



Bioenergia ilmastonmuutoksen torjunnassa – suomalaisten avaintoimijoiden näkemyksiä

Pasi Toivanen,^a Pami Aalto,^a Matti Kojo,^a Anna Pääkkönen,^a Kalle Aro,^a Antti Rautiainen,^a Juhani Heljo,^a Jukka Konttinen,^a Niina Helistö,^b Tomi J. Lindroos,^b ja Topi Rönkkö^a

a = Tampereen yliopisto

b = VTT

ISBN: 978-952-03-1039-4

1. Tiivistelmä

Ilmastonmuutoksen hillintä edellyttää ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuden vähentämistä. Yksi keskeisimmistä toimenpiteistä tavoitteen saavuttamiseksi on siirtyminen vähäpäästöisiin energianlähteisiin. Nykyisten laskentasääntöjen mukaan metsäpohjainen bioenergia on hiilidioksidineutraalia energiasektorilla. Bioenergian käytön lisääminen on keskeisessä roolissa Suomen energia- ja ilmastopoliitikassa, mutta keskustelu sen päästövaikutuksista on ollut viime vuosina vilkasta.

Sähkön, lämmön ja biopolttoaineiden lisäksi puusta on mahdollista tuottaa erilaisia materiaalityönteitä. Metsät sitovat hiilidioksidia ilmakehästä, ja niillä on keskeinen rooli luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa ja esimerkiksi virkistyspalveluiden tarjoajana. On ilmeistä, että erilaiset metsien käyttöä koskevat tavoitteet kilpailevat keskenään, eikä kaikkia ole välttämättä mahdollista toteuttaa samanaikaisesti.

Suomen metsien käyttöä ohjataan poliittisin päätöksin. Ohjaus perustuu EU:n energia- ja ilmastopoliitikkaan, mutta merkittävämpiä ovat kansallisella tasolla tehdyt ratkaisut. Suomen metsäpolitiikkaan vaikuttavat kulloisenkin eduskunnan ja hallituksen lisäksi ennen kaikkea

keskeiset "avaintoimijat" edunvalvonta- ja kansalaisjärjestöistä sekä yrityksistä. Myös esimerkiksi virkamiehillä sekä tutkijoilla on osaltaan mahdollisuus vaikuttaa politiikkaan. Suomen energia- ja ilmastopoliittiset linjaukset metsien osalta ovat herättäneet keskustelua viime aikoina. Valittua linjaa on sekä puolustettu että kritisoitu. Keskustelun taso on jättänyt monilta osin toivomisen varaa, sillä keskeisiä käsitteitä on käytetty harhaanjohtavasti, ja asiapohjaisen dialogin sijaan on metsästetty myös retorisia pikavoittoja sosiaalisessa mediassa ja omaa näkökulmaa kannattaville suunnatuissa yleisötilaisuuksissa.

Tätä analyysia varten haastateltiin kahtakymmentä suomalaista metsä- tai bioenergia-alalla tavalla tai toisella vaikuttavaa avaintoimijaa syyskuun 2017 ja tammikuun 2018 välisenä aikana. Tavoitteena oli lisätä ymmärrystä siitä, millainen metsien käyttö olisi viisainta ilmastonmuutoksen torjunnan näkökulmasta. Tulokulma aiheeseen oli bioenergiapainotteinen, mutta haastatteluissa pyrittiin myös huomioimaan kunkin haastateltavan organisaatiolle erityinen näkökulma.

Kaikki haastatellut avaintoimijat korostivat ilmastonmuutoksen torjunnan ja kestävä metsätalouden merkitystä. Metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirroista tuotettua bioenergiaa pidettiin pääsääntöisesti kestävänergiantuotantomuotona. Ilmastonäkökulmasta viisaimpana tapana käyttää puuta pidettiin pitkäikäisten puutuotteiden valmistusta. Haastateltavat ennakoivat kohtalaisen yksimielisesti, että tuuli- ja aurinkoenergian osuuden kasvu muuttaa osaltaan myös bioenergian roolia sekä Suomen energiajärjestelmässä että globaalisti. Toisaalta suuri osa heistä näki niin ikään, että bioenergian ja metsäteollisuuden tiiviistä kytkennästä johtuen bioenergia pysyy osana Suomen energiajärjestelmää myös tulevaisuudessa.

Avaintoimijoiden näkemykset eroavat ennen kaikkea siinä, millaisia ilmastohyötyjä puunkäytön lisäämisellä katsotaan olevan mahdollista saavuttaa, millaisia mahdollisuuksia metsäpohjaisilla biopolttoaineilla on liikenteen päästöjen vähentämisessä, ja mikä olisi oikeudenmukainen tapa huomioida metsien rooli

ilmastopolitiikassa sekä EU:ssa että kansainvälisesti (ks. esim. Hetemäki & Peltola 2018; Kunttu 2018).

Suomalaisen metsäteollisuuden valmistamien tuotteiden kysyntä kasvaa jatkuvasti esimerkiksi Kiinan ja Intian elintason nousun sekä verkkokaupan kasvun seurauksena, ja pyrkimykset korvata muovia uusiutuvilla materiaaleilla luovat uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Metsävarat eivät kuitenkaan riitä kaikkien fossiilisten tuotantopanosten korvaamiseen, eikä esimerkiksi kaikkien Suomeen suunniteltujen sellu-, bioenergia- ja biopolttoainestointien ole mahdollista toteutua kotimaisen puun kestävän käytön puitteissa. Uusien tuotantolaitosten taloudellinen toteutettavuus asettaa myös haasteen, tuotantoprosessien ollessa monesti pääomaintensiivisiä. Puun lisääntynyt kysyntä saattaa vaikuttaa myös suunniteltujen hankkeiden taloudelliseen kannattavuuteen. On lisäksi mahdollista, että metsien ja maan hiilinielun rooli tulee kasvamaan ilmastopolitiikassa (ks. Ikävalko 2018; Raivio 2018a; Sandell 2018; Sutinen 2018), erityisesti mikäli pyritään rajoittamaan maapallon keskilämpötilan nousu 1,5 asteeseen Pariisin sopimuksen tavoitteen mukaisesti. Hiilinielujen tarve saattaa korostua erityisesti siinä tapauksessa, että teknologiset keinot hiilen poistamiseksi ilmakehästä (esim. Bioenergy with carbon capture and storage, BECCS) eivät toimi päästövähennysskenaarioissa suunnitellulla tavalla. Paineita lisää myös EU:n tämänhetkisen ilmastopolitiikan, ja siten myös metsäpolitiikan, uudelleentarkastelu, jonka tavoitteena on ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä (European Commission 2018; Raivio 2018b).

2. Ongelma: metsien rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa

Tammi-syyskuussa 2018 26 % energian loppukulutuksesta Suomessa tuotettiin

puupolttoaineilla (Tilastokeskus 2018). Suomen energia- ja ilmastostrategiassa puupolttoaineiden – erityisesti metsähakkeen ja metsäteollisuuden jäteliemien – käyttömäärien ennustetaan jatkavan kasvuaan myös vuoden 2020 jälkeen, jolloin "*[m]etsäteollisuuden myönteinen kehitys uusine investointeineen lisää sivutuotteiden sekä metsähakkeen tarjontaa.*" (TEM 2017, 31.)¹ Energia- ja ilmastostrategian poliittisessa linjauksessa korostetaan metsäbiomassan merkitystä uusiutuvan energian raaka-aineena. Strategian tavoitteena on, "*että suurin osa metsäpohjaisesta energiasta tuotetaan edelleen markkinaehtoisesti muun puun käytön sivuvirroista*" (TEM 2017, 35). Juha Sipilän hallituksen ohjelmassa puolestaan tavoiteltiin päästöttömän, uusiutuvan energian käytön lisäämistä kestävästi niin, "*että sen osuus 2020-luvulla nousee yli 50 prosenttiin, ja omavaraisuus yli 55 prosenttiin sisältäen mm. turpeen. Tämä perustuu erityisesti bioenergian ja muun päästöttömän uusiutuvan tarjonnan lisäämiseen. Suurimmat mahdollisuudet saavutetaan nestemäisten biopolttoaineiden ja biokaasun tuotannon ja teknologian kasvattamisessa.*" (Valtioneuvoston kanslia 2015, 23). Sipilän hallituksen metsäpolitiikka pohjasi kansalliseen metsästrategiaan, jonka valtioneuvosto hyväksyi helmikuussa 2015 (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Myös liikenteen päästövähennyksissä biopolttoaineilla on keskeinen rooli: niiden osuutta pyritään kasvattamaan sekoite- ja jakeluelvoitteella sekä biojalostamoille suunnatuilla tuilla. Sipilän hallituksen tavoitteena oli nostaa liikenteen uusiutuvien polttoaineiden osuus vuoteen 2030 mennessä 40 prosenttiin (Valtioneuvoston kanslia 2015, 23). Suomen energia- ja ilmastopolitiikka nojaa siten vahvasti bioenergiaan. Eduskuntapuolueet² ovat kuitenkin eri mieltä metsien hakkuista osan kannattaessa niiden vähentämisestä (Nalbantoglu & Sutinen 2018).

¹ Kirjoitushetkellä suurimmat suunnitteilla olevat metsäteollisuuden tehdashankkeet ovat: Finnpulpin sellutehdas (Kuopio), Boreal Biorefin sellutehdas (Kemijärvi), Kaidin biojalostamo (Kemi), Kaicell Fiberin sellutehdas (Paltamo) ja Metsä Fibren sellutehdas (Kemi). Yhtiöiden ilmoitusten mukaan niiden tarvitsema puumäärä olisi lähes 19 milj. m³. Suomessa hakattiin puuta teollisuuden käyttöön 62.9

milj. m³ vuonna 2017 ja ennakkotiedon mukaan noin 68 milj. m³ vuonna 2018. (Luukka 2019; Luke 2018a.)
² Helsingin Sanomien haastattelussa Sosiaalidemokraattien, Vihreiden ja Vasemmistoliiton mielestä hakkuista pitäisi vähentää (Nalbantoglu & Sutinen 2018; ks. myös Koivisto & Tolkki 2019).

Metsäenergian ilmastovaikutuksista käytävää keskustelua sekoittaa eräiden keskeisten käsitteiden epäjohtonmukainen käyttö. On tärkeää tiedostaa, että metsäenergian ilmastovaikutukset voivat näyttäytyä hyvin erilaisina tarkastelun lähtökohdista riippuen. Joidenkin mielestä metsäenergia on *hiilineutraalia*, jos puusto sitoo kasvaessaan enemmän tai saman verran hiilidioksidia kun poltossa vapautuu. Viimeaikaisissa keskusteluissa on korostunut yhä enemmän näkemys, jonka mukaan mahdollisesta hiilineutraliteetista huolimatta bioenergia ei kuitenkaan ole *ilmastoneutraalia*³, sillä puun käytön vapauttamalla hiilidioksidilla on ilmastoa lämmittävä vaikutus ennen sen sitoutumista takaisin kasvavaan metsään, joissain tapauksissa jopa yli sadan vuoden kuluttua. On myös syytä huomioida, että puuston ja metsämaan hiilivarasto kehittyisi eri tavalla tilanteessa, jossa hakkuita ei tehtäisi. Näin ollen oleellista on se, millaisia ilmastohyötyjä metsäbiomassan (lisä)käytöllä voidaan saavuttaa korvattaessa muita energianlähteitä tai materiaaleja suhteessa tilanteeseen, jossa metsien (lisä)käyttöä ei tapahtuisi. Nämä tarkastelut ovat oleellisia myös metsäenergian ilmastovaikutusten arvioinnissa.

Kansainvälisissä päästötalustoissa metsien ja metsämaiden päästöt tilastoidaan maankäyttösektorilla (Land Use, Land Use Change, and Forestry; LULUCF). Kun puustoa hakataan, se tilastoidaan päästönä maankäyttösektorilla, ja vastaavasti kun puusto kasvaa, se tilastoidaan nieluksi maankäyttösektorilla (UNFCCC 2019a). Myös metsämaiden maaperän hiilivarastojen muutokset lasketaan vastaavalla tavalla maankäyttösektorilla. Tuplalaskennan välttämiseksi metsäenergian päästöjä ei tilastoida toiseen kertaan energiasektorilla. Kansainvälisissä sopimuksissa, kuten Pariisin sopimuksessa, useimmat maat, kuten EU, ovat sitoutuneet vähentämään kokonaispäästöjään (UNFCCC 2019b). Maankäyttösektorin päästöt siis sisältyvät myös EU:n kansainvälisiin velvoitteisiin. Toisaalta maankäyttösektorin päästöt rajattiin EU:n 2020 energia- ja ilmastopakettin ulkopuolelle, mikä on

aiheuttanut väärinkäsityksiä siitä, että bioenergian päästöjä ei tilastoitaisi, tai että ne olisivat nolla. Maankäyttösektorin päästöt tulevat mukaan EU:n 2030 energia- ja ilmastopakettiin, mikä on yksi syy aktiiviseen keskusteluun bioenergian päästöistä viime vuosina.

EL-TRAN -hankkeessa haastateltiin 20 suomalaista metsä- ja energia-alan toimijaa julkiselta sektorilta, yrityksistä, kansalais- ja edunvalvontajärjestöistä sekä tutkimuksen piiristä (Taulukko 1). Koska Suomessa metsien käyttöön liittyy useita, myös keskenään kilpailevia, tavoitteita (esim. Kröger & Raitio 2017) ja aihe koskettaa suomalaista yhteiskuntaa laajalti, on tärkeää ymmärtää avaintoimijoiden näkemyksiä metsien ja bioenergian roolista ilmastomuutoksen torjunnassa Suomessa. Erityistä huomioita tulee kiinnittää siihen, millaisia ilmasto- tai muita hyötyjä metsien käytöllä esitetään saavutettavan, ja millaisia "ulkoisvaikutuksia" metsien käyttöön liittyy (ks. myös Seppälä ym. 2015, 23).

Taulukko 1. Haastatellut Suomen metsä- ja energia-alan avaintoimijat toimijaryhmittäin

Edunvalvontajärjestöt	7
Tutkimuslaitokset	3
Ministeriöt	3
Yritykset	3
Virastot	1
Muut toimijat	3
yhteensä	20

Avaintoimijahaastattelut suoritettiin syyskuun 2017 ja tammikuun 2018 välisenä aikana. Haastateltavat tahot valittiin toimenkuvan ja julkiseen keskusteluun osallistumisen perusteella. Lisäksi käytettiin lumipallomenetelmää, jossa haastateltavilta kysyttiin ehdotuksia uusista haastateltavista tahoista. Haastattelut olivat puolistrukturoituja, ja aineisto on litteroitu. Keskeisimmät tulokset avaintoimijoiden näkemyksistä esitellään luvussa kolme teemoittain. Teemat ovat metsien käyttöä koskeva politiikka, bioenergia sähkön ja lämmön lähteenä Suomessa, liikenteen biopolttoaineet, liiketoiminta ja innovaatiot, hiilen sidonta

nettovaikutus ilmastomuutoksen määrättyllä ajanjaksolla on nolla.

³ Suomen Ilmastopaneeli (Seppälä ym. 2015; ks. myös Koljonen ym. 2019) määritteli ilmastoneutraaliuden tilaksi, jossa ihmistoimintojen aiheuttama

pitkäaikaisiin puutuotteisiin ja metsien hiilinielut ilmastonmuutoksen torjunnassa. Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen, virkistyskäyttö tai vaikkapa porotalous ovat keskeisiä metsien käytön tapoja Suomessa, mutta näitä käyttötapoja tai vallitsevien ja suunniteltujen metsäpolitiikkojen vaikutuksia niihin ei kuitenkaan käsitellä tässä analyysissä.

3. Tulokset

3.1 Metsien käyttöä koskeva politiikka

EU on parhaillaan luomassa sääntelyä siitä, miten maankäyttösektorin päästöt huomioidaan EU:n ilmastopolitiikassa ja kansallisissa päästötavoitteissa (LULUCF⁴) (ks. Maa- ja metsätalousministeriö 2018). Nämä poliittikalinjaukset liittyvät merkittävässä määrin metsien käyttöön ja erityisesti metsien hiilitaseeseen⁵. Myös uusiutuvan energian direktiivin ”päivitys” (RED II) koskettaa metsien käyttöä esimerkiksi liikenteen biopolttoaineiden osalta (ks. Sipilä ym. 2018, 32–34). Suomi onkin edistänyt omia tavoitteitaan EU-neuvotteluissa poikkeuksellisen voimakkaasti (Hartikainen 2017), ja aiheesta kotimaassa käyty keskustelu on niin ikään ollut ajoittain kiivasta.

Osa haastateltavista vastusti jyrkästi metsien käyttöön liittyviä EU-tasolta mahdollisesti tulevia rajoituksia, erityisesti hakkuutasojen osalta. Heidän kantansa olivat siten yhteneviä Suomen virallisen LULUCF-neuvottelulinjan kanssa. Useimmiten näissä vastauksissa korostettiin ”Suomen etua” ja ”oikeudenmukaisuutta”: kansallisesti tärkeän metsäpolitiikan päätösvaltaa ei haluttu luovuttaa Brysseliin, ja Suomella katsottiin olevan oikeus hyödyntää aiemmin tekemiään metsänhoidollisia toimenpiteitä. Metsätalouteen vähemmän nojaavien jäsenmaiden europarlamentaarikkojen ei katsottu ymmärtävän suomalaisen metsänhoidon ansioita, ja toisaalta Suomen katsottiin hoitavan osuutensa

⁴ LULUCF-asetuksen edellyttämät Suomen metsien hiilinielutasoa kaudella 2021–2025 kuvaavat laskennalliset arvioluvut toimitettiin komissiolle vuoden 2018 lopussa. Kauden todellisia metsien hiilinieluarvoja verrataan aikanaan näihin arvioihin. Maa- ja metsätalousministeriön ja Luonnonvarakeskuksen raportissa esitetään vertailutasoksi puutuotteet mukaan luettuina -34,77 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂-ekv)

kansainvälisistä ilmastotoimista riittävän hyvin jo nyt. Ilmaisen ”hiilensidontapalvelun” tarjoamista metsien käytön vähentämisen kautta vastustettiin, ja sen sijaan kiinnitettiin huomio joidenkin Euroopan maiden Suomeen verrattuna pieneen metsäalaan.

Osa vastaajista puolestaan näki, että Suomella on vauraana maana moraalinen velvoite toimia ilmastonmuutoksen torjunnan suunnannäyttäjänä ja toteuttaa kunnianhimoista ilmastopolitiikkaa myös lisäämällä metsien hiilivarastoa. On syytä huomioida, että nämä metsien käytön ”rajoittamisen” hyväksyneet haastateltavatkaan eivät esittäneet minkäänlaista täyskieltoa metsien käyttöön, vaan kritiikki kohdistui pikemminkin puunkäyttöä lisääviin hakkuutavoitteita koskeviin poliittisiin päätöksiin ja väitteisiin lisääntyneellä puunkäytöllä saavutettavista ilmastohyödyistä.

Molemmat osapuolet vetoavat puheissaan oikeudenmukaisuuteen metsäpolitiikan linjaa määritellessään, mikä alleviivaa sitä, että kyse ei ole vain teknis-taloudellisesta kysymyksestä. Avaintoimijoiden näkemyksiä voidaanankin tarkastella energiaoikeudenmukaisuuden (energy justice) näkökulmasta, missä voidaan erotella muun muassa distributiivinen ja proseduraalinen ulottuvuus (Jenkins ym. 2016). Edellinen koskee sitä kuka hyötyy (esim. metsänhoidollisista investoinneista) ja kuka kantaa kustannukset (esim. Suomi vauraana maana), kun taas jälkimmäinen koskee päätöksentekomenettelyä ja osallistumista, esimerkiksi päätösvaltaa metsäpolitiikasta.

Avaintoimijoilla oli myös eriäviä näkemyksiä metsäpolitiikan sääntelystä ja sen tarpeesta. Toiset puhuivat metsäpolitiikan markkinaehtoisuudesta (”sitä valmistetaan mitä ostetaan”), kun taas toiset korostivat biotalouden

vuodessa ja ilman puutuotteita -27,88 milj. tonnia vuodessa. (Luke 2018b.)

⁵ Suomen ilmastopaneelin selvityksen, jossa arvioitiin metsien käytön hiilitasetta kuvaavien mallien ennusteiden eroja, keskeinen havainto oli, ettei mikään nykyisistä metsien hiilitasetta kuvaavista malleista pysty yksin ennustamaan luotettavasti metsien tulevaa kehitystä. (Kalliokoski ym. 2019, 3.)

olevan poliittisesti ohjattua. Jälkimmäinen ajattelutapa viittaa muun muassa päätöksiin, jotka koskevat kansallisia hakkuutavoitteita, sekoitevelvoitetta, lobbausta EU:ssa ja yleisemmin energia- ja ilmastostrategiaa.

3.2 Bioenergia sähkön ja lämmön lähteenä
Suomen energiapoliittinen linja nojaa tällä hetkellä merkittävilta osin kahteen perinteiseen vähähiiliseen energiantuotantomuotoon: metsistä saatavaan bioenergiaan ja ydinvoimaan. Pilpola ja Lund (2018) arvioivat, että tällainen linja on konservatiivinen, lyhytaikainen, eikä täysin riskitön. Puupohjaisen bioenergian riskinä he näkivät sen hiilineutraaliuden määrittelyn, mihin EU:n sääntely vaikuttaa. Pohjoisten metsien kiertoaika on tyypillisesti 60–100 vuotta, joten hiilineutraaliuden saavuttaminen päätehakkuun jälkeen kestää vuosikymmeniä. Suomen osalta he huomauttivat, että suurin osa bioenergiasta saadaan teollisuuden hyödyntämistä sivuvirroista ja jätteistä, mutta jotta nämä virrat kasvaisivat, myös ainespuun hakkuuta tulisi kasvattaa (ks. myös TEM 2014; Koljonen ym. 2019, 66–69).

Haastatteluissa kysyttiin ennen kaikkea sitä, millaisena vastaajat näkevät bioenergian roolin Suomessa.

Yleisesti ottaen erilaisista ”sivuvirroista” saatavaa bioenergiaa pidettiin ympäristöllisesti kohtuullisen kestäväenä vaihtoehtona. Lisäksi haastateltavat korostivat, ettei metsää ole kestävää kaataa suoraan energiakäyttöön, eikä sellaisen lisäämistä kukaan kannattanutkaan.

Kysyttäessä bioenergian roolista Suomen tulevaisuuden energiajärjestelmässä useat avaintoimijat korostivat sähkön- ja lämmöntuotantoa tai pelkkää lämmöntuotantoa. Kaukolämpöverkko nostettiin esiin joustavana, kaupungistumisen huomioon ottavana järjestelmänä, johon voidaan kytkeä monenlaisia laitoksia. Myös liikenne mainittiin – sitä käsitellään erikseen luvussa 3.3. Useat avaintoimijat muistuttivat bioenergian roolin markkinaehtoisesta määräytymisestä, jolloin metsäteollisuuden sivuvirtojenkin käytössä haetaan materiatkaisuja ja korkeaa arvonlisää. Energiantuotantoa ei siis nähty ainoana tai ensisijaisena käyttötapana, vaan käyttökohteet kilpailevat keskenään, jolloin raaka-aineen käytön

tehokkuus on tärkeää.

Energiajärjestelmätarkasteluissa tuuli- ja aurinkoenergialla on usein keskeinen rooli pyrittäessä kohti hiilineutraalia sähköjärjestelmää. Bioenergialla voi kuitenkin olla tuotantorakennetta täydentävä ja sääriippuvaisen tuotannon vaihteluita tasaava rooli sähköjärjestelmässä. Esimerkiksi tarkastelussa, jossa tuuli- ja aurinkoenergialla katettiin 60 % Pohjois-Euroopan sähkönkulutuksesta vuonna 2050, Suomen sähköntuotannosta 27 % perustui kuitenkin biopolttoaineisiin ja jätteisiin (Helistö ym. 2018). Samassa tarkastelussa bioenergian rooli korostui erityisesti Suomen lämmöntuotannossa, jossa fossiilisia polttoaineita korvattiin osin biopolttoaineilla. Bioenergiaa voidaan lisäksi hyödyntää liikenteen biopolttoaineiden muodossa (ks. luku 3.3).

Kaukolämmön fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biomassalla on kuitenkin herättänyt myös kritiikkiä, minkä osoittaa muun muassa BIOS-tutkimusyksikön VALOR-konsulttiyhtiöltä (2018) tilaama tiekartta hiilineutraaliin lämmöntuotantoon siirtymiseksi Helsingissä. Tiekartassa huomautetaan, että tuotanto polttamalla ilman hiilidioksidin talteenottoratkaisua ei ole pitkällä aikavälillä järkevä vaihtoehto – riippumatta siitä, onko polttoaine fossiilista vai uusiutuvaa. Avaintoimijoista yhden yrityksen edustaja totesikin, että hiilidioksidin talteenotto ja varastointi vaatisi äärimmäisen suuria investointitukia toteutuakseen. Biopolttoaineiden osalta pohdittiin myös pelkkien biolämpökattiloiden rakentamista CHP:n sijaan pääkaupunkiseudulle, mikä vähentäisi polttoaineen tarvetta ja siten helpottaisi polttoainelogistiikkaa.

Energiateollisuuden arvion mukaan Suomi voisi olla hiilineutraali jo 2030-luvulla energiantuotannon osalta. Puun käyttö kasvaisi kaukolämmön tuotannossa nykytasolta noin 25 terawattituntiin vuoteen 2030 mennessä, kun puulla korvataan kivihiltä, turvetta, öljyä ja maakaasua. Energiateollisuuden toimitusjohtajan ”mukaan puuenergian käytön lisäys pystytään näillä näkymin kattamaan metsäteollisuuden sivutuotteilla, hakkuutähteillä ja

harvennushakkuista saatavalla pienpuulla” (Koistinen 2018).

Yksi bioenergiaa suosiva ohjauskeino on rakennusmääräyksissä ja energiatodistuksissa käytössä oleva energiamuodon kerroin, jolla kerrotaan laskennallinen rakennukseen hankittavan energian määrä ja tuloksena saadaan rakennuksen energiatehokkuuden määrittävä vertailuluku (E-luku). Fossiilisilla polttoaineilla kerroin on 1,0, sähköllä 1,2, kaukolämmöllä 0,5 ja rakennuksessa käytettävillä uusiutuvilla polttoaineilla 0,5. Tällä pyritään muun muassa edesauttamaan rakennuskohtaista hake- ja pellettilämmityksen valintaa sekä varaavan takan käyttöä. Puun käytön oleellista lisääntymistä rakennuskohtaisissa lämmitysjärjestelmissä ei kuitenkaan ole odotettavissa muun muassa puunpolton vaatimien varastotilojen ja pienpolton aiheuttamien hiukkaspäästöjen takia. Puun poltto varaavissa takoissa tasoittamaan sähkönkulutuksen tehopiikkien aiheuttamia ongelmia on toki eräs varokeino. (Valtioneuvoston asetus 788/2017; Ympäristöministeriön asetus 1010/2017). Ei kuitenkaan ole toivottavaa, että lämmitys siirtyisi rakennuskohtaiseksi puunpoltoksi, vaan säilyisi edelleen suurelta osin keskitettynä hyvän hyötysuhteen tuotantona (tai esim. täysmitoitettuna maalämpönä), jotta taajamien ilmanlaatu ei heikentyisi (Paunu 2012).

3.3 Liikenteen biopolttoaineet

Manner-Suomessa oli vuoden 2017 lopussa 2 668 930 liikennekäytössä olevaa henkilöautoa. Näistä autoista muita kuin bensiini- tai dieselkäyttöisiä oli 14 184 (Trafi 2018). Energia- ja ilmastostrategiassaan Suomi on asettanut tavoitteeksi yhteensä vähintään 250 000 täyssähkö-, vety- ja hybridi-autoa sekä 50 000 kaasuautoa vuoteen 2030 mennessä (TEM 2017, 59), mutta valtaosa liikenteen kasvihuonekaasujen päästövähennystavoitteesta pyritään saavuttamaan lisäämällä biopolttoaineiden käyttöä. Niiden osuuden kasvattamiseksi on asetettu sekoite- ja jakeluvaihtoehto, jonka mukaan liikenteen biopolttoaineiden osuus nostetaan vuoteen 2030 mennessä 30 %:iin kaikesta myytävästä polttoaineesta (TEM 2017, 58). Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmä, joka arvioi keinoja poistaa liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuoteen 2045 mennessä, esitti yhtenä tavoitteena

nostaa nestemäisten biopolttoaineiden osuus kaikista nestemäisistä polttoaineista 100 %:iin kotimaisessa liikenteessä vuoteen 2045 mennessä. Työryhmä esitti myös Suomessa tuotetun biokaasun käyttömäärien voimakasta kasvattamista. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018.)

Kysymys puupohjaisista liikenteen biopolttoaineista jakoi vastaajia enemmän kuin kysymykset esimerkiksi LULUCF:stä ja bioenergian roolista Suomen sähkön- ja lämmöntuotannossa. Enemmistö vastaajista näki metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirroista jalostetun biopolttoaineen kestäväna vaihtoehtona fossiilisille polttoaineille, mutta kaikki toimijat suhtautuivat kriittisesti ainespuusta valmistettavan biopolttoaineen ympäristöllisen kestävyteen ja taloudelliseen kilpailukykyyn. Biopolttoaineiden tuotannon merkittävä lisääminen tulee vaikeuttamaan raaka-aineen alueellista saatavuutta ja siten nostamaan energiapuun (erityisesti pienpuu ja hake) hintaa niin voimakkaasti, että se nousee kuitupuun tasolle. Tällöin myös kuitupuuta alkaisi ohjautua biopolttoaineisiin alueellisesti, jos sen hinta on sivuvirtojen tasolla (ks. Pöyry 2017). Tätä haastateltavat eivät halunneet. Esimerkiksi Kemiin kaavailtu kiinalaisomisteinen Kaidin biopolttoainetehtas on herättänyt kilpailevien yritysten välistä keskustelua puun riittävyydestä (Mainio 2016); päätös investoinnista tehdään aikaisintaan 2021.

Sähköautojen roolia tulevaisuuden henkilöliikenteen voittavana teknologiana ei juurikaan kiistetty, mutta näkemykset niiden läpimurron ajankohdasta erosivat merkittävästi. Tämä puolestaan johti erilaisiin päätelmiin biopolttoaineiden merkityksestä henkilöliikenteessä mahdollisena ”siirtymäkauden” ratkaisuna. Useimmat haastateltavat näkivät pidemmällä aikavälillä biopolttoaineiden soveltuvan parhaiten sellaiseen käyttöön, missä sähköistäminen on haastavinta, eli käytännössä raskaaseen liikenteeseen, laivoihin ja ennen kaikkea lentoliikenteeseen.

Tässä yhteydessä on syytä huomioida, että tähän saakka voimassa ollut EU-sääntely on kannustanut lisäämään biopolttoaineiden osuutta siinäkin

tilanteessa, että niiden tuotanto kasvattaisi päästöjä maankäyttösektorilla. Esimerkiksi nyt polttonesteeksi käytettävä bioetanoli ja biodiesel tuotetaan ruoan tuotannon biomassoista tai niiden johdannaisista kuten maissi, sokeriruoko tai palmuöljy, joiden viljely ja aiheutetut maankäytönmuutokset synnyttävät päästöjä (ks. esim. Cardoso Lisboa ym. 2011). Elinkaarenaikaisten päästöjen laskeminen kaikkine ulottuvuuksineen on monimutkaista.⁶

Niin ikään on syytä huomioida, että Suomi edistää biopolttoaineita monia muita EU-maita⁷ enemmän: Suomessa hallitus esittää, että biopolttoaineita koskeva jakeluvuote kiristyisi tasaisesti 2020-luvulla ja että vuonna 2029 jakeluvuote olisi liikenteessä 30 % ja kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoite olisi 10 % vuonna 2030 (HE 199/2018 vp). Uusiutuvan energian direktiivi (RED II) velvoittaa, että "uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta liikennealalla on vähintään 14 prosenttia viimeistään vuonna 2030" (Euroopan unionin virallinen lehti 2018, 25 artikla). Vastaavasti kehittyneiden biopolttoaineiden ja biokaasun osuuden energian loppukulutuksesta liikennealalla on noustava vähintään 3,5 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä.

Hallitus haluaa saattaa em. tavoitteet lakisääteisesti voimaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, koska sillä arvioidaan olevan myönteinen vaikutus investointien käynnistymiseen (HE 199/2018 vp). Talousvaliokunta totesi mietinnössään, että "ehdotetut jakeluvuotteet ovat tehokas ja nopea tapa edistää päästövähennystavoitteiden saavuttamista. Talousvaliokunta yhtyy ehdotuksen perusajatukseen siitä, että kunnianhimoisilla biopolttoaineita koskevilla velvoitteilla voidaan luoda kannusteita biopolttoaineiden kehittämiseksi ja valmistukselle sekä niihin liittyville investoinneille." Valiokunta kiinnitti kuitenkin huomiota myös ehdotuksen kustannusvaikutuksiin liittyviin epävarmuuksiin. Se muistutti myös "vahvasti biopolttoaineisiin nojaavan strategiaan"

⁶ Neste tuottaa mm. ruuantuotannon jätteistä ja kasviöljyistä uusiutuvaa MY diesel -polttoainetta, jonka elinkaarilaskennassa ruuantuotannon päästöjen on oletettu olevan nolla (Neste 2019).

⁷ Hallituksen esityksen mukaan liikennesektorin 2020-luvun politiikkatoimien valmistelu on monissa maissa vielä kesken. (HE 199/2018 vp)

sisältyvistä riskeistä ja piti keskeisenä lähtökohdana sitä, "ettei biopolttoaineiden edistämistä tule nähdä vastakkaisena muille nähtävissä oleville energiapolitiikan kehitystrendeille, kuten liikenteen sähköistymiselle." (TaVM 29/2018 vp.)

On arvioitu, että Suomen nykyinen ja suunnitteilla oleva biopolttoaineiden tuotantokapasiteetti riittäisi 30 %:n jakeluvuotteeseen täyttämiseen, mutta tuotanto pohjautuisi pääosin tuontiraaka-aineisiin (Sipilä ym. 2018). Lisäksi valtio on esimerkiksi pyrkinyt edistämään mäntyöljyn asemaa REDII-direktiivissä hyväksyttävien uusiutuvien polttoaineiden joukossa.

Mäntyöljyä koskeva julkinen kiistely on yksi osoitus metsäteollisuusyritysten välisestä bionalouden resurssi- ja intressikamppailusta. UPM:n liiketoiminnan kannalta mäntyöljy on tärkeä, koska siitä valmistettu diesel voidaan "tuplalaska"⁸ biopolttoainevelvoitteessa. Tämä lisää kiinnostusta mäntyöljypohjaiseen dieseliin, mikä taas kasvattaa UPM:n tuotteen kysyntää. Metsä Groupin tuottama mäntyöljy puolestaan jatkojalostetaan Arizona Chemicalsin toimesta kemianteollisuuden tuotteiksi. Kummallakin yhtiöllä on menekkiä mäntyöljylle enemmän kuin sitä on saatavilla. (Pohjala 2017; Palokallio 2017.) Raakamäntyöljyn tislamisella saatavat tuotteet ovat olleet kaupallisia jo pitkään ja näiden tuottajat ovat huolissaan raaka-aineen riittävydestä, samoin kuin uusien vaihtoehtojen rahallisesta tukemisesta.

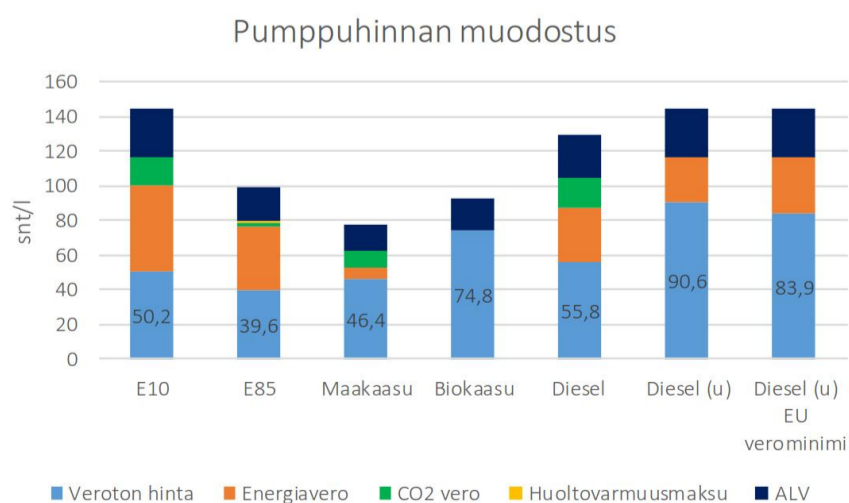
Liikenteen biopolttoaineet eivät monissa tilanteissa ole ilmastollisesti fossiilisia parempia. Näin on esimerkiksi ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden (bioetanoli ja biodiesel ruokakasvien biomassoista) kohdalla. Samoin tiettyjen suunnitteilla olleiden metsäbiomassaa käyttävien laitosten kohdalla on alustavasti arvioitu suuria kasvihuonekaasupäästöjä kuten Kemin Kaidi Oy:n laitoksen tapauksessa (Pulsa 2016). Tämä tosin johtuu ko. laitoksen alustavista

⁸ Hallitus esitti, että vuodesta 2021 alkaen ei enää olisi mahdollista käyttää tuplalaskentaa jakeluvuotteeseen täyttämiseksi. Direktiivin mukaan jäsenvaltioilla olisi mahdollisuus soveltaa tuplalaskentaa myös vuoden 2020 jälkeen, mutta tähän ei olisi kuitenkaan velvollisuutta. (HE 199/2018 vp.)

teknologia- ja laityyppivalinnoista, joita on sittemmin muutettu.

Biopolttoaineisiin siirtymisellä voi olla vaikutuksia liikenteen lähipäästöihin ja siten myös kaupunkialueiden ilmanlaatuun. Esimerkiksi vetykäsitellyillä kasviöljypohjaisilla polttoaineilla (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO) on havaittu olevan positiivisia eli päästöä pienentäviä vaikutuksia dieselajoneuvojen kaasumaisten päästöjen ja hiukkaspäästön suhteen, ja bensiinin etanoliosuuden lisäämisen on havaittu pienentävän merkittävästi lähes kaikkia päästökomponentteja. Näin ollen siirtymä fossiilisista nestemäisistä polttoainesta nestemäisiin biopolttoaineisiin voidaan nähdä liikenteen ilmanlaatuvaikutusten osalta varsin toivottavana asiana ja myös siirtymä fossiilisista polttoaineista biokaasun käyttöön voi pienentää merkittävästi ajoneuvon ns. lähipäästöä. On kuitenkin huomattava, että siirtymä fossiilisista polttoaineista nestemäisiin biopolttoaineisiin tai biokaasuun voi, tapauksesta riippuen, vaikuttaa myös muuhun ajoneuvojen päästöihin vaikuttavaan tekniikkaan, eikä kaikkia näitä vaikutuksia vielä tunneta.

Liikenteen biopolttoaineiden taloudellinen kilpailukyky loppukäyttäjän kannalta riippuu monista asioista, kuten valmistajien käyttämistä raaka-aineista, valmistusprosesseista ja tuotantovolyymeista sekä verotuskäytännöistä. Myös ilmastovaikutus riippuu näistä seikoista. Biopolttoaineiden välillä on eroja, eikä niitä tulisi mieltää samanlaisiksi kuten julkisessa keskustelussa usein tehdään. Kuva 1 esittää erilaisten liikenteen polttoaineiden pumppuhintoja tammikuussa 2017 (Nylund ym. 2017). Biopolttoaineet olivat tuolloin käyttökustannuksiltaan samaa suuruusluokkaa tai suurempia kuin fossiiliset verrokkinsa.



Kuva 1. Polttoaineiden pumppuhinnan muodostuminen tammikuussa 2017. E85 polttoaineen litrahinta 0,99 € on bensiiniekvivalenttina noin 1,40 €/l. Maa- ja biokaasun hinnat on annettu bensiiniekvivalenttina. Diesel (u) tarkoittaa 100 %:sta uusiutuvaa dieseliä. (Nylund ym. 2017)

Biopolttoaineita koskeva julkinen keskustelu kohdistuu harvemmin kustannuksiin ja niiden maksajaan. Sipilä ym. (2018, 83) arvioivat, että "polttoainehintojen nousu lisäisi eniten harvaanasutulla maaseudulla sijaitsevien kotitalouksien kustannuksia. Kustannukset nousisivat vuonna 2030 suurimmillaan 0,4 % ja pienimmillään 0,15 % riippuen polttoainesekoitteen vaihtoehdosta. Vähiten kustannukset nousisivat sisemmän kaupunkialueen kotitalouksilla. Verrattuna kotitalouksien keskimääräisiin menoihin vuonna 2016, tämä 0,4 % reaalin kustannusten nousu tarkoittaisi yhteensä alle 150 euron lisämenoerää koko vuodelle nykyrahassa." Lisäksi polttoaineen hinnan noustessa yritykset (ml. biopolttoaineita tuottavat yhtiöt) saattavat esittää tukivaatimuksia kuljetuskustannuksiinsa kilpailukykyensä vedoten. Yritystukien, myös ympäristölle haitallisten, karsiminen on osoittautunut vaikeaksi Suomessa.

3.4 Liiketoiminta ja innovaatiot

Metsäsektori (l. metsätalous ja metsäteollisuus) työllistää yhteensä noin 60 000 henkilöä, ja metsäteollisuus tuottaa yli 20 % Suomen vientitu- loista. Metsäteollisuuden viennin arvo oli noin 12 miljardia euroa vuonna 2017. Viennin arvosta 75 % tuli massasta, paperista, kartongista ja jalos- teista, 23 % puutuoteteollisuudesta ja noin 1,7 % huonekaluteollisuudesta (Metsäteollisuus 2018). Metsäteollisuuden prosessien tuottama kokonais- energia on 39 TWh, jota myydään myös sähkönä ja lämpönä kuluttajille. Juha Sipilän hallituksen ohjelmassa metsäpohjaisen bioenergian käyttö kytkeytyi oleellisella tavalla 'biotalouteen', jonka seurauksena "[p]uun käyttöä monipuolistetaan ja lisätään 15 miljoonalla kuutiometrillä vuodessa ja sen jalostusarvoa kasvatetaan" (Valtioneuvoston kanslia 2015, 24). Suomen metsien käyttöä koske- vassa keskustelussa esitetään usein siirtymistä "bulkkituotteista" (bioenergia, sellu ym.) kohti korkeamman jalostusarvon tuotteita (lääkkeet, kemikaalit, elintarvikkeet ja muovituotteet). Li- säksi fossiilisiin resursseihin pohjautuvien (esim.

muovi) tai muutoin ympäristöä kuormittavien materiaalien (esim. puuvilla) korvaamista puupohjaisilla tuotteilla suunnitellaan.

Myös haastateltavat näkivät metsätalouden uusissa innovaatioissa liiketoimintapotentiaalia. Esimerkkeinä mainittiin muun muassa pakkausmateriaalit, kankaat ja biohajoavat muovit korvaavat materiaalit. Alan yrityksiä edustavat vastaajat kuitenkin korostivat, että julkisuudessa esiintyvistä vaatimuksista huolimatta jalostusarvon nostaminen ei ole itse tarkoitus: yritykset pyrkivät mahdollisimman kannattavaan liiketoimintaan, eikä korkeampi jalostusarvo aina tarkoita korkeampaa arvonlisää. Vaikka tuotteen valmistus olisi teknisesti toteutettavissa, sen taloudellisuus voi jäädä kannattavuuden alapuolelle. Esimerkiksi sellun kysyntä on tällä hetkellä suurta, ja sen ennakoitaan kasvavan globaalisti. Vaikka julkisessa keskustelussa usein esitetään panostusta pitkäikäisiin puutuotteisiin, on sellu⁹ tällä hetkellä erittäin kannattavaa liiketoimintaa.

Kaikki haastateltavat toivottivat uudet metsäalan innovaatiot tervetulleeksi, mutta niissä ei kuitenkaan nähty potentiaalia sellun kaltaiseksi "massatuotteeksi". Ainakaan lyhyellä aikavälillä ne siis tuskin heiluttavat Suomen metsien käytön "isoa kuvaa". Jos metsäteollisuuden sivuvirroista tulisi tulevaisuudessa kilpailua, parhaan maksukyvyyn omaava voittaisi kilvan.

3.5 Hiilen sidonta pitkäikäisiin puutuotteisiin

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvu kiihdyttää ilmastonmuutosta. Rakennuskäyttöä lukuun ottamatta metsästä korjatun puun hiili vapautuu ilmakehään yleensä alle 20 vuodessa, paperituotteiden tapauksessa useimmiten 1–10 vuodessa (Seppälä ym. 2015, 27, 36). Bioenergian tapauksessa hiili vapautuu välittömästi poltettaessa. Siksi metsien käytön ilmastovaikutuksia koskevassa keskustelussa onkin usein esitetty, että pitkäikäisten puutuotteiden valmistus, ja ennen kaikkea puurakentaminen, olisi ilmaston kannalta viisain tapa käyttää puuta. Myös Sipilän hallitus edisti puurakentamista yhtenä "kärkihankkeistaan":

⁹ Sellupohjaisia tuotteita ovat muun muassa käsipyyhkeet, vessapaperit ja erilaiset hygienia tuotteet, joiden korvaaminen olisi vaikeaa.

puurakentamisen toimenpideohjelman yhtenä tavoitteena on "lisätä hiilen pitkäaikaisia varastoja" (Ympäristöministeriö 2016). Rakennusten lisäksi biohiilen avulla voidaan sitoa hiiltä maaperään pitkäaikaisesti.

Myös tätä tutkimusta varten haastatellut pitivät pitkäikäisten puutuotteiden valmistusta ilmaston kannalta järkevimpänä tapana käyttää puuta. Haastateltavien näkemykset kuitenkin erosivat jossain määrin siinä, millaisia ilmastohyötyjä puurakentamisen lisäämisellä on mahdollista saavuttaa. Lisäksi eräät haastateltavista korostivat puurakentamisen suhteellisen rajallista osuutta metsien käytön kokonaisuudesta.

Tällä hetkellä massiivipuorakentamista suositaan uudistuotannon rakentamismääräyksissä siten, että massiivipuuseinän ei tarvitse olla lämmöneristävyydeltään yhtä hyvä kuin muilla rakennusmateriaaleilla rakennetun seinän. Tämä on hieman kyseenalaista ilmastovaikutusten näkökulmasta, koska tällainen rakennus kuluttaa lämmitysenergiaa enemmän (Ympäristöministeriön asetus 1010/2017).

Vaikka puusta rakennettaessa puun sisältämä hiili pysyy poissa ilmakehästä huomattavasti pidemmän aikaa kuin muissa käyttötavoissa, monet tekijät "rajoittavat" puurakentamisen avulla saavutettavia ilmastohyötyjä.

Tutkimukset osoittavat – kenties hieman arkijärjen vastaisesti – että metsien hakkuiden lisääminen puurakentamisen edistämiseksi ei tuota ilmastohyötyjä lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä, vaikka puulla korvattaisiinkin fossiilisia resursseja kuluttavia rakennusmateriaaleja (esim. Pukkala 2016; Soimakallio ym. 2016). Tämä johtuu paitsi siitä, että vain pieni osa puusta voidaan todella käyttää rakentamiseen yllä mainitulla tavalla, myös siitä että hakkuut pienentävät aina metsien hiilivarastoa ja "vertailutilanteessa", jossa metsien hakkuita ei olisi lisätty, olisi metsien hiilivarasto kasvanut enemmän, ja ilmassa olevan hiilidioksidin määrä olisi ollut pienempi.

Lisäksi on syytä huomioida, että koko rakennusta ei käytännössä koskaan rakenneta puusta, vaan muita materiaaleja, kuten betonia, on käytettävä joka tapauksessa.

On niin ikään syytä muistaa, että rakennuksen ilmastovaikutuksia arvioitaessa ei ole perusteltua tarkastella vain rakennusmateriaalin ja sen tuotannon ja rakennusvaiheen päästöjä, vaan koko rakennuksen elinkaaren päästöjä (rakentaminen – käyttö – purkaminen). Suurin osa rakennuksen elinkaaripäästöistä syntyy lämmityksestä, ja puu (hirsi) eristää kohtalaisen huonosti. Mahdolliset ei-puuvalmisteiset eristeet heikentävät ilmastotasetta. Toisaalta, puurakenteet on mahdollista kierrättää tai hyödyntää energiakäytössä.

Pelkästään puurakentamista lisäämällä ei siis ole mahdollista löytää kokonaisvaltaista ratkaisua Suomen metsien ilmastoviisaan käytön kysymykseen, ja tätä seikkaa myös moni haastatelluista korosti. Tässäkin yhteydessä on selvää, että puurakentamisen puolesta on esitetty myös monia muita kuin ilmastoon liittyviä argumentteja, kuten resurssin uusiutuvuus, työllisyys- ja vientinäkökulmat, sekä viime aikoina julkisuutta saaneet rakennusten sisäilman laatuun liittyvät asiat. Näillä tekijöillä on varmasti vaikutusta puurakentamiseen liittyvään päätöksentekoon, ja julkinen keskustelu hyötyisi varmasti siitä, että argumenttien taustat tuotaisiin selkeästi esiin.

3.6 Metsien hiilinielut ilmastomuutoksen torjunnassa

Pariisin sopimuksessa asetettujen tavoitteiden saavuttaminen edellyttää negatiivisten nettopäästöjen saavuttamista vuosisadan puolivälin jälkeen. Tällaisessa tilanteessa ilmakehästä poistuu enemmän hiilidioksidia kuin sinne vapautuu. Useimmissa Kansainvälisen Ilmastopaneelin IPCC:n skenaariotyössään hyödyntämissä ilmastomalleissa (ns. IAM-mallit) negatiiviset päästöt on määrä saavuttaa metsäkatoa pienentämällä, metsien hiilinielua lisäämällä ja BECCS-tekniikan avulla, jossa energiaa tuotetaan (hiilineutraalilla) biomassalla, ja sen poltosta syntyneet hiilidioksidipäästöt otetaan talteen ja varastoidaan (Rogelj ym. In press). Viimeaikaiset analyysit ovat kuitenkin korostaneet, että BECCS-tekniikan

käyttöönotto ilmastotavoitteiden edellyttämässä laajuudessa on hyvin haastavaa ellei epätodennäköistä (Gough ym. 2018; van Vuuren ym. 2018). Fossiiliset polttoaineet korvaavassa lämmön tuotannossa vaaditun agrobiomassan kasvattaminen vaatisi valtavia määriä maata, mikä kilpailisi todennäköisesti ruuantuotannon kanssa. Lisäksi on toistaiseksi epäselvää, miten kustannukset ja vastuut jakautuisivat. (EASAC 2018, 8; Fuss ym. 2014).

Myös haastateltavista valtaosa piti BECCS:iin liittyviä haasteita merkittävänä muun muassa energiahäviöiden ja talteen otetun hiilidioksidin kuljetustarpeiden takia. Toisaalta yksi avaintoimija näki CCS-tekniikan (hiilidioksidin talteenotto ja varastointi) myös toteutusta vaille valmiina, jolla voitaisiin hallita etenkin teollisuuden CO₂-päästöjä. CCS nähtiin myös yhtenä keinona globaalilla tasolla, joskin silloinkin vielä kaukaisena.

VTT:n ja SYKEN tekemässä Pitkän aikavälin kokonaispäättöskehitys -selvityksessä CCS-tekniikkaan liittyvät riskit nousivat esille toisena keskeisenä riskinä biomassan käytön lisäämiseen liittyvien riskien ohella. Selvityksen johtopäätöksissä todetaan, että metsien hiilinielujen kasvattaminen on tärkeä keino hiilidioksidin poistamiseksi ilmakehästä ja että "[b]ioenergian käytön yhteydessä toteutettava hiilidioksidin talteenotto voi nousta tulevaisuuden keinoksi." (Koljonen ym. 2019, 123, 128, 149.)

Teknologisen nielun kuten BECCS:in rajoitteista käytävän keskustelun ohella katseet ovat kääntyneet "luonnollisiin tapoihin" sitoa hiiltä, eli käytännössä maaperän ja metsien hiilinieluihin. Julkisessa keskustelussa on esimerkiksi ehdotettu, että metsänomistajalle maksettaisiin metsän hiilivaraston kasvattamisesta ns. hiilikorvaus (Koistinen 2017). Tämä ei välttämättä tarkoittaisi metsän suojelua, vaan myös metsän kiertoaikaa pidentämällä (esimerkiksi kymmenen vuotta) voitaisiin saavuttaa merkittäviä lisäyksiä metsien hiilivarastossa, ja siten ilmastohyötyjä (Juutinen ym. 2018). Hiilikorvaus ei sisällynyt Sipilän hallituksen tavoitteisiin. Ympäristöministeri Kimmo Tiilikainen ei nähnyt tällaiselle tuelle tarvetta, koska hänen mielestään Suomen perinteinen metsäpolitiikka mahdollistaa metsien monipuolisen käytön ja on kasvattanut

hiilinielujuja. (Leipola 2017.) Sittemmin pääministeri Sipilä esitti, että Suomi olisi aloitteellinen hiilinielujen markkinoiden ideoimisessa (Valtioneuvoston kanslia 2018).

Yksityiset metsänomistajat omistavat 60 % Suomen metsistä¹⁰. Kyselyn mukaan 24 % suomalaisista suhtautui kriittisesti avohakkuisiin. Varauksellisesti suhtautuvia oli 36 %. Myönteisesti tai melko myönteisesti suhtautui 31 %. Toisen kyselyn mukaan 46 % vastaajista pitäisi hakkuiden määrään nykyisellä tasolla, kun vähentämisen kannalla oli 21 % ja lisäämisen kannalla 11 %. (Suomen metsäsäätiö 2018; ks. myös WWF 2017; Lensu 2018.) Tällä perusteella onkin mahdollista, että yksityisten metsänomistajien piirissä voisi olla kiinnostusta siirtää metsienhoidon painopistettä kohti hiilensidontaa kannusteiden ollessa kohdallaan. Moni haastateltavista nosti tässä yhteydessä esiin kysymyksen hiilensidontatoimien rahoittajasta: Suomen valtion ja EU:n ei uskottu olevan kiinnostuneita rahoittamaan tämän kaltaista toimintaa. Rahoituksen puuttuessa järjestelyn toteutumista käytännössä pidettiin, mielenkiinnosta huolimatta, melko epätodennäköisenä. Puuta käyttävän teollisuuden näkökulmasta kaikenlaiset rajoitteet puun saantiin ovat tietenkin ongelma.

Monet haastateltavat korostivat, että globaalista näkökulmasta metsäkato on vakava ongelma, ja monissa erityisesti köyhemmissä maissa metsäkato on vakava ongelma myös ilmastollisesta näkökulmasta. Mikäli metsitykseen ja metsien hiilivaraston kasvattamiseen todella olisi saatavissa rahoitusta, pidettiin näiden resurssien suuntaamista tämän kaltaisiin kohteisiin paitsi kustannustehokkaampana, myös oikeudenmukaisempana.

Lisäksi haastateltavat korostivat suomalaista pitkän linjan osaamista metsänkäytössä. Metsänhoidolla ja -käytöllä on Suomessa pitkät perinteet, joiden seurauksena metsäsektori on pitkälle optimoitu. Moni haastateltavista toi esille

tilanteen, jossa suomalaisen puun käyttöä rajoitetaan, mutta tämä vastaavasti kompensoidaan tuontipuulla – EU:n ulkopuolelta tuodun puun kestävydestä ei voida olla varmoja, ja kasvihuonepäästöjä syntyy myös kuljetuksessa. Yksi haastateltava totesikin, että riippumatta Suomen tulevasta metsäpolitiikasta, rahoittajat kyllä löytävät myös tulevaisuudessa keinon saada sijoituksensa pois kalliista investoinneista.

4. Johtopäätökset

Suomen energiajärjestelmän murros on käynnissä, joskin toistaiseksi vauhti on liian hidas ilmastonmuutokseen torjuntaan liittyviin tavoitteisiin nähden. Tämä muutos asettaa myös bioenergian väistämättä uuteen tilanteeseen: oleellinen kysymys on, millainen rooli bioenergialla voi olla tulevaisuuden vähäpäästöisessä energiajärjestelmässä, joka sisältää huomattavasti nykyistä enemmän sääriippuvaa, uusiutuvaa sähköntuotantoa.¹¹

Suomen energia- ja ilmastopoliittiset valinnat nojaavat vahvasti metsiin ja niiden kasvavaan hyödyntämiseen. Metsäpolitiikkojen taustalla on optimistisia oletuksia metsien tulevasta kasvusta, mutta asiantuntijat ovat toistaiseksi jossain määrin epävarmoja siitä, miten ilmaston lämpeneminen vaikuttaa metsien kasvuun. Lämpenevä ilmasto lisää metsien kasvua, mutta toisaalta myös erilaiset metsätuhot (hyönteiset, myrskyt, metsäpalot) saattavat lisääntyä ja osaltaan rajoittaa metsien hyödyntämismahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Kaikki tässä tutkimuksessa haastatellut suomalaiset avaintoimijat korostivat ilmastonmuutoksen torjunnan ja kestävä metsätalouden merkitystä. Metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirroista tuotettua bioenergiaa pidettiin pääsääntöisesti kestävänergiantuotantomuotona. Ilmastonäkökulmasta viisaimpana tapana käyttää puuta pidettiin pitkäikäisten puutuotteiden valmistusta. Haastateltavat ennakoivat kohtalaisen

¹⁰ Valtio omistaa metsien pinta-alasta 26 %, metsäteollisuus 9 % ja loppu 5 % jakautuu kuntien, seurakuntien ja muiden yhteisöjen kesken.

¹¹ Arviot vaihtelevat suuresti. EL-TRAN:n asiantuntijapaneeli arvioi sääriippuvan tuotannon voivan kaksinkertaistua vuoteen 2030 mennessä

vuoden 2016 tasosta 3,6 % sähköenergian kokonaiskulutuksesta (Panula-Ontto ym. 2018, 508). Saman konsortion koko pohjois-Euroopan sähköjärjestelmää tarkastellut mallinnus tarkasteli niin 40% kuin 60% sääriippuvan sähköntuotannon skenaarioita vuodelle 2050 (Helistö ym. 2018).

yksimielisesti, että tuuli- ja aurinkoenergian osuuden kasvu muuttaa osaltaan myös bioenergian asemaa sekä Suomen energiajärjestelmässä että globaalisti, mutta toisaalta suuri osa heistä näki niin ikään, että bioenergian ja metsäteollisuuden tiiviistä kytkennästä johtuen bioenergian asema Suomen energiajärjestelmässä pysyy merkittävänä myös tulevaisuudessa.

Avaintoimijoiden näkemykset erosivat ennen kaikkea siinä, millaisia ilmastohyötyjä puunkäytön lisäämisellä katsotaan olevan mahdollista saavuttaa, millaisia mahdollisuuksia metsäpohjaisilla biopolttoaineilla on liikenteen päästöjen vähentämisessä, ja mikä olisi oikeudenmukainen tapa huomioida metsien rooli ilmastopolitiikassa sekä EU:ssa että kansainvälisesti.

Mikäli ilmastopolitiikassa pyritään oikeudenmukaiseen taakanjakoon, on rikkaiden teollisuusmaiden kannettava suurin vastuu päästövähennyksistä. Vaikka globaalisti nollapäästöjä voikin olla mielekästä tavoitella saavuttamalla tasapaino hiilinielujen ja päästöjen välillä, yksittäisen valtion tasolle sovellettuna tavoite voi olla suuren hiilinielupotentiaalin omaaville maille huomattavan helppo saavuttaa verrattuna maihin, joilta tällainen potentiaali puuttuu. Tämänkaltaisessa lähestymistavassa on myös riski päätyä tilanteeseen, jossa metsänielulla pyritään kompensoimaan päästövähennysten laiminlyönti muilla sektoreilla. "Ajatus, että rikkaat maat voisivat kompensoida metsänielulla täysimääräisesti fossiilisten polttoaineiden päästöjä, ei varmasti miellytä kaikkia osapuolia." (Seppälä ym. 2015, 32.) Ilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää kuitenkin sekä päästöjen lopettamista että hiilidioksidin poistamista ilmakehästä. Onkin mahdollista, että metsien hiilinielun merkitys ilmastonmuutoksen hillinnässä nousee yhä enemmän agendalle, mikäli päästövähennykset eivät etene riittävän nopeasti ja erityisesti mikäli teknologiset keinot hiilidioksidin poistamiseksi ilmakehästä eivät toteudu toivotulla tavalla.

5. Suositukset

Tämän analyysin tulosten sekä EL-TRAN -konsortion laajemman työn pohjalta (ks. alla EL-TRAN -analyysien lista) voimme muotoilla seuraavat suositukset:

- Hiilineutraalisuuden edistämiseksi bioenergiaa tulisi hyödyntää ennen kaikkea niillä sektoreilla, joilla fossiilisten polttoaineiden korvaaminen on vaikeinta kuten liikenteessä.
- Liikenteen biopolttoaineiden tulevaisuudennäkymien osalta sähköautojen yleistymisellä on keskeinen vaikutus: mitä nopeammin henkilö(auto)liikenne sähköistyy, sitä järkevämpää on käyttää biopolttoaineet raskaassa liikenteessä, laivaliikenteessä ja lentoliikenteessä niin resurssitehokkuus- kuin hiilineutraalisuussyistä.
- Sähkön- ja lämmöntuotannon kotimaisuusasteen maksimoimiseksi bioenergiaa voidaan hyödyntää jatkossakin esimerkiksi sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa, kun huomioidaan säariippuvaisen sähköntuotannon potentiaali, samoin kuin sille ominaiset varavoimatarpeet; bioenergia voi siis olla eräs ratkaisu kysyntäjoustopien kehittämisen sekä eritasoisten energiavarastojen ohella.
- Lämmöntarve on Suomessa suuri etenkin talvella. Bioenergia on ollut pitkään keskeisessä osassa teollisuuslämmön ja kaukolämmön tuotannossa, ja tuo osa on kasvanut entisestään viime vuosina.¹²
- Lämmöntuotantoon on kuitenkin myös muita teknologioita. Lämpöä voidaan esimerkiksi tuottaa sähköllä lämpöpumppujen ja sähkökattiloiden avulla, ja tuulivoima tuottaa sähköä yleisesti hyvin myös talvella. Kun olemassa olevat teknologiat kehittyvät tai kun keksitään uusia teknologioita lämmöntuotantoon ja kausivarastointiin, biomassaa ei välttämättä tarvitse käyttää lämmöntuotantoon.
- On todennäköistä, että tulevaisuuden energiemarkkinoilla bioenergian on vaikeaa kilpailla sähköntuotannon

¹² Vuonna 2018 bioenergia tuotti 12.2 TWh sähköä ja 13.4 TWh kaukolämpöä (Energiateollisuus 2018a, b).

- kustannuksissa tuuli- ja aurinkoenergian kanssa. Poikkeuksen tähän muodostanee metsäteollisuuden joka tapauksessa ylläpitämistä prosesseista saatava, markkinoille myytävä "ylijäätämäsähkö" – kun oletetaan jatkuva kysyntä metsäteollisuuden ydintuotteille ja halutaan turvata sitä kautta saatavat vientitulot ja työpaikat.
- Sen sijaan esimerkiksi turvetta tai kivihiiltä biomassan yhteydessä polttavien laitosten horisontti on rajallinen hiilineutraalisuusyistä. Silti erityisesti suurten kaupunkien ulkopuolella sijaitsevat tuotantolaitokset täytynee energiasiirtymän edellyttämien kokonaisinvestointikustannusten kontrolloimiseksi ajaa käyttöikänsä loppuun tai sen lähelle, samalla kun niiden käyttämä polttoaineseos ja polttoprosessit tulee optimoida mahdollisimman vähäpäästöisiksi.
 - Mitä vahvemmat sähkönsiirtoyhteydet Suomella on naapurimaihinsa, sitä enemmän bioenergiaa voidaan teoriassa käyttää sähköntuotannon ja -kulutuksen tasapainottamiseen myös Suomen rajojen yli. Mutta aurinkosähkön ja tuulivoiman tuotantovaihtelujen tasaamisessa Suomea laajemmalla markkinalla bioenergia samalla tavoin kilpailee muiden teknologioiden kanssa, kysynnän jousto ja varastot mukaan lukien.
 - Kun oletetaan tehontarpeen edelleen kasvavan energiankulutusta nopeammin, kuten Suomessa jo pitkään on käynyt, voidaan tehooperustaisia tariffirakenteita kehittämällä mahdollistaa bioenergian edellytyksiä toimia sääriippuvan tuotannon varavoimana, liiketaloudellisin perustein: tariffirakenteen muutoksen myötä "kalliin sähkön tunneilta" saatava nykyistä korkeampi hinta kompensoisi vähentyntä kokonaiskysyntää.
 - Kokonaisuutena CHP-bioenergia voi eri muodoissaan edelleen auttaa ylläpitämään sähköjärjestelmän tehotasapainoa ja jatkossa erityisesti tasaamaan tuuli- ja aurinkoenergian tuotannon vaihtelua, joskin

toimintaympäristö on muodostumassa haasteellisemmaksi.

- Bioenergian tulevaisuuden rooli vaatii paitsi lisää tutkimusta, myös pitkäjänteistä poliittista suunnittelua. Lisäksi, päästöttömän energiantuotannon lisääntyessä metsäpohjaisen bioenergian suhteelliset ilmastohyödyt vähenevät.
- Suuri kysymys on, kuinka paljon metsäteollisuuden sallitaan laajentua Suomessa, eli tuottaako Suomi esimerkiksi sellua vientiin, vai tuotetaanko vientituotteet muualla. On epäselvää, mitä ympäristö- ja ilmastovaikutuksia saataisiin siirtämällä metsien hakkuut Suomesta muualle.
- Vaikka puurakentamista edistetäänkin julkisen vallan toimesta merkittävästi, niin tosiasiaa ilmastohyödyt ovat rajalliset. Puurakentamisen edistämiseen on toisaalta muita syitä.
- Metsiin liittyvän keskustelun selkeyttämiseksi erilaisiin intresseihin ja arvoihin nojaavat valinnat tulisi tuoda selkeämmin esiin: miten painottuvat bioenergiaratkaisuissa hiilineutraalius, resurssitehokkuus, energialiiketoiminnan edistäminen, kohtuulliset kuluttajahinnat, omavaraisuusaste, työpaikkojen luonti ja vientipotentiaali? Poliittisessa viestinnässä yleinen, mutta epämääräinen puhe "Suomen edusta" tarvitsee kulloinkin tuekseen asianmukaisen ja selkokielisen määrittelyn, millaisista ja keiden eduista puhutaan.

Lähteet

- Cardoso Lisboa, C., Butterbach-Bahl, K., Mauder, M., & Kiese, R. (2011). Bioethanol production from sugarcane and emissions of greenhouse gases - known and unknowns. *GCB Bioenergy*, 3(4), 277–292. [10.1111/j.1757-1707.2011.01095.x](https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01095.x).
- EASAC (2018) Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement Targets? EASAC policy report 35. https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Negative_Carbon/EASAC_Report_on_Negative_Emission_Technologies.pdf
- Energiateollisuus (2018a) Energiavuosi 2018: sähkö. https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2018_-_sahko.html (Luettu 15.3.2019)
- Energiateollisuus (2018b) Energiavuosi 2018: kaukolämpö. https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2018_-_kaukolampo.html (Luettu 15.3.2019)
- European Commission (2018). The Commission calls for a climate neutral Europe by 2050. Press release on 28 November. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-6543_en.htm (Accessed on 4 December 2018)
- Euroopan unionin virallinen lehti (2018) Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu). L 328/82. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=en> (Luettu 1.2.2019)
- Fuss, S., Canadell, J. G., Peters, G. P., Tavoni, M., Andrew, R. M., Ciais, P., Jackson, R. B., Jones, J. D., Kraxner, F., Nakicenovic, N., Le Quéré, C., Raupach, R. M., Sharifi, A., Smith, P., & Yamagata, Y. (2014): Betting on Negative Emissions. *Nature Climate Change*, 4:850–853.
- Gough, C., Garcia-Freites, S., Jones, C., Mander, S., Moore, B., Pereira, C., Röder, M., Vaughan, N., & Welfle, A. (2018) Challenges to the use of BECCS as a keystone technology in pursuit of 1.5°C. *Global Sustainability* 1, e5, 1–9. <https://doi.org/10.1017/sus.2018.3>
- Hallituksen esitys (HE) 199/2018 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi biopolttoöljyn käytön edistämisestä, biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä annetun lain muuttamisesta sekä biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain 2 §:n muuttamisesta. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_199+2018.aspx (Luettu 18.3.2019)
- Hartikainen, J. (2017) Suomen eliitti lähti vuosi sitten "talvisodan hengessä" ajamaan yhtä asiaa Brysselissä – näin EU:n metsäpätös lobattiin teollisuudelle sopivaksi. *Helsingin Sanomat* 22.9. <https://www.hs.fi/talous/art-2000005377851.html> (Luettu 3.12.2018)
- Helistö, N., Kiviluoma, J. & Holttinen, H. (2018). Long-term impact of variable generation and demand side flexibility on thermal power generation. *IET Renewable Power Generation*, 12(6), 718–726. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2017.0107>
- Hetemäki, L. & Peltola, H. (2018). Metsien on vastattava monenlaisiin tarpeisiin. *Vieraskynä Helsingin Sanomat* 28.11. <https://www.hs.fi/mielipide/art-2000005913672.html> (Luettu 28.11.2018)
- Ikävalko, K. (2018) "Tuore suomalaistutkimus: Metsillä voi olla luultua suurempi rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa". *Yle uutinen* 22.11. <https://yle.fi/uutiset/3-10518485> (Luettu 27.11.2018)
- Jenkins, K. McCauley, D., Heffron, R., Stephan, H. & Rehner, R. (2016) Energy justice: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, 11(January 2016): 174–182, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.10.004>
- Juutinen, A., Ahtikoski, A., Lehtonen, M., Mäkipää, R., & Ollikainen, M. (2018) The impact of a short-term carbon payment scheme on forest management. *Forest Policy and Economics*, 90, 115–127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.02.005>
- Kalliokoski, T., Heinonen, T., Holder, J., Lehtonen, A., Mäkelä, A., Minunno, F., Ollikainen, M., Packalen, T., Peltoniemi, M., Pukkala, T., Salminen, O., Schelhaas, M.-J., Seppälä, J., Vauhkonen, J., & Kanninen, M. (2019) Skenaarioanalyysi metsien kehitystä kuvaavien mallien ennusteiden yhtäläisyyksistä ja eroista. Raportti 2/2019. Suomen ilmastopaneeli. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/02/Ilmastopaneeli_metsamallit_raportti_180219.pdf (Luettu 18.2.2019)
- Koistinen, A. (2018) Maatalous voi olla kohta pahempi saastuttaja kuin koko energia-ala – Selvitys: Ilmastonmuutoksen torjunta laskee energian

tuotannon päästöjä rajusti. Uutinen 7.12. Yle.
<https://yle.fi/uutiset/3-10539192> (Luettu 7.12.2018)

Koistinen, A. (2017) Professorit haluavat ison käänteen: Metsänomistajille maksettava korvauksia puuston hiilivaraston kasvattamisesta. Yle uutinen 13.9. <https://yle.fi/uutiset/3-9827921> (Luettu 27.11.2018)

Koivisto, M. & Tolkki, K. (2018) Pitäisikö metsähakkuita lisätä vai vähentää? SDP:n epäselvää kantaa ryöpytettiin puheenjohtajien ilmastotentissä. Yle uutinen 9.1. <https://yle.fi/uutiset/3-10586506> (Luettu 11.1.2019)

Koljonen, T., Soimakallio, S., Lehtilä, A., Similä, L., Honkatukia, J., Hildén, M., Rehunen, A., Saikku, L., Salo, M., Savolahti, M., Tuominen, M., Vainio, T. (2019) Pitkän aikavälin kokonaispäätöskehitys. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2019. Valtioneuvoston kanslia. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-656-0> (Luettu 1.3.2019)

Kröger, M. & Raitio, K. (2017) Finnish forest policy in the era of bioeconomy: A pathway to sustainability? *Forest Policy and Economics*, 77(April 2017): 6–15
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.12.003>

Kunttu, P. (2018) Ilmastonmuutos ja lajikato voidaan ratkaista. Vieraskynä, Helsingin Sanomat 30.11.
<https://www.hs.fi/mielipide/art-2000005916069.html> (Luettu 30.11.2018)

Leipola, L. (2017) Tiilikainen ei maksaisi hiilinieluista: "Metsänomistajien lahja Suomelle ja maailman ilmastolle". *Vihreä lanka* 14.9.
<https://www.vihrealanka.fi/uutiset-kotimaa/tiilikainen-ei-maksaisi-hiilinieluista-%E2%80%9Dmets%C3%A4nomistajien-lahja-suomelle-ja-maailman> (Luettu 27.11.2018)

Lensu, H. (2018) MT-Gallup: Enemmistö suomalaisista hyväksyy nykyisen hakkuumäärän. *Maaseudun tulevaisuus* 28.12.
<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mets%C3%A4/artikkeli-1.352442> (Luettu 29.12.2018)

Liikenne- ja viestintäministeriö (2018) Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 13/2018.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-559-0>

Luke (2018a) Teollisuuspuun hakkuut alueittain 2017. https://stat.luke.fi/teollisuuspuun-hakkuut-alueittain-2017_fi (Luettu 20.3.2019)

Luke (2018b) EU:n LULUCF-asetuksen mukainen arvio Suomen metsien hiilinielutasosta 2021–2025 on valmistunut. *Maa- ja metsätalousministeriön ja Luonnonvarakeskuksen yhteistiedote* 12.12.
<https://www.luke.fi/uutiset/eun-lulucf-asetuksen-mukainen-arvio-suomen-metsien-hiilinielutasosta-2021-2025-on-valmistunut/> (Luettu 14.12.2018)

Luukka, T. (2019) Hakkuiden määrää on vaikea rajoittaa. Uutinen 20.3. Helsingin Sanomat.

Maa- ja metsätalousministeriö. (2018) LULUCF-asetus. Maa- ja metsätalousministeriön nettisivut. (Luettu 4.12.2018)

Maa- ja metsätalousministeriö. (2015) Kansallinen metsästrategia 2025 - Valtioneuvoston periaatepäätös 12.2.2015. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 6/2015.
<https://mmm.fi/documents/1410837/1504826/Kansallinen+mets%C3%A4strategia+2025/c8454e55-b45c-4b8b-a010-065b38a22423/Kansallinen+mets%C3%A4strategia+2025.pdf>

Mainio, T. (2016) Kilpailu Lapin puuvaroista kovenee. Uutinen 17.11. Kauppalehti.
<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/kilpailu-lapin-puuvaroista-kovenee/ad5260c5-0e0b-329f-9ba2-20cc38100f42> (Luettu 5.12.2018)

Metsäteollisuus (2018) Metsäteollisuus.
<https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/metsateollisuus/>

Nalbantoglu, M. & Sutinen, T. (2018) Mitä Suomen pitäisi tehdä taistelussa ilmastonmuutosta vastaan? HS esitti neljä kysymystä kaikille eduskuntapuolueille, näin ne vastasivat. Uutinen 9.10. Helsingin Sanomat.
<https://www.hs.fi/politiikka/art-2000005857403.html> (Luettu 7.12.2018)

Neste (2019) Tuotteet: merkittävästi pienemmät päästöt, <https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel-pienemmat-paastot> (Luettu 15.3.2019)

Nylund N.-O., Laurikko J., Honkatukia J., Sipilä K., Hannula I., Kurkela E. & Solantausta Y. (2017) Tieliikenteen 40 %:n hiilidioksidi-päästöjen vähentäminen vuoteen 2030: Vuoden 2016 päivitys, Tutkimusraportti VTT-R-00741-17,
http://www.transsmart.fi/files/430/Tieliikenteen_40_hiilidioksidipaastojen_vahentaminen_vuoteen_2030_Vuoden_2016_paivitys_VTT-R-00741-17.pdf

Palokallio, J. (2017) UPM vastaa Metsä Groupin arvosteluun mäntyöljystä. Uutinen 29.9. Maaseudun tulevaisuus.

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mets%C3%A4/upm-vastaa-mets%C3%A4-groupin-arvosteluun-m%C3%A4nty%C3%B6ljyst%C3%A4-1.207682> (Luettu 5.12.2018)

Panula-Ontto, J., Luukkanen, J., Kaivo-oja, J., O'Mahony, T., Vehmas, J., Valkealahti, S., Björkqvist, T., Korpela, T., Järventausta, P., Majanne, M., Kojo, Aalto, P. Harsia, P., Kallioharju, K., Holttinen, H. ja Repo, S. (2018) Cross-Impact Analysis of Finnish Electricity System with Increased renewables: Long-run Energy Policy Challenges in Balancing Supply and Consumption', Energy Policy, 118: 504–13.

Paunu, V-V. (2012) Pientalojen puunpolto aiheuttaa merkittävää altistumista pienhiukkasille. Ilmansuojelulehti 4/2012: 7–9.

Pilpola, S. & Lund, P. (2018) Effect of major policy disruptions in energy system transition: Case Finland. Energy Policy, 116(May 2018): 323–336.

Pohjala, M. (2017) Metsä Group ja UPM kiistelevät mäntyöljystä – Yhtiöt napit vastakkain uusiutuvan energian direktiivistä. Uutinen 22.9. Maaseudun tulevaisuus.

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mets%C3%A4/mets%C3%A4-group-ja-upm-kiistelev%C3%A4t-m%C3%A4nty%C3%B6ljyst%C3%A4-yhti%C3%B6t-napit-vastakkain-uusiutuvan-energian-direktiivist%C3%A4-1.206918> (Luettu 5.12.2018)

Pukkala, T. (2016) Does management improve the carbon balance of forestry? Forestry 2016: 1–11, doi:10.1093/forestry/cpw043.

Pulsa, T. (2016) Kemin kiinalaistehdas – professori lyttää: "Pohjoisesta puusta tehty diesel ei ole ilmastoystävällinen", Suomen Kuvalehti 15.2., <https://suomenkuvalehti.fi/jutut/kotimaa/kemin-kiinalaistehdas-professori-lyttää-pohjoisesta-puusta-tehty-diesel-ei-ole-ilmastoystavallinen> (Luettu 11.1.2019)

Pöyry (2017) Metsäbiomassan kustannustehokas käyttö. Pöyry Management Consulting Oy. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 23/2017. Valtioneuvoston kanslia. <https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=16903> (Luettu 10.1.2019)

Raivio, P. (2018a) Ilmastokomissaari Ylälle: Metsien hiilinieluja on kasvatettava, jotta Euroopasta saadaan

hiilineutraali 2050, Yle uutinen 28.11.

<https://yle.fi/uutiset/3-10530789> (Luettu 30.11.2018)

Raivio, P. (2018b) Kaikki keinot käyttöön: EU haluaa nollata päästönsä vuoteen 2050 mennessä. Yle uutinen 28.11. <https://yle.fi/uutiset/3-10528876> (Luettu 30.11.2018)

Rogelj, J., D. Shindell, K. Jiang, S. Fifita, P. Forster, V. Ginzburg, C. Handa, H. Keshgi, S. Kobayashi, E. Kriegler, L. Mundaca, R. Séférian, M. V. Vilariño, 2018, Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R., Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf (Luettu 7.12.2018)

Sandell, M. (2018) Suomen hiilinielut arvioidaan uudelleen – metsien kasvu yllätti tutkijat. Yle uutinen 21.11. <https://yle.fi/uutiset/3-10516859> (Luettu 27.11.2018)

Seppälä, J., Kanninen M., Vesala T., Uusivuori, J., Kalliokoski, T., Lintunen J., Saikku L., Korhonen, R., Repo, A. (2015) Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielun kehittyminen. Suomen ilmastopaneelin Raportti 3/2015. http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Metsien%20hy%C3%B6dynt%C3%A4misen%20ilmastovaikutukset%20ja%20hiilinielujen%20kehittymien.pdf

Sipilä, E., Kiuru, H., Jokinen, J., Saarela, J., Tamminen, S., Laukkanen, M., Palonen, P., Nylund, N-O., Sipilä, K. (2018) Biopolttoaineiden kustannustehokkaat toteutuspolut 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 63/2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-614-0>

Soimakallio, S., Saikku, L., Valsta, L., Pingoud, K. et. al. (2016) Climate Change Mitigation Challenge for Wood Utilization - The Case of Finland. Environmental Science & Technology, 50:5127–5134.

Suomen metsäsäätiö (2018) Metsäsäätiön teettämä kysely: Suomalaiset pitävät metsäsektoria vastuullisena – muovi halutaan korvata lisäämällä

puun käyttöä. Tiedote 23.10.

<https://www.metsasaatio.fi/ajankohtaista/uutisia/met-sasaation-teettama-kysely-suomalaiset-pitavat-metsasektoria-vastuullisena-muovi-halutaan-korvata-lisaamalla-puun-kayttoa> (Luettu 5.12.2018)

Sutinen, T. (2018) "Otimme excel-taulukosta väärän rivin" – Luonnonvarakeskus korjaa arviotaan metsien hiilinielun kasvuvauhdista tulevina vuosina. Uutinen 8.12. Helsingin Sanomat.

<https://www.hs.fi/politiikka/art-2000005926268.html> (Luettu 10.12.2018)

TaVM 29/2018 vp – HE 199/2018 vp.

Talousvaliokunnan mietintö.

https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TaVM_29+2018.aspx (Luettu 1.2.2019)

Tilastokeskus (2018) Energiasektorin hiilidioksidipäästöt kasvoivat 4 prosenttia tammi-syyskuussa. Julkaistu 20.12.2018.

https://www.stat.fi/til/ehk/2018/03/ehk_2018_03_2018-12-20_tie_001_fi.html

Trafi (2018) Liikennekäytössä olevat henkilöautot.

http://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Liikennekaytossa_olevat_ajoneuvot/010_kanta_tau_101.px/table/tableViewLayout1/?rxid=714713ea-4df2-4b82-8e0a-68b51dad9956

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) (2017)

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia 4/2017. Työ- ja elinkeinoministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) (2014) Energia- ja ilmastotiekartta 2050. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. lokakuuta 2014. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia- ja ilmasto 31/2014.

<https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052>

UNFCCC (2019a) National Inventory Submissions 2017.

<https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/submissions/national-inventory-submissions-2017>

UNFCCC (2019b) Nationally Determined Contributions (NDCs). <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions/ndc-registry>

VALOR (2018) Ylätason tiekartta hiilineutraaliin energiantuotantoon siirtymiseksi Helsingissä.

Loppuraportti 28.11.2018. BIOS-tutkimusyksikkö.

http://bios.fi/files/Tiekartta%20hiilineutraaliin%20energiantuotantoon_281118_final.pdf (Luettu 10.1.2019)

Valtioneuvoston asetus 788/2017. Valtioneuvoston asetus energiamuutokertoimista:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788> (Luettu 10.1.2019)

Valtioneuvoston kanslia (2018) Pääministeri Juha Sipilä Suomalaisia ilmastotekoja – Enemmän ja nopeammin –seminaarissa. Puhe 10.12. https://vnk.fi/sipilan-hallitus/paaministeri/-/asset_publisher/paaministeri-juha-sipila-suomalaisia-ilmastotekoja-enemman-ja-nopeammin-seminaarissa (Luettu 11.12.2018)

Valtioneuvoston kanslia (2015) *Ratkaisujen Suomi.*

Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen

ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015.

https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf (Luettu 27.11.2018)

van Vuuren, D., Stehfest, E., Gernaat, D. E. H. J., van den Berg, M. Bijl, D. L., de Boer, H. S. Daioglou, V., Doelman, J. C, Edelenbosch, O. Y, Harmsen, M., Hof, A. F., van Sluisveld, M. A. E. (2018) Alternative pathways to the 1.5 °C target reduce the need for negative emission technologies. *Nature Climate Change*, 8(5): 391–397.

WWF (2017) Tutkimus: metsänomistajille ei kerrota vaihtoehtoisista metsänhoitotavoista – avohakkuut yhä normi. Tiedote 29.3. <https://wwf.fi/wwf-suomi/viestinta/uutiset-ja-tiedotteet/Tutkimus--metsanomistajille-ei-kerrota-vaihtoehtoisista-metsanhoitotavoista---avohakkuut-yha-normi-3137.a> (Luettu 5.12.2018)

Ympäristöministeriö (2016) Puurakentamisen toimenpideohjelma.

<http://www.ymp.fi/puurakentaminen>

Ympäristöministeriön asetus 1010/2017.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010> (Luettu 10.1.2019)

EL-TRAN -konsortio tutkii, mitä resurssitehokas sähköjärjestelmä tarkoittaa, miten se toteutetaan, millaisia politiikkaongelmia sen toteutuksessa kohtaamme ja kuinka lopulta ratkomme niitä. Hanketta koordinoi Tampereen yliopisto, ja siinä ovat mukana Itä-Suomen yliopisto, Tampereen ammattikorkeakoulu, Turun yliopisto ja VTT.

Aiemmat EL-TRAN -analyysit	
1/2016	Miten toteutetaan resurssitehokkaampi ja ilmastoneutraali sähköenergiajärjestelmä?
2/2016	Miten sähkön siirtohintoja voidaan korottaa? Kansainvälisen investointioikeuden näkökulma
3/2016	Yksilö energiapolitiikan keskiössä – aurinkoenergian sääntelystä Suomessa
4/2016	Pohjoismaiden energiapolitiikka 2030: hiilineutraalimpaan energiajärjestelmään osin yhdessä, osin eri polkuja pitkin
5/2016	Resurssitehokkaampi ja ilmastoneutraalimpi energiajärjestelmä, mutta miten? Suomalaiset avaintoimijat vastaavat
6/2016	Suomalaiset eivät lämpene sähköautoille – miten kiinnostus sytytetään?
7/2016	Tammikuun tehopiikki – mitä tapahtui 7.1.2016? Miten tehoa hallitaan paremmin jatkossa?
1/2017	Edellytykset kysyntäjoustop toteutumiselle kiinteistöissä
2/2017	Energy Union, renewable energy and the 'Winter Package'
1/2018	EL-TRAN – konsortion yhteiskunnallinen vaikuttavuus 2015–2017
2/2018	Miten sähköautopolitiikalla edistetään joustavampaa sähköjärjestelmää?
3/2018	Mikroverkkojen vaikutuksesta sähkön toimituksen luotettavuuden parantajana
4/2018	Suomalaiset sähkön käyttäjinä ja tuottajina: valmius kysyntäjoustopon ja omakohtaiseen sähköntuotantoon
5/2018	Sähköautopolitiikat Pohjoismaissa – mitä keinoja Suomi voi hyödyntää?
6/2018	Voiko raskas tieliikenne siirtyä biokaasuun?
