samaan altaaseen.

Yhdistettyjen sektoreiden tapaus (Kuva 19) osoittaa alimmat rajakustannukset, joilla näiden kolmen sektorin päästöjä voidaan vähentää. Esimerkiksi yhden yksikön päästövähennys tarkoittaa toimia, joilla rajakustannukset ovat korkeintaan n. 0,62. Tämä tarkoittaa sektorikohtaisia päästövähennyksiä (taakanjakoa) 0,34, 0,39 ja 0,27 (ks. Kuva 20). Sen sijaan, jos päästövähennystavoite on 0,5, tehokas rajakustannus on 0,45, mikä johtaa taakanjakoon 0,26, 0,24 ja 0. Eli sektorilla 3 päästövähennykset ovat niin kalliita toteuttaa, että näin alhaisella tavoitteella siellä ei kannata tehdä päästövähennystoimia.



Kuva 20: Päästövähennystoimien kustannustehokas taakanjako sektoreille. Oikean puoleinen yhdistetty rajakustannuskäyrä osoittaa päästövähennysten tehokkaan kustannustason, jonka avulla voidaan taakka jakaa sektoreille.

Jos sektoreille asetetaan päästövähennysvelvoitteita, tulisi lähtökohtana olla sektoreiden yhteinen rajakustannuskäyrä. Yksittäisille sektoreille asetetut velvoitteet johtavat muuten helposti liian suuriin kustannuksiin. Jos esimerkiksi vähennysvelvoite 1 jaetaan esimerkin sektoreille tasaisesti, niin että

jokaisen sektorin vähennys on 0,33, olisivat sektorikohtaiset rajakustannukset 0,59, 0,55 ja 0,65. Tällöin siis sektorilla 3 tehdään turhan kalliita toimia ja sektorilla 2 jää käyttämättä edullisia päästövähennystoimia. Jos osa sektoreista yhdistetään samaan altaaseen (Kuva 18), voidaan yhdistetyillä sektoreilla etsiä kustannustehokkaat vähennystoimet ja taakanjako helpottuu, kun altaita on vähemmän kuin lähtötilanteessa.

Edellä esitettyjen rajakustannusten määrittäminen on kustannustehokkaan taakanjaon määrittämisen ensimmäinen askel. Esimerkiksi metsien hiilinielun osalta tämä olisi oma tutkimusprojektinsa. Tässä työssä metsien hiilinielun yhdistäminen ei-päästökaupparektorin kanssa samaan altaaseen tehdään tapaustarkastelun avulla.

