



# BIOENERGIAN TEKNOLOGIA- JA PALVELUVIENTI NYT JA TULEVAISUUDESSA

11.6.2018



## Sisältö

1.	Johdanto ja tausta .....	2
2.	Yhteenveto ja ydinviestit .....	2
3.	Katsaus markkina-analyyseihiin .....	4
3.1.	Bioenergian globaali käyttö – nykytila .....	4
3.2.	Bioenergiapotentiaali .....	7
3.3.	Bioenergian globaali käyttö – tulevaisuuden skenaariot .....	8
3.4.	IEA Bioenergy Technology Roadmap, 2DS-skenaario .....	8
3.5.	IRENA, REmap-skenaario .....	9
3.6.	Liikenne .....	11
3.7.	Sähköntuotanto .....	15
3.8.	Teollisuus .....	18
3.9.	Rakennusten lämmitys .....	19
4.	Bioenergiaan liittyvän suomalaisen yritysjoukon hahmottaminen .....	21
4.1.	Bioenergiaan liittyvän ‘toimialaytimen’ arviointi .....	22
4.1.1.	Yritysten liiketoiminnan asemointi bioenergian toimialalla .....	22
4.1.2.	Bioenergialiiketoiminnan osuus yritysten toiminnasta .....	23
4.1.3.	Bioenergialiiketoiminnan näkymät: liikevaihto, investoinnit ja vienti .....	25
5.	Vientimaat nyt ja tulevaisuudessa .....	25
6.	Viennin julkiset palvelut ja rahoitusinstrumentit: kokemuksia ja kehitysehdotuksia .....	26
7.	Yhteenveto ja kokoavia näkökohtia .....	29
	Maakatsaus: Puola .....	32
	Maakatsaus: Kiina .....	39
	Maakatsaus: Indonesia .....	47
	Projektiesimerkki: Puola – Ariterm Oy .....	59
	Projektiesimerkki: Kiina – BioGTS Oy .....	60
	Projektiesimerkki: Indonesia – Valmet Oyj .....	61
	Lähteet .....	62
	Liite 1. Kyselytutkimuksen kysymykset .....	63

## 1. Johdanto ja tausta

Tämä selvitys on osa Bioenergia ry:n viestintähanketta. Tavoitteena on esitellä bioenergiateknologiaan liittyvää suomalaista osaamista sekä hahmotella bioenergiaan liittyvää viennin volyyymiä sekä pohtia viennin tulevaisuudennäkymiä yritysten, kansainvälisten markkina-analyyysien ja muutamien valikoitujen kohdemaiden näkökulmasta. Selvityksessä nostetaan esiin yritysten kokemia vientitoimintaan liittyviä haasteita ja kehitysehdotuksia.

Selvitys koostui yli 90:n suomalaisen bioenergian liiketoiminnassa mukana olevan yrityksen identifioimisesta ja profiloimisesta, näille yrityksille suunnatusta kyselytutkimuksesta ja globaalien markkina-analyyysien synteisistä sekä valikoitujen kohdemaiden ja projektien läpikäynnistä.

Selvityksen ohjausryhmän jäsenet olivat Petteri Korpioja - Ariterm Oy, Martti Kätkä - Teknologiateollisuus ry, Carita Ollikainen - Valmet Oyj, Helena Sarén - Business Finland sekä Hannes Tuohiniitty - Bioenergia ry. Selvityksen laativat Mika Sulkinoja MS Advisor Oy:stä, Alekski Lumijärvi GreenStream Network Oy:stä ja Henri Määttä Tampereen teknillisestä yliopistosta. Mika Sulkinoja toimi selvityksen vastuullisena johtajana sekä vastasi suomalaisten bioenergia-alaan liittyvien yritysten identifioimisesta sekä kyselytutkimuksesta yhdessä Henri Määttän kanssa. Alekski Lumijärvi teki markkinakatsauksen sekä maa- ja projektiesittelyt.

## 2. Yhteenveto ja ydinviestit

- Bioenergia on Kansainvälisen energijärjestön IEA:n ja Kansainvälisen uusiutuvan energian järjestön IRENA:n mukaan globaalisti ylivoimaisesti merkittävin uusiutuvan energian muoto. Tuuli- ja aurinkoenergian tuotannon voimakkaasta kasvusta huolimatta modernia bioenergiaa käytetään edelleen kertaluokkaa suurempi määrä verrattuna näiden kahden tuotantomuodon yhteenlaskettuun tuotantoon.
- Biopolttoaineiden saatavuus ei ole este bioenergian käytön lisäämiselle. Sekä IEA:n että Maailman bioenergiajärjestön WBA:n mukaan bioenergian käyttöä voidaan merkittävästi lisätä vaarantamatta ruoantuotantoa ja biodiversiteettiä sekä ylittämättä biomassan uusiutumisenopeutta. Järjestöjen arvioiden mukaan kestävä teknistaloudellinen bioenergiapotentiaali olisi vuoden 2012 tasoon verrattuna kolminkertainen, eli 150 EJ/a.
- Kansainväliset järjestöt näkevät kasvumahdollisuuksia kaikkien biomassalähteiden osalta, mutta erityisesti maatalouden sivutuotteissa ja tähteissä. Vaikka suurin kasvupotentiaali onkin maatalouden biomassassa, on puuperäinen biomassa edelleen suurin biomassan lähde teknistaloudellista potentiaalia tarkasteltaessa. Mikäli niin kutsutun traditionaalisen biomassan kulutuksesta kehitysmaissa päästäisiin eroon, olisi modernin bioenergian hyödyntämisen lisäspotentiaali moninkertainen nykykäyttöön verrattuna.
- Bioenergian rooli on merkittävä sekä IEA:n että IRENA:n skenaarioissa, joissa tavoitellaan ilmaston lämpenemisen rajoittamista kahteen celsiusasteeseen tai sen alle. Eri skenaarioiden perusteella modernia bioenergian käyttöä voitaisiin ja sitä tulisi lisätä vuosisadan puoleen väliin mennessä kestävästi noin kolminkertaiseksi teollisuuden ja rakennusten lämmöntuotannossa, moninkertaiseksi biosähkön tuotannossa ja kymmenkertaiseksi liikenteen biopolttoaineiden tuotannossa.

- Bioenergian käyttöpotentiaalia voidaan ja sitä tulee merkittävästi parantaa kiinnittämällä huomiota sen energiatehokkaaseen hyödyntämiseen. Suomella olisi mahdollisuuksia nimenomaan tässä; tehokkaana ja kestävä bioenergian osaajana ja hyödyntäjänä. Esimerkiksi edistyneellä kiinteän polttoaineen jalostamisella ja käsittelyllä sekä yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannolla saavutetaan tehokkuushyötyjä sähkö-, teollisuus- ja lämmityssektoreilla. Näissä teknologioissa suomalaisilla yrityksillä on sekä vahvaa osaamista ja referenssejä että uusia merkittävää kasvupotentiaalia omaavia yrityksiä.
- Energiatarpeen kasvaessa uusilla alueilla, mm. Kaakkois- ja Etelä-Aasiassa sekä Afrikassa, voidaan odottaa myös bioenergian käytön kasvavan. Erityisesti Kaakkois- ja Etelä-Aasiassa sähkönkulutuksen kasvun keskeisinä ajureina ovat kotitalouksien tulotason nousu, väestömäärän kasvu, kotitalouksien pääsy sähkön piiriin sekä teollisuustuotannon kasvu. Lisäksi näillä alueilla on huomattavan suuri, toistaiseksi hyödyntämätön, edullinen ja kestävä bioenergiapotentiaali.
- Suomalaiset bioenergia-alan yritykset ennakoivat vahvaa kasvua. Reilusti yli puolet ennakoi bioenergiaan liittyvän liikevaihtonsa kasvavan lähivuosina ja yli kolmasosa odottaa reipasta kasvua. Myös viennin odotetaan kehittyvän vauhdikkaasti: lähes 70 % ennakoi kasvua ja yli kolmasosa odottaa viennin lisääntyvän merkittävästi.
- Yritykset korostivat tämän lisäksi myös, että vientitilastot eivät kerro koko totuutta suomalaisten yritysten asemasta maailman markkinoilla. Useilla isoilla bioenergiayrityksillä on teknologiatuotantoa ja alihankkijoita Suomen ulkopuolella. Tämä toiminta perustuu suomalaiseen osaamiseen ja syntyvä arvonnisa hyödyttää laaja-alaisesti Suomea, vaikka se ei näy vientitilastoissa.
- Bioenergia-alalla on jo merkittävä määrä kaupallistettua ja koeteltua teknologiaa bioenergian käyttämiseksi kaikilla sektoreilla sekä myös merkittävää uutta innovaatiopotentiaalia. Bioenergian parissa toimivien yritysten näkemys on, että kunhan kotimarkkinat toimivat demonstraatioympäristönä ja viennin rahoitusinstrumentit ovat kilpailukykyiset, Suomella ei ole rajoitteita olla maailman kärjessä bioenergiaan liittyvässä osaamisessa ja teknologioissa.
- Jotta suomalainen bioenergiateknologian vienti voisi kehittyä suotuisasti, tulisi Suomen normien olla vähintäänkin vientimaiden tasolla, sekä poliittisen ohjauksen olla vakaata ja mahdollistaa pitkäjänteinen tuotekehitys ja testaaminen.
- Bioenergiateknologiaviennin merkittävimmäksi kasvun haasteeksi erityisesti PK-yrityksissä koettiin rahoituksen heikko saatavuus erityisesti projekti-investointeihin. Julkisten rahoitusinstrumenttien ei koeta olevan kilpailijamaiden tasolla. T&K rahoitusinstrumentit pitäisi olla käytössä myös ulkomailla toteutettavissa pilottihankkeissa, jotta ratkaisut sopisivat paikallisiin biopolttoaineisiin ja toimintaympäristöön.
- Myös kehitys- ja ilmatorahoitusta voitaisiin kohdistaa voimakkaammin bioenergiahankkeisiin. Kehitysmaissa esimerkiksi tuotetaan usein sähköä dieselgeneraattoreilla. Suomalaisella tekniikalla voitaisiin korvata öljy paikallisilla

biopolttoaineilla, erityisesti vailla käyttöä olevalla tai tehottomasti hyödynnettävällä metsä- ja maatalousperäisellä jätteellä. Olisi perusteltua hyödyntää kehitysyhteistyörahoitusta biovoimaloiden rakentamiseen tällaisissa olosuhteissa. Yritysten vientiä kehitysmaihin tukisi myös on bioenergiaan liittyvä hallinnollinen ja koulutuksellinen yhteistyö.

- Rahoituksen kehittäminen kilpailijamaita vastaavalle tasolle vaatii julkiselta hallinnolta pitkäjänteistä kehitystyötä ja sitoutumista. Mahdollisuuksien realisoiminen ja vahvan markkina-aseman saavuttaminen edellyttäisi uusien ilmasto-, kehitys- ja vientirahoitusinstrumenttien kehittämistä julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyönä samaan tapaan kuin esimerkiksi Tanskassa ja Norjassa.
- Yritykset korostivat, etteivät kilpailijat eivät ole kotimaassa vaan maailmalla. Ne näkivät, että yritysten yhteistyömallien kehittäminen on avainasemassa. Tavoitteena tulisi olla joustavien arvoverkostojen, ei välttämättä arvoketjujen luominen.

### 3. Katsaus markkina-analyysiin

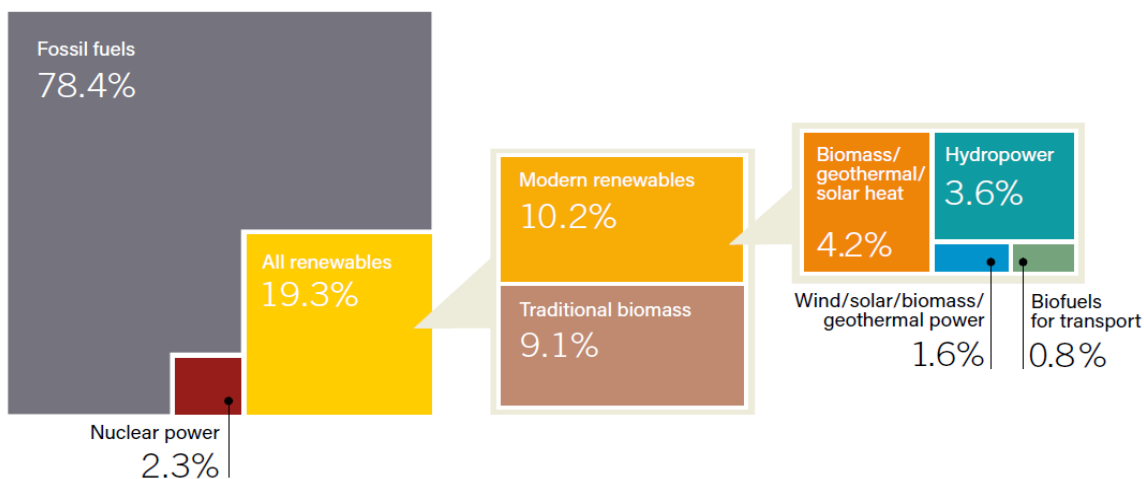
Tässä markkinakatsauksessa tarkastellaan bioenergian käytön mahdollisia kehityspolkuja tulevaisuudessa. Tarkasteluperspektiivi on globaali pitkän aikavälin skenaariotarkastelu energian kulutuksen kaikilla pääsektoreilla eli liikenne, sähkön tuotanto, teollisuuden lämpö ja rakennusten lämmitys. Sektorien lisäksi tarkastellaan bioenergian käytön maantieteellistä jakaumaa ja sen mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa. Markkinakatsaus jakautuu seuraaviin osioihin: bioenergian rooli ja viimeaikainen kehitys nykyisessä globaalissa energiajärjestelmässä; tarkasteluun valittujen kahden skenaarion esittely ja niiden relevanssi markkinakatsauksen tavoitteen kannalta; skenaarioiden sektorikohtainen esittely.

#### 3.1. Bioenergian globaali käyttö – nykytila

Bioenergia on ylivoimaisesti merkittävin uusiutuvan energian muoto. Vaikka niin sanottu traditionaalinen biomassan käyttö jätettäisiin laskuista, bioenergiaa käytetään maailmassa suuruusluokkaa yhtä paljon kuin muita uusiutuvia energialähteitä yhteensä.

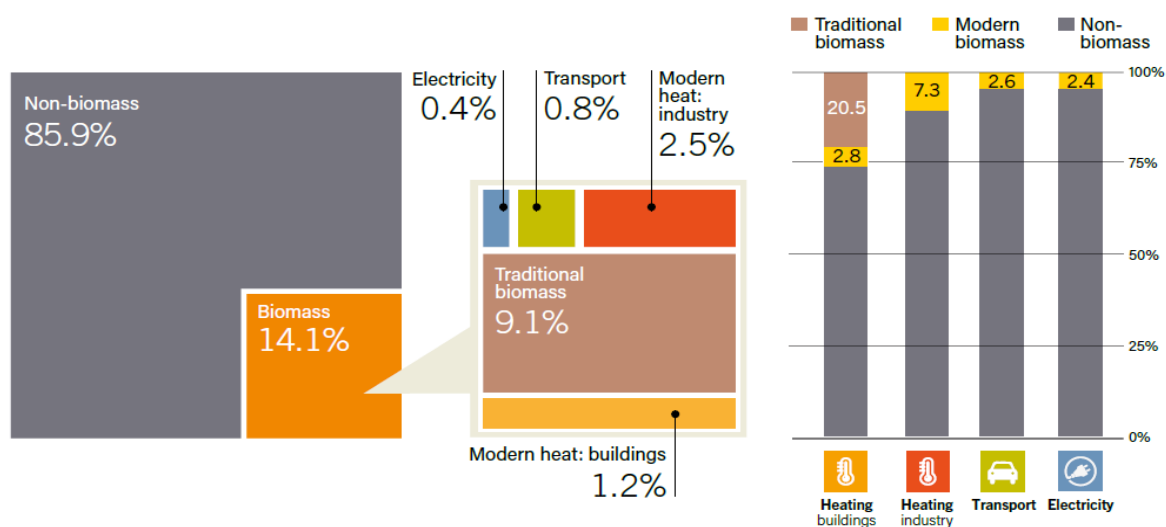
Traditionaalisella biomassalla tarkoitetaan erityisesti kehitysmaiden kotitalouksien käyttämiä sekalaisia puu- ja kasvipäisiä polttoaineita (risut, olki jne.) sekä esimerkiksi eläinten lantaa, joita keräillään usein käsin, ja jonka hankinta ja käyttö on siten usein aikaa vievää, energiatehottomaa ja myös epäterveellistä. Vaikka ylivoimaisesti suurin osa traditionaalisesta biomassasta käytetään kehitysmaissa, myös pieni osa kehittyneiden maiden biomassan käytöstä voidaan laskea traditionaaliseksi tehottomaksi käytöksi. Tässä raportissa ei tarkastella erityisesti traditionaalista biomassaa vaan keskitytään niin sanottuun moderniin bioenergiaan. Traditionaalinen biomass on tarkastelussa mukana vain, mikäli erikseen mainittu.

Tuuli- ja aurinkoenergian tuotannon voimakkaasta kasvusta huolimatta modernia bioenergiaa käytetään edelleen kertaluokkaa suurempi määrä verrattuna näiden kahden tuotantomuodon yhteenlaskettuun tuotantoon. Kuva 1 havainnollistaa uusiutuvien energialähteiden osuuden energian loppukulutuksen osana globaalisti kattaen kaikki sektorit.



Kuva 1. Uusiutuva energia osana energian kokonaisloppukulutusta (Total Final Energy Consumption, TFEC) globaalisti 2015. (REN21 2017)

Monet uusiutuvat energialähteet soveltuvat parhaiten sähköntuotantoon, mutta bioenergia soveltuu ja sitä hyödynnetään laajasti kaikilla sektoreilla: sähköntuotannossa, teollisuuden lämmöntuotannossa, rakennusten lämmityksessä sekä liikenteessä. Se on ylivoimaisesti eniten käytetty uusiutuva energialähde teollisuuden ja rakennusten lämmöntuotannossa sekä liikennepolttoaineena, ja näyttää myös merkittävää osaa uusiutuvasta sähköntuotannosta. Kaiken kaikkiaan noin 5% kaikesta energiankulutuksesta globaalisti on modernia bioenergiaa, minkä lisäksi lähes 10% globaalista energiankulutuksesta on traditionaalista biomassaa. (Ks. Kuva 2.)

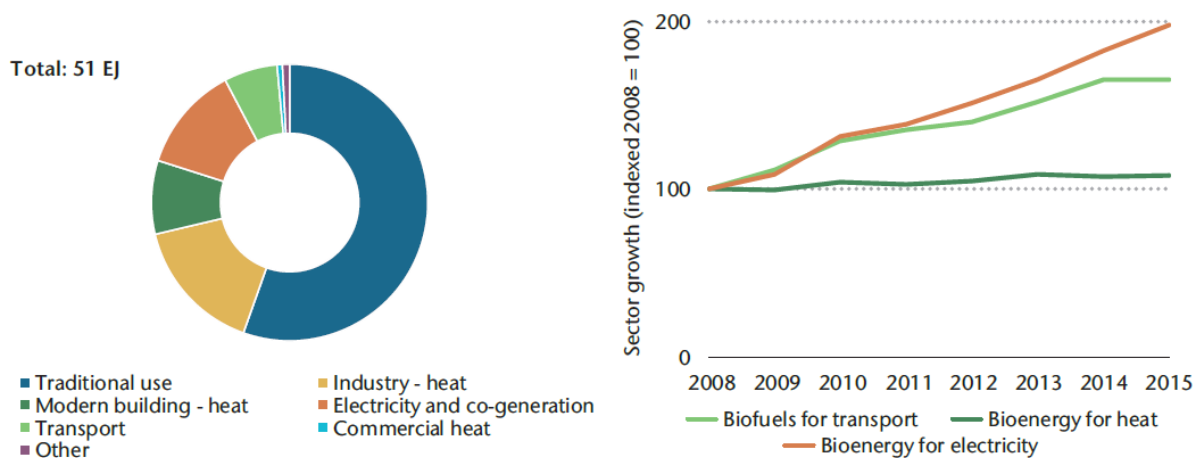


Kuva 2. Bioenergian käyttö osana kokonaisenergiankulutusta globaalisti sekä kontribuutio eri sektoreiden kokonaisenergiakulutukseen 2015. (REN21 2017)

Näin ollen bioenergialla on myös jatkossa merkittävä rooli osana uusiutuvan energian käytön lisäämisessä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä laajasti eri sektoreilla. IEA:n (2017) mukaan bioenergian käyttö ei kuitenkaan ole viimeisen kymmenen vuoden aikana kasvanut likimainkaan niin nopeasti kuin esimerkiksi IEA:n ja IRENA:n ilmastoskenaarioiden mukaan pitäisi, ja alan globaaliin kasvuun olisi kiinnitettävä merkittävämpää huomiota, mikäli esimerkiksi Pariisin sopimuksesta halutaan pitää kiinni. Kuluneen vuosikymmenen keskeiset muutostrendit, sekä myönteiset että kielteiset, jotka vaikuttavat myös bioenergian rooliin ja tilanteeseen, ovat olleet seuraavat:

- Ilmastonmuutoksesta tullut yhä keskeisempi muutosajuri, Pariisin sopimus
- Fossiilisten polttoaineiden hintakilpailukyky on ollut odotettua parempi, esimerkiksi merkittävää globaalia kasvihuonekaasupäästöjen hintaa ei ole muodostunut
- Tuulivoiman ja varsinkin aurinkoenergian tuotantokustannuksen lasku, ja erityisesti jälkimmäisen voimakas kasvu, joka on saattanut osin jopa syrjäyttää muita uusiutuvia
- Sähköautojen kehityksen nopeat edistysaskeleet
- Biotalous-trendi, bioenergian rooli ja uudet mahdollisuudet muiden biotuotteiden klustereissa
- Bioenergian kasvihuonekaasutaseen (sekä päästötasot että ajallinen ulottuvuus) sekä ympäristö- ja ravinnontuotantovaikutusten tarkempi arviointi ja sen mukanaan tuoma poliittinen epävarmuus
- Uusien bioenergiatekniologioiden odotettua hitaampi kaupallistuminen varsinkin liikennepolttoaineissa
- Edellisten seurauksena bioenergian käytön odotettua hitaampi kasvu

Kun traditionaalinen biomassa jätetään huomiotta, bioenergiaa käytetään absoluuttisena energiamääränä tarkasteltuna eniten teollisuuden lämmöntuotannossa, minkä ohella myös rakennusten lämmitys on keskeinen osa bioenergian kulutusta. Myös sähköntuotantoon käytetään merkittävä määrä bioenergiaa, kun taas toistaiseksi vielä vähäinen määrä käytetään liikennesektorilla. Kasvumielessä bioenergian käyttö on kuitenkin lisääntynyt suhteellisesti nopeimmin sähköntuotannossa, ja myös liikennepolttoaineiden kasvu on ollut nopeaa, kun taas bioenergian käyttö lämmöntuotannossa ei ole merkittävästi kasvanut viime vuosina, vaikkakin sen absoluuttinen määrä on huomattavan suuri (ks. Kuva 3).



Kuva 3. Bioenergian nykykäyttö ja viimeisen vuosikymmenen kasvu eri sektoreilla. (IEA 2017)

Monipuolisuuden ja ilmastohyötyjen ohella bioenergiaan liittyy kuitenkin myös haasteita. Bioenergian lähteet ovat moninaisia, ja niiden laatuominaisuudet, soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin ja siten hankinta-, jalostus-, logistiikka- ja konversioteknologiat vaihtelevat voimakkaasti. Monet bioenergian lähteet ovat myös voimakkaasti sidoksissa maatalouteen ja ruuan tuotantoon, millä saattaa olla vaikutuksia ruokahuollolle. Biopolttoaineiden tuotanto saattaa lisäksi syrjäyttää muuta kasvillisuutta, heikentää biodiversiteettiä tai aiheuttaa muita paikallisia tai alueellisia ympäristövaikutuksia. Myös eri bioenergiamuotojen tuotannon ja käytön elinkaaren ilmastovaikutukset vaihtelevat voimakkaasti.

Bioenergian käytöllä on vahva linkki sekä globaaleihin ilmastotavoitteisiin että useisiin YK:n kestävän kehityksen tavoitteisiin (Sustainable Development Goals, SDGs). IEA:n, IRENA:n ja YK:n elintarvike- ja

maatalousjärjestö FAO:n yhteisen julkilausuman mukaan bioenergian laajemmalla hyödyntämisellä voi olla keskeinen ja rakentava rooli niin SDG-tavoitteisiin pääsemisessä kuin Pariisin sopimuksen täytäntöönpanossakin.<sup>1</sup> Järjestöjen mukaan bioenergian hyödyntämisessä tulee ottaa huomioon paikalliset olosuhteet ja ihmiset sekä turvata biologinen monimuotoisuus. Tämä edellyttää erityisesti hallittua, koordinoitua ja osallistavaa maankäytön suunnittelua.

Yllä mainittujen näkökohtien lisäksi bioenergian haaste kasvun kannalta on se, että bioenergian käyttö on maantieteellisesti melko keskittynyttä; tietyt maat käyttävät bioenergiaa merkittäviä määriä, ja myös kasvu on keskittynyt näihin maihin, kun taas bioenergian diffuusio uusille markkinoille on ollut hidasta. Bioenergian käytön maantieteellistä jakautumaa nykyään sekä mahdollisessa tulevaisuuden skenaariossa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin seuraavassa luvussa sektorikohtaisesti.

### 3.2. Bioenergiapotentiaali

Maailman bioenergiajärjestön (World Bioenergy Association, WBA) mukaan bioenergian globaali käyttö oli vuonna 2012 primäärienergiana noin 56 EJ vuodessa (WBA 2016). Tästä selvästi suurin osa, noin 49 EJ (noin 85% kaikesta bioenergiasta), on puuperäistä biomassaa, lopun ollessa maatalouden biomassaa sekä jätettä. Maailman bioenergiajärjestön vuonna 2016 tekemän analyysin mukaan varovainen arvio globaalista kestävästä kehityksen vaatimukset huomioon ottavasta teknistaloudellisesta bioenergiapotentiaalista olisi vähintään 150 EJ/a.

Kasvumahdollisuuksia nähdään kaikkien biomassalähteiden osalta, mutta erityisesti maatalouden bioenergiassa, mukaan lukien sekä energiakasvit että maatalouden sivuvirrat ja jätteet. Kun metsätalousperäinen biomassaa oli vuonna 2012 noin 49 EJ ja maatalousperäinen vain vajaa 6 EJ, voisi näiden käyttö kasvaa kestävästi 78 EJ:een ja 64 EJ:een vuoteen 2035 mennessä, lopun ollessa jätepoltoaineita. Vaikka suurin kasvupotentiaali onkin maatalouden biomassassa, olisi puuperäinen biomassaa edelleen suurin biomassan lähde teknistaloudellista potentiaalia tarkasteltaessa. (Ks. Taulukko 1.) Myös IEA on arvioinut globaalin bioenergian kestävästä tarjontapotentiaalin olevan noin 150 EJ/a (IEA 2017). Erityisesti maatalouden sivutuotteissa ja tähteissä piilee huomattava teoreettinen potentiaali, WBA:n mukaan jopa 122 EJ/a. Koska näiden hyödyntämiseen liittyy kuitenkin merkittäviä teknistaloudellisia haasteita, on käytössä olevaksi potentiaaliksi arvioitu vain 20-30%.

Sektori	Alasektori	2012	2035, haarukka	2035, ka.
Maatalous	Energiakasvit	3,5	26-34	30
	Sivutuotteet ja tähteet	2,1	30-38	34
	<b>Maatalous yht.</b>	<b>5,6</b>	<b>56-72</b>	<b>64</b>
Metsätalous		48,9	72-84	78
Jätteet		1,7	6-10	8
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>56,2</b>	<b>134-166</b>	<b>150</b>

Taulukko 1. Globaali bioenergian käyttö vuonna 2012 ja teknistaloudellinen potentiaali energialähteittäin vuoteen 2035, EJ/a. (WBA 2016)

<sup>1</sup> "Bioenergy for Sustainable Development"; IEA, IRENA and FAO 2017



### 3.3. Bioenergian globaali käyttö – tulevaisuuden skenaariot

Seuraavaksi tarkastellaan bioenergian roolia viime aikaisissa globaaleissa energiaskenaarioissa – erityisesti sellaisissa, jotka tähtäävät ilmaston lämpenemisen rajoittamiseen kahteen asteeseen tai sen alle. Koska lähes kaikki maailman maat ovat sitoutuneet Pariisin ilmastopöytäkirjaan, on mielekästä ottaa lähtökohdaksi se, että tarkasteltavat skenaariot johtavat Pariisin sopimuksen mukaisen vähimmäistavoitteen toteutumiseen. Siksi esimerkiksi eri tahojen ns. ”perusskenaarioita” ei ole sisällytetty tarkasteluun, koska nämä tyypillisesti sisältävät oletuksen, että tulevaisuudessa ei odoteta toimeenpantavan merkittävää uutta politiikkaa.

On myös huomionarvoista, että kyse on skenaarioista, ei ennusteista. Skenaarioissa tarkastellaan, mitä tapahtuisi tiettyjen oletusten puitteissa ottamatta kantaa ovatko nämä oletukset todennäköisimpiä.

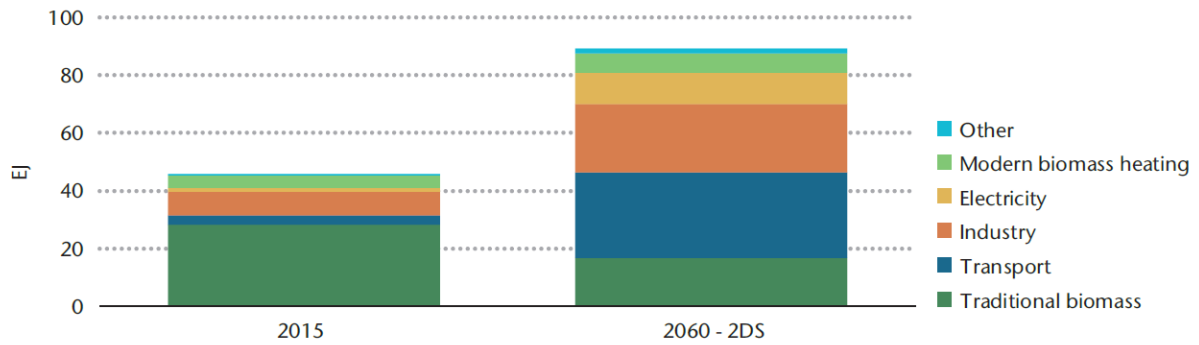
Tähän tarkasteluun on valittu kaksi skenaariota, joissa lähtöoletuksena on bioenergian käytön kustannustehokas ja ekologisesti ja sosiaalisesti kestävä lisääminen sellaisessa kehityksessä, jossa ilmastotavoitteet saavutetaan. Nämä skenaariot ovat Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n Bioenergy Technology Roadmap ja erityisesti sen 2DS-skenaario sekä Kansainvälisen uusiutuvan energian järjestön IRENA:n REmap-skenaario.

### 3.4. IEA Bioenergy Technology Roadmap, 2DS-skenaario

2DS on IEA:n vuonna 2017 julkistama globaali skenaario vuoteen 2060. Sen oletuksena on ilmaston lämpenemisen rajoittaminen kahteen celsiusasteeseen vuoteen 2100 mennessä 50% todennäköisyydellä. Skenaario keskittyy erityisesti bioenergian rooliin eri sektoreilla sekä listaa mahdollisuudet ja haasteet bioenergian lisäämiseksi eri sektoreilla. Tässä skenaariossa bioenergian kokonaiskäyttö (traditionaalinen biomassa mukaan lukien) kasvaisi noin 50 EJ tasolta noin 90 EJ tasolle vuoteen 2060 mennessä. (ks. Kuva 4)

Modernin bioenergian käytön tulisi viisinkertaistua traditionaalisen bioenergian käytön laskiessa merkittävästi. Samalla bioenergian osuus energian loppukulutuksesta nousisi 4,5%:sta 17%:iin. Energian loppukulutus olisi näin ollen luokkaa 530 EJ vuonna 2060, mikä tarkoittaisi hieman yli 1%/a globaalin energiankulutuksen kasvua skenaarion tarkastelujaksolla. Kuten aiemmin on mainittu, IEA:n arvion mukaan kestävä bioenergian tarjontapotentiaali on suuruusluokkaa 150 EJ/a. Skenaario on rakennettu siten, että bioenergian primääritarjonta ei ylitä tätä volyymia vaan teknistaloudellisesta potentiaalista jäisi käyttämättä noin 40%.

Skenaariossa vuonna 2060 noin 2/3 bioenergiasta olisi maa- ja metsätalouden sekä yhdyskuntien ja muun elinkeinotoiminnan jätteitä ja sivuvirtoja. Suurin kasvu olisi liikenteen biopolttoaineissa: se kasvaisi pienimmästä bioenergiasta suurimmaksi. Bioenergian käyttö tällä hetkellä suurimmalla sektorilla – teollisuudessa – kasvaisi myös merkittävästi ollen vuonna 2060 toiseksi suurin bioenergian käyttösektori. Myös biosähkön tuotanto kasvaisi suhteellisesti paljon, kun taas moderni rakennusten lämmitys kasvaisi verrattain maltillisesti. Kukin sektori käsitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.



Kuva 4. Bioenergian loppukulutus vuonna 2015 ja vuonna 2060 IEA 2DS:ssa, EJ/a. (IEA 2017)

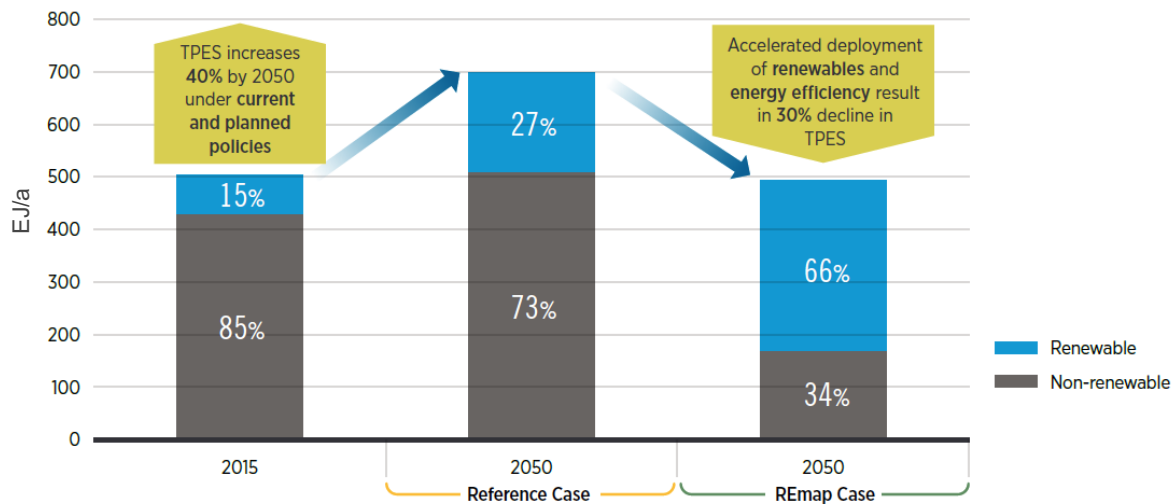
### 3.5. IRENA, REmap-skenaario

IRENA:n REmap -skenaario perustuu bottom-up -lähestymistapaan, jossa on kartoitettu useiden maiden potentiaalia ja marginaalikustannuskäyrää uusiutuvan energian lisäämiseen. Potentiaalini pohjalta REmap esittää pääosin uusiutuvan energian lisäämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen perustuvan skenaarion, jolla voidaan täyttää ilmastotavoitteet 66 % todennäköisyydellä.

REmap -skenaariossa on kolme referenssipistettä: vuosi 2015 edustaa nykytilaa kuten IEA:n skenaariossakin, tulevaisuuden skenaario tarkastelee kehitystä vuoteen 2050 asti (IEA:n skenaario vuoteen 2060 asti) ja 2050 osalta esitetään kaksi skenaariota. Ensimmäinen on Reference Scenario, joka esittää odotetun kehityksen perustuen valtioiden nykyisiin tavoitteisiin. Toinen on REmap-skenaario, joka esittää IRENA:n maakohtaiseen dataan perustuvan kustannustehokkaimman tavan saavuttaa ilmastotavoitteet käyttäen pääosin uusiutuvaa energiaa ja energiatehokkuutta.

Voidaan sanoa, että IEA:n 2DS ja IRENA:n REmap ovat tältä osin sekä relevantteja että kohtalaisen vertailukelpoisia skenaarioita. IRENA:n skenaariossa energiatehokkuustoimilla energiankulutus saadaan 2015-2050 välillä laskuun siten, että vuonna 2050 REmap-skenaariossa globaali primäärienergian määrä on laskenut suunnilleen vuoden 2010 tasolle eli noin 500 EJ:een. Energian loppukulutus olisi vastaavasti noin 350 EJ, myös samaa tasoa kuin vuonna 2010. Kun perusvuonna 2015 primäärienergiasta 15% on uusiutuvaa, vuonna 2050 osuuden pitäisi olla 66%.

Reference Scenariossa primäärienergia nousee 700 EJ:een ja uusiutuvan energian osuus jää 27% tästä. (Ks. Kuva 5.) Energian kokonaiskulutuksen tasoa on kiinnostavaa verrata IEA:n 2DS-skenaarioon, jossa vuodelle 2060 oletetaan noin 530 EJ kokonaiskulutus. Tämä on selvästi korkeampi kuin IRENA:n REmap-skenaariossa mutta toisaalta selvästi matalampi kuin IRENA:n Reference Scenariossa. Lisävertailukohtana voidaan vielä pitää Ecofysin kunnianhimoista skenaariota, jossa tavoitellaan maksimissaan 1,5 asteen lämpenemistä 50% todennäköisyydellä. Siinä globaalia primäärienergiaa uskotaan pystyttävän alentamaan 435 EJ:een vuonna 2050. (Ecofys 2018)

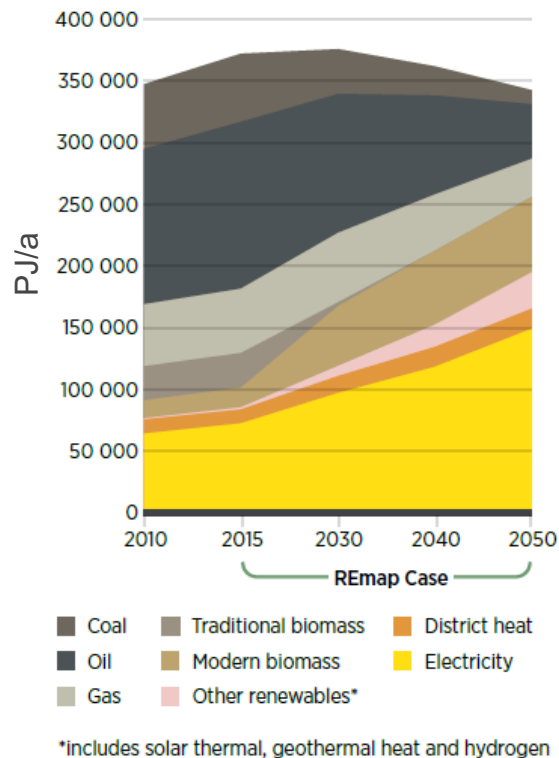


Kuva 5. Primäärienergia ja uusiutuvan energian osuus perusvuonna 2015, Reference Casessa 2050 sekä REmap-skenaariossa vuonna 2050. (IRENA 2018)

REmap -skenaariossa traditionaalisen bioenergian käyttö saadaan loppumaan lähes kokonaan jo 2030 mennessä ja kokonaan 2050 mennessä, jolloin modernia bioenergiaa käytetään (energian loppukulutuksena laskien) noin 60 EJ. Lisäksi sähkön tuotannossa bioenergiaa käytetään noin 6 EJ (4% sähkön kokonaistuotannosta) ja jonkin verran myös kaukolämmössä, bioenergian kokonaiskäytön päättyessä tällöin lähelle 70 EJ vuonna 2050. Lukua voidaan verrata melko hyvin IEA:n 2DS:n kanssa; siinä bioenergiaa käytettäisiin 90 EJ vuonna 2060, mutta josta lähes 20 EJ olisi traditionaalista bioenergiaa.

IRENA:n REmap -skenaario on näin ollen kokonaisuutena optimistisempi sekä modernin bioenergian käytön lisäämisen, traditionaalisen bioenergian käytön vähenemisen kuin myös energiatehokkuuden paranemisen suhteen. Tästä suurin osa käytettäisiin liikenteessä. Merkille pantavaa on myös sähkön osuuden kaksinkertaistuminen 20%:sta 40%:iin kokonaisenergiankulutuksesta vuoteen 2050 mennessä. Vaikka energiasektorin sähköistymistrendi näkyy käytännössä kaikissa energiaskenaarioissa ja ennusteissa, erityisesti sellaisissa, joissa oletetaan nopea kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen, on sähkön osuuden kasvu poikkeuksellisen merkittävä IRENA:n REmap -skenaariossa. (ks. Kuva 6)

Kunnianhimoisimpana vertailukohtana voidaan käyttää Ecofysin skenaariota, jonka 1,5 asteen tavoitteessa sähköntuotanto kolminkertaistuisi nykyiseen nähden vuoteen 2050 mennessä. Ecofysin skenaariossa bioenergia olisi aurinkoenergian ohella merkittävin ja tuulivoima kolmanneksi merkittävin energialähde vuonna 2050. Absoluuttisesti siinä skenaariossa bioenergian käyttö kuitenkin kasvaisi IEA:n ja IRENA:n skenaarioita vähemmän johtuen muun muassa selvästi alhaisemmasta kokonaisenergiankulutuksesta vuonna 2050. (Ecofys 2018)



Kuva 6. Energian loppukulutus ja eri energialähteiden osuudet 2010-2050 REmap -skenaariossa, PJ/a. Sähköntuotannossa uusiutuvan energian osuus kasvaa tällä jaksolla alle 25%:sta 85%:iin. (IRENA 2018)

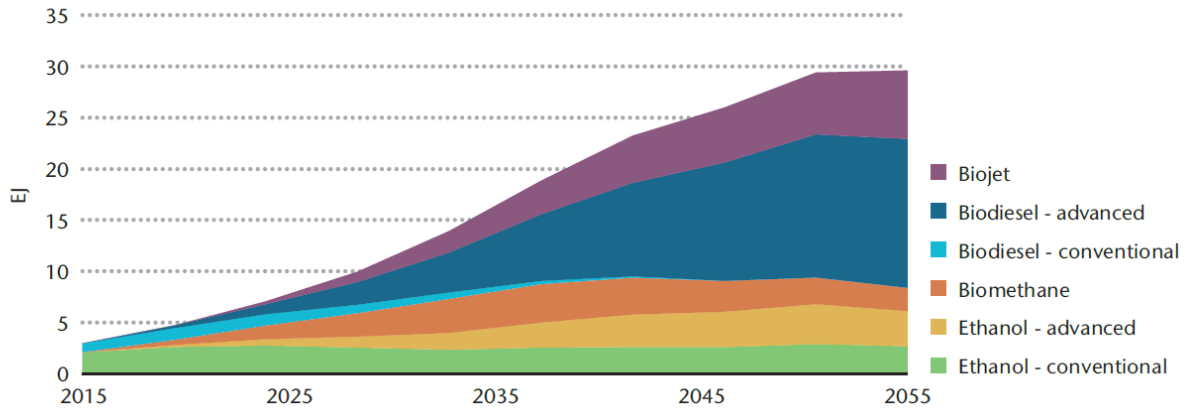
Seuraavaksi näitä kahta skenaariota tarkastellaan rinnakkain sektorikohtaisesti liikennesektorilla, sähköntuotannossa, teollisuuden lämmössä sekä rakennusten lämmityksessä.

### 3.6. Liikenne

Liikenteen biopolttoaineita tuotettiin vuonna 2015 globaalisti noin 130 miljardia litraa. Tuotannon kasvu on hidastunut tällä vuosikymmenellä noin 4%/a tasolle, kun se oli viime vuosikymmenellä yli 10%/a. Tämä kasvun hidastuminen johtuu lisääntyneestä poliittisesta ja taloudellisesta epävarmuudesta, joka on hidastanut investointeja. Lisäksi niin sanottujen edistyneiden liikenteen biopolttoaineiden kaupallistuminen on edennyt odotettua hitaammin, eikä niitä edelleenkään ole markkinoilla merkittävästi. Niiden osuuden ennustetaan kasvavan seuraavan viiden vuoden aikana noin 1-2%:iin biopolttoaineiden kokonaistuotannosta (1,5-3 miljardia litraa vuodessa).

Kysyntäpuolella sekoitusvelvoitteilla on ollut keskeinen merkitys, ja ne ovat suojanneet biopolttoaineita alhaisilta fossiilisten polttoaineiden hinnoilta. Viime aikoina on alettu soveltaa myös uudenlaisia edistämiskeinoja kuten elinkaaripäästöihin perustuvia standardeja, joista on kokemusta ainakin Kaliforniassa ja Saksassa ja vastaavaa on suunnitteilla myös Kanadassa.

IEA:n 2DS:ssä biopolttoaineiden globaalinen kokonaiskulutus nousisi noin 30 EJ :een eli noin 29%:iin liikennesektorin energiakäytöstä. Koska biopolttoaineiden käyttö vuonna 2015 oli noin 3EJ (noin 130 miljardia litraa) tämä tarkoittaisi biopolttoaineiden käytön kymmenkertaistumista skenaarion tarkastelujaksolla. Konventionaalinen etanoli säilyisi nykyisellään, ja kasvu tulisi lähinnä edistyneemmistä biopolttoaineista sekä metaanista. (ks. Kuva 7)

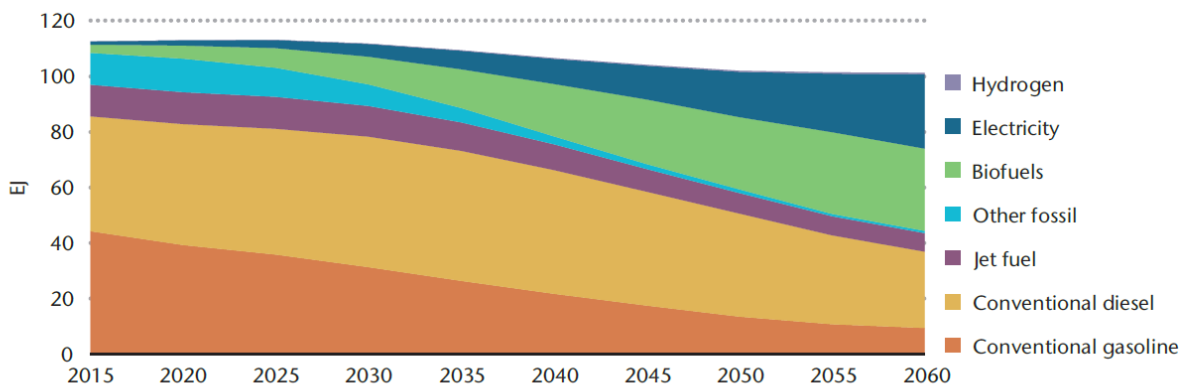


Kuva 7. Liikenteen biopolttoaineiden käytön kasvu 2015-2055 IEA:n 2DS:ssa, EJ/a. (IEA 2017)

Liikennesektorin kokonaiskulutus laskisi noin 110-115 EJ tasolta vuonna 2015 noin 100 EJ tasolle vuoteen 2060 mennessä liikenteen energiatehokkuuden merkittävän parantumisen vuoksi. Vaikka sähköinen liikenne kasvaa merkittävästi, sen osuus energiankokonaiskulutuksesta liikenteessä olisi vain 27 EJ / 26%. Koska sähköajoneuvojen energiatehokkuus on merkittävästi suurempi, sähköajoneuvojen ja niillä ajetun liikennesuoritteiden määrä olisi tosin selvästi tätä suurempi.

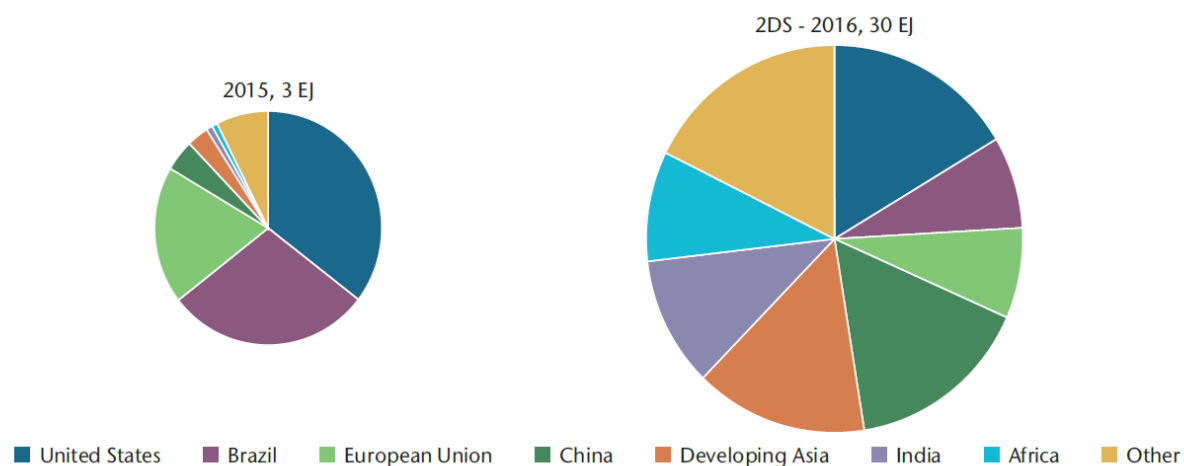
Kun sähkö ja biopolttoaineet vastaisivat hieman yli 50%:sta liikenteen energiasta vuonna 2060, niin alle puolet olisi konventionaalisia fossiilisia polttoaineita. Biopolttoaineita tarvitaan erityisesti sektoreilla, joilla sähköistäminen on haasteellista: lentopolttoaineista 40% ja meriliikenteen polttoaineista 30% olisi biopolttoaineita vuonna 2060. On huomionarvoista, että kaiken tämän tulee olla ns. edistyneitä liikenteen biopolttoaineita. Perinteisissä polttoaineissa painopiste tulee olemaan aidosti kasvihuonekaasupäästöjä vähentävissä polttoaineissa kuten sokeriruukoviljelyyn perustuvassa etanolituotannossa sekä biokaasussa. (ks. Kuva 8)

Vertailun vuoksi Ecofysin 1,5 asteen skenaariossa liikennesuoritteena mitattuna lentoliikenne kasvaa merkittävimmin; 3,5 kertaiseksi vuoteen 2050 mennessä. Myös henkilöautoliikenteen ja tierahdin määrä noin kolminkertaistuisi. Ecofysin mukaan sähköistymisestä huolimatta biopolttoaineilla olisi edelleen merkittävä rooli tieliikenteessä. Puolet bioenergian käytöstä vuonna 2050 kuluisi liikennesektorilla ja se olisi energiatehokkuuden ohella ainoa päästövähennyskeino lento- ja meriliikenteessä eikä skenaario oletta esimerkiksi merkittävää sähköistymistä näillä sektoreilla vuoteen 2050 mennessä. (Ecofys 2018)



Kuva 8. Bioenergian kokonaiskulutus osana liikenteen kokonaisenergiankulutusta 2015-2060 IEA:n 2DS:ssa, EJ/a. (IEA 2017)

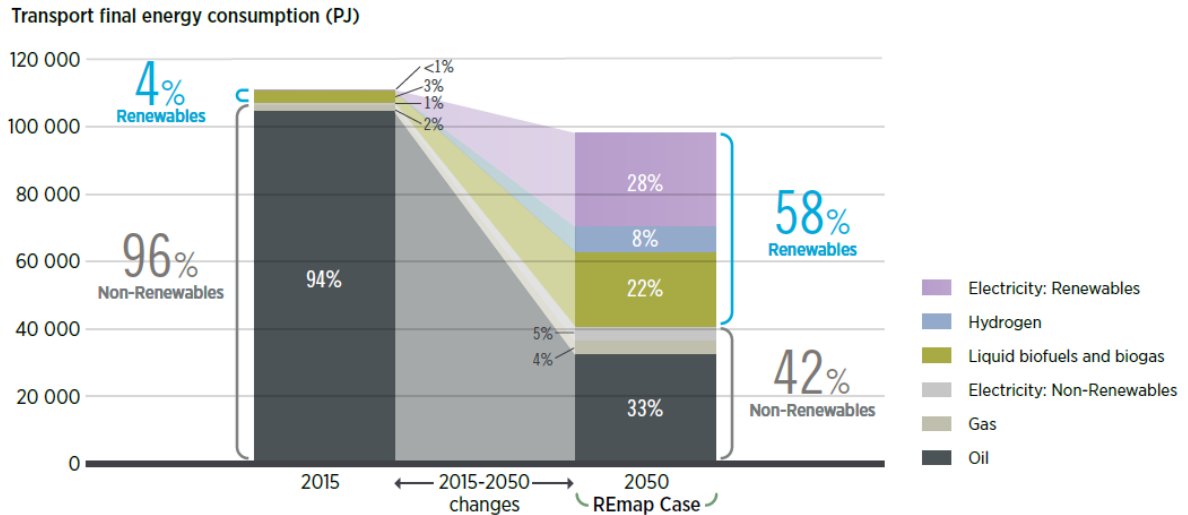
Biopolttoaineiden kysyntä on tällä hetkellä voimakkaasti painottunut USA:han, Brasiliaan ja EU:hun. Etanolin tuotanto taas dominoivat USA ja Brasilia. Ne tuottavat yli 85% etanolista, kun taas biodieselin tuotanto on tasaisemmin jakautunutta. 2DS-skenaarion mukaiseen liikenteen bioenergian käytön lisäämiseen pääseminen edellyttää kysynnän huomattavaa globalisoitumista. Erityisesti Kiinan, Intian ja muun nopeasti kehittyvän Aasian odotetaan lisäävän voimakkaasti liikenteen biopolttoaineiden käyttöä energiankulutuksen voimakkaan kasvun myötä. (ks. Kuva 9.)



Kuva 9. Liikenteen biopolttoaineiden käytön maantieteellinen jakautuminen vuonna 2015 ja vuonna 2060 IEA:n 2DS:ssä, EJ/a. (IEA 2017)

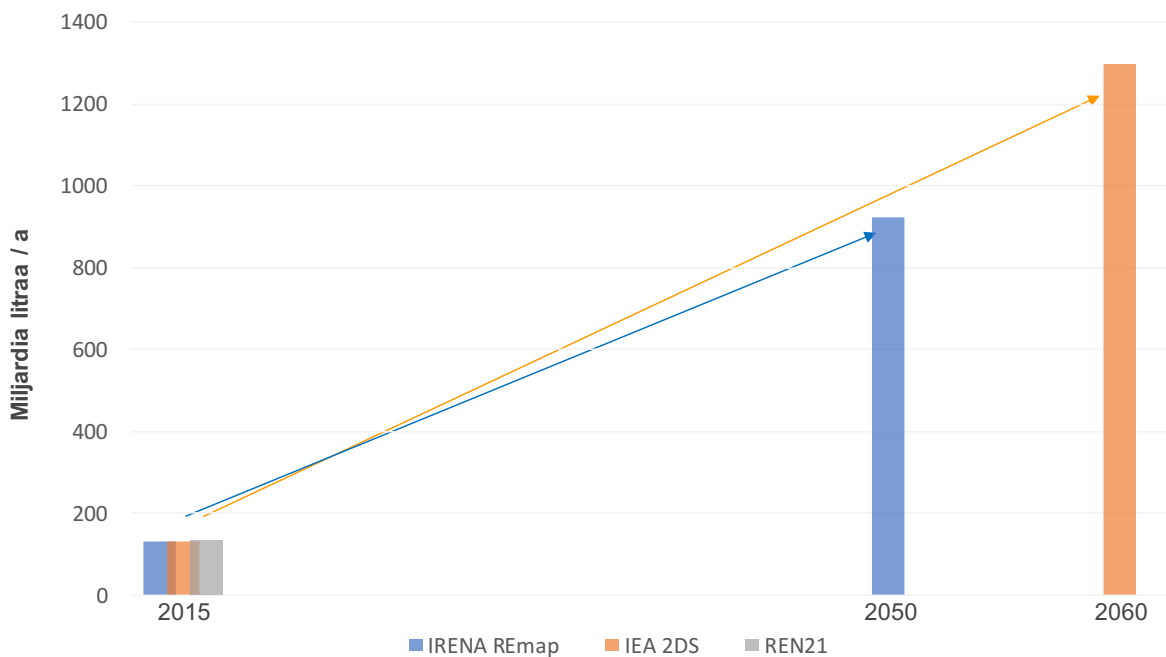
IRENA:n REmap -skenaariossa liikenteen energiakäytön oletetaan laskevan nykyiseltä yli 110 EJ tasolta hieman alle 100 EJ:een vuonna 2050. Tämä on linjassa IEA:n 2DS:n kanssa; kulutus laskisi noin 100 EJ tasolle 2050 ja pysyisi melko vakiona 2060 asti. IRENA on arvioinut REmap -analyysissaan, että eri maiden potentiaalit yhdistämällä uusiutuvan energian osuus (kattaen biopolttoaineet, uusiutuva sähkö ja uusiutuvilla tuotettu vety) voitaisiin nostaa nykyiseltä noin 4% tasolta lähes 60% tasolle vuonna 2050. Biopolttoaineiden osuus tästä olisi vuonna 2050 noin 20 EJ / 22%. Se on alhaisempi osuus kuin IEA:n 2DS:n 30 EJ / 29% vuonna 2060, kun vielä huomioidaan, että jälkimmäisessä skenaariossa 20 EJ/a saavutettaisiin jo aiemmin kuin 2050.

Toisaalta IRENA:n REmap -skenaariossa uusiutuvan sähköntuotannon sekä sähköisen liikenteen määrä kasvaisi IEA:n skenaariota merkittävästi nopeammin, jolloin sähköajoneuvojen energiankulutus olisi 33% liikenteen kokonaisenergiasta. Lisäksi REmap -skenaariossa uusiutuvan energian potentiaalia liikenteessä nostaa uusiutuvalla sähköllä tuotetun vedyn (ns. power-to-fuel) suhteellisen merkittävä 8% osuus liikenteen kokonaisenergiasta vuonna 2050. (ks. Kuva 10) Kuva 10. Liikenteen kokonaisenergiankulutus ja sen jakautuminen energialähteittäin 2015-2050 REmap-skenaariossa, PJ/a. (IRENA 2018)



Kuva 10. Liikenteen kokonaisenergiankulutus ja sen jakautuminen energialähteittäin 2015-2050 REmap-skenaariossa, PJ/a. (IRENA 2018)

Kun tarkastellaan biopolttoaineiden määrän kasvua rinnakkain IEA:n 2DS:ssä ja IRENA:n REmap-skenaariossa, nähdään, että luvut ovat melko hyvin linjassa (ks. Kuva 11). IEA:n 2DS:ssä kasvu ei ole lineaarista, vaan on jo ylittänyt merkittävästi 20 EJ/a vuonna 2050, eli siinä biopolttoaineiden käyttö kasvaa skenaarion alkupuoliskolla nopeammin kuin loppupuoliskolla. Lisäksi IRENA:n REmap-skenaariossa sähköajoneuvoilla ja uusiutuvalla sähköllä tuotettavalla vedyllä on selvästi suurempi rooli kuin IEA:n 2DS:ssä.



Kuva 11. Liikenteen biopolttoaineiden käytön kasvu IEA:n 2DS:ssä ja IRENA:n REmap-skenaariossa 2015, 2050 ja 2060, EJ/a. (IEA 2017, IRENA 2018)

### 3.7. Sähköntuotanto

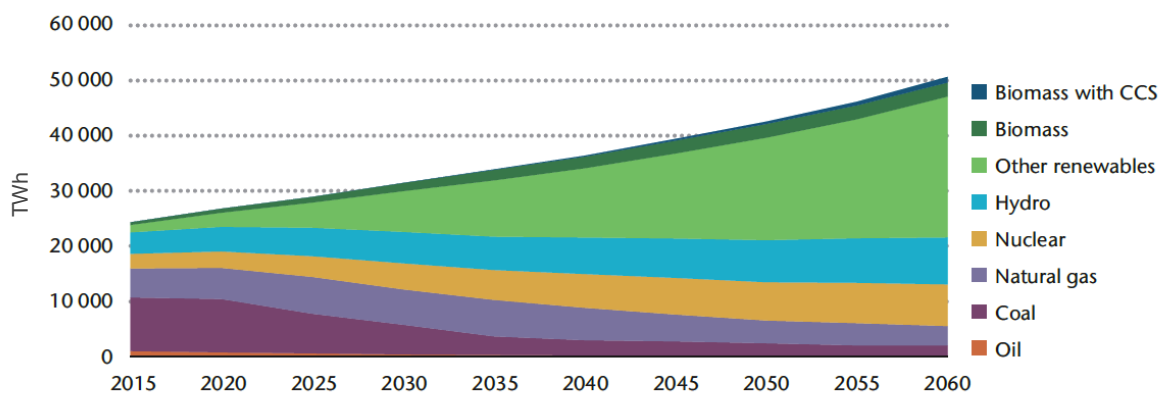
Bioenergiapohjaisen sähköntuotannon polttoaineet ovat tyypillisesti kiinteitä biopolttoaineita ja erilaisia jätepolttoaineita. OECD-maissa näiden osuus biosähkön tuotannon polttoaineista on yli 70% (IEA 2017). Polttoaineiden laatu ja hankintalähteet vaihtelevat kuitenkin suuresti riippuen erityisesti maa- ja metsätalouden sekä näiden jatkojalostussektorien rakenteista. Suurista biosähkömaista Kiinassa jäte ja olki ovat tyypillisiä ja helposti saatavilla olevia polttoaineita. Pohjoismaissa ja USA:ssa metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteet ovat tyypillisempiä.

Vuonna 2016 bioenergialla tuotettiin noin 500 TWh sähköä, joka on noin 2% globaalista sähköntuotannosta, kapasiteetin ollessa 110 GW. Kasvu 2010-2016 on ollut 6,5% eli noin 5-7 GW vuodessa. Tämän vuosikymmenen aikana Euroopan, ja tarkastelujaksosta riippuen myös USA:n, painoarvo on vähentynyt, ja Kiinan ja myös muun Aasian painoarvo on kasvanut.

IEA:n 2DS:ssä sähköntuotannon oletetaan kaksinkertaistuvan vuodesta 2015 vuoteen 2060 energiasektorin sähköistymistrendin sekä kehittyvien talouksien sähkönkulutuksen kasvun myötä. Tässä kokonaisuudessa biosähkön rooli kasvaisi merkittävästi sekä absoluuttisesti että suhteellisesti. Biosähkön tuotanto n. seitsenkertaistuisi tasolta 500 TWh vuonna 2015 tasolle 3400 TWh vuonna 2060. Biosähkön osuus kokonaistuotannosta kasvaisi tasolta 2% vuonna 2015 tasolle 7% vuonna 2060. (Ks. Kuva 12)

Sähköntuotannossa teknologiset vaihtoehdot ovat lisääntyneet viime vuosikymmeninä erityisesti uusiutuvien energialähteiden osalta. Siten biosähkön rooli tässä paletissa tulee olemaan osin erilainen kuin se on ollut tähän asti. Biosähköä tullaan jatkossakin tuottamaan perustuotantona sellaisilla alueilla ja yksittäisissä kohteissa, missä edullista bioenergiaa on tarjolla ja missä se on helposti integroitavissa infrastruktuuriin tai teollisuusprosesseihin ja/tai missä lämpökuormaa on tarjolla yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa varten.

Biosähkön rooli tulisi kuitenkin olemaan monissa tapauksissa enenevässä määrin vesivoiman ja maakaasun kanssa enemmänkin kysynnän ja vaihtelevan uusiutuvan tuotannon (erityisesti tuuli ja aurinko) tasapainottaminen. Se on biosähkön vahvuus moniin muihin uusiutuviin energialähteisiin verrattuna. IEA:n 2DS:ssä vuotta 2060 lähestyttäessä myös hiilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen yhdistettynä bioenergiaan (BECCS/BECCU) tulisi olla jossain määrin käytössä.

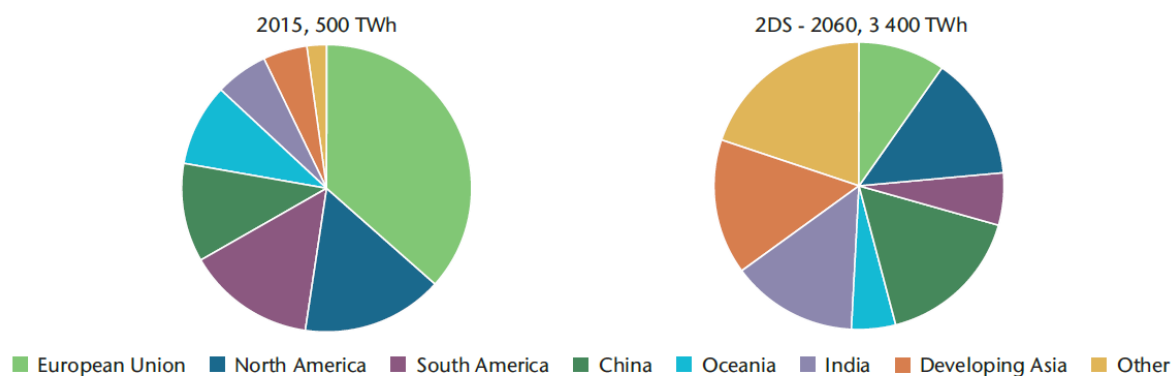


Kuva 12. Sähkön kokonaistuotannon kehitys 2015-2060 ja sen jakautuminen energialähteittäin 2DS:ssä, TWh/a. (IEA 2017)



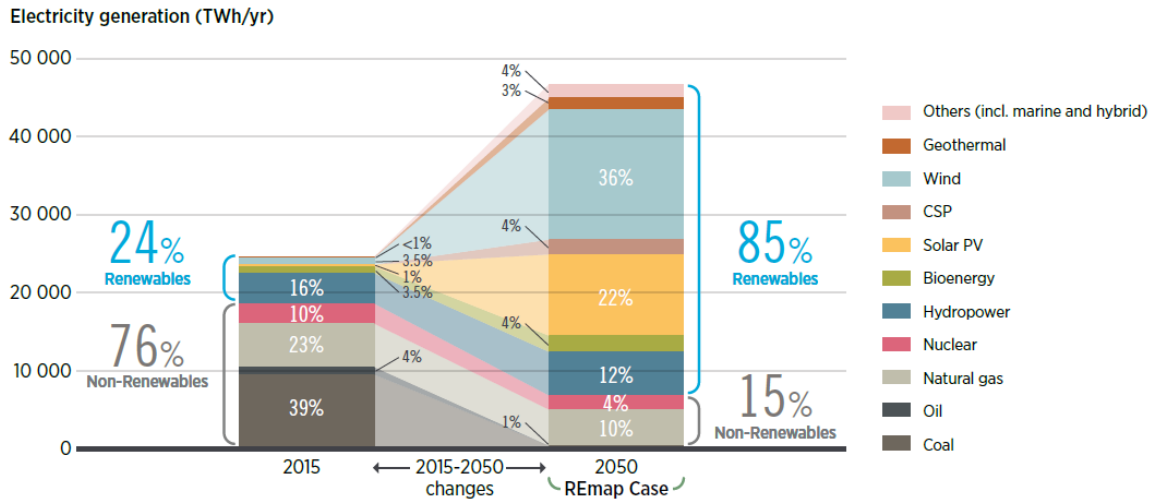
Nykyisin biosähkön tuotannon keskeiset markkina-alueet ovat EU, USA, Latinalainen Amerikka ja Kiina. Biosähkön tuotanto on maantieteellisesti keskittynyttä, ja vuonna 2016 globaalista kapasiteetista 90% sijaitsi vain 26 maassa, ja myös nykyinen kasvu näyttää painottuvan näihin samoihin maihin, vaikka merkittävää bioenergiapotentiaalia olisi monissa muissakin maissa.

IEA:n 2DS:n mukaisen kasvun realisoiminen edellyttäisi biosähkön tuotannon globalisoitumista, jotta potentiaali saataisiin realisoitua täysimääräisemmin. Kuten energiasektorilla kokonaisuudessaan, biosähkön kysynnän oletetaan kasvavan erityisesti Kiinassa, Intiassa, muissa Kaakkois- ja Etelä-Aasia nopeasti kasvavissa talouksissa, Lähi-Idässä ja Afrikassa. (ks. Kuva 13) Näillä alueilla sähkönkulutuksen kasvun keskeisinä ajureina ovat teollisuustuotannon kasvu, väestömäärän kasvu, kotitalouksien pääsy sähkön piiriin sekä kotitalouksien tulotason nousu, joka johtaa merkittävään kotitalouksien ja rakennusten sähkölaitteiden määrän lisääntymiseen (ilmastointi, valaistus, kommunikaatio- ja viihde-elektronikka jne.). Lisäksi varsinkin Aasiassa toistaiseksi hyödyntämätön, edullinen ja kestävä bioenergiapotentiaali on huomattavan suuri.



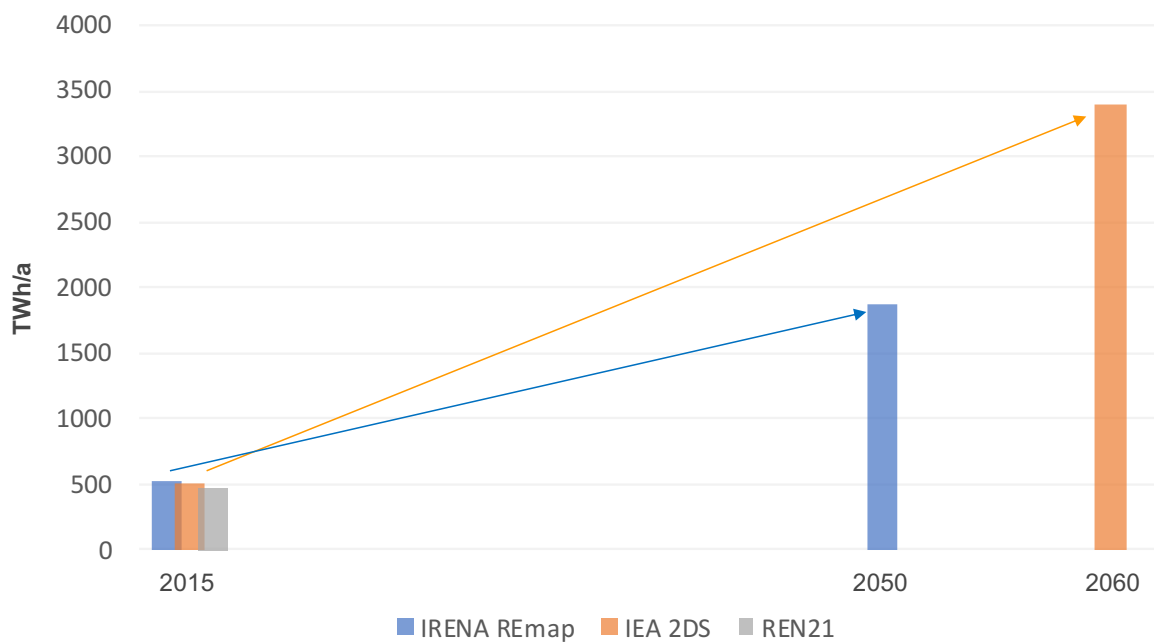
Kuva 13. Bioenergialla tuotetun sähkön kulutuksen jakautuminen maantieteellisesti 2015 ja 2060 IEA:n 2DS:ssä, TWh/a. (IEA 2017)

IRENA:n REmap -skenaariossa sähkön kokonaiskulutuksen kasvu on verrattain hyvin linjassa IEA:n 2DS:n kanssa: REmap -skenaariossa kulutus nousee vuonna 2050 yli 45 TWh/a (2DS: noin 50 TWh vuonna 2060). Koska 2DS:ssä kokonaisenergiankulutus kasvaa kuitenkin enemmän, ei sähkön osuus kokonaisenergiankulutuksesta nouse yhtä korkeaksi kuin REmap -skenaariossa. Uusiutuviin energialähteisiin perustuva sähköntuotanto kasvaa REmap -skenaariossa noin 5800 TWh:sta vuonna 2015 noin 40000 TWh:iin vuonna 2050. Tällöin uusiutuvan energian osuus sähköntuotannosta kasvaisi tasolta 24% peräti 85%:iin. Suurin osa uusiutuvien kasvusta sekä absoluuttisesti että suhteellisesti olisi tuuli- ja aurinkoenergiaa. Biosähkön tuotanto kasvaisi lähes 2000 TWh:iin vuonna 2050. REmap -skenaariossa biosähkön tuotanto noin nelinkertaistuisi vuoteen 2050 mennessä. Silloin sen osuus sähkön kokonaistuotannosta globaalisti olisi 4%.



Kuva 14. Sähkön kokonaistuotannon kehitys ja sen jakautuminen energialähteittäin 2015-2050 REmap -skenaariossa, TWh/a. (IRENA 2018)

IEA:n 2DS ja IRENA:n REmap -skenaariot ovat kohtalaisen hyvin linjassa keskenään, tosin IEA:n skenaariossa biosähkön kasvu on jonkin verran nopeampaa ja sen osuus sähkön kokonaistuotannosta kasvaa suuremmaksi. Osaselityksenä on luultavasti se, että IEA olettaa hiilidioksidin talteenoton olevan käytössä osassa biosähkön tuotantoa. Myös lähtövuoden luvut ovat melko hyvin linjassa; noin 500 TWh.



Kuva 15. Biosähkön tuotannon kasvu IEA:n 2DS:ssä ja IRENA:n REmap -skenaariossa 2015, 2050 ja 2060, TWh/a. (IEA 2017, IRENA 2018)

### 3.8. Teollisuus

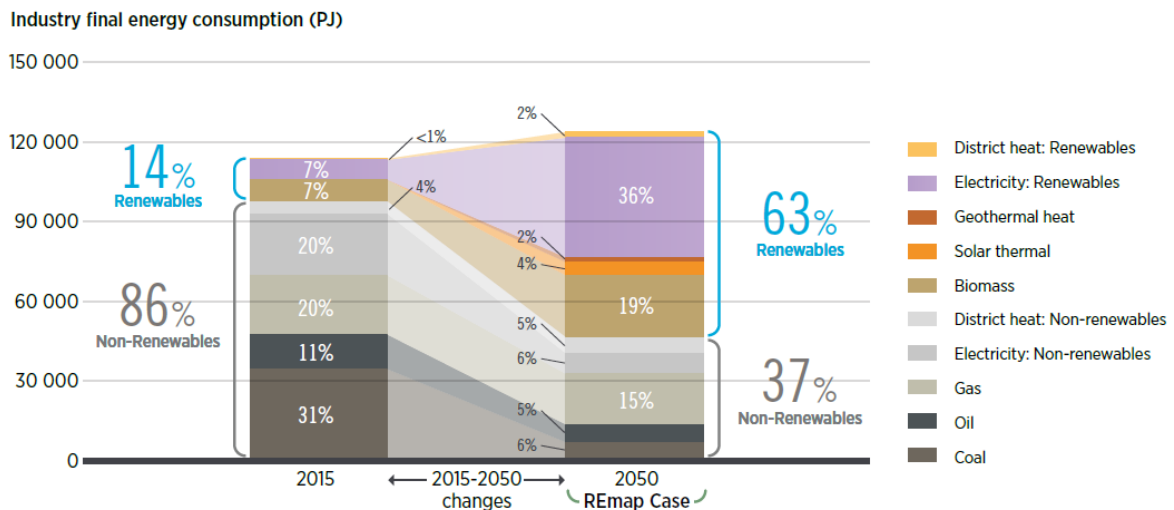
Teollisuuden kokonaisenergiankulutus vuonna 2015 oli IEA:n mukaan noin 150-155 EJ. Sen oletetaan kasvavan IEA:n 2DS:ssä maltillisesti 14% eli 175 EJ:een vuoteen 2060 mennessä. Syynä on oletus teollisuuden energiatehokkuuden merkittävästä paranemisesta: teollisuustuotanto kasvaisi samalla jaksolla kolminkertaiseksi. Teollisuuden kokonaisenergiankulutus IRENA:n aineistossa on merkittävästi matalampi, vain noin 110-115 EJ vuonna 2015 ja noin 125 EJ vuonna 2050. Tämä on toisaalta linjassa IEA:n kanssa siinä suhteessa, että kulutuksen kasvun oletetaan olevan suuruusluokkaa 10% vuoteen 2050 mennessä (2DS:ssä siis 14% 2060 mennessä). Kun vielä huomioidaan, että sekä IEA:n, IRENA:n että REN21:n oletukset nykyisestä bioenergian teollisuuskäytöstä ovat lähellä toisiaan (ks. alla), voidaan olettaa, että tämän merkittävän eron teollisuuden kokonaisenergiankulutuksessa tulee johtua tilastointi-, rajaus- tai muusta vastaavasta eroista, koska luvut ovat muilta osin linjassa.

Bioenergia on merkittävä osa teollisuuden energiankäyttöä, globaalisti noin 8-9 EJ/a (IEA 2017, IRENA 2018, REN21 2017). Bioenergia soveltuu hyvin laaja-alaisesti sekä matala-, keski- sekä korkea-arvoisen lämmön ja höyryn tuotantoon, mikä tekee siitä merkittävän uusiutuvan energialähteen juuri teollisuudessa, jossa esimerkiksi energiankulutuksen sähköistämässä törmätään haasteisiin korkea-arvoisempaa höyryä kohti mentäessä.

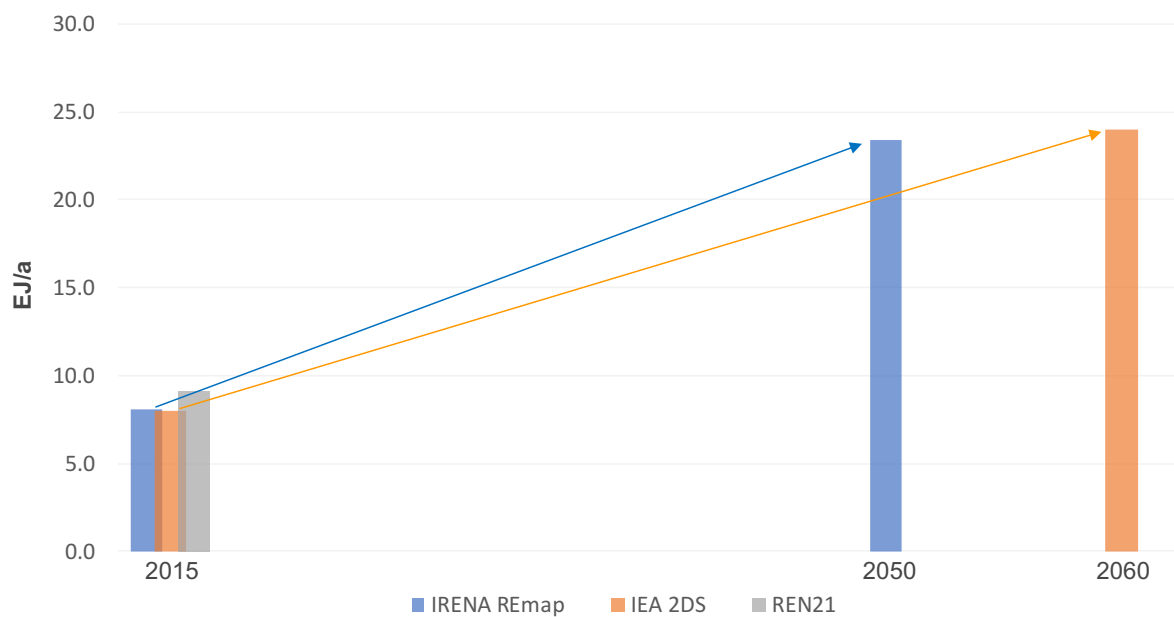
Sekä IEA:n 2DS:ssä että IRENA:n REmap -skenaariossa bioenergian käyttö teollisuudessa kolminkertaistuisi nykyiseltä tasolta noin 24 EJ:een, tosin siis IEA:n skenaariossa vuoteen 2060 ja IRENA:n skenaariossa jo vuoteen 2050 mennessä. (Ks. Kuva 16 & Kuva 17) Tämä kasvu keskittyy ei-energiaintensiiviseen teollisuuteen, erityisesti elintarviketeollisuuteen, jonka osuus bioenergian teollisuuskäytöstä globaalisti olisi IEA:n 2DS:n mukaan peräti 80% vuonna 2060. Paperi- ja selluteollisuus on selvästi merkittävin bioenergian hyödyntäjä teollisuudessa, ja bioenergian käytön toimialalla odotetaan kasvavan merkittävästi skenaarioiden tarkastelujaksolla, sillä talous- ja väestönkasvun odotetaan lisäävän perushyödykkeiden kysyntää.

Myös Ecofysin 1,5 asteen skenaariossa paperi- ja selluteollisuustuotanto kasvaa eniten energiantensiivisistä toimialoista (Ecofys 2018). Bioenergian käyttö korkean lämpötilan teollisuushöyryn tuotannossa kasvaa erityisesti sementtiteollisuudessa. Teollisuudessa, ja myös rakennusten lämmityksessä, myös pelleteillä on potentiaalia lämmitysöljyn korvaajana. Bioenergian teollisuuskäyttö tulee kasvamaan nykyisten keskeisimpien markkinoiden - EU, USA, Kiina - lisäksi erityisesti Kaakkois-Aasiassa ja Intiassa. Ne tulevat nostamaan suhteellista osuuttaan teollisuustuotannossa ja sen myötä myös bioenergian osuutta teollisuuskäytössä. (IEA 2017)

IEA näkee bioenergian teollisuuskäytössä erityisen nopeasti kasvavana toimintamallina ”kaupallisen lämmöntuotannon”. Siinä lämmöntuotanto on ulkoistettu erilliselle lämmöntuotantoyhtiölle. Teollisuudessa tällaisen toimintamallin oletetaan IEA:n 2DS:ssä kahdeksankertaistuvan vuoteen 2060 mennessä. Tämän ohella myös kumppanimalleilla CHP-tuotannossa voidaan olettaa olevan vastaavasi merkittävää liiketoimintapotentiaalia. CHP-kumppanimalleissa esimerkiksi teollisuuden tai yhdyskuntien sivuvirroista voidaan lämmön ohella tuottaa korkealla hyötysuhteella myös sähköä, jolloin hankkeita voidaan toteuttaa energiantuottajan, teollisuusasiakkaan (ja polttoainelähteen) sekä esimerkiksi paikallisen sähköyhtiön yhteistyöyhteyksinä.



Kuva 16. Teollisuuden lämmönkulutus ja sen jakautuminen energialähteittäin 2015-2050 REmap -skenaariossa, PJ/a. (IRENA2018)



Kuva 17. Teollisuuden bioenergian käytön kasvu IEA:n 2DS:ssä ja IRENA:n REmap -skenaariossa 2015, 2050 ja 2060, EJ/a. (IEA 2017, IRENA 2018)

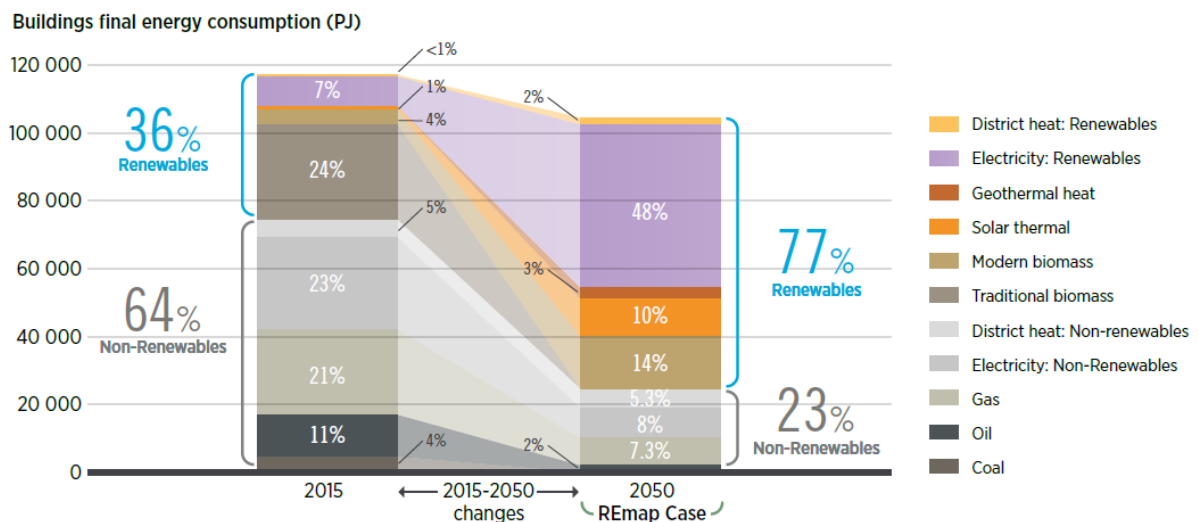
### 3.9. Rakennusten lämmitys

Globaali rakennuskanta vuonna 2015 oli 150 miljardia neliometriä. Sen oletetaan lähes kaksinkertaistuvan 270 miljardiin neliometriin vuoteen 2050 mennessä (IRENA 2018). IRENA arvioi rakennuskannan nykyisen energian kokonaiskulutuksen olevan vuonna 2015 noin 118 EJ, ja laskevan vuoteen 2050 mennessä tasolle noin 105 EJ, kun mukaan luetaan lämmön lisäksi myös rakennusten sähkönkulutus sekä traditionaalinen biomassan käyttö. Kun nämä poistetaan tarkastelusta, huomataan, että rakennusten lämmitysenergia laskee IRENA:n REmap -skenaariossa vuoden 2015

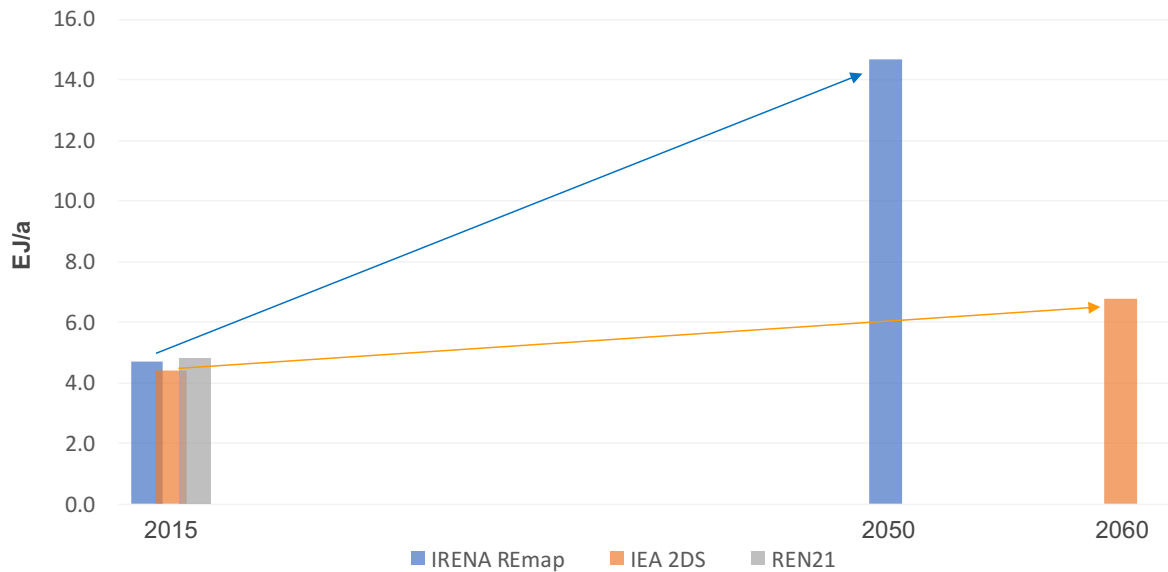
tasolta 54 EJ tasolle 46 EJ vuonna 2050. Näin ollen skenaariossa oletetaan merkittävä energiatehokkuuden paraneminen rakennusten lämmittämisessä ja rakennusten energiankulutuksessa yleisestikin.

Rakennusten lämmittämisen energialähteiden jakauma kuitenkin muuttuu merkittävästi tarkastelujaksolla: vuonna 2050 IRENA:n REmap -skenaariossa bioenergia, ”muut uusiutuvat” (aurinko- ja maalämpö sekä uusiutuviin perustuva sähkölämmitys) ja fossiiliset polttoaineet kattavat kukin karkeasti ottaen kolmanneksen rakennusten lämmönkulutuksesta. Vuoteen 2015 verrattuna tämä tarkoittaa fossiilisten polttoaineiden osuuden (ja absoluuttisen energiamäärän) merkittävää vähenemistä, kun taas uusiutuvat lämmitysmuodot kasvavat merkittävästi. Bioenergia säilyy merkittävimpana uusiutuvana rakennusten lämmitysenergian muotona vuonna 2050, vaikka esimerkiksi aurinko- ja maalämpö kasvavat suhteellisesti nopeammin. IRENA:n REmap -skenaariossa sen absoluuttinen käyttö yli kolminkertaistuu tasolta 4,7 EJ vuonna 2015 tasolle 15 EJ vuonna 2050. IEA:n 2DS:ssä bioenergian käyttö rakennusten lämmityksessä kasvaa selvästi maltillisemmin: vuoden 2015 tasosta 4,4 EJ kasvua on vain 55% tasolle 6,8 EJ vuonna 2060.

Lyhyellä tähtämellä kasvumahdollisuuksia on erityisesti kaukolämpöverkoissa. Keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä kasvupotentiaalia rajoittavat erityisesti rakennusten energiatehokkuuden voimakas paraneminen ja vaihtoehtoiset lämmitysmuodot kuten maalämpö ja aurinkolämpö. Sekä IEA:n että IRENA:n mukaa kaukolämmössä bioenergian osuus kuitenkin kasvaisi voimakkaasti, esimerkiksi IEA:n 2DS:ssä nykyisestä 7%:sta 50%:iin vuonna 2060. Bioenergiapohjainen kaukolämmitys olisikin siten voimakas kasvusektori.



Kuva 18. Rakennusten energiankäyttö, sis. sekä lämmön että sähkön kulutus, ja sen jakautuminen energialähteittäin 2015-2050 IRENA:n REmap-skenaariossa, PJ. (IRENA 2018)

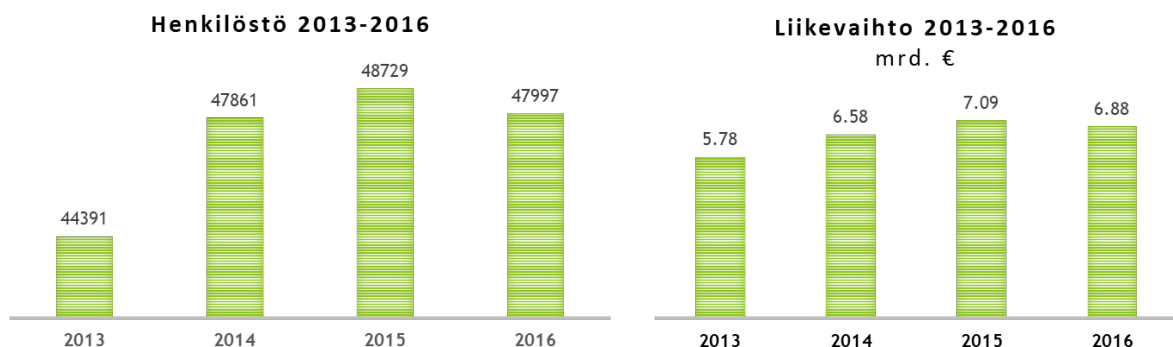


Kuva 19. Bioenergian käytön kasvu rakennusten lämmityksessä IEA:n 2DS:ssä ja IRENA:n REmap -skenaariossa 2015, 2050 ja 2060, EJ/a. (IEA 2017, IRENA 2018)

#### 4. Bioenergiaan liittyvän suomalaisen yritysjoukon hahmottaminen

Selvityksen aluksi identifiointiin yli yritystä, jotka ovat mukana bioenergiaan liittyvässä teknologia- ja palveluliiketoiminnassa. Ohjausryhmätyön lisäksi lähteinä käytettiin bioenergiaan liittyvien etujärjestöjen julkisesti saatavilla olevia jäsenluetteloja (mm. Bioenergia ry, Biokaasuyhdistys ry ja Suomen Lähienergialiitto ry) sekä Business Finlandin julkaisuja sekä Smart Energy Transition -hankkeen puitteissa luotua Uuden energian yritykset tietokantaa<sup>2</sup>.

Identifioitujen yritysten osalta kerättiin tiedot liikeideasta ja päätuotteista sekä henkilöstö- ja liikevaihtotiedot viimeisten vuosien 2013-2016 osalta. Yhteensä selvitystä varten identifioidut yritykset työllistivät suoraan lähes 50 000 ihmistä ja vastasivat noin 6-7 miljardin euron vuosittaisesta liikevaihdosta.



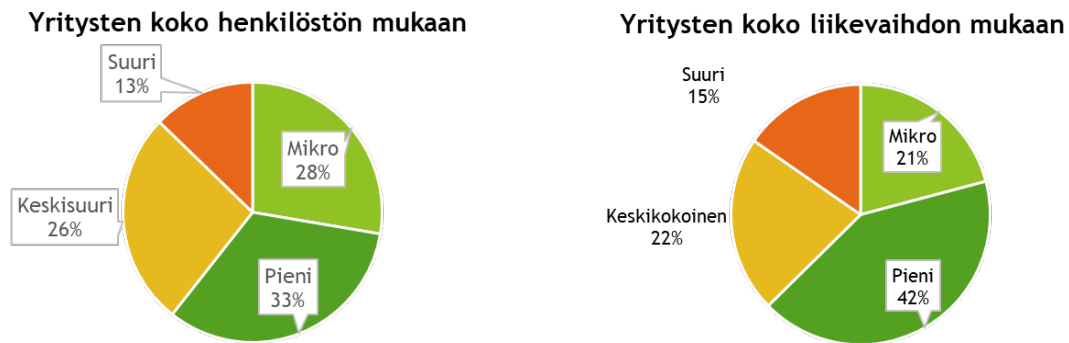
Kuva 21. Henkilöstön ja liikevaihdon kehitys selvitystä varten identifioituissa yrityksissä 2013-2016.

On kuitenkin huomioitava, etteivät nämä luvut kuvaa bioenergiaan liittyvää liiketoimintaa kokonaisuutena eivätkä yhtenäisenä toimialana, sillä vain osa yrityksistä työskentelee yksinomaan

<sup>2</sup> <http://energiamurros.fi/>

bioenergian kanssa. Bioenergiaan liittyvää osuutta niin koko liiketoiminnan kuin vienninkin osalta pyrittiin selvittämään kyselytutkimuksella.

Yrityksen koko luokiteltiin kirjanpitolainsäädännön yrityskokomääritelmän<sup>3</sup> mukaan. Identifioiduista yrityksistä valtaosa oli pieniä ja keskisuuria yrityksiä (59 %). Myös mikroyrityksiä oli huomattava määrä eli 26 (28 %). Suuryrityksiä oli 12 (13 %).



Kuva 22. Selvitystä varten identifioitujen yritysten kokoluokat henkilöstön ja liikevaihdon mukaan.

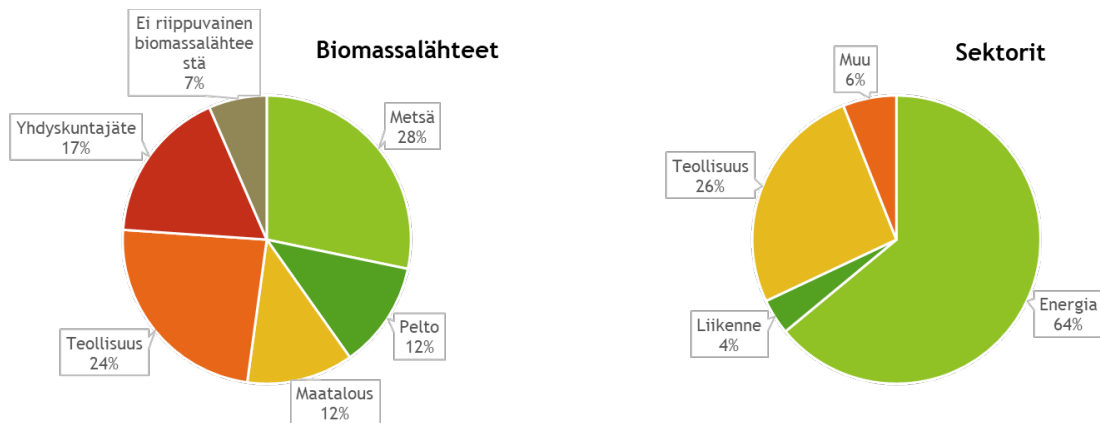
## 4.1. Bioenergiaan liittyvän 'toimialaytimen' arviointi

Selvityksen toisessa vaiheessa toteutettiin yrityksille suunnattu kysely (Liite 1.). Sen tavoitteena oli arvioida selvityksen alussa identifioitujen yritysten nimenomaisesti bioenergiaan liittyvää liikevaihtoa ja vientivolyyymiä ja näkymiä, selvittää yritysten tuotannollisten ja T&K investointien kehittymistä sekä pohtia miten julkiset vientiä tukevat palvelut ja rahoitusinstrumentit toimivat yritysten mielestä.

### 4.1.1. Yritysten liiketoiminnan asemointi bioenergian toimialalla

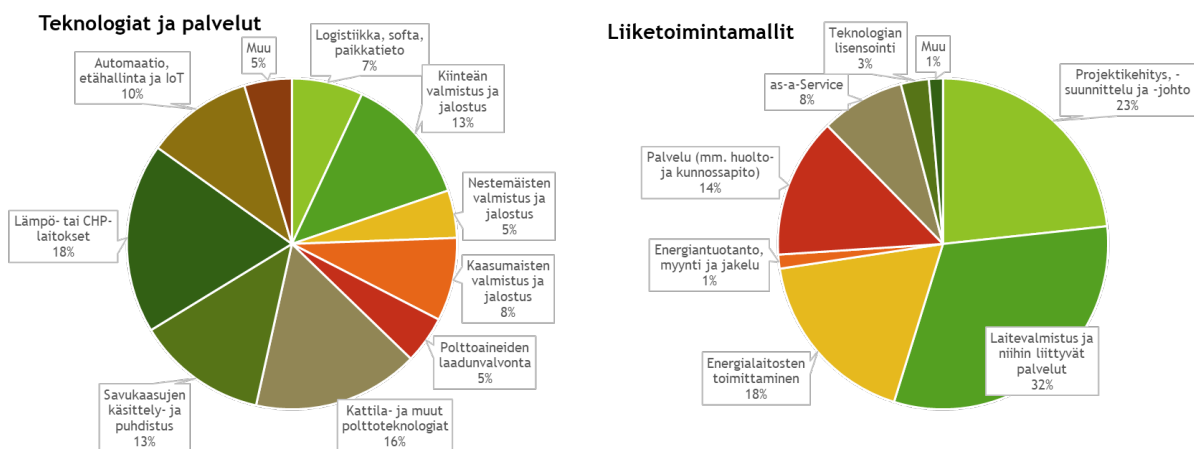
Kyselyyn vastasi 40% yrityksistä. Vastanneiden yritysten yhteenlaskettu liikevaihto oli lähes 70% kaikkien yritysten yhteenlasketusta liikevaihdosta. Lähes kolmannes (28 %) yrityksistä hyödynsi metsäpohjaista biomassaa ja vajaa neljännes (24 %) teollisuuden biomassasivuaiveirtoja. Maatalouden ja peltobiomassan hyödyntämisen yhteenlaskettu osuus vastasi myös melkein neljännestä ja yhdyskuntajäte viidennestä. Valtaosa yrityksistä tarjosi ratkaisujaan energiasektorille (64 %) ja teollisuuteen (26 %), liikenteen jäädessä neljään prosenttiin.

<sup>3</sup> <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1997/19971336>



Kuva 23. Kyselyyn vastanneiden yritysten jakauma yritysten hyödyntämän biomassalähteen mukaan, ja sen mukaan, mille bioenergiaa hyödyntävälle sektorille ne palveluitaan tarjoavat.

Vajaa puolet (47 %) yrityksistä keskittyi lämpö- tai CHP-laitosten toimittamiseen, kattila- ja polttoteknologiaan sekä savukaasujen puhdistukseen. Vajaa viidennes (17 %) yrityksistä tarjosi automaation ja IT-ratkaisuihin liittyviä palveluja. Vajaa kolmanneksen (31 %) liiketoiminta liittyi biopohjaisten polttoaineiden hankintaan ja laadunvalvontaan. Liiketoimintamallien osalta suurin osa yrityksistä, eli vajaa kolmasosa (32 %) oli laitevalmistajia. Projektinkehityspalvelut (23 %) ja energialaitosten toimittaminen (18 %) vastasivat molemmat lähes viidennes osuudesta.



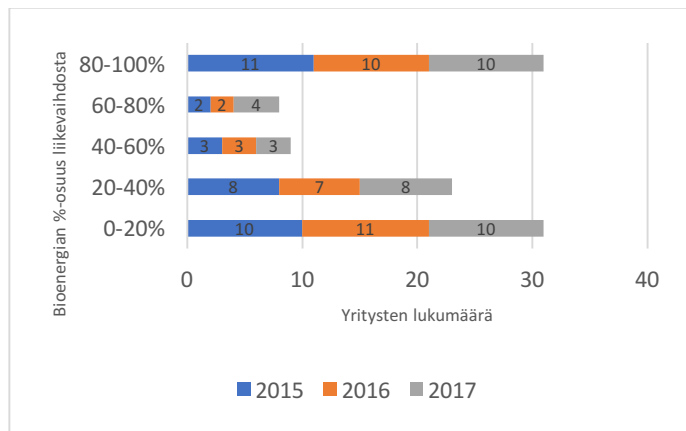
Kuva 24. Kyselyyn vastanneiden yritysten tarjoamat teknologiat ja palvelut sekä liiketoimintamallit.

#### 4.1.2. Bioenergialiiketoiminnan osuus yritysten toiminnasta

Vastanneiden yritysten (40%) kokojakauma vastasi melko hyvin kaikkien selvitystä varten identifioitujen yritysten kokojakaamaa, ja kuten mainittua, liikevaihdon osalta vastanneet vastasivat lähes 70 prosenttia kaikkien yritysten yhteenlasketusta liikevaihdosta. Suuryrityksiä oli 13 %, P&K yrityksiä yli puolet ja mikroyrityksiä neljännes. Teknologisesti ja liiketoimintamallien näkökulmista vastanneiden joukko oli laaja ja arvoketjumielessä kattava. Nämä asiat mahdollistavat varovaisten, koko selvitystä varten identifioitua yritysjoukkoa koskevien johtopäätösten tekemisen.

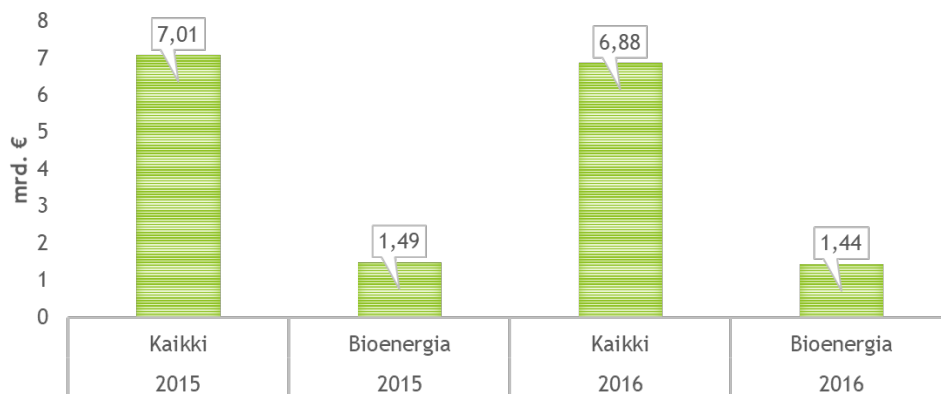


Yrityksiltä kysyttiin bioenergian osuutta liikevaihdosta ja vientivolyyminä. Kyselyyn vastanneista yrityksistä vajaa kolmasosa (28 %) ilmoitti liikevaihdon kertyvän vähintään 80 %:sti bioenergiaan liittyvästä toiminnasta. Saman verran yrityksiä vastasi, että 80% liikevaihdosta on muuta kuin bioenergiaa.



Kuva 25. Bioenergian %-osuus kyselyyn vastanneiden liikevaihdosta.

Yritysten arvioima bioenergian liikevaihto-osuus pysyi melko samana vuosien 2015-2017 aikana. Yritysten antamien prosentuaalisten arvioiden ja julkisesti saatavilla olevien liikevaihtotietojen pohjalta muodostettiin arvio, että viidennes (20 %) yritysten liikevaihdosta kertyy bioenergiaan liittyvästä toiminnasta. Mikäli samaa suhdetta käytetään koko selvityksen alussa identifioituun yli 90 yrityksen joukkoon, bioenergia-alan yhteenlasketuksi mittaluokkatasoksi liikevaihdolla mitattuna saadaan n. 1,2 – 1,5 miljardia euroa vuodessa.



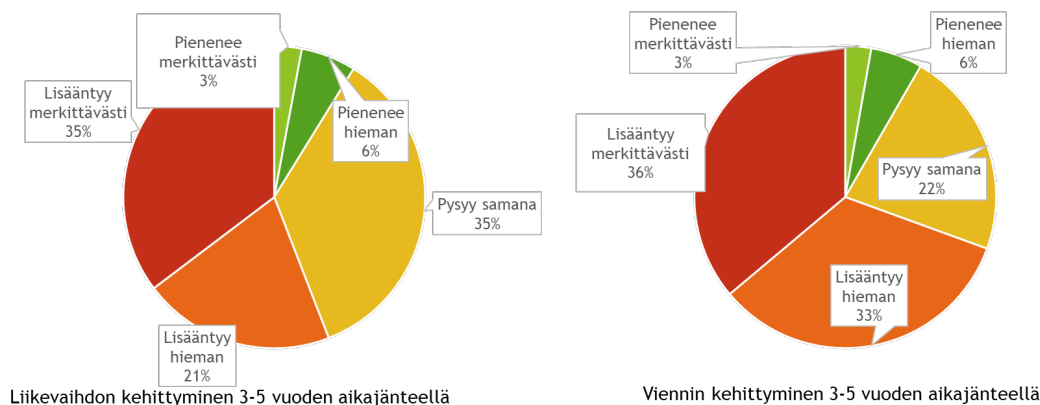
Kuva 26. Arvio bioenergiaan liittyvän liiketoiminnan mittaluokkatasosta liikevaihdolla mitattuna 2015-2016.

Noin 15 % kyselyyn vastanneista yrityksistä ilmoitti, että yli 60 % niiden liikevaihdosta tulee Suomen ulkopuolella tapahtuvasta teknologia- ja palvelutuotannosta sekä ulkomaille suuntautuvan viennistä. Valtaosalla (58 %) viennin osuus liikevaihdosta asettuu 20 %:iin tai sen alle.

Kyselyyn vastanneiden osalta bioenergiaan liittyvä, Suomen ulkopuolella tapahtuva teknologia- ja palvelutuotannon sekä viennin yhteenlaskettu arvo vuonna 2016 oli yli 400 miljoonaa euroa vastaten n. 10 % näiden yritysten yhteenlasketusta liikevaihdosta. Mikäli lukua verrataan virallisiin vientitilastoihin, on syytä huomata, että kyselyyn vastanneilla isoilla suomalaisilla yrityksillä on varsin laajamittaista teknologiatuotantoa ja alihankkijoita Suomen ulkopuolella. Tämä näkyy näiden yritysten ja konsernien liikevaihtotiedoissa, mutta ei välttämättä vientitilastoissa

### 4.1.3. Bioenergialiiketoiminnan näkymät: liikevaihto, investoinnit ja vienti

Reilusti yli puolet (56 %) kyselyyn osallistuneista yrityksistä ennakoivat bioenergiaan liittyvän liikevaihtonsa kasvavan lähivuosina ja yli kolmasosa (35 %) odottaa reipasta kasvua. Vain kolme prosenttia ennakoivat liikevaihdon pienenevän. Myös vientitoiminnan tulevaisuuden osalta yritykset arvioivat vauhdikasta kehitystä: lähes 70 % ennakoivat kasvua, 36 % odottaa viennin lisääntyvän merkittävästi.

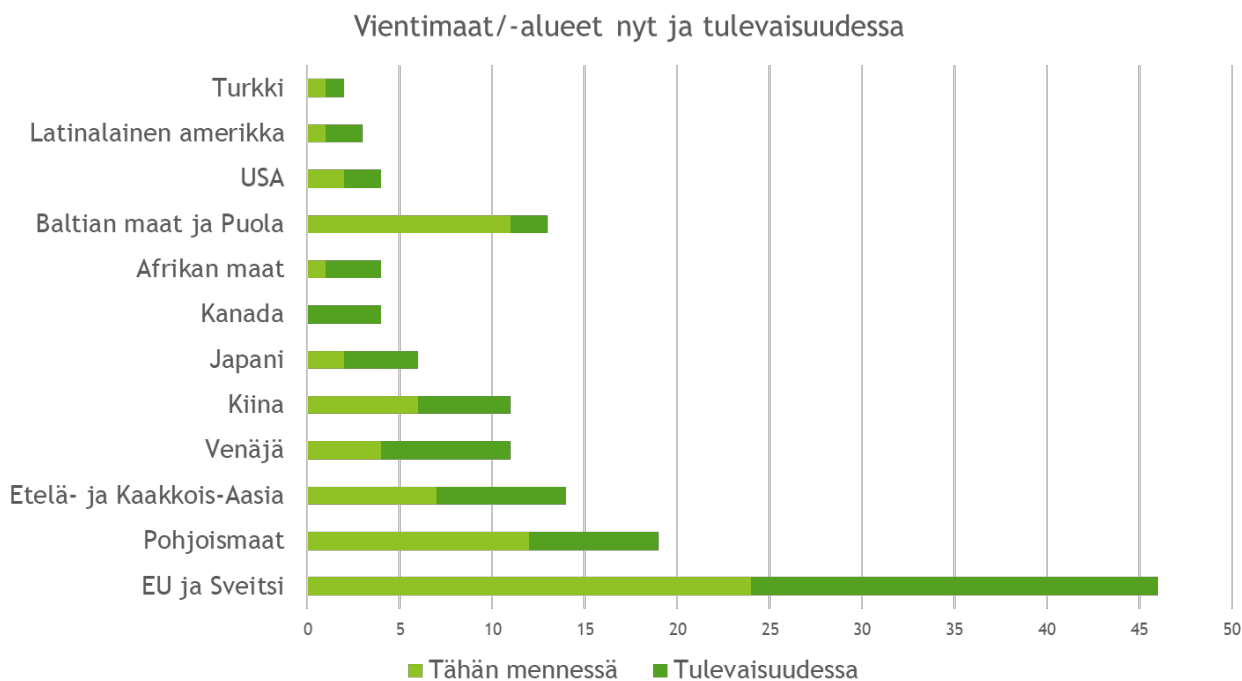


Kuva 27. Kyselyyn osallistuneiden yritysten näkemys bioenergiaan liittyvän liikevaihdon ja viennin kehittymisestä seuraavien 3-5 vuoden aikana.

Viidennes vastaajista ennakoivat tuotannollisten investointien tason kasvavan niin Suomessa kuin ulkomailla, 70 % kyselyyn vastanneista ennakoivat niiden pysyvän seuraavien 3-5 vuoden aikana vuosien 2015-2017 tasolla. Vajaa kolmasosa ennakoivat lisäävänsä T&K investointejaan seuraavien 3-5 vuoden aikana ja 60 % vastaajista aikoo pitää ne vuosien 2015-2017 tasolla.

## 5. Vientimaat nyt ja tulevaisuudessa

Bioenergiateknologian ja palveluiden liikevaihdon kannalta tärkeimmät vientimaat viiden viimeisen vuoden aikana ovat kyselyn mukaan olleet Ruotsi, Kiina, UK, Viro, Italia, Saksa ja Venäjä.



Kuva 32. Liikevaihdon kannalta oleelliset vientimaat- ja alueet nyt ja tulevaisuudessa.

Kiina ja Venäjä nähdään kiinnostavina maina liikevaihdon kasvupotentiaalin kannalta. Ne kiinnostavat erityisesti markkinoiden koon ja halvan raaka-aineen takia. Lisäksi erityisesti Kiinan nähdään olevan muuttumassa puhtaamman teknologian hyödyntäjäksi ja kehittäjäksi.

Yritykset näkevän kasvua löytyvän myös Pohjoismaista, erityisesti Ruotsista, missä kauppa vauhdittaa suomalaisille helppo toimintaympäristö ja jossa markkinatieto ja verkostot ovat valmiina kasvua varten.

Myös Saksa, UK, Italia, Ranska, Viro ja Espanja kuuluvat tähän samaan, melkein ”kotimarkkinoiksi” luonnehdittavaan kategoriaan, jotka nähdään varsinkin kasvupolun ensivaiheiden luonnollisina ja potentiaalisimpina markkinoina. Usealla yrityksellä onkin jo markkina-asema ja -osuus näillä markkinoilla. IT-ratkaisuja toimittavat yritykset näkevät, että kasvupotentiaalia löytyy erityisesti EU:n alueelta.

Japani ja Kanada nähdään korkean sähkön hinnan takia kiinnostavina, vasta avautuneina tai avautumassa olevina ja kasvavina markkinoina. Kaakkois-Aasian nähdään kehittyvän myös vahvasti puhtaamman teknologian ja kiertotalouden käyttäjäksi, jossa erityisesti pienen kokoluokan bioenergiahankeille löytyy kysyntää. Sama havainto koskee myös joitain Etelä-Aasian maita.

## 6. Viennin julkiset palvelut ja rahoitusinstrumentit: kokemuksia ja kehitysehdotuksia

Kyselyyn vastanneiden näkökulmasta erityisesti EU-hankkeiden ja Tekesin tarjoama T&K toiminnan rahoitus ja tuet demonstraatioihin ja kansainvälistymiseen on koettu kasvun ja vientitoiminnan kehittämisen ja vauhdittamisen kannalta merkityksellisiksi. Myös viennin rahoituspalvelut, erityisesti Finnveran tarjoamat vientitakuut ovat edesauttaneet kauppajen solmimista. Kehitysmaiden osalta

Finpartnership nousi esiin muutamissa vastauksissa. Yritysten kehitysehdotukset keskittyvät ensisijaisesti kaupallistamisvaiheen ja viennin rahoitukseen. Bioenergiateknologiaviennin merkittävimmäksi kasvun haasteeksi erityisesti pienissä ja keskisuurissa yrityksissä koettiin rahoituksen heikko saatavuus.

Kyselyssä nousi selkeästi esille myös, että niin kotimarkkinoiden kuin useiden vientimaidenkin bioenergian hyödyntämiseen liittyvä poliittinen volatilitiiteetti yhdessä fossiilisen energian hintaheilahtelujen kanssa ovat viime vuosina johtaneet bioenergiaan liittyvien investointihyödykkeiden kysynnän voimakkaaseen vaihteluun. Tämä on vaikeuttanut usean yrityksen tilannetta ja toimialalla onkin tapahtunut useita yrityssaneerauksia ja konkurssseja. Tämänkaltaisen toimintaympäristö yhdistettynä erityisesti pienien hankkeiden osalta toimimattomaan rahoitusmarkkinaan on tehnyt kestävän liiketoiminnan vaikeaksi eivätkä yhtiöt ole pystyneet kasvamaan ja harjoittamaan vientitoimintaansa suunnitteleamalla tavalla.

#### T&K ja kaupallistamisvaiheen rahoitus

Yritykset peräänkuuluttivat Suomen aktiivista vaikuttamista siihen, että EU:n rahoituslähteet palvelisivat paremmin suomalaisten yritysten tarpeita, sillä nimenomaan EU-tason T&K rahoituksen saatavuus nähtiin tärkeäksi uusien innovaatioiden ja referenssien aikaan saamiseksi.

Osa yrityksistä kokee, että varsinaisen innovaatorahoituksen ollessa suhteellisen hyvässä kunnossa kotimaassa, ei siihen löydy tarpeeksi instrumentteja kohdemarkkinoilla. Yritykset korostivat, että kotimaisen innovaatio- ja tuotekehitystoiminnan rinnalla olisi pystyttävä kehittämään ratkaisuja varsin erilaisilla bioenergiaa hyödyntävillä markkinoilla. Se kehitystyö pitäisi pystyä tekemään kohdemarkkinoilla ja mahdollisimman lähellä asiakasrajapintaa, sillä esim. Suomen bioraaka-ainepohja eroaa usein siitä, mitä useimmissa vientimaista löytyy, joten edellytykset sovellettavalle teknologialle ovat erilaiset.

*”suomalaiset rahoitusinstrumentit pitäisi olla käytössä ulkomailla toteutettavissa pilottihankkeissa, eli oikeissa asiakaslähtöisissä keisseissä”*

Yritykset myös alleviivasivat, ettei kaupallistamisvaiheeseen ei ole julkista rahoitusta tarjolla. Aiemminkin kuultu ehdotus ”Vikesin”, eli viennin kehittämiskeskuksen perustamisesta Business Finlandin rinnalle sai tässäkin selvityksessä kannatusta.

#### Kotimarkkinoiden rooli viennin vauhdittamisessa

Eurooppa ja Suomi koetaan merkittäviksi kotimarkkinoiksi: tänne keskittyy se koulutus ja osaaminen, jonka varassa tuotteita ja projekteja maailmalle viedään. Kotimarkkinoiden rooli oli usean yrityksen vastauksissa avainasemassa, sillä tuotteiden ja teknologioiden kehittämiseen tarvitaan kotimarkkinaa, jossa tuotekehitys ja testaus on järkevää ja kustannustehokasta. Erityisen tärkeät kotimarkkinat ovat uutta teknologiaa kehittävän yrityksen kannalta. Kotimarkkinoiden ja laadun yhteys tunnistettiin: laadun on oltava maailman parasta, sillä kilpailu on kovaa, eivätkä suomalaiset voi pärjätä hinnalla.

*”Kotimarkkinoilla luotu know-how on kilpailukykyemme ja vientiponnistelujemme perusta.”*

Kotimarkkinoiden imun edelleen kehittämiseksi yritykset penäävät lainsäätäjältä johdonmukaisuutta, pitkäjänteisyyttä ja päästörajoitusten osalta tiukempaa otetta, sillä maailmalla päästörajoitusten kehittyminen on vuosia edellä kotimaista vaatimustasoa.

*”Kotimarkkinoiden vaatimustaso normeissa pitäisi olla vähintäänkin vientimaiden tasolla.”*

*”Kotimaan politiikkaan olisi saatava viimeinkin johdonmukaisuutta (uusiutuvan energian tukemiseen); viime vuosien poukkoilevuus tappaa viimeisenkin järkipäisen yrittäjyyden!”*

*”Jotta suomalainen bioenergiateknologian vienti voisi kehittyä suotuisasti, tulisi ainakin oman maan poliittisen ohjauksen olla mahdollisimman vakaata ja mahdollistaa pitkäjänteinen tuotekehitys ja testaaminen.”*

Toisaalta tekniikan kehittämisen näkökulmasta Suomen kotimarkkinat nähdään kuitenkin liian pieninä ja usein myös kysynnän koetaan sakkaavan, varsinkin julkisten hankintojen koetaan takkuavan innovatiivisten hankintojen osalta. Tähän lääkkeeksi tarjotaan lisäpanostuksia demonstraatiotukiin.

#### Hankkeiden löytäminen, markkinatieto, markkinointi ja myynti

Bioenergiasektorin ”hidas kypsyminen” ja viimeaikainen politisoituminen koetaan hidastavan suomalaisenkin bioenergiateknologian vientiä. Ala on kärsinyt bioenergiaan liittyvästä kestävyyskeskustelusta ja se on heijastunut myös keskeisimmille kohdemarkkinoille, jossa poliittisen päätöksenteon volatilitteetti on erittäin suurta. Tähän laajempaan kontekstuaaliseen ymmärtämiseen ja ennakkointiin kaivataan lisäpanostuksia julkisten vienninedistäjäorganisaatioiden toimesta. Vientiä aloittelevan yrityksen näkökulmasta kohdemarkkinoihin liittyvä kaikenlainen informatiivinen tuki koettiin ensiarvoisen tärkeäksi.

*”Lainsäädännön epävarmuustekijät kohdemarkkinoilla tuovat omat riskinsä.”*

Markkinoiden heterogeisuuden ymmärtäminen ja kohdemaasaaminen nousivat molemmat vahvasti esille useassa vastauksessa.

*”Tarvitaan lisää substanssi- ja kohdemaasaamista sekä paikallisia ihmisiä”*

*”Bioenergian vienti vaatii älykkäitä järjestelmiä ja logistiikan ohjausta ja ratkaisuja, jotka soveltuvat kullekin kohdemarkkinalle - pelkkä laitevienti ei riitä eivätkä markkinat eri maissa ole lainkaan samanlaiset”*

Useat yritykset kaipasivat lisää tukea ja yhteisponnisteluja ja yhteistyömallien kehittämistä markkinointiin, myyntiin ja hankkeiden toteuttamiseenkin. Ei niinkään laajoja ja liian yleisiä ja julkisen rahan ”liimaamia” konsortioita, vaan joustavia arvoverkostoja, joiden puitteissa identifioida ja kehittää hankkeita, joihin kerätä projektikohtaisesti parhaan osaamisen Suomesta ja maailmalta.

*”(suomalaisten yritysten) yhteistyötä tulee kehittää, sillä kilpailijat eivät ole kotimaassa vaan maailmalla”*

Myynnin kannalta sopivassa vaiheessa olevien hankeaihioiden löytäminen uusilta markkinoilta koettiin haastavaksi. Usein bioenergiahankkeet ovat kansainvälisten rahoituslaitosten rahoittamia ja niiden hankevirran läpikäynti nähdään työläänä ja usein myös turhana, sillä valmistelu on monesti edennyt pidemmälle mitä kilpailutusasiakirjat antavat ymmärtää. Yritykset korostivat, että vientiorganisaatioiden pitäisi pyrkiä mukaan hankkeiden valmisteluun ja suunnitteluun mukaan jo aiemmassa vaiheessa. Tähän ei P&K yrityksissä ole varaa. Muutama yritys mainitsi, että tähän ko. problematiikkaan puututtiin Mykkäsen toimiessa ulkomaankauppaministerinä ja että ne odottavat nyt julkiselta hallinnolta puheen konkretisoitumista. Tanska nostettiin mallimaaksi siitä, miten YK:n ja kansainvälisten rahoituslaitosten tukemat hankkeet jalkautuisivat enemmän kotimaahan.

Lisäksi todettiin, että kilpailijamaillamme on esim. Afrikassa selkeästi vahvemmat julkiset resurssit. Se tarkoittaa, että näiden maiden yritykset ovat tehokkaammin verkostoituneet ko. markkinoilla.

Bioenergian liittyvien projektien identifiointi, valmistelu- ja läpimenoprosessi on usein pitkä; se saattaa kestää useita vuosia. Tuota valmisteluprosessia olisi seurattava ja tuettava pitkäjänteisesti. Useat yritykset kaipaavat yksinkertaisesti lisäresursseja, käsiä ja jalkoja, kaupankäyntiprosessien seuraamiseksi ja maaliin viemiseksi.

### Rahoitus

Rahoitus, erityisesti asiakasrahoitus, mutta myös projektien rakentamisvaiheen rahoitus nousivat kyselyn kiistattomaan keskiöön. Yritykset alleviivasivat, ettei Suomella ei ole teknisiä rajoitteita olla maailman kärjessä bioenergiassa; rajoitteet ja hidasteet löytyvät ensisijaisesti kilpailijamaita heikommista julkisen sektorin tukemista ja/tai tarjoamista rahoitusinstrumenteista.

*”Kaupat on hävitty, ellei mukana ole rahoituspakettia”*

*”Rahoitus on (viennin) tärkein elementti ja se saisi olla helpompaa”*

*”Tarvittaisiin asiakasrahoituslisäelementtejä”*

*”Asiakasrahoitusta erityisesti itä Euroopan alueelle”*

*”Bioenergialle tulisi korvamerkitä määrärahoja, joita asiakas voi hakea osaksi investointiaan”*

Suomen tarjoamien rahoitusinstrumenttien ei koeta olevan kilpailijamaiden tasolla. Esitettiin harkittavaksi, olisiko valtion rahoitusinstrumenttien (esim. Finnfund/Finnvera) mahdollista kantaa suurempaa riskiä ja sitoa päätöksensä suomalaiseen (osa)toimitukseen ja intressiin.

Yritykset esittävät, että rahoitusta tulisi kehittää kokonaisuutena ja kilpailijamaita benchmarkaten, ja että tärkeintä olisi pystyä tarjoamaan asiakkaille pitkäaikainen lainajärjestely ja samalla turvata rakentamisvaiheen rahoitus. Bioenergiahankkeiden ominaispiirteisiin kuuluvat suuri pääoman tarve, ja että kuluja alkaa kertyä pitkän aikaa ennen tuottoja.

Hankkeita toimeenpaneavat yritykset ovat usein liian pieniä eikä niillä ole tarvittavia pääomia projektien rakentamiseen ja tuetkin on viritetty suurille ja pääomavahvoille yrityksille. Hankekoot ovat usein myös liian pieniä, jotta ne yksittäisinä projekteina kiinnostaisivat rahoittajia, vaikka niiden tuotto-odotukset olisivatkin kohdillaan. Lisähaasteena kehittyvillä markkinoilla on usein asiakkaiden heikko luottokelpoisuus.

*”Rahoituksen kehittäminen vaatii julkiselta hallinnolta pitkäjänteistä kehitystyötä ja sitoutumista”*

## 7. Yhteenveto ja kokoavia näkökohtia

Eri selvitysten mukaan teknistaloudellinen kestävä globaali bioenergiapotentiaali on ainakin suuruusluokkaa 150 EJ/a. Bioenergiaa käytetään tällä hetkellä globaalisti suuruusluokkaa 50 EJ vuodessa (energian loppukulutuksesta), ja tästä vain suuruusluokkaa kolmannes eli vajaa 20 EJ on niin sanottua modernia bioenergiaa. Modernin ja kestävä bioenergian käyttöä onkin mahdollista lisätä kertaluokkaa nykyisestä. Samalla on kuitenkin huolehdittava traditionallisen bioenergian käytön lopettamisesta globaalisti, mikä kuuluu myös YK:n kestävä kehityksen tavoitteisiin (YK 2018). Bioenergian rooli onkin merkittävä kaikissa skenaarioissa, joissa tavoitellaan ilmaston lämpenemisen rajoittamista kahteen celsiusasteeseen tai sen alle.

Bioenergian käyttö on kuitenkin kasvanut melko hitaasti kuluvalle vuosikymmenellä, ja nykyinen kasvuvauhti on liian hidasta näihin ”ilmastoskenaarioihin” verrattuna. Eri skenaarioiden perusteella modernia bioenergian käyttöä voitaisiin ja sitä tulisi lisätä vuosisadan puoleen väliin mennessä kestävästi noin kolminkertaiseksi teollisuuden ja rakennusten lämmöntuotannossa, moninkertaiseksi biosähkön tuotannossa ja kymmenkertaiseksi liikenteen biopolttoaineiden tuotannossa.

Sen lisäksi, että traditionaalisen biomassan käytöstä on päästävä eroon, myös modernin bioenergian käyttöpotentiaalia voidaan ja sitä tulee merkittävästi parantaa kiinnittämällä huomiota sen energiatehokkaaseen hyödyntämiseen. Esimerkiksi edistyneellä kiinteän polttoaineen jalostamisella ja käsittelyllä sekä yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannolla saavutetaan tehokkuushyötyjä sähkö-, teollisuus- ja lämmityssektoreilla, ja myös liikenteen biopolttoaineissa tulee kiinnittää kasvava huomiota sekä kestävä kehityksen kriteereihin, ilmastopäästöihin että energiatehokkuuteen.

Yksi merkittävä piirre bioenergiamarkkinassa on tällä hetkellä voimakas maantieteellinen keskittyminen; bioenergian käyttö kasvaa lähinnä niissä maissa, joissa sitä käytetään merkittäviä määriä jo nykyisin, eikä diffuusio uusille markkinoille ole ollut riittävän voimakasta. Energiatarpeen kasvaessa uusilla alueilla, erityisesti Kaakkois- ja Etelä-Aasiassa sekä Afrikassa, voidaan myös bioenergian käytön kasvavan näillä alueilla tulevaisuudessa, ottaen myös huomioon erinomaisen bioenergiapotentiaalin monissa alueen maissa. Näiden tulevaisuuden energiankulutuksen kasvumaiden ohella nykyiset merkittävät bioenergiamaat – EU, USA, Kanada, Kiina ja Brasilia – tulevat säilyttämään merkittävän mutta suhteellisesti pienenevän roolin.

Bioenergia-alalla on jo merkittävä määrä kaupallista ja koeteltua teknologiaa bioenergian käyttämiseksi kaikilla sektoreilla. Toisaalta alalla on vielä merkittävää uutta innovaatiopotentiaalia. Erityisesti liikenteen biopolttoaineissa tulee vielä kehittää ja kaupallistaa uutta teknologiaa, jolla voidaan tuottaa yhä kestävämmiin yhä enemmän kasvihuonekaasupäästöjä vähentäviä polttoaineita, esimerkiksi HVO- ja HEFA-polttoaineita. Näille tulee olemaan tarvetta erityisesti lentoliikenteessä, meriliikenteessä ja raskaassa pitkän kantaman tieliikenteessä. Nämä niin kutsutut 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.

Myös sähkön ja lämmön tuotannossa bioenergian konversioteknologiat ovat hyvin kypsää teknologiaa, ja käytännössä kaikkiin bioenergiälähteisiin on tarjolla tehokkaita polttolaitos- ja biokaasuratkaisuja. Sähköntuotannossa uudelle teknologialle voi olla tarvetta erityisesti pienen mittakaavan biopolttoainelaitoksille, koska sähkön ja bioenergian käyttö tulee kasvamaan erityisesti Kaakkois- ja Etelä-Aasian kaltaisissa kehittyvissä maissa, joissa sekä bioenergian että sähkön siirron ja jakelun logistiikka saattaa asettaa rajoitteita suuren mittakaavan laitoksille. Tähän tarpeeseen ORC-prosessi on yksi esimerkki potentiaalisista teknologioista, joissa on vielä merkittävää kehittämis- ja kaupallistamispotentiaalia.

Toinen esimerkki pienen mittakaavan biosähkön tuotannossa on biomassan kaasutus ja poltto moottorivoimalaitoksessa. Myös näissä teknologioissa suomalaisilla yrityksillä on sekä perinteisesti vahvaa osaamista ja referenssejä että uusia merkittävää kasvupotentiaalia omaavia yrityksiä. Rakennusten lämmityksessä yksi nouseva trendi on integroidut järjestelmät, jotka yhdistävät bioenergiaan, aurinkolämpöön ja lämpöpumppeihin perustuvaa lämmitystä. Tällaisten integroitujen järjestelmien kehittämisessä, kaupallistamisessa ja viennissä erityisesti kaukolämpö- ja CHP-kontekstissa Suomella olisi merkittävää osaamista.

Eri tuotantomuotojen keskinäisen integroinnin lisäksi integrointi jätehuoltosektoriin olisi keskeinen kehityskohde, jossa suomalainen osaaminen on myös kansainvälisesti korkeaa tasoa. Eräs keskeinen alue olisikin erilaisten jäte- ja sivuvirtaerien logistiikan, tarkemman erittelyn, jalostamisen ja hyödyntämisen edelleen kehittäminen. Konkreettisenä esimerkkinä voidaan mainita esimerkiksi 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, ja on nähty myös suomalaisyritysten muodostamia laaja-alaisia konsortioita, joissa tällaisia integroituja jäte- ja energiasektorin hankkeita on kehitetty esimerkiksi nopeasti kasvavissa kehitysmaissa. Tässä teknologisisessa osaamisessa yhdistettynä kaukolämmön ja CHP-tuotannon liiketoiminta- ja rahoitusmalleihin olisi sekä IEA:n että IRENA:n mukaan erityisen merkittävä kasvupotentiaali tulevien vuosikymmenien bioenergiamarkkinoilla.

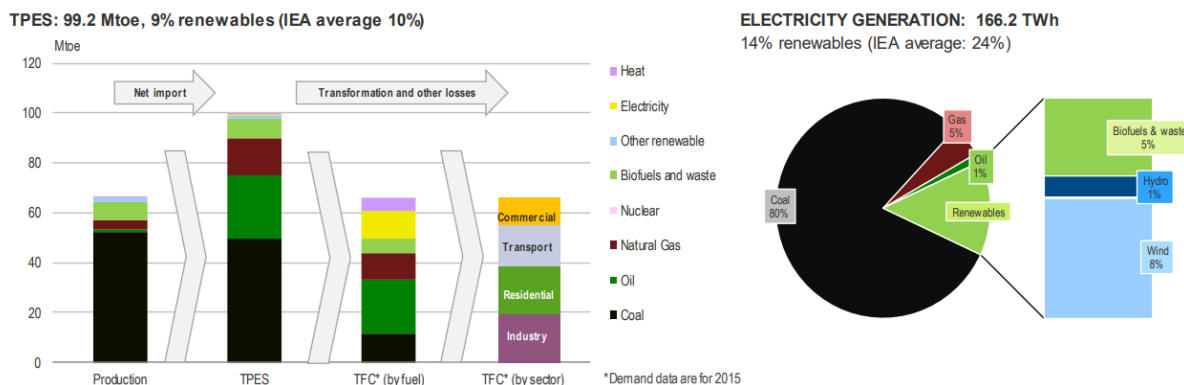
Näiden mahdollisuuksien globaali realisoiminen ja vahvan markkina-aseman saavuttaminen edellyttäisi esimerkiksi uusien rahoitusinstrumenttien ja julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyön edelleen kehittämistä vientitoiminnassa sekä kehitys- ja ilmasto-rahituksessa samaan tapaan kuin esimerkiksi Tanskassa ja Norjassa.



## Maakatsaus: Puola

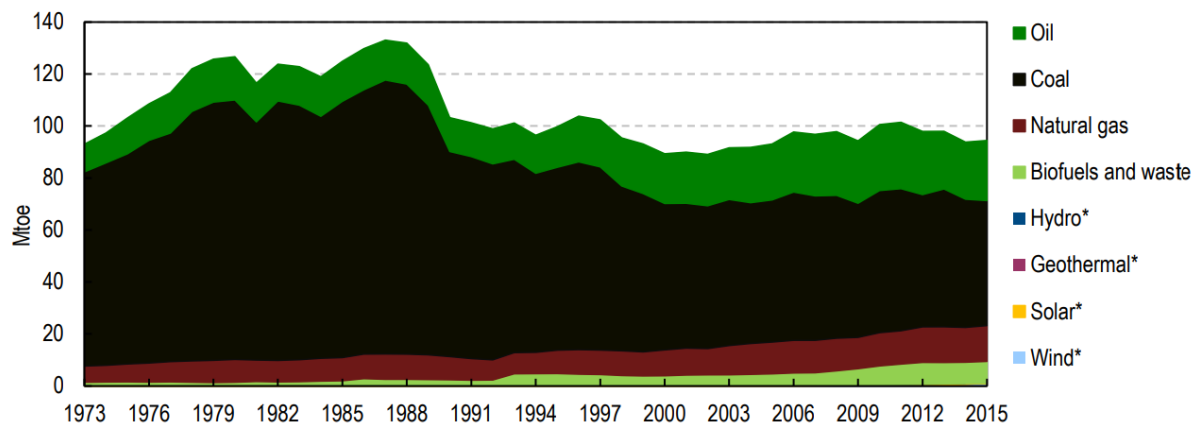
### Taustaa ja energiasektorin kokonaiskuva

Puola on Euroopan Unionin jäsenvaltio, jonka pinta-ala on noin 313000 neliökilometriä. Maan väestömäärä vuonna 2016 oli 38,4 miljoonaa ja GDP 956 miljardia Yhdysvaltain dollaria (USD). Puolan kokonaisenergian loppukulutus vuonna 2015 oli hieman alle 70 Mtoe (vajaa 3 EJ), ja sähkönkulutus vuonna 2016 166,2 TWh eli noin 4,3 MWh per capita vuodessa. (IEA 2017b) Puolan talous on kasvanut vuodesta 2008 lähtien EU-maista nopeimmin, reaalisesti keskimäärin yli 2,5 % vuodessa. Puolan kotimainen energiantuotanto nojaa hiileen, jota vuonna 2016 oli 79% Puolan primäärienergian tuotannosta, ja 51% koko primäärienergiasta, nettotuonti huomioiden. Hiilellä tuotettiin vuonna 2016 81 % kaikesta sähköstä ja 86 % lämmöstä. Bioenergia on seuraavaksi merkittävin kotimainen energialähde, primäärienergiasta hieman alle 10 Mtoe (vajaa 400 PJ) ja sähköstä hieman yli 8 TWh (noin 30 PJ). Puolan primäärienergia ja loppukulutus energialähteittäin ja sektoreittain vuonna 2016 oli seuraava (ks. Kuva 20):



Kuva 20. Primäärienergia ja energian loppukulutus energialähteittäin ja sektoreittain (Mtoe) sekä sähköntuotanto energialähteittäin (TWh) Puolassa vuonna 2016. (IEA 2017b)

Puolan primäärienergian kulutus ei ole merkittävästi muuttunut Neuvostoliiton romahtamisen jälkeen, vaan on vaihdellut 1990-luvun alusta alkaen suhteellisen tasaisesti välillä 90-100 Mtoe (3,7-4,2 EJ). Vaikka hiilen osuus Puolan energiankulutuksesta on edelleen dominoiva, sen käyttö on vähentynyt hiljalleen sekä absoluuttisesti että suhteellisesti. Erityisesti öljy ja biopolttoaineet ovat kasvattaneet osuuttaan 1990-luvulta alkaen. (Ks. Kuva 23.)



Kuva 21. Primäärienergian kulutus energialähteittäin Puolassa 1973-2015, Mtoe/a. (IEA 2017a)

Uusiutuvan energian primäärikulutus oli 377 PJ vuonna 2015. Tästä ylivoimaisesti suurin osa oli bioenergiaa. (Ks. Kuva 22. Uusiutuvan energian tuotanto- ja kulutustase Puolassa 2015. (IRENA 2018).)

Year	Country/Area	Unit	Main category	Sub Category	Hydropower	Wind	Solar PV	Solar Thermal	Geothermal	Other RE	Renewable Waste	Solid Biofuels	Liquid Biofuels	Bioogas	Electricity	Heat	Total			
2015	Poland	TJ	Primary Energy	Production	6 596	39 090	204	1 885	909	1 210	1 673	262 431	39 173	9 581			362 752			
				Imports										27 653	8 777		7 159	43 589		
				Exports										-6 478	-15 609		-7 324	-29 411		
				Stock												-412		-412		
				Total Supply	6 596	39 090	204	1 885	909	1 210	1 673	263 606	31 929	9 581		-165		376 518		
			Transformation and Losses	Electricity	-6 596	-39 090	-204								-18 459			52 935	-11 414	
				CHP											-75 704	-64	-6 298	28 728	11 654	-41 684
				Heat									-3	-9	-1 494		-16		1 231	-291
				Own Use														-13 000	-801	-13 800
				Distribution														-5 215	-1 158	-6 374
			Consumption by Sector	Total				1 885	909		1 207	1 664	187 949	31 866	3 267	63 282	10 472	302 500		
				Industry								1 664	56 853		521	24 498	1 267	84 803		
				Transport											31 866			33 404		
				Commercial				230	235	881			6 530		2 361	22 498	1 723	34 458		
				Residential				1 655	674	326			105 450			14 001	7 441	129 547		
				Other									19 116		385	746	41	20 288		
			Consumption by Use	Total	5 111	30 292	158	1 885	909	1 209	1 670	223 225	31 892	6 150			302 500			
				Electricity	5 111	30 292	158						25 182	11	2 529		63 282			
				Heat							2	6	10 094	15	354		10 472			
				Direct Use				1 885	909	1 207	1 664	187 949	31 866	3 267			228 747			
			Gross Electricity and Heat	Electricity	1 832	10 858	57							9 027	4	906	22 684			
				Heat									3	7	12 420	19	436	12 885		

© IRENA We welcome your comments and feedback here: <https://op.oil/dufxQS>

Kuva 22. Uusiutuvan energian tuotanto- ja kulutustase Puolassa 2015. (IRENA 2018)

Kuten todettua, myös sähköntuotannossa hiilen käyttö on edelleen dominoivassa asemassa. Puolan sähköntuotantokapasiteetin pysytellessä noin 33 GW:ssa hiilen osuus on laskenut noin 31 GW:stä noin 30 GW:iin. Vaikka bioenergian osuus on vähäinen, sen kasvu on ollut suhteellisesti nopeaa tällä vuosikymmenellä. (Ks. Kuva 23.)

Installed capacity	Unit	2010	2013	2014	2015
Installed capacity at the end of the year	MW	32 571	32 783	32 924	32 764
Out of which power plants and CHP:					
Hard coal	MW	22 046	21 039	21 313	20 802
Lignite	MW	8 796	9 421	9 221	9 243
Natural gas	MW	1 085	1 132	1 222	1 248
Biomass and biogas	MW	68	569	624	839
Others	MW	576	622	544	632

Kuva 23. Sähkön tuotantokapasiteetin kehitys Puolassa 2010-2015, MW. (IEA 2017a)

Puola on EU jäsenmaana sitoutunut osaltaan EU-tason tavoitteisiin uusiutuvassa energiassa. Puolan National Renewable Energy Action Planissa (NREAP) maa on sitoutunut kunnianhimoiseen 15 %:n tavoitteeseen uusiutuvan energian osuudesta primäärienergiankulutuksessa vuonna 2020. Tällä hetkellä Puola ei ole saavuttamassa tavoitetta. Ecofysin selvityksen mukaan Puola on pystynyt edistämään uusiutuvan energian käyttöä sähkö- ja lämpösektoreilla tavoitteisiin nähden riittävästi vuoteen 2016 asti, mutta liikennesektorilla tavoitteista ollaan jäämässä pahasti. Myös sähköntuotannossa tukipolitiikan muutos vuonna 2016 on johtanut epävarmuuteen ja kehityksen hidastumiseen, joten ilman uusia tukitoimia tai nykyisten merkittävää vahvistamista uusiutuvan energian kehitys ei tule Puolassa olemaan tavoitteiden mukaista.

Ecofysin selvityksen mukaan kunnianhimoiset toimet sähkö- ja lämpösektorilla eivät pysty kompensoimaan liikennesektorin hidasta kehitystä, joten myös tällä sektorilla tarvittaisiin uusia

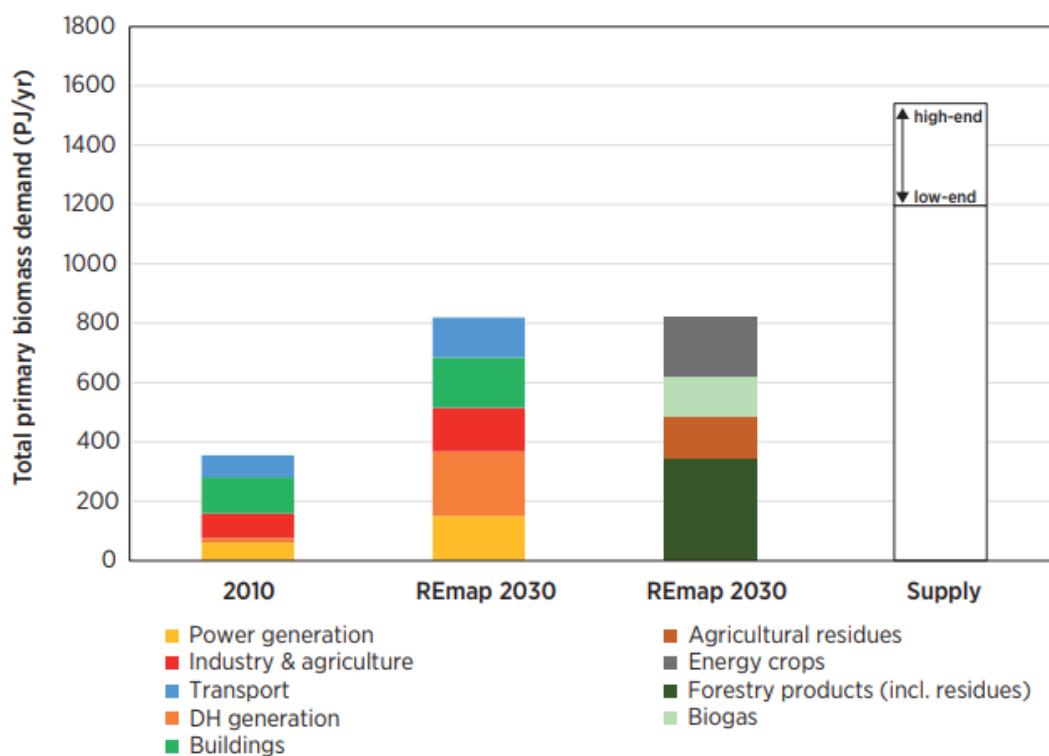
politiikkatoimia. Ecofysin ennusteen mukaan Puolan uusiutuvan energian osuus primäärienergiasta vuonna 2020 tulee olemaan vain 10-14 %. (Ecofys 2017)

### Bioenergiapotentiaali

IRENA:n arvio Puolan kestävästä bioenergiapotentiaalista vuoteen 2030 on 1,2 EJ – 1,5 EJ, josta noin 200 PJ on biokaasua. IRENA:n mukaan Puolan teknisesti toteutuskelpoinen bioenergiapotentiaali vuoteen 2030 mennessä olisi 845 PJ. Tämä olisi siis 55 % – 70 % kestävästä potentiaalista. Ottaen huomioon muut uusiutuvat, Puola pystyisi nostamaan uusiutuvan energian käyttönsä 24,7 %:iin loppukulutuksesta vuoteen 2030 mennessä, kun se vuonna 2010 oli vain noin 10 %, ja perusuralla nousisi vain 15,5 %:iin. Bioenergiaan perustuvan sähköntuotantokapasiteetin kasvu olisi noin 1000 MW, eli biosähkön tuotantokapasiteetti hieman yli kaksinkertaistuisi vuoteen 2015 verrattuna, ja lisäys koostuisi keskeisimmin teollisuus-CHP:stä (IEA 2017 & IRENA 2015). Lämmityksessä ja liikenteessä bioenergia on selvästi merkittävin uusiutuva energialähde lisäspotentiaalinal kannalta, ja sen käyttö olisi mahdollista potentiaalinal puitteissa nostaa perusuraan verrattuna 45 %, eli arvioidusta 370 PJ:sta vuonna 2030 533 PJ:een vuonna 2030.

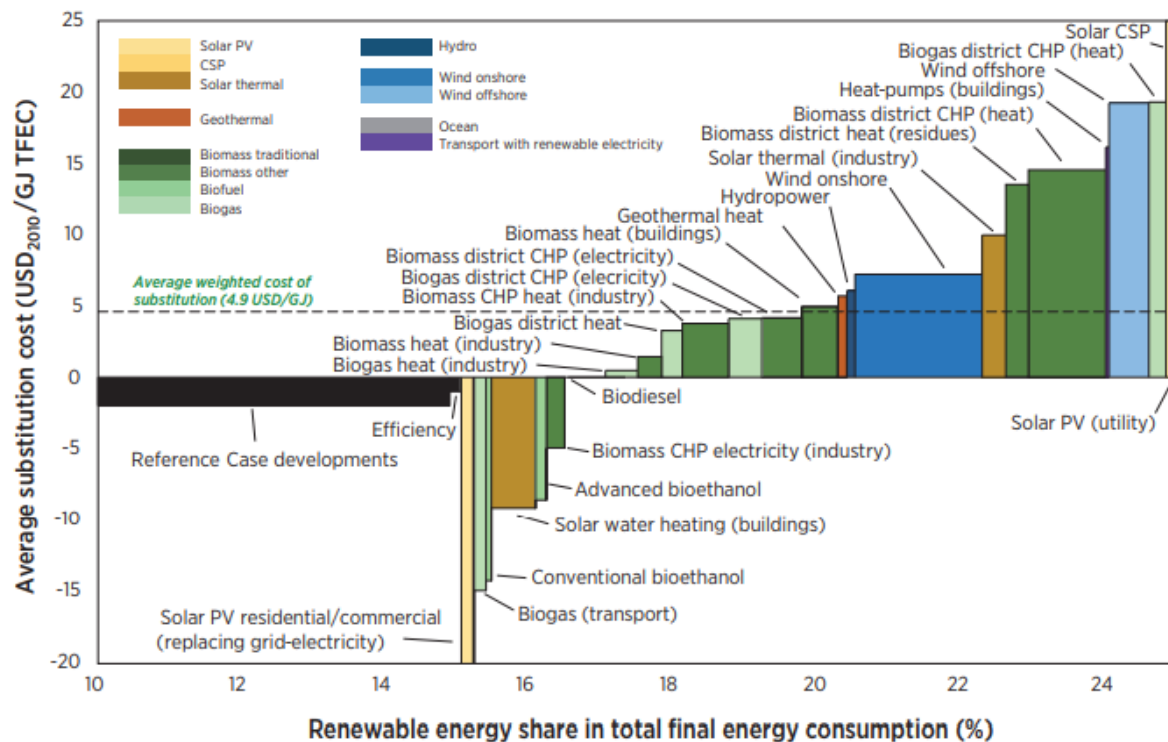
IRENA:n REmap-skenaariossa biomassassa olisi näin ollen selvästi merkittävin uusiutuvan energian lähde Puolassa, ja se olisi 73% kaikesta uusiutuvasta energiasta REmap-skenaariossa, aurinkoenergian ja tuulivoiman osuuksien ollessa vastaavasti 8 % ja 15 %.

Bioenergian käytöstä noin 50 % kuluisi rakennusten lämmityksessä, noin 16 % teollisuuden ja maatalouden lämmöntuotannossa, 18 % sähköntuotannossa ja 17 % liikenteessä. Suurin osa bioenergiasta olisi kiinteää biomassaa, mutta myös biokaasun käyttö voisi teknistaloudellisten reunaehtojen puitteissa kasvaa 135 PJ:een, eli noin 2/3 teoreettisesta kestävästä potentiaalista. (Ks. Kuva 24.)



Kuva 24. Puolan primääribioenergia vuonna 2010 ja REmap-skenaariossa vuonna 2030 sektoreittain ja polttoaineittain, PJ. (IRENA 2015)

Monet biopolttoaineet olisivat hinnaltaan kilpailukykyisiä, mutta suuri osa IRENA:n arvioimasta teknistaloudellisesti toteutuskelpoiseksi arvioimasta potentiaalista (REmap-skenaario) edellyttäisi jonkin asteista subventointia. IRENA:n REmap-skenaarion toteuttaminen aiheuttaisikin noin 5 USD/PJ lisäkustannuksen (ks. Kuva 25.)



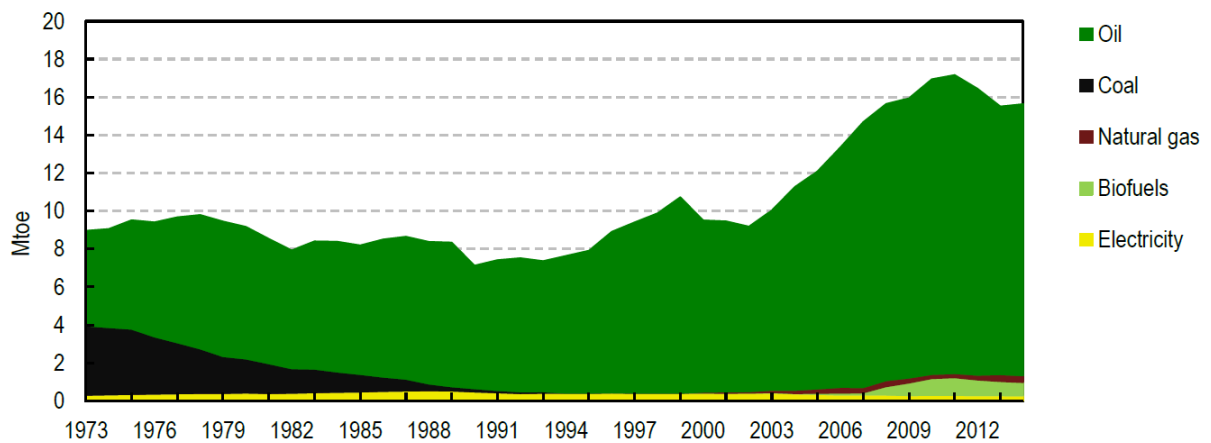
Kuva 25. Puolan uusiutuvan energian marginaalikustannuskäyrä vuonna 2030 REmap-skenaariossa. (IRENA 2015)

## Bioenergia eri sektoreilla

### Liikenne

Liikenne on ainoa sektori, jolla energiankulutus on merkittävästi kasvanut 1990-luvun alusta alkaen. Vuonna 2014 liikennesektorin energian loppukulutus Puolassa oli 15,6 EJ, eli melko tarkalleen neljäsosa maan energian loppukulutuksesta. Liikennesektorinkin energiankulutus on vähentynyt viime vuosina vuoden 2011 jälkeen, jolloin se saavutti toistaiseksi huippunsa, yli 17 EJ. Öljytuotteiden lisäksi liikenteen energiankulutuksesta 4,5 % oli biopolttoaineita, 2,5 % maakaasua ja 1,7 % sähköä. (Ks. Kuva 20.)

Liikennesektorin uudistaminen, yhtenä keskeisenä tavoitteena ympäristöhaittojen vähentäminen, on Puolassa keskeinen prioriteetti, ja sitä myös tuetaan EU-rahoituksella. Puola saa merkittävää rahoitusta Euroopan Rakenne- ja Investointirahastojen kautta matalahiilisen talouden kehittämiseen, mukaan lukien liikennesektori. Rahoituksella pyritään sekä liikenneinfrastruktuurin, joukkoliikenteen, uusien liikennepalveluiden että puhtaampien liikennepolttoaineiden edistämiseen. Toimenpiteet on operationalisoitu ”Infrastructure and Environment 2014-2020” -ohjelman kautta. Lisäksi Puola on perustanut kansallisen EUR 68m rahaston, ”National Fund for Environmental Protection and Water Management”, joka rahoittaa ohjelmamuotoisesti hankkeita eri sektoreilla, mukaan lukien liikenne.

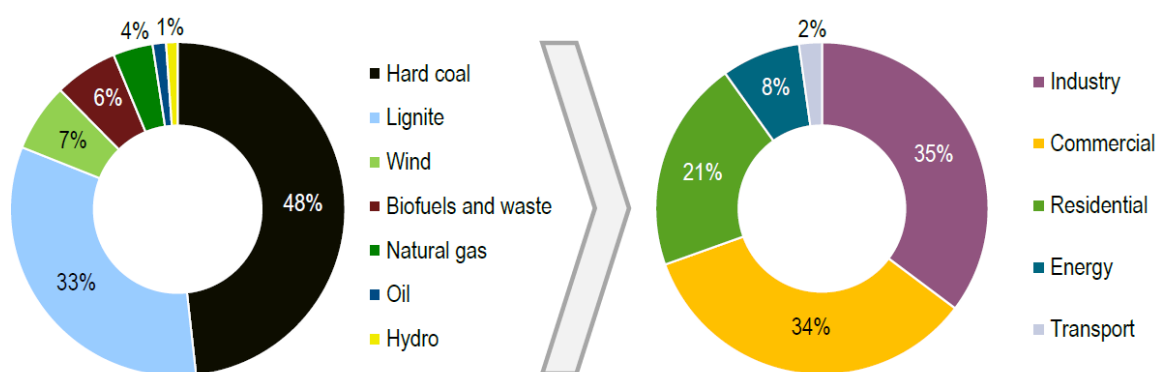


Kuva 26. Liikenteen biopolttoaineiden tuotanto, vienti ja kotimainen kulutus Indonesiassa, miljoonaa litraa. (IRENA 2017a)

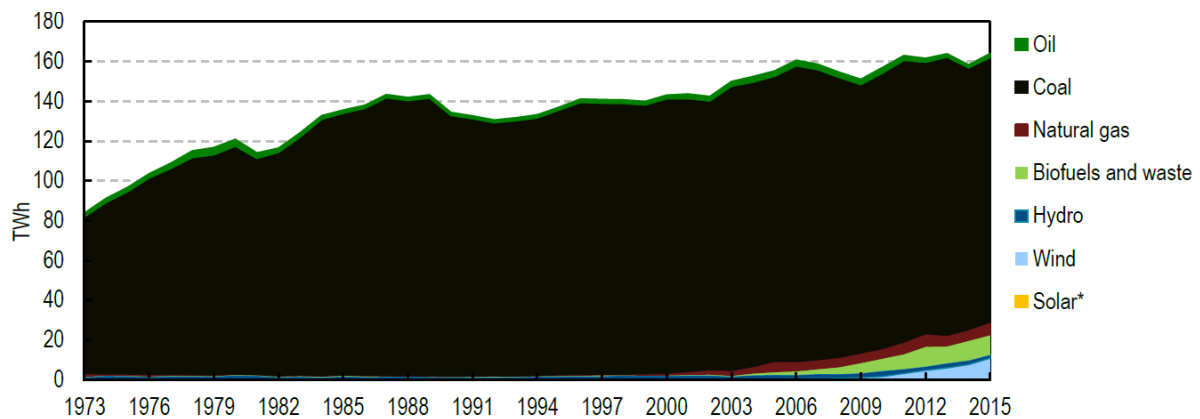
Liikennesektorilla Puolan uusiutuvan energian osuuden tavoite NREAP:ssa vuodelle 2020 on 10,14 %. Tuoreiden arvioiden mukaan Puola on jäämässä tästä tavoitteesta. Puolassa on käytössä vastaava sekoitusvelvoite ja laskentatavat (koskien esimerkiksi ensimmäisen ja toisen sukupolven biopolttoaineita ja kaksoislaskentaa) kuin EU:ssa yleisesti. Toisaalta maassa ei ole käytössä fiskaalisia tai muita taloudellisia ohjauskeinoja biopolttoaineiden tuotannon lisäämiseksi. (Ecofys 2017)

### Sähkö

Puolan sähköntuotanto on koko energiasektorin tapaan voimakkaasti hiiliriippuvainen. Hiilen osuus vuoden 2015 noin 160 TWh tuotannosta oli 81 % (Ks. Kuva 27.) Osuus on tosin vähitellen laskenut kuluvalle vuosikymmenelle, ja oli 1990-luvulla lähellä 100%:ia, jolloin hiilen lisäksi vähäinen määrä sähköä tuotettiin öljyllä. Hiilen jälkeen merkittävimmät energialähteet ovat tuulivoima (7 %) ja bioenergia mukaan lukien jättepolttoaineet (6 %), maakaasun osuuden ollessa 4 %. Erityisesti tuulivoima ja bioenergia ovat kasvaneet Puolassa voimakkaasti tällä vuosikymmenellä korvaten hiiltä. (Ks. Kuva 28.) Kuten IRENA:n REmap-skenaariossa arvioitiin, näihin uusiutuviin energialähteisiin ja erityisesti bioenergiaan, liittyy myös merkittävin lisäyspotentiaali.



Kuva 27. Sähkön tuotanto energialähteittäin ja kulutus sektoreittain vuonna 2015. (IEA 2017a)



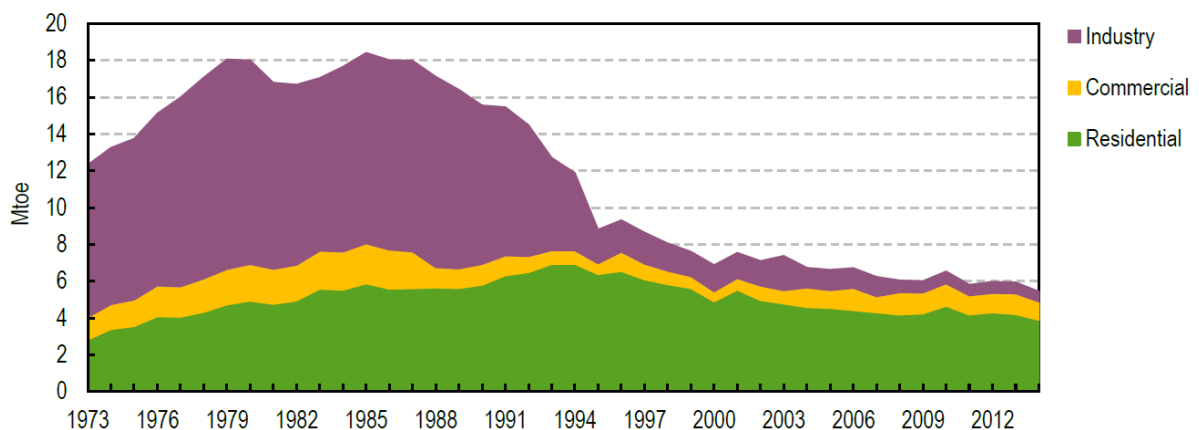
Kuva 28. Sähköntuotannon energialähteet Puolassa 1973-2015. (IEA 2017a)

Sähköntuotannossa Puolan uusiutuvan energian osuuden tavoite NREAP:ssa vuodelle 2020 on 19,13 %. Uusiutuvan energian edistäminen on perustunut erityisesti uusiutuvan energian sertifikaattijärjestelmään, jonka tulokset olivatkin hyviä vuoteen 2015 asti, ja erityisesti bioenergiaan ja tuulivoimaan perustuva tuotanto kasvoivat nopeasti. Bioenergiassa kustannustehokas keino tuotannon lisäämiseen on ollut erityisesti biomassan yhteispoltto hiilen kanssa, joka vaatii suhteellisen rajallisen investoinnin uuteen tuotantoon investoimiseen verrattuna. Sertifikaattijärjestelmästä kuitenkin luovuttiin heinäkuussa 2016, eikä uusia kunnianhimoisia keinoja olla otettu sen jälkeen käyttöön. Sertifikaattijärjestelmä korvautui periaatteessa tarjouskilpailumekanismilla, ja vuosina 2016 ja 2017 järjestettiin tarjouskilpailut, mutta volyyymi on riittämätön ripeälle kasvu-uralle palaamiseksi. (Ecofys 2017)

#### Rakennusten ja teollisuuden lämpö

Puola on yksi Euroopan merkittävimpiä kaukolämpömarkkinoita, noin 200 PJ/a, ja noin puolet väestöstä on kaukolämmön piirissä. Tästä huolimatta Puolassa on myös paljon pieniä tehottomia lämmitysjärjestelmiä, joiden korvaaminen modernilla ja tehokkaammalla CHP-tuotannolla olisi kannattaa sellaisenaan.

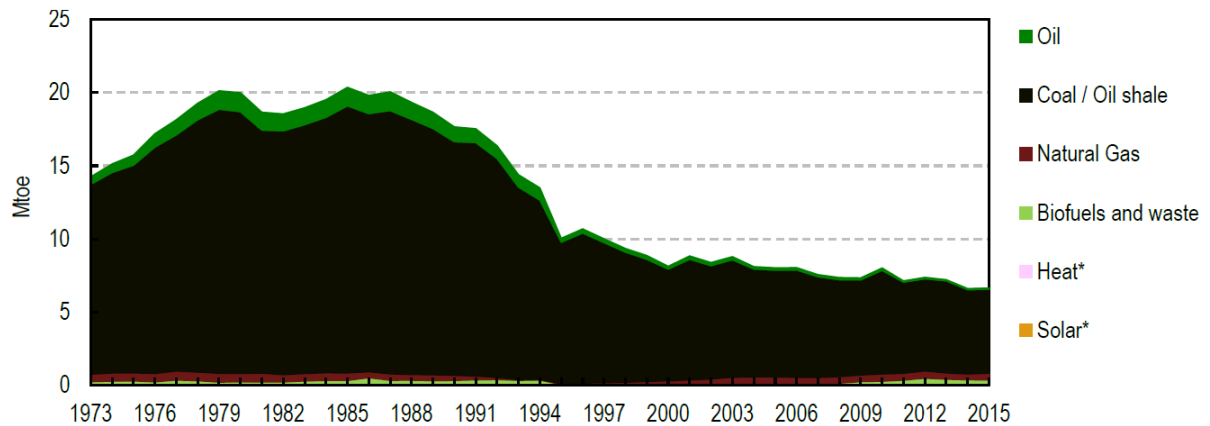
Lämmönkulutuksesta yli 70 % kuluu kotitalouksien lämmitykseen, lähes 20 % muiden rakennusten lämmitykseen, ja hieman yli 10 % teollisuuden lämmöntarpeeseen. (Ks. Kuva 29)



Kuva 29. Lämmitysenergian loppukulutus sektoreittain Puolassa 1973-2014. (IEA 2017a)

Lämmitys perustuu nykyisin voimakkaasti hiileen ja CHP-tuotantoon. 86 % kaikesta lämmöstä tuotettiin hiilellä ja 60 % - 65 % CHP-laitoksissa vuonna 2014. Maakaasun osuus oli 7 %, ja

bioenergian osuus (mukaan lukien jättepolttoaineet) kasvoi 1 %:sta vuonna 2005 viisinkertaiseksi 5 %:iin vuonna 2014. (Ks. Kuva 30)



Kuva 30. Lämmitysenergian tuotanto Puolassa 1973-2015. (IEA 2017a)

Lämmöntuotannossa Puolan uusiutuvan energian osuuden tavoite NREAP:ssa vuodelle 2020 on 17,05 %. Uusiutuvaa energiaa, lähinnä bioenergiaa, tuetaan lämmityssektorilla sekä edellä mainituilla EU:n rahoitusmekanismeilla kuin liikennesektorinkin uusiutuvaa energiaa että kansallisella budjettirahoituksella. Tämä tuki kohdistuu kuitenkin enimmäkseen energiatehokkuuden parantamiseen, joskin CHP-tuotannon kannustimista on ollut keskustelua. Bioenergian käyttö lämmityksessä ei ole lisääntynyt NREAP:n tavoitteiden mukaisesti, ja lisäkannustimia vaadittaisiin 2020 tavoitteen saavuttamiseksi. (Ecofys 2017)

#### Yhteenveto ja kokoavia näkökohtia

Puolan energiasektoria dominoi hiili, ja maan omiksi hyödyntämiskelpoisiksi hiilivarannoiksi on arvioitu 51,9 gigatonnia. Maalla on kuitenkin myös merkittävä uusiutuvan energian potentiaali, erityisesti bioenergiassa. IRENA on arvioinut, että bioenergian määrä voitaisiin kestävä kehityksen vaatimuksen huomioon ottaen yli kaksinkertaistaa nykyisestä alle 400 PJ:sta yli 800 PJ:een vuonna 2030, jolloin bioenergian käyttö olisi edelleen vain 55 % - 70 % arvioidusta 1,2 EJ – 1,5 EJ kestävästä bioenergiapotentiaalista. Tämän potentiaalın realisointi edellyttäisi keskimäärin noin 5 USD/GJ substituutiokustannusta.

Merkittävien bioenergian potentiaalisista lisäskohteita olisivat biomassan ja hiilen yhteispolton ohella vanhojen ja tehottomien hiilivoimalaitosten ja -lämpökeskusten korvaaminen tehokkailla biomassaa käyttävillä CHP-laitoksilla rakennusten lämmityksessä ja teollisuudessa: 62 % hiilikapasiteetista on yli 30 vuotta vanhaa ja 16 % 26-30 vuotta vanhaa. Lisäksi kaukolämmöntuotannossa yli kolmannes lämmöstä tuotetaan lämpökeskuksissa, joiden korvaamisessa CHP-laitoksilla olisi merkittävä potentiaali. Puolan energiayhtiöiden omien arvioiden mukaan noin 35% kaukolämpökapasiteetista olisi välittömän korvausinvestoinnin tarpeessa. (IEA 2017a). Lisäksi IRENA:n mukaan biokaasutuotantoa voitaisiin lisätä Puolassa 135 PJ vuoteen 2030, teoreettisen lisäspotentiaalın ollessa 200 PJ.

Ecofysin arvioiden mukaan Puolan kehitys uusiutuvassa energiassa on kuitenkin hidasta, varsinkin maan NREAP-tavoitteisiin nähden, ja ilman merkittäviä taloudellisia lisäpanostuksia (eli uusiutuvan energian tukijärjestelmiä) Puola ei tule saavuttamaan vuoden 2020 tavoitettaan nostaa uusiutuvan energian osuus 15 %:iin primäärienergiankulutuksesta.

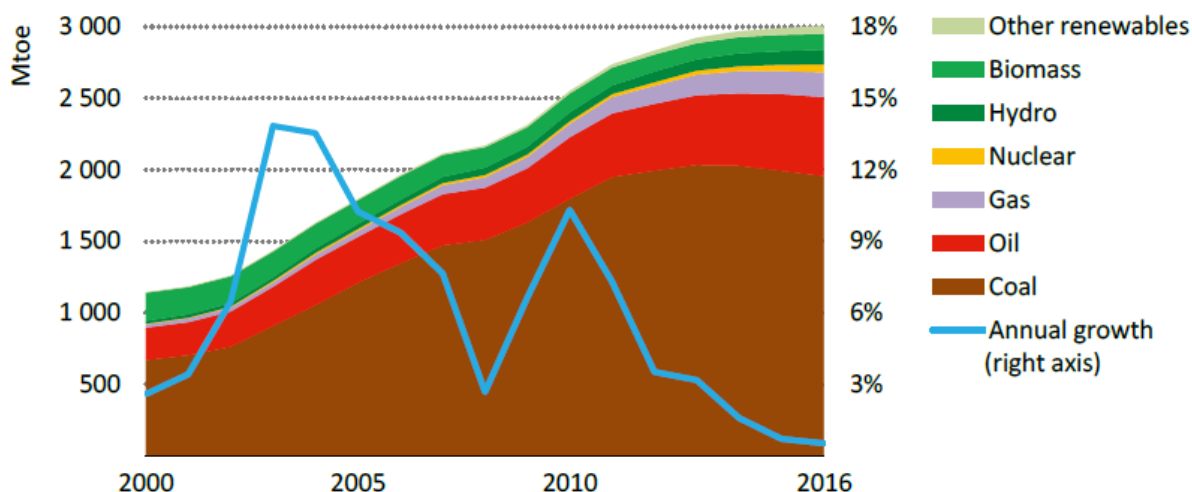
## Maakatsaus: Kiina

### Taustaa ja energiasektorin kokonaiskuva

Kiina on noin 1,4 miljardin väestöllään maailman väkirikkain maa. Maan bruttokansantuote oli vuonna 2016 11,2 biljoonaa Yhdysvaltain dollaria (USD), hieman yli 8000 USD per capita. Tämä tekee Kiinasta maailman toiseksi suurimman talouden Yhdysvaltain jälkeen. Kiina on ollut maailman nopeimmin kasvavia talouksia joka vuosi vuodesta 1989 lähtien. Vuonna 2016 talouskasvu oli edelleen ripeää (6,7 %), vaikka talouskasvu onkin viime aikoina hidastunut. (World Bank 2018)

Kiinan talouden, teollisuustuotannon ja tulotason kasvu on johtanut myös energiankulutuksen voimakkaaseen kasvuun. Energian kokonaiskulutus on 2,5-kertaistunut vuodesta 2000 (1200 Mtoe, 50 EJ) vuoteen 2016 (3000 Mtoe, 125 EJ) mennessä. Merkittävä kasvun on ollut hiilen kulutuksessa, minkä lisäksi myös öljynkulutus on kasvanut merkittävästi, muiden energialähteiden kasvun ollessa energiamäärissä laskettuna vähäisempää.

Suhteellisesti tarkasteltuna esimerkiksi uusiutuvan energian määrä on kasvanut kuitenkin nopeasti, ja Kiina onkin ollut jo vuosia maailman suurin uusiutuvan energian markkina. Kiinan talouskasvun hidastuessa, teollisuuden rakenteen muuttuessa ja energiatehokkuuden parantuessa kaikilla sektoreilla Kiinan energiankulutuksen kasvu on kuitenkin hidastunut merkittävästi, eikä Kiinan tulevan talouskasvun oleteta enää olevan yhtä energiantensiivistä kuin tähän asti. Merkittävä ilmiö on myös hiilen kulutuksen tasaantuminen (ja mahdollisesti jopa hienoinen lasku), mikä indikoi, että Kiina saattaa olla saavuttamassa hiilen kulutushuippunsa. (Ks. Kuva 31)



Kuva 31. Kiinan primäärienergiankulutus 2000-2016, Mtoe ja %. (IEA 2018)

Uusiutuvan energian primäärikulutus Kiinassa vuonna 2015 oli yli 9 EJ, eli hieman yli 13 % energian kokonaiskulutuksesta. Kiinan uusiutuva energia on käytännössä kokonaan kotimaista viennin ja tuonnin ollessa hyvin vähämerkityksistä. Uusiutuvan energian kokonaisuudessa bioenergian osuus oli lähes 3 EJ eli noin 30 % kaikesta uusiutuvasta energiasta. Kiinassa traditionaalisen biomassan käyttö kotitalouksissa on ollut merkittävää, mutta maan bioenergiasektorilla on meneillään perustavanlaatuinen rakennemuutos traditionaalisen bioenergian käytön vähentyessä nopeasti ja modernin bioenergian käytön (sähkön ja lämmön tuotanto voimalaitoksissa ja lämpökattiloissa, kaukolämpöjärjestelmät, teollisuushöyry ja liikennepolttoaineet) kasvaessa voimakkaasti.



Bioenergiaa merkittävämpi uusiutuvan energian tuotantomuoto Kiinassa on vain vesivoima. Vaikka aurinkoenergia ja tuulivoima kasvavat Kiinassa nopeasti, niiden osuus uusiutuvista energialähteistä on toistaiseksi vielä selvästi vähäisempi kuin bioenergian osuus. (Ks. Kuva 32)

Main category	Sub Category	Hydropower	Wind	Solar PV	Solar Thermal	Geothermal	Renewable W/acts	Solid Biofuels	Liquid Biofuels	Bioogas	Pellets	Charcoal	Electricity	Heat	Total
Primary Energy	Production	3 945 263	649 080	138 600	1 490 139	103 987	259 200	2 248 053	80 920	311 792					9 227 034
	Imports							114			310	6 615	5 284		12 322
	Exports							-14			-840	-1 712	-15 868		-18 434
	Differences												23 976		23 976
	Total Supply	3 945 263	649 080	138 600	1 490 139	103 987	259 200	2 248 152	80 920	311 792	-530	4 903	-10 585		9 220 922
Transformation and Losses	Electricity	-3 945 263	-649 080	-138 600	-97	-5 220	-259 200	-283 924			-7 676		4 923 218		-365 643
	Heat							-23 086						11 543	-11 543
	Charcoal							-114 165				51 680			-62 486
	Pellets							-8 206			8 206				0
	Own Use													-1 398	-1 398
Consumption by Sector	Distribution												-254 225	-123	-254 348
	Total				1 490 042	98 767		1 818 771	80 920	311 792		56 583	4 682 385	10 022	8 549 282
	Industry												3 340 496	7 035	3 347 531
	Transport								80 920				95 771		176 691
	Commercial												513 963	236	514 199
Consumption by Use	Residential				1 490 042			1 818 771		311 792		56 583	643 683	2 450	4 323 321
	Other					98 767							88 471	302	187 540
	Total	3 752 270	617 328	131 820	1 490 073	99 263	82 174	1 921 238	80 920	317 613		56 583			8 549 282
	Electricity	3 752 270	617 328	131 820	31	496	82 174	92 445		5 821					4 682 385
	Heat												10 022		10 022
Gross Electricity and Heat	Direct Use				1 490 042	98 767		1 818 771	80 920	311 792		56 583		3 856 875	
	Electricity and Heat	1 095 907	180 300	38 500	9	145	24 000	27 000		1 700				1 367 560	
								11 543						11 543	

Kuva 32. Uusiutuvan energian tuotanto- ja kulutustase Kiinassa 2015, TJ. (IRENA 2018)

Kiinan energiapolitiikka, tavoitteet ja ohjaukset perustuvat muun politiikan tavoin viisivuotissuunnitelmiin. Meneillään olevassa 13. viisivuotissuunnitelmassa (2016-2020) Kiina on asettanut useita koko energiasektoria koskevia tavoitteita. Keskeisimpiä niistä ovat (Hong 2018, IEA 2018 ja IEA & IRENA 2018):

- Primäärienergiankulutuksen pitäminen alle 5000 Mtoessa (tällä hetkellä noin 3000 Mtoe)
- Ei-fossiilisen energian osuuden nostaminen 15 % kokonaisenergiankulutuksesta (uusiutuvat yli 13 %, joten ydinvoiman kanssa jo hyvin lähellä tavoitetta)
- Bioenergiaan perustuvan sähköntuotantokapasiteetin kasvattaminen 15 GW:iin (vuonna 2016 noin 12 GW)
- Liikenteen polttoaine-etanolin tuotannon kasvattaminen 4 miljoonaan tonniin, ja biodieselin tuotannon 2 miljoonaan tonniin (korvaten vastaavasti noin 111 PJ ja 88 PJ fossiilista polttoainetta vuodessa)
- Biomassan käytön nostaminen rakennusten ja teollisuuden lämmityksessä 30 miljoonaan tonniin (korvaten noin 440 PJ fossiilista polttoainetta vuodessa)
- Biokaasun tuotannon kasvattaminen kahdeksaan miljardiin kuutiometriin (korvaten noin 275 PJ fossiilista polttoainetta vuodessa)
- Talouden energiaintensiivisyyden lasku 15 % ja CO<sub>2</sub>-intensiivisyyden lasku 18 % vuoteen 2015 verrattuna
- Energiaomavaraisuus yli 80 % kokonaisenergiankulutuksesta
- Teollisuustuotannon sähköntensiivisyyden alentaminen 10 %:lla
- Hiilivoimaloiden hyötysuhteen nostaminen
- Veden käytön tehostaminen energiantuotannossa
- Energiantuotannon paikallispäästöjen vähentäminen erityisesti hiilivoimaloiden päästöjen paremmalla kontrollilla ja vanhojen hiilivoimaloiden sulkemisella

Vuoteen 2030 mennessä Kiina pyrkii lisäämään ei-fossiilisen energian osuutta kokonaisenergiankulutuksessa 20 %:iin ja sähköntuotannossa 50 %:iin. Visio vuoteen 2050 asti on,

että kokonaisenergiasta vähintään 50% on peräisin ei-fossiilisesta energiasta (IEA 2018). Tähänastisen kehityksen perusteella voidaan myös todeta, että Kiina on tyypillisesti saavuttanut ja usein myös ylittänyt asettamansa tavoitteet uusiutuvassa energiassa.

### Bioenergiapotentiaali

Kiinan bioenergian käyttö (2,9 EJ vuonna 2015) on murto-osa maan arvioidusta kestävästä bioenergiapotentiaalista. Määrällisen lisäyksen ohella Kiinassa myös bioenergian käyttöä on mahdollista tehostaa huomattavasti nykyisestä vähentämällä traditionaalista bioenergian käyttöä, lisäämällä modernia käyttöä sekä siirtymällä modernissa bioenergiankäytössä uudempaan ja tehokkaampaan teknologiaan. Myös eri tilastoja vertaamalla voidaan päätellä, että rakennusten lämmityksen bioenergian käyttö on laskenut selvästi tällä vuosikymmenellä, mikä selittynee traditionaalisen biomassan käytön korvautumisella moderneilla energiaratkaisuilla.

Kiinan bioenergiapotentiaali jakautuu laajasti maa- ja metsätalouden sivuvirtoihin, eläinperäisiin jätteisiin sekä teollisuuden ja yhdyskuntien orgaaniseen jätteeseen. Maatalouden olkijäte, jota arvioidaan syntyvän Kiinassa peräti 700 miljoonaa tonnia vuodessa, on keskittynyt maan koillisosaan sekä Jangtse-joen alajuoksulle. Metsäresurssit (jotka esimerkiksi IRENA on arvioinut verrattain rajalliseksi Kiinassa) sijaitsevat enimmäkseen itäisessä Kiinassa laajasti pohjoisesta etelään. (IRENA 2014)

Maatalouden sivuvirroista, joka useimpien arvioiden mukaan muodostaa suurimman osan Kiinan bioenergiapotentiaalia, maissinviljelyn tähteet muodostavat 37 %, riisinviljelyn 28 % ja vehnänviljelyn 20 % lopun 15 % jakautuessa lukuisten muiden kasvien kesken. Noin puolet maatalouden sivuvirroista käytetään lannoitteena tai karjan ravintona, joten IRENA arvioi varsinaiseksi bioenergiapotentiaaliksi tästä kokonaisuudesta puolet eli 350 miljoonaa tonnia. (IRENA 2014) Vertailun vuoksi, IEA on arvioinut Kiinan maatalouden olkiperäiseksi bioenergiapotentiaaliksi 300 miljoonaa tonnia vuodessa. (IEA 2018)

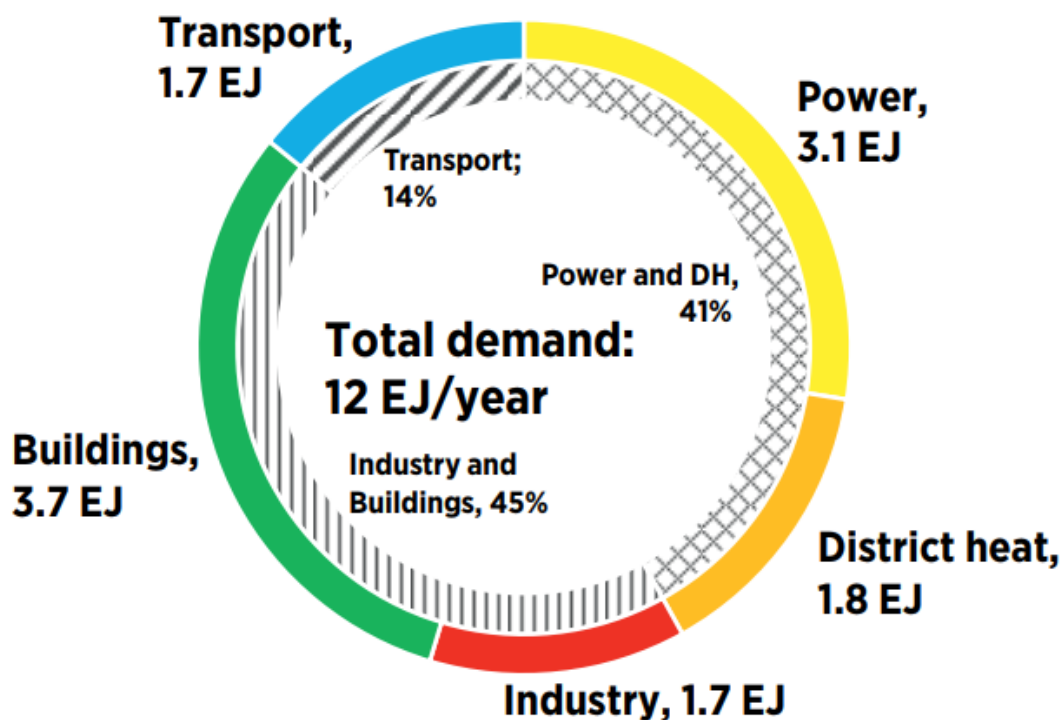
IRENA:n arvio Kiinan teknistaloudellisesta bioenergiapotentiaalista vuoteen 2030 mennessä on 9 EJ – 16 EJ, eli suunnilleen 3-6-kertainen yllä esitettyyn vuoden 2015 käyttöön verrattuna. IRENA:n arvio ei sisällä energiakasvipotentiaalia eikä jaottele eri bioenergiajakeita tarkemmin. IRENA:n yläarvio täsmää Van Sambeekin et al. (2013) tutkimuksen kanssa, joka jaottelee maatalouden, yhdyskuntien ja teollisuuden potentiaalin tarkemmin.

Myös CNREC:in (China National Renewable Energy Centerin) tutkimuksessa nämä eritellään tarkemmin, mutta luvut ovat selvästi ensin mainittua tutkimusta alemmat ja enemmän linjassa IRENA:n alemman arvion kanssa. Yhdessä nämä kolme selvitystä muodostavat yhtenäisen haarukan muiden paitsi metsätalouden bioenergiapotentiaalin osalta, jossa arviot eroavat suhteellisen merkittävästi. Toisessa tutkimuksessa Batidziari, Smeets ja Faaij (2012) ovat lisäksi arvioineet energiakasvipotentiaaliksi 3,8 EJ – 11,5 EJ, jota siis muissa tutkimuksissa ei ole arvioitu. Mikäli esimerkiksi IRENA:n arvioon lisättäisiin energiakasvit, Kiinan bioenergiapotentiaali olisi peräti 13 EJ – 25 EJ (Ks. Kuva 33.)

	Batidziari, Smeets and Faaij (2012) (EJ/year)	Van Sambeek et al. (2013) (EJ/year)	IRENA (2014c) (EJ/year)	CNREC estimates (EJ/year)
Forest products incl. residues	0.9-7.8	5.6	2.1-2.4	6.8
Agricultural residues incl. animal waste	0.4-7.9	13.5	6.9-13.5	7.6
Straw		4.1		4.9
Residues after food crop processing		0.9		0.9
Livestock manure		5.9		0.8
Municipal solid waste		0.38		0.4
Municipal sludge		0.05		
Industrial organic wastewater and sludge		2.2		0.6
Energy crops	3.8-11.5			
Total supply potential	5.1-27.3	19.1	9-15.9	14.4

Kuva 33. Kiinan bioenergiapotentiaali eri tutkimusten mukaan, EJ. (IRENA 2014)

IRENA:n mukaan tavoitteellisessa uusiutuvan energian skenaariossa (REmap-skenaario) Kiinan keskeisin mahdollisuus on lisätä bioenergian hyödyntämistä erityisesti teollisuuden ja yhdyskuntien CHP-tuotannossa. IRENA:n arvon mukaan Kiina voisi käyttää vuonna 2030 kestävästi noin 12 EJ bioenergiaa, joka jakautuisi seuraavasti (Ks. Kuva 34.)



Kuva 34. Bioenergian käyttö Kiinassa REmap-skenaariossa vuonna 2030, EJ. (IRENA 2014)

IRENA on myös arvioinut eri bioenergiajakeiden tuotantokustannuksia, ja on arviossaan vuodelle 2030 päätyntä 3-12 USD/GJ haarukkaan. Edullisimmiksi bioenergiälähteiksi on arvioitu maatalouden

sivuvirrat sekä biokaasun tuotanto ja talteenotto, kun taas metsätalousperäinen bioenergia sijoittuu IRENA:n arvion mukaan haarukan kalliimpaan päähän.

## Bioenergia eri sektoreilla

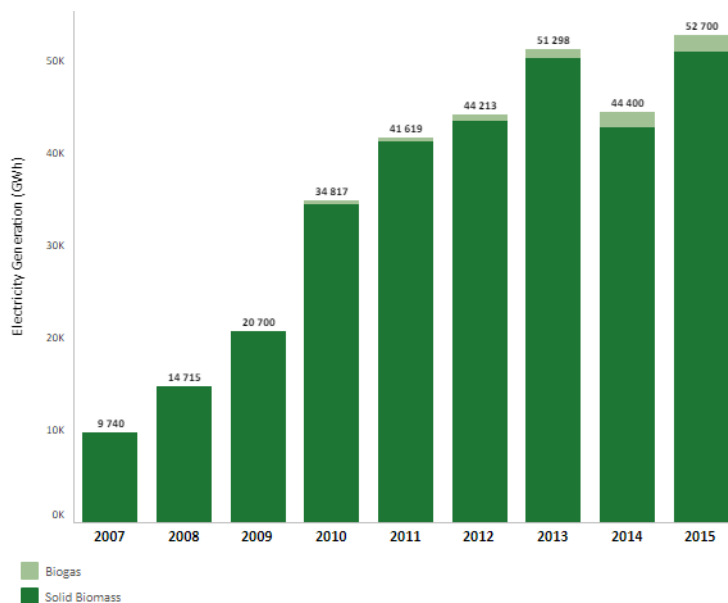
### Liikenne

Kiina on ollut aktiivinen liikenteen biopolttoaineiden edistämässä, ja on tällä hetkellä maailman kolmanneksi suurin biopolttoaineiden tuottaja USA:n ja Brasilian jälkeen. Kiinan biopolttoaineiden tuotanto vuonna 2016 oli noin 4,5 miljardia litraa (noin 100 PJ), josta 3 miljardia litraa (67 PJ) oli etanolia ja 1,5 miljardia litraa (34 PJ) biodieseliä. Kiinan kunnianhimoisena tavoitteena on kuluvalle viisivuotiskaudella, 2020 loppuun mennessä, nostaa etanolintuotanto 4 miljoonaan tonniin etanolia (111 PJ) ja 2 miljoonaan tonniin biodieseliä (88 PJ). (IEA 2018)

IEA:n New Policies -perusskenaarion mukaan Kiinan biopolttoaineiden tuotanto nousisi nykyinen 10-kertaiseksi vuoteen 2040 mennessä (suuruusluokkaa 1000 PJ) vuoteen 2016 verrattuna. IRENA:n tavoitteellisessa REmap-skenaariossa liikenteen biopolttoaineiden kulutus voisi saavuttaa 1700 PJ jo vuonna 2030. (Ks. Kuva 34.)

### Sähkö

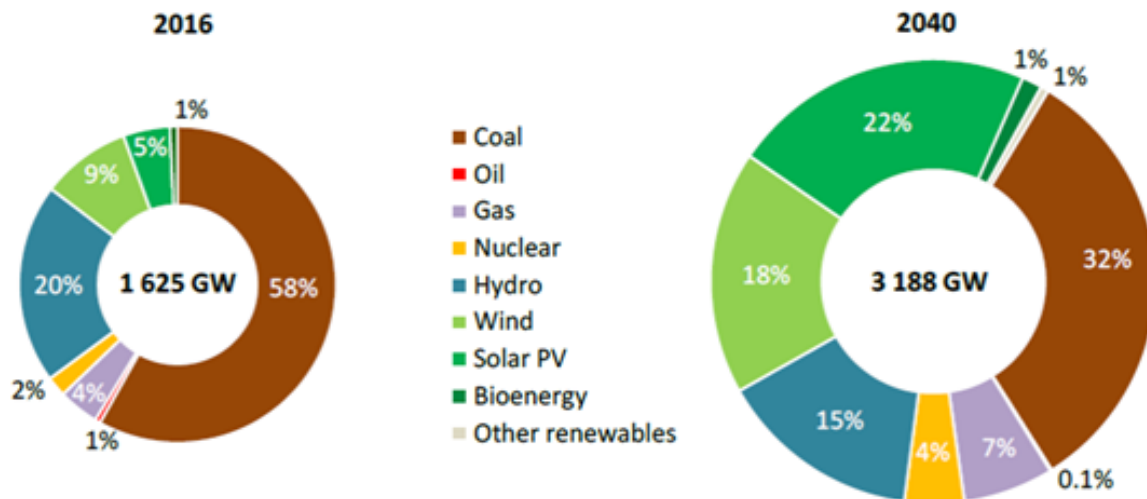
Kiinan asennettu sähköntuotantokapasiteetti vuonna 2016 oli 1625 GW, josta bioenergian osuus oli 12 GW, eli vajaa prosentti (Ks. Kuva 36). IRENA:n tilastojen mukaan Kiinassa tuotettiin bioenergialla sähköä 52,7 TWh vuonna 2015. (Ks. Kuva 36.)



Kuva 35. Biopolttoaineilla tuotettu sähkö Kiinassa 2007-2015. (IRENA 2018)

Meneillään olevassa viisivuotissuunnitelmassa bioenergiaan perustuva sähköntuotantokapasiteetti on tavoitteena nostaa 15 GW:iin, josta 7 GW olisi maa- ja metsätalouden biomassaa, 7,5 GW jätettä ja 0,5 GW biokaasua. (IEA & IRENA 2018) IEA on arvioinut New Policies -skenaariossaan, että nykyisillä toimilla bioenergiaan perustuva sähköntuotantokapasiteetti kasvaisi vuoteen 2040 mennessä yli 45 GW:iin, joka olisi tällöin noin 1,5 % koko Kiinan 3188 GW sähköntuotantokapasiteetista (Ks. Kuva 36).

Tällöin biosähköä tuotettaisiin Kiinassa noin 300 TWh vuodessa, eli lähes kuusinkertainen määrä vuoteen 2015 verrattuna (IEA 2018). IRENA:n arvion mukaan nykyinen kehitys (IRENA:n skenaarioiden "Reference Case") johtaisi vuoteen 2030 mennessä tasolle 38 GW, mikä on IEA:n perusskenaariota optimistisempi olettaen tasaisen kasvuvauhdin. Nämä molemmat arviot ovat kuitenkin konservatiivisia perusskenaarioita, ja perustuvat oletukseen, että uusia merkittäviä poliittisia ohjaukeinoja ei oteta käyttöön tähän mennessä ilmoitettujen lisäksi. IRENA:n kunnianhimoisemman REmap-skenaarion mukaan Kiinan olisikin aktiivisemmilla politiikkatoimilla mahdollista nostaa bioenergiaperusteinen sähköntuotantokapasiteettinsa 65 GW:iin jo vuoteen 2030 mennessä. (IRENA 2014)

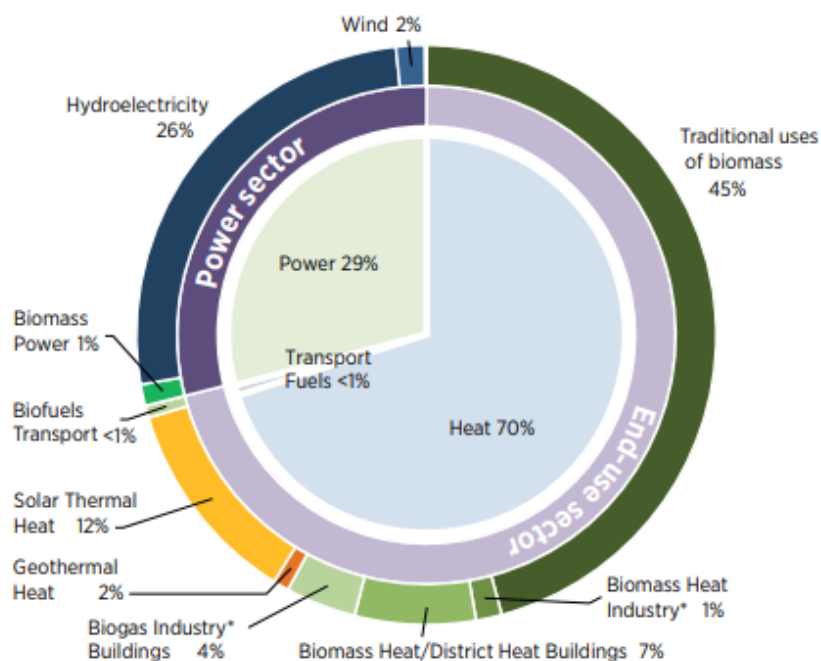


Kuva 36. Bioenergiaan perustuva sähköntuotantokapasiteetti Kiinassa vuonna 2016 ja vuonna 2050 New Policies - perusskenaariossa. (IEA 2018)

### Rakennusten ja teollisuuden lämpö

Luotettava ja kattava data bioenergian osuudesta Kiinan lämmönkulutuksessa on vähäistä. IRENA on arvioinut vuoden 2010 osalta uusiutuvan energian kokonaiskulutukseksi noin 7,5 EJ, josta bioenergian käyttö rakennuksissa ja teollisuudessa muodostaa 57 % (4,3 EJ). Tästä kokonaisuudesta kuitenkin peräti 45 % (3,4 EJ) oli kaupunkialueiden ulkopuolisten, köyhempien alueiden kotitalouksien niin kutsuttua traditionaalista biomassaa. Modernin bioenergian käyttö rakennuksissa ja teollisuudessa oli siten vain noin 0,9 EJ vuonna 2010. Tämä jakautui biomassaan rakennusten lämmityksessä (530 PJ), biomassan käyttöön teollisuudessa (75 PJ) sekä biokaasun käyttöön teollisuudessa ja rakennuksissa (300 PJ) (Ks. Kuva 37.)

## 2010 - 7.5 EJ



Kuva 37. Uusiutuvan energian määrä ja osuuden Kiinan energiankuutuksesta 2010. (IRENA 2014)

Traditionaalisen biomassan käyttö on tehotonta ja usein myös ekologisesti ja terveyden kannalta haitallista, ja sen määrää pyritään aktiivisesti vähentämään maailmassa, erityisesti kehitysmaissa. Myös Kiinassa traditionaalisen biomassan käytön on oletettu vähenevän merkittävästi tulevaisuudessa, minkä vuoksi esimerkiksi IEA arvioi New Policies -perusskenaariossa rakennusten lämmityksen biopolttoaineiden määrän laskevan vuoden 2016 tasosta lähes 2/3 noin 1,2 EJ:een vuoteen 2040 mennessä. (IEA 2018) Näin ollen modernin bioenergian käytön rakennusten lämmityksessä ei ennakoita kasvavan merkittävästi perusskenaariossa, johtuen muun muassa rakennusten energiatehokkuuden paranemisesta ja bioenergian tehokkaammasta hyödyntämisestä (esimerkiksi CHP ja kaukolämpö).

Sen sijaan teollisuuden lämmöntuotannossa bioenergian käytön odotetaan lisääntyvän merkittävästi. IEA:n New Policies -skenaariossa käyttö nousisi vuonna 2040 lähes 1,7 EJ:een. Bioenergia nähdään vaihtoehtona hiilelle erityisesti korkean lämpötilan prosessihöyryn tuotannossa. (IEA 2018)

IRENA:n tavoitteellisessa REmap-skenaariossa puolestaan bioenergian rooli fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa rakennusten lämmityksessä nähdään huomattavasti suurempana, ja kyseisessä skenaariossa bioenergian käyttö rakennusten lämmityksessä olisi moninkertainen IEA:n konservatiiviseen perusskenaarioon verrattuna. IRENA:n REmap-skenaariossa myös teollisuuden bioenergian käyttö nousisi 1,7 EJ:een jo vuonna 2030, kun IEA:n perusskenaariossa se nousisi tälle tasolle vasta 2040. (Ks. Kuva 34.)

Yllä mainittujen, osin merkittävienkin, erojen tarkastelussa on syytä huomata, että IEA:n World Energy Outlookin New Policies -skenaario ja IRENA:n Reference Case -skenaario ovat ns. ”perusskenaarioita”, eivätkä perustu esimerkiksi oletukseen, että kansainväliset ilmastotavoitteet saavutetaan, eikä oletukseen merkittävästä uudesta regulaatiosta, kun taas esimerkiksi IRENA:n

REmap-skenaarioissa ilmastotavoitteiden saavuttaminen on otettu yhdeksi lähtökohdaksi kansallisten teknis-taloudellisesti hyödyntämiskelpoisten uusiutuvan energian varantojen kanssa.

#### Yhteenveto ja kokoavia näkökohtia

Kiina on 1990-luvun alusta ollut maailmantalouden veturi, ja siten myös globaalin energiankulutuksen veturi. Osin talouskasvun hidastumisesta, osin energiatehokkuuden paranemisesta, osin elinkeinorakenteen muutoksesta ja merkittävältä osin myös paikallisten ympäristöongelmien vähentämissyrkimyksistä johtuen Kiinan energiankulutuksen kasvu on hidastunut merkittävästi viime vuosina, ja Kiinan rooli maailman energiankulutuksen kasvussa näyttelee jatkossa yhä pienempää roolia.

Tästä huolimatta Kiina säilyy yhtenä suurimmista energiamarkkinoista, ja sen pitkän aikavälin visio tuottaa yli puolet kokonaisenergiastaan ei-fossiilisilla energialähteillä vuonna 2050 merkitsee, että Kiinan energiatransformaatio ja sen vaatimat investoinnit Kiinan energiasektorilla tulevat olemaan huomattavia myös tulevinä vuosikymmeninä. Pariisin sopimuksen tavoite edellyttäisi lisäksi Kiinalta huomattavasti kunnianhimoisempaa tavoitetta vuodelle 2050.

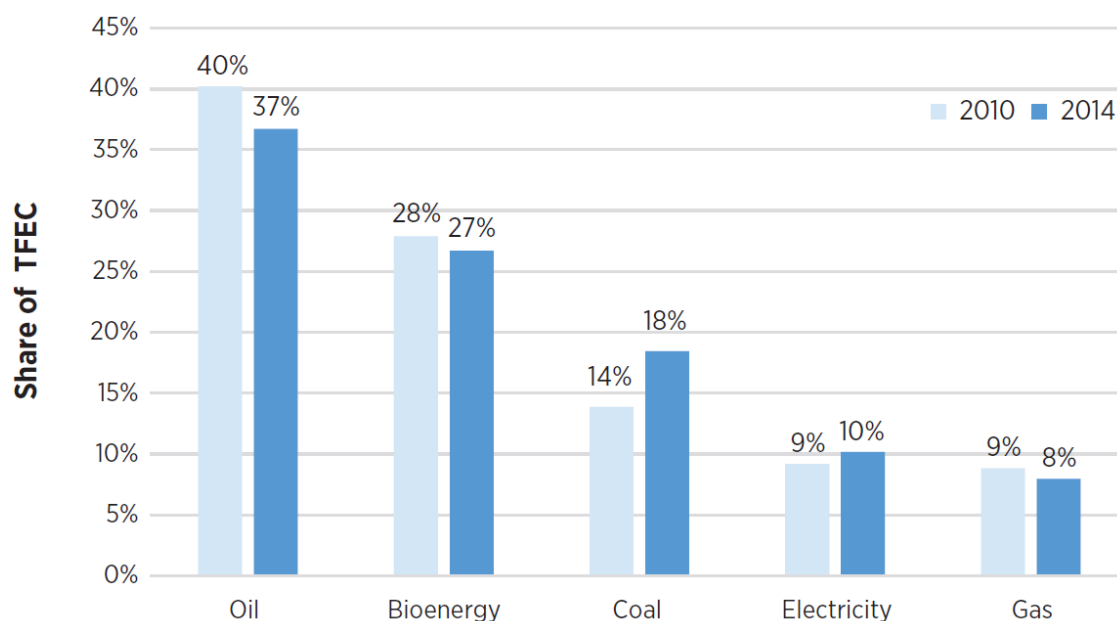
Kiina onkin jo nykyisin maailman suurin uusiutuvan energian markkina. Myös bioenergian käytölle on maassa merkittävät kasvutavoitteet kaikilla sektoreilla: sähkössä, rakennusten ja teollisuuden lämmityksessä sekä liikennepolttoaineissa. Erityisesti bioenergian rooli sähköntuotannossa, teollisuudessa ja liikennepolttoaineissa on korkealla agendalla, kasvupotentiaali näissä segmenteissä on huomattava. Tässä kokonaisuudessa esimerkiksi kaukolämpö ja CHP-tulevat olemaan merkittäviä kasvusektoreita. Biomassan lisäksi, vaikka absoluuttisesti huomattavasti pienempi, biokaasun hyödyntämisen kasvumahdollisuudet ovat Kiinassa myös merkittävät.

## Maakatsaus: Indonesia

### Taustaa ja energiasektorin kokonaiskuva

Indonesia on Kaakkois-Aasiassa sijaitseva, 17000-18000 saaresta koostuva valtio. Se on väestömäärältään maailman neljänneksi suurin maa, vuonna 2016 maassa asui noin 255 miljoonaa ihmistä. Se on talouden kooltaan suurin Kaakkois-Aasian<sup>4</sup> maa, ja vastaa noin 40 %:sta alueen energiankulutuksesta. Indonesian kokonaisenergian loppukulutus vuonna 2016 oli noin 7,3 EJ, ja sähkönkulutus 234 TWh eli noin 1 MWh henkilö kohti vuodessa. (IRENA 2017) Indonesian talous on kasvanut tällä vuosikymmenellä keskimäärin tasan 5,0 % vuodessa, ja saman kasvuvauhdin oletetaan jatkuvan ainakin seuraavan vuosikymmenen alkupuolelle asti (PwC 2017). Indonesian energian loppukulutus energialähteittäin vuonna 2014 oli seuraava (ks. Kuva 20):

- Fossiilinen diesel ja bensiini: 2,7 EJ (37 %)
- Bioenergia, sis. traditionaalinen biomassa: 2,0 EJ (27 %)
- Hiili: 1,4 EJ (18 %)
- Sähkö: 0,7 EJ (10 %)
- Maakaasu: 0,6 EJ (8 %)
- **Yhteensä: 7,4 EJ**

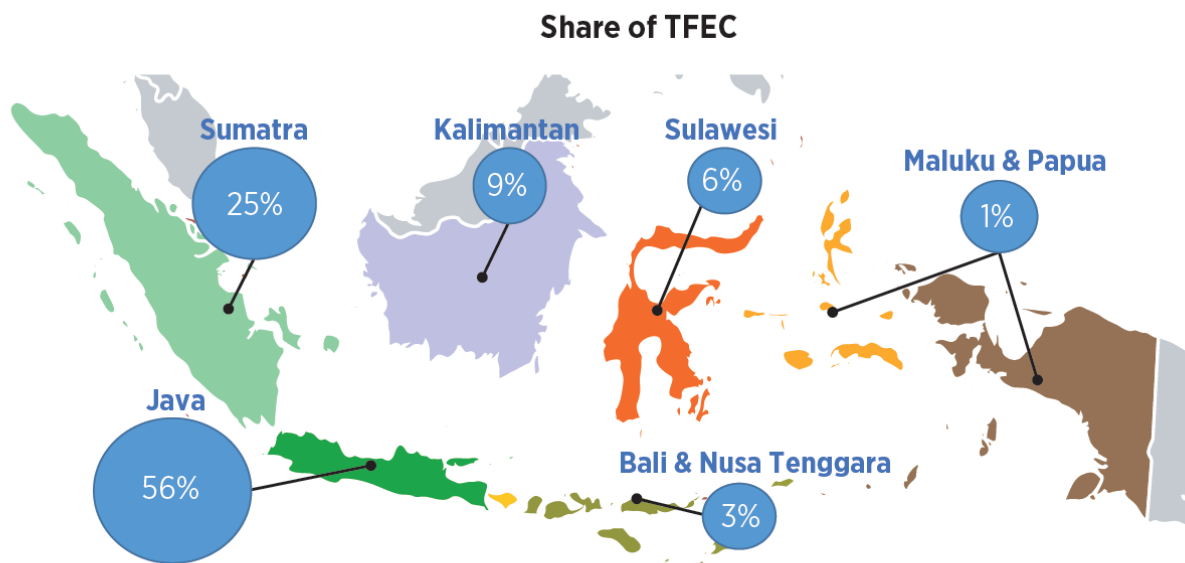


Kuva 38. Energialähteiden osuus energian loppukulutuksesta Indonesiassa 2010 ja 2014, %. (IRENA 2017)

Merkittävin osa väestöstä, taloudellisesta toiminnasta, liikenteestä ja siten yli puolet energian loppukulutuksesta on sijoittunut erittäin tiheään asutulla Jaavan saarella, ja neljännes energian loppukulutuksesta sijaitsee Sumatran saarella. Loppuosa Indonesiasta on energiaresurssiltaan rikasta mutta energiankulutukseltaan vähäistä, ja esimerkiksi kotitalouksien sähköistysaste on näillä alueilla selvästi Jaavan-Balin saariryhmää alhaisempi. (Ks. Kuva 39.)

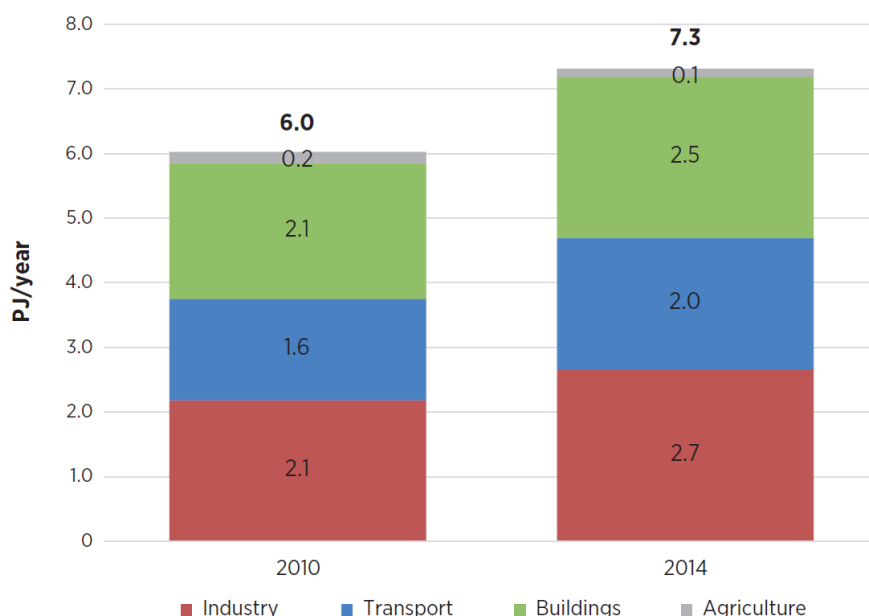
<sup>4</sup> Mukaan lukien ASEAN-maat: Indonesia, Filippiinit, Thaimaa, Vietnam, Laos, Kambodza, Malesia, Singapore, Brunei ja Myanmar.



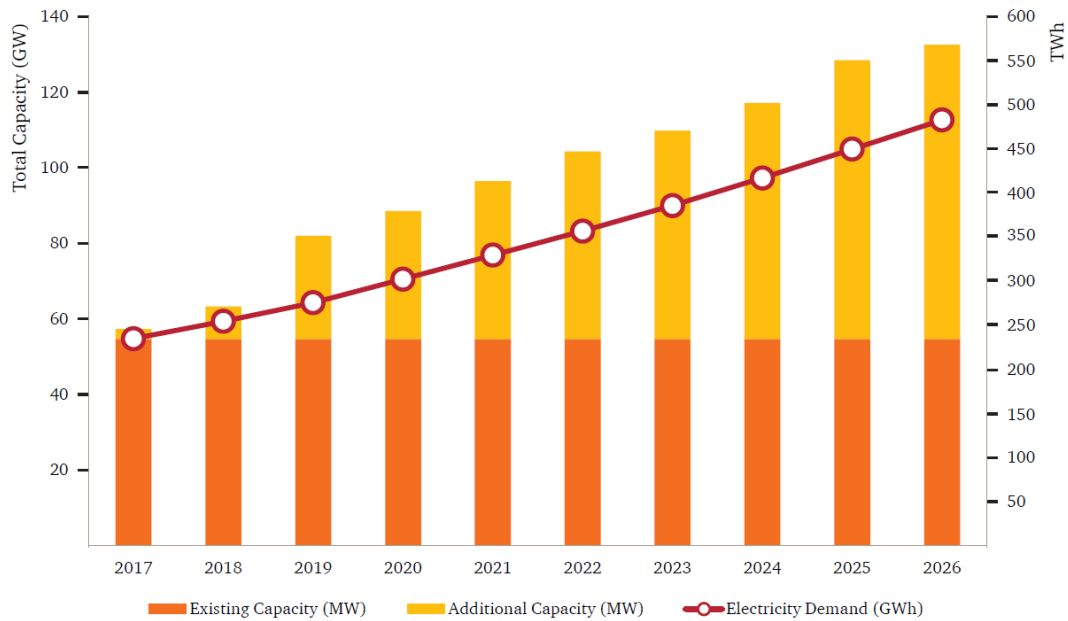


Kuva 39. Energian loppukulutuksen jakautumien Indonesiassa saariryhmittäin, %. (IRENA 2017)

Energiankulutus kasvaa Kaakkois-Aasian maissa nopeasti, ja alueen odotetaan olevan Intian ohella energiankulutuksen kasvun veturi kuluvan vuosisadan ensimmäisellä puolikkaalla. Indonesiassa energian loppukulutus kasvoi 2010-2014 lähes 5 %/a (ks. Kuva 21), ja sähkönkulutus vastaavalla jaksolla lähes 8 %/a (IRENA 2017). Indonesian ja koko Kaakkois-Aasian energiankulutuksen kasvua vauhdittaa väestömäärän kasvu ja vaurastuminen, ja keskiluokkaistumisen aiheuttama per capita -energiankulutuksen ja erityisesti sähkönkulutuksen kasvu. Indonesiassa sähkönkulutuksen odotetaan kasvavan 2017-2026 välillä 8,4 % vuodessa, ja saavuttavan 483 TWh tason vuonna 2026. Tämä tarkoittaisi samalla ajanjaksolla 77 GW uutta sähköntuotantokapasiteettia. (Ks. Kuva 23.)



Kuva 40. Energian loppukulutus sektoreittain Indonesiassa 2010 ja 2014, EJ/a. (IRENA 2017)



Kuva 41. Sähkön tuotannon ja tuotantokapasiteetin arvioitu kasvu Indonesiassa 2017-2026, TWh ja GW. (PwC 2017)

Indonesia on suurimpia hiilentuottajia globaalisti, ja sillä on myös merkittäviä öljy- ja kaasuvaroja. Hiilentuotanto on hallituksen toimien johdosta kasvanut merkittävästi tällä vuosituohannella, ollen 77 Mt vuonna 2000, 275 Mt vuonna 2010 ja 458 Mt vuonna 2014. Vuonna 2014 Indonesia oli maailman neljänneksi suurin hiilentuottaja ja suurin hiilen viejä, ja kyseisen vuoden tuotantotasolla nykyvarannoilla hiiltä riittäisi vielä 77 vuodeksi. Kun nykyisten varantojen lisäksi myös potentiaaliset hiilivarannot otetaan huomioon, hiiltä riittäisi nykytuotantotasolla lähes 300 vuodeksi. Indonesian kaasuvarat ovat noin 150 triljoonaa kuutiometriä, ja sen vuosituotanto on pitkään pysynyt suhteellisen vakaasti 3 triljoonassa kuutiometrissä, josta noin 10% menee vientiin. Kun kaasun globaali tuotanto on samalla kasvanut, on Indonesian osuus globaalista kaasuntuotannosta laskenut, mutta oli vuonna 2014 edelleen lähes 10%. Indonesian öljyvarat olivat noin 7,3 miljardia barrelia vuonna 2014. Öljyntuotanto on laskenut voimakkaasti tällä vuosikymmenellä ollen alle 300 miljoonaa barrelia vuonna 2014. Indonesia onkin öljyn nettotuojaja toisin kuin hiilen ja maakaasun osalta.

Uusiutuvan energian primäärikulutus oli 893 PJ vuonna 2015. Tästä ylivoimaisesti suurin osa oli bioenergiaa. (Ks. Kuva 20.)

Main category	Sub Category	Hydropower	Wind	Solar PV	Geothermal	Renewable Waste	Solid Biofuels	Liquid Biofuels	Biogas	Pellets	Charcoal	Electricity	Total
Primary Energy	Production	49 458	13	19	99 954	210	733 796	32 538					915 988
	Imports						58			0	37	6	102
	Exports						-46	-9 297		-1 091	-13 445		-23 878
	Stock							623					623
	Differences								0	-263			-263
	Total Supply	49 458	13	19	99 954	210	733 809	23 864		-1 090	-13 407	6	892 836
Transformation and Losses	Electricity	-49 458	-13	-19	-99 954	-210						86 153	-63 501
	CHP						-37 486					24 255	-13 231
	Charcoal						-45 185				20 454		-24 731
	Pellets						-1 354		1 354				
	Own Use											-4 200	-4 200
	Distribution								-1			-10 540	-10 541
Consumption by Sector	Total						649 784	23 863			7 047	95 674	776 368
	Industry						147 773					30 233	178 005
	Transport							23 863				98	23 961
	Commercial							8				22 971	22 980
	Residential							502 003			7 047	42 372	551 422
Consumption by Use	Total	42 862	12	16	31 348	61	670 804	23 863	355		7 047		776 368
	Electricity	42 862	12	16	31 348	61	21 020		355				95 674
	Direct Use						649 784	23 863			7 047		680 694
Gross Electricity a..	Electricity	13 738	4	5	10 048	19	6 737		114				30 666

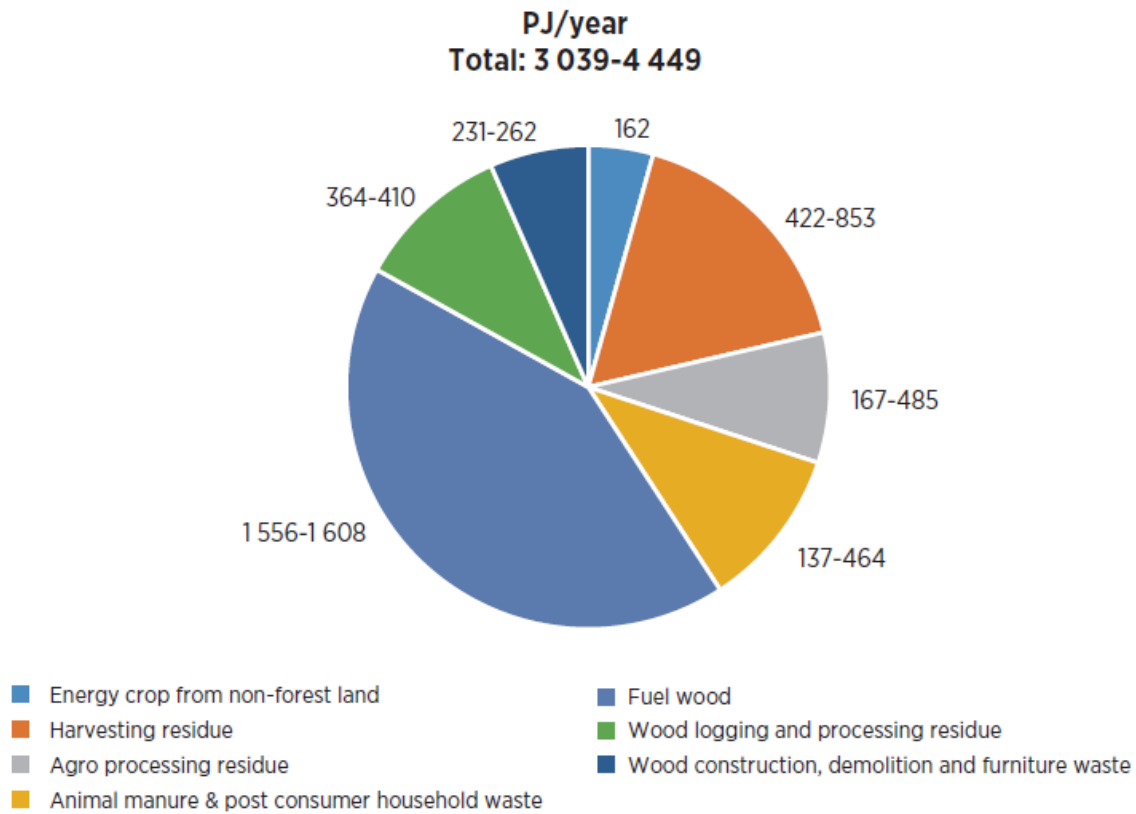
Kuva 42. Uusiutuvan energian tuotanto- ja kulutustase Indonesiassa 2015, TJ. (IRENA 2018)

Indonesia on asettanut kunnianhimoiseksi tavoitteeksi nostaa uusiutuvan energian osuuden energian loppukulutuksesta 23 %:iin vuoteen 2025 mennessä, kun se nykyisellään on ollut vain 10 %:n tuntumassa. Vuonna 2050 maa tavoittelee vähintään 31 %:n uusiutuvan energian osuutta energian loppukulutuksessa, ja tämä tavoite on kirjattu myös Indonesian Pariisin sopimuksen mukaisessa NDC:ssä (Nationally Determined Contributions).

### Bioenergiapotentiaali

IRENA on arvioinut Indonesian vuotuisiksi kestäväksi bioenergian lisäyspotentiaaliksi vuoteen 2030 mennessä vähintään 3039 PJ ja enintään 4449 PJ, ala- ja yläarvioiden keskiarvon ollessa 3744 PJ. Tästä lähes kaikki on maa- ja metsätalouden tähteitä ja sivuvirtoja ja yli puolet (2216 PJ) metsätalouden sivuvirtoja. Energiakasviviljelyn (käytännössä palmuöljyviljelmät) osalta ei ole oletettu uuden maa-alueen käyttöä, koska näihin liittyy jo nykyisellään kestävyyskysymyksiä. Potentiaali olettaa tältä osin, että nykyisin viljelty pinta-ala säilyy, ja sen tuotto kasvaa 0,7 % vuodessa. Kiinteiden ja nestemäisten biopolttoaineiden lisäksi Indonesiassa on merkittävää potentiaalia myös mädätykseen perustuvalle biokaasun tuotannolle. Pelkästään palmuöljyviljelmien jätteistä voitaisiin tuottaa 120-200 PJ lisää biokaasua vuoteen 2030 mennessä, minkä lisäksi maatalouden ja kotitalouksien sivuvirroista (kotitalouksien biojäte, eläinten lanta ja maanviljelyn jätteet yhteensä 304-949 PJ) osa voitaisiin käyttää anaerobiseen biokaasun tuotantoon. (Ks. Kuva 24 ja Kuva 25.)

Lisäksi on huomattava, että IRENA:n potentiaaliarviossa ei ole huomioitu edistyneiden lignoselluloosapohjaisten liikennepolttoaineiden tuotantopotentiaalia. Tämä potentiaali on muiden selvitysten perusteella Indonesiassa noin 1000-3000 PJ vuodessa vuonna 2030. Palmuöljyviljelmien pienempi osuus kirjallisuuskatsausten potentiaalissa IRENA:n potentiaaliin verrattuna selittyy sillä, että näiden potentiaalissa lähtökohdaksi on tyypillisesti otettu olemassa oleviin viljelmiin rajautuminen, joiden määrä on kuitenkin kasvanut vuosi vuodelta. Näin ollen uudemmissa julkaisuissa ”nykytasoon” perustuva oletus on suurempi. (Ks. Kuva 25.)



Kuva 43. Indonesian kestävää bioenergiapotentialiaali vuonna 2030, PJ. (IRENA 2017)

Agricultural biomass, land dependent (PJ)	Other literature		IRENA
	Low	High	Average
Woody crops on surplus agricultural land	726.0	1234.0	
Woody crops and grasses on marginal land	282.0	2087.0	
<b>Total perennial lignocellulosic feedstocks</b>	<b>1008.0</b>	<b>3 321.0</b>	
Other first-generation biomass resources (PJ)	Low	High	Average
Oil crops on marginal/degraded land	5.1	35.0	
Sugar cane	13.0	69.0	
<b>Total first-generation crops</b>	<b>18.1</b>	<b>104.0</b>	<b>162.4</b>
Residues, land independent and current data (PJ)	Low	High	Average
Forestry industry processing residues (primary mill)	26.0	59.0	
Forestry industry processing residues (secondary mill)	0.0	30.0	
Logging and site-clearing residues	75.0	223.0	
Forest thinning / fuel treatments	820.0	5360.0	
<b>Total forestry residues</b>	<b>921.0</b>	<b>5 672.0</b>	<b>2 215.9</b>
Agricultural residues, land independent (PJ)	Low	High	Average
Crop residues	15.0	1476.0	
Wasted grain	0.0	20.0	
Food processing residues	0.0	0.0	
Livestock manure	1.0	290.0	
Municipal solid waste, landfill gas	0.0	48.0	
<b>Total agricultural residues</b>	<b>16.0</b>	<b>1834.0</b>	<b>1365.9</b>
<b>Total bioenergy supply potential in Indonesia (PJ)</b>	<b>1963.1</b>	<b>10 931.0</b>	<b>3 744.2</b>

Kuva 44. Indonesian kestävää bioenergiapotentialiaali vuonna 2030, vertailu muuhun tutkimuskirjallisuuteen, mukaan lukien lignoselluloosapotentialiaali, PJ. (IRENA 2017)

Monet biopolttoaineet olisivat hinnaltaan kilpailukykyisiä monia vaihtoehtoisia polttoaineita vastaan (ks. Kuva 45), mutta erityisesti kotimainen hiili on edullista, ja Indonesian politiikkatoimet ovatkin tämän ja viime vuosikymmenen aikana lisänneet voimakkaasti nimenomaan hiilen käyttöä

polttoaineena. Biopolttoaineiden haastavuutena on erityisesti maan yleisesti heikko infrastruktuuri, ja erityisesti biopolttoainelogistiikan lähes täydellinen puuttuminen, joiden vuoksi biopolttoaineiden saanti käyttöpaikoille on nykytilanteessa haastavaa ja kallista. Toinen haaste on modernien biopolttoaineita tehokkaasti polttamaan kykenevien laitosten korkea investointikustannus, joka osaltaan heikentää bioenergian kustannuskilpailukykyä muuta energiantuotantoa vastaan.

	USD/GJ
Energy crop from non-forest land	12.1
Harvesting residue	4.7
Agro-processing residue	1.1
Animal manure and post-consumer household waste	1.5
Fuelwood	11.7
Wood logging and processing residue	18.9
Wood construction, demolition and furniture waste	18.9
Steam coal price (2015 average)	2.0
Natural gas price (USD 9/mBtu)	9.5
Oil price (USD 50/barrel)	8.6
LPG price (3 kg canister) (January 2016)	7.1
LPG price (5 kg canister) (January 2016)	17.9

*Note: biomass supply costs include the cost of production, collection and transportation (to processor and end-user). For full methodology, see: [http://www.irena.org/REMAP/IRENA\\_REmap\\_2030\\_Biomass\\_paper\\_2014.pdf](http://www.irena.org/REMAP/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf)*

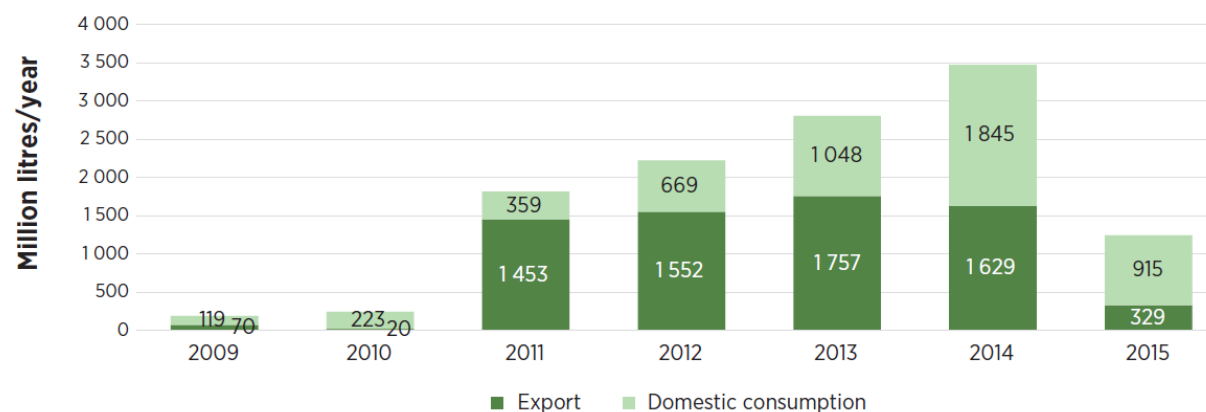
*Source: supply cost figures based on IRENA estimates*

Kuva 45. Eräiden bio- ja fossiilisten polttoaineiden hinta-arvioita. (IRENA 2017)

## Bioenergia eri sektoreilla

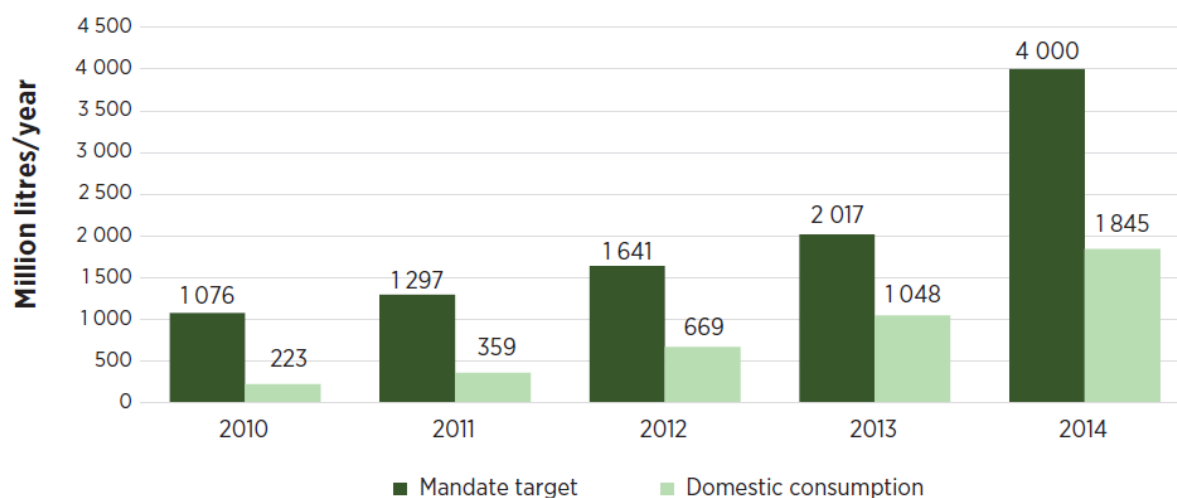
### Liikenne

Indonesia on maailman merkittävimpiä liikenteen biopolttoaineiden tuottajia. Indonesian biopolttoaineiden tuotanto ja kulutus keskittyy biodieseliin, ja maa oli vuonna 2016 USA:n ja Brasilian jälkeen maailman kolmanneksi suurin biodieselin tuottaja. Tukipolitiikasta johtuen etanolin tuotanto on maassa hyvin vähäistä, ja tämäkin vähä määrä menee vientiin. Biodieselin tuotantomäärät ovat kasvaneet huomattavasti vuoden 2009 tasosta, jolloin Indonesia tuotti vain noin 190 miljoonaa litraa biodieseliä. Tuotanto saavutti toistaiseksi ennätyksen vuonna 2014, jolloin tuotettiin noin 3,5 miljardia litraa biodieseliä. Tästä 1,845 miljardia litraa eli hieman yli puolet kulutettiin Indonesiassa lopun mennessä vientiin. Kun vienti Eurooppaan käytännössä loppui vuoden 2013 jälkeen, biodieselin vienti on keskittynyt Kiinaan ja Malesiaan (55 % ja 30 % viennistä vuonna 2016). (Ks. Kuva 46.)



Kuva 46. Liikenteen biopolttoaineiden tuotanto, vienti ja kotimainen kulutus Indonesiassa, miljoonaa litraa. (IRENA 2017)

Indonesian oma liikenteen biopolttoainepolitiikka perustuu sekoitevelvoitteeseen, jota on kunnianhimoisesti nostettu tällä vuosikymmenellä vuosi vuodelta. Vuonna 2016 biodieselin sekoitevelvoite oli 20 %, ja tavoitteen mukaan se nousee vuoteen 2025 mennessä 30 %:iin. Biopolttoaineiden osuus ei kuitenkaan ole tosiasiallisesti likimainkaan saavuttanut sekoitevelvoitetta yhtenäkkään vuonna. Esimerkiksi vuonna 2014 velvoite oli 4 miljardia litraa, mutta biopolttoaineen käyttö jäi vain alle puoleen tästä. (Ks. Kuva 47. Biopolttoaineen sekoitevelvoitteen kehittyminen ja todellinen määrä Indonesiassa 2010-2014, miljoonaa litraa. (IRENA 2017).) Erityisesti tukipolitiikan ongelmista ja alhaisesta öljyn hinnasta johtuen tuotanto ja vienti romahti vuonna 2015, mutta palautui vuonna 2016 takaisin yli kolmeen miljardiin litraan (REN21 2017).



Kuva 47. Biopolttoaineen sekoitevelvoitteen kehittyminen ja todellinen määrä Indonesiassa 2010-2014, miljoonaa litraa. (IRENA 2017)

## Sähkö

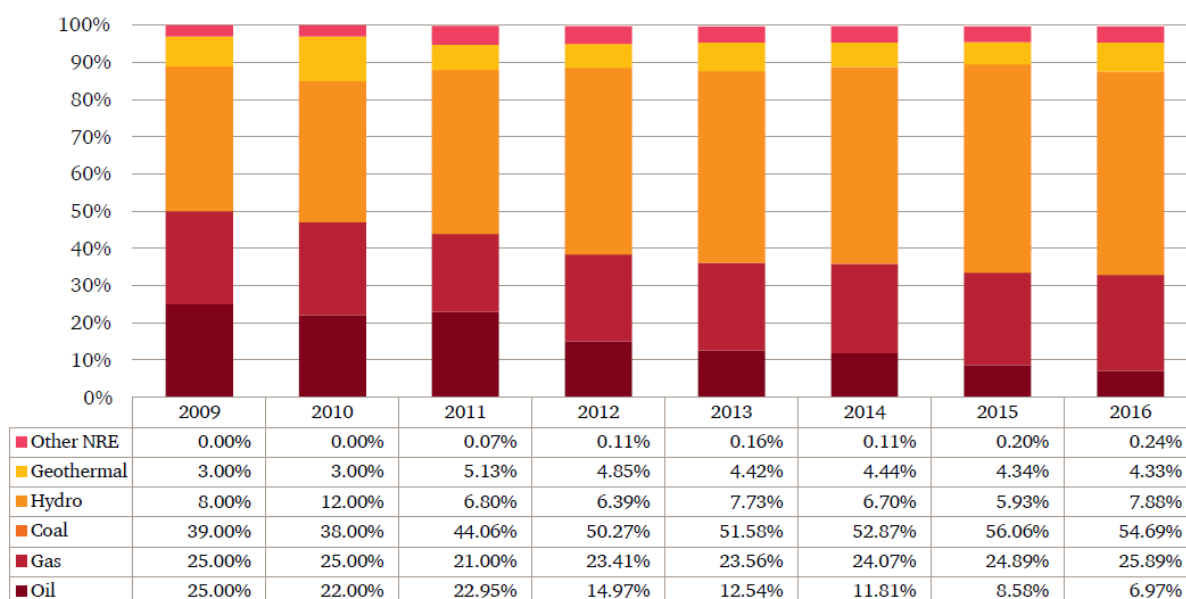
Indonesian sähkösektori kuuluu Indonesia energia-, mineraali- ja luonnonvaraministeriön (Ministry of Energy, Minerals and Resources) alaisuuteen, joka vastaa energiapolitiikan suunnittelusta ja täytäntöönpanosta. Sähkömarkkinoita hallitsee vertikaalisesti integroitunut, monopoliasemassa oleva valtion sähköyhtiö PLN. Se omistaa sekä sähkön siirto- ja jakeluverkot että oikeuden tuottaa ja myydä sähköä Indonesiassa verkkoon kytketyille asiakkaille.

Indonesian sähkösektorin lainsäädäntö ja regulaatio tunnistaa yksityiset ja riippumattomat tuottajat (Independent Power Producers, IPP), ja näiden osallistumista sähkömarkkinoille on pyritty edistämään jo yli kymmenen vuotta. Käytännössä PLN on kuitenkin sähkömarkkinoilla edelleen täydellisessä monopoliasemassa, ja IPP:iden on neuvoteltava kahdenvälisesti sopimus sähkön tuottamisesta ja myymisestä PLN:n kanssa, joka toimii ostajana näissä hankkeissa. IPP-hankkeiden hinnoittelumekanismi toimii niin, että kullakin verkkoalueella IPP:lle maksetaan vain 85-100 % PLN:n omasta tuotantokustannuksesta samalla verkkoalueella. Toisin sanoen uuden IPP-tuotannon on aina oltava edullisempaa kuin PLN:n oman tuotannon. PLN voi myös myöntää kolmansille osapuolille oikeuksia rakentaa esimerkiksi erillisverkkoja aleille joille kantaverkko ei ylety. PLN omistaa eri puolilla Indonesiaa yhteensä 22 suurempaa kantaverkkoa.

PLN on ollut pitkään huonosti kannattava ja vaatinut valtion subventioita. Vaikka PLN:n taloudellinen asema on viime vuosina parantunut, se vaatii käytännössä jatkuvaa valtion subventointia. Sähkösektorin keskeinen työkalu ja informaatiolähde sähkösektorin tavoitteisiin ja suunnitelmiin liittyen on PLN:n vuosittain laatima ja ministeriön hyväksymä Electricity Sector Business Plan, (Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik, "RUPTL"). (PwC 2017)

Osana uusiutuvan energian kunnianhimoisia tavoitteita Indonesia on kuitenkin asettanut sähkösektorin tavoitteeksi 45 GW uusiutuvaa sähköntuotantokapasiteettia vuoteen 2025 mennessä, kun vuonna 2015 uusiutuvaa sähköntuotantokapasiteettia oli vain 8,7 GW. Tästä suurin osa, 21 GW, olisi vesivoimaa, mutta myös biosähkön tuotantokapasiteetille on määritetty merkittävä 5,5 GW tavoite. Tällä hetkellä maassa ei ole juuri lainkaan verkkoon kytkettyä biosähkön tuotantokapasiteettia.

Indonesian asennettu sähköntuotantokapasiteetti oli vuoden 2017 lopussa 59,6 GW. Sähköntuotanto perustuu voimakkaasti hiileen, jonka absoluuttinen käyttö ja osuus kokonaistuotannosta on kasvanut nopeasti tällä vuosikymmenellä. Vuosina 2015-2017 hiilen osuus sähkön tuotannosta on ollut suuruusluokkaa 55-56 %. Maakaasu ja öljy mukaan lukien fossiilisten polttoaineiden osuus sähköntuotannossa on ollut lähes 90%, ja uusiutuvien osuus on ollut 11-12 %. Uusiutuvassa energiassa vesivoima ja geotermien energia ovat merkittävimmät energialähteet, kun muun uusiutuvan energian osuus on ollut vain pari prosentin kymmenystä. (Ks. Kuva 48.)



Kuva 48. Sähköntuotannon jakauma energialähteittäin Indonesiassa vuosina 2009-2016, % sähkön kokonaistuotannosta. (PwC 2017)

Kapasiteetin kasvu on viime vuosina ollut liian hidasta kattamaan nopeasti kasvavan keskiluokan ja teollisuuden sähkön kysynnän kasvua. Sähkön tuotantokapasiteetin lisääminen onkin Indonesialle kriittistä, mikäli se haluaa yllä pitää ripeää noin viiden prosentin talouskasvuun. Tulevan kymmenen vuoden tilanne näyttää kuitenkin lupaavammalta. Tällä hetkellä vuoteen 2026 mennessä odotetaan noin 78 GW uutta tuotantokapasiteettia, josta valtion sähkömonopoliyhtiö PLN:lle on allokoitu 21 GW, IPP:ille 42 GW, ja loput noin 15 GW on vielä allokoimatta. Indonesia ei ole toistaiseksi onnistunut saavuttamaan uusiutuvan energian tavoitteitaan sähköntuotannossa, mutta on silti nostanut vuoden 2025 tavoitteen 19,6 %:sta 22,5 %:iin sähkön kokonaistuotannosta. Tästä suurimman osan on kuitenkin suunniteltu olevan vesivoimaan ja geotermistä energiaa. Samalla kuitenkin esimerkiksi hiileen perustuvan sähköntuotannon on suunniteltu lähes kaksinkertaistuvan,

mikä ei ole linjassa Indonesian Pariisin ilmastokokouksessa 2015 antamiensa sitoumusten (NDC) kanssa. (Ks. Kuva 49.)

No	Fuel Type	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1	High Speed Diesel ("HSD")	10.0	6.8	3.6	2.7	1.7	1.7	1.7	1.8	2.0	2.0
2	Marine Fuel Oil ("MFO")	7.8	7.2	2.6	2.1	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3	Gas (including LNG)	68.9	76.2	89.6	99.7	102.3	106.5	109.4	121.9	140.5	150.1
4	Coal	148.3	164.7	181.2	204.8	231.8	251.2	269.8	277.1	266.1	283.4
5	Hydro	17.0	17.7	19.7	20.9	24.7	30.5	37.2	46.1	65.7	69.1
6	Geothermal	12.4	14.8	17.3	20.2	22.4	26.9	31.2	40.4	45.7	50.5
7	Other renewables	0.4	1.0	3.1	3.4	4.3	4.4	4.4	4.4	6.3	6.3
8	Import	1.9	2.0	1.9	1.9	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2
	<b>Total</b>	<b>266.7</b>	<b>290.4</b>	<b>319.0</b>	<b>355.7</b>	<b>389.3</b>	<b>421.4</b>	<b>454.0</b>	<b>492.1</b>	<b>526.7</b>	<b>561.8</b>

Kuva 49. Indonesian hallituksen voimassa oleva suunnitelma sähköntuotannon lisäämiseksi 2017-2026, TWh. (PwC 2017)

Bioenergian osuus sähköntuotannossa tällä hetkellä mitätön. Indonesiassa oli vuoteen 2017 asti voimassa syöttötariffi enintään 10 MW uusiutuvan energian tuotantolaitoksille, joka on nyt kuitenkin poistettu. Tämän kannustimen myötä maahan on syntynyt jonkin verran hyvin pieniä bioenergiaan perustuvia voimalaitoksia. Vuonna 2017 PLN:n tiedetään allekirjoittaneen ainakin neljä sähkönhankintasopimusta biomassalaitosten ja viisi sopimusta biokaasulaitosten kanssa, jotka kaikki olivat alle 10 MW kokoluokkaa.

Biomassaa kuitenkin käytetään paljon myös teollisuuden "captive" -laitoksissa, eli voimalaitoksissa, jotka eivät ole kytketty verkkoon vaan tuottavat sähköä vain teollisuuslaitoksen omaan tarpeeseen. Tämä on tyypillistä erityisesti palmuöljyn tuotannossa, paperi- ja selluteollisuudessa, sokeriteollisuudessa sekä tiilenvalmistuksessa (ks. Kuva 51). Teollisuuden yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto saattaisikin olla potentiaalinen kohde bioenergian hyödyntämiselle Indonesiassa. Vaikka Indonesian sähköntuotannon bioenergiapotentiaaliksi on arvioitu noin 33 GW (ks. Kuva 50), on toimintaympäristö tällä hetkellä haasteellinen. Erityisesti hiilivoiman hinta on niin edullinen, että ilman jonkinlaista hinnoittelumekanismia bioenergian on vaikea kilpailla, minkä lisäksi polttoainelogistiikka, regulaatio ja sopimusrakenteet eivät kannusta bioenergiaan perustuvien voimalaitosten rakentamiseen.



GW	Reference Case 2030		Theoretical potential for renewable power capacity	Theoretical potential by renewable energy power technology						
	On-grid power capacity	On-grid renewable power capacity		Solar PV	Large hydropower	Small hydropower	Bioenergy	Geothermal	Marine energy (tidal)	Wind (onshore)
<b>Total Indonesia</b>	<b>193.5</b>	<b>55.8</b>	<b>716.4</b>	<b>532.6</b>	<b>75.0</b>	<b>19.4</b>	<b>32.7</b>	<b>29.5</b>	<b>18.0</b>	<b>9.3</b>
Sumatra	39.2	17.6	196.2	137.1	15.6	5.7	15.6	12.9	8.3	1.0
Java-Bali	119.8	19.1	71.5	38.7	4.3	2.9	9.2	10.1	2.4	3.9
Kalimantan	10.3	5.4	184.2	149.0	21.6	8.1	5.1	0.2	-	0.3
Sulawesi & Nusa Tenggara	20.3	11.6	97.6	66.8	10.8	1.8	2.6	4.8	6.9	3.9
Maluku & Papua	3.9	2.1	166.8	140.9	22.8	0.8	0.2	1.5	0.4	0.3

Kuva 50. Indonesian uusiutuvan energian tuotantokapasiteetin potentiaali sähköntuotannossa vuoteen 2030, GW. (IRENA 2017)

### Teollisuus

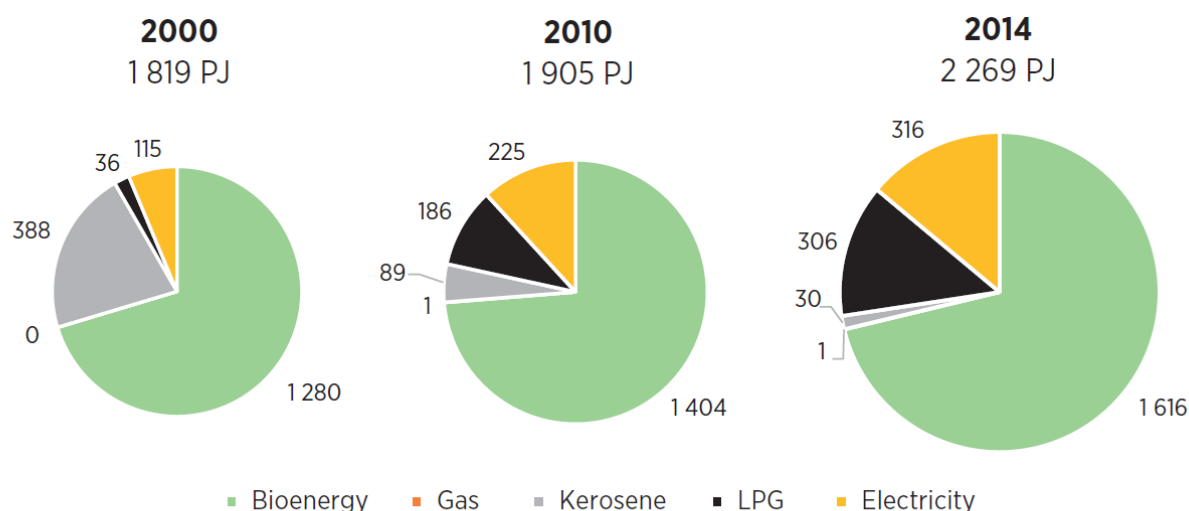
Teollisuus kuluttaa yli kolmanneksen (2,7 EJ) Indonesian kokonaisenergiasta. Tästä suurin osa, noin puolet on hiiltä bioenergian osuuden ollessa 22 %, ja loppu polttoainekäytöstä on maakaasua ja öljyä. Energiankulutuksen kannalta merkittävimmät teollisuudenalat Indonesiassa ovat, alumiini-, sementti-, keraaminen, tiili- sekä paperi- ja selluteollisuus. Bioenergian käyttö puolestaan on merkittävintä palmuöljyn ja sokerin tuotannossa sekä metsäteollisuudessa, sekä jossain määrin myös tyypillisesti pienissä tiilitehtaissa, jotka käyttävät polttoaineina muun muassa puuta ja riisin akanaa. (Ks. Kuva 51.)

	Pro-duction	Electricity use	Fuel use	Electricity use	Fuel use	Main fuel type	Process temperature level
Unit	Mt/yr	kWh/t	GJ/t	PJ/year	PJ/year		Degrees celcius (°C)
<b>Cement</b>	<b>60.0</b>	<b>120.0</b>	<b>3.3</b>	<b>20.7</b>	<b>201.0</b>	<b>Coal</b>	High (>1000 °C)
<b>Steel (EAF route)</b>	<b>4.4</b>	<b>650.0</b>		<b>10.4</b>	<b>0.0</b>		High (>1000 °C)
<b>Ammonia</b>	<b>6.1</b>		<b>15.0</b>		<b>91.1</b>	<b>Natural Gas</b>	High (>400 °C)
<b>Aluminium</b>	<b>0.3</b>	<b>16 000.0</b>	<b>1615.3</b>	<b>14.4</b>	<b>403.8</b>	<b>Coal</b>	High (>1000 °C)
<b>Glass</b>	<b>3.8</b>		<b>16.6</b>		<b>62.3</b>	<b>Coal</b>	High (>1000 °C)
<b>Wood processing</b>	<b>19.0</b>			<b>5.3</b>	<b>40.2</b>	<b>Coal / Biomass</b>	Medium (150-300 °C)
Plywood	2.3	80.0	8.1	0.7	18.5		
Veneer	0.7	40.0	4.1	0.1	2.9		
Wood chips	9.4		0.1	0.0	1.3		
Pulp	5.6	191.1	2.3	3.9	12.8		
Sawn wood	0.9	213.3	5.3	0.7	4.8		
<b>Paper mill</b>	<b>14.2</b>	<b>750.0</b>	<b>8.8</b>	<b>38.3</b>	<b>124.1</b>	<b>Coal</b>	Medium (150-300 °C)
Newsprint	0.7				5.8		
Printing+Writing Paper	4.9				42.5		
Recovered Paper	3.9				34.4		
Other Paper+Paperboard	4.7				41.3		
<b>Natural rubber</b>	<b>3.2</b>		<b>21.0</b>		<b>67.2</b>	<b>Natural Gas</b>	Low (150 °C)
<b>Food</b>					<b>40.3</b>	<b>Oil</b>	Medium (150-300 °C)
<b>Textile</b>					<b>69.8</b>	<b>Oil</b>	Medium (150-300 °C)
Cotton spinning	3.4		9.6		32.6		
Other					37.2		
<b>Other gross ceramics</b>	<b>9.4</b>		<b>16.6</b>		<b>155.4</b>	<b>Coal</b>	High (>1000 °C)
<b>Bricks</b>	<b>17.4</b>		<b>6.1</b>		<b>105.2</b>	<b>Coal / Biomass</b>	High (>1000 °C)
<b>Total of selected Industries</b>				<b>89.1</b>	<b>1360.2</b>		
<b>Total Industrial energy use</b>				<b>247.2</b>	<b>2182.0</b>		

Kuva 51. Teollisuustuotanto ja teollisuuden energiankäyttö eri toimialoilla Indonesiassa vuonna 2014. (IRENA 2017)

## Rakennukset

Indonesiassa lähes 90% rakennusten energiankulutuksesta tapahtuu kotitalouksissa, ja vain hieman yli 10% muussa rakennuskannassa. Edelleen kotitalouksien energiankulutuksesta 80 % kuluu ruuanlaittoon, ja loppu jakautuu tasan jäähdytykseen, käyttöveden lämmitykseen ja valaistukseen. Muussa rakennuskannassa 80% energiasta kulutetaan jäähdytykseen ja valaistukseen, ja 20% käyttöveden lämmittämiseen ja ruuanlaittoon. Traditionaalisella biomassalla on tässä huomattava rooli, ja se on pysynyt vuosikymmenen kuluessa suhteellisen tasaisena ollen yli 70 % rakennusten energiankulutuksesta. Samalla ajanjaksolla LPG on korvannut voimakkaasti kerosiinia. Indonesian kotitalouksien energiankulutuksessa on kuitenkin valtavia eroja kaupunkien ja maaseudun välillä. Jakartassa traditionaalisen biomassan osuus kotitalouksien energiankäytöstä on vain 1 %, kun taas 13 köyhimmässä provinssissa 2/3 väestöstä käyttää ruuanlaittoon pääosin traditionaalista biomassaa. (Ks. Kuva 29.)




Kuva 52. Rakennusten energian loppukulutus energialähteittäin Indonesiassa vuosina 2000, 2010 ja 2014. (IRENA 2017)

### Yhteenveto ja kokoavia näkökohtia

Indonesia on globaalisti merkittävä, maailman neljänneksi väkirikkain ja nopeasti kasvava talous. Maa tulee olemaan muun Kaakkois-Aasian ja Intian kanssa tulevien vuosikymmenien globaali energian kulutuksen kasvun veturi. Käytännössä kaiken energian kulutus tulee kasvamaan merkittävästi, mutta varsinkin sähkönkulutuksen oletetaan kasvavan yli 8 % vuodessa johtuen varsinkin väestön kasvusta ja tulotason nousun aiheuttamasta per capita -sähkönkulutuksen kasvusta. Sähkönsektorin markkina- ja regulaatiotilanne on tällä hetkellä kuitenkin haasteellinen, eikä bioenergian kilpailukyky esimerkiksi fossiilisia polttoaineita vastaan ole aina hyvä. Lisäksi sopimukselliset ja logistiset haasteet tekevät bioenergian käytöstä sähkösektorilla haastavaa.

Ainakin kaksi mahdollisuutta voidaan kuitenkin tunnistaa. Toisaalta teollisuuden oma tuotanto (sähkö, höyry, CHP) voi olla kannattavaa sellaisissa paikoissa, joissa polttoainetta on saatavilla riittävä määrä läheltä, esimerkiksi teollisuuslaitoksen tai lähellä olevien muiden elinkeinojen sivuvirtoina. Potentiaalia olisi sekä kiinteän biomassan polttamiselle että anaerobiselle biokaasun tuotannolle. Verkkosähkön alueella taas monipolttolaitokset ja biomassan poltto lisääntyvässä määrin yhdessä hiilen kanssa ja sitä korvaten olisi luultavasti nopeimpia keinoja vähentää hiilen käyttöä ja lisätä bioenergian käyttöä sähköntuotannossa. PLN onkin viime aikoina tehnyt sähkönhankintasopimuksia esimerkiksi useiden yhdyskuntajätteen polttolaitosten kanssa. Liikenteen polttoaineiden osalta Indonesia on jo maailman merkittävimpiä ns. ensimmäisen sukupolven biodieselin tuottajia, eikä tämän tuotannon lisääminen ole mielekästä kestävyysyistä. Mikäli lignoselluloosaa hyödyntäviä ns. toisen sukupolven teknologioita saadaan kaupallistettua, Indonesiassa on huomattava potentiaali tulla globaalisti merkittäväksi biopolttoaineentuottajaksi myös näiden edistyneiden biopolttoaineiden osalta.


## Projektiesimerkki: Puola – Ariterm Oy

Toimittaja	Ariterm Oy	
Asiakas	Vapo sp.z o.o	
Sijainti	Piecki, Puola	
Teknologia	Lämpökeskus	
Kapasiteetti	Polttoainetehto: 1100 kW Lämpöteho: 1000 kW	
Polttoaine	Pelletti, polttoainetoimittaja Vapo	
Aikataulu	Toimituksen kesto noin 3,5 kuukautta, käyttöönotto helmikuussa 2011	
Rahoitus	Asiakas	
Toimitussisältö	<p>Siirrettävällä lavetilla toimitettu lämpökeskuskokonaisuus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kattila</li> <li>• Poltin liikkuvalla porrassarinalla</li> <li>• Automaattinuohous</li> <li>• Automaatiokeskus</li> <li>• Polttoaineen syöttö- ja tuhkanpoistoruuvit</li> <li>• Savukaasupuhallin, -puhdistin ja savukanavat</li> <li>• Lämmönvaihdin ja LVI tarvikkeet lavetille</li> <li>• Sähköistys ja automatisointi</li> <li>• Käyttöönotto ja varaosapalvelut</li> </ul> <p>Muut toimitukseen osallistuneet kumppanit: Vapo sp.z o.o, Dust Control Systems Oy.</p>	
Yleiskuvaus	<p>Asiakas sai korvattua tehdasrakennuksen öljylämmityksen pellettilämmityksellä, joka oli taloudellisesti kannattavaa sekä vähensi fossiilisen polttoaineen kulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Lavettitoimitus mahdollisti nopean toimituksen olemassa oleviin tiloihin sekä mahdollisen siirtämisen myöhemmin. Lavetti onkin myöhemmin siirretty toiseen kohteeseen. Toimituksen kotimaisuusaste oli noin 90 %.</p>	

## Projektiesimerkki: Kiina – BioGTS Oy

Toimittaja	BioGTS Oy	
Asiakas	Luottamuksellinen	
Sijainti	Hebei-provinssi, Kiina	
Teknologia	Biokaasun tuotanto biomassasta mädättämällä kuivaprosessissa	
Kapasiteetti	31,000 t/a, 85 t/d	
Syöte	Paikallisen maatalouden sivuvirtoja, erityisesti maissi ja olki.	
Aikataulu	<p>Toimitussopimuksen allekirjoitus elokuu, 2017</p> <p>Komponenttien valmistuksen aloitus, syksy 2017</p> <p>Komponenttien toimitus rakennuspaikalle, syksy 2017 – kevät 2018</p> <p>Rakentamisen aloitus, vuoden alussa 2018</p> <p>Laitoksen valmistuminen ja käyttöönotto, Q2/2018</p>	
Toimitussisältö	Biokaasureaktorit (jatkuva kuivamädätys), biomassan syöttölaitteisto, biokaasuboiileri omaan lämmöntarpeeseen, laitosautomaatio ja instrumentaatio.	
Yleiskuvaus	<p>BioGTS toimittaa projektissa omaan teknologiaansa, biomassan jatkuvaan kuivamädätykseen, perustuvan laitoksen, joka tuottaa maatalouden sivuvirroista biokaasua anaerobisessa prosessissa. Biokaasu jalostetaan edelleen laadultaan sellaiseksi, että sillä voidaan korvata maakaasun käyttöä liikennepolttoaineena sekä syöttää biokaasua maakaasuverkkoon. Lisäksi laitos tuottaa lannoitteita, joita voidaan laadun puolesta käyttää myös elintarviketuotannossa. Kiinassa syntyy vuosittain 700 miljoonaa tonnia pelkkää olkijätettä. Biokaasun tuotanto on yksi tapa hyödyntää tätä jätettä, korvata sillä fossiilisia polttoaineita ja vähentää kasviuonekaasupäästöjä.</p>	

## Projektiesimerkki: Indonesia – Valmet Oyj

Toimittaja	Valmet Oyj (tytäryhtiöineen)	
Asiakas	OKI Pulp and Paper Mills	
Sijainti	Etelä-Sumatra, Indonesia	
Teknologia	Biomassan kaasutus CFB-teknologialla (2 kpl CFB-kaasuttimia)	
Kapasiteetti	2 x 110 MW tuotekaasua	
Polttoaine	Akaasiapuun kuori ja puunkäsittelyn tähteet eli tehtaan selluntuotantoon kelpaamaton puun osa. Polttoaine syntyy pääosin toimipaikalla asiakkaan tuotantoprosessin sivuvirtana.	
Aikataulu	Esisuunnittelu, syksy 2013 Toimitussopimus, helmikuu 2014 Tehtaan käynnistyminen, 2016 lopulla Molemmat toimitetut linjat käynnistetty kesällä 2017	
Rahoitus	Asiakas	
Toimitussisältö	Kaasutin: 2 meesauunin kaasutinta, 2 biomassan kuivatinta Valmetin muu toimitus projektiin: 2 meesauunia, 2 sellun kuivatuskonetta, 2 voimakattilaa	
Yleiskuvaus	Kaasutin on osa OKI Pulp and Paper Millsin uutta tehdasta. CFB-kaasutusteknologialla tuotettu biokaasu käytetään tehtaan meesauunissa. Meesauunin kaasutin ja biomassan kuivattimen avulla korvataan merkittävä osa meesauunin tarvitsemasta fossiilisesta polttoaineesta, ja näin voidaan vähentää huomattavasti fossiilisen polttoaineen käyttöä. Polttoaineena käytetään pääosin tehtaan omia puunkäsittelyn tähteitä. Teknologia tuottaa säästöjä polttoainekustannuksissa, ja investoinnilla on lyhyt takaisinmaksuaika. Lisäksi biomassan kaasutin vähentää tehtaan fossiilisia hiilidioksidipäästöjä.	

## Lähteet

- Ecofys 2018. Energy transition within 1.5°C A disruptive approach to 100% decarbonisation of the global energy system by 2050
- IEA 2017. Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy.
- IRENA 2018. Global Energy Transformation: A roadmap to 2050.
- REN21 2017. Renewables 2017 Global Status Report.
- World Bioenergy Association 2016. Global Bioenergy Potential Towards 2035, WBA Fact Sheet.
- YK 2018. Sustainable Development Goals. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- Ecofys 2017. 2020 Renewable Energy Target Realisation Forecast for Poland. Final Report.
- IEA 2017a. Energy Policies of IEA Countries – Poland Country Review 2016.
- IEA 2017b. Poland Energy System Overview.
- IRENA 2018. REsource country statistics.  
<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=18&subTopic=45> (viitattu 22.5.2018)
- IRENA 2015. Renewable Energy Prospects: Poland.
- Hong, Hao 2018. Growing Bioenergy Globally, China’s Demand for European Technology.
- IEA 2018. World Energy Outlook 2017.
- IEA & IRENA 2018. IEA/IRENA Policies and Measures Database. China 13<sup>th</sup> Bioenergy Development Five Year Plan (2016-2020). <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/china/name-160331-en.php?s=dHlwZT1yZSZzdGF0dXM9T2s,&return=PG5hdiBpZD0iYnJlYWRjcnVtYil-PGEgaHJlZj0iLyl-SG9tZTwwYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSlvcG9saWNpZXNhbmRtZWZdXJlcy8iPIBvbGljaWVvZlGFuZC-BNZWFzdXJlcwvYT4gJnJhcXV> (viitattu 24.5.2018)
- IRENA 2018. REsource country statistics.  
<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=18&subTopic=45>
- World Bank 2018. Country statistics China.  
[http://databank.worldbank.org/data/views/reports/reportwidget.aspx?Report\\_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=CHN](http://databank.worldbank.org/data/views/reports/reportwidget.aspx?Report_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=CHN)
- IRENA 2017. Renewable Energy Prospects: Indonesia.
- IRENA 2018. REsource country statistics.  
<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=18&subTopic=45> (viitattu 22.5.2018)
- PricewaterhouseCoopers 2017. Power in Indonesia: Investment and Taxation Guide
- REN21 2017. Renewable Energy Global Status Report.

## Liite 1. Kyselytutkimuksen kysymykset

### 1. Yrityksenne asemointi bioenergiaan liittyvien teknologioiden ja palveluiden kentässä

- Mihin biomassalähteisiin yrityksenne liiketoiminta keskittyy?
- Mille bioenergiaa hyödyntävälle sektorille yrityksenne liiketoiminta keskittyy?
- Mikä on tai mitkä ovat yrityksenne tarjoamat teknologiat ja palvelut?
- Mikä tai mitkä ovat yrityksenne liiketoimintamallit?

### 2. Bioenergiaan liittyvän teknologian ja palveluiden osuus yrityksenne liikevaihdosta

- Bioenergiaan liittyvän teknologian ja palveluiden osuus (%) liikevaihdosta vuonna 2015-2017
- Miten arvioitte bioenergiaan liittyvän teknologian ja palveluiden liikevaihto-osuuden kehittyvän seuraavien 3-5 vuoden aikana?

### 3. Arvio Suomen ulkopuolella tapahtuvan teknologia- ja palvelutuotannon sekä ulkomaille suuntautuvan viennin liikevaihto-osuudesta

- Suomen ulkopuolella tapahtuvan teknologia- ja palvelutuotannon sekä ulkomaille suuntautuvan viennin liikevaihto-osuus (%) vuonna 2015-2017
- Miten arvioitte Suomen ulkopuolella tapahtuvan bioenergiaan liittyvän teknologia- ja palvelutuotannon sekä ulkomaille suuntautuvan viennin liikevaihto-osuuden kehittyvän seuraavien 3-5 vuoden aikana?

### 4. Bioenergiaan liittyvien tuotannollisten investointienne kehitys

- Arvionne (milj. €) siitä, kuinka paljon investoitte bioenergiaan liittyvien koneiden ja laitteiden valmistukseen ja palveluiden tuottamiseen Suomessa vuosina 2015-2017 (pl. tutkimus ja tuotekehitys).
- Miten arvioitte edellä mainittujen investointienne kehittyvän seuraavien 3-5 vuoden aikana Suomessa
- Arvionne (milj. €) siitä, kuinka paljon investoitte bioenergiaan liittyvien koneiden ja laitteiden valmistukseen ja palveluiden tuottamiseen ulkomailla vuosina 2015-2017 (pl. tutkimus ja tuotekehitys).
- Miten arvioitte edellä mainittujen investointienne ulkomailla kehittyvän seuraavien 3-5 vuoden aikana?

### 5. Investoinnit bioenergian teknologian ja palveluiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen (t&k)

- Arvionne (milj. €) siitä, kuinka paljon investoitte bioenergiaan liittyvään tutkimukseen ja tuotekehitykseen Suomessa vuosina 2015-2017.
- Miten arvioitte t&k-investointienne Suomessa kehittyvän seuraavien 3-5 vuoden aikana?
- Arvionne (milj. €) siitä, kuinka paljon investoitte bioenergiaan liittyvään tutkimukseen ja tuotekehitykseen ulkomailla vuosina 2015-2017.
- Miten arvioitte t&k-investointienne ulkomailla kehittyvän seuraavien 3-5 vuoden aikana?

### 6. Bioenergiateknologiaan liittyvien teknologioiden ja palveluiden keskeisimmät vientimaat

- Mitkä maat ovat olleet bioenergiateknologian tai palveluiden liikevaihdon kannalta tärkeimmät vientimaat viiden viimeisen vuoden aikana?



- Mitkä maat näette liikevaihdon kasvupotentiaalin kannalta tärkeimmiksi vientikohteiksi tulevaisuudessa? Miksi?

#### 7. Julkisen tuen ja kotimarkkinoiden rooli viennissä

- Ovatko julkiset palvelut ja rahoitusinstrumentit edesauttaneet vientiänne? Jos ovat niin miten?
- Miten julkisia viennin tukipalveluja ja rahoitusinstrumentteja voisi mielestänne kehittää, jotta vienti vauhdittuisi?
- Mitkä ovat mielestänne viennin kannalta merkittävimmät pullonkaulat?
- Millaisena näette kotimarkkinoiden roolin viennin kannalta?

#### 8. Vapaan sanan kenttä: terveiset selvityksen tekijälle ja/tai teettäjälle Bioenergia ry:lle.