

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

**SUOMEN ILMASTO- JA ENERGIASKENAARION VER-  
TAAMINEN KANSAINVÄLISIIN ILMASTO- JA ENERGIA-  
RAPORTTEIHIN**

**Comparing the Finland's climate and energy scenario to inter-  
national climate and energy reports**

Työn tarkastaja: Professori, TkT Risto Soukka

Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Sanni Väisänen

Lappeenrannassa 31.05.2017

Henni Vornanen

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
LUT School of Energy Systems  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Henni Vornanen

### **Suomen ilmasto- ja energiaskenaarion vertaaminen kansainvälisiin ilmasto- ja energiaraportteihin**

Kandidaatintyö

2017

45 sivua, 2 taulukkoa ja 10 kuvaa

Tarkastaja: Professori Risto Soukka  
Ohjaaja: Tutkijatohtori Sanni Väisänen

Hakusanat: perusskenaario, skenaariotarkastelu, sähkö- ja lämpöenergian tuotanto, metsäteollisuus, sähköautot

Keywords: the baseline scenario, scenario analysis, electricity and heat production, lumber industry, electric cars

Tämän kandidaatintyön päätavoitteena on verrata Suomen energia- ja ilmastoskenaariota kahteen julkaistuun energia- ja ilmastoskenaarioon eri skenaarioiden yhdenmukaisuuden arvioimiseksi. Erityisesti perehdytään siihen, ovatko esitetyt oletukset yhdenmukaisia verrattavien skenaarioiden osalta. Skenaarioiden oletuksia tarkastellaan väestön- ja talouskasvun, energiasektorin, teollisuuden sekä sähköautokannan kehitysennusteiden näkökulmasta. Verrattavat raportit ovat International Institute for Applied Systems Analysisin julkaisema Global Energy Assessment sekä International Energy Agency'n julkaisema raportti Global EV Outlook 2016.

Työssä tarkastellaan myös raporttien taustaorganisaatioiden oman edunvalvonnan vaikutusta laadittuihin skenaarioihin. Työssä todetaan Suomen energia- ja ilmastoskenaarioiden oletusten olevan melko yhteneviä vertailtavien skenaarioiden oletusten kanssa. Täten voidaan myös todeta Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian olevan linjassa tässä työssä vertailtujen skenaarioiden sisältämien oletusten kanssa. Merkittävin eroavaisuus, mitä energia- ja ilmastoskenaariosta huomioitiin, on sähköautojen suuri kasvuennuste.

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	2
2	KANSALLISEN ENERGIA- JA ILMASTOSTRATEGIAN PERUSSKENAARION ESITTELY .....	4
2.1	Taloukasvu ja väestönkasvu .....	5
2.2	Teollisuus ja sen energiankulutus.....	5
2.2.1	Metsäteollisuus.....	6
2.2.2	Metalliteollisuus.....	9
2.3	Sähkön- ja lämmöntuotanto.....	10
2.3.1	Sähkö- ja lämpöenergiankulutuksen kehitys Suomessa.....	11
2.3.2	Uusiutuvan sähkön tuotantotukien vaikutus .....	15
2.4	Tieliikenne.....	17
3	VERTAILTAVAT ENERGIA- JA ILMASTORAPORTIT .....	21
3.1	IIASA: Global Energy Assessment (GEA) .....	21
3.1.1	Väestönkasvu ja taloukasvu.....	22
3.1.2	Teollisuuden energiankulutus .....	24
3.1.3	Energiankulutus.....	25
3.2	International Energy Agency: Global EV Outlook 2016 .....	27
4.	RAPORTTIEN VERTAILU JA ANALYSOINTI .....	31
4.1	Taloukasvu ja väestönkasvu .....	31
4.2	Teollisuus ja sen energiankulutus.....	32
4.3	Energiankulutus.....	33
4.4	Tieliikenne.....	36
5	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	38
5.1	Vertailtavien raporttien julkaisijoiden ja tekijöiden taustat .....	38
5.2	Skenaarion ja raporttien vertailun tulokset ja johtopäätökset .....	40
7	YHTEENVETO .....	44
	LÄHDELUETTELO.....	46

## LYHENNELUETTELO

BAT	Best Available Techniques
BEV	sähköakkuun perustuva sähköauto
BKT	Bruttokansantuote
CHP	Lämmön ja sähkön yhteistuotanto
EEA	Euroopan ympäristökeskus
EMEP	The European Monitoring and Evaluation Programme
EU	Euroopan unioni
EVI	Electric Vehicles Initiative
GEA	Global Energy Assessment
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IEA	International Energy Agency
ILUC	Indirect Land Use Change-direktiivi
ISO	International Organization for Standardization
PHEV	ladattava hybridauto
VATT	Valtion talouden tutkimuskeskus
VTT	Teknologian tutkimuskeskus
YK	Yhdistyneet kansakunnat

# 1 JOHDANTO

Joulukuussa 2015 Pariisissa Yhdistyneiden kansakuntien (YK) 21. osapuolikokouksessa päätettiin uudesta ilmastopimuksesta. Osana muuta maailmaa Suomi sitoutui tavoittelemaan alle 1,5 asteen nousua ilmaston lämpenemisen suhteen. Pariisin ilmastopimuksen tavoitteita päästöjen vähentämisen lisäksi on muun muassa suunnata sopimuksen osapuolten rahavirrat kohti kestäväää ja vähähiilistä kehitystä sekä pitkällä aikavälillä sopeutua ilmastonmuutokseen. (Ympäristöministeriö 2016a.) Vuodesta 2023 lähtien sopimuksen osapuolten tuloksia tarkastellaan kriittisesti ja kattavasti viiden vuoden välein. Tämän maailmanlaajuisen kokonaistarkastelun tavoitteena on nähdä, miten sopimuksen tavoitteiden saavuttamisessa on edistytty. Tilannekatsauksen suorittaa sopimuspuolten konferenssi. (Ympäristöministeriö 2016b.)

Pariisin ilmastopimukseen sitoutuminen asettaa muiden maiden tavoin myös Suomelle paineita ryhtyä pikimmiten toimiin, jotta joustava siirtyminen kohti hiilineutraalia ja ilmastokestäväää yhteiskuntaa voidaan saavuttaa. Suomen hallitus hyväksyi 24.11.2016 biotalouden ja puhtaiden ratkaisujen ministeriötyöryhmän ohjaaman kansallisen energia- ja ilmastostrategian vuoteen 2030. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016a.) Kyseisen energia- ja ilmastostrategian tavoite on linjata konkreettiset toimet, joilla Suomi voi saavuttaa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Kansallisen keskipitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategian tarkoitus on myös valmistella kestävä ja tukeva pohja vuoden 2050 tavoitteiden saavuttamiseksi. Edellä mainituilla energia- ja ilmastotavoitteilla tarkoitetaan Juha Sipilän hallitusohjelmassa esitettyjä tavoitteita sekä Euroopan unionissa (EU) yhdessä muiden jäsenmaiden kanssa sovittuja tavoitteita. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b, 4.)

Kesäkuussa 2016 julkaistiin ensimmäinen versio ”Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaarion taustaoletuksia” -raportista. Skenaariossa selvitetään kokonaisvaltaisesti tekijät eri sektoreilta, mitkä vaikuttavat kes-

keisimmin, myös toistensa keskeisien riippuvuuksien myötä, esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöihin. Kyseinen perusskenaario on tehty jo aiemmin päätettyjen politiikkatoimien pohjalta, ja se kuvaa tilannetta, joka tapahtuisi ilman minkäänlaisia lisätoimia. Täten se toimii pohjana kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa määritetyille politiikkatoimille. Perusskenaario on laadittu yhteistyössä ministeriöiden ja asiantuntijalaitosten kanssa ja työn koordinoinnista on vastannut työ- ja elinkeinoministeriö. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b, 3.)

Tämä työ käsittelee Suomen kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa tehtyjen linjausten pohjaa eli työ- ja elinkeinoministeriön koordinoimaa perusskenaariota ja vertailukohteiksi valittuja kansainvälisiä ilmasto- ja energiaraportteja. Työn tavoite on tutkia työ- ja elinkeinoministeriön julkaisemaa perusskenaariota vertailemalla sitä vastaavanlaisiin energia- ja ilmastoraportteihin. Työssä vertaillaan valittujen skenaarioiden oletuksia ja selvittää niiden yhtenevyyksiä sekä eroja. Työssä pohditaan myös syitä skenaarioiden oletusten eroihin.

Tarkastelun kohteena käytetyt energia- ja ilmastoraportit ovat International Institute for Applied Systems Analysisin julkaisema (IIASA) Global Energy Assessment (GEA) sekä International Energy Agency (IEA) julkaisema sähköautoihin keskittyvä raportti Global EV Outlook 2016. Koska kasvihuonekaasupäästöistä noin kolme neljäsosaa on peräisin energiasektorista (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b, 4) (energian tuotanto ja kulutus sekä liikenteen käyttämä energia), työ rajataan käsittelemään lämmön- ja sähköntuotannon sekä liikenteen muutoksiin ja teollisuuden muutoksiin liittyviä skenaarioita. Tällä perusteella esimerkiksi ruoantuotanto ja rakennettu ympäristö rajattiin tästä työstä pois.

## **2 KANSALLISEN ENERGIA- JA ILMASTOSTRATEGIAN PERUSSKENAARION ESITTELY**

Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian 2016 laadinnan tärkein työväline on skenaariotarkastelu. Energia- ja ilmastostrategian perusskenaario kuvaa ennen kesää 2016 päätettyjen politiikkatoimien vaikutusta esimerkiksi energiantuotannon kehitykseen. 15.6.2016 julkaistu perusskenaario on tehty yhteistyössä ministeriöiden sekä asiantuntijalaitosten kesken. Vastuu skenaarion eri osa-alueista jakaantuu ministeriöiden kesken siten, että maa- ja metsätalousministeriö vastaa maatalouden energiankäytöstä ja biomassamäärien laskennasta, liikenne- ja viestintäministeriön vastuualueeseen kuuluu esimerkiksi polttoaineiden bio-osuudet sekä tieliikenteen energiankäyttö ja päästöt, valtionvarainministeriö vastaa taas energiaverotuksesta ja työ- ja elinkeinoministeriö teollisuudesta, energian kokonaiskäytöstä sekä sähkönkulutuksesta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 20.)

Perusskenaariossa esitetyt skenaariotulokset ja laskelmat ovat pääsääntöisesti konsulttien ja tutkimuslaitosten tekemiä. Esimerkiksi liikennesektorin laskelmien laadinnassa käytetään VTT:n toteuttamaa LIPASTO-järjestelmää, joka kuvaa Suomen liikenteen pakokaasupäästöjä sekä energiakulutusta, ja maa- ja metsätaloussektorin laskelmissa on käytössä Luonnonvarakeskuksen eri malleja (esimerkiksi metsätalousmalli MELA, joka perustuu Suomen metsätalouden oloihin). Työ- ja elinkeinoministeriö käyttää hyödyksi oman osa-alueensa laskelmissa muun muassa Tilastokeskuksen ja Energiateollisuus ry:n julkaisuja. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 20-21.)

Tässä kappaleessa käsitellään Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian perusskenaariota talouskasvun, väestönkasvun, teollisuuden, sähkön- ja lämmöntuotannon sekä liikennesektorin näkökulmasta. Kappaleeseen on poimittu esimerkiksi kehitysennusteet edellä mainituille osa-alueille. Suomen kansallisen energia- ja ilmastoskenaarion perusskenaariota tullaan vertaamaan kyseisten osa-alueiden kautta johdannossa esiteltyjen raporttien sisältämiin skenaarioihin kappaleessa 4.

## 2.1 Talouskasvu ja väestönkasvu

Eri ministeriöiden skenaariotarkastelujen yhteneväisyyden takaamiseksi skenaariojaos, joka koostuu eri ministeriöiden virkamiehistä, on rakentanut perusskenaariosta skenaariokehikon. Skenaariokehikkoon on koottu kaikista tärkeimmäksi nähdyt tulevaisuuden tilaa määrittelevät lähtökohdat. Hyvin tärkeitä аспектеja tulevaisuuden kannalta ovat muun muassa väestön- ja talouskasvun ennustaminen, koska nämä luovat tietynlaisia toiminta- ja kasvurajoja muille osa-alueille. Väestönkasvu vaikuttaa vankasti esimerkiksi maatalouteen ja ravinnontuotantoon. Suomessa väestönkasvun ennustetaan olevan melko hidasta verrattuna muuhun maailmaan. 2015 Suomen väestömäärä oli 5,49 miljoonaa ihmistä ja vuonna 2030 sen arvioidaan olevan noin 5,77 miljoonaa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 22).

Toinen toimintarajoja muille skenaarion osa-alueille luova tekijä on talouskasvu, jonka ennustetaan olevan väestönkasvun tavoin Suomessa melko hidasta. Hidas talouskasvu tuottaa omanlaisiaan haasteita. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa yksi keskeisimmistä tavoitteista on pyrkiä joustavasti siirtymään kestäviin toimintatapoihin talouskasvun asettamissa rajoissa. Talouskasvun ennustetaan olevan Suomessa 2,2 % vuodessa vuosina 2015-2020 ja 2,8 % vuodessa vuosina 2021-2030. Vaikka talouskasvu Suomessa on keskimäärin 1,25 % pienempää kuin muualla maailmassa, Suomessa talouskasvu kiihtyy nopeammin muihin maihin verrattuna. Talouskasvun edellytyksenä on se, että hallitusohjelman toimet talouden terveyttämiseksi toteutuvat täysimääräisesti. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 22.)

## 2.2 Teollisuus ja sen energiankulutus

Tässä luvussa käsitellään Suomen kansallisessa ilmasto- ja energiastrategian perusskenaariossa esitettyjen teollisuudenalojen kehityssuunnitteita ja -suuntia. Käsiteltäviä teollisuudenaloja ovat metsäteollisuus sekä metalliteollisuus. Kyseiset teollisuuden alat ovat melko energiantensiivisiä, joten kappaleessa perehdytään erityisesti käsiteltävien alojen energi-



ankulutukseen. Metsäteollisuuden kehityssennusteet on määritelty pääasiassa nykyisen kapasiteetin perusteella sekä tehdyt teollisuuden investoinnit huomioon ottaen. Metalliteollisuuden kehityssennustetta mietitään taas vahvemmin kyseisen toimialan vuosimuutoksen mukaan perusskenaarion talouskasvuoletuksien kautta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 25).

### **2.2.1 Metsäteollisuus**

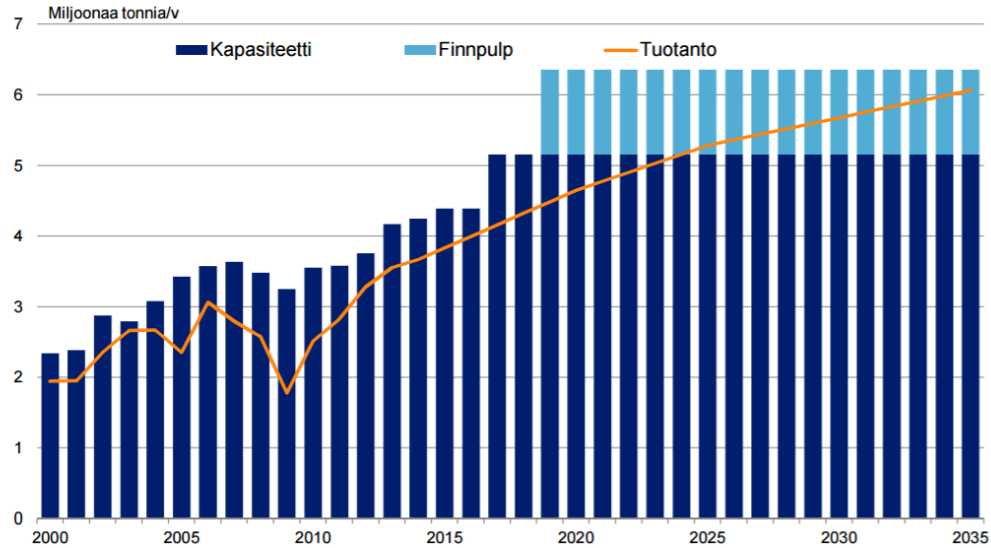
Metsäteollisuuden pääraaka-aineen hoidosta ja tuotannosta vastaa metsätalous. Perusskenaarion liitteen 3 ”Perusskenaarion taustakasvuoletukset toimialoittain”-taulukon mukaan metsätalouden prosentuaalinen vuosimuutos tuotannossa on kasvava. Vuosina 2016-2020 metsätalouden oletetaan kasvavan 3,4 %, vuosina 2021-2025 3,2 % ja vuosina 2026-2030 2,7 % (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 31). Metsäteollisuuden kasvu on siis laskevaa.

Energia- ja ilmastoskenaarion perusskenaariokehikossa metsätalous on jaoteltu kolmeen ryhmään: puuston kasvu, hakkuukertymä sekä metsien nielu. Näiltä osin metsäteollisuuden kehitykselle ei oltu annettu mitään spesifisiä lukuja. Puuston kasvun ennusteet vuosille 2015-2020 ovat samat kuin vuosille 2021-2030. Metsien hoidon sekä ilmastomuutoksen takia metsien kasvun ennustetaan lisääntyvän. Toisaalta hakkuukertymiä käsittelevän kohdan mukaan vuotuisten puunkorjuumäärien ennustetaan kasvavan vuoteen 2030. Hakkuukertymissä pyritään kansallisen metsästrategian vuoden 2025 tavoitteisiin. Vuosina 2015-2020 metsien hiilinielun sekä Suomen puuston ennustetaan pysyvän kansainvälisen velvoitteen mukaisella tasolla. Vuosina 2021-2030 ennuste hieman muuttuu siten, että Suomen metsien hiilinielun ennustetaan hieman laskevan edellisestä kaudesta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 26.)

Energia- ja ilmastoskenaarion ilmastopolitiikan perusskenaarioon sisällytetyt metsäteollisuuden liittyvät laskelmat sekä arviot ovat peräisin Pöyry Management Consulting Oy:n tekemästä selvityksestä ”Suomen metsäteollisuus 2012-2035”, jossa selvitetään numeeriset ennusteet Suomen mekaanisen puutuoteteollisuuden sekä massa- ja paperiteollisuuden

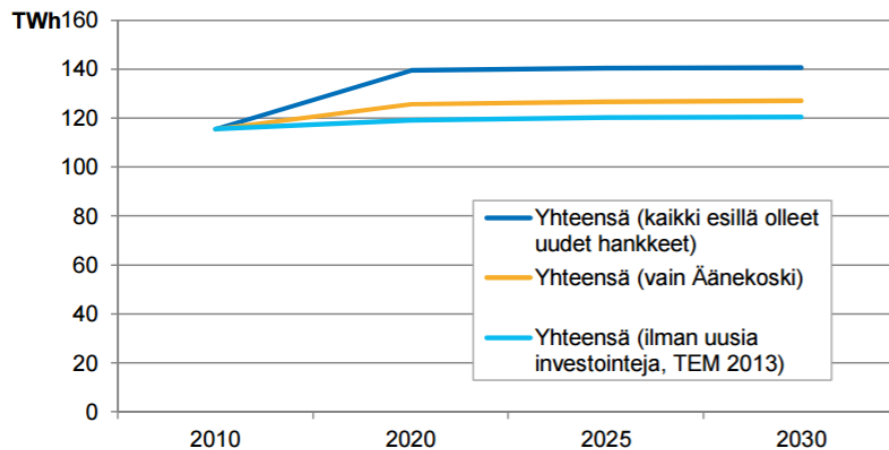
kehityksestä vuoteen 2035 asti tuotannon näkökulmasta katsottuna. (Pöyry Management Consulting Oy 2016a, 3.) Metsäteollisuuden keskitytään tässä luvussa pääasiassa paperin, massan sekä kartongin tuotannon näkökulmista.

Pöyry Management Consulting Oy:n mukaan paino- ja kirjoituspaperin tuotannon Suomessa oletetaan laskevan vuoden 2014 tasosta eli 6 miljoonasta tonnista vuoteen 2030 mennessä 3.7 miljoonaan tonniin (Pöyry Management Consulting Oy 2016a, 7). Pakkauskartongin tuotannon oletetaan taas hieman kasvavan oletettujen investointien perusteella. Oletetut investoinnit ovat kaksi kartonkikoneprojektia (Varkauden koneinvestointi sekä Kotkamillsin taivekartonkihanke), joiden oletetaan aloittavan toimintansa vuosikymmenen puolivälissä. Selluntuotannon ennustetaan myös kasvavan vuoteen 2025 mennessä noin 2 miljoonaa tonnia Äänekosken ja Finnpulpin projektien perusteella. (Pöyry Management Consulting Oy 2016a, 8.) Kuvassa 1 on kuvattu kehitys Suomen markkinamassateollisuudessa ajanjaksolla 2000-2035. Kuvaan on merkitty käytettävissä oleva kapasiteetti, toteutunut tuotanto vuoteen 2016 sekä tuotannon ennuste tästä eteenpäin sekä Finnpulp-projektin mahdollinen merkitys. Finnpulp Oy:n havusellutehdas rakennetaan Kuopioon ja se keskittyy erityisesti pehmo- ja pakkauspaperien raaka-aineen tuotantoon 1.2 miljoonan tonnin tuotantokapasiteetilla. Tehdas on tarkoitus käynnistää vuonna 2020. (Finnpulp Oy 2017.) Kuvasta 1 nähdään, että nykytasoon verrattuna markkinasellun tuotantoennuste on todella kasvava. Vuoteen 2035 mennessä markkinasellun tuotannon ennustetaan kasvavan 2.2 miljoonalla tonnilla.



**Kuva 1.** Suomen markkinamassateollisuuden kehitys aikavälillä 2000-2035 (Pöyry Management Consulting Oy 2016a, 25).

Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta metsäteollisuuden tuotannon sähkönkulutus vie noin neljänneksen vuoden 2013 kulutustietojen mukaan (Pöyry Management Consulting Oy 2016a, 3). Suomen teollisuuden polttoaineiden kulutusta kuvataan kuvassa 2. Kuvasta nähdään, että teollisuuden polttoaineiden kulutus kasvaa vain hieman ilman uusia investointeja. Polttoaineiden käytön kasvu on suurempaa, jos kaikki esillä olleet hankkeet toteutetaan. Edellä mainituilla hankkeilla tarkoitetaan metsäteollisuuden suuria investointeja: Äänekosken, Finnulpin sekä Kemijärven sellutehtaat. Näistä ainoastaan Äänekosken sellutehtaan lopullinen investointipäätös on valmistunut, joten ainoastaan tämän hankkeen toteutuminen esitetään kuvassa 2 käyränä, joka kuvaa tällä hetkellä toteutumassa olevaa tuotannon kehitystä. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b, 36.)



**Kuva 2.** Suomen teollisuuden polttoaineen kulutus aikavälillä 2010-2030 (Pöyry Management Consulting Oy 2016b, 37).

### 2.2.2 Metalliteollisuus

Metallinjalostuksen päästöt Suomen kokonaispäästöistä ovat noin 7 %. Metallinjalostuksesta johtuvat kasvihuonekaasupäästöt kuuluvat vahvasti päästökauppaan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 6.) Hiilidioksidipäästöoikeuksien hinta vuodelle 2017 on 5 €/t (Fortum oy 2017). Päästöoikeuksien hinnan kehitys on ennustettu perusskenaarion liitteen 2 skenaariokehikossa. Ajanjaksolla 2015-2020 päästöoikeuksien hinnan ennustetaan olevan 8-15 €/t ja ajanjaksolla 2021-2030 17-30 €/t. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 23.) Päästöoikeuksien hinta on siis selvässä nousussa, mutta toisaalta esimerkiksi ajanjakson 2015-2020 minimihinta on korkeampi kuin vuoden 2017 hinta. Jos hinta kehittyy skenaariokehikon arvioimalla tavalla jopa 30 €/t, niin vaikutukset metalliteollisuuden kasvuennusteisiin ovat varmasti negatiiviset tuotannon kustannusten nousemisen osalta.

Tästä huolimatta metallinjalostusalan tuotantomäärien on ennustettu kasvavan noin 0,5 % vuodessa 2020-luvulla. Tähän vaikuttaa vahvasti ennuste parantuvasta talouskasvusta. Parantunut talouskasvu antaa mahdollisuudet metallinjalostusalan investoinneille, mikä tarkoittaa sitä, että todellisuudessa tuotantomäärien kasvu tapahtuu porrastetusti tehtyjen investointien mukaisesti 0,5 % vuosikasvun sijaan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 6.)

Metalliteollisuuden osuus Suomen sähkön kulutuksesta on 8 %. Metalliteollisuuden energiankulutuksen ennustetaan kehittyvän tuotantomäärien kasvuprosentin mukaisesti. Energiankulutuksen ennusteeseen on huomioitu myös energiatehokkuuden paraneminen, jonka on arvioitu olevan 0,5 %:n luokkaa vuodessa. Myös mahdollisesti vaikuttavat hankkeet on huomioitu metalliteollisuuden energiankulutuksen ennusteissa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 6.)

Suomen energia- ja ilmastoskenaarion mukaan metsäteollisuuden tuotannon vuosimuutos on aikajaksolla 2016-2030 noin kolme prosentin luokkaa. Metalliteollisuuden tuotantomäärät 2020-luvulla kasvavat keksimäärin taas vain 0,5 % vuodessa. Eli Suomessa metsäteollisuus on vahvemmassa kasvussa oleva teollisuudenala, jos verrataan näitä kahta perusskenaariossa esitettyä teollisuudenalaa. Suomen sähkönkulutuksesta metsäteollisuus kuluttaa metalliteollisuutta enemmän noin 17 prosenttiyksikköä. Täten voidaan todeta metsäteollisuuden tulevien hankkeiden luovan merkittävämpää painetta sähkön hinnan nousuun, kuin metalliteollisuuden hankkeiden.

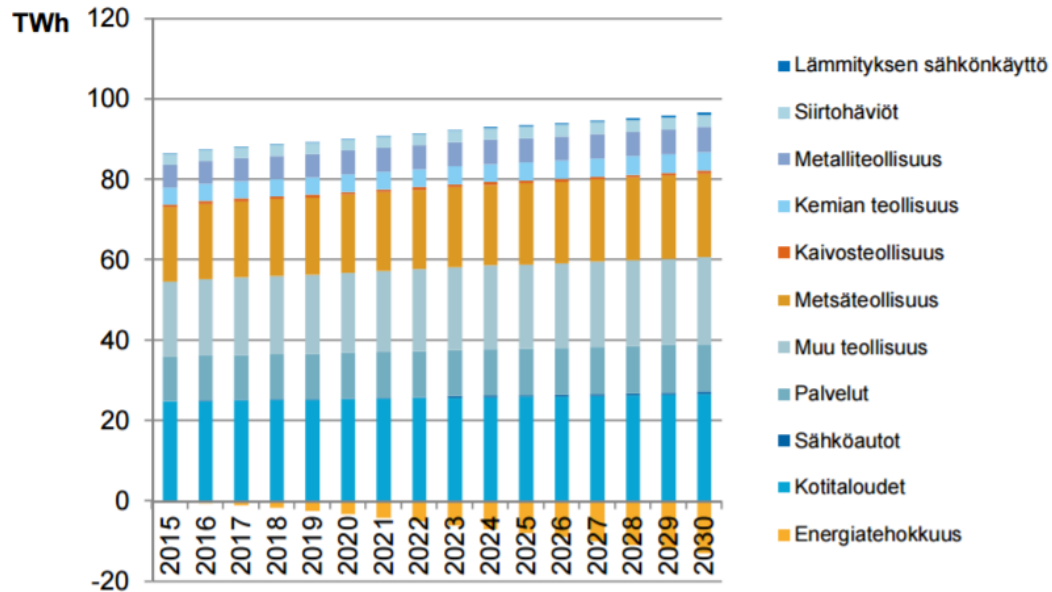
### **2.3 Sähkön- ja lämmöntuotanto**

Energia- ja ilmastostrategian perusskenaarion energiasektoria käsittelevät kohdat perustuvat keskeisesti selvitykseen ”EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan linjausten toteutusvaihtoehdot ja Suomen omien energia- ja ilmastotavoitteiden toteuttaminen”. Selvitys on julkaistu toukokuussa 2016 ja sen tekemisestä on vastannut Pöyry Management Consulting Oy. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 12.) Kyseinen selvitys käsittelee EU:n energia- ja ilmastopolitiikan toteutusvaihtoehtoja sekä toteutusvaihtoehtojen vaikutusta Suomen sähkön ja lämpöenergian tuotantoon. Selvitys käsittelee myös esimerkiksi tehdyn hallitusohjelman tavoitteiden toteutumista esitettyjen skenaarioiden mukaisesti, mutta tässä kappalessa käsitellään ainoastaan selvityksessä Pöyry Management Consulting Oy:n tekemiä perusoletuksia Suomen energiankulutuksen kehityksestä vuoteen 2030 sekä matalan kasvun skenaariota. Edellä mainitut asiat on käsitelty ”EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan

linjausten toteutusvaihtoehdot ja Suomen omien energia- ja ilmastotavoitteiden toteuttaminen”-selvityksessä kappaleessa 4. Alla olevissa kappaleissa käsitellään myös skenaariota energian hinnan kehityksestä, nykyistä uusiutuvan sähkön tuotantotukea sekä tuulivoiman tuotantotukea. Teollisuuden energiankulutusennusteet on käsitelty aiemmin kappaleessa 2.2.

### **2.3.1 Sähkö- ja lämpöenergiankulutuksen kehitys Suomessa**

Kun oletuksena on korkea talouskasvu, sähkön kulutuksen kehitys Suomessa on nouseva. Tämä nähdään kuvasta 3, missä esitetään sähköenergiasektorin kehitys Suomessa vuoteen 2030 asti. Sähköenergiasektorin eri osa-alueiden kasvulle on käytetty ennusteita Valtion talouden tutkimuskeskuksen (VATT) tekemästä VATTAGE-mallista. Sähkön kulutuksen arvioidaan vuonna 2030 olevan Suomessa yhteensä noin 96 TWh. Energiatehokkuuden vaikutus on arvioitu olevan pienentävästi jopa yli 4 TWh aikavälillä 2015-2030. Ilman energiatehokkuustekijää sähkönkulutus olisi yli 100 TWh kyseisellä ajanjaksolla. Energiatehokkuuden vaikutus on suhteellisen alhainen vuoteen 2020 asti, mutta tästä eteenpäin sen uskotaan laskevan kulutusta vuosittain yhdellä prosentilla. Energiatehokkuus on merkitty kuvaan negatiivisena kulutuksena. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b, 34.)



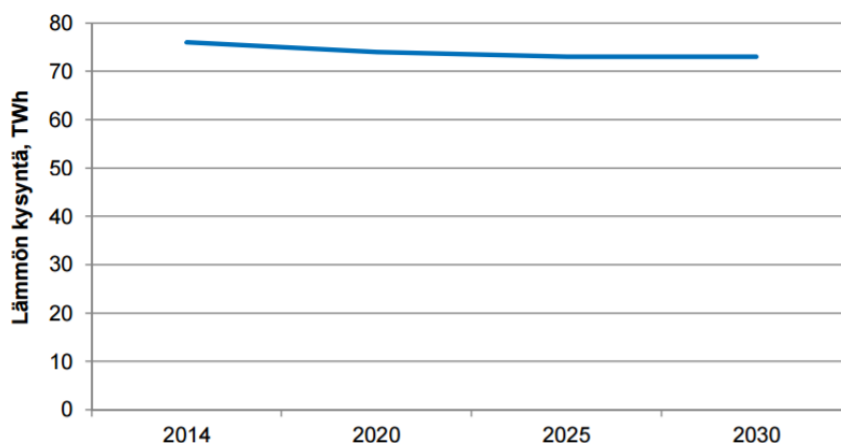
**Kuva 3.** Sähkön kulutuksen kehitys eri osa-alueittain Suomessa (Pöyry Management Consulting Oy 2016b, 34).

Sähkön kulutuksen kasvu kotitalouksissa perustuu pääasiassa väestömäärän kasvuun. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat pienten asutokuntien määrän kasvu sekä asuntojen varustelutason parantuminen. Sähkön käytön kasvu lämmitysosa-alueella on pientä, vaikka asutokuntien määrä kasvaakin. Tämä johtuu pääasiassa energiamääräyksien kiristymisestä. Lämpöpumppujen kasvava määrä taas lisää hieman sähkön kulutusta, mutta vain siltä osin mitä ne korvaavat muita kuin sähkölämmitteisiä rakennuksia. Myös palvelusektorilla energiansäästötoimenpiteet pitävät sähkön kulutuksen kasvun maltillisena. Tällä sektorilla energiansäästötoimenpiteitä ovat esimerkiksi sähkölaitteiden ja ilmanvaihdon tehokkuuden parantaminen. Myös VATT:n mukaan palvelusektorin kasvuennusteet ovat matalammat kuin muiden kuvan 3 osa-alueiden kasvuennusteet. Sähköautojen määrän ennustetaan kasvavan ja sen mukaisesti sähköautojen sähkön kulutus myös kasvaa. Sähköautojen sähkön kulutuksen arvioidaan olevan vuonna 2030 noin 0,6 TWh. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b.)

Sähkön markkinahinnan kehitystä Suomessa tarkasteltaessa voidaan todeta, että sähkön vuotuinen hintakeskiarvo eroaa vain hyvin vähän muiden Euroopan maiden sähkön keski-

hinnasta. Pöyry Management Consulting Oy:n kolmen optimistiseen talouskasvuun liittyvän skenaarion mukaan sähkön markkinahinta tulee olemaan korkeintaan 69 €/MWh ja vähintään 61 €/MWh. Yksi syy sähkönhinnan tasaisuuteen EU-alueella on uusien siirtoyhteysien odotettu merkittävä lisääntyminen vuonna 2020. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b.)

Kuvassa 4 on esitetty asuin- ja palvelurakennusten lämmön kysyntäennuste vuoteen 2030 asti Suomessa. Malli perustuu Työ- ja elinkeinoministeriön kansallisen energia- ja ilmastostrategian taustaraporttiin. Oletetaan, että uudet rakennukset kuluttavat vähemmän lämpöenergiaa kuin vanhemmat rakennukset. Tästä seuraa lämmön kysynnän laskeminen vuoteen 2020, jonka jälkeen lämmön kysynnän ennustetaan pysyvän vakaana. Tällä ajanjaksolla lämmön kysynnän ennustetaan laskevan 3 TWh. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b.)



**Kuva 4.** Asuin- ja palvelurakennusten lämmön kysynnän ennuste Suomessa (Pöyry Management Consulting Oy 2016b, 35).

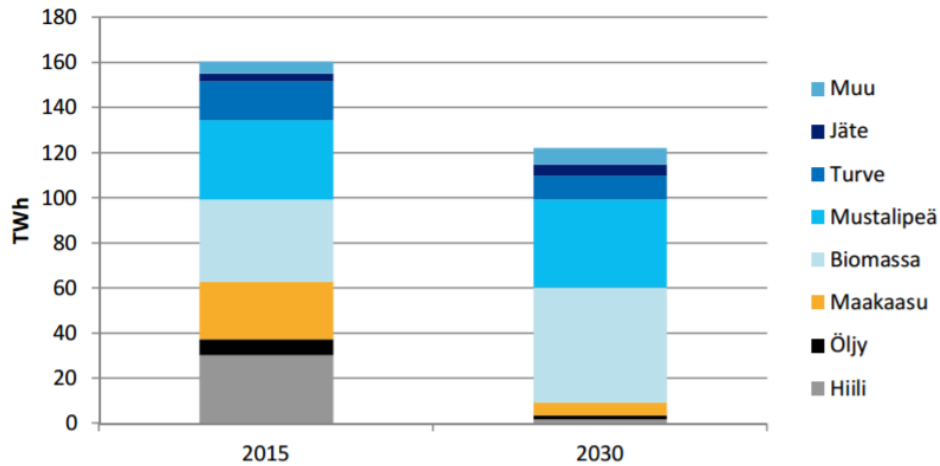
Suomen tämän hetkisen todella matalan talouskasvun takia on hyvä tarkastella myös sellaista skenaariota, jossa talouskasvu ei toteudu odotetulla tavalla. Mahdollisesti jatkuvasta hitaasta talouskasvusta johtuen myös energian kysynnän ja sähkön hinnan kasvu ovat odotettua hitaampia. Tämä vaikuttaa luonnollisesti myös polttoaineiden hintoihin. Tämän takia tässä kappaleessa esitellään Pöyry Management Consulting Oy:n selvityksen ”EU:n 2030



ilmasto- ja energiapolitiikan linjausten toteutusvaihtoehdot ja Suomen omien energia- ja ilmastotavoitteiden toteuttaminen” neljästä skenaariosta matalan kasvun skenaariota. Kolmessa muussa selvityksessä esitetyssä skenaariossa ”kansalliset uusiutuvan energian tavoitteet”, ”EU-tasoinen uusiutuvan energian tavoite” sekä ”Vain päästökauppajärjestelmä” on käytetty melko optimistista sähkön kulutuksen kasvua sekä talouskasvuoletuksia. Kyseisessä matalan kasvun skenaariossa on käytetty BKT:n kasvuoletukseksi 0,5 % vuodessa. (Pöyry Management Consulting Oy 2016). VATT:n ennuste Suomen talouskasvulle on 2,2 % vuodessa aikavälillä 2015-2020 ja aikavälillä 2021-2030 vastaava luku on 2,8 % vuodessa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 22.)

Matalan kasvun skenaariossa ennustetaan sähkön kulutuksen laskevan 80 TWh vuoteen 2030 mennessä matalan talouskasvun takia. Sähkön kysynnän lasku laskee myös luonnollisesti sähkön hintaa, jonka seurauksena energiatehokkuuden oletetaan laskevan jonkun verran. Tämä johtuu siitä, että sähkön hinnan ollessa alhaalla ei ole taloudellisesti kannattavaa parantaa energiatehokkuutta. Matalan kasvun skenaariossa ei oleteta toteutuvan Äänekosken Metsä Fibren biotuotetehtaan lisäksi muita sellu- ja paperiteollisuuden investointeja. Tämä laskee osaltaan myös sähkön kulutuksen kysyntää. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b.)

Kuvassa 5 on esitetty polttoaineittain, miten primäärienergian käyttö sähkön- ja lämmöntuotannossa muuttuu matalan kasvun skenaariossa. Polttoaineiden käytön arvioidaan laskevan noin 40 TWh, kun ydinvoimaa ei lasketa mukaan. Polttoaineiden käytön vähentyminen sähkön- ja lämmöntuotannossa johtuu pääosin yhteistuotannon, sähköä tuottavan lauhdetuotannon ja teollisuuden vähentymisestä. Maakaasun ja hiilen käyttö sähkön ja lämmön yhteistuotannossa (CHP) laskee fossiilisten polttoaineiden heikon kannattavuuden sekä alhaisen sähkön hintatason takia. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b.)



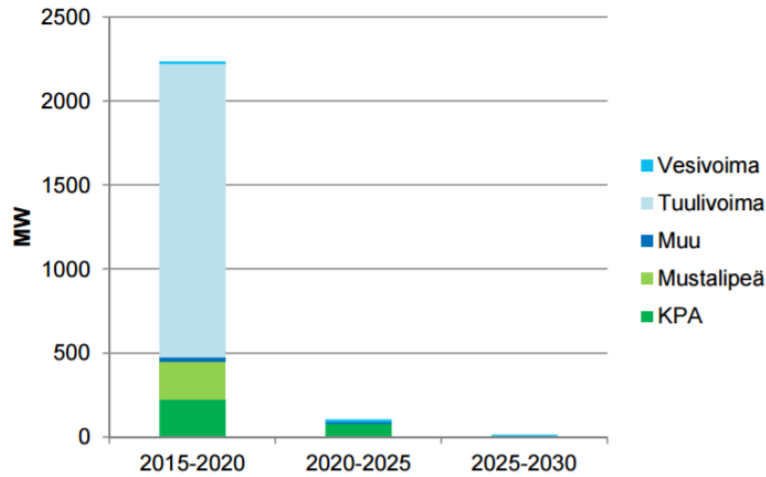
**Kuva 5.** Primäärienergian käyttö polttoaineittain sähkön- ja lämmöntuotannossa matalan kasvun skenaariossa. Ydinvoima on jätetty huomiotta tässä kuvassa. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b, 66.)

### 2.3.2 Uusiutuvan sähkön tuotantotukien vaikutus

Joulukuun 30. päivä vuonna 2010 säädettiin laki (1396/2010) ja asetus (1397/2010) koskien uusiutuvilla energianlähteille tuotetun sähkön tuotantotukea. Kyseinen sähkön tuotantoa koskeva tukijärjestelmä tuli voimaan vuonna 2011. Tuotantotukijärjestelmän tarkoituksena on parantaa biohakkeen kilpailukykyä polttoainemarkkinoilla sekä kasvattaa uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön kapasiteettia. Vuoden 2021 huhtikuuhun saakka tukijärjestelmään on mahdollista hyväksyä metsähakevoimaloita, tuulivoimaloita, biokaasuvoimaloita ja puupolttoainevoimaloita. Näistä tuotantotukijärjestelmään kuuluvista voimalaitostyypeistä tuulivoimalahankkeille varattu 2 500 MVA:n kokonaiskapasiteetti on jo täyttynyt. Tuulivoimaloiden tukijärjestelmään hyväksymistä koskevat viimeiset päätökset tehdään vuoden 2018 alussa. Vuonna 2015 tuotantotukilakiin tehtyjen muutosten takia arvio tukipakettiin kuuluvien tuulivoimalahankkeiden tuotantokapasiteetin määrästä on 2000 - 2200 MVA. Tuotantotukilain seurauksena tukijärjestelmän avulla tuotetun tuulisähkön määrän arvioidaan olevan vuositasolla 4,5 – 5,0 TWh ennen vuotta 2020. Vuoden 2020 jälkeen tuulivoimakapasiteetin uskotaan pysyvän ennallaan tuotantotuen loputtua. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 13.)

Suomen energia- ja ilmastoskenaarion mukaan tuulivoimakapasiteetin arvioidaan olevan Suomessa noin 7200 MW (maa- ja merituulivoima yhteensä) vuonna 2030. Kyseinen arvio on selkeästi suurempi verrattuna kehitteillä olevien tuulivoimalahankkeiden perusteella tehtyyn arvioon. Tuulivoimahankkeiden investointikustannusten arvioitu lasku teknologian kehittymisen myötä 2020-luvulla laskee myös energiantuotantokustannuksia. Tuulivoimahankkeiden toteuttaminen ilman tukipaketteja markkinaehtoisesti riippuu eniten energiantuotantokustannuksista sekä sähkön kysynnästä ja hinnan kehityksestä. Pöyry Management Consulting Oy:n optimistisen sähkön hintaennusteen mukaan tuulivoimahankkeisiin ei investoida paljoa vuoteen 2030 mennessä. Jotta voitaisiin olettaa tuulivoimaloiden tuotannon laajentamista vuosina 2020-2030, täytyisi tukimekanismia jatkaa alhaisen sähkön markkinahinnan takia. Toisaalta sähkön markkinahinnan ollessa oleellinen osa kehitystä, olisi syytä tehdä johtopäätöksiä kyseisestä asiasta vasta kun hintakehityksen suunta on vakaata. Tämä seikka tekee tuulivoimaskenaariosta melko epävarman. Tuulivoimalatutkimusta ja uusien toimintatapojen käyttöönottoa täytyisi edistää ja pitää yllä vähintään vuoteen 2025 saakka tuulivoimaloiden kustannustehokkuuden takaamiseksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 13.)

Pöyry Management Consulting Oy:n matalan kasvun skenaarion mukaan tuulivoimalainvestointien odotetaan toteutuvan tuotantotukijärjestelmän perusteella, koska tukijärjestelmään kuuluvat tuulivoimasähkön tuottajille on taattu takuuhinta. Kuvasta 6 nähdään uusiutuvan sähköenergian kehitys vuoteen 2030 saakka matalan kasvun skenaarion mukaan. Kyseisestä kuvasta voidaan hyvin todeta se, että tuotantotuen loputtua tuulivoimaan ei luultavasti investoida sähkön hinnan ollessa matalalla matalan talouskasvun takia. Sähkön tuotantokapasiteetti-investoinnit uusiutuvien energialähteiden osalta jää noin 800 MW alhaisemmaksi matalan kasvun skenaariossa kuin optimistisissa markkinasähkön hinnan skenaarioissa. Suurin osa tästä koostuu yhteistuotantolaitoksista, joita ei korvata, sekä selutehdasinvestoinneista 2020-luvulla, joita ei uskota toteutettavan. (Pöyry Management Consulting Oy 2016b.)



**Kuva 6.** Uusiutuvan energian investoinnit sähköntuotannossa Matalan kasvun skenaariossa (Pöyry Management Consulting Oy 2016b, 54).

## 2.4 Tieliikenne

Tieliikennesektorin osalta skenaariotarkastelu perustuu LIISA-päästölaskentamalliin, VTT:n kehittämään LIPASTO-laskentajärjestelmän osaan. LIISA-malli on baseline-malli, mikä tarkoittaa sitä, että tehdyt toimenpiteet, kuten EU:n energiatehokkuusdirektiivi ja biosekoitevelvoite vuoteen 2020, huomioidaan ennusteessa ainoastaan niille vuosille, joille kyseiset toimenpiteet on määrätty. Päästölaskennan jakso ulottuu vuoteen 2050, joten malli ei kerro todennäköistä kehitystä, koska esimerkiksi juuri biosekoitevelvoite on määrätty vain vuoteen 2020. (VTT 2015a.)

LIISA-päästölaskentamallin päästömäärien ja polttoainekulutuksen laskenta perustuu pääosin uusimpaan kasvihuonekaasujen laskentaohjeeseen ”2006 IPCC Guidelines for National Green House Gas Inventories” ja The European Monitoring and Evaluation Programme:n (EMEP) ja Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) raporttiin ”Emission Inventory Guidebook”. Laskennan kaksi pääelementtiä ovat autokohtaiset vuosisuoritteet sekä niiden päästökertoimet, jotka perustuvat jaotteluun autojen päästöstandardien mukaan. (VTT 2015a.) Liikenteen vuosisuoritteet, eri ajoneuvoilla ajatut kokonaiskilometrit vuodessa, määritellään Liikenneviraston tekemien laskelmien avulla. Suoritteiden määrittäminen toteu-

tetaan käytännössä siten, että lasketaan tiellä liikkuvien ajoneuvojen määrä (tietyissä aikayksikössä) ja kerrotaan tämä tiejakson pituudella, jolla kyseiset ajoneuvot liikkuvat. Merkittävin epävarmuustekijä suoritteen määrittämisessä on se, että tien jokaista kohtaa on mahdotonta tarkkailla koko ajan. Virheet suoritteen määrittämisessä aiheuttavat vastaavan virheen LIISA:n päästötuloksissa. (VTT 2015b.)

Tieliikenteen vuonna 2014 julkaisemassa ennusteessa oli määritelty henkilöautojen liikennesuoritteen kasvavan vuodesta 2012 vuoteen 2030 26 %, mutta VTT joutui korvaamaan arviota vuonna 2015 henkilöautojen myynnin kehityttyä vuosina 2012-2015 ennusteen vastaisesti. Uusi määritelty suoritteen kasvu henkilöautoille on 12 %. (VTT 2015a.) Henkilö- ja tavaraliikenteen liikennesuoritteen muutokset nähdään taulukosta 1 perusskenaari- on taustaoletuksien skenaariokehikosta otetusta liikennesektoria käsittelevästä osuudesta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 10.)

**Taulukko 1.** Tieliikenteen osuus perusskenaari- on skenaariokehikosta (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 25).

	2015–2020	2021–2030
<b>LIIKENNE</b>		
<b>TIELIIKENNE</b>		
<b>Liikennesuorite</b>	Kasvaa 0,7 %/v	Kasvaa 0,6 %/v
<b>Henkilöliikenne</b>	Kasvaa 0,8 %/v	Kasvaa 0,6 %/v
<b>Tavaraliikenne</b>	Kasvaa 0,4 %/v	Kasvaa 0,5 %/v
<b>Uudet myydyt henkilöautot</b>	124 000 kpl/v	146 000 kpl/v
<b>Sähköautojen määrä (hlöautot) jakson alku-loppu</b>	1600 – 18 000 kpl	2030: noin 120 000 kpl
<b>Kaasuautojen määrä (hlöautot) jakson alku-loppu</b>	1 900 – 3 600 kpl	2030: noin 13 000 kpl
<b>Biopolttoaineiden osuus jakson alku-loppu</b>	12 % - 13,5 %	13,5 %

Liikennevirasto ja VTT ovat tehneet ennusteita autokannan muutoksesta, johon myös LIISA-mallin ennusteet perustuvat. Baseline-ennusteen mukaisesti vuosina 2016-2020 uusien henkilöautojen myynti autokannasta on noin 4,7 % ja aikavälillä 2021-2030 vastaava luku on 5,1 %. Taulukosta 2 nähdään henkilöautokannan muutosennuste vuoteen 2050. LIISA-mallissa on huomioitu myös maahantuotujen käytettyjen autojen määrä (arvio 23 000 henkilöautoa/vuosi). (VTT 2015a.)

**Taulukko 2.** Vuotuinen henkilöautokanta (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c, 11).

Henkilöautot	Henkilöautokanta [kpl]			
	2015	2020	2030	2050
Bensiini	1 932 253	1 909 600	1 814 500	1 840 400
FFV (suurseos etanoli)	8 396	8 270	6 800	6 600
Diesel	678 739	856 000	1 005 000	855 000
Kaasu	1 921	3 660	13 100	30 000
Sähkö	1 608	18 400	120 050	593 000
Vety	0	70	550	15 000
<b>Yhteensä</b>	<b>2 622 917</b>	<b>2 796 000</b>	<b>2 960 000</b>	<b>3 340 000</b>

Huomattavaa kasvua taulukon 2 mukaan nähdään erityisesti sähköautojen ja kaasuautojen osalta verrattuna vuoden 2015 tilanteeseen. Sähköautojen määrän ennustetaan kasvavan vuodesta 2015 vuoteen 2030 mennessä noin 74-kertaiseksi. Vuonna 2030 henkilöautokannasta sähköautoja tulee olemaan hieman yli 4 %. Kaasuautokannan ennustetaan taas kasvavan vuoteen 2030 mennessä noin kuusinkertaiseksi vuodesta 2015. Jos verrataan vuosien 2015 ja 2030 lukuja, kaasuautojen osuus henkilöautokannassa kasvaa myös, mutta ei yhtä huomasti kuin sähköautojen osuus. Bensiiniä ja suurseos etanolia polttoaineenaan käyttävien autojen osuus on taas kääntynyt selvään laskuun. Suurin osa (noin 61 %) Suomen autokannasta koostuu kuitenkin bensiiniä polttoaineenaan käyttävistä autoista vuonna 2030.

Suomessa polttoainetoimittajille on asetettu biosekoitevelvoite, joka otetaan huomioon skenaariotarkastelussa. EU:n biosekoitevelvoite nestemäisille polttoaineille vuoteen 2020 on 10 % ja Suomi on asettanut laissaan oman velvoitteensa, joka on 20 %. Biosekoitevelvoite tarkoittaa sitä, että polttoainetoimittajan on sekoitettava määrätty bio-osuus polttoaineisiin. Toimittaja saa valita itse, mihin polttoaineisiin sekoituksen tekee. Skenaariotarkastelussa on otettu myös huomioon biosekoitevelvoitteen tuplalaskentamahdollisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että biomassasta, joka esimerkiksi ei kelpaa ruuaksi tai on jätettä, valmistettu polttoaine on mahdollista huomioida tarkastelussa kahteen kertaan. Tuplalaskentamahdollisuudesta seuraa se, että Suomen 20 %:n päästöjä vähentävästä osuudesta todellinen

osuus on paljon alhaisempi. Skenaariossa katsotaan, että Suomessa todellinen päästöjä vähentävä prosenttiosuus vuonna 2020 on 13,5 % (Indirect Land Use Change -direktiivissä (ILUC) määrätty 7 % ja tuplana laskettavien määrä 6,5 %). ILUC-direktiivin määräämä maksimiarvo peltoviljelyistä raaka-aineista valmistetulle biopolttoaineelle on 7 % (Haavisto 2017). LIISA-päästömallissa biosekoitevelvoite on huomioti talouskasvuun sidonnaisena, koska velvoitteen ylittävä osuus on mahdollista laittaa seuraavan vuoden hyödyksi (VTT 2015a).

### 3 VERTAILTAVAT ENERGIA- JA ILMASTORAPORTIT

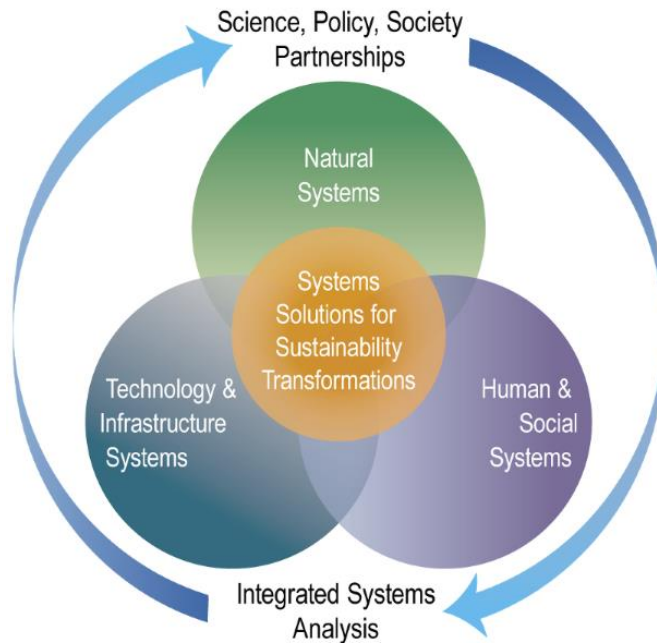
Tässä luvussa perehdytään ilmasto- ja energiaskenaarioihin, joita tullaan vertailemaan luvussa neljä edellisessä luvussa esitettyyn Suomen energia- ja ilmastoskenaarioon. Vertailtaviksi ilmastoskenaarioiksi on valittu kaksi englanninkielistä teosta. Ensimmäinen käsiteltävä teos on International Institute For Applied Systems Analysis:n vuonna 2012 julkaisema *Global Energy Assessment*, joka käsittelee kansainvälisesti ja laajasti eri energiakäytäntöjä sekä niiden vaikutuksia. Toinen käsiteltävä teos on IEA: julkaisema *Global EV Outlook 2016* käsittelee muun muassa sähköautojen markkinoiden kehitystä sekä sähköautoihin kohdistuvia kannusteita.

#### 3.1 IIASA: Global Energy Assessment (GEA)

GEA on IIASA:n julkaisema selvitys, jonka tutkimusta on ollut rahoittamassa muun muassa Yhdysvaltojen hallitus sekä yksityisiä järjestöjä. Selvitystä on ollut tekemässä joukko maailman parhaita energia-asiantuntijoita ja -tutkijoita sekä esimerkiksi talousasiantuntijoita. GEA on energia-arvio, joka analysoi energiasektoriin liittyviä haasteita, mahdollisuuksia ja eri strategioita kehittyville sekä teollistuneille alueille. (IIASA 2012.)

Kuvassa 7 on kuvattu IIASA:n tutkimuksen runko. Rungon keskiössä on kestävä muutoksen selvitys, jolle antaa taustan muun muassa sosiaaliset järjestelmät sekä teknologia ja infrastruktuuri. Rungon kehänä toimii kokonaisvaltainen systeemianalyysi sekä tieteen, politiikan ja yhteiskunnan muodostama yhteisvaikutus. Kyseistä mallia toteuttaen IIASA:n tehtävä on tarjota tieteellistä pohjaa poliitikkojen esittämille ratkaisuille globaaleihin ongelmiin. Ongelmiin etsitään vastaus kokonaisvaltaisen systeemianalyysin avulla parantaen ihmisten hyvinvointia sekä suojelemalla samalla ympäristöä. (IIASA 2016.) Viimeisen viiden vuoden aikana IIASA:n aikaansaamia huomattavia tuloksia on nähty esimerkiksi EU:n ilmansaastepolitiikan tuottamissa tuloksissa, jotka olivat keskiössä Pariisin ilmasto-kokouksen neuvotteluissa (IIASA 2017).





**Kuva 7.** IIASA:n tutkimustyön runko (IIASA 2017)

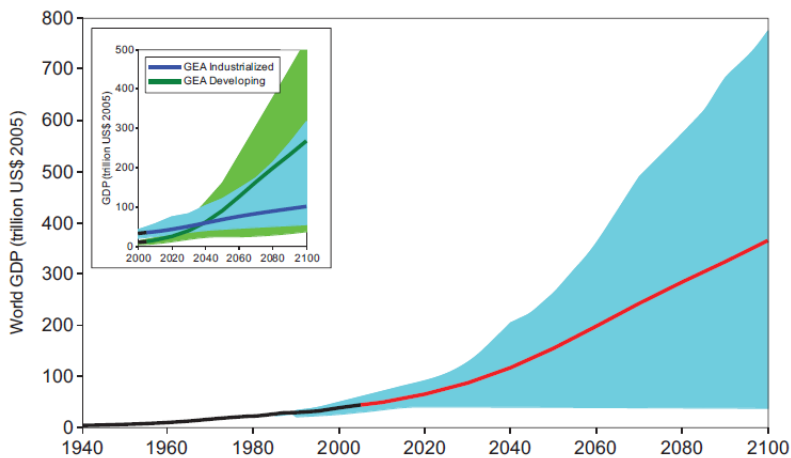
Tässä luvussa perehdytään GEA:n ennusteisiin väestönkasvun ja talouskasvun suhteen, kyseisessä teoksessa esitettyyn kolmeen eri skenaarioon lämmön- ja sähköntuotannon toteutustavoista sekä teollisuuden kehitysenennusteisiin. Teoksesta on pyritty poimimaan sellaisia tietoja, joita voi mahdollisesti verrata Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian perusskenaariossa esitettyihin kehitysenennusteisiin myöhemmin kappaleessa 4.

### 3.1.1 Väestönkasvu ja talouskasvu

Väestö sekä talouskasvu ovat kaksi kolmesta tärkeimmästä vaikutustekijästä energian kulutukseen ja kysyntään. Kolmas vaikutustekijä on teknologian tehokkuus ja kehitys. Ennustetaan, että maailman väkiluku nousee hieman alle 9 miljardiin vuoteen 2050 mennessä. Vuosisadan loppuun mennessä Euroopan sekä Kiinan väkiluvun uskotaan laskevan 40-50 %. Samaan aikaan esimerkiksi Lähi-Idässä väkiluvun ennustetaan tuplaantuvan. (IIASA 2012.)

YK:n väestötietojen mukaan teollisuusmaissa väestömäärän uskotaan alenevan 25 %, joka GEA:n mukaan vaikuttaa niiden taloudellisen vallan vähenemiseen kehitysmaissa. Tämän lisäksi työvoima teollisuusmaissa ikääntyy huomattavasti. Maailman odotettuväestönkasvu keskittyy köyhimpiin maihin, missä kansa ei omaa pääomaa eikä koulutusmahdollisuuksia. Suurin osa maailman väestöstä on kaupungistumassa, mikä tarkoittaa sitä, että palveluja aletaan tarjota yhä laajemmin markkinoiden lisääntyessä uusilla asutusalueilla. Tämä vaikuttaa myös suoranaisesti uusiin energiaratkaisuihin, joita on kehitettävä lähitulevaisuudessa kehitysmaihin niiden kaupungistumisen myötä. Tässä nähdään myös suuri markkinarako kehittyneelle energiateknologialle. (IIASA 2012.)

GEA:n luvussa 4.2.3 käsitellään kolmea eri energiantuotantoon liittyvää skenaariopolkua. IIASA on skenaariopolkua luodessaan ilmoittanut, että kyseisissä poluissa esitetyt ja niihin valitut energiapalvelut tukevat talouskasvua tavoitteellisesti (IIASA 2012, 1216). Eli toisin sanoen, käsiteltävin osin talouskasvun uskotaan olevan positiivista. Kuvassa 8 on kuvattu globaalisti keskimääräinen bruttokansantuotteen (BKT) kehityssuunta vuoteen 2100 (IIASA 2012, 1221). Kuvassa on esitetty myös omat käyrät teollisuusmaille sekä kehitysmaille, jotka molemmat ovat nousevia. Erityisesti teollisuusmaiden BKT:n kehityssuuntaa kuvaavasta käyrästä nähdään, että talouskasvu alkaa kiihtyä vuoden 2020 paikkeilla.



**Kuva 8.** Bruttokansantuotteen kehityssuunta vuoteen 2100 (IIASA 2012, 1221).

### 3.1.2 Teollisuuden energiankulutus

Sellu- ja paperiteollisuus eroaa muusta teollisuudesta siten, että se käyttää pääraaka-aineenaan sekä primäärienergianlähteenään kierrätetyn paperin lisäksi luonnon biomassaa. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka energiaa kulutetaan paljon tuotannossa hiilidioksidipäästöt ovat silti pienet. Paperi- ja selluteollisuuden tärkeimmät prosessit ovat paperin tuottaminen sekä sellun tuottaminen mekaanisesti tai kemiallisesti. (IIASA 2012, 529.)

Globaalisti noin puolet paperiteollisuuden energiankulutuksesta menee sellun valmistamiseen ja puolet paperin valmistamiseen. Vertailuanalyysit ja muut tutkimukset ovat todenneet merkittävän potentiaalin paperiteollisuuden energiankulutuksen pienentämisessä, jos olisi mahdollista käyttää parasta mahdollista teknologiaa lämpö- ja sähköenergian tuotannossa. (IIASA 2012, 529.) GEA:ssa mainittiin muun muassa CHP-tuotannon positiiviset vaikutukset. GEA:n mukaan myös tuotannon menetelmillä on suuri vaikutus energiankulutukseen. Raportin mukaan mustalipeän kaasutus on tärkein uusi teknologia sellun tuotannossa (IIASA 2012, 529).

GEA:n mukaan on mahdollista välttää teollisuudesta johtuvien hiilidioksidipäästöjen lisääntyminen, vaikka teollisuuden tuotanto lisääntyy, jos teollisuussektori pystyy lisäämään energiatehokkuutta sekä uusiutuvan energiankäyttöä tuotannossaan riittävästi (IIASA 2012, 568). GEA:n luvussa 8.10 ”Conclusions and Recommendations” on esitetty ehdotuksia ja ratkaisuja muun muassa teollisuuden energiatehokkuuden parantamiseksi ja tuotannon tehostamiseksi. Yksi parannusehdotus on se, että teollisuuden alat omaksuisivat uusimman International Organization for Standardization (ISO) määrittelemän energiatehokkuuden standardin. Kyseisessä luvussa painotetaan myös uuden teollisuuden vaikutusta kokonaisenergiatehokkuuteen. GEA:n mukaan pitäisi luoda jonkinlainen tietokanta parhaasta mahdollisesta olemassa olevasta teknologiasta, mihin esimerkiksi uusi teollisuuden laitos voisi verrata oman toimintansa suunniteltua energian kulutusta. GEA:n luvussa 8.10 korostetaan myös suunnitteluvaiheen rahoituksen tärkeyttä. Energiatehokkuuden lisäämi-

nen tuotantolaitoksissa synnyttää lisäkustannuksia, joita kaupallisten pankkien pitäisi tukea matalakorkoisilla lainoilla. (IIASA 2012, 569.)

### 3.1.3 Energiankulutus

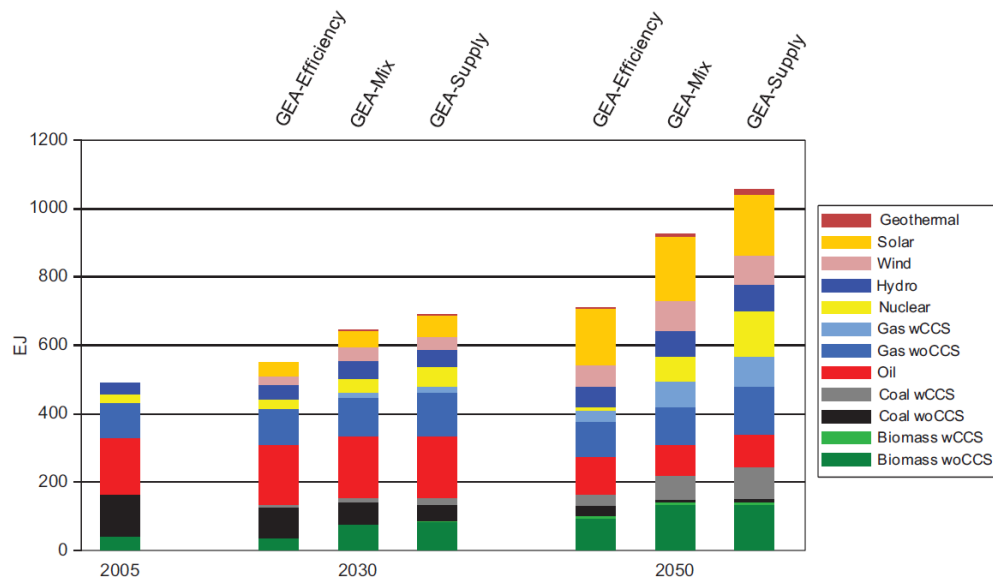
GEA pitää sisällään yhden ohjeellisen kestävän muutoksen skenaarion. Tämä skenaario taas sisältää vaihtoehtoisia polkuja, jotka kuvaavat muutosta kohti yhteistä päämäärää. Näille eri poluille on yhteistä esimerkiksi se, että kaikissa tavoitellaan enintään 2 asteen maapallon keskilämpötilan nousua sekä muutokset taloudessa ja väestön rakenteessa ovat sopusoinnussa GEA:n tavoitteisiin, jotka kunnioittavat kestävää kehitystä. Kaikissa näissä kolmessa GEA:n polussa talouskasvun ennustetaan olevan nouseva sekä maailman väestömuutoksen olevan luvun 4.2.1 mukainen. Talouskasvun ennustetaan olevan vuonna 2050 teollistuneissa maissa keskimäärin 24 400-52 500 dollaria per henkilö (IIASA 2012, 1228).

GEA:ssa kolme esitettyä polkua ovat GEA-Efficiency, GEA-Mix sekä GEA-Supply. Nämä kolme polkua on tehty edustamaan erilaisia painotuksia energian kysynnän ja tarjonnan muutosten suhteen. GEA-Efficiency mallintaa tilannetta, missä energian kysyntä on suhteellisen matala, jolloin energian kulutuksen ennustetaan laskevan. Efficiency-polku kuvaa joustavaa tarjontaa ja seurauksia tilanteille, joissa esimerkiksi ydinvoimalle, hiilidioksidin talteenotolle ja varastoinnille tai sitten uusiutuvalla energialle on olemassa rajoitetut tukijärjestelmät. GEA-Supply kuvaa taas tilannetta, missä energian kysyntä on korkealla eli energian kulutus lisääntyy, mutta tarjonnan joustavuus on paljon huonompi verrattuna Efficiency-polkuun. GEA-Mix kuvaa näiden kahden edellä mainitun polun välitilannetta ja se myös kuvaa tilannetta, missä on tarjolla enemmän monipuolisia energiatarjontajärjestelmiä. Koska Mix-polku tarjoaa monipuolisen energiatarjonnan, sen yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on parantaa sietokykyä epäonnistuneiden energiainnovaatioiden varalta. (IIASA 2012, 1214.)

Koska kaikkien edellä mainittujen skenaariopolkujen on kyettävä täyttämään GEA:ssa esitetyt kestävän kehityksen tavoitteet (esimerkiksi tavoite enintään kahden asteen ilmaston

lämpenemisestä), täytyy erityisesti energian tarjonnan muutokseen sekä tuottamiseen kiinnittää huomiota. GEA:n antamia esimerkkejä ilmastotavoitteiden täyttämiseen ovat muun muassa uusiutuva energia, bioenergia, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi sekä ydinenergia. Erityisesti hiilidioksidin talteenoton/varastoinnin uskotaan tuottavan jopa negatiivisia hiilidioksidipäästöjä tulevaisuudessa. (IIASA 2012, 1231.)

Kuvassa 9 on esitetty GEA:n kolmen skenaariopolun Efficiency-, Mix- sekä Supply-polun energialähteet vuosina 2030 sekä 2050. Vertailukohtaksi kuvasta nähdään myös vuoden 2005 primäärienergianlähteet. Jokaisen näistä tulevaisuuden primäärienergianlähdeyhdistelmistä voidaan tulkita olevan taloudellisesti kannattava vaihtoehto, kun on otettu huomioon eri energiantuotantotapojen vaikutus ympäristöön sekä turvallisuuteen (IIASA 2012, 1232). Energialähdepalettiin on otettu mukaan maalämpö, tuuli- ja aurinkoenergia, vesivoima, ydinvoima, kaasu, öljy, kivihiili sekä biomassa. Kaasun, kivihiilen sekä biomassan osalta on otettu huomioon myös vaihtoehto, jossa on mukana hiilidioksidin talteenotto sekä varastointi.



**Kuva 9.** GEA:ssa esitetyn kolmen skenaariopolun energiantuotantolähteet vuosina 2005, 2030 sekä 2050 (IIASA 2012, 1231).

Suurin ero näiden kolmen skenaariopolun energiankysynnän voimakkuuksissa on riippuvuus siitä, miten energia tuotetaan. Toisin kuin kahden muun skenaariopolun energiantuotannossa, GEA-Supply skenaariopolun energiantuotannossa suuri osa primäärienergiasta tuotetaan ydinvoimalla, mille on olemassa muita energiantuotantomuotoja vähemmän tuotannon joustavuutta. Erityisesti ero ydinvoimantuotannossa näkyy 2050 luvun pylväissä. Taas GEA-Efficiency skenaariopolku sopeutuu eri energiantuotantomuotojen rajoitteisiin ja pystyy jopa jättämään energiantuotantolähteistään pois joitain vaihtoehtoja, silti pitäen GEA-polkujen yhteiset tavoitteet. Kuten kuvasta 9 nähdään 2030 luvulla GEA-Efficiency skenaariopolun energialähdepalettiin ei kuulu lainkaan esimerkiksi maalämpöä eikä hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia muissa tuotantomuodoissa kuin kivihiilen tuotannossa. (IIASA 2012, 1232.)

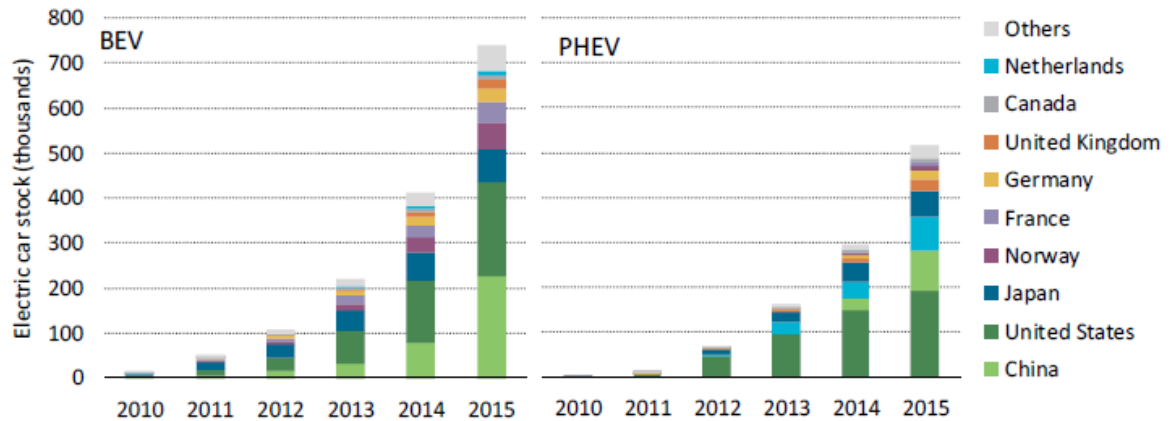
GEA-Efficiency skenaariopolun energiantuotantorakenteen muutokset nykyisestä energiantuotantorakenteesta tapahtuvat hitaasti. Efficiency-polun energiantuotantorakenne ei tule muuttumaan vuoteen 2030 kovinkaan paljoa vuodesta 2005. Merkittävimmät muutokset tulevat tapahtumaan tuuli- ja aurinkoenergian lisääntymisellä, joka korvaa hieman hiipuvaa kivihiilen käyttöä. Vastaavasti taas GEA-Supply sekä GEA-Mix skenaariopolkujen energiantuotantorakenne tulee muuttumaan radikaalimmin uusiutuvien energialähteiden sekä hiilidioksidin varastoinnin kannalta. Tämä tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa energian kysynnän kasvaessa vaaditaan enemmän ketteriä ratkaisuja uusiutuvien energiavarojen käytön sekä hiilidioksidin varastoinnin ja talteenoton kannalta. Hiilidioksidipäästöjen on vuoteen 2030 mennessä vähennyttävä 10%, jotta GEA-Supply skenaariopolku voi saavuttaa sovitut ympäristötavoitteet. Syy tähän on se, että GEA-Supply skenaariopolun mukaan hiilidioksidipäästöt tulevat nousemaan ilman toimenpiteitä noin 50% vuoteen 2050 mennessä. (IIASA 2012, 1232.)

### **3.2 International Energy Agency: Global EV Outlook 2016**

International Energy Agency on kansainvälinen energiajärjestö, jonka tavoite on taata luotettavaa, edullista ja puhdasta energiaa sen 29:lle jäsenmaalle. IEA toimii jäsenmaidensa

hyväksi tukien alankehitystä asiantuntijajärjestönä. IEA:n neljä pääaluetta ovat energiaturvallisuus, taloudellinen kehitys, ympäristötietoisuus sekä sitoutuminen energia-asioihin maailmanlaajuisesti. (International Energy Agency 2017.) Global EV Outlook 2016-raportissa tuodaan esille sähköautojen myynnin kehityksen historia sekä skenaario, siitä miten sähköautojen myynti kehittyy tulevaisuudessa. Raportti keskittyy pääasiassa tutki-  
maan sähköautomarkkinoiden kehitystä Electric Vehicles Initiative (EVI) järjestön jäsen-  
maiden näkökulmasta. Suomi ei kuulu EVI:n jäsenmaihin, mutta Suomen tilanteen tarkas-  
telu on sisällytetty raporttiin, koska se on yksi IEA:n jäsenmaista. (International Energy  
Agency 2016, 9.) Tässä luvussa käsitellään maailmanlaajuisesti sähköautomarkkinoiden  
kehitystä, sähköautojen kannusteita ja tukia sekä kannusteiden vaikutuksia sähköauto-  
markkinoihin perustuen käytettyyn lähdemateriaaliin.

Globaalisti sähköautojen rekisteröinti on kasvanut vuodesta 2014 vuoteen 2015 70 %.  
Kärkimaana sähköautojen markkinoiden osalta pidetään Kiinaa, jonne vuonna 2015 oli  
rekisteröity yhteensä yli 200 000 sähköautoa. Kiina sekä Yhdysvallat yhdessä kattavat yli  
puolet koko maapallon sähköautojen rekisteröinneistä vuonna 2015. Vuonna 2015 yhteen-  
sä vain kahdeksan maata kattoivat koko maapallon sähköautojen myynnistä 90 %. Kyseisiä  
maita Kiinan ja Yhdysvaltojen lisäksi ovat Alankomaat, Norja, Iso-Britannia, Japani, Sak-  
sa sekä Ranska. Euroopan johtavin sähköautojen myyjä vuonna 2015 oli Alankomaat, jon-  
ka sähköautojen markkinaosuus oli lähellä 10 %:a. Alankomaiden sähköautojen markkina-  
osuus oli myös globaalisti toiseksi suurin heti Norjan jälkeen, jonka markkinaosuus vuon-  
na 2015 oli 23 %. (International Energy Agency 2016, 10.) Kuvasta 10 voidaan todeta säh-  
köakkuun perustuvien sähköautojen (BEV) sekä ladattavien hybridautojen (PHEV) kehi-  
tys vuodesta 2010 vuoteen 2015. Suomen sähköautojen myynnin kehitys on sisällytetty  
”Others”-osuuteen. (International Energy Agency 2016, 19.)



**Kuva 10.** Sähköautojen markkinoiden kehitys aikavälillä 2010-2015 (International Energy Agency 2016, 19).

Taloudelliset kannusteet sekä latauspisteiden lisääntyminen ovat osasy sähkötöjen lisääntymiseen globaalisti. Norjan ja Alankomaiden suuria markkinaosuuksia voidaan mahdollisesti selittää kuluttajia suosivilla toimenpiteillä, joita kyseisissä maissa on toteutettu. Esimerkiksi Alankomaissa sähköautojen omistajat nauttivat merkittävästi pienemmistä rekisteröinti- ja käyttöveroista. Norjassa tarjotaan myös merkittäviä kannusteita: rekisteröintiveron alentaminen, sähköakkuun perustuville sähköautoille (BEV) vapautuksen arvonlisäverosta, tiemaksujen ja lauttamaksuista luopuminen sekä pääsyn bussikaistoille. Myös ajaminen sähköautoilla on halvempaa verrattuna tavallisiin polttomoottoreita käyttäviin autoihin sähköautojen parantuneen hyötysuhteen takia. Euroopassa sadan kilometrin matka sähköautolla kustantaa karkeasti 1/5-1/4 osan kustannuksista, joita syntyy kun ajaa saman matkan autolla, jossa on polttomoottori. Merkittävimmät esteet sähköautojen käyttöönottoon liittyen ovat uusien ajoneuvojen korkeat hinnat, jotka johtuvat korkeakustanteista energianvarastointiteknoologioista, latauspisteiden tilojen hankkimisesta, kannusteiden puuttumisesta, tiedonpuutteesta sekä olemassa olevan teknologian luotettavuuden puutteesta. (International Energy Agency 2016, 11.)

Tärkeimmät tekijät poliittisten tukimekanismien käyttöönotolle ovat positiiviset vaikutukset paikallisten saasteiden vähenemisessä, energiankäytön monipuolistuminen sekä tätä kautta ilmastonmuutoksen hillitseminen, kuten myös kannustavat tulokset sähköautojen



kustannusten ja suorituskyvyn kehityksessä viime vuosina. Esimerkiksi ladattavien hybridi-autojen akkujen (PHEV) kustannukset ovat laskeneet vuodesta 2008 vuoteen 2015 noin 732 USD/kWh. IEA näkee merkittävän yhteyden poliittisille tukimekanismeille sekä sähköautojen menestymiselle markkinoilla. Sähköautomarkkinoiden menestymiseen vaikuttavat asiat, kuten polttoainetalouden standardit sekä kannusteet sähköautojen hankkimiseen, ovat IEA:n mukaan melkein systemaattisesti valtakunnallisen valtionhallinnon päätäntävalan alla. Tilanne kertoo hyvin verotuksen tärkeydestä päätäntäelimen ohjauskeinona. (International Energy Agency 2016, 11-13.)

Vaikka sähköautojen lisääntyminen markkinoilla ja sitä kautta liikenteessä kehittyy nopeasti, niiden osuus on vielä hyvin pieni verrattuna kaikkiin maapallon henkilöautoihin. Vuonna 2015 sähköautojen osuus kaikista henkilöautoista oli 0,1 %. Tavoitteita sähköautojen yleistymiselle katukuvassa on asetettu. Esimerkiksi EVI:n jäsenmailla on yhteinen tavoite lisätä sähköautojen määrä liikenteessä 20 miljoonaan vuoteen 2020 mennessä. Euroopan Pohjoismailla on tavoitteena siirtyä hiilineutraaliuteen vuoteen 2050 mennessä. Esimerkiksi Tanska, Ruotsi ja Norja aikovat lopettaa täysin hiilidioksidipäästöt vuosisadan puoliväliin mennessä. Suomessa taas aiotaan vähentää kasvihuonekaasupäästöistä 80% vuoden 1990 tasoon verrattuna. Merkittäviä poliittisia linjauksia on tehty näiden tavoitteiden saavuttamiseksi liikenteen sähköistämisen kautta. Esimerkiksi Norja on jo ylittänyt tavoitteensa 50 000:sta sähköautosta liikenteessä vuoteen 2015 mennessä. (International Energy Agency 2016, 19-20.)

## **4. RAPORTTIEN VERTAILU JA ANALYSOINTI**

Tässä luvussa vertaillaan luvuissa kaksi ja kolme esitettyjen Suomen energia- ja ilmastoskenaarioiden sekä IASA:n ja IEA:n ilmasto- ja energiaraporttien tietoja ja näkemyksiä talous- ja väestönkasvun, teollisuuden, energiankulutuksen sekä tieliikenteen tulevaisuuden kehityssuunnista. Vertailun pohjana toimii Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian pohja eli kappaleessa kolme käsitelty energia- ja ilmastoskenaario. Tämän takia tarkoituksena on pyrkiä soveltamaan vertailtavien raporttien tietoja Suomen näkökulmasta, koska vertailtavissa raporteissa perehdytään käsiteltäviin asioihin globaalista näkökulmasta.

### **4.1 Talouskasvu ja väestönkasvu**

Suomen perusskenaarioiden mukaan Suomen väestönkasvu tulee olemaan hidasta muuhun maailmaan verrattuna. Perusskenaarioiden mukaan Suomen väestön määrä tulee kasvamaan aikavälillä 2015-2030 noin 0,28 miljoonan ihmisen verran. IASA:n tekemän raportin GEA:n mukaan taas Euroopassa ja Kiinassa väkiluku tulee laskemaan noin 40-50 % verran vuosisadan loppuun mennessä. IASA:n mukaan maapallon väkiluku kasvaa globaalisti yli yhdeksään miljardiin vuoden 2050 loppuun mennessä, mutta kasvu keskittyy kehitysmaihin. Suomen väkiluvun kasvu ja IASA:n mukainen Euroopan väkiluvun lasku ovat siis ristiriidassa keskenään. GEA:ssa ei eritelty Euroopan väkiluvun laskua maakohtaisesti, joten on hankala sanoa, onko IASA samoilla linjoilla Suomen perusskenaarioiden kanssa.

IASA:n mukaan talouskasvu on nousevaa ja teollisuusmaissa talouskasvu kiihtyy vielä suurempaan nousuun 2020-luvun paikkeilla. Suomen perusskenaarioiden mukaan talouskasvu on matalampaa kuin muualla, mutta kiihtyy nopeammin. Perusskenaarioiden mukaan talouskasvuennuste per vuosi on suurempi aikavälillä 2021-2030 kuin aikavälillä 2015-2020. Suomen perusskenaarioiden ennuste kiihtyvistä talouskasvusta (etenkin 2020-luvulla) on linjassa IASA:n julkaiseman GEA:n mukaisen teollisuusmaiden talouskasvuennusteen kanssa.

## 4.2 Teollisuus ja sen energiankulutus

GEA:n mukaan teollisuudenalojen kasvuun vaikuttaa talouskasvu, joka on GEA:n mukaan nousussa. IASA ei maininnut tarkemmin GEA:ssa eri teollisuudenalojen kehitysennusteista lähivuosille. GEA:ssa keskityttiin paljon energiatehokkuuden vaikutuksiin teollisuuden päästöjen alentamiseksi. Esimerkiksi paperiteollisuuden energiankulutuksen vähentämiseen on todettu olevan merkittävästi potentiaalia. GEA:ssa mainittiin muun muassa sähkön ja lämmön yhteistuotannon (CHP) positiivisista vaikutuksista sekä parhaan mahdollisen teknologian hyödyntämisestä. Suomi tunnetaan maailmanlaajuisesti CHP-tuotannon johtavana maana. Energiateollisuus ry:n mukaan Suomessa sähkön ja lämmön yhteistuotannolla on maailman suurin markkinaosuus. Suomessa hieman alle 80 % kaukolämmöstä sekä kolmannes sähköstä tuotetaan CHP-voimalaitoksilla. (Energiateollisuus ry 2017.) Suomessa siis tuotetaan jo merkittävästi CHP-tekniikalla tuotettua lämpö- sekä sähköenergiaa.

Suomessa on myös huomiotu hyvin parhaan mahdollisen teknologian hyödyntäminen. Best Available Techniques (BAT), eli suomeksi paras käyttökelpoinen tekniikka, määritellään Suomen ympäristönsuojelulaisissa (527/2014). BAT:ia sovelletaan teollisuuden päästöjä koskevassa direktiivissä (2010/75/EU), jonka päätavoite on säädellä teollisuudenalan ympäristövaikutuksia lupaprosessin avulla. Teollisuuspäästädirektiivin muutokset ovat osa Suomen uutta ympäristönsuojelulakia, joka astui voimaan vuonna 2014. (Forsius 2016).

IASA:n mukaan tärkein uusi teknologia energiatehokkuuden parantamiseksi on mustalipeän kaasutus. Suomen uusiutuvasta energiasta noin 40 % on teollisuuden sivutuotteena syntynttä mustalipeää (Penttinen 2010, 30). Mustalipeä ja puunkuori kattavat kaikista kemiallisen metsäteollisuuden sivuvirroista 90 % (Penttinen 2010, 20), joten kyseessä on merkittävä hyödynnettävissä oleva teollisuuden sivuvirta. Suomessa metsäteollisuuden sivuvirtoja hyödynnetään hyvin. Esimerkiksi Äänekosken uuden biotuotetehtaan sivuvirrat on luvattu käyttää täysin hyödyksi (Metsä Fibre 2017a).

GEA:ssa mainittiin myös ISO-standardien omaksumista teollisuuslaitoksille energiatehokkuuden parantamiseksi. ISO 50001 on energianhallintajärjestelmän standardi, jonka käyttö on lisääntynyt paljon. Vuoden 2015 loppuun mennessä kyseisiä sertifikaatteja oli myönnetty maailmanlaajuisesti 11 985 kappaletta. Suomessa sertifikaatteja oli vuoden 2015 lopussa 30 kappaletta, mikä oli kolme kertaa suurempi lukumäärä kuin edellisenä vuonna. (Alanko 2016.) GEA:ssa kehoitettiin myös panostamaan teollisuuden tuotantolaitosten suunnitteluvaiheen rahoitukseen. Mahdollisilla suunnitteluvaihetta koskevilla tuilla voitaisiin kattaa energiatehokkuuden lisäämisestä aiheutuvat kulut.

### **4.3 Energiankulutus**

GEA:ssa on esitetty kolmea skenaariopolkua, jotka eroavat toisistaan pääasiassa energian kysynnän voimakkuuksilta. Efficiency-skenaariossa energian kysyntä ja täten kulutus ovat matalalla. Supply-skenaariossa taas energian kysyntä on korkealla. Mix-skenaario asettuu näiden kahden väliin parantaen sietokykyä epäonnistuneiden energiainnovaatioiden varalta. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että Mix-skenaariossa suositetaan eri energialähteiden tukijärjestelmiä, joka mahdollistaa energia-alan kehityksen. Efficiency-skenaariossa tukijärjestelmät ovat taas rajoitetut.

GEA:ssa nostettiin ilmastotavoitteiden täyttämiseksi erityisesti esille hiilidioksidin talteenotto- ja varastointimekanismit ja niiden tärkeys negatiivisten hiilidioksidipäästöjen luomiseksi. Hiilidioksidin varastointi- ja talteenottomekanismit nousivat myös esille GEA:ssa kun käsiteltiin skenaariokohtaisia energiantuotantolähteitä. Supply- sekä Mix-skenaarioissa hiilidioksidin talteenotto on eri tuotantomuodoilla tärkeässä roolissa. Efficiency-skenaariossa vuonna 2030 ei ollut käytössä hiilidioksidin talteenottoa sekä varastointia muilla energiantuotantolähteillä kuin kivihieillä, joka oli hyvin pieni osuus koko energiantuotannosta. Suomen energia- ja ilmastoskenaariossa ei tuotu hiilidioksidin talteenotto- ja varastointimekanismien kehittämistä lainkaan esille. Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin puuttumisen kannalta Suomen energia- ja ilmastoskenaario mukailee Efficiency-polkua.

Efficiency-polulle muita ominaisuuksia ovat joustava tarjonta käytössä olevien energiantuotantolähteiden suhteen sekä hidas kehitys energiantuotantorakenteessa. Efficiency-skenaarion mukaan energiantuotantorakenne ei tule muuttumaan vuodesta 2005 vuoteen 2030 kovin paljoa. Muutoksia energiantuotantorakenteesta tullaan näkemään aurinko- sekä tuulienergianlisäntymisestä, jolla korvataan kokonaan hieman noussut energiatarpeen lisääntyminen sekä hiipuvaa kivihiilen käyttöä. GEA:ssa esitettyjä energiantuotantomuotokenteen muutoksia sekä Suomen energiantuotantorakenteen muutoksia on hankala verrata keskenään, koska GEA:n ennusteet ovat globaalit. Suomen energiantuotantorakenne voi poiketa hyvinkin paljon esimerkiksi kehitysmaiden energiantuotantorakenteesta.

Supply-polun energiantuotantorakenne koostuu suurelta osin 2030-luvulla ja 2050-luvulla energiantuotantomuodoista, joissa on huomioitu hiilidioksidin talteenottomekanismit. Hiilidioksidin talteenottomekanismien vaikutus hiilidioksidipäästöihin on negatiivinen. Täten päästörajoissa pysytään hyvin, vaikka Supply-skenaariossa energiaa kulutetaan eniten. Suomen nousevan talouskasvuennusteen mukaan se voisi hyvinkin sopia Supply-polun mukaiseen skenaarioon, mutta hiilidioksidin talteenottoa- sekä varastointia ei olla huomioitu Suomen energia- ja ilmastoskenaariossa lainkaan. Toisaalta vaikka Suomen sähköenergiankulutuksen uskotaan kasvavan vuoteen 2030, lämpöenergiankulutuksen uskotaan taas laskevan kiinteistössä tehtyjen energiansäästötoimenpiteiden sekä uusien rakennusmääräysten takia. Sähköenergiankulutusta Suomessa laskee vielä ennustetun energiatehokkuuden vaikutus, jonka uskotaan olevan vuoden 2020 jälkeen noin 1 % kulutuksesta vuodessa.

Kuten edellä mainittiin, Efficiency-polun skenaarioon kuuluu aurinko- ja tuulienergian lisääntyminen luvulle 2030. Suomen uusiutuvan sähkön tuotantotukilain määräämillä tuotantuilla tuotetaan arvioiden mukaan Suomessa 2030-luvulla olevasta tuulivoimarakapasiteetista noin 30 %. Tuulivoimahankkeiden investointikustannusten uskotaan laskevan Suomessa 2020-luvulla. Toisin sanoen Suomen tuulivoimarakapasiteetin voidaan olettaa kasvavan. Täten voidaan jälleen todeta Suomen energiantuotantoskenaarion sopivan samaan kaavaan Efficiency-polun skenaarion kanssa. Toisaalta Mix-skenaariossa painotetaan

energiantuotantotukien tärkeyttä. Tosin Mix-skenaariossa tuotantotuet kattavat useampaa eri energiantuotantomuotoa, jos verrataan Suomen energia- ja ilmastoskenaarion painotuksiin.

Kaikissa näissä kolmessa GEA:n skenaariopolussa pyritään talouskasvun nousuun tavoitteellisesti, joten IASA ei ole tarkastellut skenaariota siitä, että talouskasvu ei kehity oletetulla tavalla. Luvussa 3.3.1 käsiteltiin myös Pöyry Management Consulting Oy:n esittämää matalan kasvun skenaariota Suomen energiantuotannon kannalta. Suomen perusskenaariokehikon mukaan talouskasvu tulee olemaan 2,2-2,8 % vuodessa aikavälillä 2015-2030. Talouskasvuennusteet ovat siis optimistiset. Matalan kasvun skenaariossa talouskasvuennuste on vain 0,5 % positiivista kasvua vuodessa. Suomen ilmasto- ja energiaskenaariossa ei mainittu, mitä Pöyry Management Consulting Oy:n neljästä skenaariosta ollaan käytetty skenaariokehikkoa tehdessä, joten voidaan olettaa, että kaikki neljä skenaariota ollaan huomioitu joltain osin. Toisaalta energia- ja ilmastoskenaarion mukaan energian hinnan ja talouskasvuennusteet ovat korkeat, joten matalan kasvun skenaario on voitu myös jättää kokonaan huomiotta.

Tämän hetkisen matalan talouskasvun vallitessa Suomessa on hyvä tarkastella tilannetta, missä energia kysynnän muutos ja sähkön hinnan kasvu eivät toteudu odotetulla tavalla. Matalan kasvun skenaariossa ei uskota toetetuvan Äänekosken biotuotetehtaan lisäksi muita metsäteollisuuden investointeja. Tämä vaikuttaa alentavasti sähkön kulutukseen ja samoin hinnan kehittymiseen. Matalan talouskasvun skenaariossa tuulivoimakapasiteetti pysyy samana tuotantotukijärjestelmän osalta, koska tukijärjestelmän ansiosta tukisähkön tuotanto on riskitöntä. Tuulienergian lisääntymisen takia matalan kasvun skenaarion voidaan todeta sopivan samaan kaavan Efficiency-skenaarion kanssa. IASA ei ilmoittanut ennustettujen talouskasvujen suuruuksista GEA:n kolmelle skenaariopolulle, joten on hankalaa todeta, ovatko nämä matalan kasvun skenaarion kanssa verrattavissa. Toisaalta GEA:ssa sanotaan, että energiantuotantoon vaikuttaa voimakkaasti talouskasvu, joten voidaan uskoa, että Efficiency-skenaariossa talouskasvu on huomattavasti matalampi kuin Supply-skenaariossa energiantuotantomäärien takia, jotka kuvastavat energian kysyntää.

## 4.4 Tieliikenne

Suomen energia- ja ilmastoskenaarion tieliikenneosuus perustuu VTT:n LIISA-päästölaskentamalliin. Suomessa liikenteen vuosisuoritteet lasketaan tiellä liikkuvien ajoneuvojen määrästä. Tien jokaista kohtaa on mahdotonta tarkkailla täysin, joten virhemarginaali on olemassa. Useimmissa maissa LIISA-päästölaskentamallin kaltainen liikenteen päästöjen laskenta ei onnistu, koska suoritustietoja eri tieosuuksilta ei ole saatavilla. Näissä tapauksissa suorite lasketaan keskimääräisten ajosuoritteiden kautta, jolloin virhemarginaali kasvaa huomattavasti. Voimme siis todeta, että Suomen VTT:n tekemä LIISA-päästölaskentamalli on melko luotettava.

Koska sähköautokannan muutos Suomessa tulee VTT:n mukaan olemaan melko radikaali, analysoidaan tässä kappaleessa IEA:n raportissa Global EV Outlook 2016 esitettyjä sähköautomarkkinoihin vaikuttavia asioita. Globaalisti sähköautojen määrä on kasvanut 70 % vuodesta 2014 vuoteen 2015. Euroopassa sähköautomarkkinoiden johtavat maat ovat Norja ja Alankomaat. Merkittävimmät vaikutustekijät sähköautojen markkinoiden positiiviseen kehitykseen ovat kuluttajia suosivat kannusteet sekä sähköautojen hintaa alentava teknologinen kehitys. Ladattavien hybridautojen akkujen hinnat ovat laskeneet yli 700 USD/kWh aikavälillä 2008-2015. Kun sähköautojen korkea hinta on merkitsevä este sähköautojen hankkimiseen, pitäisi tukia kohdistaa myös halvemmän teknologian kehittämiseen.

Suomen energia- ja ilmastoskenaariossa ei tuotu esille perusteluita sähköautojen merkittäväälle kasvulle Suomen henkilöautokannassa. Esimerkiksi Norjassa ja Alankomaissa sähköautokannan kasvuun ovat vaikuttaneet kannusteet, kuten normaalia pienemmät rekisteröinti- ja käyttöverot. IEA:n mukaan tällaisilla poliittisilla tukimekanismeilla on todella merkittävä vaikutus sähköautojen menestymiseen markkinoilla.

Valtakunnallisen valtionhallinnon päätävävallan alla ovat sähköautoilun kannusteiden lisäksi polttoainetalouden standardit. Suomessa on käytössä EU:n biosekoitevelvoite, joka on nestemäisillä polttoaineilla 10 % vuoteen 2020. Tosin Suomi on nostanut omia panoksiaan ja määrännyt maakohtaisen biosekoitevelvoitteen 20 %:in. Biosekoitevelvoitteen tavoite on saada nostettua bio-osuutta polttoaineissa. Tosin biosekoitevelvoite pitää sisällään tuplalaskentamahdollisuuden, joka tarkoittaa sitä että 20 %:n sijaan todellinen polttoaineen päästöjä vähentävä osuus vuonna 2020 on noin 13,5 %.

Vaikka sähköautojen vaikutus ympäristöön on positiivinen ja kasvavan tieliikenteen synnyttäessä yhä enemmän hiilidioksidipäästöjä, sähköautojen osuus maailmalla on todella pieni. Vuonna 2015 sähköautojen osuus kaikista henkilöautoista maailmassa oli vain 0,1 %. Jotta merkittäviä muutoksia liikenteen päästöissä saataisiin aikaan, pitäisi sähköautojen osuus kasvaa moninkertaiseksi pian. Esimerkiksi Norjan ja Alankomaiden sähköautokantojen kehityksestä voidaan todeta, että nopea sähköautokannan kasvu vaatii merkittäviä kannusteita. Tämä vaatii suurta panosta valtakunnallisilta valtionhallinnoilta asian suhteen. Voidaan siis todeta, että Suomen energia- ja ilmastoskenaariossa esitetyn sähköautokannan lyhyen aikavälin kasvuennusteen toteutumiseen vaaditaan uusia tukimekanismeja, jotka kannustavat kuluttajia investoimaan sähköautoihin.



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Luvussa 5.1 perehdytään vertailtavien raporttien julkaisijoihin ja tekijöihin. Tarkoituksena on luoda kuva siitä, onko raporttien kirjoittajilla mahdollisesti olemassa esimerkiksi ristiriitaisia motiiveja. Tarkoituksena on löytää mahdollisia syitä siihen, miksi Suomen energia- ja ilmastoskenaarioiden oletukset eroavat vertailtavien raporttien oletuksista. Seuraavassa luvussa eli luvussa 5.2 käydään läpi johtopäätökset Suomen ilmasto- ja energiaskenaarion vertaamisesta IIASA:n ja IEA:n raportteihin nojaten pääasiassa lukuun 4, jossa skenaarion ja raporttien vertaaminen tapahtuu.

### 5.1 Vertailtavien raporttien julkaisijoiden ja tekijöiden taustat

Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian pohjana toimivan energia- ja ilmastoskenaarioiden on koonnut Työ- ja elinkeinoministeriö, mutta yksittäisten aihealueiden ja tietojen takana on eri ministeriöt, sekä esimerkiksi konsultointiyhtiöt, joille ministeriöt ovat teettäneet tutkimuksia skenaariota varten. Energia- ja ilmastoskenaariota varten on tuotettu tutkimustöitä esimerkiksi Pöyry Management Consulting Oy:llä sekä VTT:llä. VTT ja Pöyry kuvailevat itseään puolueettomiksi asiantuntijajärjestöiksi (Pöyry Management Consulting Oy 2017; VTT 2011). Voidaan siis olettaa, että Suomen kansallinen energia- ja ilmastoskenaario, ja täten myös strategia, perustuu hyvään tutkimustietoon.

Jotta Suomen energia- ja ilmastoskenaariolle ja -strategialle saataisiin hieman vertailukohdeta, valittiin vertailtaviksi raporteiksi IIASA:n raportti GEA sekä IEA:n raportti Global EV Outlook 2016. IIASA:n julkaisema raportti GEA on kattava kuvaus energiateollisuuden mahdollisuuksista ja kehityssuunnista sekä kehitys- että teollisuusmaissa. IIASA ilmoittaa heti GEA:n alkusivuilla, että raportissa esitetyt mielipiteet eivät välttämättä edusta IIASA:ta, sen jäsenmaita tai järjestöjä, jotka ovat tukeneet työtä. IIASA ilmoittaa olevansa itsenäinen järjestö sekä järjestön rahoituksen tulevan arvostetuilta tutkimusorganisaatioilta esimerkiksi Amerikasta, Aasiasta sekä Euroopasta.

Tässä kohtaa on hieman syytä perehtyä tarkemmin raportin kirjoittajiin. Raporttiin on kirjattu lista GEA:n valtuustosta sekä lista GEA:ta sponsoroivista organisaatioista. GEA:n valtuuston nimelistassa kysymyksiä herättää henkilö nimeltä Michael Ahearn, joka toimii Solar Inc:n edustajana. Solar Inc. on myös yksi GEA:ta rahoittavista organisaatioista. Solar Inc. on amerikkalainen aurinkoenergiantuotantoalan yritys. Yrityksen tuotteisiin kuuluu muun muassa aurinkopaneelit sekä ohutkalvopaneelit. (First Solar 2017.) Solar Inc. on siis toisin sanoen järjestö, joka ajaa aurinkoenergian tuotantokapasiteetin kasvun etuja. GEA on tarkoitettu myös antamaan suuntaa kansallisille politiikkatoimille. Jos aurinkopaneelija tuottava yritys pääsee vaikuttamaan ohjearvoihin, voi GEA kannustaa kansallisia hallituksia panostamaan esimerkiksi juuri aurinkoenergian tukiin. Tällöin voisi olla mahdollista, että aurinkopaneelija valmistava yritys saisi lisää asiakkaita nostattaen samalla tuottoaan. GEA:ssa voidaan huomata aurinkoenergiamyönteisyys esimerkiksi kuvassa, jossa on kuvattu kolmen skenaariopolun energiantuotantolähteet vuosina 2005, 2030 ja 2050 (Kuva 9). Kuvasta nähdään, että 2050-luvulla aurinkoenergia on suurin energiantuotantomuoto kaikilla kolmella skenaariolla. On luonnollista, että alojen etujärjestöt tuottavat puolueellista tietoa omasta tuotantomuodostaan.

Toisaalta suurin osa listatuista valtuuston jäsenistä on entisiä tai nykyisiä eri valtioiden ministereitä tai eri energiatutkimusjärjestöjen työntekijöitä. Näiden valtuuston jäsenten voidaan olettaa olevan melko puolueettomia GEA:n tutkimuksen suhteen, jos heillä ei esiinny henkilökohtaisia siteitä esimerkiksi tiettyjen energiantuotantomuotojen etuja ajaviin järjestöihin. Näillä tiedoin voidaan olettaa, että GEA on lähes täysin puolueeton raportti, koska Solar Inc.:n osuus valtuuston edustajistossa on vain yksi henkilö. Solar Inc.:n rahoituksen summaa GEA:n tukemisessa ei ole tiedossa, joten tällä ei voida perustella organisaation vaikutuksen suuruutta GEA:ssa.

International Energy Agencyn kerrotaan olevan luotettavaa tutkimusta ja analysointia tuotava järjestö (Joint Organisations Data Initiative 2016). Työssä käsiteltiin aiemmin IEA:n julkaisua koskien sähköautojen kehitystä maailmalla. Raportti keskittyy siis pelkästään

sähköautoiluun ja vertailukohtana raportissa esiintyi useasti bensiinikäyttöiset autot. Raportti ei nosta bensiinikäyttöisten autojen positiivisia puolia esille, mutta toisaalta tämä ei ole raportin tavoite. IEA on kertonut tukevansa fossiilisten polttoaineiden korvaamista edistävää tutkimustyötä. Tämä kielii yrityksen puolueellisuudesta uusiutuvaa energiaa kohtaa.

IEA:n jäsenmaat ovat kaikki hyvin kehittyneitä ja teollistuneita maita. Tämä herättää kysymyksiä, siitä miksei kehitysmaita ole mukana toiminnassa, vaikka järjestön tavoitteisiin kuuluu myös globaalin yhteistyön edistäminen. Tämä tarkoittaa sitä, että IEA ajaa luultavasti enemmän teollistuneiden maiden etuja. Tässä tapauksessa, kun käsitellään sähköautoja, tämän voidaan uskoa käyvän toteen esimerkiksi sähköautojen komponenttien hinnoissa. Sähköautot saadaan lukijan silmissä näyttämään edukkaimmilta, kun sähköautojen hinta voidaan ilmoittaa mahdollisimman alhaiseksi. Sähköautojen komponenttien hinnat saadaan alemmas, jos ne on mahdollista tuottaa kehitysmaissa, missä työvoima on halvempaa. Tämä ei välttämättä ole eettisesti täysin oikein kehitysmaiden kannalta, mutta toisaalta seikka ei vaikuta raportin tutkimustiedon oikeellisuuteen.

Tässä työssä IEA:n Global EV Outlook 2016 raportista esiin nostetut tärkeimmät asiat liittyvät pääasiassa keinoihin lisätä sähköautoilua. Työssä ei käsitellä sähköautojen hinnan kehitystä tai muita tilastollisia tietoja, mitkä voisivat puolueettomuudellaan vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi valtakunnallisiin päättäjiin. Täten voidaan todeta, että tässä työssä Global EV Outlook 2016 raportin puolueettomuudella tai puolueellisuudella ei ole kovin paljon merkitystä. Toki seikat kuten IEA:n tukeminen fossiilisten polttoaineiden korvaamista on hyvä huomioida, mutta tällä ei ole kovin suurta vaikutusta, kun raportin tietoja verrataan Suomen energia- ja ilmastoskenaarioon.

## **5.2 Skenaarion ja raporttien vertailun tulokset ja johtopäätökset**

Edellisessä luvussa todettiin Suomen energia- ja ilmastoskenaarioon verrattavien raporttien olevan melko riippumattomia taustoistaan. Raporttien ja skenaarioiden vertailua hankaloitti

se, että kummassakaan vertailtavista raporteista ei keskitytty pelkästään Suomen kehityssuuntiin. Molemmat vertailtavat raportit käsittelivät asioita globaalista näkökulmasta. Tämä seikka vaikuttaa työn johtopäätöksiin ja niitä onkin syytä tarkastella tämä mielessä pitäen. IIASA:n GEA:ssa tuloksia eroteltiin teollisuusmaiden sekä kehitysmaiden kesken. Näissä tilanteissa oletettiin Suomen omaavan teollisuusmaiden kehityssuunnat eri sektoreilla.

Väestönkasvunennusteen osalta Suomen energia- ja ilmastoskenaarion ja GEA:n ennusteet eivät olleet yhtenäiset. GEA:n mukaan väestönkasvu tulee Euroopassa laskemaan melkein puolella. Suomen ennusteen mukaan Suomessa väestönkasvu tulee hieman nousemaan. Ristiriita saattaa johtua siitä, että Euroopan väestönmuutosta ei eritelty maittain. Toisaalta GEA:n mukaan muutos Euroopassa tulee olemaan todella radikaali, joten suurella todennäköisyydellä se koskettaa myös Suomea. Eli tämän perusteella väestönkasvu voi olla odotettua matalampaa, mitä Suomen energia- ja ilmastoskenaariossa on oletettu.

Taloukasvuennusteet ovat IIASA:n ja Suomen perusskenaarion mukaan melko yhdenmukaiset. Täten voidaan olettaa, että työssä aiemmin esitelty matalan kasvun skenaariota ei ole tarpeen ottaa huomioon lainkaan, koska taloukasvuennusteet ovat vahvasti positiiviset. Työssä ollaan aiemmin todettu taloukasvun positiiviset vaikutukset energiankulutukseen ja sähkönhinnan nousuun. Taloukasvun ollessa vahva, myös suunnitellut teollisuushankkeet erityisesti metsäteollisuuden osalta uskotaan toteutuviksi.

GEA:sta löytyi hyvin vähän teollisuuden kehitykseen liittyviä oletuksia, joita voitaisiin suoraan verrata Suomen energia- ja ilmastoskenaariossa esitettyihin teollisuussektoriin liittyviin ennusteisiin. GEA:ssa esitetyt teollisuuden energiatehokkuuden parannusehdotukset ovat jotenkin rinnastettavissa Suomen teollisuuden kehityssuunnusteisiin. Esimerkiksi GEA:ssa mainitut BAT-määritelmä, CHP-tuotanto teollisuuden energiantuotannossa ja mustalipeän kaasutus ovat teollisuuden osalta jo hyvin käytössä Suomessa. GEA:ssa myös mainittu ISO-standardien omaksumien on Suomessa kovassa kasvussa, jos analysoi esimerkiksi aikavälillä 2014-2015 omaksuttujen ISO 50001-standardien kolminkertaistumis-

ta. Näiden lisäksi GEA:ssa esille tullut energiatehokkuuden parannuskeino liittyen teollisuuslaitosten suunnitteluvaiheen tukiin kuuluu jo osaksi Suomen energia- ja ilmastopoliitiikkaa. Esimerkiksi Äänekosken biotuotetehtaalle myönnettiin työ- ja elinkeinoministeriön toimesta 32,1 miljoonaa euroa uusiutuva energian investointitukea (Metsä Fibre 2017b). Kaiken kaikkiaan Suomen teollisuuden energiatehokkuutta on jo edistetty merkittävästi.

GEA:ssa kolmesta esitetystä skenaariolopusta Suomen tilanne soveltuu eniten Efficiency-skenaarioon. Suurin syy tähän on se, että Suomessa hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia ei olla sisällytetty Suomen keskipitkän aikavälin energia- ja ilmastoskenaarioon ja nimenomaan juuri Efficiency-skenaariopolku eroaa kahdesta muusta siten, että se ei omaa juuri lainkaan hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia energiantuotantolähteissään 2030-luvulla. Efficiency-skenaariopolun toinen piirre on hidas kehitys energiantuotantorakenteessa. Aikavälillä 2005-2030 Efficiency-skenaariopolussa energiantuotantorakenteen muutokset ovat vähäiset. Vähäiset muutokset tapahtuvat aurinko- ja tuulienergian lisääntymisellä, jolloin nämä kaksi energiantuotantomuotoa kattavat lisääntyneen energiantarpeen. Suomessa tuulivoimakapasiteetin uskotaan kasvavan huomattavasti tulevina vuosikymmeninä 2010 vuonna säädetyn uusiutuvia energianlähteitä koskevan lain ansiosta.

Efficiency-skenaariopolussa energiankulutuksen kasvu pysyy maltillisena. Vaikka Suomessa talouskasvun todetaan olevan positiivista, väestönkasvu ei välttämättä tule lisääntymään odotetulla tavalla. Nämä merkit viittaavat suhteellisen maltilliseen energiankulutukseen. Yllämainituin perustein Suomi soveltuu Efficiency-skenaariopolun linjaan. Tämä tarkoittaa sitä, että nopeita muutoksia energiantuotantomuodoissa tuskin tulee tapahtumaan lähivuosikymmeninä. Nykyisen tukipaketin kohdistuessa erityisesti tuulivoimaan, muilla energiantuotantomuodoilla ei ole mahdollisuutta kehittyä yhtä voimakkaasti. Tämä vähentää tuotantomuotojen variaatiota.

Suomessa bensiiniautoja uskotaan olevan 2030-luvulla noin 61 %. Jos eri polttoainetta käyttävien henkilöautokantojen kehitystä verrataan, niin sähköautojen kanta tulee muuttamaan eniten. Sähköautojen ennustettu osuus tulee olemaan 4 % henkilöautokannasta 2030-

luvulla. Ennustettu lukumäärä vuonna 2030 on 120 050 kappaletta. Vuonna 2015 rekisteröityjä sähköautoja Suomessa oli 1 608 kappaletta. Jotta vuoden 2030 ennusteeseen päästäisiin, täytyisi Suomessa rekisteröidä vuosittain noin 7 896 sähköautoa. Vuonna 2015 olleeseen sähköautokantaan nähden luku on todella suuri.

IEA listasi julkaisussaan keinoja lisätä sähköautojen näkyvyyttä katukuvassa. Eniten esille noussut keino on erilaiset sähköautoilua tukevat kannusteet. Erityisesti sähköautojen verotukseen kohdistuvat kannusteet ovat tuottaneet tuloksia esimerkiksi Euroopassa. Jotta Suomen energia- ja ilmastoskenaarion ennuste toteutuu, täytyy IEA:n mukaan kannusteiden olla merkittäviä. Jos sähköautoiluun kohdistuvia kannusteita ei aseteta, Suomen energia- ja ilmastoskenaarion mukaiseen ennusteeseen tuskin päästään. Suomen energia- ja ilmastoskenaariossa ei mainittu perusteluita sähköautokannan suureen kasvuun.

Edellä esitettyjen analyysien perusteella voidaan todeta, että Suomen kansallisen energia- ja ilmastoskenaarion oletukset ovat jokseenkin linjassa vertailtavien raporttien oletusten kanssa. Suurin esille tullut eroavaisuus on sähköautojen suuren kasvuennusteen toteutuminen. Suomen energia- ja ilmastoskenaarion ennusteen toteutuminen vaatii Suomen hallitukselta merkittäviä kannusteita sähköautokannan lisäämiseksi. Väestönkasvun ennusteissa todettiin olevan eroja, joten väestönkasvun laskun vaikutukset esimerkiksi energiankulutuksen kasvuennusteisiin voivat olla jokseenkin merkittäviä.

Työn tulos ei ole yksiselitteinen, koska työ rajattiin koskemaan vain osaa energia- ja ilmastoskenaariossa esitettyjä osa-alueita sekä koska vertailtavia raportteja oli vain kaksi. Kattava vastaus tutkimuskysymykseen vaatisi useampien raporttien ja tulevaisuuden kehitysenusteiden vertaamista. Tulokseen vaikuttaa myös se, että vertailtavat raportit analysoivat käsiteltäviä asioita pääasiassa globaalilta kannalta.

## 7 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli vertailla Suomen energia- ja ilmastoskenaarion ennusteita ja oletuksia kahden kansainvälisen energia- ja ilmastoraportin oletuksiin. Vertailu tehtiin väestönkasvun, talouskasvun, sähkö- ja lämmitysenergianmuutosennusteiden osalta sekä sähköautojen kasvuennusteen osalta. Vertailtaviksi raporteiksi valittiin International Institute for Applied Systems Analysis:n vuonna 2012 julkaisema Global Energy Assessment sekä International Energy Agency:n julkaisema raportti koskien sähköautoja Global EV Outlook 2016.

Työssä hieman perehdyttiin myös vertailtavien raporttien julkaisijoiden ja tekijöiden mahdollisiin taustaorganisaatioihin ja sidonnaisuuksiin, jotka voisivat vaikuttaa vertailutulosten käsittelyyn. Pääasiassa pyrittiin selvittämään julkaisijajärjestöjen luotettavuuden taso. Työssä tultiin siihen tulokseen, että GEA:n valtuuston jäsenten ja rahoittajien voidaan todeta olevan melko puolueettomia GEA:n tutkimuksen suhteen, lukuun ottamatta Solar Inc. nimisen rahoittajan vaikutusta. Solar Inc.:n lahjoittamaa rahoitussummaa ei tiedetä, joten vaikutuksen suuruutta on hankala arvioida, mutta koska kyseessä on vain yksi monista rahoittajista, vaikutuksen ei uskota olevan kovin näkyvä GEA:n tuloksissa ja analyyseissa. Solar Inc:llä voidaan todeta olevan pieni vaikutus GEA:ssa esitettyihin energiantuotantorakenteisiin suuren aurinkoenergiatuotanto-osuuden takia. IEA:n Global EV Outlook 2016-raportin puolueellisuudella tai puolueettomuudella ei todettu olevan työn kannalta kovin suurta vaikutusta, koska tässä työssä käsiteltiin kyseisen raportin osalta enimmäkseen sähköautojen kannusteiden tärkeyttä.

Vertailun tuloksissa todettiin yhtenevyyttä sekä ristiriitaisuutta raporttien ja skenaarion kesken. Vertailun tulosten perusteella Suomen väestönkasvu voi olla odotettua matalampi, mutta talouskasvu tulee luultavasti olemaan perusskenaarion ennusteen kaltainen, jolloin teollisuuden investointien uskotaan toteutuvan. GEA:n mukaan Suomen teollisuuden ener-

giatehokkuus on todella hyvä, jos otetaan huomioon GEA:ssa esitetyt toimenpiteet teollisuuden energiatehokkuuden parantamiseksi. Suomen energia- ja ilmastoskenaariota verratessa GEA:n kolmeen skenaariopolkuun Suomen skenaariossa esitetty energiankulutuksenuste on verrattavissa Efficiency-polun energiantuotantomuotojenkehitykseen. Tämä tarkoittaa sitä, että pääasiassa aurinko- ja tuulienergia tulevat kattamaan lisääntyvän energiankulutuskapasiteetin tulevaisuudessa, jolloin energiantuotantomuotojen variaatio heikenee. Johtopäätökset energiantuotannon suhteen tehtiin pääasiassa hiilidioksidin varastointijärjestelmien puuttumiseen Suomen energiaskenaariosta nojaten sekä uusiutuvan energian tuotantotukeen nojaten. IEA:n raporttia verratessa tuli ilmi, että Suomessa sähköautoilua suosivien kannusteiden on oltava todella merkittävät, jotta energia- ja ilmastoskenaarion ennusteeseen sähköautokannasta päästään.

Työssä tultiin siihen tulokseen, että Suomen energia- ja ilmastoskenaario on käsiteltävin osin melko samassa linjassa työssä verrattujen raporttien kanssa. Merkittävin eroavaisuus, mitä työssä havaittiin, on sähköautojen suuri kasvuennuste, minkä pohjalta on tehty linjauksia Suomen energia- ja ilmastostrategiassa. Tämäkään oletus koskien sähköautokannan kasvua ei ole mahdoton, koska sen toteutumisesta on vastuussa IEA:n raportin mukaan sähköautokannusteiden laatijat. Teollisuuden kasvuennusteet ja energiankulutus ovat linjassa Suomen hyvien teollisuuden energiatehokkuustekijöiden, jotka GEA:ssa tuotiin esille, ansiosta.

Skenaariotarkastelun tärkeys ilmasto- ja energiapoliittisia linjauksia luodessa on erittäin suuri, jotta tarvittaviin tuloksiin on mahdollista päästä. Energia- ja ilmastoskenaarion oletuksia ja ennusteita olisi hyvä verrata useampaan eri raporttiin. Tällöin olisi mahdollisuus luoda kattavampia ja laajempia johtopäätöksiä. Vertailtavat raportit, joiden skenaarioihin verrataan, on myös syytä valita tarkkaan. Raporttien vertailukelpoisuus vaikuttaa vertailun tuloksiin vahvasti, koska varmoja johtopäätöksiä on hankalampi luoda. Esimerkiksi tässä työssä vertailtavien raporttien skenaariot olivat pääasiassa globaaleja, joka hankaloitti niiden vertaamista Suomen energia- ja ilmastoskenaarioon.



## LÄHDELUETTELO

Alanko, Jyrki. 2016. Tuoretta tietoa hallintajärjestelmien standardien yleisyydestä [SFS ry:n verkkoartikkeli]. [Viitattu 8.4.2017]. Saatavissa:

[https://www.sfs.fi/ajankohtaista/artikkelit/hallintajarjestelmien\\_yleisyys](https://www.sfs.fi/ajankohtaista/artikkelit/hallintajarjestelmien_yleisyys)

Energiateollisuus ry. 2017. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto [Energiateollisuus ry:n www-sivulta]. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavissa: <http://188.117.57.25/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/sahkon-ja-lammon-yhteistuotanto>

Finnpulp Oy. 2017. Monipuolinen biotuotelaitos [Finnpulp Oy:n www-sivulta]. [Viitattu 24.3.2017]. Saatavissa: <http://www.finnpulp.fi/havusellutehdas-finnpulp.html>

First Solar. 2017. [First Solar:n www-sivulta]. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavissa: <http://www.firstsolar.com/>

Forsius, Kaj. 2016. Päivitetty 13.3.2017. Paras käyttökelpoinen tekniikka BAT [Ympäristö.fi www-sivulta]. [Viitattu 9.4.2017]. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Paras\\_tekniikka\\_BAT](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Paras_tekniikka_BAT)

Fortum Oy. 2017. Taloudelliset näkymät [Fortum Oy:n www-sivulta]. [Viitattu 27.3.2017]. Saatavissa: <https://www.fortum.com/fi/sijoittajat/fortumsijoituskohteena/taloudelliset-nakymat/pages/default.aspx>

Haavisto, Harri. 2017. ILUC-direktiivin tuomat muutokset biopolttoaineiden kestävyysnäkökulmasta [verkkojulkaisu]. [Viitattu 8.2.2017]. Saatavissa: [https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/HHaavisto\\_ILUC-direktiivin+tuomat+muutokset+biopolttoaineiden+kest%C3%A4vyysn%C3%A4k%C3%B6kulmasta.pdf/f12587cdf2cb-47fc-a690-0b615008f502](https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/HHaavisto_ILUC-direktiivin+tuomat+muutokset+biopolttoaineiden+kest%C3%A4vyysn%C3%A4k%C3%B6kulmasta.pdf/f12587cdf2cb-47fc-a690-0b615008f502)

IIASA. 2012. Global Energy Assessment [maksullinen verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.3.2017]. Saatavissa: <http://www.globalenergyassessment.org/>

IIASA. 2016. Overview of research at IIASA [IIASA:n www-sivulta]. [Viitattu 28.3.2017]. Saatavissa: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Research.en.html>

IIASA. 2017. IIASA impact [IIASA:n www-sivulta]. [Viitattu 28.3.2017]. Saatavissa: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Impact.html>

International Energy Agency. 2016. Global EV Outlook 2016. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf)

International Energy Agency. 2017. Our Mission [IEA:n www-sivulta.] [Viitattu 5.4.2017]. Saatavissa: <https://www.iea.org/about/>

Joint Organisations Data Initiative. 2016. International Energy Agency [JODI:n www-sivulta]. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavissa: <https://www.jodidata.org/about-jodi/partners/iea.aspx>

Metsä Fibre. 2017a. Mikä hanke? [Metsä Fibren www-sivulta]. [Viitattu 8.4.2017]. Saatavissa: <http://biotuotetehdas.fi/mika-hanke>

Metsä Fibre. 2017b. Ennätystehdas [Metsä Fibren www-sivulta]. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavissa: <http://www.metsafibre.com/fi/echo/Pages/Ennatystehdas.aspx>

Penttinen, Lauri. 2010. Biomassan kestävä käytön uusia liiketoimintamahdollisuuksia Keski-Suomessa [BIOCLUS:n verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2017]. Saatavissa:

[http://www.bioclus.eu/en/images/files/Central\\_Finland/BIOCLUS\\_WP2\\_1%20Benet%201112010.pdf](http://www.bioclus.eu/en/images/files/Central_Finland/BIOCLUS_WP2_1%20Benet%201112010.pdf)

Pöyry Management Consulting Oy. 2016a. Suomen metsäteollisuus 2015-2035 [verkkojulkaisu]. [Viitattu 24.3.2017]. Saatavissa:

[https://tem.fi/documents/1410877/2772829/P%C3%B6yry\\_Suomen+mets%C3%A4teollisuus+2015-2035.pdf/ac9395f8-8aea-4180-9642-c917e8c23ab2](https://tem.fi/documents/1410877/2772829/P%C3%B6yry_Suomen+mets%C3%A4teollisuus+2015-2035.pdf/ac9395f8-8aea-4180-9642-c917e8c23ab2)

Pöyry Management Consulting Oy. 2016b. EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan linjausten toteutusvaihtoehdot ja Suomen omien energia- ja ilmastotavoitteiden toteutuminen [verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.2.2017]. Saatavissa:

<http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=12101>

Pöyry Management Consulting Oy. 2017. Vaatimustenmukaisuus [Pöyry Management Consulting Oy:n www-sivulta]. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavissa:

<http://www.poyry.com/fi/poyry/toimintatapamme/vaatimustenmukaisuus>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2016a. Uusi energia- ja ilmastostrategia julkaistiin 24.11.2016

[Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivulta]. [Viitattu 15.1.2017]. Saatavissa:

<http://tem.fi/strategia2016>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2016b. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030 [verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.1.2017]. Saatavissa:

<http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2016c. Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaarion tausta-oletuksia [verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.1.2017]. Saatavissa:

[https://tem.fi/documents/1410877/2148188/Perusskenaarion+taustaoletukset+\(luonnos+16.5.2016\)/1f44a515-66f2-477f-bf0a-ac6d7a9fc1c3](https://tem.fi/documents/1410877/2148188/Perusskenaarion+taustaoletukset+(luonnos+16.5.2016)/1f44a515-66f2-477f-bf0a-ac6d7a9fc1c3)

VTT. 2011. VTT:n toimintajärjestelmän kuvaus [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavissa: [http://www.vtt.fi/files/vtt/vtt\\_toimintajarjestelman\\_kuvaus.pdf](http://www.vtt.fi/files/vtt/vtt_toimintajarjestelman_kuvaus.pdf)

VTT. 2015a. LIISA [verkkojulkaisu]. [Viitattu 8.2.2017]. Saatavissa: [http://www.lipasto.vtt.fi/liisa/liisa\\_menetelma.pdf](http://www.lipasto.vtt.fi/liisa/liisa_menetelma.pdf)

VTT. 2015b. Suorite [VTT:n LIPASTO www-sivulta]. [Viitattu 8.2.2017]. Saatavissa: <http://www.lipasto.vtt.fi/liisa/suorite.htm>

Ympäristöministeriö. 2016a. Pariisin ilmastopimus [Ympäristöministeriön www-sivulta]. [Viitattu 15.1.2017]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/pariisi2015>

Ympäristöministeriö. 2016b. Pariisin sopimus, suomennosluonnos [verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.1.2017]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B3AF3015B-6900-4059-B58B-65C28DE6F459%7D/118492>