

BIOENERGIA-ALAN PANOS HIILINEGATIIVISEEN TULEVAISUUTEEN SUOMESSA

Raportti 01.06.2020



Sisällysluettelo

Esipuhe

Pääviestit

Tiivistelmä

Bioenergia ry:n strategia ja vähähiilisyys	7
Toimialan vaikutukset	9
Investoinnit ja työllisyys	9
Bioenergian päästöt ja hiilensidonta	12
Toimitus- ja huoltovarmuus	13
Bioenergian kestävyys	14
Bioenergiasektorin hiilikädenjälki	15
Käytön lisäpotentiaalit	17
Maatalouden biomassat	17
Liikenteen ja lämmityksen biopolttoaineet	21
Tuontibiomassa	25
Osaamisen vienti ja uusi teknologia	28
Bioenergian kansainväliset näkymät	28
Bioenergiaosaamisen vienti	30
Uuden teknologian menestymisen edellytykset	33

Esipuhe

Marinin hallitus pyrkii Suomen hiilineutraaliuteen 2035 ja hiilinegatiiviseksi nopeasti sen jälkeen. Hallitusohjelman mukaan yhteistyössä alan toimijoiden kanssa laaditaan toimialakohtaiset tiekartat vähähiilisyteen, jotka sovitetaan yhteen uusien ilmastotoimien kanssa.

Työ- ja elinkeinoministeriön koordinoimana vähähiilitiekarttojen laadinta on käynnistetty useilla toimialoilla. Tiekartat tarjoavat valtionhallinnolle arvioita toimialojen odotettavasta kehityksestä. Arvioihin voivat kuulua esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöjen ja energiankulutuksen kehitys sekä toimialojen investointitarpeet. Tiekartat on tarkoitettu sisällyttävä valmistelemaan kansainvälisen kasvun ohjelmaan ja ne tulevat palvelemaan myös kansallisen energia- ja ilmastostrategian valmistelua 2020-2021. Lisätietoa vähähiilitiekartoista löytyy sivustolta: <https://tem.fi/tiekartat>

Bioenergia ry:n jäsenyritysten toiminta linkittyy useaan toimialaan, erityisesti energia-, metsä- ja teknologiateollisuuteen ja myös liikenteeseen. Näistä kaikki ovat valmisteelleet tai valmistelemassa omia vähähiilitiekarttojaan. Tämän dokumentin tarkoituksena on täydentää näiden tiekarttojen luomaa kuvaa kehityksestä bioenergian ja Bioenergia ry:n näkökulmasta keskittyen alan yleisiin näkymiin ja vaikutuksiin sekä muutamiin valittuihin teemoihin.

Pääviestit

Bioenergia-alan hiilikädenjälki on ilmaston kannalta edullinen!

- Bioenergia on uusiutuvaa energiaa, Suomessa noin 90 %:sti puuenergiaa. Suomen ja EU:n **energiajärjestelmissä on vielä runsaasti fossiilista tuontienenergiaa**, jonka korvaamisessa bioenergialla on merkittävä rooli. Bioenergian potentiaalilla on kuitenkin rajat, sillä sitä rajoittaa biomassan kasvuvauhti ja teollisuus ja luonto tarvitsevat suurimman osan.
- Suomessa ei kaadeta metsää pelkästään polttoon teollisessa mittakaavassa.** Bioenergia perustuu Suomen oloissa pitkälti metsäteollisuuden ja –talouden sivuvirtojen hyödyntämiseen. Puuenergian saatavuuden varmistamiseksi onkin erittäin tärkeää, että metsä- ja sahateollisuuden toimintaedellytykset säilyvät kilpailukykyisinä ja että metsien hyödyntäminen kestävästi on mahdollista myös tulevaisuudessa. Sivuvirtojen energiakäytön vaihtoehtoja ovat biomassan korkeamman lisäarvon käyttö materiaalina tai hyödyntämättä jättäminen.
- Hiilivarastoja pitää kasvattaa ja niiden pysyvyyteen tulee myös kiinnittää huomiota: luonnon monimuotoisuus tarvitsee nykyistä enemmän lahoppuuta, mutta ilmaston näkökulmasta kuollut biomassa on luonnossa myös vuotava hiilivarasto. **Rajattu bioenergian käyttö, jossa myös lahoppuuta lisätään, on pitkällä aikavälillä fossiilista energiaa parempi vaihtoehto** ja sopii hyvin kohti bio- ja kiertotaloutta fossiilitaloudesta siirtyvään talouteen.
- Yhteiskunnan sähköistyminen kiihtyy ja myös kotimaista kapasiteettia tarvitaan. **Nykyisen sivuvirtoihin perustuvan biolämmöntuotannon sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannon arvo energiatehokkaana ja säädettävänä tuotantokapasiteettina** on siksi tunnustettava. Tulevaisuudessa sähkön ja lämmön lisäksi voidaan valmistaa myös esimerkiksi polttoaineita.
- Energiasektorin muutoksessa toimitus- ja huoltovarmuus on pidettävä hallinnassa, sillä siihen kohdistuu uusia haasteita.** Energiaturpeen käyttö tulee päästökaupan kiristyessä ja yritysten omilla päätöksillä pienenemään hallitusohjelman tavoitetta selvästi nopeammin. Bioenergian käytön osalta tulee pyrkiä hallittuun kasvuun, joka voisi olla noin 10-20 % luokkaa vuoteen 2030 mennessä verrattuna 2019 tasoon. Puuenergian toimitusvarmuutta voidaan parantaa energiapuun riittävää tarjontaa parantavalla energia- ja ilmastopolitiikalla, investoinneilla biotermiinaaleihin sekä edistämällä oikeita toimintatapoja.
- Energiaturpeen käytössä tapahtuva pudotus ja energiapuun kasvava kysyntä tulisi ottaa huomioon myös Kemera-laissa ja sitä täydentävässä asetuksessa, jotta mahdollisimman suuri osa kysynnästä saataisiin kohdennettua metsänhoitorästeihin.**
- Alan yritykset toimivat bioenergian tuotantoketjussa tai sen käyttäjinä. Yritykset voivat myös tarjota teknologiaa tai erilaisia palveluja ketjun hallintaan. **Suomeen syntynyt bioenergia-alan osaaminen on maailman ehdotonta huippua ja sen globaali kysyntä kasvaa.**
- Biomassan käyttö hiilen talteenotolla (BECCS/BECCU/PyCCUS) on Suomelle uusi nouseva mahdollisuus, johon tulisi tarttua nyt, kun markkina on vasta syntymässä. **Suomeen tulisi luoda maailman parhaat edellytykset tuottaa biomassaan perustuvia kestäviä ja jopa hiilinegatiivisia tuotteita.** Tätä palvelisi kohdennettu demojen ja pilottien rahoitus esimerkiksi uuden Ilmastorahaston kautta.

TOP 5 – ratkaisut

- Fossiilisen tuontien energian korvaaminen kestävästi**
 - o metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirroilla ja kierrätyspuulla
 - o liikenteen biopolttoaineilla
 - o biokaasulla
 - o soveltuvilla peltobiomassoilla
- Biolämmön ja sähkön ja lämmön yhteistuotanto** energiatehokkaana ja säädettävänä tuotantokapasiteettina, tulevaisuudessa myös polttoaineiden rinnakkaistuotanto ja hybridijärjestelmät (yhdistetty esim. aurinkolämpöön)
- Kohdennetut toimet metsänhoitorästien purkamiseen**
- Bioenergiaosaamisen vienti**
- Demorahoitus biomassan käyttöön hiilen talteenotolla (BECCS/BECCU/PyCCS)**

Tiivistelmä

Bioenergiasta suurin osa, noin 90 %, on Suomessa puuenergiaa. Lämpö- ja voimalaitoskäytössä se perustuu metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtoihin. Näitä ovat esimerkiksi mustalipeä, puru, kuori, puutähdehake, pienpuu, hakkuutähteet ja kierrätyspuu.

Jos sivuvirta hyödynnetään energiana, se korvaa muuta polttamista, jota on edelleen noin 40 % energiastamme. Jos sivuvirta jätetään käyttämättä ja se jää metsään, syntyy väliaikainen hiilivarasto ja hiili palaa jakeesta riippuen nopeammin tai hitaammin ilmakehään ilman korvaus-, talous- ja työllisyyskyötyjä. Energiajärjestelmän sähköistyessä sähköä aletaan teollisuuden prosessien ja liikenteen ohella kasvavassa määrin käyttää myös lämmitykseen. Samalla sähköntuotantokapasiteetin tarve ja investoinnit tulevana vuosikymmeninä kasvavat merkittävästi. **Sähköistymiseen kohdistettavat investoinnit tulisi toteuttaa siten, ettei niiden rinnalle synny tarpeettoman suurta ilmakehään vuotavaa biogeenisen hiilen välivarastoa.** Biomassajakeiden vaihtoehtoinen korkeamman jalostusarvon käyttö tulisi rakentaa samassa tahdissa. **Nykyisen sivuvirtoihin perustuvan biolämmöntuotannon sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannon arvo energiategokkanaan ja säädettävänä tuotantokapasiteettina on siksi tunnustettava.** Tulevaisuudessa sähkön ja lämmön lisäksi voidaan valmistaa myös esimerkiksi polttoaineita.

Arvioitu kehitys

Bioenergian käyttö tulee arviomme mukaan kasvamaan 2020-luvulla kivihiilen käyttökiellon, energiaturpeen käytön vähenemisen sekä lisääntyvän biokaasun ja nestemäisten biopolttoaineiden käytön myötä. Puuenergian saatavuuden varmistamiseksi **onkin erittäin tärkeää, että metsä- ja sahateollisuuden toimintaedellytykset säilyvät kilpailukykyisinä ja että metsien hyödyntäminen kestävästi on mahdollista myös tulevaisuudessa.** Maatalousperäisen biomassan lisäyspotentiaali on merkittävä nykykäyttöön nähden. Erityisesti viljeltävien energiakasvien ja lyhytkiertoisten puuvartisten kasvien lisääminen edellyttäisi edistämishojelmia.

Bioenergian osalta tulee pyrkiä hallittuun kasvuun, joka voisi olla noin 10-20 % luokkaa vuoteen 2030 mennessä verrattuna 2019 tasoon.

Energiaturpeen käyttö tulee päästökaupan kiristyessä ja yritysten omilla päätöksillä pienenemään nykyisellä verotasolla selvästi hallitusohjelman tavoitetta nopeammin. Energiaturpeen tulevaisuutta vuoden 2030 jälkeen on perusteltua käsitellä 2020-luvun aikana, kun energiajärjestelmän kehitysvauhdin näkymä selkenee. **Energiaturpeen käytön väheneminen tulee arviomme mukaan vähentämään suoraa työllistävyyttä noin 1 000 htv:n verran seuraavien viiden vuoden aikana.** Vuoden 2018 tilanteen perusteella tämä tarkoittaisi noin 1 800 htv työpaikan menetystä, jos välilliset vaikutukset huomioidaan. Muutoksen keskipisteessä olevat ihmiset ansaitsevat oikeudenmukaisen siirtymän uuteen toimintaan alan sisällä tai kokonaan uusilla aloilla. Vastaavasti **bioenergian tuotanto- ja käyttöketjuun on mahdollista luoda arviomme mukaan yllä olevalla kehityksellä n. 2400 htv (suorat työpaikat) lisää vuoteen 2030 mennessä.**

Muutoksen hallinta

Energiasektorin muutoksessa toimitus- ja huoltovarmuus on pidettävä hallinnassa, sillä siihen kohdistuu uusia haasteita. **Olennaista on, että poliittinen ohjaus rakennetaan siten, että toimitus- ja huoltovarmuus on otettu huomioon ja muutos pysyy mahdollisimman hallittuna.** Puuenergian toimitusvarmuutta voidaan parantaa energiapuun riittävää tarjontaa parantavalla energia- ja ilmastopoliitikalla, investoinneilla bioterminaaleihin sekä edistämällä oikeita toimintatapoja.

Energiaturpeen käytössä tapahtuva pudotus ja energiapuun kasvava kysyntä tulisi ottaa huomioon myös Kemera-laissa ja sitä täydentävässä asetuksessa, jotta mahdollisimman suuri osa kysynnästä saataisiin kohdennettua metsänhoitorästeihin. Suomessa on edelleen nuorten metsien harvennusrästejä noin 800 000 ha. Energiapuun saatavuutta voidaan pidemmällä aikavälillä edistää myös panostuksilla metsänkasvuun (esim. tuhkalannoitus, metsitys, jalostetut taimet).

Osaaminen nyt ja tulevaisuudessa

Suomi on paitsi suhteellisesti suuri bioenergian tuottaja ja käyttäjä myös bioenergiateknologian osaamiskeskittymä. Suomalaiset yritykset ovat kestävässä liikennepolttoaineissa maailman kehityksen kärjessä. Suomessa toimivien yritysten markkinaosuus biokattiloissa on 2010-luvulla ollut yli neljännes. Suomessa on myös tällä sektorilla vahvoja tutkimuslaitoksia ja yliopistoja. Mitä enemmän päästöjä maailmassa vähennetään, sitä enemmän kestäväää ja uudenaikaista bioenergiateknologiaa tullaan tarvitsemaan (IEA 2019, IRENA 2019). **Huippuluokan bioenergiateknologian valmistus tulisi ottaa huomioon myös kestävä rahoituksen kriteereissä.**

Pariisin ilmastopöytäkirjassa mainittuun ja Marinin hallituksen tavoittelemaan 1,5 asteen lämpenemisskenaarioon ei tulla pääsemään ilman, että hiiltä saadaan ilmasta pois myös teknologian avulla. Biomassan käyttö hiilen talteenotolla (BECCS/BECCU/PyCCS) on tässä yksi avainteknologioista. Tämä on Suomelle uusi nouseva mahdollisuus, johon tulisi tarttua nyt, kun markkina on vasta syntymässä. **Suomeen tulisi luoda maailman parhaat edellytykset tuottaa biomassaan perustuvia kestäviä ja jopa hiilinegatiivisia tuotteita.** Tätä palvelisi kohdennettu demojen ja pilottien rahoitus esimerkiksi uuden Ilmastorahaston kautta.

Bioenergia ry:n strategia ja vähähiilisyys

Bioenergia ry on vuonna 2012 perustettu edunvalvontajärjestö, jonka tarkoituksena on edistää bioenergian ja turpeen tuotannon, käytön, kilpailukyvyn ja taloudellisuuden yleisiä edellytyksiä kestävästi. Yhdistys edistää eri tuotantomuotojen tasapuolisuutta ottaen huomioon biomassan käytöstä saatavan jalostusarvon. Yhdistys myös edistää toimialan osaamista ja jäsentensä välistä yhteistyötä sekä parantaa alan yleisiä toimintaedellytyksiä.

Ilmastopolitiikan toteuttamisessa Bioenergia ry on koko olemassaolonsa ajan tukenut tarkoituksensa mukaisesti tavoitetta nostaa uusiutuvan ja kotimaisen energian osuutta Suomessa yli 50 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Yhdistys on vuonna 2019 tehnyt toiminnalleen uuden strategian. Uudessa visiossaan yhdistys haluaa kehittää toimialaa suuntaan, jossa Suomessa on maailman parhaat edellytykset tuottaa biomassaan perustuvia kestäviä ja jopa hiilinegatiivisia tuotteita. Toiminnassa pyritään mahdollisimman korkeaan jalostusarvoon ja vientiin sekä tukemaan energiaomavaraisuutta, energian toimitus- ja huoltovarmuutta, työllisyyttä ja aluetaloutta. Yhdistys ja sen jäsenkunta toimivat osana bio- ja kiertotaloutta, jossa energiaa otetaan talteen sivuvirroista.

Yhdistys on valmis Suomen hallitusohjelman asettamaan haasteeseen ja tukee EU:n tavoitetta olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Ilmastomuutoksen hillinnässä pelkkä päästöjen vähentäminen ei kuitenkaan enää riitä, vaan hiiltä on saatava pois ilmakehästä. Siihen on useita erilaisia keinoja, kuten metsitys, metsän kasvun tehostaminen, biohiili, bioenergiaan kytketty hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (bio-CCS) sekä erilaiset kompensointipalvelut. Päättäjät ja kansalaiset toivovat ilmastopolitiikan toteuttamisen kanssa samanaikaisesti hyvinvointia, talouskasvua ja laadukkaita työpaikkoja.

Nykytilanteesta kohti 2030-luvun visiota tarvitaan hallittu siirtymä. Siirtymän tulee olla sosiaalisesti oikeudenmukainen. Se voidaan toteuttaa huomioiden samanaikaisesti ilmasto, toimitus- ja huoltovarmuus, työpaikat sekä verotulot. Vuoden 2025 osalta yhdistys tähtää siihen, että:

- investointiympäristö on poliittisen ohjauksen osalta vakaa ja markkinaehtoinen
 - ilmasto- ja energiapolitiikan isoista asioista sovitaan parlamentaarisesti ja sidosryhmiä kuullen, jotta vältetään poukkoilevalta päätöksenteolta
 - rakennetaan nykyiselle lainsäädännölle, ei korvata sitä
 - bioenergiaa tuotetaan sivuvirroista ja kestävyysvaatimukset kehittyvät ennakoidusti
- alan kansainvälinen ja kansallinen kilpailukyky ovat hyvällä tasolla
- bio- ja kiertotalous kasvavat kestävästi ja energia on sen mahdollistaja
- bioenergian käyttö kasvaa nykytasolta korvaten fossiilisia polttoaineita erityisesti lämmön- ja prosessienergiatuotannossa ja liikenteessä
- biomassan hyötykäytön hyväksyttävyys ja bioenergia-alan imago paranevat.

Bioenergian käyttö tulee arviomme mukaan kasvamaan 2020-luvulla kivihiilen käyttökiellon, energiaturpeen käytön vähenemisen sekä lisääntyvän biokaasun ja nestemäisten biopolttoaineiden käytön myötä. Bioenergian osalta tulee pyrkiä hallittuun kasvuun, joka voisi olla noin 10-20 % luokkaa vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2019 tasoon.

Alan muu kehitysnäkymä ja alan tarjoamat mahdollisuudet vuoteen 2035 voidaan summata seuraavaan taulukkoon. Kansantalousvaikutus syntyy kotimaisen energian ja tuontibiomassan polttoaineketjun lisäarvosta sekä osaamisen viennistä ja näihin liittyvästä työllisyydestä ja verotuloista.

Tuotteet	Työllisyys	Osaamisen vienti	Tuonti	Innovaatiot
• Biolämpö • Biosähkö • Kaasumainen bioenergia • Nestemäiset biopolttoaineet • Pelletit ja brikitit • Kasvualustat • Kuivikkeet • Aktiivihiili • Teknologia	<u>Bioenergia:</u> n. +2 400 htv vuoteen 2030 mennessä (=vain bioenergian polttoaineketju, suorat työpaikat) <u>Turveala:</u> n. -1 000 htv 2025 mennessä (suorat työpaikat)	Esimerkkejä: • korjuuteknologia • polttoaineen käsittely • kattilat • liikenteen biopolttoaineet • biokaasulaitokset • savukaasujen puhdistus • mittaustekniikka	• hake • pelletit • muu energiapuu (esim. metsätuhot)	Mahdollisuuksia esim: • BECCS / BECCU • PyCCS / PyCCU • integroidut ja hybridi-järjestelmät • liikenteen biopolttoaineet • uudet turvetuotteet

Toimialan vaikutukset

Investoinnit ja työllisyys

Bioenergia on nykytilanteessa pitkälti kotimainen energialähde ja lisää siten investointeja ja työllisyyttä Suomessa.

Lämpö- ja voimalaitoksissa käytettiin vuonna 2019 kiinteitä puupolttoaineita kaikkiaan 20,5 miljoonaa kiintokuutiometriä. Metsäteollisuuden tuottamaa sivutuote- ja jätetuuta käytettiin yhteensä 11,6 miljoonaa kuutiometriä. Sivutuotteet koostuivat kuorista, erilaisista puruista, teollisuuden puutähteistä ja muusta sivutuotepuusta. Puupellettejä ja -brikettejä poltettiin 0,2 miljoonaa ja kierrätyspuuta noin 1,1 miljoonaa kuutiometriä. Edellä mainittujen puusivutuotteiden tai jäteperäisten puujakeiden lisäksi käytettiin metsäenergiaa noin 7,5 miljoonaa kuutiometriä.

Päätehakkuiden sivutuotteina kertynyttä hakkuutähteitä käytettiin noin 2,9 miljoonaa kuutiometriä. Järeää lahovikaista ja pystykuivaa runkopuuta poltettiin 0,4 miljoonaa ja kantoja 0,3 miljoonaa kuutiometriä. Pääosa metsäenergiasta, 3,9 miljoonaa kuutiometriä, valmistettiin pienpuusta eli karsitusta tai karsimattomasta rangasta. Pienpuu syntyy merkittävältä osin metsien hoito- ja harvennushakkuissa, joilla varmistetaan metsien kasvua arvokkaammaksi tukki- ja kuitupuuksi sekä vaalitaan metsien terveyttä.

Vuoden 2019 osalta metsäteollisuuden raakapuun käyttö oli noin 71 miljoonaa kuutiota, joista kotimaista noin 61 miljoonaa kuutiota. Energiakäyttöön päätyvän pienpuun osuus on noin 3 - 5 % Suomessa käytettävän raakapuun kokonaismäärästä. Suomessa energiatuotantoon käytettävät puupolttoaineet syntyvät metsäteollisuuden sivutuotteina tai metsien hoidon sivutuotteina.

Suomessa käytettävä puuenergia on suurelta osin, noin 60 %, peräisin metsäteollisuuden, erityisesti sahateollisuuden toiminnasta. Puuperäisen energian saatavuuden varmistamiseksi on erittäin tärkeää, että metsä- ja sahateollisuuden toimintaedellytykset säilyvät kilpailukykyisinä sekä metsien hyödyntäminen kestävästi on mahdollista myös tulevaisuudessa.

Investointien ja kansantalousvaikutusten sekä työllisyyden välillä on yleensä positiivinen riippuvuus. Investoinnit vähähiilisyteen tuottavat bioenergiatoimialalla uutta kotimaista alue- ja makrotalouden tulovirtaa, joka realisoituu henkilötyövuosina etenkin työvaltaisissa t&k-hankkeissa ja myös tuotantotoiminnassa, mikäli nämä saadaan avoimessa taloudessa pidettyä kotimaassa.

Bioenergian työllistävyydestä ei ole aivan viime vuosina tehtyä arviota. Gaia Consultingin selvitys vuodelta 2014 antaa joitakin lähtökohtia arvioida työllisyys- ja kansantalousvaikutuksia. Sen mukaan 1 TWh:n lisäys metsähaketta tuottaa 154 htv ja 37 M€:n kansantalousvaikutuksen.

Vuonna 2019 Suomessa käytettiin metsähaketta 7,6 miljoonaa m³ (15,1 TWh), josta kotimaan osuus oli noin 79 % ja arvioitu suora työllistävyys siten noin 1 800 htv.

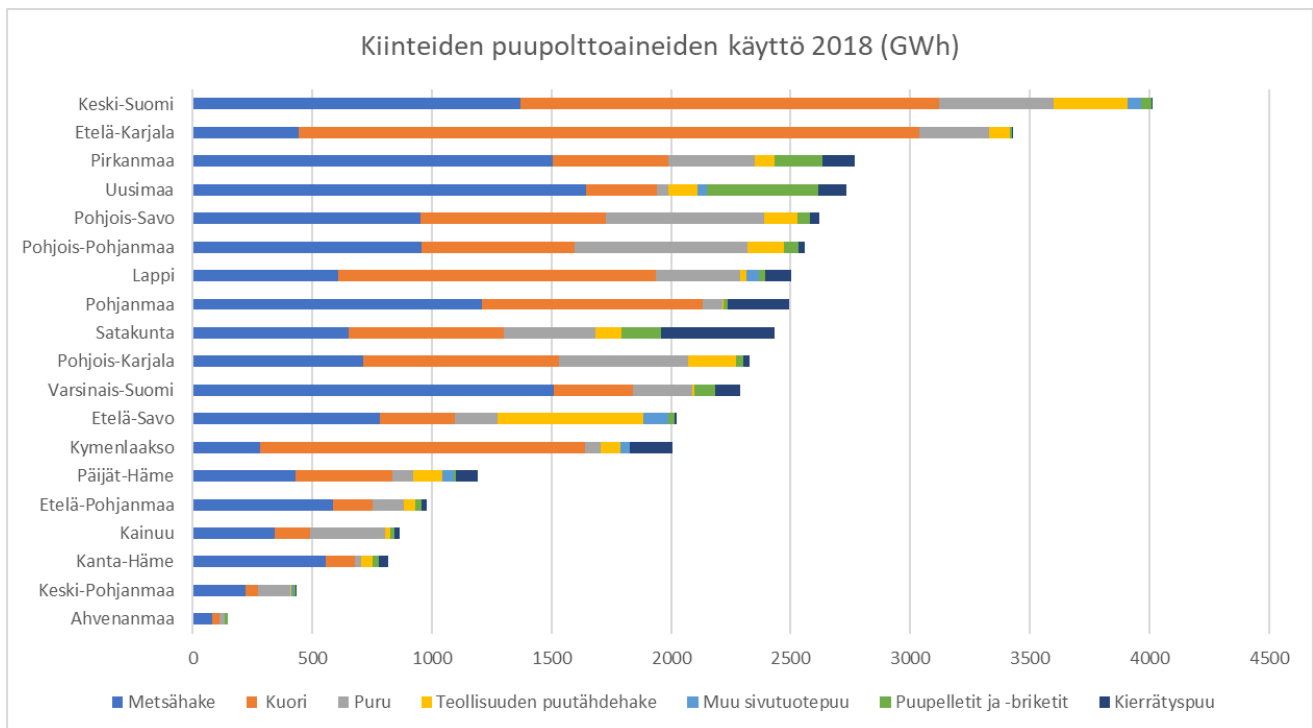
Edellisen perusteella 10 TWh lisää metsähaketta tuottaisi noin 1500 htv:n työllisyysvaikutuksen. Metsäteollisuuden sivujakeiden käyttö energiaksi, biokaasun tuotanto ja käyttö sekä bioenergiaan liittyvän teknologian tutkimus, kehittäminen ja kaupallistaminen sekä tuotanto merkitsevät varovaisestikin arvioiden vähintään 2000 htv:n lisäystä työllisyyteen vuoteen 2030 mennessä.

Taulukko 1. Arvio bioenergian kasvun mahdollistamista suorista lisätyöpaikoista.

Bioenergiamuoto	Arvioitu työllistävyys ¹⁾ htv/TWh	2020 htv	2025 htv	2030 htv
Puuenergia ²⁾	100	288	784	992
Biokaasu ³⁾	200	73	436	800
Agrobiomassat ⁴⁾	200	55	327	600
YHTEENSÄ		415	1548	2392

¹⁾ Suorat työpaikat
²⁾ Puuenergia arvioitu koostuvan osin teollisuuden sivutuotteista, osin metsähakkeesta ja tuonnista. Kotimaisen metsähakkeen työllistävyysdeksi on arvioitu 154 htv/TWh (Gaia 2014). Näiden väliset painotukset vaikuttavat työllistävyyteen.
³⁾ Biokaasun työllistävyysdeksi on muutamien toimivien laitosten perusteella arvioitu 200 – 800 htv/TWh eri kokoluokissa (Pakarinen 2015)
⁴⁾ Oletettu biokaasun työllistävyystaso.

Bioenergian käyttö jakautuu kaikkialle maahan. Kiinteiden puupolttoaineiden osalta eniten käyttöä on Keski-Suomessa, Etelä-Karjalassa, Pirkanmaalla ja Uudellamaalla.



Kuva 1. Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden kulutus 2018 maakunnittain (Lähde: Luonnonvarakeskus 2019).

Bioenergia ry:n ja Koneyrittäjien arvion mukaan vuonna 2018 turvetoimiala työllisti suoraan 2 300 htv:n verran ja välillisesti 4 200 htv. Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan maakuntien sekä Savo-Karjalan alueille keskittyy yli puolet alan työllistävästä vaikutuksesta. Energiaturpeen käytön ennustetaan vähenevän puoleen jo vuoteen 2025 mennessä, mikä vähentää suoria työtilaisuuksia 1000 henkilötyövuodella ja välilliset työpaikat mukaan lukien 1800 henkilötyövuodella.

Työllisyysvaikutusten kannalta keskeistä ovat aikajänne, jonka puitteissa työtilaisuuksia syntyy, sekä työtilaisuuksien pysyvyys. Myös työtilaisuuksien alueellinen kohdentuminen on tärkeää. Suomen tulisi pyrkiä vaikuttamaan omin toimin investointiympäristön ennustettavuuteen ja vakauteen, sillä maan rajojen ulkopuolelta tulee paljon muutosimpulsseja. Niihin ketterän talouden on mahdollista ja viisasta reagoida proaktiivisesti ja negatiivisia vaikutuksia tasoittavasti pikemmin kuin niitä voimistaen esim. kansallisilla veroratkaisuilla. Toimialan investointien ja työllisyyden kehityksen kannalta olennaista on, että siirtymä hiili-intensiivisestä tuotannosta vähähiilisyyteen koetaan mahdollisimman reiluksi myös pk-yritys- ja työntekijätasolla. Tällä voidaan osaltaan turvata tulevaisuudessa tekijöitä työvoimapulasta kärsivälle bioenergia-alalle.

EU:n oikeudenmukaisen siirtymän mekanismista täytyy ottaa kaikki sen tarjoama hyöty irti. Lopulliset päätökset tähän liittyvän JTF-rahoituksen lopullisesta määrästä ja käytännön yksityiskohdista EU-tasolla odottavat tätä kirjoitettaessa lopullisia päätöksiä. Tämän oikeudenmukaisen siirtymän rahoituksen hyödyntämisessä EU:n ohjelmakaudella 2021 – 2027 aivan keskeinen rooli tulee olemaan maakunnallisilla oikeudenmukaisen siirtymän suunnitelmilla, jotka linkitetään kansallisella tasolla Suomen ilmasto- ja energiasuunnitelman kanssa. Niiden laadintaan ja vaikuttavuuteen tulisi panostaa jo päättyvällä ohjelmakaudella sekä koota keskeiset tahot valmisteluun.

Bioenergian päästöt ja hiilensidonta

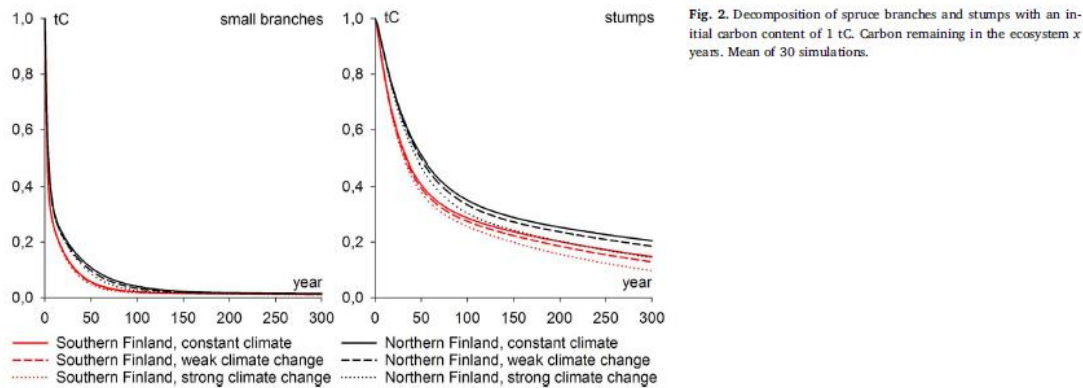
Suomessa bioenergia perustuu pääosin erilaisiin metsätalouden ja –teollisuuden sivuvirtoihin, joita syntyy tulevien vuosikymmenten aikana maa- ja metsätaloudessa edelleen. Bioenergian käyttö on perustunut ja perustuu edelleen sen potentiaaliin korvata muuta polttamista (substituutio). Vuonna 2019 fossiilisten polttoaineiden ja energiaturpeen osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta oli tiivistyvistä ilmastotoimista huolimatta edelleen 39 %.

Puunkorjuu metsistä vaikuttaa päästöihin, mutta on virheellinen käsitys, että päästöt jäisivät laskematta. Päästöt otetaan huomioon ja myös raportoidaan YK:n ja IPCC:n ilmastopöytäkirjan ohjeistuksen mukaisesti maankäyttösektorilla. EU:n LULUCF-asetuksen myötä Suomella on maankäyttösektorilla nyt myös hyvin konkreettinen päästövähennystavoite. Jos korjattu puu lasketaan päästökseen myös energiasektorilla, päästö lasketaan kahteen kertaan, jolloin bioenergiaketju näyttää todellista huonommalta. Bioenergian käyttö on vuosina 1990 – 2019 kasvanut Suomessa 2,5 -kertaiseksi, kun taas Suomen nettopäästöt ilman kaikilta sektoreilta ovat vähentyneet 37 %.

Sivuvirtojen käyttämättä jättäminen ei lähtökohtaisesti johda tilanteeseen, jossa hiilidioksidi sitoutuisi tehokkaasti (verrattuna esim. puurakentamiseen tai bio-CCS:n käyttöön). Luonto vapauttaa vähitellen kuolleen eloperäisen hiilen pääosin ilmaan, ja nopeus riippuu jakeesta ja sijainnista. Vaarana on, että pidemmällä (mutta silti ilmastomuutoksen torjunnan näkökulmasta hyvin relevantilla aikavälillä, esim. 20-100 vuotta) aikavälillä ilmaan päätyvät lähivuosina puun sijasta käyttämämme fossiilisen polttoaineen päästöjen lisäksi myös metsään jätetyn ja tehokkaasti hajautetun puun päästöt.

Sekä suomalaiset että ruotsalaiset viime aikojen tutkimukset (esim. **Rautiainen et al 2018, Persson 2017**) esittävät selvästi, että biomassassa on polttoaineen hankinnan päästöt huomioiden ilmastopakotteeltaan lähes millä tahansa aikavälillä kivihiiltä merkittävästi parempaa, vaikka sen suora päästökerroin on suurempi ja vaikka poltettaisiin hitaimmin hajoavia jakeita, kuten kantoja. Kantojen osuus lämpö- ja voimalaitosten käyttämästä metsähakkeesta oli tosin vain 4,7 % vuonna 2018. Hieman yli kolmannes metsähakkeesta oli hyvin nopeasti hajoavia hakkuutähteitä,

joista 50 vuodessa hajoaa noin 90 %. Kannoillakin vastaava luku on noin 50 % sijainnista riippuen.



Kuva 2. Hakkuutähteiden ja kantojen hajoaminen luonnossa ajan funktiona (Lähde: Rautiainen et al 2018).

Jos polttamista halutaan vähentää Suomessa tulevina vuosikymmeninä, oikea tapa on *kehittää ensin* energiakäytön korvaavat, suuremman lisäarvon tuotteet. Näin vältetään tilanne, jossa taloudellinen hyöty jää kokonaan saamatta ja hajoamisesta syntyy päästöjä. Korkean lisäarvon tuotteita valmistavien yritysten maksukyky biomassasta on energialaitoksia parempi, jolloin uusien tuotteiden laajentunut käyttö johtaa ennen pitkää puuenergiajakeiden hinnannousuun ja lisää energiantuotannossa painetta etsiä muita energiantuotantoratkaisuja. Energia-ala etsii kuitenkin jo nykytilanteessa polttoon perustumattomia uusia energiaratkaisuja, ja kivihiilen ja turpeen korvaaminen tapahtuuakin osittain jo korvaamalla polttoon perustuvaa tuotantoa esimerkiksi hukkalämpöjen ja lämpöpumppujen hyödyntämisellä. Lisäksi turvetta ja kivihiiltä käytetään lauhde- ja CHP-tuotannossa, joka poistuu ainakin osittain vanhoja laitoksia suljettaessa ja korvattaessa pelkillä lämpölaitoksilla. Tämä muutos pienentää kokonaisuudessaan polttoon perustuvaa tuotantoa.

Toimitus- ja huoltovarmuus

Bioenergia on pääosin kotimainen energialähde ja energiaturve on sitä kokonaisuudessaan. Molempien ominaisuuksiin kuuluu varastoitavuus, minkä arvo yhä enemmän vaihtelevaan sähköntuotantoon nojautuvassa energiajärjestelmässä on kasvussa. Varastoitavuudessa on erilaisia aikajänteitä. Energiaturpeen selvä etu on hyvä ylivuotinen varastoitavuus. Energiapuu alkaa tienvarsivarastoinnissa lahota eikä sitä tulisiakaan näissä oloissa varastoida kahta vuotta pidempään.

Energian toimitusvarmuudessa arvioidaan sitä, onko energian toimitus käyttäjälle luotettavaa ja kohtuuhintaista normaalioloissa. Se jakaantuu kahteen asiakokonaisuuteen: siirto- ja

jakeluverkkojen toimitusvarmuuteen sekä energian ja tehon riittävyyteen. Huoltovarmuudella taas tarkoitetaan väestön toimeentulon, elinkeinoelämän ja maanpuolustuksen kannalta välttämättömän kriittisen tuotannon, palvelujen ja infrastruktuurin turvaamista vakavissa häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa. Suomessa Huoltovarmuuskeskuksen energiahuolto-osasto hoitaa polttoaineiden varmuusvarastointiin liittyviä suunnittelu-, rakennuttamis- ja ylläpitotehtäviä sekä kauppatoimia. Lisäksi osastolle kuuluu tuontipolttoaineiden velvoitevarastointiin ja turpeen turvavarastointiin liittyviä hallinnoimistehtäviä.

Toimitus- ja huoltovarmuuden taso on tärkeä kysymys, kun energiajärjestelmä on voimakkaan muutoksen keskellä. Pöyry Management Consulting arvioi 2019 energiamurrokseen liittyviä huoltovarmuusriskejä. Näitä olivat ainakin:

- ulkomaisen puupolttoaineen saatavuus ja kotimaisen puupolttoaineen saatavuus sekä toimitus energialaitoksille,
- ulkomailta tuotavien liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineiden tai biokomponenttien saatavuus,
- lämmöntuotannon toimitusvarmuus turpeen käytön vähenemisen johdosta, ja
- sähköntuotannon toimitusvarmuus ja kapasiteetti huippukulutuksen aikaan

Olennaista on, että poliittinen ohjaus rakennetaan siten, että toimitus- ja huoltovarmuus on otettu huomioon. Muutoksen tulisi pysyä mahdollisimman hallittuna. ÅF Consulting (2019) selvityksessä todettiin esimerkiksi, että turpeen verotuen poisto johtaisi energiaturpeen käytön loppumiseen 2020-luvulla ja sen korvautumiseen lähinnä kiinteällä biomassalla. Turpeen käytön loppumisella olisi merkittäviä kustannusvaikutuksia yksittäisissä kaukolämpöverkoissa, joissa tarvittaisiin ennenaikaisia investointeja. 2020-luvun lopussa jopa neljännes energiantuotannossa käytetystä biomassasta täytyisi tuoda ulkomailta. Työ- ja elinkeinoministeriön tilannekuvassa (TEM 2020) todetaan, että lämmityskaudella 2020/2021 sahateollisuuden viennin vaikeudet tulevat vähentämään metsäteollisuuden sivutuotteiden tarjontaa, mikä taas lisää energiaturpeen kysyntää.

Puuenergian toimitusvarmuutta voidaan parantaa energiapuun riittävää tarjontaa parantavalla energia- ja ilmastopolitiikalla (esim. Kemera-lain kautta), investoinneilla bioterminaaleihin sekä edistämällä oikeita toimintatapoja.

Bioenergian kestävyys

Biomassan kestävyys määriteltiin uusiutuvan energian päivityksessä, REDII-direktiivissä. Se koskee bioenergiaa loppukäytöstä ja maantieteellisestä alkuperästä riippumatta. Metsä- tai viljelykriteerit eivät koske sivutuotteita.

Kestävyyslainsäädäntö määrittelee vähimmäistasot. Kestävyyskriteerit ovat osa yhteiskunnallista keskustelua ja biomassan hyväksyttävyyttä. Siksi ne eivät ole staattisesti vain se, mitä

lainsäädäntö vaatii. On oletettavaa, että osa toimijoista käyttää jatkossa rajaavampia kriteereitä vapaaehtoisten kestävyys- ja sertifiointijärjestelmien myötä.

Direktiiviin on rakennettu myös tarkistuspiste vuodelle 2023, mikä saattaa avata keskustelun joidenkin jakeiden osalta ja mahdollisesti kiristää vaatimuksia.

Metsätalouden monimuotoisuutta varmistetaan Suomessa lainsäädännön lisäksi monilla vapaaehtoisilla toimilla ja suojeluohjelmilla. PEFC:n kotimaista standardia ollaan uudistamassa ja on odotettavissa, että säästöpuiden ja lahopuiden vähimmäismäärää ollaan lisäämässä. Samoin komission toukokuussa esittelemä EU:n biodiversiteettistrategia osaltaan korostaa tarvetta varmistaa, että bioenergian raaka-aineeseen hankinnassa tehdään käytännön toimia monimuotoisuuden turvaamiseksi. Tavoite kohdistuu erityisesti lahopuiden sekä ruoka- ja rehukasvien energiankäytön minimoimiseen. Monimuotoisuuden edistämisen vaikutus bioenergian kokonaissaatavuuteen ei kuitenkaan voi arvioida olevan merkittävä.

Bioenergiasektorin hiilikädenjälki

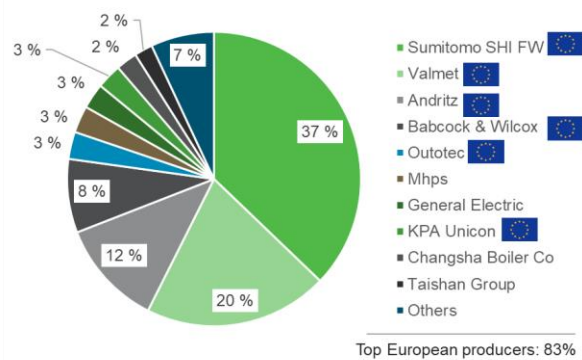
Hiilikädenjäljellä kuvataan tuotteen tai palvelun tuottamaa positiivista ilmastovaikutusta, jonka avulla käyttäjän hiilijalanjälki pienenee. Bioenergiasektori on ollut ja on edelleen merkittävässä roolissa fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa. Suomalaisten yritysten osaamista on jo vuosia hyödynnetty niin kotimaassa kuin vientimaissakin. Suomalaisten toimijoiden osuus markkinasta on merkittävä. Vuosina 2009 - 2018 yli neljännes uudesta globaalista biokattiloiden kapasiteetista tuli Suomessa toimivilta yrityksiltä ja EU:ssa osuus oli jopa 46 %. Valmet on arvioinut biokattiloidensa käytön ansiosta hiilidioksidipäästöjen vähentyneen 467 miljoonaa tonnia vuodesta 1990, kun vertailukohtana on kivihiili (Valmet 2020) eli yli 15 miljoonaa tonnia vuosittain (tasaisesti 30 vuodelle laskettuna). Neste on arvioinut uusiutuvien tuotteidensa vähentäneen päästöjä noin 9,6 miljoonaa tonnia vuonna 2019 ja pyrkii nostamaan vaikutuksen 20 miljoonaan tonniin vuosittain 2030 mennessä (Neste 2020). Gasumin biokaasu Suomessa ja Ruotsissa tehtiin 757 000 tonnista erilaisia biomassoja (74 % biojätteitä, 22 % jätevesilietteitä ja 4 % maatalouden sivuvirtoja) vuonna 2019 (Gasum 2020). Suomalaisella teknologialla siis vähennetään päästöjä merkittävästi myös kansainvälisellä tasolla.

Mitä enemmän päästöjä maailmassa vähennetään, sitä enemmän kestävä ja uudenaikaista bioenergiateknologiaa tullaan tarvitsemaan (IEA 2019, IRENA 2019). On siis odotettavissa, että myös suomalaisten toimijoiden hiilikädenjälki jatkaa kasvuaan.

Global power boiler markets 2010-2019

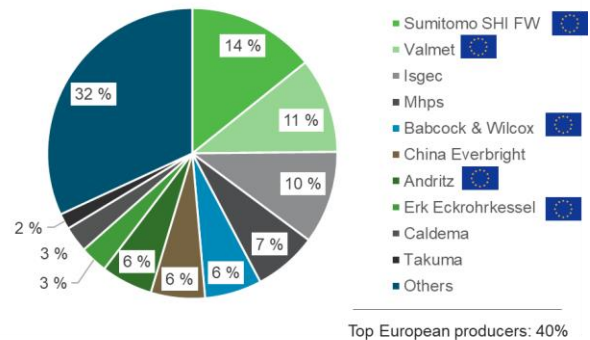
Awarded capacity

New biomass¹ fluidized bed boiler orders Market share by top players



Total 14,0 GW_e

New biomass boiler orders² Market share by top players

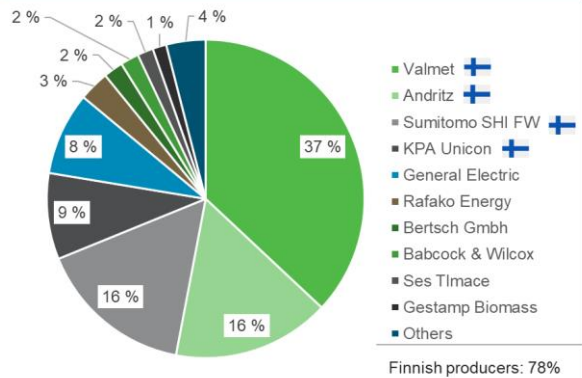


Total 38,1 GW_e

EU-27 power boiler markets 2010-2019

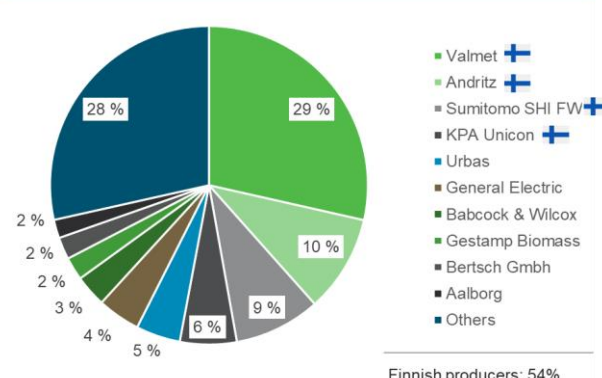
Awarded capacity

New biomass¹ fluidized bed boiler orders Market share by top players



Total 3,6 GW_e

New biomass boiler orders² Market share by top players



Total 6,9 GW_e

Kuva 3. Biomassaa käyttävien kattiloiden (vasemmalla leijupetikattilat, oikealla kaikki) uusi kapasiteetti ja markkinaosuudet globaalisti ja EU:ssa 2009-2019 (Lähde: Valmet 2020).

Käytön lisäpotentiaalit

Maatalouden biomassat

Raaka-aineiden lisäsaatavuuspotentiaali

Maatalousperäistä energiaa voidaan saada lisää erilaisista lähteistä:

1. Maatalouden sivuvirroista
2. Energiaksi viljeltävistä yksi- tai monivuotisista peltokasveista
3. Pelloilla kasvatettavista lyhyen kasvukierroksen puista
4. Peltosten metsittämisestä

Yhteensä maatalouden sivuvirtoihin ja viljelykierroissa osana viljeltäviin energiakasveihin perustuva energialisäpotentiaali Suomessa voisi ao. selvitysten perusteella olla luokassa vähintään 14 TWh/a. Tämä potentiaali perustuu virtoihin, jotka eivät häiritse elintarviketuotantoa. Lisäksi on mahdollista saada merkittävä lisäys esimerkiksi käyttämällä osa metsitettävistä pelloista lyhytkiertoviljelyyn tai energiakasveille. Esimerkiksi 100 000 ha lyhytkierrosten puiden viljelyllä saisi yli 2 TWh vuositason, 20 vuoden kiertokaudella.

Riippuen miten energia tuotetaan, voi osa siitä olla myös ilmastovaikutuksiltaan nettonegatiivista, mikäli kyseessä on biohiilen tuotanto tai biokaasun tai liikenteen biopolttoaineiden tuotannon yhteydessä otetaan hiilidioksidi talteen.

Tässä yhteydessä voidaan todeta, että Ruotsissa Svebion tiekartassa (Färdplan Bioenergia, 2020) arvioidaan maatalousperäisen bioenergian potentiaalin olevan lyhyellä tähtämellä 18 – 20 TWh ja pitkällä tähtämellä yli 50 TWh.

Maatalouden sivuvirrat

Peura ym. (2017) katsoo käyttämättömän viljan olkien potentiaaliksi 5 TWh vuositason. Laskentaoletuksina Peura käyttää sitä, että maataloudesta voidaan käyttää 50 % syntyvästä oljesta haittaamatta elintarviketuotantoa ja maan kasvukuntoa. Näistä energiaksi käytetään 45 % ja 5 % menee kuivitukseen.

Olkea voidaan käyttää raaka-aineena nestemäisten biopolttoaineiden tuotannossa. Neste Oil tutki 2010-luvulla oljen käyttöä mikrobiöljyn tuotannossa. Silloin arvioitiin mahdollisuutta rakentaa 200 000 tonnia olkea käyttävä laitos, mutta hanke keskeytettiin vuonna 2014. Olki voi myös toimia toisen sukupolven etanolin raaka-aineena. Muun muassa Atte Laukkanen on pyrkinyt 2010-luvulla käynnistämään olkietanolilaitosta.

Luostarinen ym. (2019) arvioivat, että koko Suomen lannasta on teoreettisesti tuotettavissa 3,93 TWh biokaasua ja teknistaloudellinen potentiaali olisi 1,8 TWh. Käytettäessä syötteissä 10 % massaosuudella lisäksi nurmea, olisi lannan ja nurmen yhteinen teknistaloudellinen energiapotentiaali 2,26 TWh/a (nurmen osuus 0,46 TWh).

Energiakasveja voisi myös käyttää jalostamalla ne seoksena puubiomassan kanssa tai pelkästään pelleteiksi. Tällöin polttoaineen säilyttäminen ja kuljetus olisivat selkeästi helpompia. Mobiilikäyttöisiä pellettipuristamoja on kehitetty sellaisiksi, että pellettiä syntyy suoraan pellolla irta-olkea kerättyä. Agripellettien käyttökohteita ovat maatilojen lämpölaitokset tai suuremmat lämpölaitokset.

Tällaisten 'agripellettien' markkinat ovat käynnistymässä Euroopassa, Etelä-Amerikassa sekä Aasiassa. Raaka-aineina voisivat olla Suomessa viljanoljet, rypsin ja rapsin varsistot sekä viljan lajittelutähteet. Peura on jo ottanut arviossaan huomioon 50 % viljan oljista, muttei sen sijaan ole ottanut huomioon öljykasvien varsia. Öljykasvien varsien energiasisältö on noin 10 MWh/ha ja viljelyala on ollut viime vuosina 40 – 60 000 ha, jolloin niiden teoreettinen energiasisältöpotentiaali on noin 0,5 TWh.

Viljeltävät energiakasvit

Peura ym. arvioi heinäkasvien ja muun maatalouden biomassan energiapotentiaaliksi 6,1 TWh/a, jos biokaasun syötteenä käytettäisiin 10% peltoviljelyalasta (n.200 000 ha).

Ruokohelpeä voidaan käyttää joko lämpölaitosten seospolttoaineena keväällä kerättyä tai syksyllä tuoreena kerättyä biokaasun raaka-aineena. Ruokohelvestä voidaan myös tehdä sellaisenaan tai seoksena muiden puuperäisten tai muiden raaka-aineiden kanssa pellettiä, jolloin käyttömahdollisuudet laajenevat. Ruokohelven viljely on toki mahdollista myös elintarvikekäytöstä poistuvilla peltolohkoilla tai muulla maatalousmaalla, jolloin potentiaali riippuu kustannuskilpailukyvyistä verrattuna muuhun viljelyyn.

Laasasenaho (2019) arvioi, että poistuvalla turvetuotantoalalla voisi kasvattaa ruokohelpeä 0,3 TWh/a biometaanin tarpeisiin vuoteen 2045 mennessä. Vuonna 2034 määrä olisi noin 0,2 TWh. Vuosittain poistuva turvetuotantoala on viime vuosina ollut noin 3400 ha, mutta osa pinta-alasta ei ole tuotannon jälkeisen vedenousun tai pohjan kivisyyden takia kelpollista esimerkiksi ruokohelvelle tai energiapajulle. Karkea arvio energiakasveille soveltuvaan ja lyhytkiertoviljelyyn sopivasta alasta on noin 10 – 20 % poistuvasta alasta.

Lyhytkiertoviljelmät ja metsittäminen

Mikkolan (2012) mukaan nopeakasvuisten puiden, kuten hybridihaavan ja rauduskoivun kasvattamisella saadaan lähes yhtä hyvä energiasuhde, kuin C4-kasveista lämpimämmissä maissa. Pellolla kasvatetun puubiomassan nettoenergia olisi yhtä suuri (14 – 24 MWh/ha) kuin suomalaisten peltoenergiakasvien.

Hieskoivun viljely 20-30 vuoden kierrolla poistuvilla suonpohjilla on Luken tutkimuksen mukaan osoittautunut kilpailukykyiseksi, noin 20 €/MWh kustannuksella (Jylhä, 2019). Myös harmaaleppä voisi olla kiinnostava 15-20 vuoden kiertoajalla (Seilonen, 2018).

Pajun viljelyn mahdollisuuksia on Suomessa tutkittu jo 70-luvun energiakriisin jälkeen. Jalostettujen lajikkeiden tuotanto on eteläisemmässä Suomessa 6 – 10 kuiva-aine tn/ha/a käytettäessä lannoitusta (Carbons Finland, 2019). Tämä vastaa noin 20 – 45 MWh/ha/a. Joensuun tasolla on saatu 5-6 tn/ha. (Karvonen, 2014). Viljelmä tuottaa kasvustoa 20 – 25 vuotta hyvin hoidettuna, minkä jälkeen se voidaan uusia kunnostusjyrsimällä juurakko ja istuttamalla uudet pistokkaat (Carbons Finland, 2019).

MISA-hankkeen mukaan Suomessa voisi olla potentiaalisia metsitettäviä kohteita 2020-luvun alussa noin 140 000 ha ruohikkoalueita. Sen lisäksi arvioitiin, että noin 3000 ha/a peltoalaa tulee hylätyksi, vuoteen 2050 mennessä yhteensä 100 000 ha. Lisäksi MISAn arvion mukaan poistuvaa turvetuotantoalaa voitaisiin metsittää noin 3000 ha/a, yhteensä noin 100 000 ha vuoteen 2050 mennessä. Bioenergia ry:n arvion mukaan realistisempi metsitysala olisi noin 30 000 ha 2050 mennessä.

Potentiaalisia metsityskohteita ovat hylätyt pellot ja laitumet eli niin sanotut ruohikkoalueet. Ruohikkoalueet sisältävät nurmet, joita ei käytetä tuotantonurmina, peltokokonaisuuteen kuuluvat ojat, energiakasvien viljelyalat ja käytöstä pois jääneet ns. hylätyt pellot, jotka voivat olla puuttomia tai hiljalleen metsittymässä.

Suomessa on noin 2,49 Mha peltomaata, aktiivikäytössä 2,27 Mha. MALUSEPO-hanke (Lehtonen, 2019) arvioi edellytyksiä hiilineutraaliin yhteiskuntaan siirtymisessä maatalouden osalta. Viljely- ja ruokavaliomuutoksilla viljelysmaana oleva peltoala voisi vähentyä 470 – 812 000 hehtaaria vuoteen 2050 mennessä ja tästä voisi siirtyä 43 – 150 000 ha bioenergian tuotantoon, kun käytetään VTT:n Times-mallia. Korkea bioenergian osuus korreloi päästöoikeuden hinnan nousun kanssa. MALUSEPON Jatkuvan kasvun skenaariossa metsitettäväksi suunnitellusta peltoalasta noin 400 000 ha tapahtuisi kivennäismailla. Tästä alasta voisi toisenlaisella skenaariolla siirtyä energiakäyttöön enemmän tai vähemmän kuin 43 – 150 000 ha. Mikäli esimerkiksi pajua istutettaisiin 500 ha vuonna 2021 ja sen jälkeen joka vuosi 15 % enemmän,

voisi pajusta (huomioiden kolmen vuoden kasvu ennen ensimmäistä korjuuta) saada energiaa vuonna 2030 luokkaa 0,2 TWh ja vuonna 2045 noin 2,5 TWh. Tällöin pajua kasvaisi vuonna 2045 noin 105 000 hehtaarilla.

Haasteita ja reunaehdoja lisäpotentiaalin toteutumiselle

Turvetuotantokäytöstä poistuvaa alaa voidaan käyttää vain osittain energiakasvien viljelyyn tai lyhytkiertokasvatukseen. Yksi keskeinen este on turvetuotantoalan sijaitseminen pohja- tai orsiveden pinnan alapuolella, jolloin ala muuttuu kosteikoksi pumppauksen loputtua. Toinen este voi olla liika kivikkoisuus koneistutusta ajatellen.

Lyhytkiertokasvustojen, kuten pajun viljelyn kasvattaminen, vaatii kohtuullisesti alkuinvestointeja lannoituksen ja pistokkaiden osalta. Pajulla investointi on kolmena ensimmäisenä vuonna 1600 – 2000 €/ha (Pajupojat, 2017). Istutus ja korjuu myös edellyttävät, että Suomen konekantaa kehitetään. Yhdellä 4-rivisellä istutuskoneella (Suutari, 2020) voidaan istuttaa enintään noin 400 ha kevätkaudessa. Lyhytkiertoisten puiden viljelyn kannattavuus riippuu politiikasta. Olennaista on, nähdäänkö ne EU:n yhteisen maatalouspolitiikan uudistuksessa (CAP 2027) tai sen jälkeen tuettavana käyttönä.

Uusiutuvan energian direktiivin REDII:n kasvihuonekaasupäästösäästölaskentaa koskien ei ole tiedossa laskelmia Suomesta sen osalta täyttäisikö lyhytkiertokasvatus vaatimukset. Direktiivin taulukkoarvot kuitenkin viittaavat siihen, että ne täyttäisivät raja-arvon.

Ruokohelven nostaminen uudelleen esiin laajasti viljeltäväksi kasviksi vaatii paljon viestinnällistä panostusta ja uudenlaisen tulokulman, esimerkiksi energian käyttö jalostettuna biometaaniksi tai pelletiksi.

Järviruoko on myös yksi mahdollinen lisäsyöte varsinkin meren rannoilta kerättynä. Sitä voisi potentiaalisesti kerätä vuosittain noin 150 000 ha alalta ja energiasisällöltään tämä vastaisi noin 0,6 TWh. Järviruon tuhkan käyttäytyminen on haastavaa ja vaatii sen käyttöön paneutunutta energialaitosta.

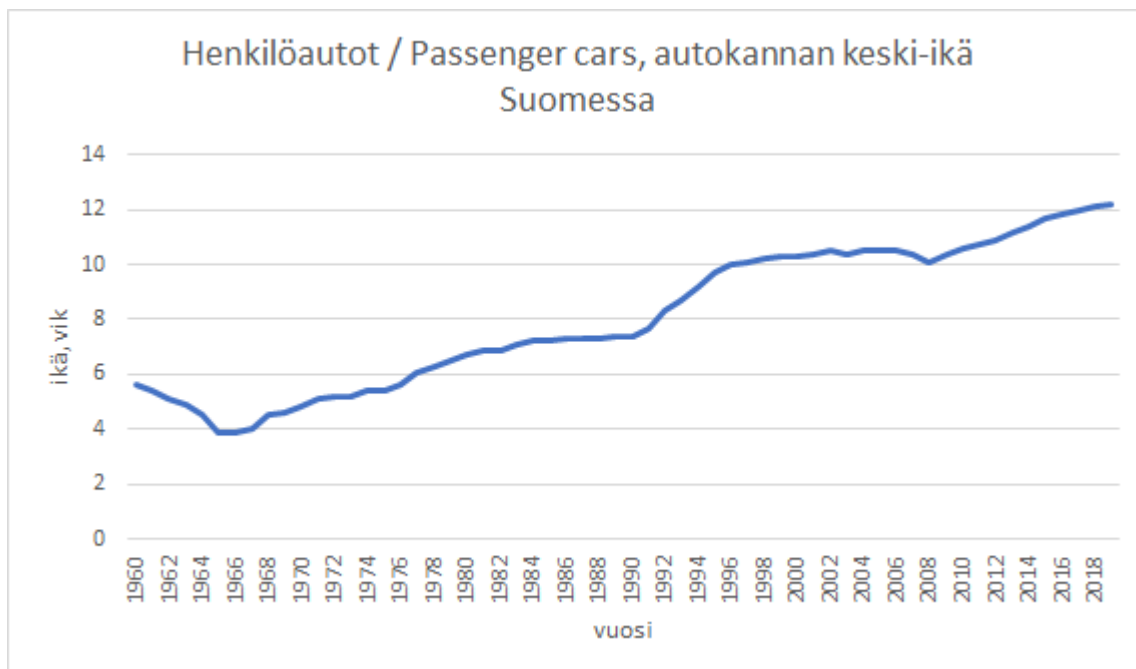
Eläinlantojen lisääntyvä käyttö energiaksi tarjoaa ratkaisuja useampaankin lantaan liittyvään poliittiseen kysymykseen, kuten esimerkiksi lisäpeltojen raivaus ja ravinnevalumien hallinta.

Maatalousperäisellä energialla on joiltain osin mahdollisuus riittävään hintakilpailukykyyn. Tätä parantaa, mikäli päästökauppa ulotetaan koskemaan liikennettä sekä lämmityssektoria laajemmin. Kompensaatiomarkkinoiden edistäminen voisi osaltaan edesauttaa myös energiaviljelyä, sillä osan tuotannosta voisi myydä hiilen sidontana ja osan energiana.

Jokin yhteisen maatalouspolitiikan uudistuksen (CAP27) kautta tuleva tukimuoto tai jotkin tukimuodot ovat edellytyksenä sille, että energiakasvien viljelyä ja lyhytkiertoviljelmiä voidaan lisätä. Mahdollisia muotoja on monia, kuten tuotannosta irrotetun tuen laajentaminen, ekologisen alaan hyväksymisen kautta tai rakennerahaston toimien kautta.

Liikenteen ja lämmityksen biopolttoaineet

Suomessa on Euroopan mittakaavassa iäkäs autokanta, joka uusiutuu hitaasti. Biopolttoaineet ovat olemassa oleva ratkaisu, joilla voidaan vähentää näiden autojen päästöjä tässä ja nyt. Lämmityksen ja työkoneiden polttoaineissa voidaan myös käyttää biokomponenttia. Biopolttoaineiden ja muiden vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttö on 2020-luvulla keskeisin keino vähentää liikenteen päästöjä. Muita ovat autojen energiatehokkuuden paraneminen, joka toteutetaan edellyttämällä, että autonvalmistajat myyvät energiatehokkaampia autoja ja sähköautoja. Kolmas keino on liikennejärjestelmän tehostaminen (julkinen liikenne, pyöräily yms.)

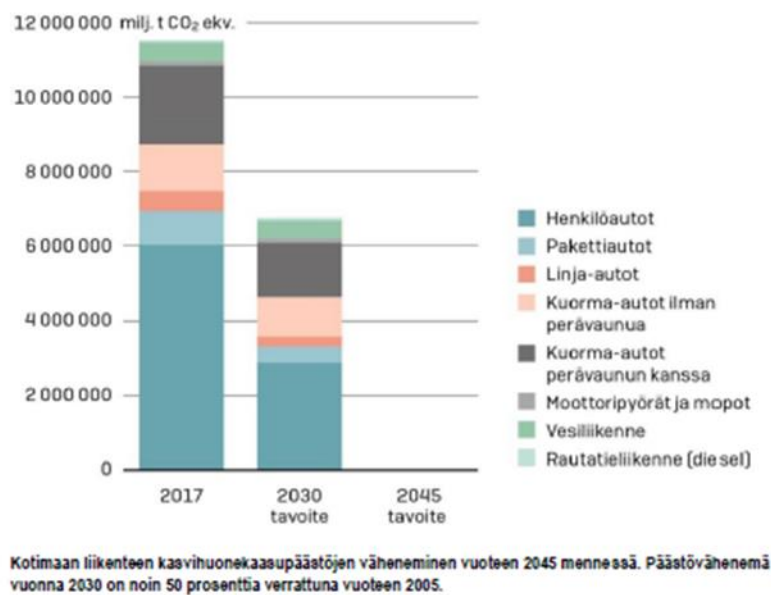


Kuva 4. Henkilöautojen keski-ään kehitys Suomessa 1960-2018 (Traficom 2020).

Vaihtoehtoisten käyttövoimien rooli on kuitenkin suurin ja vuoteen 2030 linjattu biopolttoaineiden jakeluvelvoite on keskeinen, autojen ostopäätöksistä riippumaton tekijä päästöjen

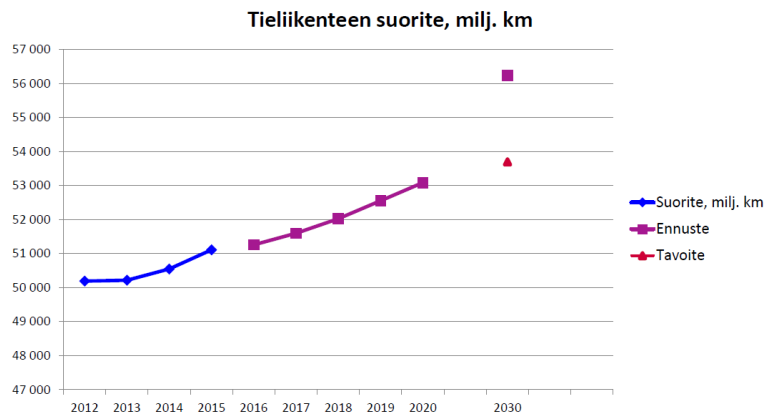
vähentämisessä. Se merkitsee 1,8 miljoonaa tonnia CO₂, kun jakeluvaihtoehto on 30 prosenttia energiasisällöstä. Vuonna 2019 hyväksytty lainsäädäntö sisältää myös työkoneille ja lämmitysöljylle oman jakeluvaihtoiteen vuodesta 2021 eteenpäin. Nollapäästöisten ajoneuvojen osuus päästöjen vähentämisessä on voimassa olevan strategian mukaan 0,25 milj. tonnia CO₂.

Autokauppa on edennyt suurin piirtein oletetulla tasolla, mutta autojen energiatehokkuus ei ole toteutunut oletetusti polttomoottoriautojen osalta. Sähkö- ja kaasuautojen rekisteröinti on edennyt odotetusti ja jopa yli odotusten, joskin tässä ollaan vasta kehityksen alkuvaiheessa. Käytettynä tuodaan huomattava määrä autoja ja niistä kasvava määrä on ladattavia hybridejä tai sähköautoja. Merkittävää kuitenkin on uudehkojen dieselautojen ja kaasuautojen suuri osuus käytettyjen autojen tuonnissa.



Kuva 5. Päästöjen vähentäminen 2017 - 2045 (LVM 2018).

Päästöjen vähentäminen toteutuu siis usealla tavalla: ajoneuvokannan kehittymisellä, biopolttoaineilla, sähköllä, kaasulla ja ajosuoritteiden pienentymisellä. Ajosuorite on tosin koko ajan kasvanut. Julkinen liikenne ja taajamien kevyt liikenne tarjoavat myös mahdollisuuksia väestön siirtyessä yhä enemmän muutamaan kasvukeskukseen.



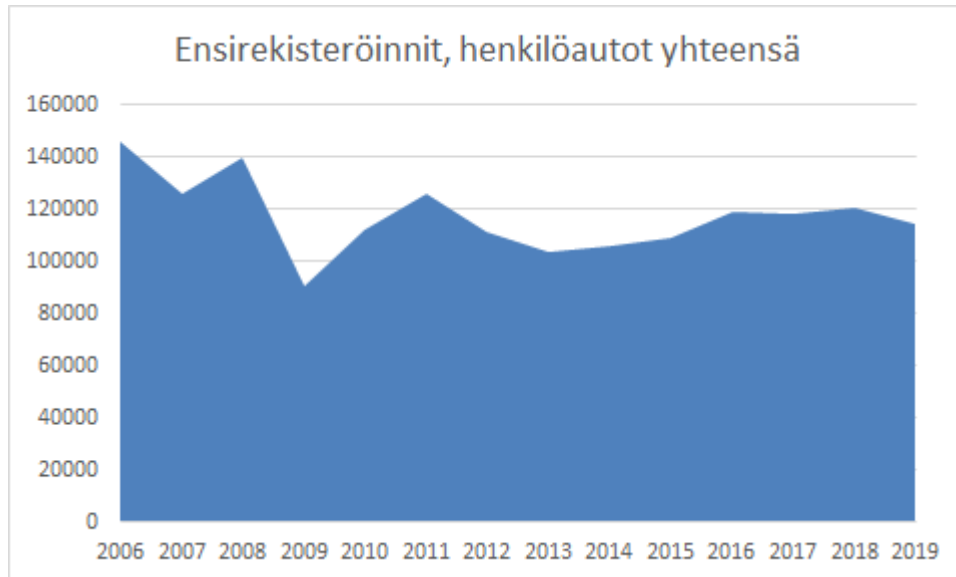
Kuva 6. Liikennesuoritteiden kasvun taittaminen (LVM 2018)

ILMO 45 -työryhmässä oletettiin, että ajosuoritteiden kasvu loppuu 2025. Biopolttoaineiden käyttö kasvaa vuoteen 2030, mutta sen jälkeen se ei nouse, vaikka osuus polttoainemäärästä nousee. 2045 käytettäisiin 14 TWh biopolttoainetta ml. biokaasua, mutta fossiilista ei enää käytettäisi.

Ohjauskeinot

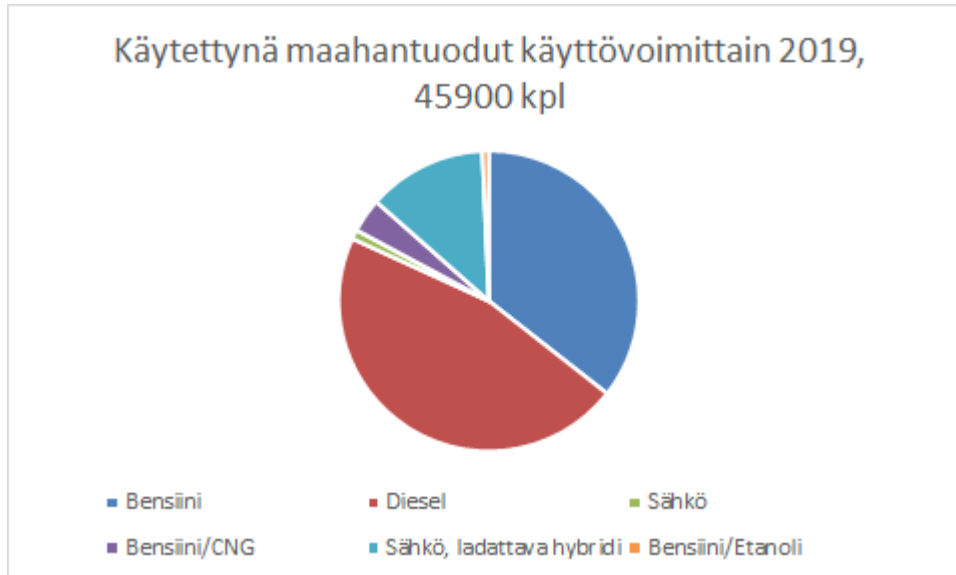
Suurin osa liikkumisesta hoidetaan sähköisesti ja niiltä osin, kun sähköllä ei pystytä hoitamaan liikennettä, voidaan lisätä biopolttoaineiden käyttöä samalla kun biopolttoaineiden kysyntä lentoliikenteessä on noussut.

Liikenteen verotus kohdistuu autojen hankintaan, polttoaineen käyttöön, vuosittain maksettavaan ajoneuvoveron perusveroon ja käyttövoimaveron.



Kuva 7. Henkilöautojen ensirekisteröinnit (Traficom 2020)

Sähköautojen myyntiä ohjaavat ennen kaikkea autonvalmistajille asetetut velvoitteet vähentää autojen päästöjä. Vuonna 2030 myytyjen autojen päästöjen tulee olla 30 prosenttia alle vuoden 2020 toteutuneen myynnin päästöarvojen keskiarvon. Vastaava on säädetty myös kuorma-autoille.



Kuva 8. Käytettynä maahantuodut henkilöautot käyttövoimittain (Traficom 2020)

Korkeaseoksisten biopolttoaineiden myynnissä on mahdollista käyttää jakeluvelvoitteen lisäksi veroinstrumenttia. Taakanjakosektorin päästöjen vähentämistarpeen noustessa tulee harkita tämän ohjausjärjestelmän käyttöönotto. Sama pätee autoedun verotukseen.

Jakeluvelvoite on otettu käyttöön myös lämmityksen kevyen polttoöljyn ja työkoneiden käytössä ja se on korotettavissa päästövähennystavoitteiden kiristyessä.

Hankintatuki merkitsee sitä, että päästöttömyyden tavoitteissa halutaan tukea tiettyä tekniikkaa ja suosia ennen kaikkea autonvalmistajia, kun valitaan mihin maihin niukasti tarjolla olevia autoja tarjotaan. Tämä johtaa helposti maiden väliseen kilpailuun siitä, mikä maa tukee eniten autojen ostamista. Biopolttoaineita ja kaasua käyttäville autoille ei ole toistaiseksi myönnetty hankintatukea. Mikäli näin tehtäisiin, tuen tulisi olla teknologianeutraali ja velvoittaa käyttämään korkeaseoksisia biopolttoaineita (biokaasu, E 85, HVO).

Konversiotukikin on Suomessa voimassa määräaikaaisesti kaasuautoille ja etanoliautoille. Pariin otteeseen on ollut käytössä myös romutuspalkkio.

Vaihtoehtoisten käyttövoimien tankkausasemien rakentamista tuetaan, mutta vain kaasun ja sähkön osalta. Tietullit, teiden käyttömaksut, vapaus käyttää bussikaistoja ja pysäköintiedut ovat muita, eri maissa käytettyjä ohjauskeinoja.

Tuontibiomassa

Suomella on lähialueillaan runsaasti käyttämätöntä biomassaa, erityisesti Venäjällä ja Baltiassa. Itämeren alueella biomassan kauppa lisääntyy jatkuvasti. Suurien käyttäjien osalta Ruotsi tavoittelee bioenergian lisäystä tulevana vuosikymmeninä, mutta uskoo pystyvänsä täyttämään lisäyksen pääosin kotimaisista lähteistä.

Suurin epävarmuus lisääntyvään käyttöön alueella liittyy Saksan suunnitelmiin lisätä bioenergian käyttöä ja avautua biomassan tuonnille. Tuontibiomassan saatavuuden varmuus Venäjältä on keskeinen kysymysmerkki. Mikäli nykyinen kehityssuunta jatkuu, voidaan arvioida, että Suomeen on tarvittaessa saatavissa useampien terawattituntien verran tuontibiomassaa. Haasteeksi nousee kestävyyskriteerien täyttymisen osoittaminen. Niiden osalta vapaaehtoisia kestävyyssertifiointijärjestelmiä tarvittaneen tuontia koskien.

Suomeen tuodusta biomassasta käytettiin bioenergiaksi lämpö- ja voimalaitoksissa tilastojen perusteella noin 5,7 TWh¹ vuonna 2019. Tämä koostuu jätetuusta, pelleteistä sekä eri raaka-aineista tehtävästä hakkeesta. Tuontitarpeen osuus määrittyy pitkälti alueellisen kysynnän ja tarjonnan suhteesta. Rannikolla tuonnin merkitys voi olla muuta maata suurempi. Polttohakkeen tuonti Suomeen on vuosien 2017 – 2019 välillä kasvanut noin 2 TWh (Luonnonvarakeskus 2020).

Biomassan kansainvälinen kauppa lähes tuplaantui 10 vuodessa vuosien 2004 ja 2015 välillä ollen 1250 PJ vuonna 2015. Eri bioenergiajakeista epäsuorasti energiakäyttöön päätyvä runkopuu on kaupassa selvästi suurin tuote 450 PJ, pelletti on noussut seuraavaksi suurimmaksi eräksi noin 220 PJ ja sitä seuraa hake 190 PJ. Pienempi rooli on etanolilla, biodieselillä, palmuöljyllä, puuhiilellä ja klapeilla, jotka yhdessä vastaavat noin 380 PJ. (Proskurina et.al. 2017.)

Kansainvälisen kaupan tilastointi laahaa noin 2 vuotta perässä, joten tuoreimmat tiedot koskevat vuotta 2017. Itämeren alueen kiinteän bioenergian viennistä vastasivat Baltian maat, joiden yhteenlaskettu vientitase oli n.16 TWh. Samaan aikaan Ruotsi ja Tanska toivat nettona yhteensä 36 TWh. (Bioenergy Europe, 2019.)

Ruotsissa bioenergian kokonaiskäyttö on 147 TWh. Maan bioenergiajärjestö Svebio arvioi hiljattain julkaisussaan, että 25 vuoden aikana käyttö voidaan nostaa kotimaiseen biomassaan perustuen jopa 250 TWh:iin.

Tanskassa biomassan käyttö on lähivuosien aikana kasvanut merkittävästi uusien hake- ja pellettilämpö- ja -voimalaitosten tultua käyttöön. Tanska tuotti bioenergiaa kiinteällä biomassalla vuonna 2019 n.21 TWh, mikä perustuu lähes pelkästään tuontiin. Tanskan hallitus on vuoden 2019 lopussa komissiolle jättämässään energia- ja ilmastosuunnitelmassaan (NECP) kuitenkin kaavaillut, että vuoteen 2030 mennessä biomassan absoluuttinen määrä ei enää kasvaisi vaan hieman laskisi.

Viro käyttää energiatuotannossaan noin 20 TWh/a öljyliusketta (Eesti Energia, 2019). Virossa on viimeisen vuoden aikana noussut selvästi esiin poliittinen tahto öljyliuskeen korvaamiseen. On odotettavissa, että ainakin lämmöntuotannossa ja teollisuudessa osa öljyliuskeesta korvautuu biomassalla. Latviassa ja Liettuaassa on siirrytty kaukolämmön tuotannossa viimeisen noin viiden aikana suurelta osin biomassan käyttöön. Latviassa biomassan osuus primäärienergiasta on jo yli 30 % ja 17 TWh. Liettuaassakin biomassan osuus on noin 16 TWh (Bioenergy Europe, 2019). Lisäkäyttöä voi vielä tulla, mutta on huomattava, että maat ovat myös lähempänä eteläistä Venäjää ja Valko-Venäjää, joiden biomassavarannot ovat laajat. Baltian maiden bioenergian

¹ Metsähakkeesta tuonnin osuus oli 3,1 TWh 2019 (Luke 2020). Jos arvioidaan lisäksi metsäteollisuuden sivutuotepuun kotimaisuusasteeksi 88 % (Lähde: [Metsäteollisuus ry 2019](#)), päädytään 5,7 TWh:een.

käyttö on tällä hetkellä yhteensä noin 60 TWh ja maiden bioenergiapotentiaali yhteensä 90 – 110 TWh.

Itämeren alueella bioenergian käyttö on kasvamassa arvioiden mukaan vahvasti myös Saksassa, jonka politiikassa on tapahtumassa muutos biomassan tuonnille myönteisemmäksi. Saksa on kehittänyt suhteita varsinkin Pohjois-Amerikan suuntaan, mutta on mahdollista, että osa sen tarvitsemasta lisäyksestä voi lyhyellä tähtäimellä tulla erityisesti Baltiasta ja Venäjältä. Saksa tuottaa jo nyt yli 300 TWh bioenergiaa, mistä noin neljännes sähkön ja kaukolämmön tuotannossa ja toinen neljännes teollisuudessa ja palveluissa.

Pohjois-Amerikan tuontiin nojaa myös Iso-Britannia, jonka puuperäisen biomassan energiakäyttö saavuttanee maksimitasonsa 2020-luvun lopulla vanhojen kivihiihilauhdelaitosten tuotantotukien loppuessa. Iso-Britannia hankkii osan biomassastaan myös Itämeren alueelta.

Biomassan tuontipotentiaali Suomen lähialueen maissa kohdistuu lähinnä Baltiaan ja Venäjälle. Baltiasta viedään puuta teollisuuden tarpeisiin Ruotsiin ja Suomeen ja kilpailu biomassasta on jo kohtuullista. Kauempana rannikosta lehtipuuvaltaista biomassaa ja kuitupuuksi kelpaaviakin eriä on vielä hyödyntämättä.

Biomassan potentiaali Venäjällä on valtava. Kahden Suomea lähimmän federaatiopiirin metsätähteiden tekninen potentiaali on n.52 TWh/a. Lisäksi saman alueen kasviperäisten tähteiden potentiaali on n.72 TWh. Koko maassa näiden jakeiden potentiaali on n.390 TWh ja koko bioenergian n.620 TWh. Tämän potentiaalin käyttömahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset johtuen logistiikan puutteista ja pitkistä etäisyyksistä. (Namsaraev 2018.) Venäjä on myös lähtökohtaisesti fossiilisen energian viejä (Tynkkynen 2019). Maassa on kuitenkin tarve monipuolistaa vientiä ja pellettivienti on nähty yhtenä mahdollisuutena (Proskurina, 2018). Venäjä vei vuonna 2018 noin 1,5 Mtn pellettiä, joista pääosan Tanskaan ja Ruotsiin (Bioenergy Europe, 2019). Venäjällä on ollut haasteita saada pellettiprojekteja valmiiksi tai raaka-aineen pitkäaikainen varmuus tehtaalle on epävarmaa ja sen myötä myös tuotanto. (Proskurina, 2018.) Namsaraevin (2018) mukaan on todennäköisempää, että Venäjällä käytettäisiin ainakin merkittävä osa bioenergiapotentiaalista itse korvaamaan vientiin suunnattavaa fossiilista energiaa. Joillain suomalaisilla energiatoimijoilla on myös Venäjällä rajan pinnassa omistuksessaan metsää, jolloin energian tuonti on omissa käsissä.

Bioenergiapäivässä 2019 tehdyn suuntaa antavan äänestyksen (N=23 – 25) perusteella 52 % vastaajista arveli tuontibiomassan osuuden olevan noin 25 % vuonna 2035 Suomessa lämpö- ja voimalaitoksissa käytetystä bioenergiasta. Nykyinen osuus on noin 5 – 10 %. Samoin vastaajat arvioivat, että yleisimmin tuodut tuontibiomassajakeet olisivat metsähake (65 %), pelletti (43 %) ja pyöreä puu (23 %).

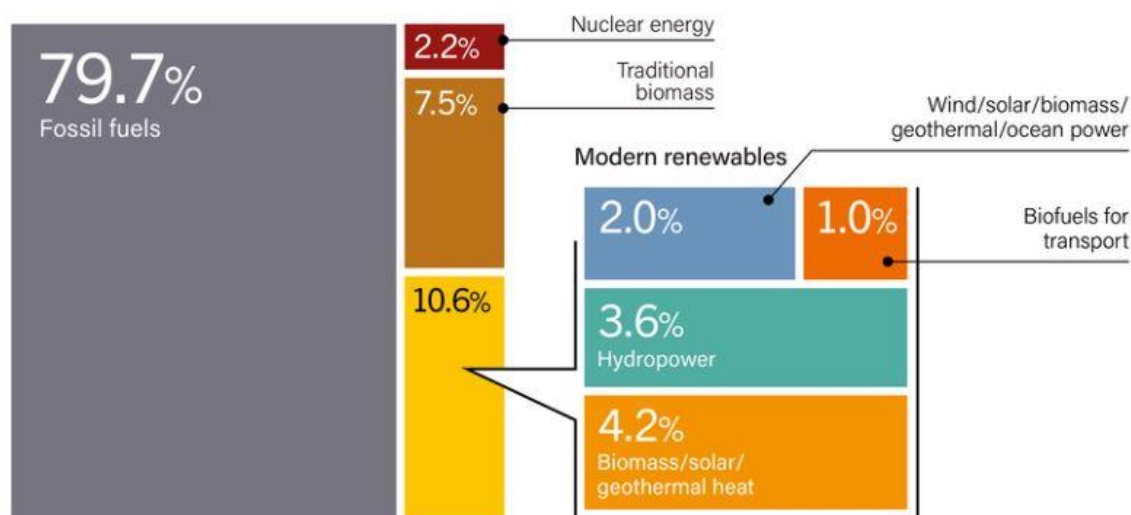
Osaamisen vienti ja uusi teknologia

Bioenergian kansainväliset näkymät

Bioenergia on globaalisti merkittävin uusiutuvan energian muoto. Bioenergiaa käytetään maailmassa yhtä paljon kuin muita uusiutuvia energialähteitä yhteensä, vaikka perinteistä biomassan käyttöä ei lasketa mukaan. Perinteisellä biomassan käytöllä tarkoitetaan erityisesti kehitysmaiden kotitalouksien perinteistä polttopuukäyttöä ja lannan perinteistä energiakäyttöä. Tuuli- ja aurinkoenergian tuotannon voimakkaasta kasvusta huolimatta modernia bioenergiaa käytetään edelleen suurempi määrä verrattuna näiden kahden tuotantomuodon yhteenlaskettuun tuotantoon. Kuvassa 9 uusiutuvien energialähteiden osuudet energian loppukulutuksesta globaalisti kattaa kaikki sektorit.

FIGURE 1

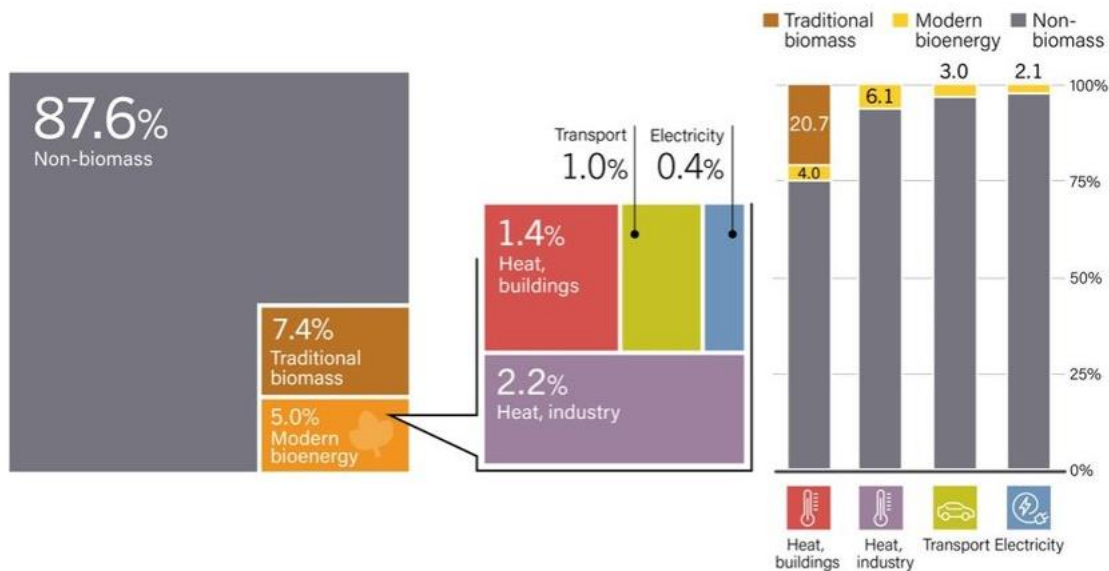
Estimated Renewable Share of Total Final Energy Consumption, 2017



Kuva 9. Uusiutuva energia osana energian kokonaisloppukulutusta globaalisti vuonna 2017. (REN21 2019)

Bioenergia on eniten käytetty uusiutuva energialähde teollisuuden ja rakennusten lämmöntuotannossa sekä liikennepolttoaineena, ja lisäksi sen osuus uusiutuvasta sähköntuotannosta on merkittävä. Kaiken kaikkiaan noin 5 % kaikesta energiankulutuksesta globaalisti on modernia bioenergiaa. Lisäksi 7,4 % globaalista energiankulutuksesta on perinteistä biomassan käyttöä. (Kuva 10)

Estimated Shares of Bioenergy in Total Final Energy Consumption, Overall and by End-Use Sector, 2017



Kuva 10. Bioenergian käyttö osana kokonaisenergiankulutusta globaalisti sekä osuudet eri sektoreiden kokonaisenergiankulutuksesta 2017. (REN21 2019)

Lähivuosien kehitys

Modernin bioenergian käyttö on nykyarvion mukaan kasvamassa niin sähköntuotannossa, lämmöntuotannossa kuin liikenteessäkin. Kansainvälisen energiajärjestö IEA:n (2019) mukaan bioenergialla tuotetun energian määrä kasvaa vuosina 2019-2024 noin 900 TWh, josta lämmöntuotantoon tulee noin 50 %, liikenteeseen noin 30 % ja sähköntuotantoon noin 20 %. Vuonna 2018 maailman sähköntuotannosta noin 26 % oli uusiutuvaa. Lämmön- ja kylmäntuotannossa moderni uusiutuva energia saavuttaa vasta 12 %:n osuuden vuonna 2024. Liikenteessä tilanne on vielä hankalampi, sillä uusiutuvan energian osuus saavuttaa vasta 4,6 % vuonna 2024. Maailman loppuenergian kulutuksesta lämmön- ja kylmäntuotannon osuus oli noin 45 % vuonna 2016, liikenteen noin 30 % ja sähköntuotannon noin 25 % (REN21-raportti, 2019). Sähköntuotannossa bioenergian kapasiteetti kasvaa vuoteen 2024 mennessä noin 41 GW, mikä on 32 % kasvu verrattuna vuoden 2018 tilanteeseen. Kasvua nähdään etenkin Kiinassa, Brasiliassa ja Intiassa. Euroopassa arvioitu kasvu on 6 GW.

Lämmön- ja jäähdytyksentuotannossa bioenergia kasvaa n. 12 % (470 TWh) ja kasvu painottuu teollisuuteen (305 TWh). Paljon bioenergiaa käyttäviä teollisuudenaloja ovat massa- ja paperi, puutuote-, elintarvike-, sokeri- ja etanolateollisuus. Rakennusten lämmityksessä bioenergian käyttö kasvaa 166 TWh ja tästä EU:n osuus on yli puolet. Kaiken kaikkiaan moderni bioenergia dominoi lämmön- ja jäähdytyksentuotantoa noin 2/3 osuudella uusiutuvasta energiasta vuonna 2024.

Liikenteen biopolttoaineiden käyttö kasvaa noin 24 % vuosina 2019-2024. Suurin osa kasvusta perustuu etanoliin, jonka kulutus kasvaa etenkin Brasiliassa, Kiinassa ja Intiassa. Liikenteen biopolttoaineissa kehittyneiden biopolttoaineiden (kuten Suomessa valmistettava ns. HVO) osuus oli vain noin 9 % vuonna 2018. Niiden tuotanto niin koko maailmassa kuin EU:ssakin on kuitenkin vähintään tuplaantumassa vuoteen 2024 mennessä. Liikenteen uusiutuvasta energiasta bioenergian osuus pysyy yli 90 %:ssa vuonna 2024.

Bioenergialla on myös pidemmällä aikavälillä merkittävä rooli uusiutuvan energian käytön lisäämisessä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä laajasti eri sektoreilla. IEA:n (2019) mukaan bioenergian käyttö ei ole kuitenkaan viimeisen kymmenen vuoden aikana kasvanut läheskään niin nopeasti kuin mm. IEA:n ja IRENA:n ilmastoskenaarioiden mukaan pitäisi. Alan globaaliin kasvuun tulee kiinnittää merkittävämpää huomiota, mikäli ilmastotavoitteet halutaan saavuttaa.

Bioenergiaosaamisen vienti

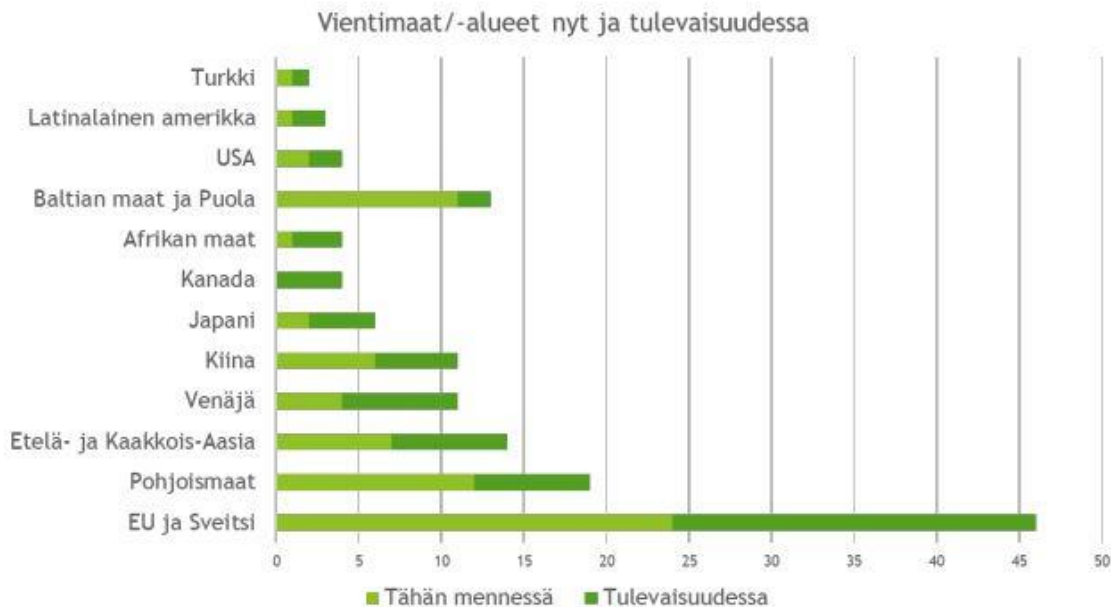
Bioenergia-alalla on merkittävä määrä kaupallista ja koeteltua teknologiaa ja osaamista bioenergian käyttämiseksi kaikilla sektoreilla ja samaan aikaan alalla on yhä merkittävää uutta innovaatiopotentiaalia.

Bioenergia ry teetti vuonna 2018 vientiselvityksen, jossa kartoitettiin bioenergiaan liittyvän viennin laajuutta ja tulevaisuudennäkymiä. Viennin ja arvonnäköyksen määrä bioenergiateknologiassa on viime vuosina ollut varovastikin arvioiden vuositasolla 200–300 miljoonaa euroa. Selvityksessä 69 % yrityksistä arvioi viennin lisääntyvän 3–5 vuoden tähtäimellä, ja näistä yrityksistä 36 % arvioi viennin lisääntyvän jopa merkittävästi. Monille EU on nyt ja tulevaisuudessa tärkeä markkina-alue. Etelä- ja Kaakkois-Aasia, Venäjä ja Kiina ovat suurimpia lähivuosien lupauksia herättäviä alueita.

Selvityksen mukaan bioenergiateknologian ja palveluiden liikevaihdon kannalta tärkeimmät vientimaat viiden viimeisen vuoden aikana olivat kyselyn mukaan olleet Ruotsi, Kiina, Iso-Britannia, Viro, Italia, Saksa ja Venäjä.

Liikevaihdon kasvupotentiaalia nähdään etenkin Kiinassa ja Venäjällä. Niissä erityisesti markkinoiden koko ja halpa raaka-aine herättävät kiinnostusta. Etenkin Kiinan nähdään olevan

muuttumassa puhtaamman teknologian hyödyntäjäksi ja kehittäjäksi. Kasvua löytyy myös Pohjoismaista, erityisesti Ruotsista, missä kauppaa kiihdyttää suomalaisille helppo toimintaympäristö ja valmiit verkostot kasvua varten. Lisäksi Saksa, UK, Italia, Ranska, Viro ja Espanja nähdään varsinkin kasvupolun ensivaiheiden luonnollisina ja potentiaalisimpina markkinoina. Usealla yrityksellä onkin jo markkina-asema ja -osuus näillä markkinoilla.



Kuva 11. Liikevaihdon kannalta oleelliset vientimaat ja -alueet nyt ja tulevaisuudessa (MS Advisor 2018).

Japani ja Kanada ovat korkean sähkön hinnan vuoksi kiinnostavia, vasta avautuneina tai avautumassa olevia ja kasvavia markkinoita. Kaakkois-Aasia nähdään myös jatkossa vahvasti puhtaamman teknologian ja kiertotalouden käyttäjänä, jossa erityisesti pienen kokoluokan bioenergiaprojektit ovat kysyntää. Sama pätee myös tiettyjen Etelä-Aasian maiden kohdalla.

Yritysten näkökulmasta erityisesti EU-hankkeiden ja Business Finlandin tarjoama T&K-toiminnan rahoitus ja tuet demonstraatioihin sekä kansainvälistymiseen on koettu kasvun, vientitoiminnan kehittämisen ja vauhdittamisen kannalta merkitykselliseksi. Lisäksi viennin rahoituspalvelut ovat edesauttaneet kauppajen solmimista.

Bioenergiaosaamisen viennin merkittävimmäksi kasvun haasteeksi erityisesti pienissä ja keskisuurissa yrityksissä koettiin rahoituksen heikko saatavuus. Lisäksi esille nousi niin kotimaan kuin useiden vientimaidenkin osalta bioenergian hyödyntämiseen liittyvä poliittinen volatilitaetti. Se yhdessä fossiilisen energian hintaheilahtelujen kanssa ovat viime vuosina johtaneet bioenergiaan liittyvien investointihyödykkeiden kysynnän voimakkaaseen vaihteluun. Epävarma toimintaympäristö yhdistettynä erityisesti pienten hankkeiden osalta toimimattomaan rahoitusmarkkinaan, joka on tehnyt kestävän liiketoiminnan vaikeaksi. Organisaatiot eivät ole pystyneet kasvamaan ja harjoittamaan vientitoimintaansa suunnitteleamallaan tavalla.

Teknologiat

Liikenteen biopolttoaineissa alan kehitys ja uuden teknologian kaupallistaminen jatkuvat. Yhä kestävämmille liikenteen biopolttoaineille tulee olemaan tarvetta erityisesti lentoliikenteessä, meriliikenteessä ja raskaassa pitkän kantaman tieliikenteessä. Uuden sukupolven teknologiat ja polttoaineet ovat kaupallistuneet odotettua hitaammin, mutta alan kehitys on silti aktiivista, ja myös suomalaisilla yrityksillä on alalla vahvaa osaamista, olemassa olevaa liiketoimintaa ja kaupallista potentiaalia.

Sähkön ja lämmön tuotannossa bioenergian konversioteknologiat ovat kypsää teknologiaa, ja käytännössä kaikkiin bioenergiälähteisiin on tarjolla tehokkaita polttolaitos- ja biokaasuratkaisuja. Sähkön tuotannossa uudelle teknologialle voi olla tarvetta erityisesti pienen mittakaavan biopolttoainelaitoksille. Sähkön ja bioenergian käyttö tulee kasvamaan erityisesti Kaakkois- ja Etelä-Aasian kaltaisissa kehittyvissä maissa, joissa sekä bioenergian että sähkön siirron ja jakelun logistiikka saattavat asettaa rajoitteita suuren mittakaavan laitoksille.

Myös biomassan kaasutus ja poltto moottorivoimalaitoksessa on hyvä esimerkki pienen mittakaavan biosähkön tuotannosta. Näissäkin teknologioissa suomalaisilla yrityksillä on sekä perinteisesti vahvaa osaamista että uusia merkittävän kasvupotentiaalin yrityksiä. Eri tuotantomuotojen keskinäisen integroinnin lisäksi integrointi jätehuoltosektoriin olisi keskeinen kehityskohde, jossa suomalainen osaaminen on kansainvälisesti korkealla tasolla. Keskeinen alue olisikin jäte- ja sivuvirtaerien logistiikan, tarkemman erittelyn, jalostamisen ja hyödyntämisen edelleen kehittäminen. Konkreettisena esimerkkinä mädätyskelpoisen jättemateriaalin tehokkaampi erottelu sekajätteestä, ensin mainitun energiahyödyntäminen anaerobisessa biokaasun tuotannossa ja jälkimmäisen käsittely, jalostaminen ja polttaminen sähköksi ja lämmöksi voimalaitoksessa. Suomella on merkittävää osaamista kaikilla näillä osa-alueilla. Teknologinen osaaminen yhdistettynä kaukolämmön ja CHP-tuotannon liiketoiminta- ja rahoitusmalleihin olisi sekä erityisen merkittävä kasvupotentiaali tulevien vuosikymmenien bioenergiamarkkinoilla.

Hiilitullit

Niin kauan, kun monet kansainväliset kumppanit eivät ole yhtä kunnianhimoisia kuin EU, on olemassa hiilivuodon riski joko siksi, että tuotanto siirretään EU:sta maihin, joilla on vaatimattomammat päästövähennystavoitteet, tai siksi, että EU:n tuotteet korvataan hiili-intensiivisemmällä tuonnilla. Jos hiilivuoto toteutuu, kokonaispäästöt eivät vähene, mikä taas vie pohjan pyrkimyksiltä saavuttaa Pariisin sopimuksen maailmanlaajuiset ilmastotavoitteet.

Huolet hiilivuodosta ovat kohdistuneet myös energiasektoriin ja EU:n sisämarkkinoille tuotuun fossiilisia polttoaineita käyttävissä voimalaitoksissa tuotettuun sähköön (Sandbag 2020).

EU:n vihreän kehityksen ohjelmassa (joulukuussa yhdeksi ilmastopolitiikan keinoksi nostettiin hiilitullit. Hiilitullien käyttöön tulisi suhtautua varoen ilmastopolitiikan välineenä ja niiden kehittäminen vaatii huolellista arviointia. Hiilitullien käytöstä ei ole juurikaan käytännön kokemuksia ja niihin liittyy – etenkin laajasti käytettyinä - merkittäviä kauppapoliittisia, taloudellisia ja teknisiä riskejä Suomen kaltaiselle, avoimelle ja vientivetoiselle taloudelle. Mikäli mekanismi otetaan käyttöön, tulisi sen keskittyä suurimpiin päästöjä aiheuttaviin tuoteluokkiin.

Uuden teknologian menestymisen edellytykset

Ilmastotavoitteiden saavuttaminen vaatii radikaaleja päästövähennyksiä, mutta sekään ei yksinään riitä. Päästövähennysten rinnalla tarvitaan yhä enemmän hiilensidontaa ilmakehästä luonnon hiilinieluilla ja teknologialla. Tarvitaan myös innovatiivisia ratkaisuja, joissa eri teknologioita ja energianlähteitä hyödynnetään yhdessä tehokkaasti. Tärkeimmät edellytykset uuden teknologian kehittämiseksi ovat osaaminen sekä referenssit. Tarvitaan laadukasta koulutusta, jotta osaamisen taso pysyy Suomessa jatkossakin maailman kärjessä.

Hiilensidontaa voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla eikä mitään mahdollisuuksia pidä sulkea pois teknologioiden varhaisessa kehitysvaiheessa. Näiden teknologioiden vientinäköymät ovat globaalit ja markkinat vasta syntymässä.

Negatiivisten päästöjen teknologioita on useita mm. bioenergian tuotantoon yhdistetty hiilidioksidin talteenotto ja varastointi/käyttö (bioenergy and carbon capture and storage/utilization BECCS/BECCU), hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmasta ja varastointi/käyttö (direct air carbon capture and storage/utilization DACCS/DACCU) sekä pyrolyysiin yhdistetty hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (pyrolytic carbon capture and storage PyCCS/PyCCUS). Myös luonnon hiilinieluja vahvistamalla saadaan aikaan negatiivisia päästöjä, mutta mm. metsitykseen liittyvät haasteet nielun pysyvyydessä tekevät siitä suuressa mittakaavassa haastavaa, eivätkä metsät yksinään pysty vastaamaan nielun kasvun tarvittavasta määrästä.

PyCCS eli biohiilen valmistus ja hiilidioksidin stabilointi sitä kautta kestäväään varastoon voi olla Suomen kannalta mielenkiintoinen teknologia. Biohiilen laboratoriatesteilla voidaan määritellä biohiilen stabiilisuus eli kestävyys hiilivarastona. Määrittäviä tekijöitä kestävyudessa ovat hiilipitoisuus (yli 90%) ja O/C-moolisuhde (alle 0,2), jolloin päästään tuhatvuotisiin varaston puoliintumisaikoihin (Spokas, 2010). PyCCS:n kustannukset jäävät selvästi alle 100 €/CO₂t, sillä hiilidioksidin varastoinnista johtuvaa logistiikan lisäkustannusta ei synny, toisin kuin muiden teknologioiden kohdalla Suomen tapauksessa. Lisäetuina hiilensidonnin lisäksi tulisivat mahdolliset käyttökohteet lopputuotteelle eli biohiilelle mm.: hulevesien ohjaus, ravinteiden suodatus, maanparanteet ja rakennusmateriaalit.

Yksi potentiaalisimmista negatiivisten päästöjen teknologioista on BECCS. Esimerkiksi IPCC:n 1,5 asteen raportissa neljässä eri skenaariossa arvioidaan, että vuosisadan loppuun mennessä BECCS:n avulla talteenotettu hiilidioksidin määrä olisi 0 - 1191 Gt CO₂ skenaariosta riippuen (Masson-Delmotte et al., 2018). Kolmessa neljästä skenaariosta BECCS on merkittävässä roolissa kokonaisuuden kannalta.

Bioenergia on jo tällä hetkellä EU:n suurin uusiutuvan energian lähde suorilla ja epäsuorilla työllisyysvaikutuksilla mitattuna ja BECCS-teknologia mahdollistaisi määrän kasvun.

BECCS-pilottiprojekteja on Euroopassa jo muutamia. Euroopan suurin pellettien käyttäjä Drax otti käyttöön demonstraatiolaitoksen helmikuussa 2019 Iso-Britanniassa. Hiilidioksidia otetaan talteen koeluonteisesti tonnin päivässä. Drax tähtää hiilinegatiiviseksi yritykseksi vuoteen 2030 mennessä, jolloin talteen otettavan hiilidioksidin määrä on mahdollisesti useita kymmeniä miljoonia tonneja vuositasolla.

Joulukuussa 2019 Stockholm Exergin Värtanin CHP-laitoksella otettiin käyttöön hiilensidonnin demolaitos, jota testataan ja kehitetään. Jos tulokset ovat hyviä, tarkoitus on investoida laitokseen 2020-luvun puolivälissä täysimittainen hiilensidonta siten, että voimalaitos muuttuisi hiilinegatiiviseksi ja kykenisi ottamaan talteen 800 000 CO₂-tonnia vuodessa. Myöhemmin koko Tukholman seudulla voitaisiin mahdollisesti ottaa talteen jopa 2 miljoonaa tonnia. Myös Fortumin Oslon jätevoimala suunnittelee aloittavansa CO₂-talteenoton. Molemmat hankkeet liittyvät yhteispohjoismaiseen CO₂-varastointihankkeeseen **Northern Lightsiin**, joka on listattu myös merkittäväksi hankkeeksi komission PCI-listalle.

Pilotteja on kuitenkin vielä liian vähän ja määrän tulisi kasvaa huomattavasti lyhyessä ajassa, jotta ilmastotavoitteet voidaan saavuttaa.

EU:n komission 2050 ilmastostrategian vaikutusarviossa (2018) näkyy selvästi, ettei EU:n hiilineutraalisuustavoitetta saavuteta ilman hiilensidontateknologioita. Kasvuodotukset teknologioille vuoteen 2050 mennessä ovat suuret verrattuna luonnon hiilinielujen kasvuun.

Hiilineutraali EU 2050

	Baseline	ELEC	H2	P2X	EE	CIRC	COMBO	1.5TECH	1.5LIFE	1.5LIFE-LB
2050 (MtCO ₂ eq)										
Carbon captured	5	65	63	449	65	52	239	606	281	385
From Biomass	0	5	6	114	4	5	95	276	84	122
From Direct Air Capture	0	0	0	264	0	0	83	210	123	186
Carbon used	5	65	63	449	65	52	239	606	281	385
Geological Storage	5	65	63	77	65	52	67	298	80	92
Synthetic fuels	0	0	0	372	0	0	172	227	154	226
Synthetic Materials	0	0	0	0	0	0	0	80	47	67
LULUCF	-236	-238	-244	-263	-241	-292	-248	-317	-464	-472
Sink without carbon price	-236	-238	-244	-263	-241	-292	-248	-247	-329	-340
Enhancement with carbon price	0	0	0	0	0	0	0	-70	-135	-132

Kuva 12. Hiilensidontateknologioiden merkitys verrattuna luonnon hiilinieluihin (Taulukon lähde: Euroopan komissio 2018)

Negatiivisten päästöjen teknologiat tarvitsevat tukea

Negatiivisten päästöjen teknologioiden käyttöönoton keskeinen haaste on tällä hetkellä kannattavuus. Esimerkiksi BECCS-teknologia nostaa merkittävästi bioenergiailaitoksen kustannuksia sekä lisää laitoksen kuluttamaa energiamäärää. IEA:n vuosia sitten tekemän arvion mukaan BECCS:n hyödyntäminen pelkkää biomassaa polttoaineena käyttävässä laitoksessa olisi kannattavaa päästöoikeuden hinnan ollessa \$65-76/t CO₂ (IEA GHG, 2009). Kannattavuudesta ollaan vielä useiden vuosien päässä, eikä aikaa toimenpiteiden lykkäämiseen ole. Tällä hetkellä EU:n päästökauppa on keskeisin keino vähentää päästöjä EU:n alueella. Päästökaupan ohjausvaikutus on kuitenkin yhä liian heikko kannustamaan negatiivisten päästöjen teknologioiden kehitystä ja käyttöönottoa, jotka edellyttävät selkeitä kannustimia. Myös alan liiketoimintamalleja on kehitettävä.

Tukimekanismin tulisi olla teknologianeutraali ja palkita negatiivisten päästöjen tuotannosta kustannustehokkaasti. Mekanismin tulisi ohjata mahdollisimman korkeaan energiatehokkuuteen, mahdollisimman suuriin hiilidioksidin talteenottomääriin sekä edellyttää kestävien kemikaalien käyttöä prosessissa. Mekanismin tulisi myös edellyttää läpinäkyvää monitorointia, raportointia ja todentamista sekä sisältää säännöt pysyvyyden määrittämiselle. Tukimekanismi voisi toimia esimerkkinä kansainvälisille kumppaneille ja edesauttaa näin globaalin markkinan syntyä.

Suomella on erinomaiset lähtökohdat olla johtavassa asemassa uuden globaalin markkinan avautuessa. Tarvitaan useita demonstraatioita ja toimeen tulisi ryhtyä mahdollisimman pian.

Demonstraatioiden rahoitusmekanismeja tulisi kehittää kansallisella sekä EU-tasolla. Ilman tukea näiden teknologioiden käyttöönotto ei edisty.

Uudenlaiset ratkaisut

Matkalla kohti hiilinegatiivista yhteiskuntaa tarvitaan myös uusia, innovatiivisia ratkaisuja, joissa eri teknologioita ja energialähteitä hyödynnetään tehokkaasti yhdessä. Integroitujen ja hybridijärjestelmien kehitys ja kysyntä on kasvussa. Kun vaihtelevan tuotannon määrä järjestelmissä kasvaa, tarvitaan kokonaisuuteen myös tasaavaa tuotantoa. Vaihtelevuus on toki normaalia energiajärjestelmässä, mutta vaihtelu kasvaa merkittävästi, kun tuulivoiman määrä kasvaa. Modernit yhteistuotantojärjestelmät joustavilla suhteilla mahdollistaisivat tehokkaan tuotannon vaihtelevissa olosuhteissa. Järjestelmissä voidaan tuottaa esimerkiksi lämpöä ja sähköä, polttoaineita ja sähköä tai jopa sähköä, lämpöä ja polttoaineita. Biomassa toimisi järjestelmissä myös energiavarastona.

Integroituja järjestelmiä on jo olemassa. Esimerkkeinä mm. Valmetin toimittama Joensuun pyrolyysilaitos, jossa voimalaitoksen CHP-kattilaan on integroitu pyrolyysiöljyn tuotantolaitos. Esimerkki hybridijärjestelmästä taas on Savosolarin toimittama järjestelmä Tanskassa, jossa aurinkolämpöjärjestelmä on yhdistetty bioenergian tuotantoon. Aurinkoenergiaa hyödynnetään järjestelmässä maksimaalisesti ja kun aurinkoa ei ole saatavilla, käytetään bioenergiaa.

Lähteet

Bioenergy Europe. 2019. [Statistical Report 2019.](#)

Carbons Finland. 2019. Pajunkasvatus – ohjeet. Syksy 2019. Moniste.

Eesti Energia, 2019. [Estonian oil shale industry yearbook.](#)

Energiateollisuus 2019. Kaukolämpötilasto 2018.

Euroopan komissio, 2018. [In-Depth Analysis](#) in Support of the Commission Communication COM(2018) 773.

Gaia Consulting, 2014. Metsähakkeen energiakäytön alue ja kansantaloudelliset vaikutukset. Selvitys Bioenergia ry:lle.

Gasum 2020. [Gasum Corporate Responsibility 2019 – Cleaner Tomorrow.](#)

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. 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 [Masson-Delmotte, V., 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, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Jylhä, P. et al. 2019. [Fenix-hankkeen kannattavuuslaskelmat.](#)

Karvonen, T. 2014. [Kierrätyslannoitteen vaikutus energiapajun kasvuun kasvukaudella 2014.](#) Opinnäytetyö. Karelia ammattikorkeakoulu.

Kärkkäinen, L. et.al. 2019. Maankäyttösektorin toimien mahdollisuudet ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. [MISA-hankkeen loppuraportti.](#)

Laasasenaho, K. 2019. [Biomass Resource Allocation for Bioenergy Production on Cutaway Peatlands with Geographical Information \(GI\) Analyses.](#) Tuni.

Larsson, S. 2008. [Fuel pellet production from reed canary grass.](#) Umeå : Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 1652-6880 ; 2008:65

Lehtonen, H. 2019. Muutoksiin reagoivan maatalouden mahdollisuudet vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. [Esitys Miten 2035-ilmastotavoite voidaan saavuttaa? -tilaisuudessa Säätytalo, 15.11.2019](#)

Luonnonvarakeskus 2019. Puun energiakäyttö 2018.

Luonnonvarakeskus 2020. [Arvio tuontihakkeen käytöstä lämpö- ja voimalaitoksissa.](#)

Luostarinen, S. 2019. Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Luonnonvarakeskus. [Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2019.](#)

LVM, 2018. Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen vuoteen 2045 (ILMO). Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti.

Mikkola, H. 2012. [Peltoenergian tuotanto Suomessa.](#) Helsingin Yliopisto – Maa- ja metsätieteen laitos Julkaisuja 10.

MS-Advisor, Greenstream 2018. **Bioenergian teknologia- ja palveluvienti nyt ja tulevaisuudessa.** Selvitys Bioenergia ry:lle.

Namsaraev, Z.B. 2018. Current status and potential of bioenergy in the Russian Federation. [Renewable and Sustainable Energy Review. Volume 81, Part 1, January 2018, Pages 625-634.](#)

Neste 2020. [Neste Annual Report 2019,](#)

Northern Lights-hanke. <https://northernlightscs.com/en>

Pakarinen, 2015. [Biokaasu Keski-Suomessa.](#)

- Persson, T. 2017. Stump harvesting for bioenergy – methods and environmental effects. **Scandinavian Journal of Forest Research** , Volume 32, Issue 3.
- Peura, P. et.al. 2017. Hajautetun uusiutuvan energian mahdollisuudet ja rajoitteet (HEMU). Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisu 35/2017
- Proskurina, S., Junginger, M., Heinimö, J., and Vakkilainen, E. (2017). Global biomass trade for energy - Part 1: Statistical and methodological considerations. Biofuel, Bioprod. & Bioref.
- Proskurina, S. 2018. International trade in biomass for energy production: The local and global context. Thesis. Lappeenranta University of Technology.
- Pöyry Management Consulting, 2019. Huoltovarmuus energiamurroksessa. Raportti Huoltovarmuuskeskuksesta.
- Rautiainen, A., Lintunen, J., Uusivuori, J. 2018. How harmful is burning logging residues? Adding economics to the emission factors for Nordic tree species. Biomass and Energy Volume 108, January 2018, Pages 167-177
- REN-21 2019: Renewables 2019 Global Status Report.
- Sandbag 2020. The path of least resistance - How electricity generated from coal is leaking into the EU. January 2020.
- Spokas, K. (2010) Review of the stability of biochar in soils: predictability of O:C molar ratios, Carbon Management, 1:2, 289-303, DOI: 10.4155/cmt.10.32
- Svebio. 2020. "Färdplan bioenergi – Så möter vi behovet av bioenergi för fossilfritt Sverige" Saatavilla: <https://www.svebio.se/app/uploads/2020/01/Svebio-Fardplan-Bioenergi-2020.pdf>
- TEM 2020. Korona tilannekuva. 28.5.2020.
- Traficom 2020. Ajoneuvotilastot. <https://www.traficom.fi/fi/tilastot>
- Tynkkynen, V. 2020. Haastattelu Ylen ykkösaamu 17.1.2020.
- Valmet 2020. Yhtiön tiedonanto 21.4.2020. Perustuu McKoy (<https://www.mccoypower.net/>) arvioon.
- ÅF Consult Oy 2019. Energiaverotuet ja kustannustehokas huoltovarmuus. Valtioneuvoston tutkimus- ja selvitystoiminta.