

Olli Sipilä, Satu Lyyra, Nikita Semkin, Jenni Patronen, Eeva Kaura, Esa Sipilä, Jukka Kopra, Veli-Pekka Tynkkynen, Katri Pynnöniemi ja Sakari Höysniemi

Energia, huoltovarmuus ja geopolittiset siirtymät

Joulukuu 2017

Valtioneuvoston selvitys-
ja tutkimustoiminnan
julkaisusarja 79/2017

KUVAILULEHTI

Julkaisija ja julkaisuaika	Valtioneuvoston kanslia, 15.12.2017		
Tekijät	Olli Sipilä, Satu Lyyra, Nikita Semkin, Jenni Patronen, Eeva Kaura, Esa Sipilä, Jukka Kopra, Veli-Pekka Tynkkynen, Katri Pynnöniemi ja Sakari Höysniemi		
Julkaisun nimi	Energia, huoltovarmuus ja geopoliittiset siirtymät		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 79/2017		
Asiasanat	Geopolitiikka, strateginen siirtymä, energiamarkkinat, turvallisuuspolitiikka, Venäjä, huoltovarmuus		
Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot	14/2017; Policy brief: Global energy sector transitions will have an impact on geopolitics 19/2017; Policy brief: Global energy transitions and Russia's energy influence in Finland		
Julkaisuaika	Joulukuu, 2017	Sivuja 183	Kieli suomen kieli

Tiivistelmä

Hanke on toteutettu Pöyryn ja Helsingin yliopiston Aleksanteri-instituutin yhteistyöhankkeena, ja se käsittelee energiasektorin muutostrendien vaikutusta geopolitiikkaan ja huoltovarmuuteen. Työn tavoitteena on ollut kehittää strategiaan energiasiiirtymiin liittyvien poliittisten riskien ja epävarmuustekijöiden ennakkointia kolmen Pöyryn valitseman energiaskenaarion (hitaan kehityksen skenaario, perusskenaario ja nopean kehityksen skenaario) kautta vuoteen 2040 saakka. Raportti antaa kokonaiskuvan tulevaisuuden energiantuotantorakenteesta keskittyen erityisesti hiilivetyjen kysynnän kehittymiseen ja uusiin teknologioihin. Lopputuloksena on arvioitu muutoksen merkitystä Venäjälle ja edelleen sen vaikutusta Suomen huoltovarmuuteen ja turvallisuuspolitiikkaan. Tulevaisuuden kehitys vastaa todennäköisesti perus- ja nopean kehityksen skenaarion välimuotoa, ja etenkin nopean kehityksen skenaario voi johtaa globaalisti merkittävään hiilivetyjen yltärintatilanteeseen. Energian ja sähkön kysyntä kasvaa, ja hiilivetyjen kysyntä laskee globaalisti ja alueellisesti molemmissa skenaarioissa. Suomen huoltovarmuuden kannalta tilanne paranee tuontipolttoaineiden osuuden vähenemisen myötä, taloudellinen riippuvuus Venäjästä vähenee ja Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta laskee. Venäjä käyttää todennäköisesti vähemmän suoria vaikutuskeinoja mutta epäsuorien keinojen käyttö on mahdollista. Kriittisimmäksi tekijäksi Suomen huoltovarmuuden kannalta nousee polttoaineiden logistiikan turvaaminen (lämmön- tuotannossa biopolttoaineet ja liikenteessä öljytuotteet ja nestemäiset biopolttoaineet) ja sähköverkon toimivuus etenkin tilanteissa, joissa Suomessa sijaitsevan tuotantokapasiteetin ja huippukulutuksen erotus on suuri. Jotta Venäjän mahdollisiin epäsuoriin vaikutuskeinoihin voidaan varautua myös tulevaisuudessa, viranomaisten, ministeriöiden ja yksityisen sektorin välinen yhteistyö on olennaista erilaisten epävarmuustekijöiden ja riskien ennakoimisessa sekä politiikkavalmistelussa.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2017 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi).

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

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare & utgivningsdatum	Statsrådets kansli, 15.12.2017		
Författare	Olli Sipilä, Satu Lyyra, Nikita Semkin, Jenni Patronen, Eeva Kaura, Esa Sipilä, Jukka Kopra, Veli-Pekka Tynkkynen, Katri Pynnöniemi ja Sakari Höysniemi		
Publikationens namn	Energi, försörjningsberedskapen och geopolitisk övergång		
Publikationsseriens namn och nummer	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 79/2017		
Nyckelord	Geopolitik, strategisk övergång, energimarknader, säkerhetspolitik, Ryssland, försörjningsberedskap		
Publikationens delar /andra producerade versioner	14/2017; Policy brief: Global energy sector transitions will have an impact on geopolitics 19/2017; Policy brief: Global energy transitions and Russia's energy influence in Finland		
Utgivningsdatum	December, 2017	Sidantal 183	Språk Finska

Sammandrag

Projektet har genomförts som ett samarbete mellan Pöyry och Alexanderinstitutet från Helsingfors Universitet, och behandlar effekterna av förändringar inom energisektorn på geopolitiken och försörjningsberedskapen. Syftet med arbetet är att utveckla förutseendet av politiska risker och osäkerheter inom strategiska energiförskjutningar genom tre olika av Pöyry valda energiscenarier (långsiktigt utvecklingsscenario, basscenario och snabbutvecklingsscenario) fram till 2040. Rapporten ger en övergripande bild av den framtida energiproduktionsstrukturen, med särskild betoning på utvecklingen av efterfrågan på kolväten och ny teknik. Slutresultatet är bedömningen av utvecklingens betydelse för Ryssland och dess inverkan på Finlands försörjningsberedskap- och säkerhetspolitik. Framtidens utveckling kommer sannolikt att vara emellan basscenario och snabbutvecklingsscenario. Särskilt snabbutvecklingsscenario kan leda till en globalt betydande överkapacitet i kolväten. Efterfrågan på energi och el växer och efterfrågan på kolväten minskar globalt och regionalt i båda scenarierna. När det gäller Finlands försörjningsberedskap, kommer tryggheten att förbättras med minskningen av andelen importerade bränslen, samtidigt som det ekonomiska beroendet av Ryssland minskar och Rysslands förmåga att påverka genom energin minskar. Ryssland kommer sannolikt att använda mindre direkt inflytande men användning av indirekta inflytanden är möjligt. Den mest kritiska faktorn för Finlands försörjningsberedskap blir att trygga bränslelogistiken (av biobränslen i värmeproduktion, och av oljeprodukter och flytande biobränslen i trafik) och elnätets funktion, särskilt i situationer där skillnaden i produktionskapacitet och toppförbrukning i Finland är stor. För att kunna förbereda sig på framtidens möjliga indirekta påverkningar från ryskt håll, är samarbetet mellan myndigheter, ministerier och den privata sektorn avgörande, för att bättre kunna förutse olika osäkerhetsfaktorer och risker, samt i utarbetning av politik.

Den här publikationen är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2017 (tietokayttoon.fi/sv).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

DESCRIPTION

Publisher and release date	Prime Minister's Office, 15.12.2017		
Authors	Olli Sipilä, Satu Lyyra, Nikita Semkin, Jenni Patronen, Eeva Kaura, Esa Sipilä, Jukka Kopra, Veli-Pekka Tynkkynen, Katri Pynnöniemi ja Sakari Höysniemi		
Title of publication	Energy, security of supply and geopolitical transitions		
Name of series and number of publication	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 79/2017		
Keywords	Geopolitics, strategic transition, energy markets, security policy, Russia, security of supply		
Other parts of publication/ other produced versions	14/2017; Policy brief: Global energy sector transitions will have an impact on geopolitics 19/2017; Policy brief: Global energy transitions and Russia's energy influence in Finland		
Release date	December, 2017	Pages 183	Language Finnish

Abstract

This project was done in co-operation between Pöyry and the Aleksanteri Institute from University of Helsinki, and deals with the impact of changes in the energy sector on geopolitics and security of supply. The aim is to develop a rationale for anticipation of the political risks and uncertainties related to strategic energy shifts. Three energy scenarios were selected by Pöyry (slow development scenario, base scenario and rapid development scenario) up to 2040. The report provides an overall picture of the future energy production structure, focusing in particular on the development of hydrocarbon demand and new technologies. The end result is the assessment of the significance of change for Russia and its impact on Finland's security of supply and security policy. The development of the future is likely to be between the baseline and rapid development scenarios. It was found that the rapid development scenario can lead to a significant overcapacity in hydrocarbons globally. Demand for energy and electricity is growing, and demand for hydrocarbons is declining globally and regionally in both scenarios. With regard to Finland's security of supply, the situation will improve with the decline in the share of imported fuels, economic dependence on Russia will decrease and Russia's ability to influence through energy will decrease. Russia is likely to use less direct means of action but the use of indirect means is possible. The most critical factor for Finland's security of supply is the safeguarding of fuel logistics (biofuels in heat production and oil products and liquid biofuels in transport sector) and the functioning of the electricity grid, especially in situations where the difference in production capacity and peak consumption in Finland is large. To anticipate possible indirect impacts of Russia in the future, cooperation between authorities, ministries and the private sector is essential in anticipating various uncertainties and risks as well as in policy drafting.

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2017 (tietokaytoon.fi/en).

The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

SISÄLLYSLUETTELO

1	Työn tausta	3
1.1	Analyysin lähtökohdat ja tavoitteet.....	3
1.2	Työvaiheet ja tutkimusmenetelmät.....	5
2	Tiivistelmä	7
2.1	Globaalit energiasektorin siirtymät geopolittisesta näkökulmasta.....	7
2.2	Siirtymien turvallisuuspoliittisten vaikutusten arviointi	12
2.3	Vaikutukset Suomen huoltovarmuuteen ja sen tuleva kehitys.....	13
2.4	Energiamurroksen merkitys Venäjälle ja vaikutuspyrkimykset Suomen kannalta.....	17
I.	GLOBAALIT ENERGIASEKTORIN SIIRTYMÄT GEOPOLIITTISESTA NÄKÖKULMASTA	19
3	Energiapolitiikkojen trendit ja vaikutukset	20
3.1	Johdanto	20
3.2	Kansainvälinen ilmastopoliittikka	21
3.3	EU:n politiikka.....	22
3.4	Yhdysvaltojen ilmastopoliittikka	25
3.5	Aasian maiden ilmastopoliittikkoja	25
3.6	Venäjän ilmastopoliittikka	26
3.7	Pohjoismainen yhteistyö energiapolitiikassa	26
3.8	Suomen kansallinen ilmastopoliittikka.....	27
3.9	Öljyn tuotannon rajoittaminen OPEC-maissa.....	28
3.10	Yhteenveto	29
4	Energiaskenaariot vuoteen 2040	30
4.1	Johdanto	30
4.2	Energiaskenaariot ja niiden lähtöoletukset.....	31
4.3	Skenaariotarkastelun epävarmuustekijät	45
4.4	Yhteenveto	50
5	Teknologioiden ja energialähteiden kehitystrendit ja potentiaali.....	53
5.1	Johdanto	53
5.2	Maakaasun kulutus ja kehitysnäkymät.....	53
5.3	Öljyn kulutus ja kehitysnäkymät.....	58
5.4	Hiilivoima ja CCS.....	62
5.5	Uusiutuvat energianlähteet	64

5.6	Ydinvoima.....	68
5.7	Muut teknologiat	71
5.8	Yhteenveto	76
6	Johtopäätökset	78
6.1	Vaikutukset energian kysyntään ja geopoliittiseen tasapainoon maailmanlaajuisesti vuonna 2040.....	78
II.	SIIRTYMIEN TURVALLISUUSPOLIITTISTEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI..	86
7	Venäjän energiapoliittiset valinnat	87
7.1	Johdanto	87
7.2	Venäjän energiapoliittiset valinnat	88
7.3	Hiilivedyt.....	90
7.4	Kivihiili	92
7.5	Ydinvoima.....	92
7.6	Uusiutuva energia.....	93
7.7	Ilmastonmuutoksen vaikutukset Venäjän energiajärjestelmään	94
7.8	Venäjän energiamurroksen poliittiset reunaehdot	94
8	Energiamurroksen vaikutukset Venäjän valintoihin.....	97
8.1	Johdanto	97
8.2	Perusskenaario.....	97
8.3	Nopean kehityksen skenaario.....	100
8.4	Hitaan kehityksen skenaario	102
9	Venäjän turvallisuuspoliittinen keinovalikoima energiamurroksen eri vaiheissa	105
9.1	Johdanto	105
9.2	Energian turvallisuuspoliittisen merkityksen analyysimalli.....	107
9.3	Strategisten energiareurssien kontrolli Venäjällä.....	110
9.4	Energiaresurssien käytön turvallisuuspoliittiset päämäärät	114
III.	VAIKUTUKSET SUOMEN HUOLTOVARMUUTEEN JA TULEVAISUUDEN KEHITYS	126
10	Huoltovarmuus ja Suomen nykyinen energiajärjestelmä	127
10.1	Johdanto	127
10.2	Huoltovarmuuden määritelmä.....	127
10.3	Huoltovarmuusmääräykset	128
10.4	Suomen energiajärjestelmä	129
10.5	Yhteenveto	136

11	Taloudellinen riippuvuus Venäjän energiavirroista.....	139
11.1	Johdanto	139
11.2	Taloudellinen riippuvuus nykytilanteessa.....	139
11.3	Taloudellinen riippuvuus tulevaisuudessa.....	143
12	Suomen energiasektorin tulevaisuuden kehitys	144
12.1	Johdanto	144
12.2	Suomen tulevaisuuden energiapaletti.....	144
13	Suomen energiapolitiikkaan kohdistuvat epäsuorat vaikutuskeinot	158
13.1	Johdanto	158
13.2	Energiasektorin valinnat ja vaikuttaminen.....	159
13.3	Esimerkkejä vaikutuskeinoista.....	160
14	Johtopäätökset ja suositukset.....	162
14.1	Muutokset Suomen energiasektorilla	162
14.2	Energiamurroksen merkitys Venäjälle ja epäsuorat turvallisuuspoliittiset vaikutukset	164
14.3	Yhteenveto skenaariotarkastelusta	167
14.4	Suosituksset.....	168
15	Lähteitä ja tausta-aineistoja	170

SANALUETTELO JA LYHENTEET

BKT	Bruttokansantuote
BP	Lontoossa pääkonttoriaan pitävä kansainvälinen energia-alan yritys (aiempi nimi mm. British Petroleum)
Brent-laatu	Pohjanmeren raakaöljy
C2ES	Center for Climate and Energy Solutions; Yhdysvaltalainen ympäristöjärjestö
CCS	Carbon Capture and Storage; Hiilidioksidin talteenotto
Clean Power Plan	Yhdysvaltain presidentin Barack Obaman ja U.S. Environmental Protection Agency:n (EPA:n) 3.8.2015 julkistama suunnitelma voimalaitosten kasviuonekaasupäästöjen vähentämiseksi sisältäen standardit uusille ja uusittaville voimalaitoksille.
Cleantech	Tuotteet, palvelut, prosessit ja teknologiat, jotka edistävät luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja ehkäisevät tai vähentävät liiketoiminnan kielteisiä ympäristövaikutuksia
COP21	YK:n Pariisissa joulukuussa 2015 pidetty 21. ilmastonmuutoskonferenssi
Energiewende	(Saksan) energiakäännö
EU	Euroopan unioni
Eurostat	Euroopan komission alainen yksikkö, jonka tehtävänä on tuottaa tilastotietoa Euroopan unionin käyttöön
Gazprom	Venäläinen maakaasu- ja öljykonserni
Gazprom Neft	Osa Gazprom-konsernia oleva öljy-yhtiö
Geoekonomia	Taloudellisen vallan käyttö osana strategisen tason vaikuttamista
Geopolitiikka	Valtioiden maantieteellisen aseman ja turvallisuuspoliittisten tavoitteiden välinen riippuvuussuhde
GIPL	Gas Interconnection Poland-Lithuania; Puolan ja Liettuan välinen siirtokaasuputki
HELE	High efficiency low emissions; sisältää suuren määrän erilaisia hiilen polton tekniikoita, joiden tavoitteena on myös pienempi hiilen kulutus
IEA	International Energy Agency
IMF	International Monetary Fund; Kansainvälinen valuuttarahasto
IRENA	International Renewable Energy Agency; Kansainvälinen uusiutuvan energian järjestö
LNG	Liquefied Natural Gas; Nesteytetty maakaasu
Lukoil	Yksityisomisteinen venäläinen öljy-yhtiö
Nord Pool	Suomen, Ruotsin, Norjan, Tanskan, Viron ja Liettuan kantaverkkoyhtiöiden yhdessä omistama sähköpörssi
Nordic Energy Research	Pohjoismaiden ministerineuvoston hallinnoima energia-alan tutkimusta edistävä elin
NordREG	Pohjoismaiden energiaregulaattoreiden järjestö

Nord Stream 2	Itämeren kautta Venäjältä Saksaan kulkeva kaasuputkihanke
Novatek	Venäjän toiseksi suurin maakaasun tuotantoyhtiö
OECD	Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries; Öljyn viejäm maiden järjestö
Pyrolyysi	Kuivatislaus
RAO Nordic	Venäjän sähkön viennistä vastaava yhtiö
Rosatom	Venäjän valtion ydinenergian ja –aseiden tuotannosta, säteilyturvallisuudesta ja tutkimuksesta vastaava korporatio
Rosneft	Venäjän valtion enimmäisomistuksessa oleva öljy-yhtiö
SMR	Small modular reactor; Yhteistermi pienille (alle 300 MW _e) modulaarisesti rakennettaville ja siirrettäville ydinreaktoreille
Surgutneftegaz	Osittain valtio-omisteinen venäläinen öljy- ja kaasuyhtiö
SVOP	Sovet po Vneshnej i Oboronnoj Politike; Ulko- ja turvallisuuspolitiikan neuvosto
Tatneft	Venäläinen öljy- ja kaasuyhtiö
Torrefiointi	Paahtaminen
TVEL	Venäjän valtion ydinpolttoaineen tuotannosta vastaava yritys
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change, YK:n ilmastomuutoskonventti
Urals-laatu	Useista venäläisistä raakaöljyistä sekoitettu viitelaatu
WTO	World Trade Organization, Maailman kauppajärjestö
YK	Yhdistyneet Kansakunnat

1 TYÖN TAUSTA

1.1 Analyysin lähtökohdat ja tavoitteet

Energia on aina ollut oleellinen osa valtioiden välistä valtapolitiikkaa. Kyse on viime kädessä geopolitiikasta, eli valtioiden maantieteellisen aseman ja turvallisuuspoliittisten tavoitteiden välisestä riippuvuussuhteesta. Energiaresurssien hallinnan geopolitiikalla¹ tarkoitetaan kilpailua valta-asemasta, jonka reunaehdot muodostuvat energiaresurssien maantieteellisen sijainnin, energiansiirtoon tarvittavan infrastruktuurin sekä energiateknologian kehityksen kautta.

Selvityksen lähtökohtana on, että energiamarkkinoiden kehitys ja uusien teknologioiden käyttöönotto muuttavat merkittävästi valtiollisten toimijoiden sekä suuryritysten geopolitiittista ja geoeconomista toimintaympäristöä. Useat tekijät tulevat johtamaan hiilivetyjen käytön vähenemiseen pitkällä tähtäimellä. Muutos ei ole suoraviivainen ja vaikutukset vaihtelevat eri aikoina. Esimerkiksi pyrittäessä eroon fossiilista energialähteistä, maakaasulla voi olla merkittävä rooli osana järjestelmää, mutta pidemmällä aikavälillä myös fossiilisesta maakaasusta olisi luovuttava. Sähköautojen yleistyminen taas voi vähentää tiettyjen öljyjakeiden käyttöä, mutta kemianteollisuus ei välttämättä pysty korvaamaan muiden jakeiden käyttöä samalla tahdilla.

Energiateknologian nopea kehittyminen, ilmastonmuutoksen kiihtyminen sekä sotilaalliset konfliktit globaalin energiahuollon kannalta keskeisillä alueilla voivat yhdessä tai erikseen johtaa strategisiin siirtymiin alueellisella tai globaalilla tasolla. 2010-luvun alkupuolelle tultaessa energia- ja geopolitiikan suhteessa tapahtui lähihistorian merkittävin strateginen siirtymä, kun Yhdysvaltain tuontiriippuvuus öljystä väheni nopeasti kasvaneen kotimaisen liuskeöljy- ja kaasutuotannon myötä. Tämä muutos on osaltaan vaikuttanut maakaasun hintakehitykseen Euroopassa ja osittain myös eri maiden tarpeeseen neuvotella uudelleen olemassa olevia tuontisopimuksia Venäjältä.

Toinen merkittävä strateginen siirtymä liittyy ilmastonmuutokseen, jonka torjumiin tähtäävät toimenpiteet tulevat toteutuessaan ohjaamaan eri maiden energia-politiittisia ratkaisuja. Uusiutuvaa energiaa, erityisesti tuuli- ja aurinkoenergiaa on tuettu merkittävästi niiden käytön lisäämiseksi, minkä seurauksena uusiutuvan energian investoinnit ovat kasvaneet nopeasti. Investoinnit ovat johtaneet nopeaan teknologiakehitykseen ja kustannusten laskuun, minkä johdosta teknologia on saavuttamassa kilpailukyvyyn markkinoilla myös ilman tukia. Kehitykseen liittyy kuitenkin vielä ratkaisemattomia ongelmia erityisesti energian varastoinnissa.

Turvallisuuspoliittisen toimintaympäristön muutos on kolmas, eri maiden energia- ja turvallisuuspoliittisiin valintoihin vaikuttava strateginen siirtymä. Esimerkiksi 1970- ja

¹ Geopolitiikka tutkii vuorovaikutusta poliittisten toimijoiden välillä ja politiikan riippuvuutta maantieteellisistä tekijöistä (esim. Scholten & Bosman, 2016). Uusimmassa tutkimuskirjallisuudessa tehdään ero geopolitiikan ja geoeconomian välillä. Geoeconomialla tarkoitetaan taloudellisen vallan käyttöä osana strategisen tason vaikuttamista (Vihma & Wigell, 2016; kts. myös Sattich, 2016).

1980-luvun öljykriisit punoivat valtioiden energia- ja muita politiikkoja tiukemmin osaksi turvallisuuspolitiikkaa. Neuvostoliiton hajoaminen 1990-luvun alussa johti päinvastaiseen kehityskulkuun: liikenne- ja energiainfrastruktuurin kehittäminen nostettiin yhdeksi keskeiseksi Venäjän ja Euroopan välisen yhteistyön osa-alueeksi. Energiapolitiittisen ja yleensä taloudellisen keskinäisriippuvuuden oletettiin tasaavan Venäjän ja Euroopan unionin jäsenmaiden välisiä kehityseroja ja vähentävän strategisia ristiriitoja ja siten eri maiden välistä konfliktipotentialia. (Martikainen ym, 2016)

Keskinäisriippuvuuden merkitys Venäjän politiikassa on kuitenkin osoittautunut oletettua vaatimattomammaksi. Venäjän turvallisuuspolitiikan lähtökohtana on pyrkimys vahvistaa maan suurvalta-asemaa ja moninapaista maailmanjärjestystä. Energiapolitiikka on yksi keino tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Suuntaviivat energiapolitiikan käytölle osana Venäjän geoeconomista (Vihma ja Wigell, 2016) vaikuttamista on määritelty Venäjän energiastategiassa ja kansallisen turvallisuuden strategiassa. (Strategia 2009; Venäjän energiainisteriö 2009, 2017; Strategia 2015) Kaasuntoimitusten katkaiseminen Ukrainaan vuosina 2006 ja 2009 ovat esimerkkejä ns. "energia-aseen" käytöstä osana Venäjän ulkopoliittikkaa. Venäjän toimilla on ollut sen kannalta myös ei-toivottuja seurauksia. Euroopan unionin jäsenmaat ovat ryhtyneet aiempaa ponnekkaammin vähentämään riippuvuutta Venäjältä tuodusta energiasta. Vuodesta 2014 jatkunut Ukrainan konflikti on vahvistanut tätä kehityslinjaa, vaikka EU-maat eivät ole kohdistaneet taloudellisia pakotteita varsinaiseen energiakauppaan.²

Tämän selvityksen tavoitteena on kehittää strategisiin siirtymiin liittyvien poliittisten riskien ja epävarmuustekijöiden ennakkointia. Tämä on tärkeää, koska energiasektorin maailmanlaajuisia muutostrendejä koskevat analyysit eivät riittävässä määrin huomioi energiemarkkinoiden ja energiamurroksen turvallisuuspoliittisia tai yleisemmin valtopoliittisia vaikutuksia ja niihin liittyviä poliittisia riskejä yksittäisten maiden näkökulmasta. Suomen energiajärjestelmään sisäänrakennettujen riskitekijöiden ymmärtämiseksi selvitystyössä analysoidaan energian roolia osana Venäjän turvallisuuspolitiikkaa. Tulevaisuudessa Suomelle merkittäviä Venäjältä tuotavia polttoaineita ovat öljyn, kaasun ja hiilen lisäksi ainakin uraani ja mahdollisesti myös biomassa. Tutkimusanalyysin tehtävänä on avata Suomen huoltovarmuuteen liittyviä epävarmuus- ja riskitekijöitä edellä kuvattujen strategisten siirtymien näkökulmasta.

² Yhdysvaltojen määräämät talouspakotteet ovat sen sijaan vaikuttaneet myös energiainvestointeihin. Yhdysvaltojen kongressin heinäkuussa 2017 hyväksymä pakotelaki asettaa rajoituksia myös yksittäisiin projekteihin, kuten North Stream II hankkeeseen. Pakotteet vaikeuttavat hankkeen rahoitusta ja sitä kautta hidastavat sen etenemistä. (Rettman, 2017)

1.2 Työvaiheet ja tutkimusmenetelmät

Työn ensimmäisessä vaiheessa analysoitiin energiasektorin maailmanlaajuisia muutostrendejä ja muodostettiin analyysin pohjalta kolme energiasektorin strategisia siirtymiä kuvaavaa skenaarioita vuoteen 2040.

Tarkastelun pohjana hyödynnettiin Pöyryn tietokantojen ja ennusteiden lisäksi olemassa olevaa tutkimus- ja selvitysaineistoa keskittyen niiden analyysiin ja johtopäätösten tekoon tämän selvityksen näkökulmasta. Useat tahot ovat tehneet tulevaisuuden energiaskenaarioita, muutamana esimerkkinä BP:n Energy Outlook, IEA:n World Energy Outlook ja World Energy Council. Aikaisempien selvitysten perusteella työssä arvioitiin yhteneviä näkemyksiä keskeisistä trendeistä ja epävarmuuksista, sekä eroavia näkemyksiä ja näkökulmia. Painopisteenä kriittisimpien ja vaikuttavuudeltaan suurimpien trendien tunnistamisessa olivat etenkin uusiutuvat energianlähteet, sähköautot, ydinvoima, maakaasu, öljy, hiilivoima jne. Energijärjestelmien muutosten hitauden vuoksi nykyisten teknologioiden painoarvo tulee olemaan suuri pitkälle tulevaisuuteen, vaikka uusia energiantuotantomuotoja kehitetään.

Selvitystyön ensimmäisessä vaiheessa muodostettiin kokonaiskuva tulevaisuuden energiantuotantoteknologioista ja energiantuotannon rakenteesta maanosatasolla ja globaalisti. Tavoitteena oli arvioida yksittäisten trendien leviämistä ja vaikutuksen suuruutta sekä niiden keskinäistä riippuvuutta. Esimerkiksi aurinko- ja tuulivoima ovat selkeästi yleistymässä merkittävästi, mutta lopullinen taso riippuu teknologian kehityksestä, vallitsevasta energiapolitiikasta sekä sähköjärjestelmän kyvystä ottaa vastaan vaihtelevaa tuotantoa (esim. varastointiteknologiat, sähköautojen yleistyminen). Aurinko- ja tuulivoiman kehitys voi myös johtaa uudenlaiseen energiantuotannon alueelliseen tasapainoon, mikäli tuotanto keskittyy maapallon aurinkoisimmille alueille. Toisaalta tuotanto hajautuu yhä lähemmäs kuluttajia ja aurinkosähköä voidaan tuottaa kannattavasti myös esimerkiksi Suomen olosuhteissa.

Energiantuotantorakenteen kehitystä arvioitiin maanosatasolla keskittyen erityisesti öljyn, maakaasun ja kivihillen tarpeen kehitykseen. Teknologiatrendien ja energiantuotantorakenteen kehittymisen analyysin pohjalta tehtiin vaikutusarvio globaalista geopoliittisesta kehityksestä ja strategisista siirtymistä. Strategisella siirtymällä tarkoitetaan tilannetta, jossa energiamaarkkinoiden muutoksella on geopoliittisia seurauksia. Energiantuotannon mahdollistavat teknologiat ja tuotantorakenteet määrittävät osaltaan eri valtioiden geopoliittista ja geoeconomista kilpailuasetelmaa. Tuotantorakenteen muutos ja uusien teknologioiden käyttöönotto vaikuttavat energian hintaan ja välillisesti tai suoraan siihen mitkä valtiot ja maanosat tulevat hyötymään tai häviämään. Joidenkin teknologioiden kehitys puolestaan edesauttaa etenkin vahvan teknologiatuotannon omaavia maita ja saattaa muuttaa maiden välisiä riippuvuussuhteita.

Analyysissä hyödynnettiin kuvassa 1-1 esiteltä yhdysvaltalaisen Columbian yliopiston Globaalien energiapolitiikan laitoksella kehitettyä ”kuuden säännön”-viitekehystä. Sen avulla voidaan arvioida miten eri energiaan liittyvissä geopoliittisissa siirtymissä eri valtiot voivat käyttää tai olla kohteena energian kautta tapahtuvalle poliittiselle vaikuttamiselle.

Kuva 1-1 ”Kuuden säännön”-viitekehys energiasta johtuvien geopoliittisten siirtymien arviointiin.



Selvitystyön toisessa vaiheessa analysoitiin ensimmäisen vaiheen analyysin pohjalta strategisten siirtymien merkitystä Venäjälle. Analyysin lähtökohtana on näkemys, että maailmanlaajuinen energiamurros (siirtyminen hiilivedyistä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön) on keskeinen Venäjän energiariippuvaisen talouden ja sitä kautta poliittisen järjestelmän tasapainoon vaikuttavista tekijöistä. Analyysissä esitetään arvio miten strategiset siirtymät (kolme skenaariota) muuttavat Venäjän energia- ja turvallisuuspolitiikan reunaehtoja. Selvitystyön toisessa vaiheessa on kuvattu sitä, miten energia on osa Venäjän turvallisuuspolitiikkaa ja esitetään arvio energian kautta tapahtuvan vaikuttamisen suuntaviivoista. Toisen vaiheen lopuksi on arvioitu, millaisia vaikuttamiskeinoja Venäjällä on eri skenaarioissa ja mitä se tarkoittaa Suomen kannalta.

Työn kolmannessa vaiheessa on arvioitu energiasektorin maailmanlaajuisten muutostrendien (kolme skenaariota) ja Venäjän turvallisuuspolitiikan keinovalikoiman yhteisvaikutusta Suomen huoltovarmuuteen. Analyysissa huomiota on kiinnitetty erityisesti siihen, miten Suomen energiapaletti kehittyy huoltovarmuuden näkökulmasta tässä ympäristössä, mitä kehitysnäkökuja siihen mahdollisesti liittyy ja kuinka siirtymien ennakkointia tulisi huomioida muun muassa turvallisuuspoliittisesta näkökulmasta. Selvityksen lopputuloksena esitetään konkreettisia havaintoja energiamurroksen vaikutuksista, Venäjän talouden kyvystä kohdata murros laskeneiden hiilivetyjen vientitulojen johdosta sekä johtopäätöksiä siitä, miten tämä uusi tilanne vaikuttaa Suomen energiatilanteeseen ja huoltovarmuuteen.

Työ tehtiin Pöyryn ja Aleksanteri-instituutin yhteistyönä. Pöyry on vastannut osa-alueista I ja III ja Aleksanteri-instituutti osa-alueesta II. Raportin sisältämät tulokset ja johtopäätökset perustuvat osittain tekijöiden kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saamiin tietoihin. Tekijät eivät ole erikseen tarkistaneet kaikkea kolmansilta osapuolilta tai ulkopuolisista lähteistä saadun tiedon oikeellisuutta tai täydellisyyttä eivätkä siten voi taata tiedon oikeellisuutta. Tekijät eivät vastaa kolmannelle osapuolelle tämän raportin käyttämisen tai siihen luottamisen perusteella aiheutuneesta haitasta tai vahingosta.

2 TIIVISTELMÄ

2.1 Globaalit energiasektorin siirtymät geopoliittisesta näkökulmasta

Raportin ensimmäisessä osassa käsitellään energiasektorin globaaleita muutostrendejä. Poliittiset päätökset (esim. kansainväliset ilmastopöytäkirjat, kansalliset ilmastostrategiat ja uusiutuviin energiantuotantomuotoihin kohdistuva tukipolitiikka) muodostavat keskeisen muutosvoiman, joka vaikuttaa merkittävästi eri tasoilla. Toinen keskeinen alue on uusien ja konventionaalisten energiamuotojen nykytilanne ja ennustetut kehityskaaret. Näiden muuttujien perusteella Pöyry on muodostanut kolme skenaariota (perusskenaario, nopean kehityksen skenaario ja hitaan kehityksen skenaario) yhdistellen useita kansainvälisiä selvityksiä ja omaa jatkuvaa analyysityötä energiamarkkinoista. Eri skenaarioiden tarkemmat lähtöoletukset on kuvattu raportin luvussa 4.2.

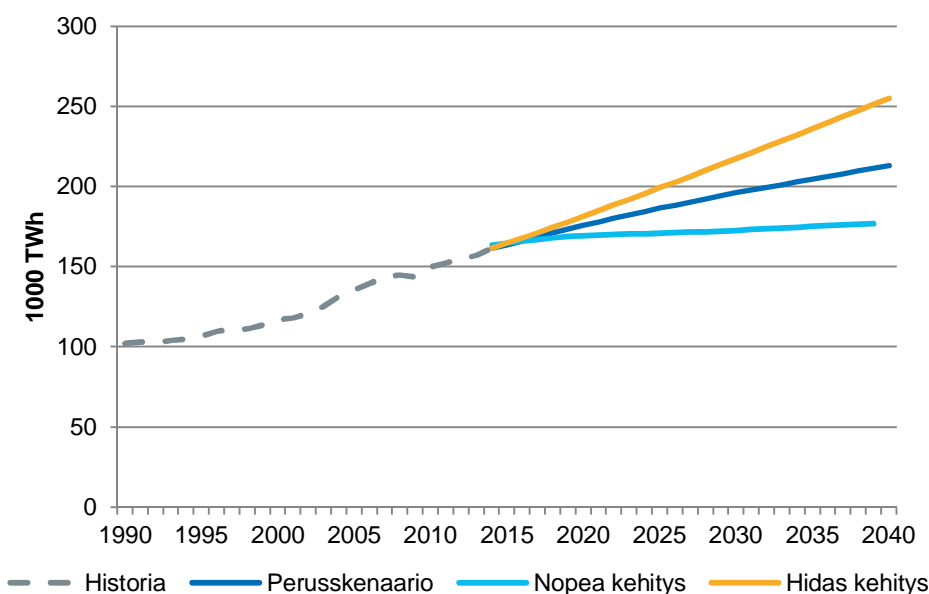
Perusskenaario ei välttämättä johda radikaaleihin geopoliittisiin vaikutuksiin, ts. alueiden, markkinoiden, valtioiden ja instituutioiden väliset valtasuhteet eivät välttämättä muutu vuoteen 2040 mennessä. Perus-, kuten myös nopean kehityksen skenaariossa, hiilivetyjen käytön määrä kuitenkin vähenee OECD-maissa, kuten EU-alueella. Pöyry on koostanut selvityksen useiden globaalisti arvostettujen tahojen näkökulmista keskittyen niiden pääviestien tulkintaan.

Nopeaa murrosta, ts. Pariisin ilmastopöytäkirjan mukaisten tavoitteiden täyttymistä, kuvataan erityisesti IEA:n 450-skenaariossa, jota on käytetty pohjana tässä selvityksessä kuvaamaan nopeaa kehitystä kohti uusiutuvia energialähteitä nopean energiatehokkuuden kehityksen ja vankan poliittisesti suosiollisen ilmapiirin tukevana maailmanlaajuisesti. Nopean kehityksen maailmassa hiilivetyjen tarjonta ylittää kysynnän ja johtaa mataliin hintatasoihin sekä eri tuottaja-alueiden keskinäiseen kilpailuun. Se voi johtaa muun muassa Venäjän näkökulmasta tavoitetasoa selkeästi pienempiin vientituloihin öljystä ja maakaasusta. Tutkijoiden mielestä todennäköisin kehityskulku on perusskenaarion ja nopean kehityksen skenaarion välissä.

Hitaan kehityksen skenaariossa nykyinen kehitys jatkuu samansuuntaisena, ja historia toistaa itseään. Skenaario on luotu kuvaamaan mahdollista kasvavaa poliittista epävarmuutta, ja siinä murros hidastuu jopa nykytasoltaan. Hitaan kehityksen skenaariota voisi kuvata Trumpin politiikan toteutumisella (ts. Pariisin ilmastopöytäkirjasta pois jättäytyminen) myös muissa suurissa saastuttaja- ja/tai rahoittajamaissa. Skenaarion toteutuminen etenkin kehittyneissä maissa ei ole kovin todennäköistä, sillä jo tällä hetkellä käytössä olevat poliittiset ohjaukeukset tukevat perusskenaarion tai nopean kehityksen skenaarion mukaista kehitystä, ja sen vuoksi hitaan kehityksen skenaario toimii lähinnä vertailukohtana.

Maailman energian kokonaiskysyntä kasvaa arviolta 32 % vuoteen 2040 mennessä (Kuva 2-1). Kasvu tapahtuu kehittyvillä markkinoilla. OECD-maissa kasvu on verrattain pientä mutta OECD:n ulkopuolella merkittävää skenaarioista riippumatta.

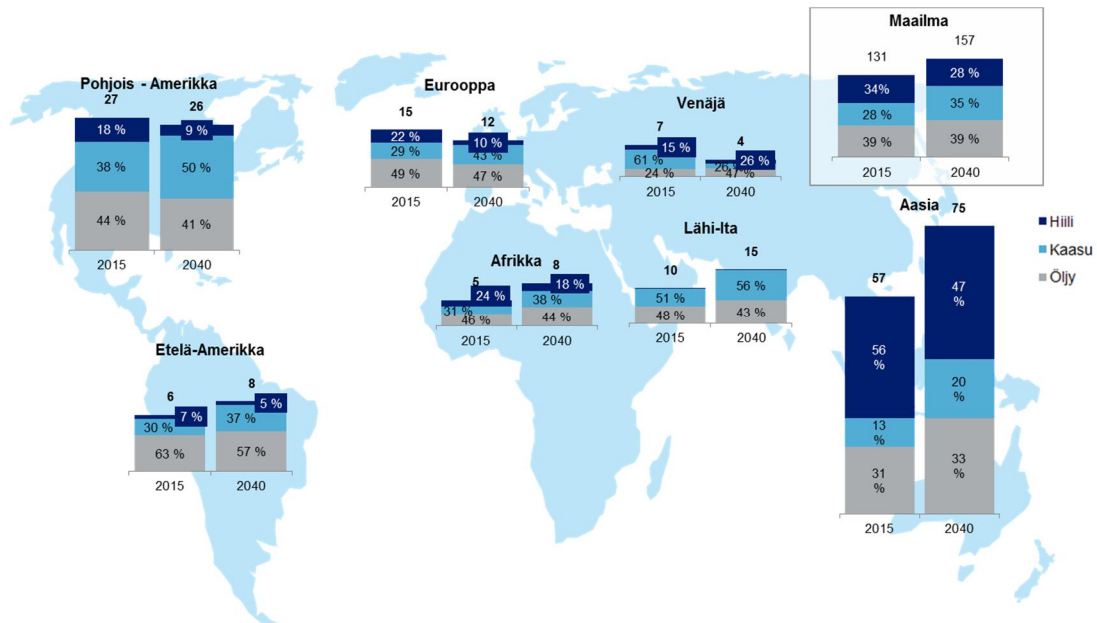
Kuva 2-1 Energian kokonaiskysyntä



Energiasektorin muutoksella voi olla merkittävä vaikutus hiilivetyjen kysyntään ja sen maantieteelliseen jakaumaan, jos Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet täyttyvät (Kuva 2-2). Tällöin on kuitenkin tapahduttava myös nopeita muutoksia teknologioiden kilpailukyvyssä ja rahoituksessa. Aurinko- ja tuulivoima ovat kehittyneet ja kehittyvät vielä nopeaa vauhtia. Sen sijaan sähkön varastoinnin ja esimerkiksi pienen kokoluokan ydinvoiman ja hiilidioksidin talteenoton kehittymiseen kustannuskilpailukykyiseksi liittyy vielä suuria teknologisia haasteita. Vaikka ne saataisiin ratkaistua, on murros kansantaloudellisesti ja rahoitustarpeiden näkökulmasta merkittävä. Epävarmuus toimintaympäristön kehityksestä luo hitautta murroksessa, sillä energiainvestointien rahoitus vaatii tasapainoisen ja/tai varman toimintaympäristön. Kansantalouksien poliittinen ympäristö esimerkiksi Kiinassa, Yhdysvalloissa, Venäjällä ja EU:ssa voi hidastaa tavoitellun kehitysuran toteutumista.

Suurista hiilivetyjen käyttäjistä Yhdysvallat kykenee vähentämään tuontiriippuvuuttaan pienentyneen hiilivetyjen käytön ja lisääntyneiden omien varantojen käytön johdosta. Sama tapahtuu Australiassa. Muualla OECD-maissa uusiutuvien energianlähteiden käytön lisäyksestä johtuva vähentyvä hiilivetyjen käyttö heikentää myös geopoliittisia riippuvuussuhteita. Aasia ja erityisesti Kiina ja Intia ovat avainasemassa. Niiden talouskasvu on edesauttanut hiileen perustuva edullinen energian tuotanto. Alueen talouskasvu johtaa edelleen energian kysynnän kasvuun. Samalla ilmastopoliittika aiheuttaa paineita vähentää hiilestä johtuvia päästöjä eri keinoin. Maakaasu tulee olemaan tässä erittäin keskeisessä roolissa. Aasian käyttäjillä tulee olemaan useita eri mahdollisia kanavia saada maakaasua: joko putkea pitkin Venäjältä ja Keski-Aasiasta tai LNG:tä Lähi-idästä, Kaakkois-Aasiasta ja Australiasta, Venäjältä ja mahdollisesti jopa Pohjois-Amerikasta.

Kuva 2-2 Hiilivetyjen kokonaiskysyntä globaalisti vuosina 2015 ja 2040 perusskenaarion mukaisesti (%-osuus hiilivetyjen kokonaiskysynnästä)



Mikäli energiamurros tapahtuu perusskenaarion mukaisesti, voi maakaasuun ja öljyyn liittyvä maantieteellinen tasapaino säilyä lähellä nykyisen kaltaista tasapainoa maailmanlaajuisesti (Kuva 2-3). Tällöin Venäjä kykenee korvaamaan EU:n vähentyneen kysyntävolyymiin siirtämällä vientiä kohti Aasiaa ja erityisesti Kiinaa. Venäjä pyrkineekin rakentamaan kilpailutilannetta EU:n ja Aasian välille myös jatkossa. Mihän tasapaino lopulta asettuu, on riippuvainen myös siitä mihin, milloin ja kenen toimesta tarvittavaa infrastruktuuria rakennetaan, ja ovatko kiinalaiset valmiita projektien rahoittamiseen.

Uusiutuvan energian teknologioista sähköä tuottavat aurinko- ja tuulivoima kasvavat erittäin voimakkaasti maailmanlaajuisesti ja lisäksi ydinvoima on selkeä voittajateknologia kehittyvissä maissa vuoteen 2040 saakka. Sähkön osuus maailman kokonaisenergian kulutuksesta oli noin 15 % vuonna 2015, ja sen vuoksi energiasektorin murros ei sähkön tuotannossa ja käytössä nosta sen osuutta kuin noin 18 - 20 %:iin kokonaisenergian käytöstä vuoteen 2040 mennessä. Suurin haaste on siis liikenteen, teollisuuden ja rakennuskannan energian käytön murros. Se vaatii käyttövoimamuutoksia esimerkiksi korvaamalla polttoaineena tai raaka-aineena käytettävää fossiilista öljyä joko biopolttoaineella tai sähköllä.

Kuva 2-3 Perusskenaarion mukaiset energiasektorin murroksen painopiste-alueet vuoteen 2040 mennessä



Nopean kehityksen skenaario voi johtaa globaalisti merkittävään hiilivetyjen ylitarjontatilanteeseen, ja geopoliittiset siirtymät ovat mahdollisia. Tämä lisää painetta matalaan hintatasoon sekä öljyssä että maakaasussa vaikuttaen merkittävästi Venäjän talouteen ja sitä kautta maan politiikkavaihtoehtoihin, joita tarkastellaan tarkemmin osiossa II. Energiasektorin murros voi näin ollen nopeimmillaan johtaa matalien öljy- ja maakaasun vientitulojen aikaan etenkin vuoden 2030 jälkeen. Nopea murros on kuitenkin epävarma johtuen sen vaatimasta investoinneista tukevasta poliittisesta ympäristöstä ja muutoksen rahoituksesta.

Nopean kehityksen skenaariossa Aasia kykenee irrottautumaan historiallisesta öljyn ja hiilen käytön trendistä ja niiden käyttö voi vähentyä kolmanneksella. Tämä määrä korvautuu ensisijaisesti maakaasulla, jonka käyttö kasvaa merkittävästi kaikissa skenaarioissa. Jotta nopea kehitys on mahdollista, on sekä uusiutuvien energialähteiden teknologiakehityksen, sähkön varastoinnin, ydinvoiman kilpailukykyisyyden, liikenteen sähköistymisen, energiatehokkuuden – ja ehkä myös hiilidioksidin talteenoton - kehityttävä suotuisasti (Kuva 2-4). Samalla sähkön käytön osuuden kokonaisenergiasta pitäisi nousta huomattavasti korvaten polttoaineiden käyttöä esimerkiksi lämmityksessä ja liikenteessä. Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen

lienee haasteellisinta teollisuudessa ja liikenteessä johtuen joko niiden raaka-aineominaisuuksista tai hintakilpailukyvästä.

Kuva 2-4 Nopean kehityksen skenaarion mukaiset energiasektorin murroksen painopistealueet vuoteen 2040 mennessä



Öljymaiden vähenevät tulot voivat aiheuttaa paikallisia epävakauksia



Sähkön ja sen mukana verkkoinfrastruktuurin merkitys kasvaa huomattavasti



Uusiutuvat teknologiat ja niiden kehittäjät voittajia – öljy ja hiili häviäjiä



Vanhat kartellit menettävät merkitystään – uusia voi syntyä tilalle

EU:n tarve öljylle ja kaasulle vähenee erityisesti nopean kehityksen skenaariossa vuoden 2030 jälkeen. Mikäli LNG:tä on Aasiassa tarjolla kilpailukykyisellä hinnalla suhteessa putkikaasuun, voivat vaikutukset Venäjään olla merkittävät. EU:n suhteen Venäjä pyrkinee pitämään korvaavat lähteet (LNG- ja muut projektit) hitaan kehityksen tiellä. Tätä vahvistetaan lisäämällä siirtoyhteyksiä, joista syntyy mahdollisuus vaikuttaa hinnanmuodostukseen.

EU on energiastrategiansa mukaisesti lähtenyt vähentämään riippuvuutta tuontienergiasta, ja sillä on koko ajan paranevat mahdollisuudet riippuvuuden vähentämiseen uusiutuvia energialähteitä hyödyntävien teknologioiden kehityksen myötä. EU tuo tällä hetkellä 90 % raakaöljystä ja 66 % maakaasusta. Venäjältä raakaöljystä tulee noin 28 % ja maakaasusta noin 40 %. EU:n kysyntä onkin noin 2/3 osaa

Venäjän hiilivetyjen viennistä. EU:n öljyn käyttö voi vähentyä 15 - 50 % perus- ja nopean kehityksen skenaarioissa vuoteen 2040 mennessä. EU:n maakaasun käyttö vastaavissa skenaarioissa voi joko kasvaa hieman nykytasoltaan tai vähentyä 25 %.

Hiilivetyjen kysynnän muutos on keskeistä, kun EU:n, Venäjän, Kiinan ja USA:n tilannetta tarkastellaan energia-geopolitiikan kuuden perustekijän suhteen. Geopoliittisesta näkökulmasta EU:n asema on haastava, sillä mikään merkittävä maa tai alue ei ole riippuvainen siitä energiantuojana. Venäjä puolestaan säilyy luonnonvarojen nettoviejänä. Koska luonnonvarojen kysyntä ja merkitys vähenevät, vähenee Venäjän kyky vaikuttaa energiamarkkinoihin. Venäjän mittavat luonnonvarat antavat sille kuitenkin jonkin verran pelivaraa, ja merkittävät varat harvinaisia metalleja voivat jossain määrin kompensoida menetettyä vaikutusvaltaa. Valtavan talouden ja laajan öljyn ja kaasun kysynnän vuoksi (huolimatta öljyn kokonaiskysynnän vähenemisestä) Kiina on vahvassa asemassa käyttämään energiadiplomatian keinoja.

Mikäli tuleva kehitys on perusskenaarion mukaista tai hitaampaa, voitaneen murroksen arvioida olevan niin hidasta, ettei geopolittisiä siirtymiä synny merkittävästi. Jos kehitys on nopean skenaarion mukaista, energiasektorin murroksen vaikutus on merkittävä. Todennäköisin kehityssuunta on perusskenaarion ja nopean kehityksen skenaarion välissä, sillä jo tällä hetkellä käytössä olevat poliittiset ohjaukset tukevat perusskenaarion tai nopean kehityksen skenaarion mukaista kehitystä. Nopean kehityksen skenaarion toteutumista edesauttavat vakaat kansantaloudet ja vakaa toimintaympäristö sekä nopea muutos teknologioiden kilpailukyvyssä ja rahoituksen saatavuus uusien teknologioiden investoinneille.

2.2 Siirtymien turvallisuuspoliittisten vaikutusten arviointi

Maailmanlaajuiset strategiset siirtymät energiasektorilla tulevat vaikuttamaan Venäjän energiapolitiikan lähtökohtiin – esimerkiksi siihen, miten energiavirtojen kontrolli yhtenä Venäjän vallankäytön välineenä muuttuu fossiilisista uusiutuviin energialähteisiin siirryttäessä.

Perusskenaariossa Venäjä pyrkii siirtämään tuotantoaan ja rakentamaan energianvientiä kapasiteettiaan enemmän kohti Aasian markkinoita, samalla säilyttäen vaikutusvaltansa ja vaikuttamiskeinonsa perinteisellä markkina-alueellaan Euroopassa. Jos katsoo energiamarkkinoita business-as-usual, eli perusskenaarion maailmasta käsin, Venäjällä on siinäkin suuria haasteita säilyttää markkina-asemiaan ja energian kautta vaikuttamistaan. Hitaan kehityksen skenaariossa Venäjä joutuisi tekemään vähiten tasapainottavia päätöksiä, eikä sisäistä tai ulkoista painetta nostaa uusiutuvan energia tavoitteitaan syntyisi. Se voisi kasvavan fossiilisen energia kysynnän myötä päästä lähelle Energiastrategiassaan linjaamaansa 2-3% bruttokansantuotteen kasvua, ja siten jatkaa nykyisen energiapolitiikan harjoittamista.

Venäjän kannalta nopean kehityksen skenaario on suurin uhka sen kansalliselle turvallisuudelle, mutta myös nykyhallinnon linjaamalle politiikalle, sillä maan valmiudet hyödyntää erityisesti uusiutuvaa energiaa ovat rajalliset, mutta myös koska sa-

manaikainen siirtymä maakaasumarkkinoilla kohti globaaleja markkinoita tulee laskemaan hintoja (Simola & Solanko, 2017). Tässä skenaariossa Venäjän toimintakyky olisi eniten uhattuna, sillä energiamurros ei pelkästään vähennä kysyntää fossiilille energiamuodoille, mutta myös ydinvoimalle, jonka tuotannon ja viennin lisäämiselle on asetettu korkeat tavoitteet.

Todennäköistä kuitenkin on, että kovan (pakottavan) ”energia-aseen” käyttö Ukrainan kontekstin tapaan jää historiaan, kun taas epäsuoran (suostuttelevan) energia-diplomatian käyttö ulkopoliittisena työkaluna vahvistuu. Samalla on huomioitava, että Venäjän geokonomiseen toimintaympäristöön vaikuttaa olennaisesti alueellinen eriytymiskehitys: Euroopan energiamarkkinoiden sijaan uutta infrastruktuuria rakennetaan erityisesti Kiinan energiamarkkinoiden tarpeisiin. Kaiken venäläisen energian korvaaminen ei ole *käytännössä* mahdollista taloudellisista ja sisäpoliittisista syistä johtuen – ei Suomessa eikä koko EU-alueellakaan. EU-maiden liikkumavara ja valinnat ovat siten monessa mielessä rajatumpia kuin toisenlaisessa, hajautetummassa energianhankintaskenaariossa. Se, mitä tämä tarkasti ottaen merkitsee Suomen talous-, energia-, ympäristö- ja ulkopoliittisten päätösten valinnanvapauden kannalta – mitä päätöksiä on tehty tai jätetty tekemättä näiden riippuvuuksien takia – on luonnollisesti äärimmäisen vaikea osoittaa.

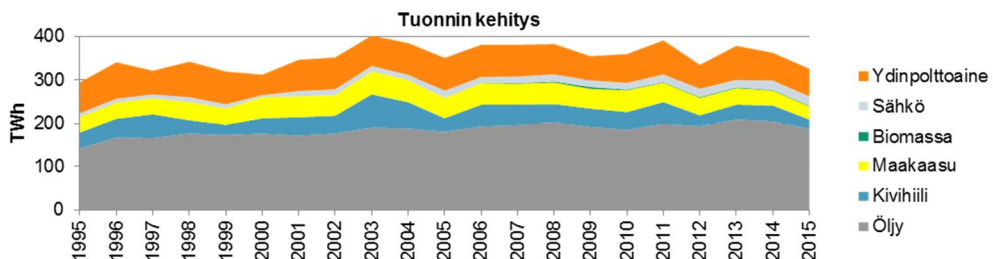
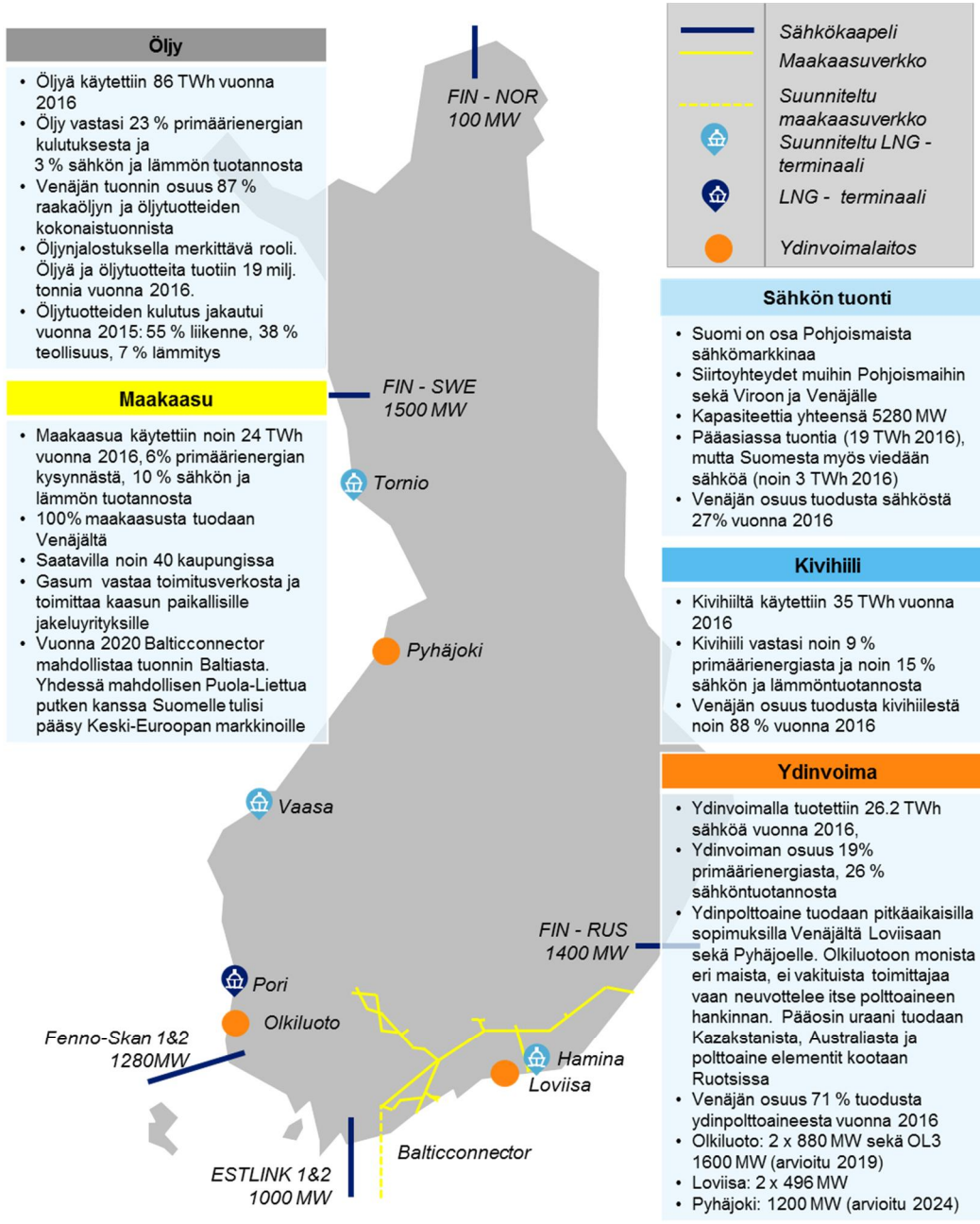
2.3 Vaikutukset Suomen huoltovarmuuteen ja sen tuleva kehitys

Suomen energiapaletti on jo nykyisellään monipuolinen, ja energiahuoltovarmuutta ylläpitävät tällä hetkellä lait, asetukset ja huoltovarmuusmääräykset. Energiasiirtymät ja hiilivetyjen kysynnän laskusta aiheutuva energiatulojen väheneminen Venäjällä sekä teknologinen kehitys asettaa kuitenkin myös Suomen energiajärjestelmän uuteen tilanteeseen vuoteen 2040 mennessä.

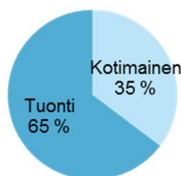
Tällä hetkellä suurin osa (71 %) energian kokonaistuonnista (sähkö, lämpö ja liikenne) tuodaan Venäjältä (Kuva 2-5). Suomen hallituksen tavoitteet energiaomavaraisuuden nostamisesta 55 %:iin vuoteen 2030 mennessä ja uusiutuvan energiantuotannon lisääminen fossiilisten polttoaineiden kustannuksella ja uusiutuvan energian osuus liikenteessä heijastuvat myös perus- ja nopean kehityksen skenaarioihin.

Lyhyisiin tuontipolttoaineiden toimituskatkoksiin (noin puolen vuoden aikajänne) on Suomessa varauduttu hyvin. Valtion varmuusvarastojen, yritysten velvoitevarastojen sekä öljyn kaupallisten varastojen johdosta ei merkittäviä varsinaisia riskejä ole odotettavissa. Pitkäaikaisia poikkeustilanteita (esim. sotatilanne) ei ole tarkasteltu.

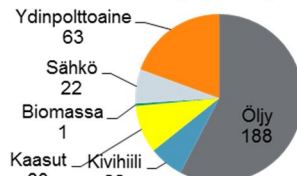
Kuva 2-5 Suomen energiajärjestelmä ja energian tuonti Suomeen



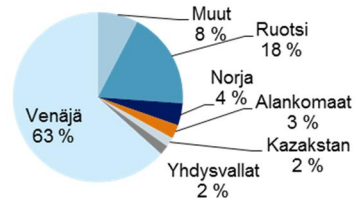
Primäärienergian alkuperä



Tuonti jakeittain (TWh)



Tuonti maittain (EUR)



Perusskenaariossa tuontipolttoaineiden osuuden arvioidaan vähenevän hieman yli neljänneksen vuoteen 2040 mennessä nykytilanteeseen verrattuna (olettaen kokonaisenergiankysynnän säilyvän jotakuinkin nykytasolla). Nopean kehityksen skenaariossa tuontipolttoaineiden osuuden arvioidaan vähenevän perusskenaariota enemmän, mikä parantaa lähtökohtaisesti huoltovarmuutta. Tämän johdosta Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta Suomeen vähenee merkittävästi.

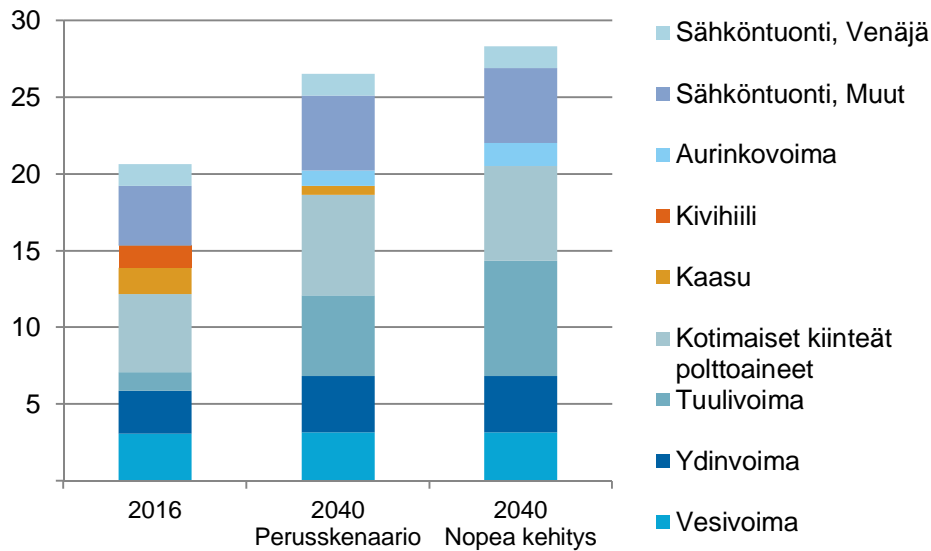
Hiilivedyistä syntyvä taloudellinen ”riippuvuus” (eli Venäjältä energijakeiden tuonnista syntyvä taloudellinen hyöty vs. vaihtoehdot) laskee kaikissa skenaarioissa, koska kysyntä laskee. Perusskenaariossa taloudellinen riippuvuus vähenee 270 – 450 miljoona euroa. Muutos on suurin nopean kehityksen skenaariossa, jossa karkeasti arvioituna (olettaen, että hintaero pysyy samankaltaisena) taloudellinen riippuvuus laskee nykyisestä yhteensä 560 – 940 miljoonasta eurosta noin 200 – 370 miljoonaan euroon tuontipolttoaineiden kysynnän laskun seurauksena.

Kaasun kysynnän osalta suurimmat muutokset tapahtuvat perusskenaariossa ja nopean kehityksen skenaariossa, kun taas hitaan kehityksen skenaariossa kaasun kysyntä säilyy nykyisen kaltaisena. Skenaarioista riippumatta Euroopan ja Suomen kaasumarkkinoilla tapahtuu merkittäviä muutoksia. Balticconnectorin ja mahdollisen Puola-Liettua (GIPL) -yhteyden myötä Suomi yhdistyy Euroopan kaasumarkkinoiden kanssa. Tämä ei välttämättä vähennä venäläisen kaasun käyttöä, sillä on epätodennäköistä, että Euroopasta tuotava kaasu tulisi olemaan merkittävästi halvempaa. Putkihankkeet lisäävät kuitenkin kilpailua, mikä johtaa siihen että hintaerot pienenevät.

Sähkön kysyntä kasvaa kaikissa skenaarioissa, mutta sähkön kysynnän osuus energian kokonaiskysynnästä kasvaa merkittävimmin nopean kehityksen skenaariossa ja perusskenaariossa, ja kysynnän osalta tilanne huoltovarmuuden kannalta muuttuu merkittävästi (Kuva 2-6). Sähkön huippukysyntää pyritään vähentämään kysyntäjouston avulla, mikä tasapainottaa sähköjärjestelmää. Sähkön osalta fyysinen riippuvuus sähkön tuonnista Venäjältä laskee merkittävästi Suomeen rakennettavan uuden sähköntuotantokapasiteetin myötä, mutta samalla riippuvuus pohjoismaisista sähkömarkkinoista, eli ennen kaikkea Ruotsista ja Norjasta voi kasvaa. Uudet ydinvoimahankkeet kasvattavat sähköntuotannon kapasiteettia Suomen sisällä vaikka Suomesta poistuukin jonkun verran lauhde- ja CHP-kapasiteettia.

Sähköverkon toimivuus on oleellinen osa huoltovarmuutta, kun sääriippuvaista ja hajautetumpaa tuotantoa, eli aurinko- ja tuulivoimaa tulee verkkoon huomattavasti enemmän. Toisaalta Fingrid on tekemässä satojen miljoonien investoinnit kantaverkkoon lähivuosien aikana, jotta joustamattomaan tuotantoon voidaan varautua. Samanaikaisesti Suomen ja muiden Pohjoismaiden välisiä rajasiirtoyhteyksiä vahvistetaan ja Suomi integroituu vahvemmin osaksi Pohjoismaisia sähkömarkkinoita. Taloudellinen riippuvuus sähkön osalta ei kuitenkaan todennäköisesti merkittävästi muutu, ellei sähkön hinta Venäjällä nouse huomattavasti. Myös kyberturvallisuuteen eli sähköverkkojen suojaukseen tulee kiinnittää huomiota, sillä älykkyyks sähköverkoissa lisääntyy ja sähköverkko on haavoittuvampi ulkoisia uhkia kohtaan. Näitä ovat ulkoiset tietokonevirukset, joiden avulla sähköverkon toiminta on mahdollista lamauttaa. Sama koskee myös koko energijärjestelmää.

Kuva 2-6 Sähkön tuotannon ja tuonnin nettokapasiteetti (GW) vuonna 2016 sekä perus- ja nopean kehityksen skenaarioissa vuonna 2040



Riippuvuus uraanista kasvaa keskipitkällä aikavälillä, sillä Fennovoima on sitoutunut hankkimaan polttoainetta Hanhikivi 1 voimalaitokseen ainakin ensimmäisen kymmenen toimintavuoden ajan Venäjältä. Laitos tosin kykenee käyttämään myös muualla tuotettua polttoainetta, eivätkä ydinpolttoaineen kohdalla taloudelliset riippuvuussuhteet ole yksiselitteisiä.

Biopohjaisten polttoaineiden kasvava määrä lämmöntuotannossa vähentää tuontipolttoaineiden käyttöä ja lisää huoltovarmuutta. Fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna biomassassa on huomattavasti heikommin varastoitavaa, minkä vuoksi biopolttoaineiden logistiikasta tulee huoltovarmuuden näkökulmasta tärkeä kysymys käytön kasvassa.

Liikenteen fossiilisten ja nestemäisten biopolttoaineiden osalta raaka-aineiden ja lopputuotteiden saatavuus ja kuljetusyhteydet Itämeren alueella ovat merkittävän huoltovarmuuteen vaikuttava asia. Huoltovarmuuden kannalta kriittiseksi tekijäksi nousee Itämeren meriliikenteen turvallisuus ja satamien toimintojen häiriöttömyys. Laajempi Itämeren turvallisuustilanteen huonontuminen ja merenkulun häiriöt vaikuttaisivatkin liikenteen polttoainehuoltoon nopeasti, jolloin nykyisten varmuusvarastojen ja muun terminaalikapasiteetin määrä aiheuttaisi ongelmia joidenkin kuu-kausien jälkeen kriisin alkamisesta.

Koska on hyvin epätodennäköistä, että hitaan kehityksen skenaario sellaisenaan toteutuu, ei sen toteutumisen vaikutusta huoltovarmuuteen ole tarkasteltu. Hitaan kehityksen skenaariossa nykyisen kaltainen fossiilisiin polttoaineisiin nojaava huoltovarmuussuunnitelma on realistinen, eikä bioenergian osuus ja sähkön kysyntä kasva yhtä voimakkaasti kuin muissa skenaarioissa. Taloudellinen riippuvuus Venäjästä pysyy hitaan kehityksen skenaariossa nykyisenkaltaisena.

2.4 Energiamurroksen merkitys Venäjälle ja vaikutuspyrkimykset Suomen kannalta

Venäjän näkökulmasta maailmanlaajuinen energiamurros ja EU-markkinoiden kehitys ovat aivan keskeisiä haasteita paitsi talouskehitykselle, myös maan poliittisen järjestelmän vakaudelle. Venäjän kannalta on olennaista, kykeneekö maa siirtämään investointeja konventionaalisista energiamuodoista uuteen teknologiaan, ja tapahtuuko tämä siirtymä Venäjällä eritahtisesti muun maailman kanssa. Tarkasteltaessa tilannetta skenaariokohtaisesti perus- ja hitaan kehityksen skenaariossa Venäjä kykenee jotakuinkin säilyttämään nykytilanteen ja rahoittamaan tarvittavia investointeja, vaikka EU:n alueella Venäjältä tuotavien energiatuotteiden kysyntä lähtisikin laskuun.

Nopean kehityksen skenaarion mukainen muutos on huomattavasti haastavampi Venäjän taloudelle, sillä nykyisen poliittisen järjestelmän puitteissa Venäjä ei tule toteuttamaan tarvittavia rakenteellisia muutoksia menestyäkseen nopean kehityksen skenaarion maailmassa. Energiatulojen supistuminen tapahtuu kuitenkin verrattain hitaasti, eikä siten pakota Venäjän valtionjohtoa äkkinäisiin ja vaikeasti ennakoitaviin päätöksiin. Myös nopean kehityksen skenaariossa Venäjän valtionjohto pyrkii ensisijaisesti välttämään päätöksentekoa ja ohjaamaan kansalaisten huomion pois ristiriidoista ja jännitteistä, jotka koskevat niukkojen resurssien (uudelleen) kohdentamista (katso myös Helm, 2017).

Energiamurroksen seurauksena Venäjän energiavienti Suomeen ja EU-maihin tulee siis hyvin todennäköisesti laskemaan. Ainoastaan hitaan kehityksen skenaariossa kaasun kysyntä EU:ssa kasvaa. Suomessa kaasun kysyntä tulee säilymään jotakuinkin nykyisellä tasolla ja muiden hiilivetyjen kysyntä laskee kaikissa skenaarioissa.

Huolimatta pitkän aikavälin kuluessa tapahtuvasta energiavirtojen suunnanmuutoksesta Venäjä haluaa säilyttää vaikutusvaltansa ja vaikuttamiskeinonsa perinteisellä markkina-alueellaan Euroopassa. Kyse voi olla venäläisten energia-alan suuryritysten etujen varmistamisesta EU:n alueella tai yksittäisessä EU:n jäsenmaassa, tai laajamittaisemmin, energiamurroksen hidastamisesta Euroopassa. Venäjä on käyttänyt sekä suoria (öljy- tai kaasuputken sulkeminen tai räjäyttäminen) sekä epäsuoria (vaihtoehtoisten putkilinjojen rakentaminen, vientipakotteet) keinoja kohdemaan energiapolitiikkaan vaikuttamiseksi. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että kovien keinojen sijaan Venäjä pyrkii vaikuttamaan epäsuorasti, ns. pehmeitä vaikutusmenetelmiä käyttäen. Keskeinen vaikutuskanava on vetoaminen energiaprojektien kautta saavutettaviin (molemminpuolisiin) taloudellisiin hyötyihin ja projektien kautta luotavaan poliittiseen 'hyvään tahtoon' kohdemaan ja Venäjän välillä. Vaikutuspyrkimyksiä, keinoja ja kohteita on kuvattu taulukossa alla (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1 Energiasektorin vaikutuspyrkimykset

Hidastaa transitioita kohti fossiilisista polttoaineista vapaata energiajärjestelmää	Korvata väheneviä energia- ja raaka-ainevirtoja muilla tuloa tuottavilla ja kontrolloitavilla
Vaikutuskeinot: Disinformaatio, rahoittaminen, omistaminen, ...	
Vaikutuskohteet: Yritykset, järjestöt, yhteiskunta, päätöksenteko, ...	

Suomen tuleekin tunnistaa Venäjän epäsuoria vaikutuskeinoja ja varautua niihin. Epäsuoria vaikutuskeinoja on niiden luonteen vuoksi vaikea havaita, mutta niiden vaikutuksia voidaan vähentää varautumalla. Aikaisemman tutkimuksen (mm. Chivvis, 2017) ja Suomen toteuttaman kokonaisturvallisuusajattelun perusteella voidaan eritellä muutamia selkeitä varautumisen peruseriaatteita.

Ensinnäkin, yhteiskunnan toimintakyvyn kannalta kriittisestä infrastruktuurista vastaavien viranomaisten, ministeriöiden ja yksityisen sektorin välinen yhteistyö on olennainen osa erilaisten epävarmuustekijöiden ja riskien ennakoimista. Kriittisen infrastruktuurin (esim. voimalaitokset, tietoliikennesolmut) ylläpidon ja häiriötilanteisiin varautumisen ohella varautuminen edellyttää erilaisten turvallisuuspoliittisten riskien arviointia.

Toiseksi, erilaisten riskien ennakointityö edellyttää riittäviä resursseja ja työkaluja tiedusteluun ja tiedon analysointiin. Esimerkiksi informaatiovaikuttamisen kohdalla jatkuva tilanteen seuranta muodostaa perustan oikea-aikaiselle viranomaistoiminnalle.

Kolmanneksi, avoimen, demokraattisen yhteiskunnan yksi perusedellytys on kyky käydä laaja-alaista yhteiskunnallista keskustelua. Tämä edellyttää kansalaisten medialukutaidon ja viranomaisviestinnän kehittämistä sekä muita toimia, joilla voidaan vahvistaa oikea-aikaisen tiedon levittämistä ja vähentää valeuutisten vaikutavuutta sekä normaalioloissa, että kriisiaikana.

Ilmastonmuutoksen torjuntaa vahvistavat toimenpiteet ja politiikkasuositukset energiasektorilla (nopean energiamurroksen edellytysten tukeminen) on lisäksi yksi keskeisistä keinoista vähentää riippuvuutta Venäjän energiaviennistä ja siten vahvistaa Suomen huoltovarmuutta.



I. GLOBAALIT ENERGIASEKTORIN SIIRTYMÄT GEOPOLIITTISESTA NÄKÖKULMASTA

3 ENERGIAPOLITIIKKOJEN TRENDIT JA VAIKUTUKSET

3.1 Johdanto

Kansalliset ja kansainvälisen tason ohjauskeinot ohjaavat tällä hetkellä voimakkaasti kohti vähähiilistä yhteiskuntaa. Valtioiden ohjauskeinoilla on suuri merkitys muutoksen suuruuteen, kuten investointien ja teknologiakehityksen kohdentumiseen haluttuihin painopistealueisiin, sekä edelleen kuluttajahintojen muutokseen.

Kansainvälinen ilmastopolitiikka luo raamit EU:n tason ja kansallisille energia- ja ilmastotavoitteille, vaikka päästötavoitteet sovitaan alueellisesti tai kansallisesti (Kuva 3-1). Ilmastosopimusten tavoitteena on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja siten fossiilisten polttoaineiden (erityisesti kivihilen mutta myös öljyn ja maakaasun) käytön rajoittaminen ja uusiutuvien energialähteiden (kuten tuuli ja aurinko) voimakas lisääminen. Yli 150 maata on ottanut käyttöön poliittisia ohjauskeinoja uusiutuvien sähköntuotantomuotojen tukemiseksi, noin 75 maata uusiutuvien lämmöntuotantomuotojen tukemiseksi ja yli 70 maata liikenteen uusiutuvien energiantuotantomuotojen tukemiseksi (IEA, 2016a).

Kuva 3-1 Kansainvälisten sopimusten ohjaava vaikutus



Seuraavassa on kuvattu tarkemmin kansainvälisiä, Aasian, Venäjän, Yhdysvaltojen, EU:n ja Suomen poliittisia päätöksiä ilmastonmuutoksen torjumiseksi ja huoltovarmuuden lisäämiseksi. Päätöksillä on merkittävä vaikutus uusiutuvien energiantuotantomuotojen hyödyntämisen lisäämiselle sekä hiilivetyjen ja erityisesti hiilen käytöstä luopumiselle.

3.2 Kansainvälinen ilmastopoliittika

Kansainvälisellä tasolla Yhdistyneet Kansakunnat (YK) on tärkein foorumi, jolla ilmastopoliittikan tavoitteita määritellään. Rio de Janeirossa vuonna 1992 järjestetyn YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssin yhteydessä päätettiin YK:n ilmastomuutosta koskevasta puitesopimuksesta, eli YK:n ilmastopuitesopimuksesta (*United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*). Sopimus tuli voimaan vuonna 1994, jolloin myös Suomi ratifioi eli vahvisti sopimuksen. Sen on ratifioinut kaikkiaan 197 osapuolta (UNFCCC, 2014).

Sopimuksen tavoitteena on saada ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuudet vaarattomalle tasolle. Puitesopimus ei sisällä määrällisiä velvoitteita. Teollisuusmaat sitoutuivat vähentämään hiilidioksidipäästöjään YK:n puitesopimusta tarkentavassa Kioton pöytäkirjassa, joka hyväksyttiin vuonna 1997 ja se astui voimaan vuonna 2005. Kioton pöytäkirja on ensimmäinen oikeudellisesti sitova sopimus, jonka avulla on vähennetty päästöjä kansainvälisesti. Kioton ensimmäinen velvoitekausi kattoi vuodet 2008–2012 ja Kioton pöytäkirjan toinen velvoitekausi kattaa vuodet 2013–2020. Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan yhdessä muiden Euroopan unionin jäsenvaltioiden kanssa vuonna 2002 (TEM, 2017a).

Pariisin sopimus, joka astui voimaan 4.11.2016, vahvistaa maailmanlaajuisia ilmastotoimia ja koskee vuoden 2020 jälkeistä aikaa. Sopimuksen on tähän mennessä ratifioinut 144 osapuolta (197 osapuolesta) (UNFCCC, 2017), mutta Yhdysvallat ilmoitti 1.6.2017 päätöksestään irtautua sopimuksesta. Pariisin sopimuksen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle 2 °C:ssa suhteessa esiteolliseen aikaan, pyrkien rajoittamaan nousu 1,5 °C:een. Lisäksi sopimuksen tavoitteena on vahvistaa valtioiden sopeutumiskykyä ilmastomuutokseen sekä suunnata rahoitusvirrat kohti vähähiilistä ja ilmastokestävää kehitystä. Tavoitteen saavuttamiseksi maailmanlaajuiset kasvihuonekaasupäästöt tulee kääntää laskuun mahdollisimman pian ja päästöjä vähentää siten, että ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja nielut ovat tasapainossa tämän vuosisadan jälkipuoliskolla (TEM, 2017a).

Pariisin sopimus ei velvoita valtioita tiettyihin päästötavoitteisiin, vaan valtiot sitoutuvat sopimuksessa valmistelevaan, tiedottamaan, ylläpitämään sekä saavuttamaan itse asettamansa tavoitteet (eli ns. kansalliset panokset). Kansalliset panokset ulottuvat pääsääntöisesti vuoteen 2025 tai 2030; uudet tai päivitettyt panokset ilmoitetaan vuoteen 2020 mennessä ja tämän jälkeen viiden vuoden välein (TEM, 2017a).

Maailmanlaajuisissa tilannekatsauksissa arvioidaan etenemistä kohti Pariisin sopimuksen tavoitteita viiden vuoden välein. Ensimmäinen tilannekatsaus pidetään vuonna 2023, ja välitarkastelu vuonna 2018. Tarkoitus on, että uusissa kansallisissa panoksissa huomioidaan tilannekatsauksen tulokset. Valtioiden tähän mennessä ilmoittamat tavoitteet rajoittavat lämpötilan nousun 2,7–3 °C:een esiteolliseen aikaan verrattuna. Ne eivät siis ole Pariisin sopimuksen tavoitteiden suhteen riittäviä, vaikka ovatkin merkittävä parannus aiempaan kehityspolkuun verrattuna (TEM, 2017a).

3.3 EU:n politiikka

Euroopan unionin energiapolitiikkaa ohjaa kolme päätavoitetta:

- Energiahuoltovarmuuden turvaaminen: EU tuo tällä hetkellä yli puolet energiastaan, ja on siten riippuvainen tuontienergiasta
- Varmistaa, että energian hinnat eivät vahingoita EU:n kilpailukykyä: maailmanlaajuinen energian kysynnän kasvu ja polttoaineniukkuus, kuten öljyn saatavuus, nostavat osaltaan energian hintoja
- Ympäristön suojeleminen ja erityisesti ilmastonmuutoksen torjuminen: fossiilisten polttoaineiden käyttö Euroopassa aiheuttaa ilmaston lämpenemistä ja tuottaa ilmaan epäpuhtauksia.

EU-maat saavat vapaasti kehittää energialähteitään, mutta niiden on otettava huomioon Euroopan uusiutuvan energian tavoitteet. EU on laatinut tavoitteita vuosille 2020, 2030 ja 2050 ohjatakseen EU:ta kohti energiapoliittisia päätavoitteitaan (Euroopan komissio, 2017). Lisäksi tavoitteiden mukaisia toimia linjataan myös mm. Energiaunionipaketissa ja Euroopan energiavarmuusstrategiassa.

3.3.1 EU:n 2020, 2030 ja 2050 ilmasto- ja energiapolitiikkatavoitteet



EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 80–95 prosenttia alle vuoden 1990 tason vuoteen 2050 mennessä osana kaikilta teollisuusmailta edellytettäviä vähennyksiä (Eurooppa-neuvosto, lokakuu 2009). EU:n vuosien 2020 ja 2030 ilmasto- ja energiatarvotteet ovat linjassa tämän tavoitteen kanssa.

EU:n 2020 ilmasto- ja energiapaketista sovittiin vuonna 2007 ja komissio antoi siihen liittyvät säädösehdotukset vuonna 2008 (COM(2008) 30 lopullinen). Koska nyt ollaan lähestymässä 2020-tavoitekauden loppua, EU on viime vuosina käynnistänyt 2020-tavoitteiden jälkeisten politiikkatavoitteiden ja -toimien määrittämisen. Osana tätä, komissio ehdotti vuonna 2014 uudessa 2030 ilmasto- ja energiapaketissa jatkoa vuoden 2020 ilmasto- ja energiatarvotteille (Eurooppa-neuvosto, 24.10.2014). Näitä tavoitteita täydennettiin vuonna 2016 ns. kesä- ja talvipaketeissa, joissa julkaistiin useita direktiiviehdotuksia.

Lisäksi Euroopan komissio julkaisi vuonna 2015 energiaunionipaketin (COM(2015) 80 final), jonka tarkoituksena on tarjota EU-kansalaisille kohtuuhintaista, varmaa ja kestävää energiaa. Energiaunioni on yksi keino 2030 ilmasto- ja energiatarvotteiden saavuttamiseksi. Energiaunionipaketin toimenpiteitä sovelletaan avainaloilla, joita ovat energiaturvallisuuden lisääminen, energian sisämarkkinoiden syventäminen, energiatehokkuuden parantaminen, vähähiiliseen talouteen siirtyminen sekä tutkimuksen, innovoinnin ja kilpailukyyn tukeminen.

EU:n 2020, 2030 ja 2050 ilmasto- ja energiapolitiikkatavoitteiden pääasiallinen sisältö ja Suomelle niissä asetetut tavoitteet on tiivistetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 3-1).

Taulukko 3-1 EU:n ilmasto- ja energiavoitteet vuosina 2020, 2030 ja 2050 ja Suomen kansalliset tavoitteet osana näitä tavoitteita

	2020	2030	2050
	<ul style="list-style-type: none"> • 20% kasvihuonekaasupäästövähennys verrattuna vuoteen 1990 • 21 % päästövähennystavoite päästökaupan sisällä verrattuna v. 2005. • 10% päästövähennystavoite päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla verrattuna v. 2005 • 20 % energian loppukulutuksesta tulee uusiutuvista energialähteistä . Maakohtaiset sitovat tavoitteet. • 10% uusiutuvaa energiaa liikenteen energian loppukulutuksesta • 20% alhaisempi energian kulutus verrattuna siihen, mitä se olisi ollut ilman toimenpiteitä. Ohjeellinen tavoite. • 10% sähkön siirtoyhteystavoite EU –maiden välillä vuoteen 2020 mennessä 	<ul style="list-style-type: none"> • 40% kasvihuonekaasupäästövähennys verrattuna vuoteen 1990 • 43 % päästövähennystavoite päästökaupan sisällä verrattuna v. 2005. Päästökauppasysteemin uudistuksia, jotka parantaisivat sen ohjausvoimaa. • 30% päästövähennystavoite päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla verrattuna v. 2005 (sitovat tavoitteet jäsenvaltiotasolla) • 27% energian loppukulutuksesta tulee uusiutuvista energialähteistä. Sitova tavoite EU –tasolla • 30% alhaisempi energian kulutus verrattuna siihen, mitä se olisi ollut ilman toimenpiteitä. Sitova tavoite EU –tasolla. • 15% sähkön siirtoyhteystavoite EU –maiden välillä vuoteen 2030 mennessä 	<ul style="list-style-type: none"> • 80-95 % kasvihuonekaasupäästövähennys verrattuna vuoteen 1990 EU –tasolla.
	<ul style="list-style-type: none"> • Vähentää päästöjä 16 % ei-päästökaupasektorilla vuoteen 2005 verrattuna. • Uusiutuvan energian osuus 38 % energian loppukulutuksesta. Suomi saavutti tavoitteen v. 2014. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vähentää päästöjä 39 % ei-päästökaupasektorilla vuoteen 2005 verrattuna (osa EU:n tavoitetta). • Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta ~50 % ja energian hankinnan omavaraisuus ~55 % (Kansallinen energia- ja ilmastostrategia) 	<ul style="list-style-type: none"> • 80-95 % kasvihuonekaasupäästövähennys verrattuna vuoteen 1990 (Energia- ja ilmastotiekartta 2050)

Lähteet: 2020 politiikka: KOM(2008) 30 lopullinen, 406/2009/EY, 2009/28/EY, Eurooppa-neuvosto 24.10.2014; 2030 politiikka: Eurooppa-neuvosto 24.10.2014, COM/2016/0482 final - 2016/0231 (COD), COM/2016/0860 final; 2050 politiikka: KOM(2011) 112 lopullinen, Eurooppa-neuvosto, lokakuu 2009, KOM/2011/0885 lopullinen. Suomen omat tavoitteet 2030 ja 2050: TEM (2014); TEM, (2017a).

3.3.2 EU:n päästökauppajärjestelmä

EU:n päästökauppajärjestelmä (2003/87/EY) on ollut toiminnassa vuodesta 2005 alkaen. Päästökauppaan kuuluvat EU:n jäsenvaltioiden lisäksi Islanti, Liechtenstein ja Norja. Päästökauppa on ollut, ja tulee kaavailujen mukaan jatkossa olemaan yksi pääasiallisista EU-tason ohjauskeinoista päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa. Päästökauppajärjestelmä kattaa vähän alle puolet unionin hiilidioksidipäästöistä ja sen soveltamisalaan kuuluvat suuret teollisuuslaitokset sekä yli 20 MW:n energiantuotantolaitokset. Lentoliikenne on kuulunut järjestelmään vuodesta 2012 alkaen.

Lisäksi EU:n päästövähennystavoitteita ohjataan päästökaupan ulkopuolella erillisillä maatason tavoitteilla. Keskeisiä päästökaupan ulkopuolisia sektoreita ovat liikenne, rakennusten erillislämmitys, maatalous, jätehuolto sekä teollisuuskaasut.

Komissio julkaisi vuonna 2015 ehdotuksen EU:n päästökauppadirektiivin uudistamisesta (COM(2015) 337 final). Direktiivin muutokset koskevat pääasiassa päästökaupan neljännen kauden (2021–2030) järjestelyitä ja tukevat siten EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikkaa. Ehdotukset käsittelevät erityisesti päästöoikeuksien kokonaismäärää (päästökatto), päästöoikeuksien ilmaisjakoa ja hiilivuodon torjuntaa. Lisäksi päästökauppajärjestelmään sisältyvät rahoitusmekanismit uudistuvat ja selkiintyvät.

3.3.3 Euroopan energiavarmuusstrategia

Euroopan energiavarmuusstrategia (COM/2014/0330 final) julkaistiin vuonna 2014 ja se on komission mukaan osa vuoteen 2030 ulottuvia ilmasto- ja energiapolitiikan puitteita. Strategiassa esitetään energiavarmuuteen liittyvät toimenpidetarpeet lyhyellä, keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Siinä esitetään toimia, jotka tukevat tiiviimpää yhteistyötä jäsenvaltioiden edun mukaisesti kansallisia energiavalintoja kunnioittaen. Toimet pohjautuvat yhteisvastuun periaatteelle.

Tällä hetkellä EU tuo 53 % kuluttamastaan energiasta. Tuontiriippuvuus on erityisen suurta raakaöljyssä (lähes 90 %), maakaasussa (66 %), sekä merkittävä myös kiinteissä polttoaineissa (42 %) ja ydinpolttoaineissa (40 %). Energian toimitusvarmuus koskettaa kaikkia jäsenvaltioita, mutta jotkin alueet, kuten Baltian maat ja Itä-Eurooppa, ovat muita heikommassa asemassa.

Strategiassa tuodaan esiin erityisesti huoli siitä, että osalla jäsenmaista on voimakas riippuvuus yhdestä ainoasta ulkopuolisesta toimittajasta. Kuudessa jäsenvaltiossa ainoa ulkopuolinen kaasuntoimittaja on Venäjä, ja kolmessa näistä maakaasutyydyttää yli neljäsosan koko energiantarpeesta. Vuonna 2013 Venäjän osuus EU:n maakaasun tuonnista oli noin 40 % ja kulutuksesta 27 %. Venäjä vei 71 % tuottamastaan kaasusta Eurooppaan, eniten Saksaan ja Italiaan. Sähkön osalta kolme jäsenvaltiota (Viro, Latvia ja Liettua) ovat riippuvaisia yhdestä ulkopuolisesta verkonhaltijasta, joka vastaa niiden sähkön siirtoverkon toiminnasta ja tasapainottamisesta.

Lisäksi strategiassa painotetaan energian tuonnin kustannuksia EU:lle. Vuonna 2013 energiantuonti maksoi EU:lle yhteensä noin 400 miljardia euroa, mikä on yli viidesosa EU:n kokonaistuonnista. EU tuo pelkästään raakaöljyä ja öljytuotteita yli 300 miljardin euron edestä. Kolmasosa tästä tulee Venäjältä. Strategiassa korostetaan myös, että EU:n energiavarmuus on nähtävä suhteessa maailmanlaajuisesti kasvavaan energiankysyntään. Pitkällä aikavälillä unionin energiavarmuuden nähdään liittyvän tarpeeseen siirtyä kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen, joka vähentää fossiilisten polttoaineiden tuontitarvetta ja tukee merkittäväällä tavalla energiavarmuutta.

3.4 Yhdysvaltojen ilmastopolitiikka

Yhdysvallat on allekirjoittanut ja ratifioinut Pariisin ilmastopöytäkirjan, mutta se ilmoitti kesäkuun alussa 2017 irtautuvansa Pariisin sopimuksesta. Yhdysvallat oli asettanut tavoitteekseen päästöjen vähentämisen 26–28 prosentilla vuoden 2005 tasosta vuoteen 2025 (Vine, 2016; C2ES, 2017). Tämä olisi edellyttänyt Clean Power Planin³ ja Obaman hallinnon ilmasto- ja energian toimintasuunnitelman toteuttamista.

Nykyisten ilmastopolitiikkojen toteuttaminen, mukaan lukien Clean Power Plan, vähentäisivät päästöjä 10 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2025 mennessä. Jos Clean Power Plan nyt pysähtyy, ovat päästöt vuonna 2025 todennäköisesti vain 7 % alhaisemmat vuoden 2005 tasoon verrattuna. Tämä pysäyttäisi viime vuosikymmenen laskusuuntauksen hiilidioksidipäästöissä (Climate action tracker, 2017a). Toisaalta Trumpin nykyinen neljän vuoden kausi kestää vuoteen 2021 saakka, ja sen jälkeen tilanne saattaa muuttua. Myös useat osavaltiot (esim. Kalifornia) ovat jo nykyisellään johtavia maita uusiutuvan energian hyödyntämisessä sähköntuotannossa, ja tuuli- ja aurinkosähkö ovat jo kilpailukykyisiä muihin energialähteisiin verrattuna. Joidenkin osavaltioiden tasolla myönteinen kehitys siis todennäköisesti jatkuu.

3.5 Aasian maiden ilmastopolitiikkoja

Kiina on Aasian johtava maa sähköntuotantokapasiteetin lisäämisessä uusiutuvilla energiantuotantolähteillä ja saman kehityksen oletetaan jatkuvan. Kiinalla ja Japanilla on käytössä poliittisia ohjauskeinoja uusiutuvan energian käytön tukemiseksi sähkön-, lämmön ja jäähdytyksen tuotannossa, ja Intialla tämän lisäksi liikennesektorille. Kiinan COP21-tavoitteena on, että tuulivoimakapasiteetin osuus nostetaan 200 GW:iin ja aurinkovoiman 100 GW:iin vuoteen 2020 mennessä.

Myös Japanilla on pyrkimys uusiutuvien energiantuotantolähteiden käytön lisäämiseen. Japani muutti syöttötariffisysteemin ehtoja toukokuussa 2016 tavoitteena aurinkosähköprojektien tukeminen 100 GW:iin saakka syöttötariffin avulla (EIA, 2016a).

Intialla on myös käytössä tariffijärjestelmä, ja maa asetti helmikuussa 2016 uusiutuvan energian tavoitteet vuoteen 2022 (EIA, 2016a). Ns. Renewable Purchase Obligation tarkoittaa, että alueellisten verkkoyhtiöiden energiasta minimissään 8 % on oltava aurinkosähköä vuoteen 2022 mennessä. Maanlaajuisesti tavoite on 17 % vuoteen 2022 mennessä (Tripathy, 2016). Tavoitteena vuoteen 2022 on yhteensä 175 GW uusiutuvaa energiaa, eli 60 GW tuulivoimaa, 100 GW aurinkovoimaa, 10 GW bioenergiaa ja 5 GW pienvesivoimaa. Intia on kuitenkin tavoitteestaan jäljessä, mikä voi vaikuttaa tavoitteiden saavuttamiseen vuoteen 2022 mennessä (Panchabuta, 2017).

³ https://19january2017snapshot.epa.gov/cleanpowerplan/fact-sheet-overview-clean-power-plan_.html

3.6 Venäjän ilmastopolitiikka

Venäjä on tällä hetkellä maailman viidenneksi suurin kasvihuonekaasujen päästäjä Kiinan, Yhdysvaltain, EU:n ja Intian jälkeen. Venäjä on monia muita jäljessä kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisessa ja uusiutuvien energiantuotantolähteiden käytössä. Venäjä on allekirjoittanut, mutta ei ole ratifioinut Pariisin ilmastopöytäkirjaa. Venäjän tavoitteena on pienentää ilmastopäästöjään 25–30 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Käytännössä tämä tarkoittaa päästöjen pitämistä nykytasolla, sillä Venäjän päästöt ovat edelleen noin 30 prosenttia pienemmät kuin vuonna 1990 (Climate action tracker, 2017b; C2ES, 2017).

Vuonna 2015 uusiutuvan energian kokonaiskapasiteetti Venäjällä oli 53,5 GW (20 % Venäjän kokonaiskapasiteetista 253 GW), ja siitä pääosa oli vesivoimaa. Vuonna 2015 aurinkosähkökapasiteetti oli 460 MW ja tuulivoimakapasiteetti 111 MW. Venäjän tavoitteena on energiastrategian luonnoksen (Venäjän energiaministeriö, 2017) mukaan uusiutuvan energian tuotantokapasiteetin kasvattaminen tasolle 5,9 GW vuoteen 2024 sisältäen aurinkosähkön, tuulivoiman ja geotermisen energian (IRENA, 2017). Uusiutuvan energian potentiaalia on käsitelty tarkemmin luvussa 5.5 ja uusiutuvan energian roolia Venäjän energiastrategian luonnoksessa (Venäjän energiaministeriö, 2009; 2017) luvussa 7.

Tämänhetkinen yleinen ilmapiiri ei edesauta ilmastomuutoksen vastaisten toimien kehittämistä (Tynkkynen & Tynkkynen, 2018). Putin on presidenttinä näillä näkymin vuoteen 2024 saakka. Sen jälkeen jää nähtäväksi mihin suuntaan ilmastotoimet kehittyvät uuden presidentin myötä. Venäjän hallitus on kehittänyt tukijärjestelmän tukkumarkkinoille sähkön tuottamiseksi aurinko-, tuuli-, ja pienvesivoimalla (IEA, 2014a), ja kansallinen, hiilidioksidipäästöjä rajoittava järjestelmä on kehitteillä. Päästöjärjestelmän pohjaksi maassa valmistellaan parhaillaan lainsäädäntöä, joka velvoittaa yritykset tarkkailemaan päästöjään ja raportoimaan niistä viranomaisille (Mikkonen, 2015).

3.7 Pohjoismainen yhteistyö energiapolitiikassa

Pohjoismaisen hallitustenvälisen energiayhteistyön koordinointi tapahtuu energiainstituution ja politiikkayhteistyön osalta pitkälti Pohjoismaisen ministeriöneuvoston alaisen Nordic Energy Research–organisaation kautta. Pohjoismaiden ministeriöneuvosto on Pohjoismaiden hallitusten virallinen yhteistyöelin, joka pyrkii yhteispohjoismaisiin ratkaisuihin, joilla on selkeitä myönteisiä vaikutuksia maiden kansalaisille (Norden, 2017). Sähkömarkkinoiden osalta viranomaisyhteistyötä koordinoidaan pitkälti NordREG–organisaation avulla.

NordREG on pohjoismaisten energiaregulaattorien organisaatio, jonka tehtävä on aktiivisesti edistää lainsäädännöllisiä ja institutionaalisia olosuhteita pohjoismaisten ja eurooppalaisten sähkömarkkinoiden kehittämiseksi. NordREG:n strategisia prioriteetteja ovat (NordREG, 2017):

- Yhteinen pohjoismainen sähkön vähittäismarkkina, jossa sähköntoimittajan valinta on vapaata

- Hyvin toimiva pohjoismainen sähkön tukkumarkkina kilpailukyysisin hinnoin
- Sähkön toimitusvarmuus
- Kantaverkkoyhtiöiden tehokas sääntely

Pohjoismaissa on kunnianhimoiset tavoitteet vähentää hiilidioksidipäästöjä ja riippuvuutta fossiilisista polttoaineista, ja samalla luoda uusia vihreään teknologiaan perustuvia kasvualoja. Pohjoismainen energiantutkimus rahoittaa ja hallinnoi yhteispohjoismaisten etua ajavaa energiatutkimusta, joka tukee näitä tavoitteita. Nordic Energy Research fasilitoi ministeritason työryhmiä, jotka antavat panoksensa energiapolitiikan päätöksentekoon Pohjoismaissa, ja sen hallitukseen kuuluu energiatutkimuksen rahoituksesta vastaavia viranomaisia ja ministeriöiden edustajia viidestä Pohjoismaasta. Suurin osa organisaation rahoituksesta tulee viideltä jäsenmaalta (Nordic Energy Research, 2017).

3.8 Suomen kansallinen ilmastopolitiikka

3.8.1 Kansallinen energia- ja ilmastostrategian mukaiset toimet 2030 mennessä

Suomen kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa (TEM, 2017a) linjataan toimia, joilla Suomi saavuttaa hallitusohjelmassa sekä EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä, ja etenee kohti kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä Energia- ja ilmastotiekartan 2050 (TEM, 2014) linjausten mukaisesti.

Osana kansallisen energia- ja ilmastostrategian (TEM, 2017a) tavoitteita Suomi tavoittelee kivihiilen energiakäytöstä luopumista pienin poikkeuksin vuoteen 2030 mennessä. Liikenteen biopolttoaineiden osuus pyritään nostamaan 30 prosenttiin, ja tavoitteena on ottaa käyttöön 10 prosentin bionesteen sekoitusvelvoite työkohteissa ja lämmityksessä käytettävään kevyeen polttoöljyyn. Tavoitteena on lisäksi, että Suomessa olisi vuonna 2030 yhteensä vähintään 250 000 sähkökäyttöistä autoa ja vähintään 50 000 kaasukäyttöistä autoa. Sähkömarkkinoita kehitetään alueellisella ja eurooppalaisella tasolla, ja sähkön kysynnän ja tarjonnan joustavuutta sekä järjestelmätason energiatehokkuutta lisätään.

Valtioneuvosto lähetti 9.11.2017 eduskunnan käsittelyyn hallituksen esityksen, johon sisältyy ehdotus uusiutuvan energian tarjouskilpailuun perustuvasta preemiojärjestelmästä. Esityksen mukaan uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta annettuun lakiin lisätään tarjouskilpailuun perustuvaa, teknologianeutraalia preemiojärjestelmää koskevat säännökset. Lisäksi tuulivoiman kompensatioalueista annettuun lakiin lisätään viittaus preemion mukaiseen tukeen (HE, 175/2017). Järjestelmän avulla edistetään uusiutuvien energialähteiden osuuden lisäämistä vuoteen 2030 kansallisesti ja Suomelle EU:ssa asetettujen tavoitteiden mukaisesti sekä kansallisten pitkän aikavälin energia- ja ilmastotavoitteiden mukaisesti. Päätös ja sen käsittely kuitenkin siirrettiin seuraavalle keväälle, sillä eduskunnan talousvaliokunta jätti päättämättä asiasta 28.11.2017.

Osana kansallisen energia- ja ilmastostrategian (TEM, 2017a) tavoitteita uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta ylittäisi noin 50 prosenttiin ja energian hankinnan omavaraisuus 55 prosenttiin vuonna 2030. Lisäksi tavoitellaan, että uusiutuvan energian osuus liikenteessä ylittäisi selvästi hallitusohjelman tavoitteen. Tuontiöljyn kotimainen käyttö puolittuisi 2020-luvun aikana verrattuna vuoden 2005 tasoon, ja liikennesektorin toimet vähentäisivät eniten päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöjä pohjustaen vuoden 2017 keskipitkän aikavälin ilmastopoliittikan suunnitelmaa. Yllä olevilla poliittisilla toimilla voidaan merkittävästi vaikuttaa Suomen riippuvuuteen Venäjän tuonnista. Vuonna 2016 lähes 70 % sähkön ja polttoaineiden tuonnista tuli Venäjältä (Huoltovarmuuskeskus, 2017a).

3.8.2 Energia- ja ilmastotiekartta 2050

Vuoteen 2050 ulottuvassa energia- ja ilmastotiekartassa (TEM, 2014) arvioidaan keinot vähähiilisen yhteiskunnan rakentamiseksi ja Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi 80–95 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Siinä käsitellään energian tuotantoa ja energiajärjestelmiä, energian käyttöä, maa- ja metsätalousspektoria ja hiilinieluja, jätesektoria sekä useita sektoreita koskevia poikkileikkaavia toimia. Toimet, jotka Suomen on tehtävä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi 80–95 prosentilla liittyvät uusiutuvaan energiaan, energiatehokkuuteen ja cleantech-ratkaisuihin. Tiekartan mukaan hiilineutraaliin yhteiskuntaan siirtymisessä tärkeitä ovat energian toimitusvarmuudesta huolehtiminen, metsäbiomassan kannattavuus ja nollapäästöisyys, hiilinielujen laskentasaännöt ja liikenteen fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biopohjaisilla polttoaineilla sekä kilpailukyvyistä huolehtiminen. Kasvihuonekaasuja on pyrittävä vähentämään kaikilla sektoreilla, tosin sektoreiden potentiaalit vähentää päästöjä ovat erilaiset.

3.9 Öljyn tuotannon rajoittaminen OPEC-maissa

Öljynviejämaiden järjestö OPEC säätelee öljyn tuotantoa 16 järjestön jäsenvaltiossa (Algeria, Angola, Ecuador, Gabon, Indonesia, Iran, Irak, Kuwait, Libya, Nigeria, Qatar, Saudi Arabia, UAE ja Venezuela, joista Indonesia on keskeyttänyt jäsenyytensä, koska ei päässyt sopuun öljyntuotannon leikkauksista). OPEC:in tavoitteena on säädellä öljyn tuotantoa jäsenvaltioidensa etujen edistämiseksi.

OPEC solmi 28.9.2016 sopimuksen öljyntuotannon rajoittamisesta sen yhdessätoista jäsenvaltiossa. Iranin tuotantomäärä nousi hieman mutta muiden maiden tuotantomääriä vähennettiin referenssitason, eli loka- tai syyskuun 2016 tuotantomäärään nähden. Sopimuksen mukaan öljyn pumppaamista rajoitetaan OPEC-maissa 32,5 miljoonaan barreliin päivässä. Sopimus astui voimaan 1.1.2017 (OPEC, 2016).

Liuskeöljyn maailmanlaajuiset varannot ovat vähentäneet valtioiden riippuvuutta öljyntuottajamaista ja siten poistanut poliittisia jännitteitä globaalisti. Mm. tästä syystä myös OPEC:in valta on heikentynyt. OPEC:in heikentyminen voi myös toisaalta aiheuttaa muita poliittisia jännitteitä Lähi-Itään kohdistuvien muutosten vuoksi. On arvioitu, että OPEC:in heikentyminen ja tulojen supistuminen kohdistuisi eniten Saudi-Arabiaan (Hallman, 2016).

3.10 Yhteenveto

Kansainvälinen ilmastopolitiikka luo raamit EU:n tason ja kansallisille energia- ja ilmastotavoitteille, vaikka päästötavoitteet sovitaan alueellisesti tai kansallisesti.

Aasiassa (esim. Kiina, Japani, Intia) energiapolitiikka ohjaa valtioita lisäämään uusiutuvien käyttöä, ja siten pienentämään ilmastopäästöjä. Venäjällä sen sijaan aurinko- ja tuulivoiman hyödyntäminen on marginaalista. Yhdysvalloissa Trumpin hallinto muuttaa aiemmin tehtyjen ilmastomyönteisten poliittisten päätösten suuntaa, mutta osavaltiotasolla uusiutuvan energian hyödyntäminen on jo pitkällä.

Euroopan unionin energiapolitiikkaa ohjaa kolme päätavoitetta, jotka ovat energiahuoltovarmuuden turvaaminen, ympäristön suojeleminen ja ilmastonmuutoksen torjuminen sekä sen varmistaminen, että energian hinnat eivät vahingoita EU:n kilpailukykyä. Pitkällä aikavälillä unionin energiavarmuuden nähdään liittyvän tarpeeseen siirtyä kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen, joka vähentää fossiilisten polttoaineiden tuontitarvetta ja tukee merkittäväällä tavalla energiavarmuutta.

EU:ssa sovitut ilmasto- ja energiapolitiikan linjaukset ohjaavat Suomen ilmasto- ja energiapolitiikkaa voimakkaasti. Tavoitteena on kivihiilen energiakäytöstä luopumista pienin poikkeuksin, uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen, energian hankinnan omavaraisuuden nostaminen ja tuontiöljyn kotimaisen käytön puolittaminen 2020-luvun aikana verrattuna vuoden 2005 tasoon. Nämä toimenpiteet vähentäisivät hiilivetyjen kysyntää Suomessa ja siten myös Suomen tuontiriippuvuutta fossiilisten polttoaineiden osalta Venäjältä.

Öljynviejämaiden järjestö OPEC säätelee öljyn tuotantoa sen jäsenvaltiossa. Liuskeöljyn maailmanlaajuiset varannot ovat vähentäneet valtioiden riippuvuutta öljyn tuottajamaista ja myös OPEC:in valta on heikentynyt.

4 ENERGIASKENAARIOT VUOTEEN 2040

4.1 Johdanto

Energiasektorilla on käynnissä energiamurros kohti hiilivapaata ja vähäpäästöistä energiajärjestelmää. Useat muutostekijät vaikuttavat energiasektoriin, ja niistä merkittävimpiä ovat resurssien ja erityisesti hiilivetyjen saatavuus, teknologiakehitys, energian kysynnän kehittyminen ja ilmastonmuutoksen torjumiseen tähtäävät toimet (Kuva 4-1).

Kuva 4-1 Energiasektorin globaalit makrotrendit

Resurssit	Öljyn merkitys globaalissa energiajärjestelmässä säilyy Kysynnän kasvun hidastumisesta huolimatta öljy säilyy oleellisena osana globaalia energiajärjestelmää etenkin liikennekäytössä
	Kaasun merkitys kasvaa eniten nykyisistä fossiilista polttoaineista Puhtaan energian tavoitteiden myötä kaasun kysyntä kasvaa huomattavasti muita fossiilisia polttoaineita enemmän ja se ohittaa hiilen kulutuksen vuoden 2030 tienoilla. LNG:n kehitys synnyttää globaalit kaasumarkkinat
	Hiilen merkitys laskee Hiilen kysyntä saavuttaa huipun ja kääntyy vähitellen laskuun, kun teollistuneet valtiot, mukaan lukien Kiina siirtyvät puhtaampiin energiantuotantoteknologioihin
Teknologia	Uusiutuvien energialähteiden voimakas kasvu jatkuu Teknologian ja kustannusten kehittymisen kautta uusiutuvista energialähteistä tulee ilman tukiakin kilpailukykyisiä suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin
	Teknologian kehitys mullistaa liikenteen energiakäyttöä Liikenteen sähköistyminen, autonomiset ajoneuvot sekä mobiiliteknologian kehittyminen mullistavat globaalia liikennettä ja vähentävät päästöjä
Energian kysyntä	Sähkön kulutus kasvaa merkittävästi kaikkialla Globaali keskiluokkaistuminen, liikenteen sähköistyminen sekä yleinen teknologian kehitys kasvattavat sähkön kulutusta huomattavasti vuoteen 2040 asti
	Energian kokonaiskysynnän kasvu hidastuu nykyisestä Energiatehokkuuden kehityksen myötä kokonaiskysynnän kasvu hidastuu OECD:n ulkopuolisissa maissa, erityisenä painopisteenä Aasia
Ympäristö	Ilmastonmuutoksen haaste säilyy Uusiutuvien energialähteiden voimakkaasta kasvusta ja öljyn sekä hiilen vähenevästä merkityksestä huolimatta COP21 päästötavoitteisiin pääseminen vaatii valtavia ponnistuksia
Globaalit yhteiskunnalliset muutokset <ul style="list-style-type: none">• Geopoliittinen ja taloudellinen painopiste siirtyy Aasiaan• Työikäisen väestön kasvu hidastuu merkittävästi sekä kehittyneissä maissa että Kiinassa• Öljyn merkitys globaalissa energiajärjestelmässä säilyy	

4.2 Energiaskenaariot ja niiden lähtöoletukset

Yllä oleviin globaaleihin makrotrendeihin perustuen Pöyry on koostanut kolme eri energiaskenaariota energiamarkkinoiden kehitymisestä, polttoaineiden kysynnästä ja globaaleista muutoksista vuoteen 2040. Ne kuvaavat mahdollisen muutoksen suuruutta, mikäli tietyt reunaehdot toteutuvat (Taulukko 4-1). Skenaariot on listattu alla:

- **Perusskenaario:** Synteesi eri tahojen selvitysten perusskenaarioista ja tulevaisuuden kehitymisestä vuoteen 2040 mennessä.
- **Nopean kehityksen skenaario:** Tavoitetasona skenaariossa on maailman keskilämpötilan nousun rajaaminen 2 asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna vuoteen 2100 asti. Skenaario edustaa ilmastonmuutoksen torjumisen ja uusiutuvien energiantuotantomuotojen yleistymisen kannalta nopeinta kehitystä.
- **Hitaan kehityksen skenaario:** Skenaario kuvaa maailmaa, jossa ilmastonmuutoksen torjunta hidastuu rajusti ja poliittinen ilmapiiri kääntyy, eikä uusia politiikkatoimia aloiteta.

Taulukko 4-1 Pöyryn valitsemat skenaariot vuoteen 2040

	Skenaario 1 Nopea kehitys	Skenaario 2 Perusskenaario	Skenaario 3 Hidas kehitys
Oletukset	<ul style="list-style-type: none"> Vastaa IEA:n 450 skenaarioita Tavoitetasona skenaariossa on maailman keskilämpötilan nousun rajaaminen 2 asteen esiteolliseen aikaan verrattuna vuoteen 2100 asti 	<ul style="list-style-type: none"> Synteesi viidestä skenaariosta (IEA, WEC, BP, McK, US Energy) vuoteen 2040 asti Vuoteen 2035 päättyviä skenaarioita on jatkettu vuoteen 2040 olettamalla, että 2030 – 2035 trendi jatkuu BKT ja maantieteelliset jaottelut on korjattu yhdenmukaisiksi 	<ul style="list-style-type: none"> Hitaan kehityksen skenaario edustaa edellisten vuosien mukaisen kehityksen jatkumista vuoteen 2040 asti globaalisti
Uusiutuvat energialähteet*	<ul style="list-style-type: none"> Uusiutuvan energian osuus sähkön tuotannossa kasvaa Uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla tuotettu sähkö on selvästi halvempaa kuin fossiilisilla polttoaineilla tuotettu sähkö Bioenergian tuotanto kasvaa noin 2 % ja aurinko- ja tuulienergian tuotanto noin 9 % vuodessa globaalisti 	<ul style="list-style-type: none"> Energiamurros etenee kuten tähän saakka Uusiutuvan energian osuus sähkön tuotannossa jatkaa kasvuaan, mikä vaikuttaa hintoihin etenkin 2030 jälkeen Siihen saakka sähkön tuotanto fossiilisilla polttoaineilla on halvempaa Bioenergian tuotanto kasvaa globaalisti noin 1,2 % vuodessa ja aurinko- ja tuulivoiman tuotanto noin 7,5 % vuodessa 	<ul style="list-style-type: none"> Energiamurros ei etene odotetun mukaisesti Uusiutuvan energian osuus sähkön tuotannossa kasvaa nykyisestä mutta hitaammin kuin kahdessa ensimmäisessä skenaariossa Uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla tuotettu sähkö on kalliimpaa kuin fossiilisilla polttoaineilla tuotettu sähkö
Hiili, kaasu	<ul style="list-style-type: none"> Kaasusähkön kysyntä kasvaa globaalisti mutta vuonna 2030 kasvu tasaantuu. Yhteensä kysyntä kasvaa noin 0,5 % vuodessa vuoteen 2040 asti Hiilen kysynnässä on laskeva trendi vuoteen 2040, kysyntä laskee noin 2,6 % vuodessa 	<ul style="list-style-type: none"> Kaasusähkön kysyntä vähenee kehittyneissä maissa mutta kehittyvissä maissa kasvaa. Kokonaisuudessaan kysyntä kasvaa noin 1,6 % vuodessa Hiilen kysyntä on suhteellisen tasaista globaalisti, kysynnän huippu saavutetaan noin vuonna 2025 	<ul style="list-style-type: none"> Kaasusähkön kysyntä kasvaa kaikilla alueilla, noin 2,4 % vuodessa Hiilen kysyntä kasvaa noin 1,8 % vuodessa globaalisti
Liikenne	<ul style="list-style-type: none"> Polttoainekäyttöiset autot korvataan sähköautoilla, vetäautoilla ja biopolttoaineilla, mikä pienentää selvästi öljyn kulutusta noin -1 % vuodessa 	<ul style="list-style-type: none"> Polttoainekäyttöiset autot korvataan sähköautoilla, vetäautoilla ja biopolttoaineilla mutta maltillisemmin kuin nopeassa skenaariossa. Ei merkittävää vaikutusta öljyn kulutukseen, kulutus kasvaa noin 0,6 % vuodessa 	<ul style="list-style-type: none"> Sähköautot, vetyautot ja biopolttonesteiden kehitys jää marginaaliseksi liiketoiminnaksi, ja öljyn kysyntä kasvaa noin 1,4 % vuodessa
Regulaatio	<ul style="list-style-type: none"> Poliittinen tahtotila ja regulaatio tukevat nopeaa transformatiota 	<ul style="list-style-type: none"> Poliittinen tahtotila ja regulaatio tukevat uusiutuvien energiantuotantomuotojen selvää lisäämistä kehittyneissä maissa 	<ul style="list-style-type: none"> Poliittinen tahtotila ja regulaatio eivät tue nopeaa transformatiota
Investoinnit	<ul style="list-style-type: none"> Sähkön varastointitekniikat kehittyvät ja hinta laskee Investoinnit sähköverkkoinfrastruktuuriin lisääntyvät Teknologiakehitys on voimakasta ja aurinko- ja tuulisähkön investointikustannukset laskevat 	<ul style="list-style-type: none"> Sähkön varastointitekniikat kehittyvät hitaasti Teknologiakehitys jatkuu ja uusiutuvat teknologiat saavuttavat kilpailukykyisen hintatason suhteessa muihin tuotantoteknologioihin 	<ul style="list-style-type: none"> Sähkön varastointitekniikat eivät kehity, ja sen vuoksi ne jäävät marginaalisiksi Sähköverkkoinfrastruktuuriin ei investoida

*Tuuli- ja aurinkosähkö, bioenergia

4.2.1 Perusskenaario

Perusskenaario on rakennettu viiden eri tahon tekemästä energiamarkkinoiden skenaariosta vuoteen 2035 - 2040 asti perustuen eri skenaarioiden keskiarvon mukaiseen kehitykseen. Näin rakennettu skenaario edustaa hyvin eri tahojen yleistä näkemystä energiasektorin kehittymisestä ja soveltuu pohjaksi myöhemmille tarkasteluille raportissa. Skenaarion lähteet on valittu siten, että erityyppiset tahot ovat edustettuina (Taulukko 4-2).

Taulukko 4-2 Viisi eri tahoa, joiden rakentamia skenaarioita on käytetty Pöyryn perusskenaarion lähteenä

WEC	WEC (World Energy Council) on kansainvälinen organisaatio (92 valtiota), jonka tavoitteena on edistää kustannustehokasta, vakaata ja ympäristön huomioonottavaa energijärjestelmää sekä luoda tietoa energiasektorin päättäjille. WEC järjestää tapahtumia, julkaisee selvityksiä sekä ylläpitää maailmanlaajuisia dialogia energiapolitiikasta. Organisaatio on perustettu vuonna 1923.
IEA	IEA (International Energy Agency) on kansainvälinen järjestö (29 valtiota, jäseneksi pääsemiselle kriteerit), jonka tavoitteena on taata luotettavan, edullisen sekä ympäristöystävällisen energian käyttö sen jäsenvaltioille sekä muille tahoille. Järjestö perustettiin vuonna 1974 vastauksena öljykriisiin.
EIA	EIA (Energy Information Administration) on Yhdysvaltojen energiatalastojen ylläpidosta sekä tiedon ja skenaarioiden luomisesta vastaava virasto. EIA on lain mukaan eriytetty poliittisesta päätöksenteosta ja se on riippumaton taho.
McKinsey	McKinsey on vuonna 1923 perustettu kansainvälinen konsultointiyritys, joka toimii kaikilla sektoreilla. McKinseyllä on "McKinsey Global Institute"-osasto, joka tuottaa sektorispesifistä tietoa ja analyyseja.
BP	BP on yksi maailman suurimmista yksityissomisteisista öljy- ja kaasualan yrityksistä. BP tuottaa myös tilastoja ja tulevaisuusskenaarioita kaikista energiaan liittyvistä sektoreista.

Eri tahojen skenaarioista analyysiin on valittu perusskenaariot (Taulukko 4-3). Tässä selvityksessä käytettävä perusskenaario on rakennettu pääsääntöisesti laskeamalla suora keskiarvo edellä esitettyjen viiden eri tahon kehitysennusteista. McKinseyn skenaarioita (kaksi skenaariota) on korjattu hieman ylöspäin sen muita alhaisemman BKT-kasvuennusteen vuoksi. Tällä on pyritty siihen, että eri tahojen skenaarioiden erot johtuvat pääsääntöisesti ainoastaan eri teknologioiden kehitys- ja adaptaatioennusteista sekä eri näkemyksistä globaalin ympäristö- ja ilmastopolitiikan kehittymisestä. Vuoteen 2035 päättyviä skenaarioita on jatkettu vuoteen 2040 olettamalla, että 2030 – 2035 trendi jatkuu. Eri tahojen vaihtelevia maantieteellisiä

jaotteluita (tässä raportissa jaotteluna on Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EU, Lähi-itä, Afrikka, Venäjä sekä Aasia, johon on luettu mukaan Tyynenmeren valtiot) on korjattu vertailemalla sekä historiallista että muiden skenaarioiden ennustamaa maanosien suhteellista kehittymistä. Taulukossa 4-3 on esitetty eri tahojen perusskenaarioiden ennusteet eri energialajeille.

Taulukko 4-3 Energiaskenaariot vuosille 2025 - 2040

	IEA	BP	McKinsey	EIA	WEC
Öljy	Perusskenaariossa kysyntä kasvaa, mutta hitaammin kuin historiallisesti	Kysyntä kasvaa, mutta kasvu hidastuu huomattavasti. Suhteellinen osuus primäärienergiasta laskee	Hidastuvaa kysynnän kasvua, optimisessa skenaariossa kysyntähuippu 2025, jonka jälkeen kysyntä laskee	Tasainen kysynnän kasvu vuoteen 2040. (1,0 % p.a.) Ei -OECD-maissa kasvu keskimäärin 1.9 p.a.	Kysyntä kasvaa vuoteen 2030 saavuttaen kysyntähuipun, minkä jälkeen kysyntä alkaa laskea kiihtyvästi
Maakaasu	Kysynnän kasvu jatkuu suhteellisen voimakkaana (1,5 % p.a.) vuoteen 2040	Kokonaiskulutuksen kasvu jatkuu historiallisen trendin mukaisena ja voimakkaana	Perusskenaariossa kasvua (39 % vuoteen 2035), optimistisessä skenaariossa kysyntähuippu 2025	Voimakasta kysynnän kasvua (1,9 % p.a.), joka hieman hidastuu vuoden 2025 jälkeen.	Kysyntä kasvaa voimakkaasti vuoteen 2040 asti. (1,4 % p.a.)
Hiili	Perusskenaariossa kysynnän kasvu jatkuu hitaana (0,25 % p.a.) vuoteen 2040 asti	Kysyntä kasvaa vuoteen 2025 asti hieman, jonka jälkeen laskee hitaasti	Perusskenaariossa hiilen kysyntä kasvaa hitaasti. Kysyntähuippu saavutetaan vuonna 2025, ja se laskee nykytasolle vuoteen 2035 mennessä	Kysyntä kasvaa hitaasti vuoteen 2040 asti (0,6 % p.a.)	Kysyntä laskee kiihtyvästi vuoteen 2040 asti
Kokonaisenergian kysyntä	Kysyntä kasvaa noin 1 % p.a. vuoteen 2040 asti	Hidastuvaa kasvua maailmanlaajuisesti, kehittyneissä maissa ja Kiinassa kasvu tasaantuu vuoteen 2035 mennessä	1,1 % p.a. kasvua vuoteen 2025 asti ja 0,6 % p.a. siitä eteenpäin. Sähkön kulutus kasvaa kaikissa skenaarioissa	Tasainen kysynnän kasvu vuoteen 2040 asti (1,4 % p.a.)	Kysyntä kasvaa 1,0 % p.a. vuoteen 2030 ja 0,4 % p.a. siitä eteenpäin
Uusiutuvat	Voimakasta kasvua. Uusiutuvien osuus 15 % primäärienergiasta vuonna 2040	Voimakasta kasvua, osuus energian tuotannosta noin 18 % ja primäärienergiasta 10 % vuonna 2035	Aurinkosähkön ja tuulivoiman osuus 35 % sähköntuotannosta vuonna 2035, ja niiden yhteenlaskettu osuus ylittää hiilen ja kaasun osuuden	Voimakasta kasvua vuoteen 2040 asti. Uusiutuvien osuus 16 % primäärienergiasta vuonna 2040	Aurinko, tuuli ja geoterminen energia kasvavat 5,1% p.a. vuoteen 2060 asti

Taulukon lähteet: IEA, 2016a; BP, 2016b, McKinsey, 2017; WEC, 2016; EIA, 2016b

4.2.2 Nopean kehityksen skenaario

Nopean kehityksen skenaario vastaa IEA:n 450 skenaariota, joka on rakennettu asettamalla enimmillään kahden asteen ilmaston lämpenemisen tavoitetaso. Se tarkoittaa, että maailman keskilämpötilan nousu on rajattu 2 asteeseen esiteollisesta ajasta vuoteen 2100 saakka. Skenaario edustaa ilmastonmuutoksen torjumisen ja uusiutuvien energiamuotojen yleistymisen kannalta ideaalista tilannetta, jolloin globaalien energijärjestelmien tulisi kehittyä siten, että tavoitteeseen päästään. Skenaariota kutsutaan tässä raportissa nimellä nopean kehityksen skenaario ja se vaatisi toteutuakseen huomattavaa teknologista kehitystä sekä poliittista tahtoa perusskenaarioon verrattuna.

4.2.3 Hitaan kehityksen skenaario

Hitaan kehityksen skenaario edustaa edellisten vuosien globaalien kehityksen jatkumista samankaltaisena tulevaisuuteen. Skenaariossa on heijastettu vuosien 2000 - 2015 globaalien energiasektorin kehitystä vuoteen 2040 asti. Skenaario kuvaa maailmaa, jossa ilmastonmuutoksen torjunta hidastuu rajusti ja poliittinen ilmapiiri kääntyy, eikä uusia politiikkatoimia oteta käyttöön. Kehittyneissä maissa, kuten EU:ssa ja Yhdysvalloissa jo saavutettujen kehityssuuntien ei oleteta merkittävästi muuttuvan, ja esimerkiksi hiilen käytön vähenemisen odotetaan jatkuvan EU-alueella, tosin huomattavasti perusskenaariota hitaammin. Hitaan kehityksen skenaariolla on valtava merkitys myös OECD:n ulkopuolisille maille, joissa tässä skenaariossa ei odoteta tapahtuvan ilmastonmuutoksen torjumisen kannalta tärkeitä poliittisia muutoksia. Näiden maiden talous- ja väestönkasvu jatkuu energiaintensiivisesti sekä fossiilisia polttoaineita suosivasti.

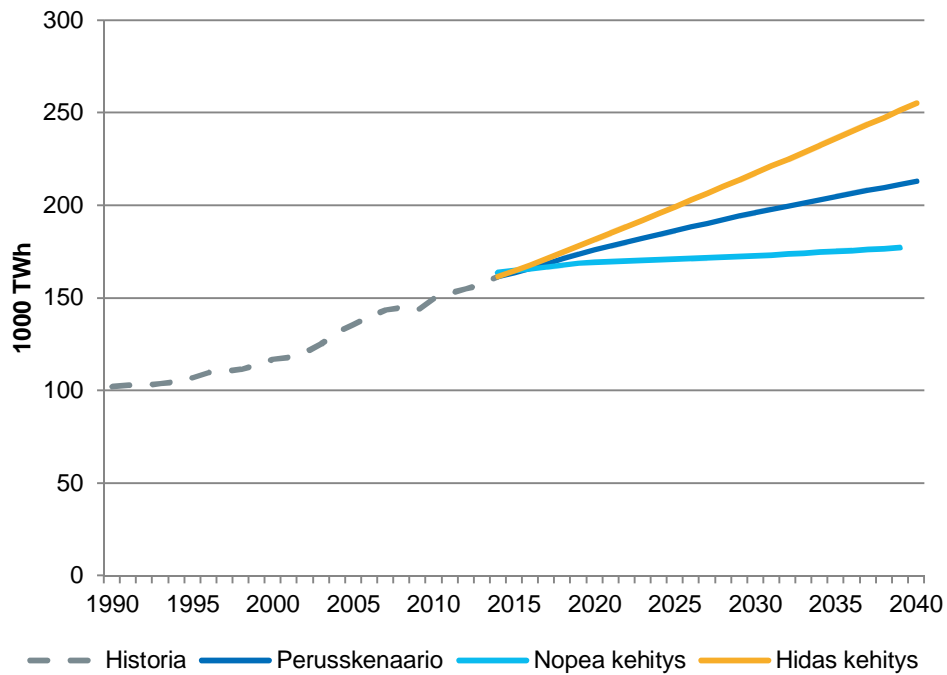
4.2.4 Skenaarioiden tulokset

4.2.4.1 Energiamurroksen vaikutus globaalisti

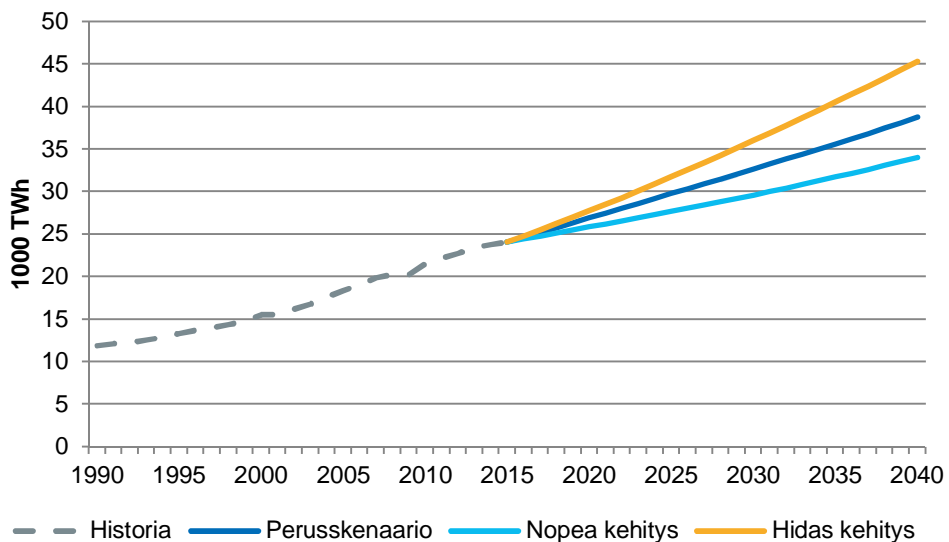
Globaalista primäärienergian kokonaiskäytöstä vuonna 2015 (noin 150 000 TWh) sähkön tuotannon osuus oli 15 %, teollisuuden osuus 21 % (lämpö- ja muu käyttö), rakennuskannan osuus 22 % (lähinnä lämmityskäyttö) ja liikenteen osuus 19 %. Loput 23 % sisältää muun energiakäytön sekä muun käytön.

Maailman energian kokonaiskysyntä kasvaa kaikissa skenaarioissa. Perusskenaariossa kokonaisenergian kysyntä kasvaa 32 % vuoteen 2040 mennessä. Kokonaisenergialla tarkoitetaan tässä energiasektorin, teollisuuden, liikenteen sekä rakennusten kuluttamaa kokonaisenergiaa (sähkö ja lämpö). Energian kokonaiskysynnän kasvu tarkastelujakson aikana on suurempaa kehittyneissä OECD:n ulkopuolisissa maissa. Niissä kysyntä kasvaa vuoteen 2040 mennessä 54 % verrattuna vuoteen 2015. OECD-maissa vastaava kasvu on 2 %. Näin suuri ero kasvussa johtuu osaltaan OECD-maiden pidemmälle kehittyneistä poliittisista ohjaukeinoista sekä teknologiakehityksestä energiatehokkuuden parantamiseksi. Ennen kaikkea ero johtuu kasvukeskittymien siirtymisestä OECD-maista etenkin Aasiaan. Energian kokonaiskysynnän kehitys on kuvattu kuvassa 4-2 ja sähkön kysyntä kuvassa 4-3.

Kuva 4-2 Energian kokonaiskysyntä

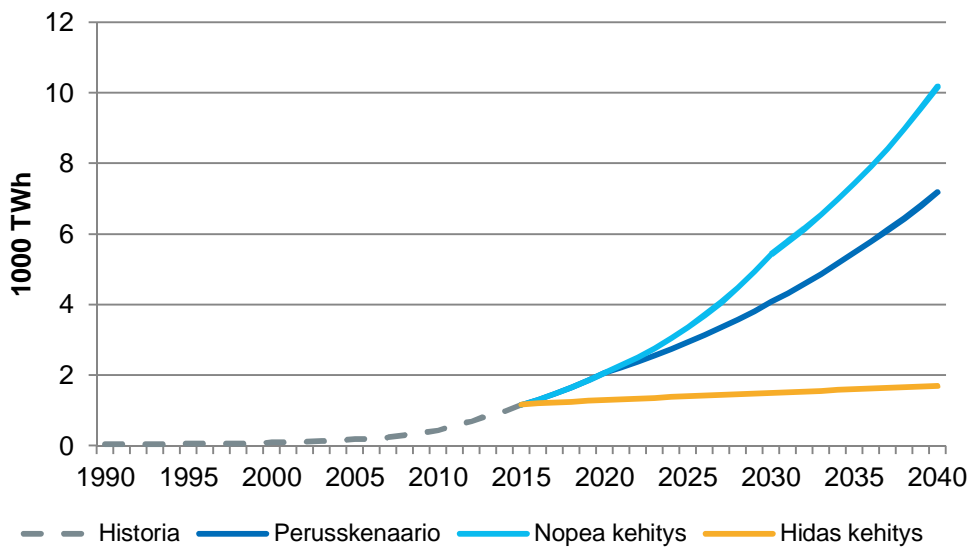


Kuva 4-3 Sähkön kokonaiskysyntä



Tuuli- ja aurinkovoiman ennustetaan kasvavan merkittävästi perusskenaarios-
sa ja nopean kehityksen skenaariossa (Kuva 4-4). Perusskenaariossa tuuli- ja
aurinkovoiman osuus on arviolta noin viidennes sähkön kokoisuunnästä ja
nopean kehityksen skenaariossa osuus on lähes kolmannes.

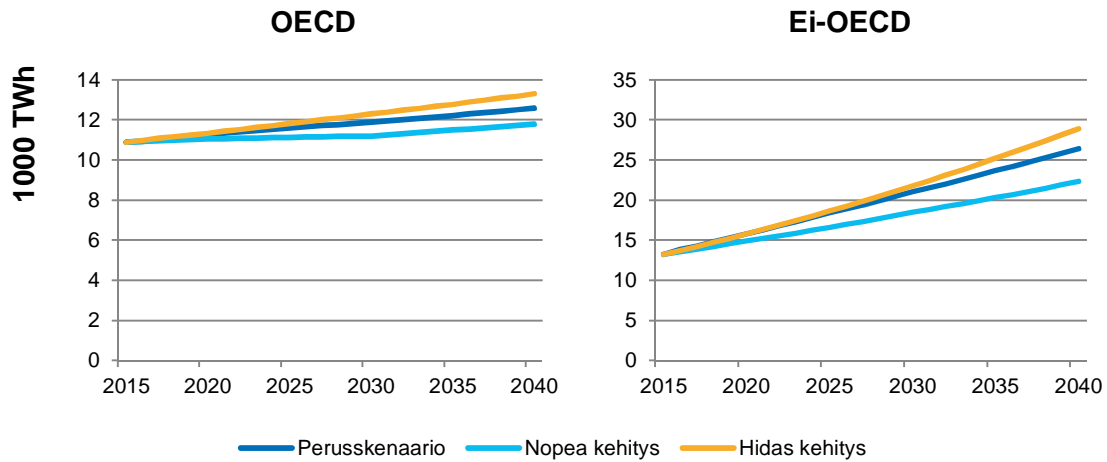
Kuva 4-4 Tuuli- ja aurinkovoiman tuotanto



Sähkön kysyntä kasvaa myös kaikissa skenaarioissa vuoteen 2040 asti, mutta huomattavasti energian kokonaiskysyntää nopeammin. Sähkön osuus maailman energian kokonaiskysynnästä nousee perusskenaariossa yli 3 % seuraavan 25 vuoden aikana eli 15,1 %:sta vuonna 2015 18,4 %:iin vuonna 2040. Selkeä kasvu johtuu pitkälti maailman kasvavasta sähköistymisestä, ja erityisesti kehittyvien maiden liikenteen sähköistymisestä ja lisääntyneestä muusta sähkön käytöstä esim. elektroniikan käytöstä johtuen. Maailman sähköistymistä ja sen syitä on kuvattu tarkemmin kappaleessa 5.7.

Sähkön kysynnän kasvun jakautumisessa on nähtävissä samankaltaisia trendejä kuin energian kokonaiskysynnän kasvussa, eli OECD:n ulkopuolisissa maissa sähkön kysyntä kasvaa voimakkaimmin. Niiden osuus maailman sähkön kulutuksesta nousee noin 55 %:sta vuonna 2015 68 %:iin vuonna 2040. On kuitenkin huomattava, että sähkön kysyntä kasvaa selkeästi myös OECD-maissa, noin 16 %, vaikka kokonaisenergian kysynnän kasvu on niissä lähes olematonta, keskimäärin vain 0,06 % vuodessa. Sähkön kysynnän kasvu johtuu OECD-maissa pääasiassa liikenteen sähköistymisestä ja yleisestä sähkön kysynnän kasvusta, kun taas OECD:n ulkopuolisissa maissa tärkeimpänä ajurina on keskiluokkaistuminen. Sähkön kulutuksen kehitys OECD-maissa ja OECD:n ulkopuolisissa maissa on esitetty alla kuvassa (Kuva 4-5).

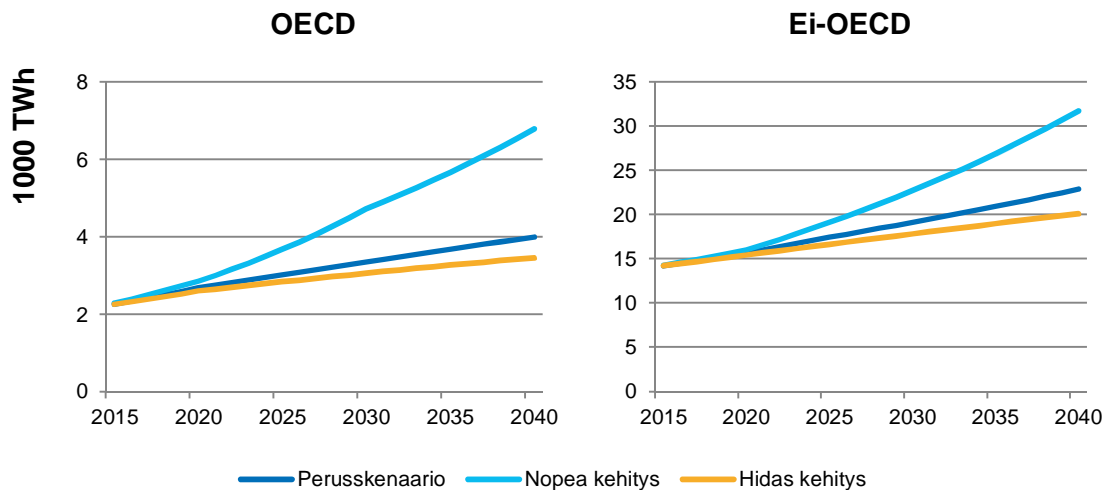
Kuva 4-5 Sähkön kulutuksen kehitys eri skenaarioissa OECD-maissa ja ei-OECD-maissa



Uusiutuvien energiantuotantolähteiden (aurinko, tuuli, bioenergia, muut uusiutuvat pois lukien vesivoiman) kysynnän kasvu jatkuu voimakkaana sekä OECD-maissa (2,3 % vuodessa) että OECD:n ulkopuolisissa maissa (1,9 % vuodessa) (Kuva 4-6). Kasvu on kuitenkin OECD-maissa nopeampaa, mikä johtuu pitkälti vahvemasta poliittisesta tahdosta ilmastonmuutoksen torjunnassa. Tässä on huomioitava, että vesivoima sisältyy 'muihin energiantuotantolähteisiin', koska vesivoiman kysyntä ei kasva merkittävästi vuoteen 2040 mennessä.

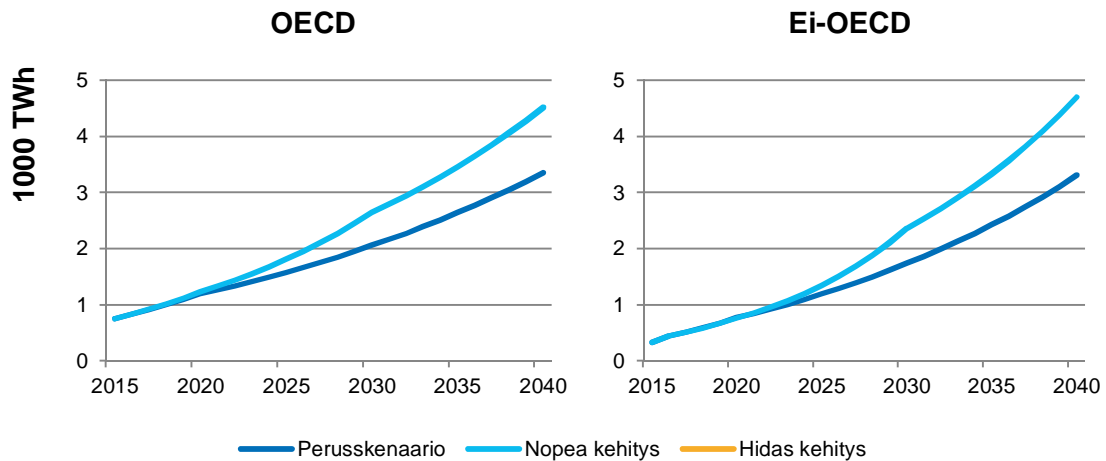
Nopean kehityksen skenaariossa uusiutuvien energialähteiden kysyntä kasvaa huomattavasti enemmän kuin perusskenaariossa, eli 3,7 % vuodessa verrattuna perusskenaarion 2 %:n kasvuun vuodessa keskimäärin. Tämä yhdessä kokonaiskysynnän huomattavasti perusskenaariota hitaamman kasvun kanssa tarkoittaa, että ilmastotavoitteiden saavuttaminen vaatii vielä huomattavia ponnisteluja.

Kuva 4-6 Uusiutuvat (ilman vesivoimaa) eri skenaarioissa



Tuuli ja aurinkoenergian kysynnän kasvu jatkuu voimakkaana kaikkialla maailmassa, etenkin ei-OECD-maissa, joissa 8,9 %:n vuotuinen kasvunopeus ylittää OECD-maiden kasvunopeuden 6,1 % vuodessa perusskenaariossa (Kuva 4-7). Kokonaisuudessaan uusiutuvien energialähteiden osuus maailman sähköntuotannosta yli kolminkertaistuu, perusskenaariossa noin 4,9 %:sta vuonna 2015 noin 17,1 %:iin vuonna 2040.

Kuva 4-7 Tuuli- ja aurinkovoima eri skenaarioissa



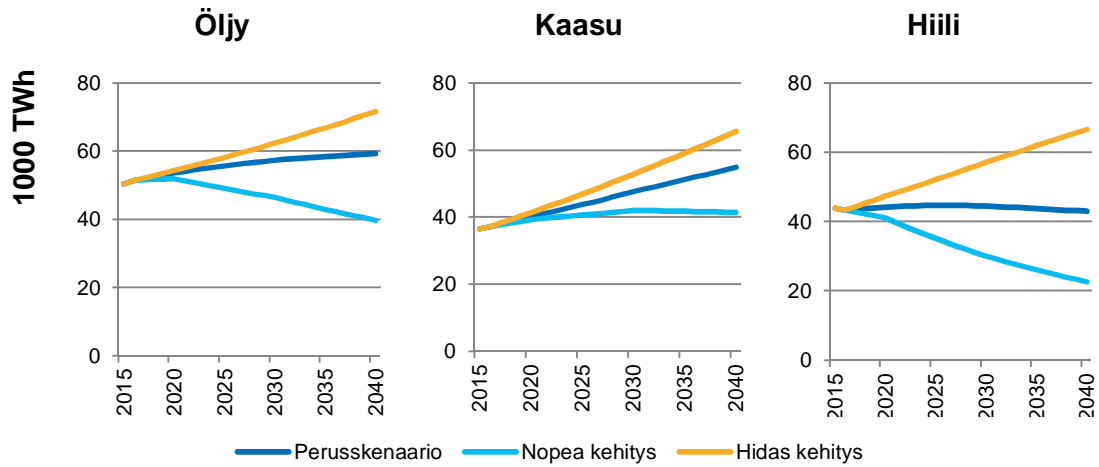
4.2.4.2 Hiilivetyjen globaalien kysynnän kehitys

Hiilivetyjen globaalien kysynnän kehitystä vuoteen 2040 on seuraavaksi tarkasteltu tarkemmin maantieteellisesti.

Globaali kysyntä

Perusskenaariossa hiilivetyjen globaali kysyntä (sisältää energia-, liikenne-, teollisuus- ja rakennusten suoran energiakäytön) öljyn ja kaasun osalta jatkaa kasvuaan. Hiilen kysyntä saavuttaa perusskenaariossa huipun globaalisti vuoden 2025 tienoilla, ja sen jälkeen kysyntä alkaa laskea hitaasti ja lähes saavuttaa vuonna 2040 vuoden 2015 tason. Öljyn ja etenkin kaasun kysyntä jatkaa kasvua koko tarkastelujakson aikana. Öljyn kysyntä kasvaa perusskenaariossa historiallista kasvua hitaammin, mutta sen merkitys globaalille energiajärjestelmälle ei merkittävästi laske vuoteen 2040 asti (Kuva 4-8). Öljyn kasvun hidastumisen taustalla on sekä vähenevä käyttö lämmön ja sähkön tuotannossa, että sähköautojen yleistyminen maailmassa. Etenkin liikennekäytössä öljy säilyy silti merkittävänä energialähteenä, sillä sähköautojen ei odoteta yleistyvän riittävällä nopeudella. Sähköautoteknologian tulevaisuuden näkymiä on tarkemmin kuvattu kappaleessa 5.7.2. Kaasun kysyntä nousee huomattavasti perusskenaariossa mm. energiantuotannossa, kun kaasulla korvataan hiiltä ja öljyä, joiden poltosta syntyy kaasun polttoa enemmän hiilidioksidipäästöjä.

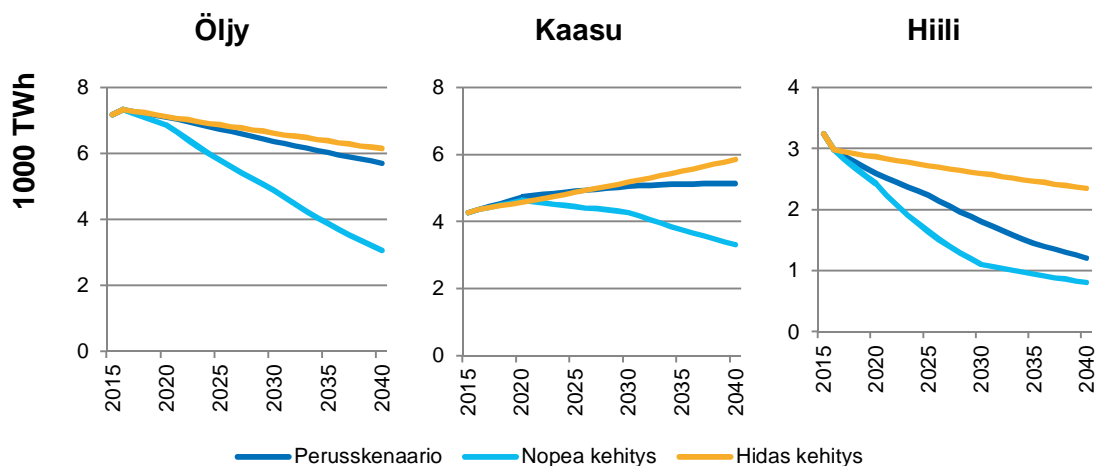
Kuva 4-8 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys globaalisti eri skenaarioissa



EU-maiden kysyntä

EU:ssa poliittiset toimet ilmastonmuutoksen torjumiseksi ja fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämiseksi näkyvät myös hiilivetyjen kysynnässä. Sekä öljyn että hiilen kysyntä jatkavat voimakasta laskua EU-maissa (Kuva 4-9). Hiilen käyttö vähenee rajuimmin, eli noin 62 % vuoteen 2040 mennessä perusskenaariossa. Öljyn käyttö vähenee myös huomattavasti, eli noin 24 % vuoteen 2040 asti, mutta huomattavasti hitaammalla vauhdilla, mikä johtuu öljyn korvaamisen vaikeudesta. Samanaikaisesti kaasun kysyntä lisääntyy, kun sillä korvataan poistuvaa hiilivoimantuotantoa. Ilmastotavoitteiden kannalta hyvästä kehityksestä huolimatta perusskenaariossa jäädään Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteista.

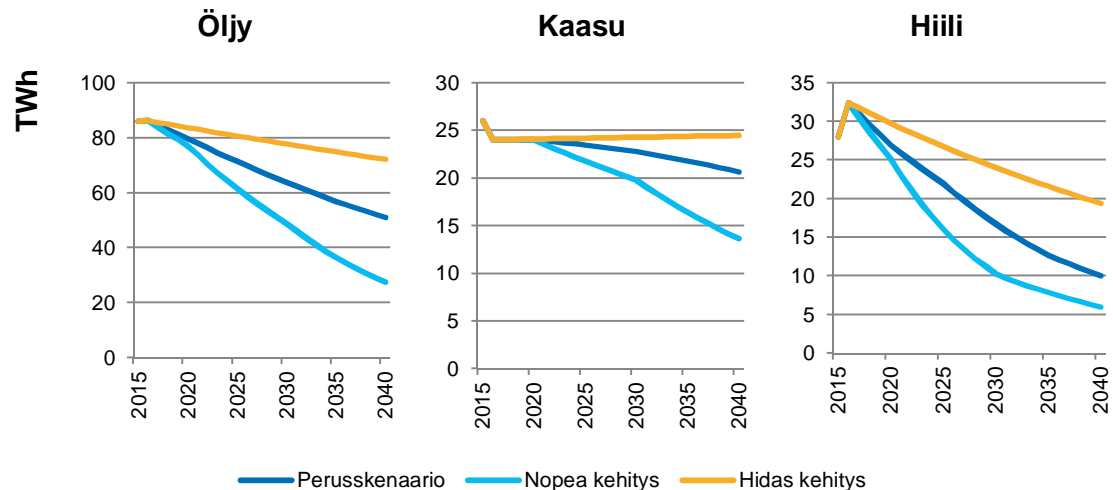
Kuva 4-9 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys EU-maissa eri skenaarioissa



Kysynnän kehitys Suomessa

Hiiltä käytetään Suomessa lähes yksinomaan sähkön ja lämmön tuotantoon. Kaasun käyttö jakautuu puoliiksi energiantuotantolaitosten käytön ja teollisuuskäytön välillä, kun taas öljyn kulutuksesta noin 50 % on liikennekäyttöä, 8 % energiakäyttöä ja loput muuta käyttöä, kuten teollisuuden käyttöä (mm. lämmöntuotantoa ja metallin valmistusta). Suomessa kysynnän kehittymisen suhteen seurataan pitkälti samoja trendejä kuin EU:ssa, mutta perusskenaariossa myös kaasun käytön odotetaan lähtevän laskuun (Kuva 4-10). Suomessa lisäksi laskevat trendit ovat jyrkempiä kuin EU:ssa. Suomi on historiallisesti vähentänyt fossiilisten polttoaineiden käyttöä EU:ta nopeammin, mm. kasvattamalla bioenergian käyttöä ja tämän trendin oletetaan jatkuvan. Kokonaisuudessaan öljyn kysynnän odotetaan laskevan 43 %, kaasun kysynnän 9 % ja hiilen kysynnän jopa 72 % vuoteen 2040 mennessä verrattuna vuoden 2015 tasoon. Suomikaan ei silti perusskenaariossa saavuta Pariisin ilmastopimuksen tavoitteita.

Kuva 4-10 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Suomessa eri skenaarioissa

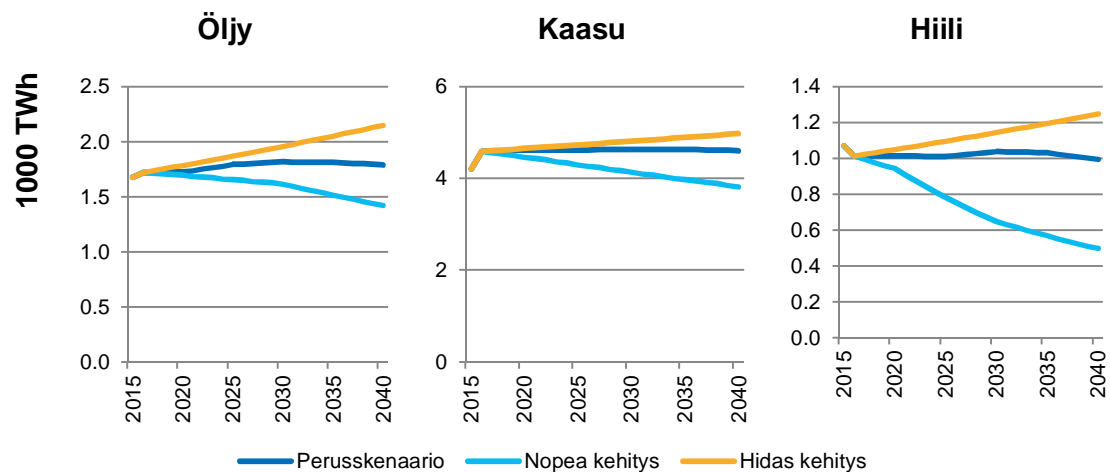


Venäjän kysyntä

Noin kaksi kolmasosaa Venäjän kaasuntuotannosta käytetään kotimaassa lähinnä lämmöntuotantoon (40 %) ja sähköntuotantoon (15 %). Teollisuuden kysynnän osuus on noin 20 % ja kotitalouksien osuus on noin 10 % kokonaiskysynnästä. Maakaasun putkiverkostoa on laajennettu, ja se kattaa nykyisellään noin 70 % kaikista kaupungeista ja lähes 60 % taajamista. Verkoston laajentamista on jatkettu ei niinkään taloudellisista, mutta poliittista syistä. Se ei ole kuitenkaan lisännyt merkittävästi kokonaiskulutusta. Venäjän oma kaasunkulutus voi tulevaisuudessa nousta öljyn-, kivihiihen ja biomassan kustannuksella (ei huomioitu tässä skenaariossa), sillä maanlaajuinen kaasuohjelma tähtää kaasun laajamittaiseen käyttöön myös liikennepolttoaineena, maaseudun ja Venäjän Kaukoidän (nyt kivihiihirippuvainen) kaasuverkkoon liittämisen lisäksi (Simola ja Solanko, 2017; Tynkkynen, 2016).

Venäjällä fossiilisten polttoaineiden kulutuksen ei odoteta käytännössä muuttuvan merkittävästi vuoteen 2040 asti perusskenaariossa (Kuva 4-11). Venäjän oman energiastrategian luonnoksessa on esitetty kaksi skenaariota: konservatiivisen skenaarion mukaan hiilen ja öljyn kysyntä laskee hieman nykytasoon verrattuna ja vastaavasti kaasun kysyntä nousee hieman. Optimistisen kehityksen skenaariossa kaikkien fossiilisten raaka-aineiden kulutus nousee nykyisestä tasosta (kts. myös luku 9).

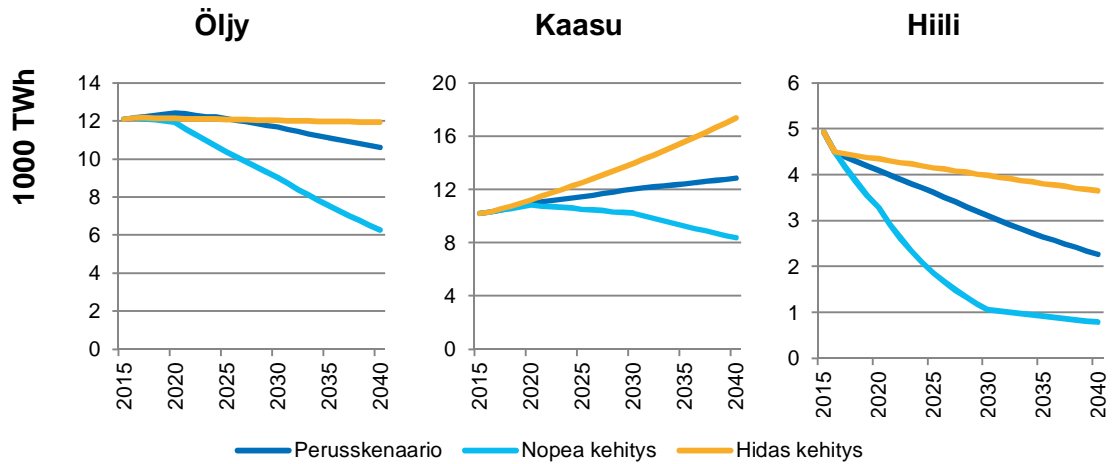
Kuva 4-11 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Venäjällä eri skenaarioissa



Pohjois-Amerikan kysyntä

Öljyn ja hiilen kysyntä laskee myös Pohjois-Amerikassa (Kuva 4-12). Öljyn kysyntä laskee 11 % ja hiilen 52 % 2015 tasosta vuoteen 2040 mennessä samanaikaisesti, kun kaasun kulutus kasvaa 29 %. Viimeaikaiset poliittiset muutokset asettavat fossiiliset polttoaineet uuteen tilanteeseen, mutta etenkin hiilen kysynnän kohdalla tuskin tapahtuu merkittävää muutosta, vaikka kysynnän lasku saattaakin hidastua. Tämä johtuu siitä, että hiilen alasajo on jo pitkään jatkunut trendi. Hiilen käytön kasvu vaatisi merkittäviä uusia investointeja energiantuotannossa, ja investoinnit kilpailevat mm. kaasun- ja uusiutuvan energian investointien kanssa. Kaasuinvestoinnit ovat kilpailukykyisiä johtuen Yhdysvaltojen suhteellisen suurista liuskekaasuvarannoista. Lisäksi monissa osavaltioissa uusiutuvilla energialähteillä tuotettu sähkö on jo nykyhetkellä fossiililla energialähteillä tuotettua sähköä kilpailukykyisempää, ja uusiutuvien energialähteiden kilpailukyky paranee jatkuvasti.

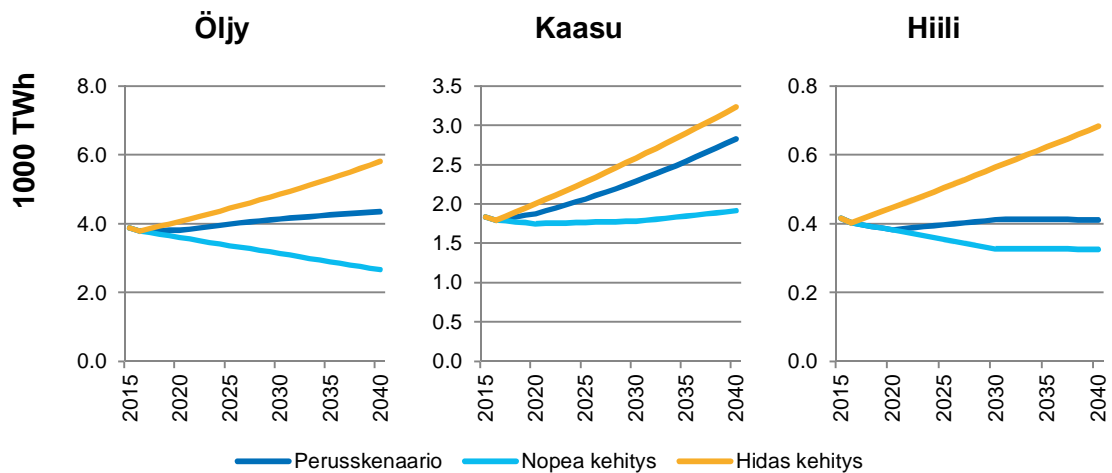
Kuva 4-12 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Pohjois-Amerikassa eri skenaarioissa



Etelä-Amerikan kysyntä

Etelä-Amerikassa öljyn ja kaasun kysyntä jatkaa kasvua. Öljyn kysyntä kasvaa noin 15 % ja kaasun kysyntä noin 61 % vuoteen 2040 mennessä (Kuva 4-13). Hiilen kysyntä puolestaan jää lähes nykytasolle perusskenaariossa.

Kuva 4-13 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Etelä-Amerikassa eri skenaarioissa

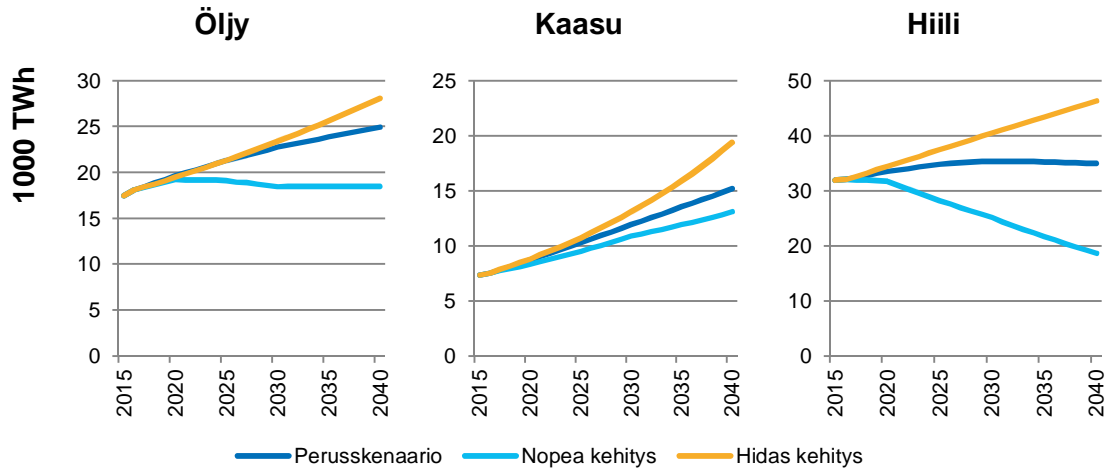


Aasian kysyntä

Aasiassa kaikkien fossiilisten polttoaineiden kysyntä kasvaa vuoteen 2040 mennessä (Kuva 4-14). Hiilen kysyntä saavuttaa huipun vuoden 2030 tienoilla, jonka jälkeen se laskee vuoteen 2040 mennessä hitaasti tasolle, joka on 12 % vuoden 2015 kulutusta suurempi. Öljyn ja etenkin kaasun kysyntä jatkaa vahvaa kasvua. Öljyn kysyntä kasvaa 44 % ja kaasun kysyntä 117 % vuoteen 2040 mennessä perusskenaariossa. Vahva kysynnän kasvu johtuu talouden ja väestön kasvusta. Hiili-

len kysynnän kasvu kuitenkin taittuu alueella aktiivisemmän ympäristöpolitiikan seurauksena etenkin Kiinassa.

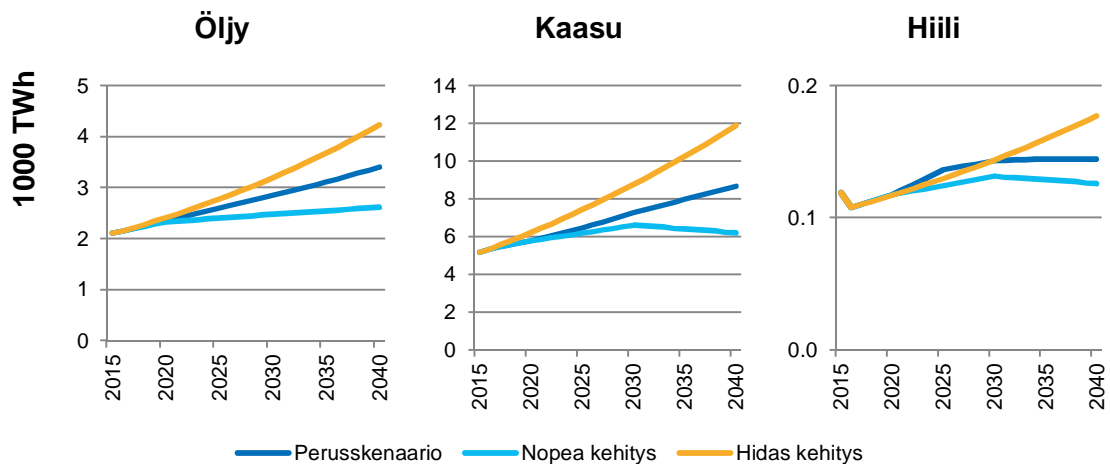
Kuva 4-14 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Aasiassa eri skenaarioissa



Lähi-idän kysyntä

Lähi-idässä öljyn ja kaasun kysyntä jatkaa kasvua (Kuva 4-15). Öljyn kysyntä kasvaa noin 40 % ja kaasun kysyntä noin 68 % vuoteen 2040 mennessä perusskenaariossa. Hiilen kysyntä kasvaa 40 % vuoteen 2030 asti, jonka jälkeen kysynnän kasvu laantuu. Hiilen kysyntä kokonaisuudessaan on Lähi-idässä hyvin pientä, eikä sillä tule olemaan merkitystä globaalilla mittakaavalla. Kaasun ja öljyn kysyntää alueella kasvattaa osaltaan yleinen talous- ja väestönkasvu, mutta myös kyseisten resurssien helppo saatavuus.

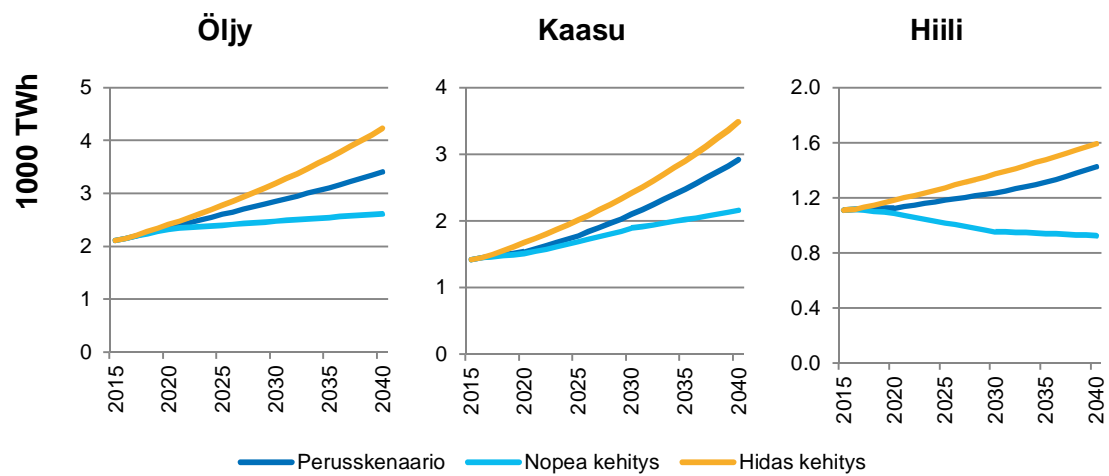
Kuva 4-15 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Lähi-Idässä eri skenaarioissa



Afrikan kysyntä

Kaikkien hiilivetyjen (öljy, kaasu, hiili) kysyntä kasvaa Afrikassa (Kuva 4-16). Öljyn kysyntä kasvaa 65 %, kaasun kysyntä kasvaa 109 % ja hiilen kysyntä kasvaa 29 % vuoteen 2040 mennessä verrattuna vuoteen 2015. Afrikan hiilivetyjen kulutuksen kasvua edesauttaa nopea talouden kehitys ja muuta maailmaa monesti kevyempi ilmastopolitiikka. Esimerkiksi aurinkovoiman potentiaali on Afrikassa huomattava olosuhteiden vuoksi.



Kuva 4-16 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Afrikassa eri skenaarioissa



4.3 Skenaariotarkastelun epävarmuustekijät

Skenaariot edustavat tiettyä, taustaoletuksista riippuvaista kehityskulkua, ja ne on tässä työssä arvioitu pääsääntöisesti lineaarisiksi. Skenaariotarkasteluun liittyy aina epävarmuustekijöitä, sillä ne rakennetaan tiettyjen olettamuksien pohjalta. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-4) on esitetty keskeisimmät tässä raportissa esitettyihin skenaarioihin ja johtopäätöksiin vaikuttavat epävarmuustekijät, jotka on jaettu kolmeen kategoriaan: 1) Poliittika, 2) Teknologia ja 3) Talous. Todellisuudessa monet näistä tekijöistä ovat toisistaan riippuvia ja esimerkiksi talouskasvun hidastuminen voi vaikuttaa valtiotasolla ympäristöpolitiikasta vetäytymiseen, mikä puolestaan saattaa hidastaa teknologista kehitystä.

Taulukko 4-4 Skenaarioiden keskeisimmät epävarmuustekijät

 Politiikka	 Teknologia	 Talous
<ul style="list-style-type: none">• Valtiotason vetäytyminen ympäristöpolitiikasta• Intensiiviset energiatransitiot suurvaltatasolla• EU:n ja muiden yhteistyöliittojen hajoaminen• Laajamittaiset konfliktit (esim. aseelliset konfliktit Lähi-idässä)	<ul style="list-style-type: none">• Nopea uusiutuvan energian ja sähkönvarastointitekniologian kehitys• Nopeampi liikenteen murros• CCS:n tai vastavaan teknologian läpimurto	<ul style="list-style-type: none">• Maailmanlaajuiset talouskriisit• Talouskasvun äkillinen hidastuminen tai kiihtyminen• Investointiympäristön kehitys

4.3.1 Valtiotason vetäytyminen ympäristöpolitiikasta

Valtioiden, etenkin suurten valtioiden vetäytyminen ympäristöpolitiikasta vaikuttaa suorasti tai epäsuorasti energiasektoriin ja uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Suora vaikutus on valtion omien päästöjen kasvu tai ainakin päästöjen laskun hidastuminen. Epäsuora vaikutus voi olla yksittäisten valtioiden vetäytymisestä johtuva esimerkki, jonka seurauksena myös muut maat vetäytyvät ympäristöpolitiikasta ilman pelkoa kansainvälisestä vastareaktiosta.

Valtiosuhteiden vetäytymisestä on lähihistorian esimerkkejä. Trumpin hallinnon johdolla Yhdysvaltojen energiapolitiikassa on tapahtunut täyskäännös, kun Yhdysvallat vetäytyi Pariisin ilmastopöytäkirjasta kesäkuun alussa 2017. Obaman hallinnon ympäristönsuojeluun tähtäviä lakeja peruttiin ja energiaministeriksi asetettiin ilmastomuutoksen kiistävä henkilö. Pariisin ilmastopöytäkirjasta vetäytymisellä on kaksi suoraa vaikutusta: 1) Yhdysvallat luopui sille asetetuista päästötavoitteistaan sekä 2) Yhdysvallat ei osallistunut rahoittajana kehittyvien maiden ilmastomuutoksen torjuntaan tarkoitettuihin ohjelmiin. Tämänkaltaiset täyskäännökset ilmastopolitiikassa ovat suhteellisen harvinaisia, mutta myös Australiassa vuonna 2013 pääministeriksi astunut Tony Abbott on kutsunut tiedettä ihmisten aiheuttamasta ilmastomuutoksesta rosäksi, ja poistanut hiiliteollisuudelle asetettuja veroja ja vähentänyt panostusta uusiutuvaan energiaan.

Venäjällä ilmastopolitiikka puolestaan on ulkopolitiikan väline siinä missä kauppapolitiikka ja energia tai sotilaalliset väliintulot. Kansainvälisillä ilmastopoliittisilla alustoilla Venäjä on ollut mukana kaikissa keskeisissä sopimuksissa (Kioto ja Pariisi), mutta vaatinut myönnytyksiä muilla sektoreilla ilmastotalkoisiin mukaan lähtemisen ehtona. Sen lisäksi Venäjän päästövähennyssitoumukset ovat olleet sellaisia, ettei konkreettisia toimia päästöjen vähentämiseksi ole tarvinnut tehdä. Kansainvälisessä ilmastopolitiikassa Venäjä on ollut mukana ulkopoliittisista syistä sitoutumatta

käytännön ympäristörajoituksiin. Sisäisesti Venäjän ilmastokeskustelu Putinin hallinnon hallitsemassa mediassa puolestaan vertautuu yhdysvaltaisten oikeistokonservatiivien kielteiseen ilmastokantaan. Tässä asiassa Trumpin ja Putinin hallinnot ovat siis samanmielisiä. Ei ole varmaa lähteekö Venäjä Kiinan ja EU:n ajamaan ilmastovastuullisempaan suuntaan vai kääntyykö se Trumpin Yhdysvaltojen politiikan suuntaan (Tynkkynen & Tynkkynen, 2018).

Yhdysvaltojen vetäytymisellä Pariisin sopimuksesta ei todennäköisesti tule olemaan valtavaa vaikutusta maailman ilmastomuutoksen vastaiseen taisteluun (Nature, 2017), ja useiden arvioiden mukaan se ei tule luultavasti kääntämään hiilidioksidipäästöjen laskevaa trendiä edes Yhdysvalloissa, sillä valtaosa yrityksistä ja osavaltioista ovat jo vahvasti polulla kohti uusiutuviin perustuvaa energijärjestelmää. Joissain osavaltioissa uusiutuvat energialähteet ovat jo kilpailukykyisiä verrattuna fossiilisiin energialähteisiin (AEE Institute, 2017). Toisaalta pessimistisimmät tahot arvioivat, että myönteinen päästökehitys Yhdysvalloissa loppuu (Climate action tracker, 2017a), ja päästöt kasvavat. Suuremman vaikutuksen aikaansaaminen vaatisi kuitenkin vielä räikeämpiä poliittisia toimia, kuten hiilivoiman tukemista, ja Trumpin politiikan jatkumisen seuraavalle neljävuotiskaudelle.

Yhdysvaltojen vetäytymisellä Pariisin sopimuksesta saattaa olla suurempia vaikutuksia muualla kuin kotimaassa. Kuten yllä on todettu, Yhdysvallat lopettaa rahoituksen kehittyvien maiden ilmastotalkoisiin, mikä tekee niiden siirtymisen vähäpäästöiseen energijärjestelmään vaikeammaksi. Valtiotason ympäristöpolitiikasta vetäytymisellä saattaakin olla suurempi merkitys, jos se tapahtuu kehittyvässä valtiossa, sillä ne eivät ole vielä asettuneet ympäristöystävällisen kehityksen polulle.

Toisen suuren valtion, esimerkiksi Kiinan, vetäytyminen ilmastopolitiikasta aiheuttaisi todennäköisesti jo suurempaa vahinkoa ilmastomuutoksen vastaiselle taistelulle. Se ei ole kuitenkaan tällä hetkellä todennäköistä, sillä Kiina on saamassa johtavan maan aseman ilmastomuutoksen torjunnassa. Globaalin mittakaavan muutokset vaativat yhteistyötä ja johtajuutta.

Teknologian kehitys vähentää tämän kaltaisten muutosten vaikuttavuutta, koska kustannusten laskiessa uusiutuvan energian investointeja tullaan tekemään ilman erillistä tukea valtioilta. Tuuli ja aurinkovoima ovat jo joissain maissa saavuttaneet kilpailukykyisen hintatason ilman erillisiä tukimekanismeja ja kustannuskehityksen kautta kilpailukyky tullaan saavuttamaan kaikkialla. Esimerkiksi Pöyryn tekemien arvioiden mukaan (Pöyry 2014, 2016) aurinkovoiman kustannus tulee saavuttamaan sähkön tukkumarkkinahinnan ainakin Euroopassa ja Aasiassa 2020-luvulla.

4.3.2 Tietyn energiantuotantoteknologian alasajo kansallisesti

Poliittisella tasolla tehdyt päätökset tiettyjen energiateknologioiden alasajosta voivat vaikuttaa hyvin nopeasti kyseisen teknologian kehityssuuntaan. Esimerkiksi Saksan valtio käynnisti ns. Energiewende-ohjelman osittain vastauksena Fukushimaon ydinvoimaonnettomuudelle. Ohjelman tavoitteena on kasvattaa vahvasti uusiutuvien osuutta sähkön tuotannosta sekä luopua ydinvoimasta vuoteen 2022 mennessä. Vielä vuonna 2011 ydinvoimalla tuotettiin noin neljäsosa Saksan sähkön kulutuk-

sesta (World Nuclear Association, 2017). Energiewende aiheuttaa Saksassa muutoksen energiasektorilla, jota ei olisi muuten todennäköisesti tapahtunut, ja kehityspolku on muuttunut. Myös esimerkiksi Ruotsissa hallitus on tehnyt päätöksiä ydinvoiman nopeasta alasajosta, tosin päätöksiä on sittemmin peruutettu ja jopa myönnetty lupia vanhojen laitosten uusimiseksi. Vastaavanlaiset äkilliset teknologian alasajot ja/tai samanaikaiset erittäin suuret panostukset uusiutuvaan energiaan voivat tapahtua muissakin valtioissa ja siten voimakkaasti vaikuttaa energiajärjestelmän kehityssuuntaan tai hiilivetyjen käyttöön.

Olemassa olevista teknologioista suurin riski kohdistuu todennäköisesti hiili- ja ydinvoimaan. Useissa valtioissa on tehty periaatepäätöksiä näistä tuotantomuodoista luopumiseksi, ja nämä päätökset voivat vaikuttaa vahvasti energiasektoriin ja energiapalettiin. Esimerkiksi uudet suuren mittakaavan ydinvoimaonnettomuudet saattavat ohjata muutkin valtiot ydinvoiman alasajoon, mutta myös yleinen poliittinen ilmapiiri voi ajaa poliittisia päätöksentekijöitä suhteellisen rajuihin energiasektoria koskeviin päätöksiin. Poistuvat energialähteet on korvattava muilla tuotantoteknologioilla eikä teknologiakehitys ole vielä riittävän pitkällä, jotta perinteinen teknologia voitaisiin korvata pelkästään tuuli- ja aurinkovoimalla. Sen vuoksi korvaavina teknologioina voivat olla myös fossiiliset polttoaineet ja mahdollisesti biopolttoaineet. Saksassa ydinvoiman alasajo on johtanut hiilivoimakapasiteetin kasvattamiseen viime vuosina, mikä toimii yleisiä ilmastotavoitteita vastaan.

4.3.3 EU:n ja muiden yhteistyöliittojen hajoaminen

Yhteistyöliitoilla on vahva vaikutus energiasektoriin globaalisti. Energianäkökulmasta merkittävimmät yhteistyöliitot ovat EU ja OPEC, ja molemmilla on huomattavaa vaikutusvaltaa energiasektorin kehitykseen. EU on globaalisti merkittävä uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvan energiajärjestelmän puolestapuhuja ja sillä on ollut suuri rooli ilmastomuutoksen vastaisessa toiminnassa. EU:lla on yhtenäisenä instituutiona huomattavasti enemmän vaikutusvaltaa kuin sen yksittäisillä jäsenmailla ja siten EU:n hajoaminen, ja esimerkiksi merkittävien valtioiden ero EU:sta Britannian lisäksi, vaikuttaisi haitallisesti pyrkimykseen saada valtiot sitoutumaan ilmastotalkoisiin.

OPEC puolestaan vaikuttaa suoraan öljyn maailmanmarkkinahintaan. OPEC:in vaikutusvalta öljyn hintaan on vähentynyt viime vuosina pitkälti OPEC:in ulkopuolisen öljyntuotannon kasvun vuoksi, esimerkkinä Yhdysvaltojen liuskeöljyntuotanto (Reuters, 2017), mutta se on silti kykenevä vaikuttamaan öljyn hintaan jäsenvaltioidensa ja yhteistyötahojen avulla. Esimerkkinä tästä on maaliskuun 2017 sopimus, jossa OPEC:in jäsenvaltiot sopivat tuotannon laskusta hintojen korottamiseksi. OPEC:in osittainen tai kokonainen hajoaminen tarkoittaisi öljyntuotannon vapautumista, sillä ilman OPEC:in kaltaista järjestöä tuotantorajoituksista sopiminen on vaikeaa. Tämä johtaisi kasvavaan kilpailuun öljymarkkinoilla ja todennäköisesti hintojen ja siten öljyntuottajien tulojen laskuun. Laskevat tulot voivat lisätä niistä vahvasti riippuvaisissa maissa epästabiilisuutta, konfliktiherkkyttä sekä vähentää insentiivejä öljyn käytön rajoittamiseksi.

4.3.4 Laajamittaiset konfliktit

Laajamittaiset alueelliset konfliktit vaikuttavat tyypillisesti lyhyellä ajanjaksolla, sillä esimerkiksi tiettyjen raaka-aineiden saatavuus saattaa muuttua rajalliseksi nostaen niiden hintaa. Konflikteilla saattaa olla myös pidempiaikaisia seurauksia, jos lyhytaikaiset vaikutukset ovat riittävän rajuja. Esimerkiksi vuoden 1973 jom kippur -sodan vuoksi syntynyt öljykriisi mm. pakotti maita arvioimaan uudelleen öljyriippuvuutta ja monet maat alkoivat panostaa hiilen, kaasun ja öljyn tuotantoon kansallisesti.

4.3.5 Huomattavan nopea uusiutuvan energian ja akkuteknologian kehitys

Uusiutuvan energian ja akkuteknologian kehityksellä on suuri vaikutus siihen, kuinka paljon lähempänä todellinen kehitys tulee olemaan tässä raportissa esitettyä nopean kehityksen skenaariota verrattuna perusskenaarioon. Näiden teknologioiden nopeampi kehitys edesauttaa huomattavasti uusiutuvien energialähteiden käyttöönottoa. Joidenkin teknologioiden läpimurrot voivat tarkoittaa, että todellinen kehitys tulee uusiutuvien osalta olemaan vielä nopeampaa kuin nopean kehityksen skenaariossa on esitetty. Tämän kaltaiset teknologiset läpimurrot muuttaisivat myös kehityksen luonnetta. Muutos voisi tapahtua täysin markkinaehtoisesti, eikä nopean kehityksen skenaariossa esitettyjä poliittisia tukitoimenpiteitä tarvittaisi.

4.3.6 Nopeampi liikenteen murros

Perusskenaarion mukaan liikenteen energiakäytössä tapahtuu suhteellisen vähän muutoksia vuoteen 2040 mennessä: Vaikka sähköautojen käyttö moninkertaistuu ja paikallisesti kehitys saattaa olla huomattavan nopeaa, globaalisti vaikutus pysyy pienenä, eikä sähköautojen yleistymisellä ole suurta vaikutusta öljyn kysyntään. Digitalisaatio, akkuteknologian kehitys ja globaali poliittisen tahtotilan muutos voivat joko yhdessä tai erikseen aikaansaada suuremman murroksen liikenteessä kuin skenaarioissa esitetään. Digitalisaatio saattaa synnyttää täysin uusia omistamisen ja liikkumisen muotoja, joissa ajoneuvojen käyttöaste ja henkilömäärä kuljettua kilometriä kohden kasvaa dramaattisesti vähentäen samalla öljyn kulutusta. Läpimurrot akkuteknologiassa voivat laskea sähköautojen hintaa merkittävästi niin, että sähköautojen käyttö ja niiden vaatima infrastruktuuri kehittyvät markkinaehtoisesti nopeammin kuin on ennakoitu. Globaali poliittinen tahtotila voi kääntyä perinteisten polttoaineautojen vastaiseksi esimerkiksi vastareaktiona öljyn hinnan äkilliselle ja pitkäkestoiselle nousulle, ja sen seurauksena sähköautoilun tukeminen poliittisin keinoin yleistyy maailmalla. Kaikilla näillä kehityskuluilla olisi laskeva vaikutus öljyn kysyntään.

4.3.7 CCS-teknologian läpimurto

Hiilidioksidin talteenoton eli CCS;n (Carbon Capture and Storage) teknologia mahdollistaa palamisesta syntyvän hiilidioksidin talteenoton ja perinteisten fossiilisia polttoaineita polttavien laitosten muuttamisen lähes nollapäästöisiksi (katso kappale 5.4). Nollapäästöisyys tarkoittaa, että polttoaineiden käyttö voisi olla mahdollista

ilman päästövaikutuksia, eikä tällöin esim. hiilivoimaa tarvitsisi ajaa alas vaan se voisi jatkossakin olla tärkeä osa energijärjestelmää.

4.3.8 Talouskasvun äkilliset muutokset ja maailmanlaajuiset talouskriisit

Muutokset maailman taloudessa vaikuttavat suoraan energiasektoriin. Talouskasvun hidastuminen esimerkiksi talouskriisin seurauksena laskee sekä kokonaisenergian kysynnän kasvua että investointihalukkuutta, mikä suoraan hidastaa energiantuotantokapasiteetin uusiutumista ja siten uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Talouskriisit ja hidas kasvu voivat myös vaikuttaa negatiivisesti poliittiseen tahtotilaan tukea uusiutuvia energialähteitä. Vastaavasti nopeampi talouskasvu kasvattaa sekä kokonaisenergian kysyntää että investointihalukkuutta, mikä johtaa nopeampaan uusien teknologioiden käyttöönottoon. Uudet investoinnit energiasektoriin eivät välttämättä kohdistu uusiutuviin energialähteisiin ja voivatkin kasvattaa fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

4.3.9 Investointiympäristö

Investointiympäristöllä on suora vaikutus energiasektorin kehitykseen. Yleisesti ottaen epävakaudet sektorilla ja epävarmat tulevaisuuden näkymät vähentävät uusia investointeja, sillä niihin liittyvät riskit ja samalla tuotto-odotukset ja lainarahoituksen kustannukset kasvavat huomattavasti. Maat ovat hyvin eriarvoisessa asemassa investointiympäristön suhteen. Epävakautta ja epävarmoja näkymiä aiheuttavat esimerkiksi:

- Epävarma ja vaihteleva sähkön hinnan kehitys
- Tuki- ja energiapolitiikan arvaamattomuus
- Polttoaineiden saatavuus ja markkinahinnan kehitys

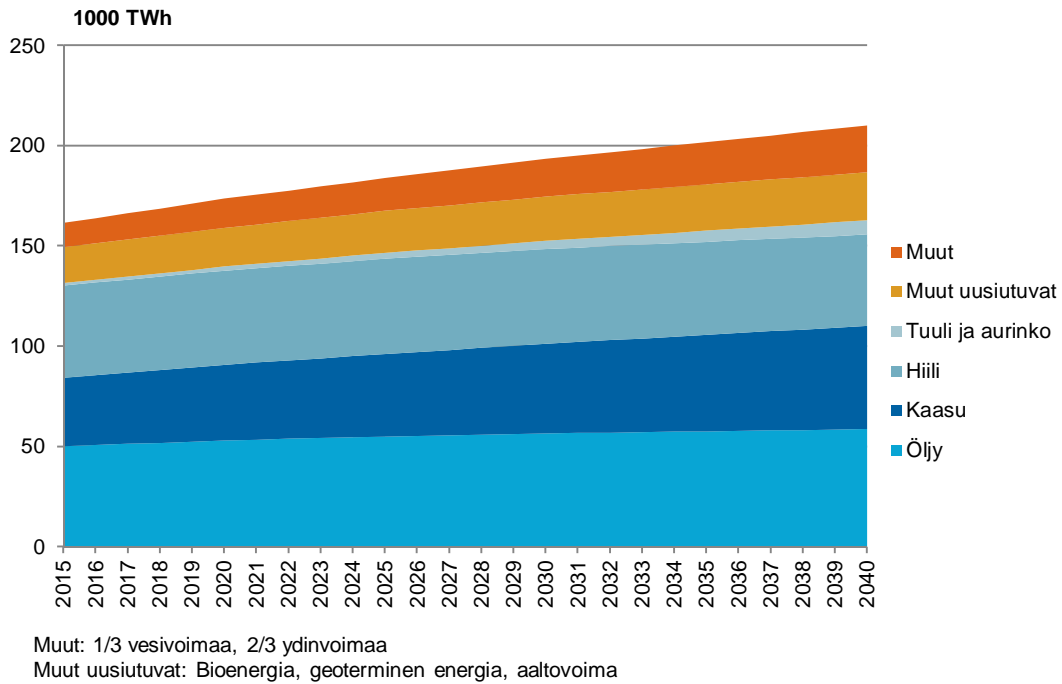
Vakaa investointiympäristö edesauttaa investointien toteutumista ja siten energiasektorin kehitystä. Huono investointiympäristö voi tarkoittaa sitä, että vanhoista tuotantolaitoksista pidetään kiinni, eikä niiden korvaaminen uudella ympäristöystävällisemmällä tekniikalla toteudu. Investointeja saattaa myös rajoittaa suhtautuminen tiettyihin teknologioihin. Esimerkiksi ydinvoimaan liittyy nykyään monessa maassa huomattavaa poliittista riskiä, mikä voi estää tai hidastaa uusien investointien toteutumista.

4.4 Yhteenveto

Fossiilisten polttoaineiden (öljyn, maakaasun ja kivihiihen) osuus maailman primäärienergian kulutuksesta on tällä hetkellä noin 80 %. Maailman laajuisesti sähkön tuotannosta (TWh) 41 % tuotettiin hiilivoimalla, 22 % kaasulla, 4 % öljyllä, 11 % ydinvoimalla, 16 % vesivoimalla ja 6 % muilla uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla vuonna 2014 (IEA, 2016a).

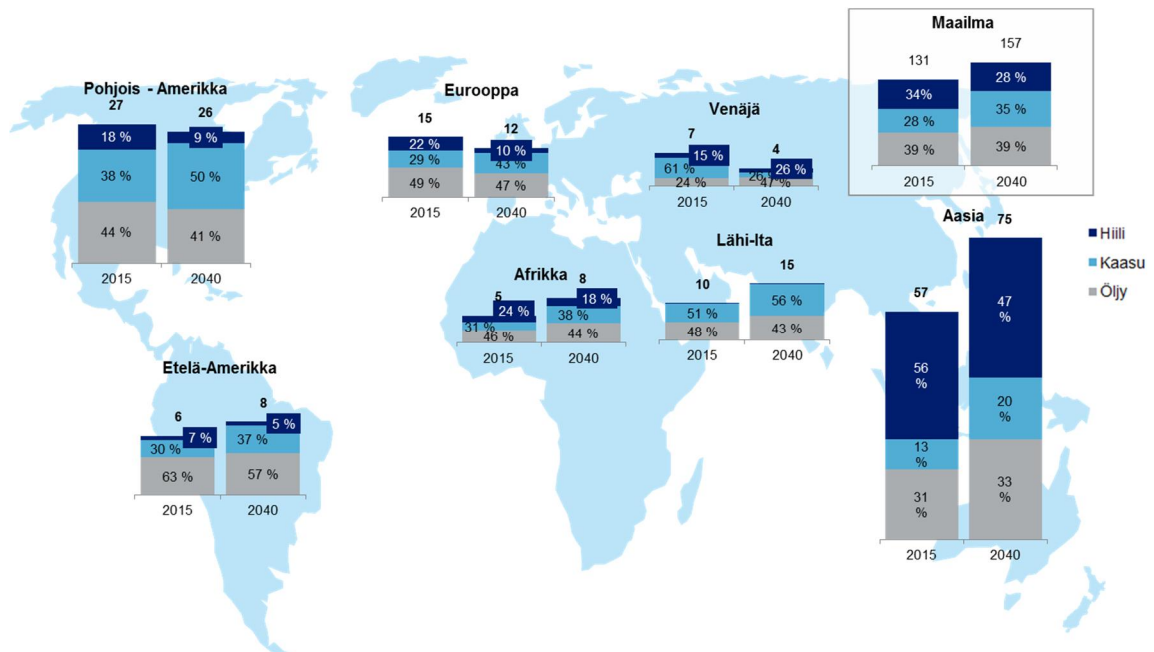
Suhteellisesti eniten energian kysyntä vuonna 2040 kasvaa aurinko-, tuuli- sekä ydinvoiman osalta, joka sisältyy kohtaan muut energiantuotantolähteet (Kuva 4-17). Sen sijaan hiilivedyistä ainoastaan maakaasun osuus kasvaa vuoteen 2040 mennessä.

Kuva 4-17 Energian kokonaiskysynnän kehitys globaalisti vuoteen 2040 perusskenaarion mukaisesti



Vuonna 2040 hiilivetyjen kysynnän kasvu siirtyy vielä vahvemmin Aasiaan (mukaan lukien Australia) kuin vuonna 2015 ja maakaasun osuus kasvaa selvästi enemmän verrattuna kivihiileen ja öljyn kysyntään vuonna 2040 perusskenaarion mukaisesti (Kuva 4-18).

Kuva 4-18 Hiilivetyjen kokonaiskysynnän kehitys globaalisti vuodesta 2015 vuoteen 2040 perusskenaarion mukaisesti (%-osuus hiilivetyjen kokonaiskysynnästä)



Mikäli tuleva kehitys on perusskenaarion mukaista tai hitaampaa, voitaneen murroksen arvioida olevan niin hidasta, ettei geopolittisia siirtymiä synny merkittävästi. Mutta jos kehitys on nopean skenaarion mukaista, mahdollisuus murrokselle on merkittävä. Kun tarkastellaan Kiinaa geopolittisen viitekehityksen läpi, huomataan sen suuri maakaasun tarve erityisesti hiilestä syntyvien ilmansaasteiden vähentämiseksi. Maailmassa, jossa hiilivetyjen käyttö vähenee merkittävästi, on ostajan markkinat, kun öljy- ja kaasuvaroja on vielä jäljellä ainakin 50-100 vuodeksi jo nykyisen tasoilla käytöllä. Tässä tilanteessa Kiinan on mahdollista saada geopolittistä vaikuttavuutta esim. liittoutumien muodossa Venäjän, Lähi-idän tai Kaakkois-Aasian suuntaan.

5 TEKNOLOGIOIDEN JA ENERGIALÄHTEIDEN KEHITYSTRENDIT JA POTENTIAALI

5.1 Johdanto

Edellä kuvattuihin ylätasoon skenaarioihin perustuen, tässä luvussa on keskitytty analysoimaan tarkemmin eri energialähteiden kysynnän ja tarjonnan markkinamuutoksia, sekä hiilivetyjen resurssien ja kauppavirtojen nykytilannetta ja mahdollisia muutoksia tietyillä maantieteellisillä alueilla.

Pääfokuksessa ovat Aasia, EU, Venäjä ja Suomi, sillä Aasian ja EU:n alueilla tapahtuvat muutokset vaikuttavat potentiaalisesti eniten Venäjän ja Suomen tilanteeseen. Nopean tai hitaan kehityksen skenaarioiden vaikutuksia on tarkasteltu, mikäli muutos kyseisen energiantuotantomuodon tai teknologian kohdalla on merkittävä. Tarkkoja vaikutuksia Suomeen on tarkasteltu selvityksen kolmannessa osassa.

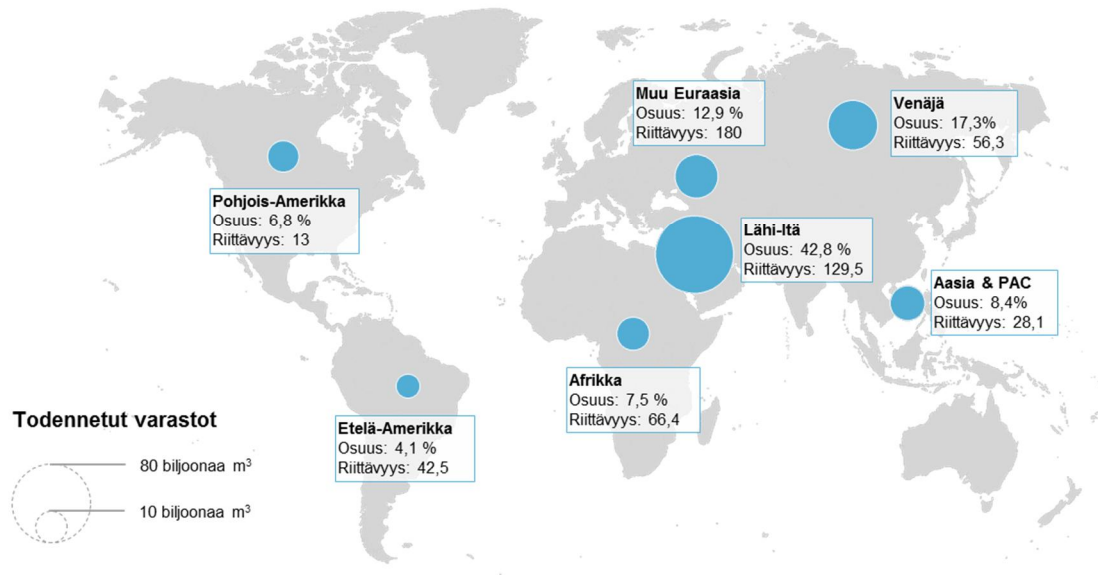
5.2 Maakaasun kulutus ja kehitysnäkymät

5.2.1 Nykytilanne

Noin 24 % maailman primäärienergian käytöstä on tällä hetkellä tuotettu maakaasulla (2015). Maakaasua käytetään eniten Yhdysvalloissa, Venäjällä, Kiinassa, Iranissa, Japanissa, ja Saudi-Arabiassa ja näiden maiden osuus maakaasun kokonaiskäytöstä (miljardi kuutiometriä) oli yli 50 % vuonna 2015.

Lähi-idässä ja Venäjällä on maailman suurimmat maakaasuvarannot ja liuskekaasuesiintymien vuoksi kaasuvaramannot eivät tule ehtymään tarkastelujakson aikana (BP, 2016a) (Kuva 5-1).

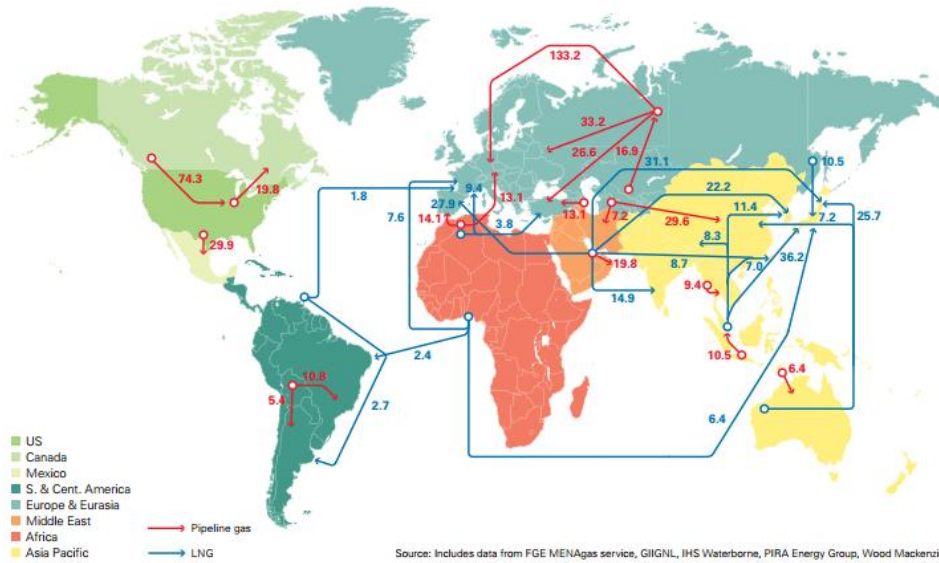
Kuva 5-1 Todennetut maakaasuvarannot maailmassa (BP, 2016a; Pöyry)



Maailman suurimmat maakaasun tuottajamaat ovat Yhdysvallat, Venäjä, Iran, Qatar, Kanada ja Kiina. Qatar oli selvästi suurin LNG:n tuottaja 30 %:n osuudella vuonna 2015 (BP, 2016a). Euroopan suurimmat maakaasuvarannot sijaitsevat Norjassa.

Venäjä on merkittävä maakaasun viejä Eurooppaan. Suomessa käytettävästä putkimaakaasusta 100 % tuodaan Venäjältä (Kuva 5-2). Keski- ja Etelä-Eurooppaan kaasua tuodaan lisäksi Norjasta, Keski-Aasiasta, Pohjois-Afrikasta (putkea pitkin) ja nesteytettyä maakaasua (LNG) meriteitse. Maailmanlaajuisesti putkimaakaasun osuus kokonaisviennistä (miljardi kuutiometriä) oli noin 2/3 ja LNG:n osuus noin 1/3 (BP, 2016a).

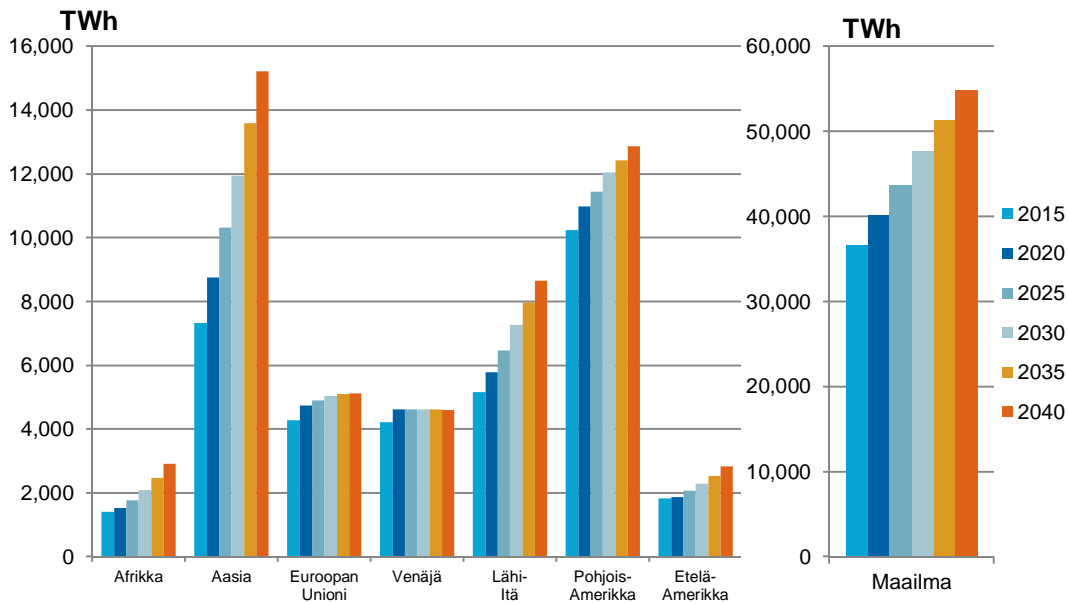
Kuva 5-2 Merkittävimmät maakaasun kauppavirrat vuonna 2015 (miljardi kuutiometriä) maailmassa (putkikaasu ja LNG) (BP, 2016a)



5.2.2 Maakaasun kysynnän kehitys

Peruskenaarion ennusteen mukaan maakaasun kysyntä kasvaa globaalisti vuoteen 2040 mennessä lähes 35 % verrattuna vuoteen 2015 (Kuva 5-3). Aasian, Pohjois-Amerikan ja Lähi-idän maakaasun kysyntä kasvaa edelleen selvästi. Aasian kysyntä yli kaksinkertaistuu vuoteen 2040 mennessä, ja on arvioitu, että kysyntä ylittää tarjonnan. Euroopan Unionin ja Venäjän kysyntä kasvaa hieman tai pysyy samalla tasolla. On arvioitu, että maakaasun kokonaiskysyntä Euroopassa kasvaa maltillisemmin kuin muilla alueilla vuoteen 2040 saakka, mutta LNG tulee merkittävästi korvaamaan putkikaasua, mikä osaltaan vähentää riippuvuutta Venäjästä. Euroopan primäärienergian kysynnän kasvu katetaan osaltaan energiatehokkuuden parantumisella, mutta myös lisäämällä voimakkaasti sähköntuotannossa tuuli- ja aurinkoenergian määrää ja sähkön- ja lämmöntuotannossa bioenergian käyttöä (etenkin Suomessa).

Kuva 5-3 Maakaasun kysynnän kehitys (perusskenaario)



Venäjän tämän hetkinen kaasuputkisto suuntautuu länteen, lounaaseen ja luoteeseen eikä tällä hetkellä Aasian markkinoille ole rakennettu yhtään kaasuputkea. Venäjä ja Kiina ovat sopineet Siperian voima-kaasuputkihankkeesta, jonka rakentaminen on jo alkanut ja tarkoituksena on aloittaa kaasun toimitukset Aasiaan vuoden 2019 aikana. Venäjän tarkoituksena on kasvattaa Aasian osuutta viennistä, ja päästä mahdollisimman lähelle ostajia ilman kauttakulkumaita (mm. Simola ja Solanko, 2017). Kiinan kysynnän maantieteellisestä sijainnista riippuu kannattaako Kiinan investoida putkiyhteyksiin vai onko LNG-mahdollisuus kannattavampaa. On arvioitu, että putkikaasu on LNG:tä kannattavampaa noin 3000 kilometrin etäisyydelle asti, mutta kun etäisyys tästä kasvaa, LNG:n kuljettaminen on kilpailukykyisempää.

EU:lla on vahva intressi kehittää energiaverkkoja ja sisämarkkinoita sekä poistaa erillisiä energiasaarekkeitä. EU:n energiantuotantoon liittyvät ohjaukset johtavat tulevaisuudessa myös sähköntuotannon säätövoiman tarpeen kasvuun. Uusiutuvan energian tavoitteet lisäävät tuulivoiman tuotantoa merkittävästi Pohjoismaissa ja tuulivoima tarvitsee rinnalleen säätövoimaa kompensoimaan tuulisuuden vaihteluita. Säätövoimalle on siis tarvetta ja maakaasu soveltuu siihen hyvin mm. nopean säädettävyyden, edullisemman investoinnin ja alhaisempien päästöjen vuoksi.

Nesteytetyn maakaasun (LNG) maailmanmarkkinoilla on viime vuosina tapahtunut voimakas muutos maakaasun tarjonnassa. LNG:n etuja ovat sen mm. varastoitavuus ja mahdollisuus hyödyntää kaasuesiintymiä, jonne ei ole järkevää rakentaa putkea. Varastointiominaisuuksien vuoksi LNG soveltuu mm. laivojen polttoaineeksi ja säätövoimalaitoksien polttoaineeksi, sillä se ei ole yhtä voimakkaasti sidoksissa fyysisen siirtoverkoston ja hankintasopimusten rajoituksiin.

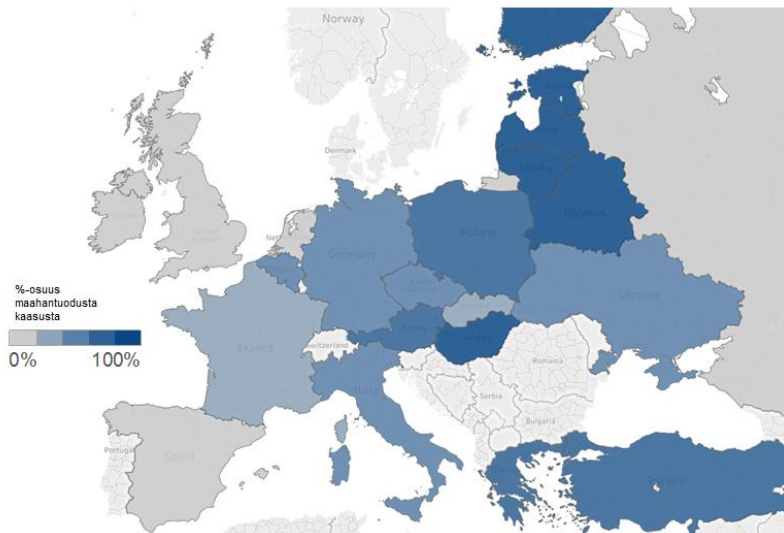
Vuonna 2014 Euroopan maakaasun tuonnista karkeasti ottaen noin viidesosa oli LNG:tä ja IEA arvioi, että osuus kasvaa noin kolmannekseen vuoteen 2040 mennessä. Nesteytetystä maakaasusta onkin tullut Euroopassa vaihtoehto venäläiselle

putkikaasulle vaikka Venäjä tulee pysymään myös vuonna 2040 merkittävänä putkikaasun tuojana sekä myös vähemmässä määrin LNG:n tuojana. (IEA, 2016a)

LNG:n osuus kansainvälisistä kaasumarkkinoista tulee edelleen kasvamaan tulevaisuudessa, kun siirrytään hyödyntämään entistä vaikeampia ja syrjäisempiä kaasuosiintymiä. LNG:n tuotanto kasvaa huomattavasti putkikaasun tuotantoa nopeammin ja BP:n arvioiden mukaan LNG:n osuus maailman kaasukaupasta nousee nykyisestä 32 % noin 50 %:iin vuoteen 2035 mennessä (BP, 2016a). Kaasulle on muodostumassa alueellinen maailmanmarkkinahinta nykyisten alueellisten markkinoiden sijasta. Markkinahinta pohjautuu enemmän kysynnän ja tarjonnan tasapainoon, kuin öljyn hintakehitykseen, johon maakaasun hinta on perinteisesti ollut linkitetty. LNG:n hankintamahdollisuus varmistaa, että kaasun hinta ei nouse öljyn hintaheilahtelujen myötä kestävämmälle tasolle. LNG:n hinta on riippuvainen volyyymeistä, eli suuremmat volyymit mahdollistavat kilpailukykyisen hinnan.

LNG-mahdollisuus on keskeinen tekijä neuvotteluissa putkikaasun hinnasta venäläisen Gazpromin kanssa. Venäjä pyrkii kuitenkin pysyttämään kaasun öljyisidonnaisuudessa. Se johtuu EU:n riippuvuudesta Venäjän kaasusta, kaasun tärkeydestä Venäjän taloudelle ja Venäjän maakaasutuotannon kasvavista kustannuksista. Putkimaakaasun osuus maahantuodusta kaasusta on suurin Baltian maissa, Valko-Venäjällä ja Unkarissa (Kuva 5-4). Ukrainan kautta tapahtuvan kaasun vienti on laskenut merkittävästi ja enää alle puolet Euroopan viennistä kulkee Ukrainan kautta. Nord Stream 2 –putkihanke Venäjältä Eurooppaan on suunnitteilla ja mikäli se otetaan käyttöön 2019, jää Ukrainan kautta kuljetettavan kaasun osuus marginaaliseksi (Simola ja Solanko, 2017)

Kuva 5-4 Venäjältä tuodun putkimaakaasun osuus Euroopassa (BP, 2015)



Suomen maakaasumarkkinat on tarkoitus avata kilpailulle vuoden 2020 alusta lähtien Euroopan unionin maakaasun sisämarkkinoita koskevien säännösten mukaisesti. Markkinoiden avaaminen mahdollistaisi maakaasun tarjonnan monipuolistumisen, kun vaihtoehtoisina lähteinä venäläiselle putkikaasulle biokaasun ja nesteytetyn maakaasun ohella olisi maakaasun hankinta Baltiasta ja mahdollisen Liettuan-Puolan yhdysputken valmistumisen jälkeen Keski-Euroopasta (TEM 2017b, c). Myös biokaasun syöttö maakaasuverkkoon on alkanut ja sen odotetaan lisääntyvän

tulevaisuudessa. Suomessa on arvion mukaan noin 1,3 TWh kaupallisesti hyödynnettävissä olevaa biokaasua (Pöyry, 2017).

Kaasun hintaan vaikuttavat useat globaalit ja paikalliset tekijät (mm. sääolosuhteet, öljyn hinta, taloudellinen tilanne, markkinoiden vapautuminen ym.). Maakaasun hinnoittelu myös vaihtelee maailmanlaajuisesti (perustuu esim. öljy-indeksointiin, pitkäaikaisiin sopimuksiin tai muihin kauppasääntöihin esim. take-or-pay ehdot) IEA:n arvion mukaan putkikaasun hinta nousee noin puolitoistakertaiseksi vuoteen 2040 mennessä (IEA, 2016a). Tämän seurauksena maakaasua hyödyntävän energiantuotannon tuotantokustannuksen (kombivoimalaitos sisältäen investointikustannukset) on arvioitu kasvavan ja asettuvan tasolle 100 EUR/MWh vuonna 2030 Euroopan alueella.

Suurimmat haasteet liittyvät teknologioiden kilpailukykyyn ja rahoitukseen. Tällä hetkellä kaasun hinta on alhainen mikä asettaa haasteita uusien investointien toteuttamiseen. Toisaalta uusia nesteytetyn maakaasun terminaaleja ja siirtoyhteyksiä tarvitaan edelleen. Maakaasuiinvestointien oikea-aikaisuus kysynnän ja tarjonnan näkökulmasta voi olla haastavaa, koska investoinnit pitää suunnitella etukäteen.

Maakaasun hankinnassa teknologiakehitys liittyy lähinnä maakaasun porausteknologioiden kehittymiseen, jolla on vaikutusta hintakehitykseen laskevasti. Käyttökohteissa teknologiakehitys liittyy mm. maakaasukäyttöisiin polttokennoihin sekä maakaasun polton hiilidioksidipäästöjen puhdistamiseen CCS-tekniikalla.

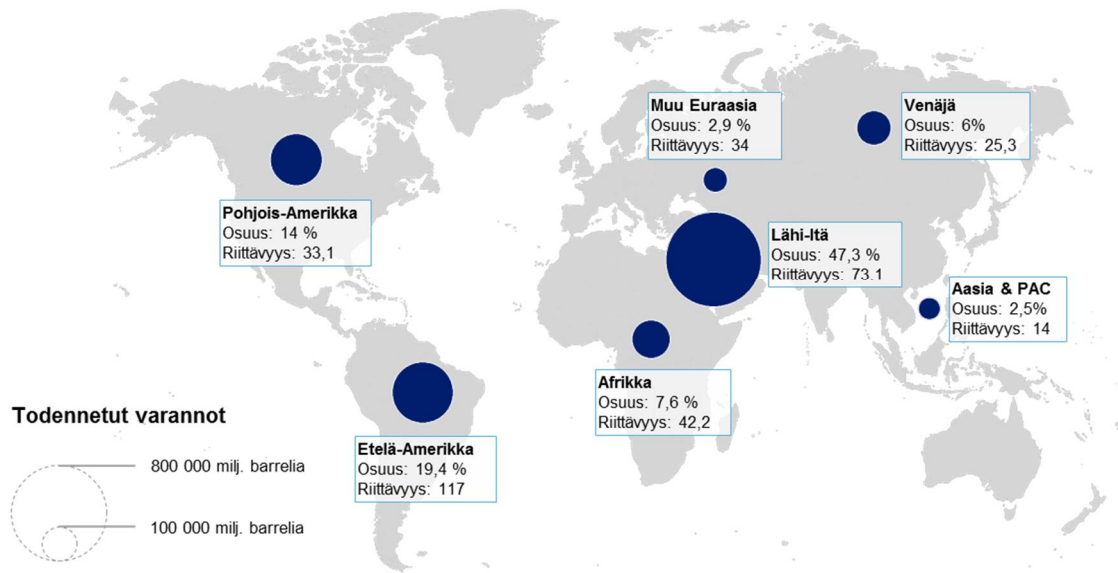
5.3 Öljyn kulutus ja kehitysnäkymät

5.3.1 Nykytilanne

Öljy vastasi vuonna 2015 noin 33 % maailman kokonaisenergiankysynnästä ja tärkeimmät tuottajamaat vuonna 2015 olivat Yhdysvallat (13 % osuus), Saudi-Arabia (13 % osuus) sekä Venäjä (12 % osuus). Suurin öljyn käyttäjä vuonna 2015 oli ylivoimaisesti Yhdysvallat 20 % osuudella kokonaiskulutuksesta. Painopiste on vielä vahvasti OECD-maissa, joiden kulutus vastasi 48 % kokonaiskulutuksesta (BP, 2016a).

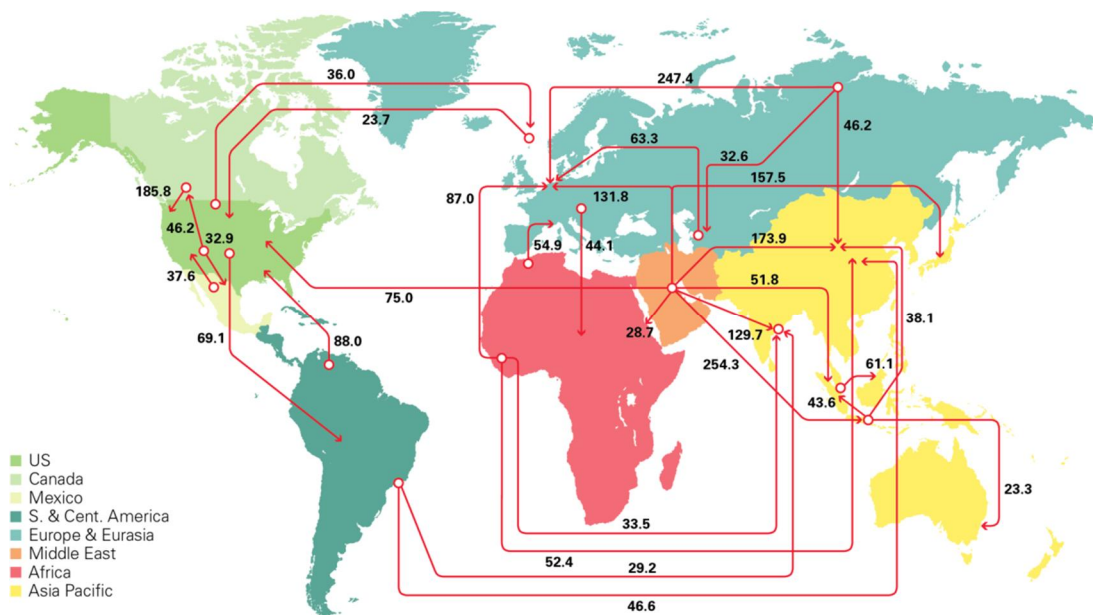
Kuvassa (Kuva 5-5) on esitetty öljyvarantojen jakautuminen maailmalla. Kuvassa riittävyys kertoo kuinka moneksi vuodeksi öljyvarantoja riittää nykyisellä tuotantotahdilla. Suurimmat todennetut öljyvarannot sijaitsevat Lähi-idässä, seuraavaksi suurimmat Etelä- ja Pohjois-Amerikassa ja neljänneksi suurimmat varannot sijaitsevat Venäjällä. Etelä-Amerikan varannot ovat keskittyneet lähes yksinomaan Venezuelaan, ja ne vastaavat yli 90 % kaikista Etelä-Amerikan varannoista. Öljyvarannot eivät tule olemaan rajoittava tekijä tämän raportin tarkastelujakson aikana, erityisesti ottaen huomioon, että teknologian kehittyminen voi kasvattaa todennettujen varantojen kokoja (Kuva 5-5).

Kuva 5-5 Todennetut öljyvarannot maailmassa ja varantojen riittävyys (vuosia nykyisellä tuotantomäärällä) (BP, 2016a; Pöyry)



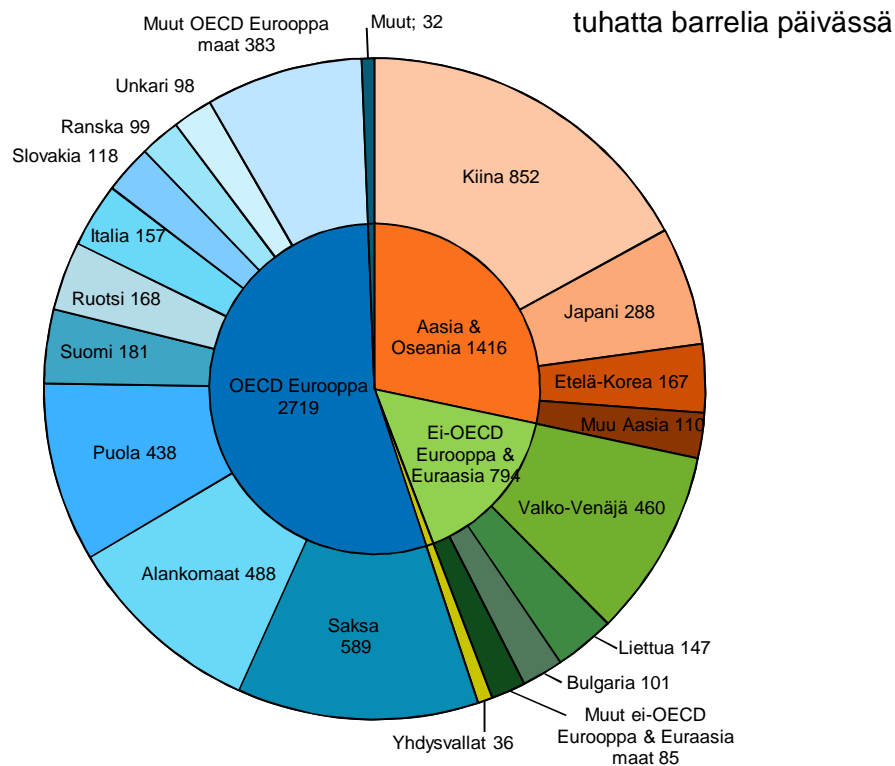
Kuvassa (Kuva 5-6) on esitetty suurimmat öljyn kauppavirrat vuonna 2015 (BP, 2016a). OPEC-maiden tuotannon osuus vuonna 2015 oli 42 % (pääasiallisesti raakaöljy). Lähi-idän maat ovat kasvattaneet osuuttaan viimeisen viidentoista vuoden aikana (erityisesti Qatar, Irak, Saudi-Arabia ja UAE), kun taas muiden OPEC-maiden osuus on pienentynyt (Indonesia, Libya ja Venezuela) (IEA, 2016a).

Kuva 5-6 Öljyn kauppavirrat vuonna 2015 (miljoonaa tonnia; BP 2016)



Venäjän raakaöljystä hieman yli puolet menee kotimaiseen jalostukseen ja loput vientiin (kts. myös luvut 7.3 ja 9.3). Bensiinin tuotanto menee sen sijaan lähes täysin kotimaiseen kulutukseen. Suurin osa Venäjän viennistä suuntautuu EU:n alueelle (yli 60 %) (Kuva 5-7). Venäjän raakaöljyn ja öljytuotteiden (mm. bensiini) viennissä on tapahtunut muutoksia viimeisten kymmenen vuoden aikana. Vienti EU:n alueelle on vähentynyt ja Aasian osuus on nelinkertaistunut vuonna 2015 (erityisesti raakaöljyn osuus). Venäjä ja Kiina ovat jo nykyisin kauppakumppaneita (noin 15 % raakaöljyn viennistä suuntautuu Venäjältä Kiinaan) ja kauppa on kasvanut huomattavasti viime vuosikymmeninä uusien esiintymien käyttöönoton ja Itä-Siperiasta Tyynellemerelle sijoittuvan ESPO-öljyputken rakentamisen myötä. Myös putkikuljetuskapasiteetin kasvattamista suunnitellaan (Simola ja Solanko, 2017).

Kuva 5-7 Venäjän raakaöljyn ja jalosteiden vienti globaalisti, 2015 (EIA, 2016a)

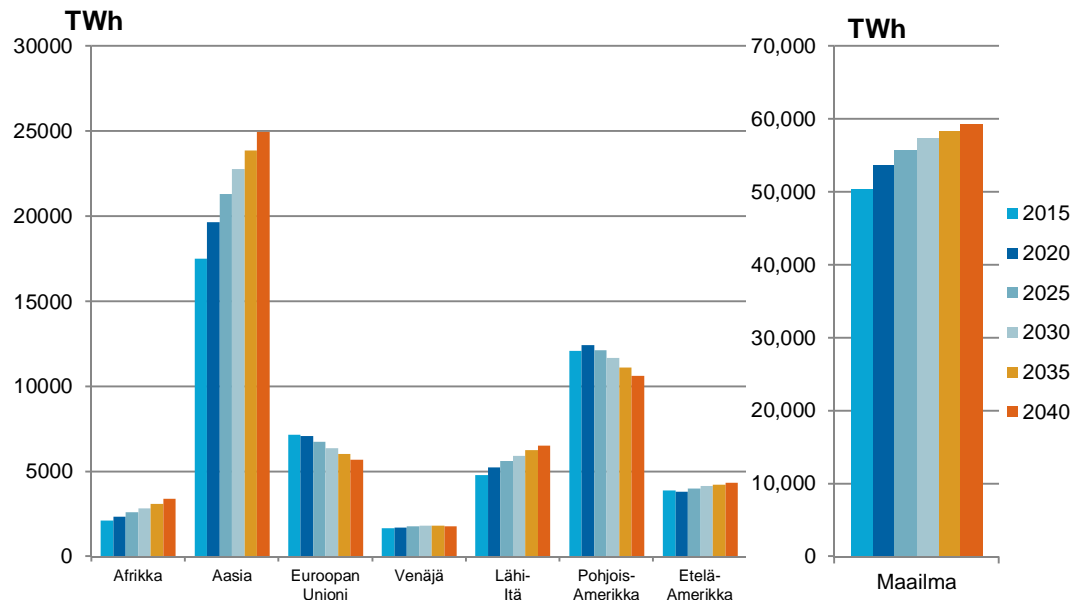


5.3.2 Öljyn kysynnän kehitys

Perusskenaarion mukaan öljyn kysyntä tulee nousemaan globaalilla tasolla vielä huomattavasti vuoteen 2040 mennessä (Kuva 5-8). Pohjois-Amerikkaa, EU:ta sekä Venäjää lukuun ottamatta kysyntä kasvaa kaikkialla maailmassa. Kasvun painopisteinä on Aasia (erityisesti Kiina), jossa vahva talouskasvu sekä suurten massojen keskiluokkaistuminen ajavat öljyn kysyntää ylöspäin. Myös Venäjän uudet öljyntuotantoalueet sijaitsevat pääosin Itä-Siperiassa ja Venäjän Kaukoidässä, joten kuljetus on huomattavasti edullisempaa Aasiaan kuin Euroopan markkinoille (Simola ja Solanko, 2017).

Ilmastopoliittisista tavoitteista huolimatta öljyn kysyntä kasvaa maailmanlaajuisesti, mikä osittain johtuu sen vaikeasta korvattavuudesta liikennekäytössä (noin 57 % öljyn kokonaiskulutuksesta vuonna 2014). Sähkön ja lämmön tuotannon osuus kokonaiskulutuksesta on pieni, vain noin 5 %.

Kuva 5-8 Öljyn kysynnän kehitys (perusskenaario)



Aasian riippuvuus öljyn tuonnista tulee kasvamaan huomattavasti nykyisestä vuoteen 2040 mennessä, kun Aasian kasvava öljyn kysyntä ja suhteellisen pienet öljyvarannot huomioidaan. Samanaikaisesti Yhdysvaltojen laskeva öljyn käyttö ja potentiaali kasvattaa tuotantoa tarkoittavat, että siitä voi tulla öljyn suhteen omavarainen.

OPEC-maiden tuotannon (miljoona barreliä/päivä) oletetaan kasvavan vuoteen 2040 saakka vaikka öljyn hinnan lasku yhä kuormittaa öljymaiden taloutta (esim. Saudi-Arabia). On arvioitu, että vuoteen 2040 Saudi-Arabia pysyy kuitenkin merkittävimpänä öljyntuottajajamaana ja osuuttaan kasvattavat erityisesti Irak, mutta myös Iran pakotteiden purkamisen seurauksena. Iranissa on kuitenkin öljyn alhaisen hinnan vuoksi vaikeuksia investointien toteuttamisessa, mikä voi siirtää painopistealueita Pohjois-, Väli- ja Etelä-Amerikan suuntiin Iranin poliittisen epävarmuuden vuoksi. Myös Libyan osuuden arvioidaan tarkastelujaksolla vuoteen 2015 verrattuna kasvavan 5 % (suurin suhteellinen muutos) (IEA, 2016a). OPEC:in ulkopuolisissa maissa tuotannon ei oleteta kasvavan tarkastelujaksolla.

Öljyn osuus Suomen energian kokonaiskulutuksesta oli 24 % vuonna 2015 (Tilastokeskus, 2016). Vuonna 2015 yli 80 % raakaöljystä ja 30 % öljytuotteista tuotiin Suomeen Venäjältä (Huoltovarmuuskeskus, 2017a). Kokonaisuudessaan öljyn kysynnän odotetaan laskevan 43 % vuoteen 2040 mennessä perusskenaariossa ja riippuvuuden Venäjän tuonnista laskevan.

Raakaöljyn hinta tulee todennäköisesti nousemaan nykytasolta vuoteen 2040 mennessä. Hinnan nousua aiheuttaa pitkälti kysynnän nousu, sillä nykykapasiteetti ei

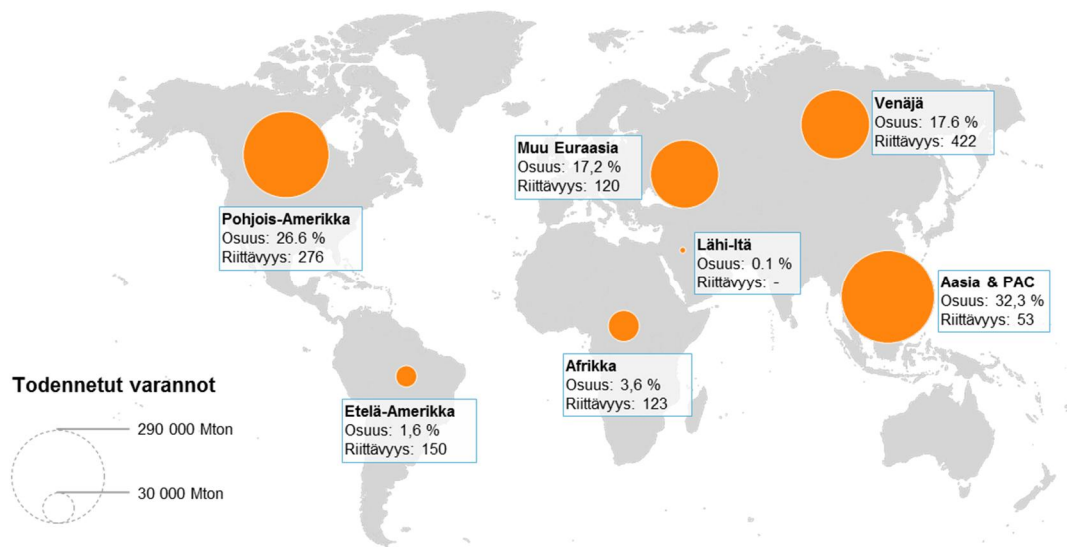
riitä kattamaan nousevaa kulutusta ja tarvitaan uusia investointeja. Lisäksi öljyn tuotannon kasvattamisen marginaalihinta kasvaa, sillä öljyn tuottajat joutuvat käyttämään jatkuvasti haastavimmissa paikoissa olevia esiintymiä. Markkinadynamiikka ei sen sijaan tule todennäköisesti muuttumaan merkittävästi nykyisestä. Raakaöljyn hinta on vaihdellut kolmen viime vuoden aikana ja hinta (Brent) oli vuonna 2017 yli 50 \$/barreli (IHS Chemical, 2017).

5.4 Hiilivoima ja CCS

Noin 29 % maailman primäärienergian käytöstä on tällä hetkellä tuotettu kivihieillä (2015). Kivihieiden käytöstä suurin osuus koostuu sähkön- ja lämmöntuotannosta (61 %), ja loput teollisuuskäytöstä (mm. terästeollisuus, sementtiteollisuus, kemianteollisuus ym.). Hiilen käyttö energiantuotannossa on suurinta Kiinassa, USA:ssa ja Intiassa, ja se kattaa yli 50 % maailman kivihieiden kulutuksesta (BP, 2016a).

Suurimmat kivihieilivarannot sijaitsevat USA:ssa, Venäjällä, Kiinassa, Australiassa ja Intiassa. Afrikan hiilivarannot ovat alle 4 % koko maailman hiiliresursseista, ja suurimmat Afrikan hiilivarannot sijaitsevat Etelä-Afrikassa (BP, 2016a) (Kuva 5-9).

Kuva 5-9 Todennetut hiilivarannot maailmassa (BP, 2016a)



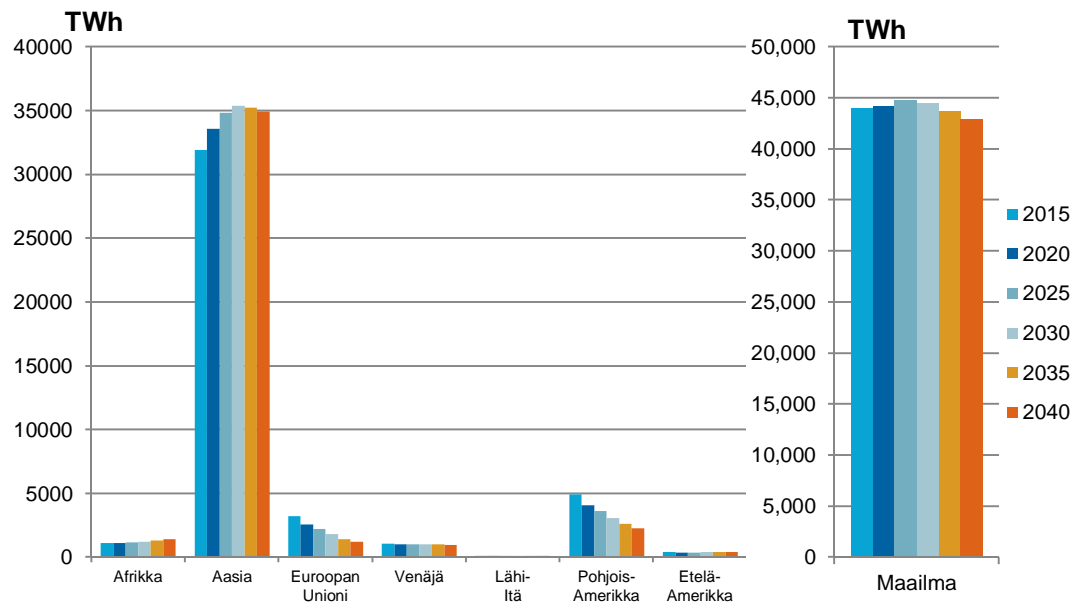
Suurimmat tuottajamaat ovat Kiina, USA, Intia, Australia, Indonesia ja Venäjä. Merkittävimmät tuottajat Euroopassa ovat Puola ja Saksa, joka on merkittävin ruskohiilen tuottaja (BP 2016; World Coal Association, 2017). Venäjä pystyi tuottamaan edullista kivihiiltä markkinoille vuonna 2014. Sen kilpailukyky on kuitenkin heikentynyt, sillä hiilen kauppa on siirtymässä Euroopasta, Kiinasta, Japanista ja Koreasta Intian ja Kaakkois-Aasian kasvukeskuksiin, jotka sijaitsevat kauempana Venäjää ja lisäävät näin ollen vientikustannuksia (IEA, 2016a).

Hiilen kysynnän arvioidaan ensin kasvavan vuoteen 2030 saakka ja sen jälkeen kääntyvän laskuun vuonna 2040 saavuttaen vuoden 2015 tason perusskenaariossa

(Kuva 5-10). Hiilen kysynnän arvioidaan laskevan kaikkein eniten fossiilisista polttoaineista.

Hiilen osalta painopiste pysyy Aasiassa ja kehittyneissä maissa kysyntä laskee merkittävästi (joissain maissa lähelle nollatasoa). Hiili korvautuu aurinko- ja tuuli-voimalla sähköntuotannossa, ja muilla fossiilisilla polttoaineilla ja biomassalla etenkin lämmön tuotannossa.

Kuva 5-10 Hiilivoiman kysynnän kehitys (perusskenaario)



EU:n alueella kivihiilen kysyntä laskee voimakkaasti 1200 TWh:iin perusskenaariossa ja alle 1000 TWh:iin nopean kehityksen skenaariossa. Suomen kivihiilen käytöstä energiantuotannossa on tarkoitus luopua vuoteen 2030 pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta.

Kivihiilen polton teknologiakehitys on keskittynyt polton tehokkuuden lisäämiseen ja päästöjen vähentämiseen. Ns. HELE (high efficiency low emissions) tekniikat sisältävät suuren määrän erilaisia teknologioita, joiden tavoitteena on myös pienempi hiilen kulutus.

Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS) on teknologia, jonka avulla hiilidioksidista (CO₂) voidaan ottaa jopa 90 % talteen fossiilisilla polttoaineilla tuotetun sähkön tuotannossa. Talteen otettu hiilidioksidi kuljetetaan joko putkea pitkin tai laivalla pysyvään maanalaiseen varastoon, ja siten estetään hiilidioksidin pääsy ilmakehään. Petra Novan hiilivoimalaitos Texasissa ja SaskPowerin hiilivoimalaitos Kanadassa Saskatchewanissa ovat esimerkkejä maailmalla olevista hiilivoimalaitoksista, joissa hiilen talteenotto on kaupallisessa mittakaavassa toiminnassa (IEA and IRENA, 2017; SaskPower, 2017), ja muita laitoksia on suunnitteilla.

Hiilen uusilla teknologioilla saattaa olla kysyntää Pohjois-Amerikassa, jonka hiilikaivoksilla on merkittävä työllistävä vaikutus. Tällä hetkellä kuitenkin mm. yleinen

kehitys ja CCS:n korkea hinta hidastavat maailmanlaajuisesti sen laajamittaista käyttöä. Hiilen tulevaisuus riippuukin paljon teknologiakehityksestä, mutta on mahdollista, ettei CCS tule koskaan kehittymään kilpailukykyiseksi, sillä hiilen alaraja on alkanut. Yhdysvalloissa Trumpin politiikan myötä suunta saattaa kuitenkin muuttua hitaan kehityksen skenaarion suuntaan.

Hiiltä käyttävän energiantuotannon tuotantokustannuksiin vaikuttaa merkittävästi hiilidioksidin hinta. Mikäli hiilidioksiditonin hinta nousee, on kivihiiltä käyttävän sähkön tuotantokustannuksen (sis. investoinnin) arvioitu kasvavan tasolle 130 EUR/MWh Euroopan alueella vuonna 2030 (ilman CCS-teknologiaa).

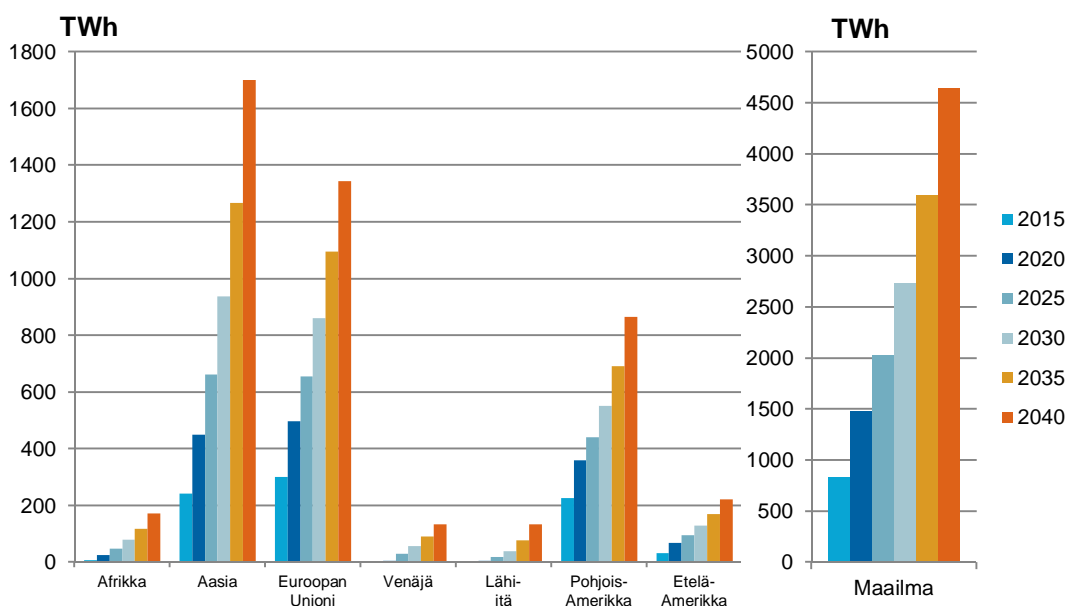
5.5 Uusiutuvat energianlähteet

5.5.1 Tuulivoiman kehitys

Tuulivoima kattoi 3 % globaalista sähkön tuotannosta vuonna 2014 ja kapasiteetin on ennustettu kasvavan merkittävästi tulevaisuudessa (IEA, 2016a). Tuulivoiman tuotantokapasiteetti oli maailmanlaajuisesti 433 GW vuonna 2015 (GWEC, 2016).

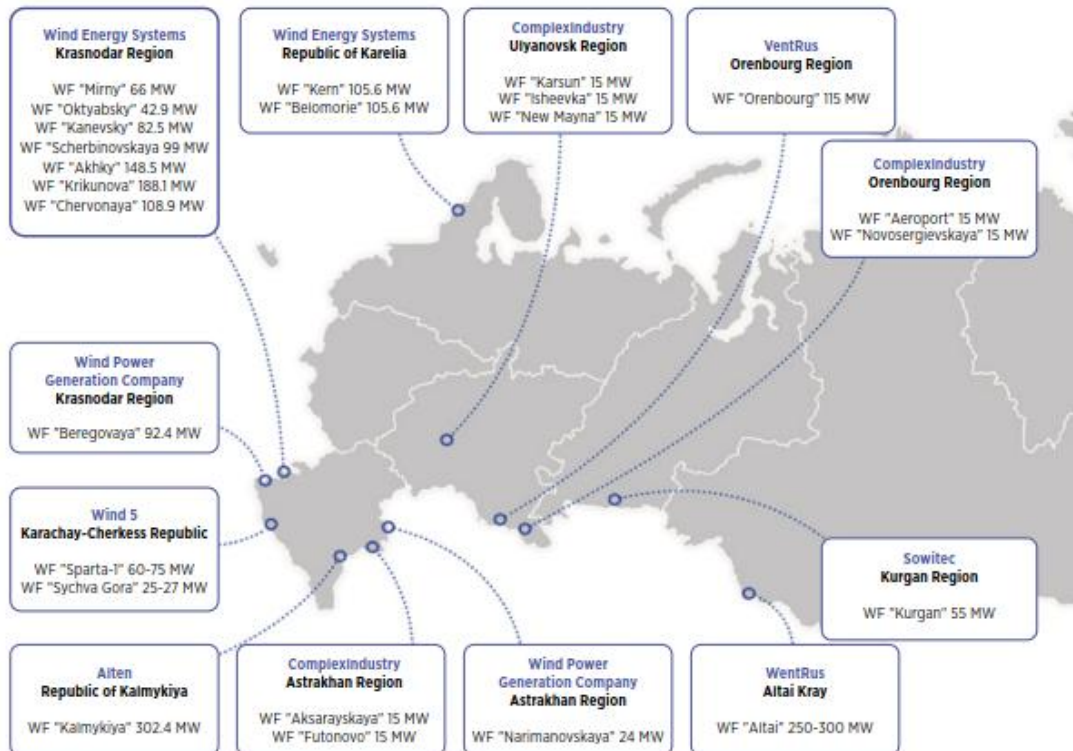
Perusskenaarion mukaan suurinta kasvua on arvioitu tapahtuvan Aasiassa, sekä Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Perusskenaarion mukaisen sähkön kysynnän kasvun perusteella, tuulivoima tulisi kattamaan 12 % sähkön kysynnästä vuonna 2040. Maailmanlaajuisesti tuulivoimatuotannon odotetaan kasvavan noin 800 TWh:sta vuonna 2015 4600 TWh:iin vuonna 2040. Tästä kasvusta noin 35 % tapahtuu Aasiassa. Euroopassa tuulivoimantuotanto kasvaa tasaisesti ja se pysyy yhtenä suurimpana tuulivoima-alueena myös tulevaisuudessa. Kolmanneksi suurin tuulivoiman tuotanto on arvioitu olevan Pohjois-Amerikassa, joka vastaa noin viidenneksestä maailman tuotannosta vuonna 2040 (Kuva 5-11).

Kuva 5-11 Tuulivoiman tuotannon kehitys vuoteen 2040 (perusskenario)



Venäjällä tuulivoiman osuus on marginaalista, ja sen ennustetaan kasvavan hitaasti vuoteen 2040 mennessä (kts. myös luku 7.6). Venäjän tuulivoiman potentiaali on arvioiden mukaan maailman suurin, ja tällä hetkellä kehitteillä olevat projektit sijaitsevat maan eteläosassa, vaikka alueet eivät ole tuuliresursseiltaan optimaalisimmat (Kuva 5-12). Venäjän pohjoisosat (sisältäen läntiset ja itäiset alueet), ja lounaisosat ovat tuulisuudeltaan parhaimmat ja tuotto voi parhaimmillaan ylittää jopa 12 GWh:iin sähköä vuodessa (IRENA, 2017).

Kuva 5-12 Kehitteillä olevat tuulivoimahankkeet Venäjällä (IRENA, 2017)



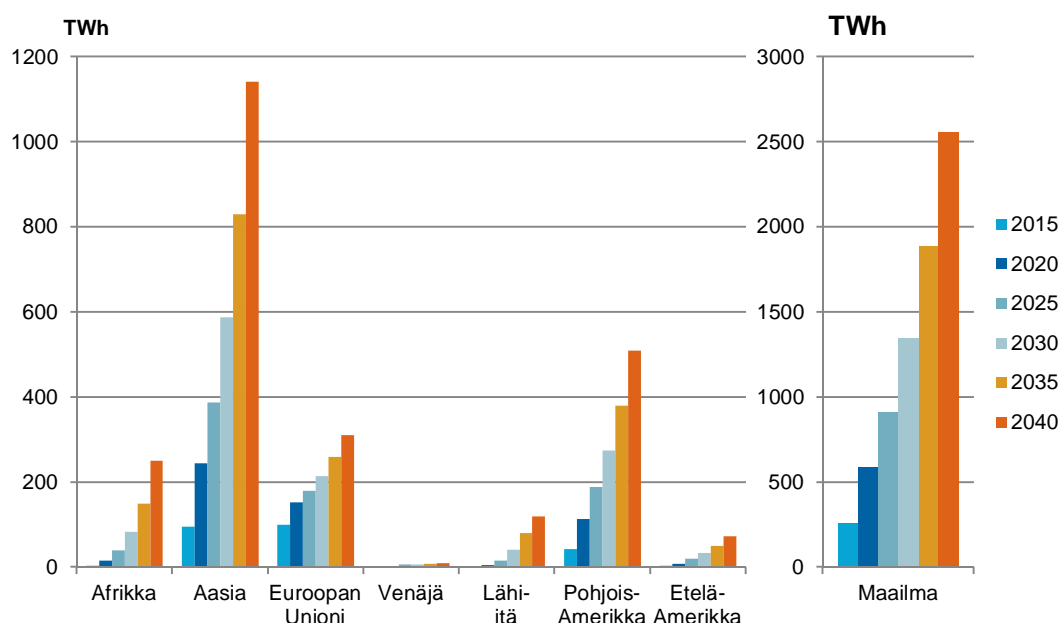
Maa- sekä merituulivoiman hinta on laskenut paljon teknologian kehityksen myötä ja sen odotetaan vielä laskevan. Hinnan lasku perustuu tekniikan kehitykseen, muun muassa kestävämpien ja kevyempien materiaalien tuotantoon, suurtuotannon tuomiin etuihin sekä sähköntuotantotehokkuuden (kapasiteettikerroin) parannukseen. Huolto- ja kunnossapidon kustannuksien odotetaan laskevan myös juuri tekniikan kehityksen myötä. Globaali painotettu keskiarvo maatuulivoimalla tuotetun sähkön kustannukselle (sisältäen investoinnin) vuonna 2015 oli noin 66 €/MWh. Vuonna 2025 sen on ennustettu olevan 52 €/MWh IRENA:n ennusteiden mukaan, mutta maailmalla on jo yksittäisiä hankkeita, joissa on päästy alle tason 30 €/MWh. Merituulivoimalla hintaa lisää muun muassa rakentamisen, asennuksen sekä huollon ja kunnossapidon haasteellisemmat olosuhteet. Globaali painotettu keskiarvo merituulivoimalla tuotetulle sähkölle vuonna 2015 oli noin 160 €/MWh, mutta kilpailukykyisimmissä hankkeissa on päästy tasolle 55 €/MWh. IRENA:n ennusteiden mukaan merituulivoiman tuotantokustannuksen on ennustettu olevan 104 €/MWh vuonna 2025 (IRENA, 2016a).

5.5.2 Aurinkosähkön kehitys

Vuonna 2016 aurinkosähkökapasiteetti oli 176 GW, eli noin 2 % maailman sähkön-
tuotannosta (IRENA, 2016b).

Aurinkoenergian käyttö sähköntuotannossa on kasvanut runsaasti viime vuosien
aikana ja aurinkosähköntuotanto noin kymmenkertaistuu vuodesta 2015 vuoteen
2040 mennessä. Vuonna 2015 tuotanto oli noin 260 TWh ja vuonna 2040 sen en-
nustetaan olevan yli 2500 TWh perusskenaarion mukaisesti. Suurinta kasvu on
Aasiassa, joka kattaa yli puolet kapasiteetin kasvusta (EIA, 2016a). Pohjois-
Amerikassa ja Euroopassa aurinkosähkökapasiteetti myös kasvaa, mutta Aasia on
selvästi kehityksen painopistealue (Kuva 5-13). Vuonna 2040 aurinkosähkö kattaisi
perusskenaarion mukaan noin 7 % maailman sähkön kysynnästä.

Kuva 5-13 Aurinkosähkön tuotannon kehitys vuoteen 2040 (perusskenaario)



Aasiassa on otolliset olosuhteet aurinkovoimalle ja Kiinan aurinkopaneelien tuotan-
to on maailman suurinta (CSTEP, 2015). EU:n päästökauppa ja uusiutuvan energi-
an tavoitteet tukevat aurinkovoiman lisäämistä vuoteen 2040.

Venäjällä aurinkosähkön osuus sähkön kokonaistuotannosta on marginaalista,
vaikka Venäjän aurinkosähkötientaali on valtava (kts. myös luku 7.6). Arvioidaan,
että etenkin Venäjän eteläosissa potentiaali voi olla jopa 1,5 MWh vuodessa, mikä
on yli 50 % korkeampi kuin aurinkosähkötientaali Saksassa (IRENA, 2017).

Aurinkovoiman kasvua edistää aurinkovoiman kustannusten lasku, jonka on ennus-
tettu jatkuvan. Aurinkovoiman kustannukset voidaan jakaa PV-moduulin, invertterin
ja systeemin tasapainottamiseen liittyviin kustannuksiin. Systeemin tasapainotti-
sen kustannukset koostuvat asennuksesta, ja järjestelmän muista komponenteista,
kuten johdoista ja kaapeleista sekä rahoituksen ja luvanhankeista koostuvista
kustannuksista. Näissä kaikissa kategorioissa on odotettavissa kustannusten las-

kua. Merkittävin kustannusten lasku on ennustettu tapahtuvan systeemin tasapainottamisen kustannuksissa, kun oppimiskäyrän mukaisesti esimerkiksi asennusrakenteita osataan mitoittaa paremmin (IRENA, 2016a).

Vuonna 2015 aurinkovoimalaitoksen sähköntuotantokustannukset olivat tasolla 55–95 €/MWh Euroopassa, Yhdysvalloissa, Kiinassa ja Intiassa. Perussa ja Meksikossa kustannukset olivat alimmillaan noin 45 €/MWh. Globaali painotettu keskiarvohinta oli 122 €/MWh. IRENA ennustaa, että globaali painotettu keskiarvohinta laskeisi merkittävästi ja olisi 52 €/MWh vuonna 2025 (IRENA, 2016a). Yksittäisissä projekteissa on päästy tasolle 30 €/MWh jo nykyhetkellä.

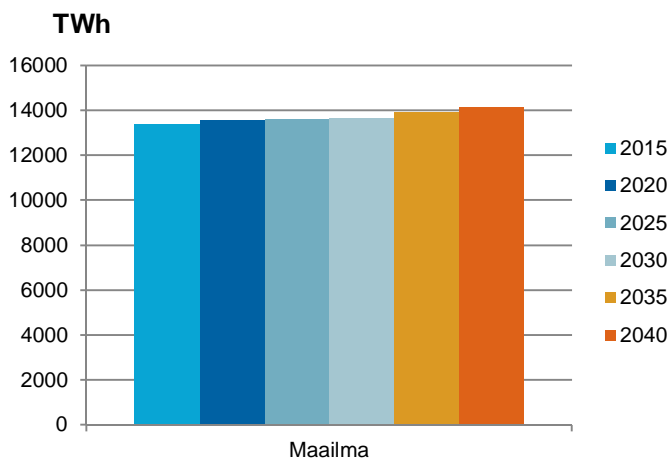
5.5.3 Bioenergian kehitys

Bioenergia kattaa tällä hetkellä noin 10 % globaalista primäärienergian tarjonnasta (13 400 TWh) ja sillä on vielä potentiaalia kasvaa (Kuva 5-14). Tästä valtaosa (noin 7500 TWh) on kehittyvissä maissa perinteisissä puu-uuneissa huonolla hyötysuhteella tapahtuvaa polttoa (IRENA, 2014). Bioenergiaa käytetään sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä liikenteen polttoaineena.

Bioenergian käsite on hyvin laaja ja siihen sisältyviä raaka-aineita saadaan puun eri jakeista, maataloudesta sekä jätteistä. Bioenergian käyttö on keskittynyt maantieteellisesti tietyille alueille, mm. Suomessa sitä käytetään verrattain paljon mm. lämmitykseen mutta esim. Venäjällä ja Lähi-idässä bioenergian kulutus on marginaalista hiilivetyjen tarjonnan vuoksi.

Bioenergian kysyntä jakaantuu tasaisesti ympäri maailmaa Venäjää ja Lähi-itää lukuun ottamatta. Painopistealueina ovat Afrikka ja Aasia. Aasiassa kysyntä laskee selvästi vuonna 2040. Bioenergiaa käytetään Afrikassa lähinnä ruoantuotantoon ja Aasiassa muun muassa lämmitykseen. Myös Euroopassa ja Amerikoissa bioenergian kysynnän ennustetaan kasvavan noin 30 – 35 % vuoteen 2040 mennessä verrattuna vuoteen 2015 (IEA, 2016).

Kuva 5-14 Bioenergian kysynnän kehitys (WEC, 2016)



Bioenergiaan pohjautuvan sähköntuotantokapasiteetin arvioidaan kasvavan eniten Aasiassa sekä Pohjois-Amerikassa. Maailmanlaajuisesti bioenergiapohjainen sähköntuotantokapasiteetti yli kaksinkertaistuu vuoteen 2040 mennessä. Bioenergian kapasiteetin kehitys sähkön tuotannossa on kuitenkin verrattain marginaalinen esim. tuulivoimaan ja aurinkosähkään verrattuna. Venäjän bioenergiakapasiteetti vuonna 2015 oli 1,4 GW (39 laitosta) sisältäen biokaasun (IRENA, 2017).

Venäjällä on valtavat bioenergiaresurssit, sillä Venäjä omistaa viidesosan maailman metsäalueista. Venäjästä on tullut maailman viidenneksi suurin pelletin tuottaja,, ja kolmanneksi suurin pelletin viejä EU:n alueelle (Kanadan ja USA:n jälkeen) (kts. myös luku 7.6). Vuonna 2013 Venäjän pellettien tuotanto kaksinkertaistui edelliseen vuoteen verrattuna. Pellettien hinnat ovat laskeneet, mikä mahdollistaa Venäjälle kasvavat markkinat, kun kuljetuskustannuksista on tullut määräävämpi tekijä hinnassa. Venäjä hyötyy lyhyestä välimatkasta USA:han ja Kanadaan nähden, kun bioenergia kuljetetaan EU:n alueelle (IRENA, 2017). Bioenergiaa tuodaan myös muina jakeina kuin pelletteinä EU:n alueelle.

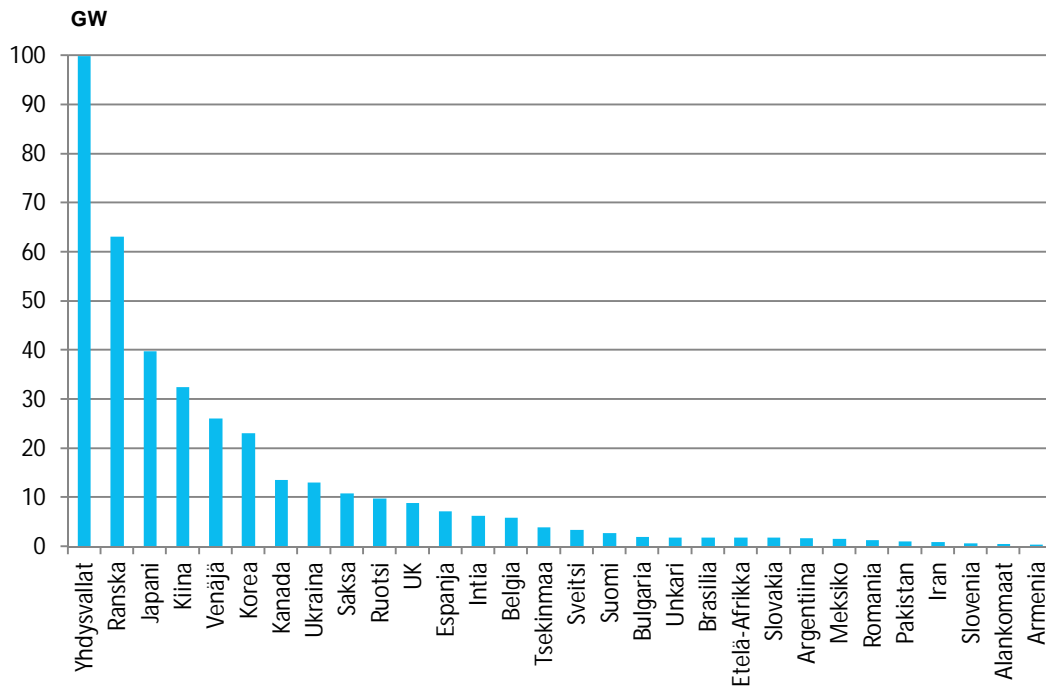
Biomassan jalostustekniikoita kehitetään jatkuvasti. Muun muassa pelletointi (tiivitys), torrefiointi (paahtaminen) ja pyrolyysi (kuivatislaus) lisäävät bioenergian käyttömahdollisuuksia, sekä käsittely ja kuljetusmahdollisuuksia. Varsinaista teknologiamurrosta ei ole kuitenkaan odotettavissa.

5.6 Ydinvoima

Maailmalla on tällä hetkellä lähes 450 ydinvoimalaitosta 30 maassa. Ydinvoiman sähköntuotantokapasiteetti on yhteensä noin 390 GW käsittäen 11 % maailman sähköntuotannosta (World Nuclear Association 2017) (Kuva 5-15). Primäärienergian käytöstä ydinvoiman osuus on 4 % (BP, 2016a).

Uraanikaivoksia on noin kahdessakymmenessä maassa ja noin puolet maailman tuotannosta saadaan kymmenestä kaivoksesta, jotka sijaitsevat Kanadassa, Australiassa, Nigeriassa, Kazakstanissa, Venäjällä ja Namibiassa (World Nuclear Association 2017).

Kuva 5-15 Maailman ydinvoiman sähköntuotantokapasiteetti maittain (GW). Luku ei sisällä tällä hetkellä rakenteilla olevia laitoksia (World Nuclear Association 2017, tilanne 04/2017)

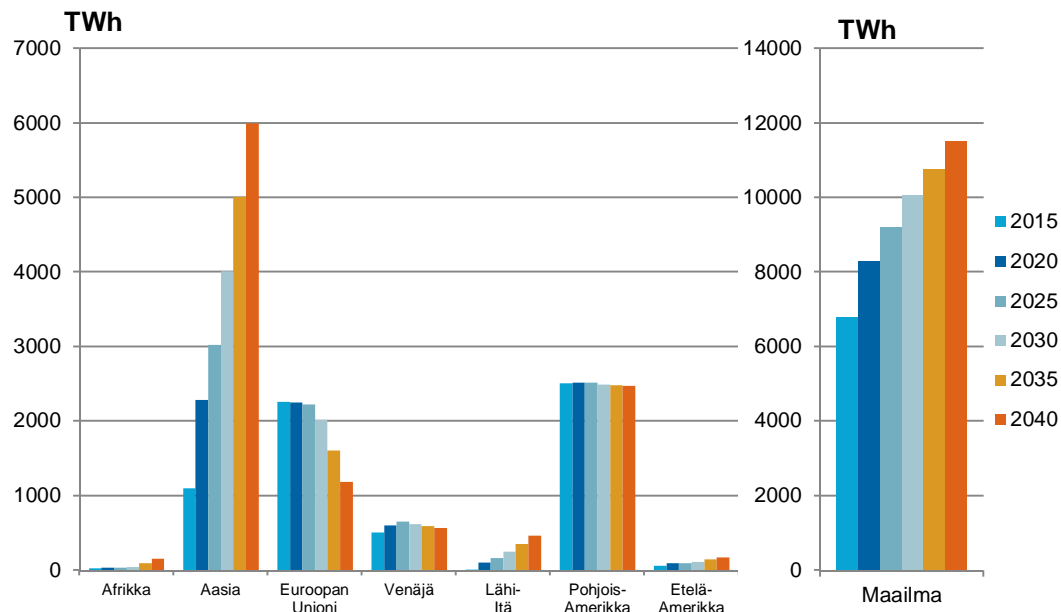


Tämän selvityksen perusskenaariossa ydinvoiman osuutta ei ole eroteltu, vaan se sisältyy kohtaan muut energiantuotantomuodot. Sen sijaan World Nuclear Association ja IEA ennustavat, että ydinvoimakapasiteetti kasvaa nykyisestä ja on keskimäärin 30 % korkeampi kuin nykypäivänä vuonna 2030 (IEA, 2016a; World Nuclear Association, 2017) ja noin 40 % korkeampi vuonna 2040 (IEA, 2016a). Lisäksi on ennustettu, että vuonna 2050 noin 25 % sähköstä tuotettaisiin ydinvoimalla (World Nuclear Association, 2017).

IEA:n ja BP:n perusskenaarioiden mukaan (sisältyy Pöyryn perusskenaarioon) suurinta kasvua ydinvoimantuotannossa on ennustettavissa Aasiassa, jossa tuotanto tulee vuonna 2040 olemaan noin kuusinkertainen verrattuna vuoteen 2015. Muualla maailmassa kasvu on maltillisempaa ja Euroopassa selvästi laskevaa (IEA, 2016a; BP, 2016) (Kuva 5-16).

Ydinvoima pysyy siis ainakin välivaiheen energiantuotantomuotona niissä maissa, joissa se on hyväksyttävää. Myös uusia reaktorityyppejä on kehitteillä. Noin 60 laitosta on maailmanlaajuisesti tällä hetkellä rakenteilla (tilanne 4/2017). Pääosa ydinvoimalaitoksista on suunnitteilla Kiinaan, Intiaan, Venäjälle ja Yhdysvaltoihin, ja Venäjä on suurin ydinvoimalaitosten viejä, rakentaja ja rahoittaja maailmassa. Euroopassa ydinvoimalla on tärkeä rooli tulevaisuudessa ainakin Suomessa, Ranskassa, Iso-Britanniassa ja monissa Itä-Euroopan maissa (Helynen ja Kara, 2017). Toisaalta moni ydinvoimalaitos tulee käyttöikänsä päähän, ja maailmalla ollaan sulkemassa tällä hetkellä 160 reaktoria, joista valtaosa on USA:ssa (34), Iso-Britanniassa (30), Saksassa (28), Japanissa (17) ja Ranskassa (12) (World Nuclear Association, 2017).

Kuva 5-16 Ydinvoimatuotannon kehitys (arvioitu, BP, 2016)



Ydinvoimateknologia kehittyä jatkuvasti. Ns. neljännen sukupolven reaktorit ovat tutkimuksen alla, ja kaupallisessa käytössä oletettavasti aikaisintaan vuoden 2030 jälkeen. Pisimmällä ollaan nopean hyötöreaktorin kehityksessä, sillä niitä on ollut sähköntuotantokäytössä muun muassa Japanissa, Ranskassa ja Venäjällä tälläkin hetkellä. Hyötöreaktorin suurin etu on se, että reaktori voi tuottaa toisesta halvasta, yleisestä ja muuten ydinreaktioon sopimattomasta aineesta ydinreaktioon sopivaa polttoainetta.

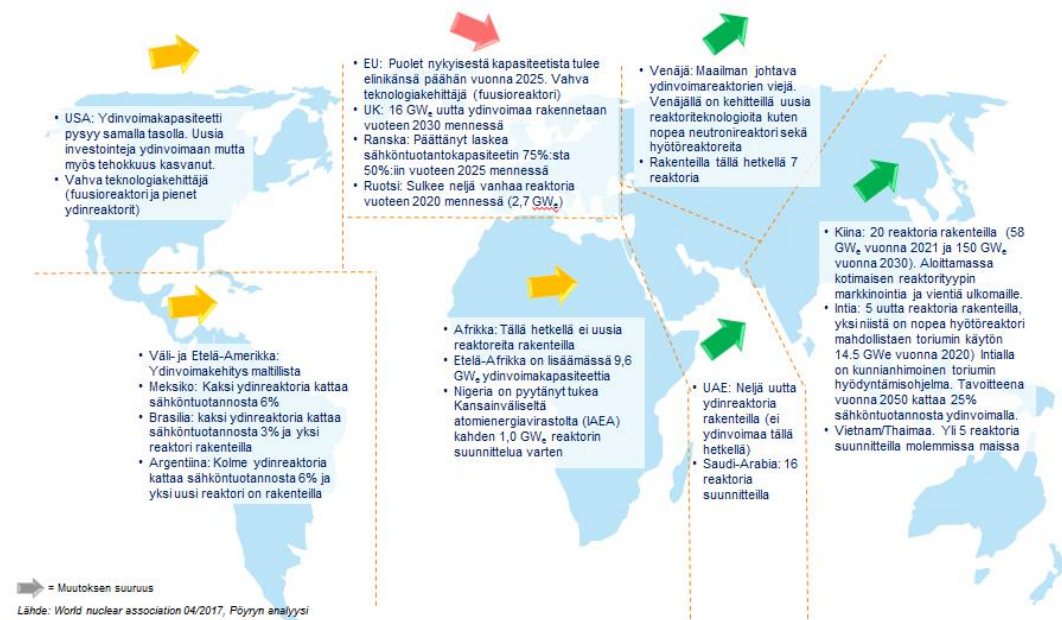
Pienten, modulaarisesti rakennettavien ydinreaktorien (SMR alle 300 MWe) kehitys jatkuu useassa maassa. Niiden etuna on lyhyempi pystytys ja käyttöönottoaika, sillä ne voidaan koota jo tehtaassa. Kehitys on pitkällä mm. USA:ssa, Venäjällä, Kiinassa ja Argentiinassa, ja kehitysvaiheessa on hieman alle 50 reaktorityyppiä. USA ja Iso-Britannia arvioivat kaupallistavansa SMR-laitokset 2020-luvun loppuun mennessä. Teholtaan 50 - 150 MW SMR-yksiköt tulevat sarjatuotantona edullisiksi ja ne voidaan sijoittaa osaksi yhdyskuntien tai teollisuuden lämmöntuotantoa (Helynen ja Kara, 2017). IAEA:n mukaan SMR-markkinat olisivat potentiaaliset erityisesti Saudi-Arabiassa, Lähi-idässä ja Afrikassa (IAEA, 2015).

Fuusioreaktori on ydinreaktori, jossa tapahtuu ydinfuusio. Tavallisimmassa fuusioreaktorityypissä vetyä yhdistetään heliumiksi, jolloin vapautuu energiaa. Ydinfuusio tuottaa suuria energiamääriä fuusioituvaa ainekiloa kohden, ja fuusioituvaa aineä vety on maailmankaikkeuden yleisin alkuaine. Koereaktori (ns. ITER-hanke) on rakenteilla Ranskaan. Fuusioreaktoreiden ei ennusteta olevan kaupallisessa käytössä ennen vuotta 2050. Fuusioreaktoria kehitetään EU:n ja mm. USA:n, Japanin, Venäjän, Intian, Kiinan ja Etelä-Korean yhteistyönä. Suomi osallistuu ITER-projektiin plasma- ja materiaalfysiikan tutkimuksella.

Kuten edellä on mainittu, vuoteen 2040 mennessä ydinvoiman painopistealue siirtyä selvästi Pohjois-Amerikasta erityisesti Kiinaan, jossa kysyntä kasvaa lähes puo-

let edelliseen viisivuotiskauteen verrattuna (Kuva 5-17). Myös Venäjällä, Lähi-idässä ja muualla Aasiassa rakennetaan lisää ydinvoimaa, mutta kehitys on maltillisempaa kuin Kiinassa.

Kuva 5-17 Ydinvoimakemityksen alueelliset painopistealueet vuoteen 2040



Ydinsähkön tuotantohinta vaihtelee voimakkaasti. Maailmalla toteutettujen hankkeiden perusteella tuotantokustannukset (sisältäen investointikustannuksen) ovat vaihdelleet välillä 50 - 120 EUR/MWh.

5.7 Muut teknologiat

5.7.1 Älyverkot ja sähkön varastointi

Älyverkosta on useita erilaisia määritelmiä. Työ- ja elinkeinoministeriön määritelmän mukaan ”älyverkko, eli älykäs sähköjärjestelmä tarkkailee sähkön virtaamista ja optimoi jatkuvasti sähkön kulutusta ja tuotantoa.” Älyverkko on yhdistelmä älykkäistä sähkömittareista sekä ICT-teknologioista, jotka mahdollistavat huomattavasti reaaliaikaisemman ja joustavamman käytön ja ohjaamisen sähköverkoissa. Tämä puolestaan edesauttaa uusiutuvan ja hajautetun tuotannon lisäämistä sähköverkkoon kustannustehokkaasti niin, että toimitusvarmuus ei kärsi. Älyverkko toimii pikemminkin alustana ja mahdollistajana erilaisille teknologioille. Se mahdollistaa myös uusia palveluja ja toimijoita sähkömarkkinoilla ja esimerkiksi kuluttajat voisivat älyverkon välityksellä osallistua tehokkaammin sähkömarkkinoille. Sähköntutkimuspoolin näkemys Suomen energijärjestelmästä vuonna 2035 on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 5-18), ja sen pohjana on älyverkko.

Kuva 5-18 Visio Suomen sähköjärjestelmästä vuonna 2035

1. Joustava voimajärjestelmä

- Rakennettava uusi sähköntuotanto perustuu lähes yksinomaan uusiutuvaan energiaan
- Sääriippuvan tuotannon lisääntymisen ja inertian pienemisen tuomat haasteet ratkaistu mm. markkinapohjaisten joustotuotteiden avulla

2. Kaupunkien sähköjärjestelmä

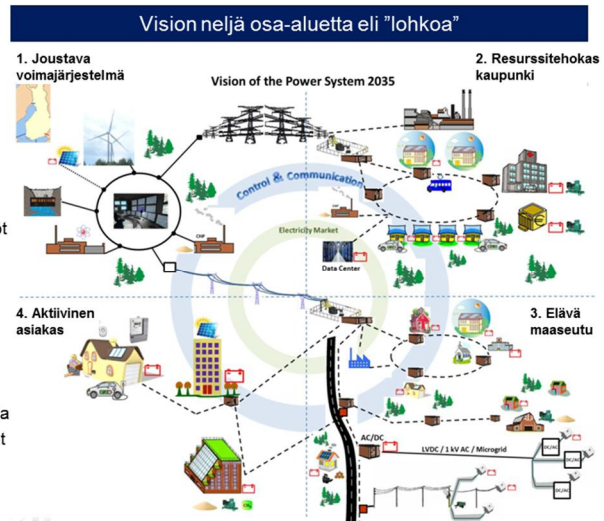
- Lähes täyssähköinen liikenne
- Käytössä sähkö- ja lämpövarastoja
- Energiatehokkaat ja pitkälti energiomavaraiset kiinteistöt

3. Maaseudun sähköjärjestelmä

- Verkostoautomaation laajamittainen käyttö
- Energiavarastoja, mikrosähköverkkoja ja varavoimaa hyödynnetään sähkönsyötön varmistamisessa
- Kaapelointiaaste > 50 %

4. Aktiivinen asiakas

- Pientuotantoa, uusia lämmitysmuotoja ja energiavarastoja
- Asiakkaat osallistuvat sähkömarkkinoihin ja resurssit ovat sähkömarkkinoiden käytössä
- Tehotariffit ja joustotuotteet tukevat uusia kuormitusprofileja



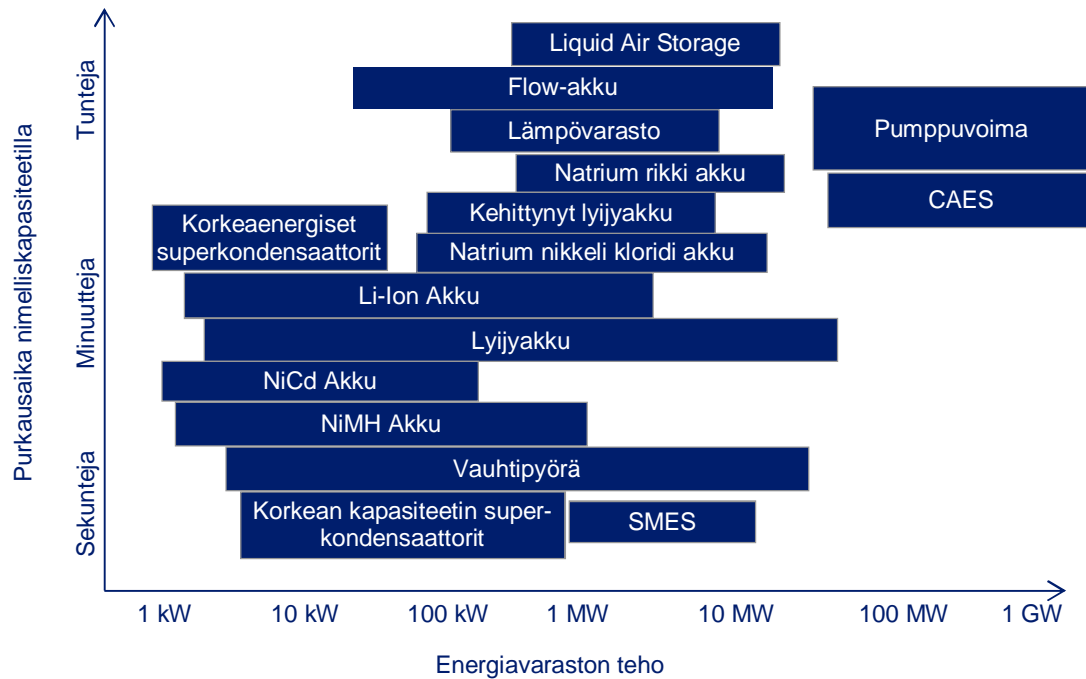
Sähköntutkimuspooli: Roadmap 2025 – Sähkömarkkina- ja verkkovisio 2035 & Roadmap 2025

Älyverkot ovat vielä suhteellisen varhaisessa vaiheessa kehitystä, mutta niihin liittyvää tutkimusta on paljon. Monilla valtioilla on omia älyverkkovisioita, joissa on kuvattu mihin suuntaan älykkäiden sähköjärjestelmien tulisi kehittyä. Siirtyminen näihin järjestelmiin tulee olemaan suhteellisen hidasta. Suomessa tavoite älykkäälle sähköjärjestelmälle on asetettu vuoden 2030 tienoille. Myös Yhdysvaltojen energiavirasto on asettanut tavoitteeksi täysin toimivan älyverkon vuonna 2035 (MIT Technology Review, 2015). Älyverkkoon siirtyminen tulee tapahtumaan asteittain sitä ennen, ja älyverkot toimivat muiden teknologioiden mahdollistajina. Hiilivetyjen kysynnän kannalta älyverkkoteknologialla ei itsessään tule todennäköisesti olemaan suoraa vaikutusta vuoteen 2040 asti.

Älyverkkojen ja yleisesti ottaen sähköverkkojen rooli eri tuotantoteknologioiden mahdollistajana on tärkeä. Etenkin uusiutuvien ja hajautettujen uusiutuvien energialähteiden käyttöönotto sähköntuotannossa voi vaatia laajoja verkkoinvestointeja. Heikot verkot saattavatkin joissain tapauksissa toimia hidastajana esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoiman käyttöönotolle.

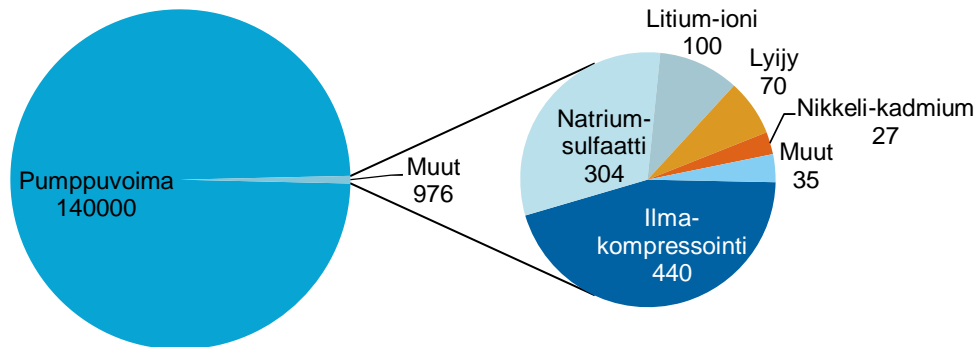
Myös sähkön varastointitekniikat toimivat vaihtelevan uusiutuvan energiatuotannon mahdollistajina tasaamalla tuuli- ja aurinkovoiman tuotantoa. Seuraavassa kuvassa (Kuva 5-19) on esitetty markkinoilla olevat teknologiat teho - purkausajaksi akselilla. Erilaisia sähkön varastointitekniikoita on huomattava määrä ja käyttökohteet ovat vahvasti riippuvaisia eri teknologioiden ominaisuuksista. Tuuli- ja aurinkovoiman kannalta oleellista kehitystä on tunteja kestävässä varastoinnissa, ja etenkin aurinkovoiman tuotanto on hyvin aikariippuvaista päivän sisällä.

Kuva 5-19 Sähkön varastointitekniikat teho - purkausaika akseleilla



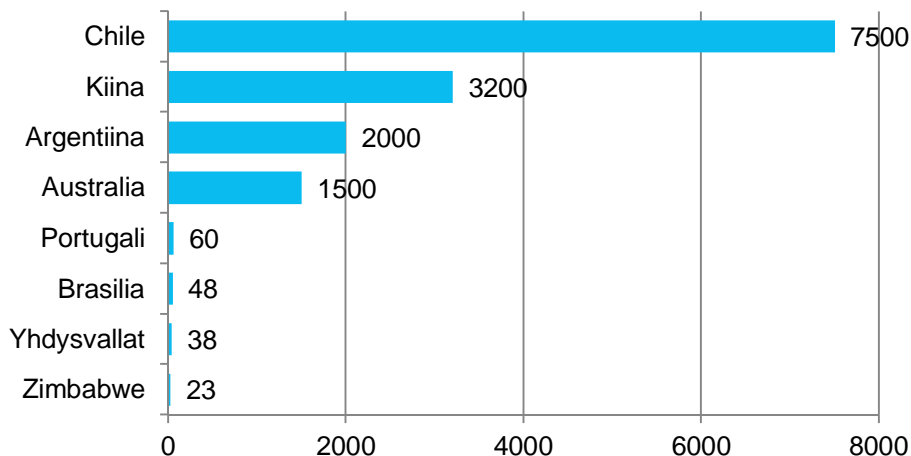
Tällä hetkellä sähkönvarastointikapasiteetti on 3 % globaalista sähköntuotantokapasiteetista (150 GW), ja sitä dominoi pumpattava vesivoima (Kuva 5-20). Uutta pumpattavaa vesivoimaa arvioidaan tulevan verkkoon 27 GW seuraavan 10 vuoden aikana (pääasiallisesti Kiinassa, Yhdysvalloissa ja Euroopassa). Muut sähkönvarastoinnin muodot käsittävät vain 5 GW kapasiteetista, mutta akkuteknologiamarkkinat, erityisesti litium-ioni akut, kasvavat voimakkaasti (litium-ioni akkujen kapasiteetti kaksinkertaistui alle kolmessa vuodessa) (EIA, 2016a). Akuilla on merkittävä rooli vaihtelevan uusiutuvan tuotannon tasapainottajana etenkin nopean kehityksen skenaariossa, jossa maakaasun kysyntä laskee lähes kaikilla maantieteellisillä alueilla Afrikkaa ja Etelä-Amerikkaa lukuun ottamatta vähentäen kaasun käyttöä tuotannon tasaajana.

Kuva 5-20 Verkkoon kytketyt sähkövarastot maailmassa (IEA, 2014b)



Varastointitekniikan kehityksellä voi olla geopolittisiä vaikutuksia, etenkin jos akkuteknologian kehitys kiihtyy nykyisestä. Esimerkiksi litium-varannot ovat jakautuneet tietyille alueille (Kuva 5-21) ja litium-ioniakkujen kehittyminen voi synnyttää selkeitä voittajavaltioita ja tuontiriippuvuussuhteita etenkin nopean kehityksen skenaariossa. Alla oleva kuva perustuu USGS:n arvioon, eikä sisällä kaikkia tunnistettuja resursseja, joita on merkittävässä määrin lisää mm. Yhdysvalloissa, Boliviassa, Chilessä, Kiinassa, Argentiinassa ja Australiassa.

Kuva 5-21 Todennetut litium-varannot maailmassa (1000 t, lähde: USGS, 2016)

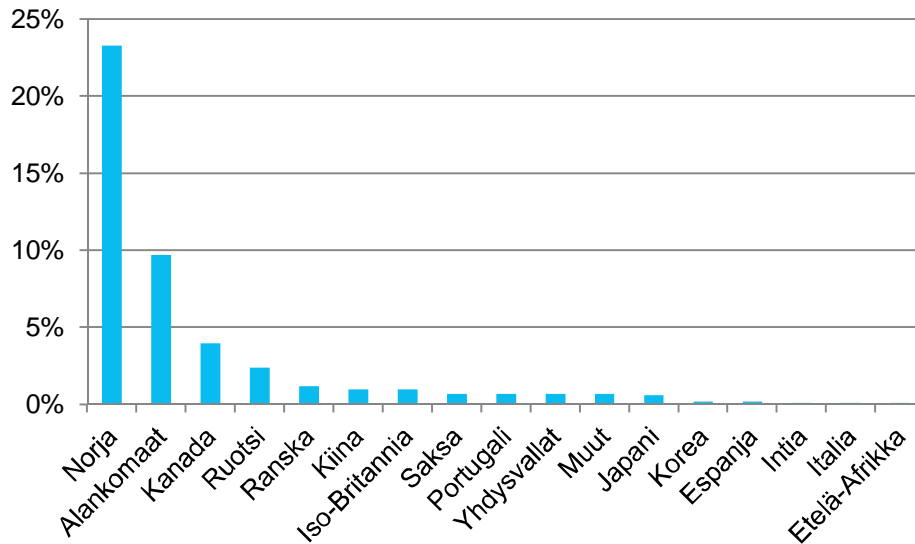


5.7.2 Sähköautot

Maailmassa oli vuonna 2015 yhteensä 1,26 miljoonaa sähköautoa (IEA, 2016b) ja sähköinen liikenne vastasi noin 1 % kaikesta liikenteen energiankäytöstä vuonna 2014 (WEC) kun mukaan luetaan lentoliikenne. Sähköautojen yleistyminen on hajanista ja hyvin maakohtaista. Vuonna 2015 vain seitsemässä maassa sähköautot saavuttivat 1 %:n tai korkeamman markkinaosuuden. Norjassa sähköautot saavuttivat 23 % osuuden ja Alankomaissa 10 % osuuden. Sekä Norjassa että Alanko-

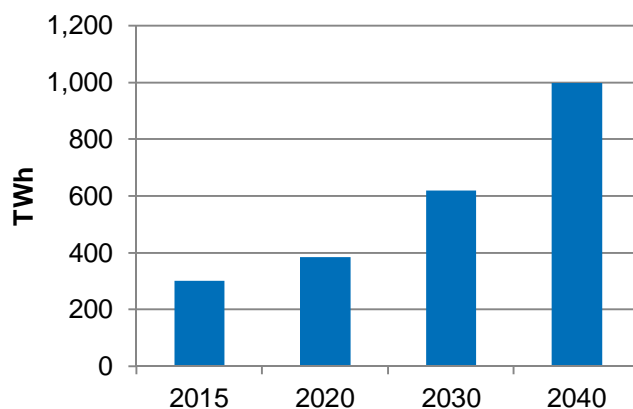
maissa sähköautojen yleistymisen on saavutettu erilaisilla vahvoilla tukimekanismeilla, kuten verohelpotuksilla, sekä vahvalla panostuksella sähköautojen infrastruktuurin kehittämiseen.

Kuva 5-22 Sähköautojen markkinaosuus vuonna 2015 sisältäen sekä täyssähköautot että plug-in hybridiautot (IEA, 2016b)



IEA:n, EIA:n ja WEC:in skenaariot (kappale 4.2.4) ennustavat sähkön käytön lisääntyvän keskimäärin noin 5 % vuodessa vuoteen 2040 asti, mikä tarkoittaisi liikenteen kokonaissähkönkulutuksen yli kolminkertaistumista noin 300 TWh:sta vuonna 2015 1000 TWh:iin vuonna 2040 (Kuva 5-23). Samanaikaisesti liikenteen kokonaisenergian kulutuksen odotetaan näissä samoissa skenaarioissa kasvavan noin 1 % vuodessa, mikä tarkoittaa, että sähkön osuus liikenteen kokonaisenergiasta kasvaa noin 1 %:sta noin 2,4 %:iin. Liikenteen sähköistymisellä tulee näin ollen olemaan perusskenaarioiden mukaan suhteellisen pieni vaikutus globaaliin liikenteen energiankäyttöön. (IEA 2016a; WEC 2016; EIA 2016b)

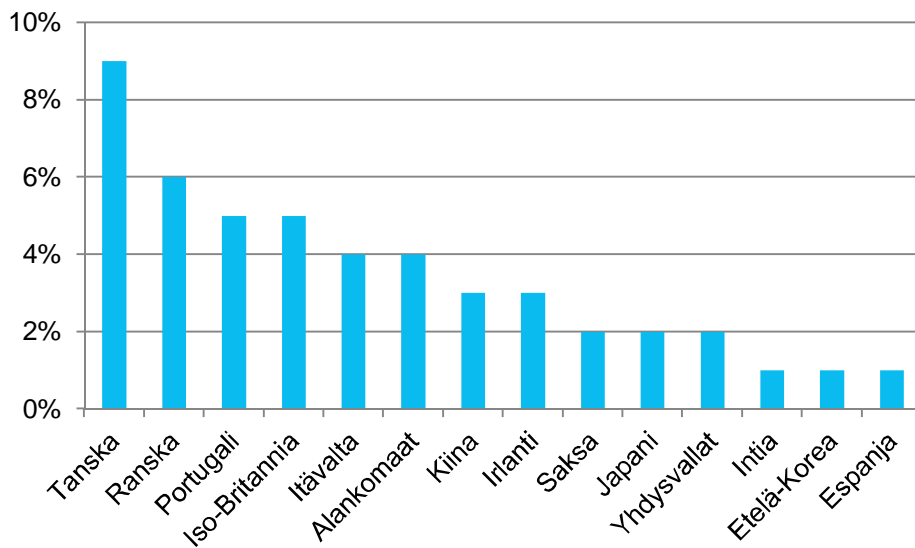
Kuva 5-23 Liikenteen kokonaissähkön kulutus



Sähköautojen yleistymisen vaatii poliittisia tukitoimia. Akkuteknologian kehitys tulee laskemaan itse autojen hintaa, mutta riittävän laajan infrastruktuurin kehittäminen

tulee todennäköisesti vielä pitkään vaatimaan poliittisia tukitoimia. Siksi sähköautojen yleistyminen keskittyy jatkossakin todennäköisesti vahvasti valikoituihin maihin ja urbaaneihin keskittymiin. Seuraavassa kuvassa (Kuva 5-24) on esitetty maita, jotka ovat asettaneet numeerisia tavoitteita sähköautojen yleistymiselle. Tavoitteiden täytyminen vaatisi 60 % vuosittaista kasvua sähköautojen määrässä ja tarkoittaisi ainakin 12,9 miljoonaa sähköajoneuvoa vuonna 2020. Tämä vastaa noin 3 % kuvassa listattujen maiden ajoneuvokannasta. Verrokkilukuna maailman nykyinen ajoneuvokanta on 1,2 miljardia (Statista, 2017).

Kuva 5-24 Tavoitteet sähköautojen osuudelle ajoneuvojen määrästä vuonna 2020 (IEA 2016b)

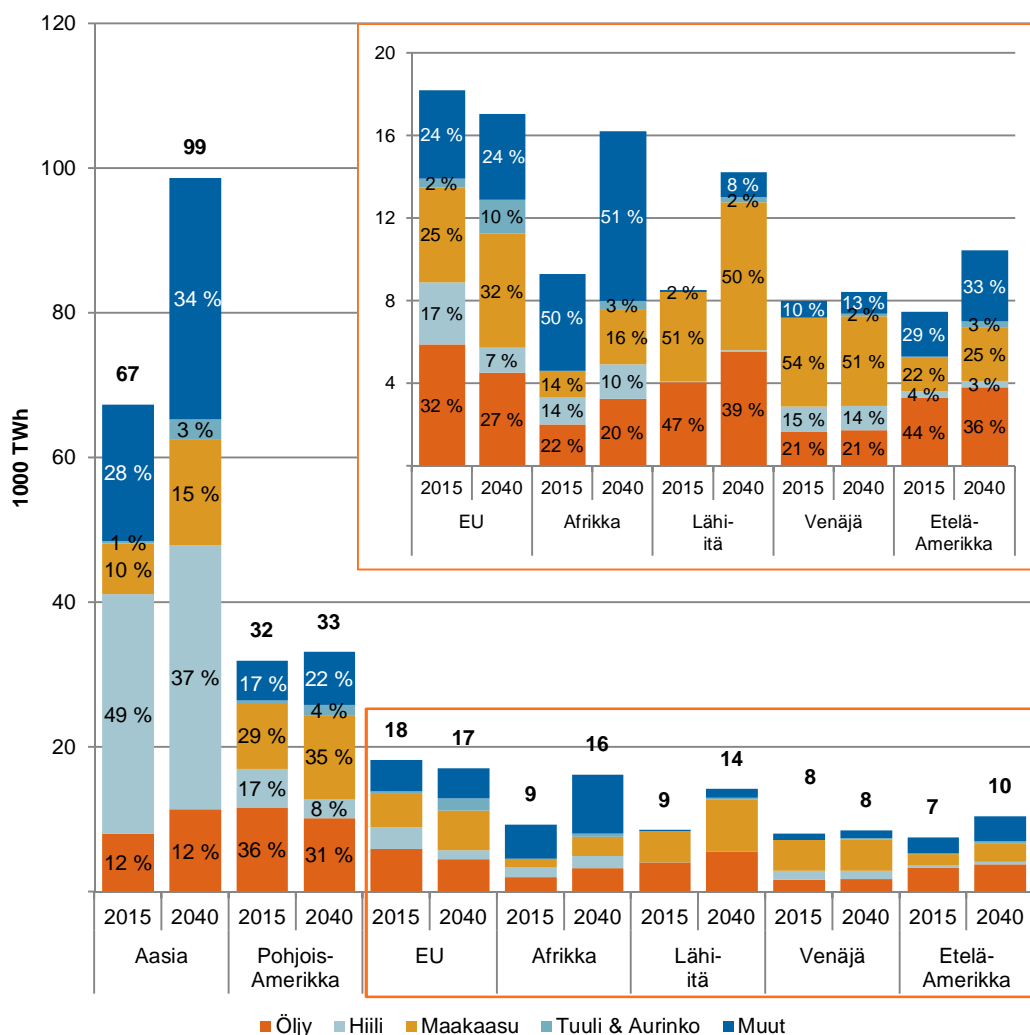


Globaalilla tasolla sähköautojen vaikutus energiajärjestelmään jää siis tarkasteluajanjakson aikana suhteellisen pieneksi perusskenaariossa. Sähköautojen kehittymiseen liittyy huomattavia epävarmuustekijöitä, kuten kustannusten kehittyminen suhteessa polttomoottoriautoihin ja latausinfrastruktuurin kehittyminen maailmanlaajuisesti. Nopean kehityksen skenaariossa sähköautojen yleistyminen on riittävän nopeaa, jotta niillä olisi merkittävää vaikutusta fossiilisten polttoaineiden kulutukseen liikenteessä.

5.8 Yhteenveto

Hiilivetyjen osuus energian kokonaiskysynnästä on lähes 80 % ja niihin liittyy eniten poliittisia jännitteitä. Energian kysynnän kasvu on suurinta maakaasun, uusiutuvien energialähteiden ja muiden energialähteiden (sisältää ydinvoiman) osalta vuonna 2040 vuoteen 2015 verrattuna (Kuva 5-25).

Kuva 5-25 Kokonaisenergian kysyntä ja kehitys maantieteellisillä alueilla vuosina 2015 ja 2040 perusskenaariossa (%-osuus kokonaiskysynnästä)



Teknologiakehitys on nopeinta tuulivoiman ja aurinkovoiman osalta perusskenaariossa ja vielä nopeampaa nopean kehityksen skenaariossa, mutta niiden osuus oli vuonna 2015 vain noin 5 % maailman sähköntuotannosta. Tuulivoiman ja aurinkovoiman osuuden koko maailman sähkön tuotannosta oletetaan olevan noin 19 % perusskenaariossa ja 26 % nopean kehityksen skenaariossa vuonna 2040. Tämä on seurausta näiden teknologioiden merkittävästä kustannusten laskusta ja kilpailukykyyn parantumisesta. Suurimmat teknologiset haasteet siirtyvät kuitenkin kohti sähkön varastointia ja esimerkiksi pienen kokoluokan ydinvoiman ja hiilidioksidin talteenoton kehittämistä kustannuskilpailukykyiseksi.

Hiilen kysyntä väistämättä laskee ja ydinvoima tulee pysymään välivaiheen energiantuotantomuotona, joten ne ovat myös tärkeä osa kokonaiskuvaa. Muut teknologiat ovat suhteellisen marginaalisia mutta paikallisesti niillä voi olla suurikin merkitys (esim. sähköautot Norjassa).

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Vaikutukset energian kysyntään ja geopoliittiseen tasapainoon maailmanlaajuisesti vuonna 2040

6.1.1 Perusskenaario

Perusskenaariossa kokonaisenergian kysyntä kasvaa 32 % maailmanlaajuisesti vuoteen 2040 mennessä ja erityisesti kehittyvissä maissa. Kasvukeskittymät siirtyvät erityisesti Aasiaan. Energiantuotantomuodoista aurinko- ja tuulivoima globaalisti ja ydinvoima kehittyvissä maissa ovat selkeästi voittajateknologioita vuoden 2040 tasolle (Kuva 6-1).

Kuva 6-1 Perusskenaarion mukaiset energiasektorin murroksen painopistealueet vuoteen 2040 mennessä



Aurinko- ja tuulivoiman voimakas kasvu skenaarioiden tarkastelujaksolla ei näytä johtavan siihen, että muut teknologia syrjäytyisivät merkittävästi muualla kuin mah-

dollisesti EU:ssa ja Pohjois-Amerikassa. Tämä johtuu siitä, että kokonaisenergian kysynnän kasvun vuoksi myös muita teknologioita tarvitaan aurinko- ja tuulivoiman rinnalla kehittyvissä maissa. Sen lisäksi varastointiteknologian kehitys ei vaikuta olevan niin nopeaa, että lähivuosina voitaisiin siirtyä hyvin vahvasti aurinko- ja tuulienergiiaan pohjautuvaan energijärjestelmään. Tarve uusiutuvien energiantuotantomuotojen murrokselle ei vaikuta olevan vielä riittävän suurta, ja kehitystä hidastaa mm. poliittisen ohjauksen epävarmuus globaalisti.

Hiilivoima on häviäjien joukossa teknologiakehityksestä huolimatta, sillä hiilivoiman alasajo kehittyneissä maissa on jo alkanut. Kun uusiutuvien kilpailukyky paranee huomattavasti muihin energiantuotantomuotoihin verrattuna, on hiilivoima suurin kärsijä. Hiilen globaalin kysynnän oletetaan kasvavan vuoteen 2025 saakka ja lähetevän sitten loivaan laskuun. Kysyntä päättyisi tarkastellussa perusskenaariossa vuonna 2040 samalle tasolle kuin vuonna 2015.

Öljyn ja maakaasun globaali kysyntä jatkaa kasvuaan koko tarkastelujakson ajan, mikä todennäköisesti nostaa niiden hintaa, kun varannot vähenevät ja vaikeammin hyödynnettäviä esiintymiä otetaan käyttöön. Öljyn kysyntä muodostui vuonna 2015 yli 50 %:sti liikenteen käytöstä ja sen vuoksi sen kysyntään ei oleteta tulevan suurta muutosta. Maakaasun hinnan on arvioitu kasvavan ja asettuvan puolitoistakertaiselle tasolle nykyiseen verrattuna. LNG:n hinnan arvioidaan kasvavan noin 15 % viiden vuoden tarkastelujaksolla (2020 - 2025). Maakaasu pysyy energiapaletissa ainakin vuoteen 2040, sillä sitä tarvitaan säätövoimana ja se on puhtain fossiilisista polttoaineista.

Aasiassa maakaasun kysyntä kasvaa kaksinkertaiseksi vuoteen 2040 mennessä eikä Aasian oma tuotanto riitä kattamaan kysyntää. Aasia siirtyy tuomaan kaasua muualta joko putkia pitkin tai enenevässä määrin LNG:llä. Tuontivaihtoehtoina ovat mm. Venäjä, Australia ja Yhdysvallat, joiden oma tarjonta ylittää kysynnän. Tällä voi olla positiivinen vaikutus Venäjän maakaasutuloihin.

Euroopassa maakaasun kysyntä nousee hieman, mutta Suomessa kysyntä laskee, sillä Suomessa panostetaan bioenergian hyödyntämiseen. LNG-markkinoiden kasvu vähentää edelleen riippuvuussuhteita ja energiapoliittisia jännitteitä. Riippuvuus Venäjän tuonnista vähenee ja toisaalta Venäjän näkökulmasta riippuvuus Euroopasta myös vähenee. LNG:n tuotannon, liuskeöljy- ja liuskekaasuesiintymien hyödyntäminen ja uusiutuvien energiantuotantolähteiden nousu johtavat siihen, että omavaraisuus lisääntyy ja poliittinen riippuvuus energiasta vähenee myös maailmanlaajuisesti. Esimerkiksi Venäjältä ja Saudi-Arabiasta tulee tulevaisuudessa enemmän energian myyjiä muiden maiden joukossa, ja niiden asema energiasu-pervaltoina heikkenee. Hiilen ja öljyn voimakas kysynnän lasku Euroopassa vuoden 2030 jälkeen vähentää myös Euroopan riippuvuutta Venäjältä. Tällä hetkellä noin puolet raakaöljystä ja öljyjalosteista tuodaan Venäjältä Eurooppaan.

Yleisesti ottaen energiasopimusten merkitys joidenkin valtioiden vallan ylläpitäjänä vähenee. Kaasun osalta yksittäisten EU:n jäsenmaiden ja Venäjän välillä epäsymmetriset riippuvuussuhteet voivat kuitenkin säilyä. Sen sijaan Yhdysvaltojen ase-

man heikkeneminen hyödyttää eniten Kiinaa, joka on kehittymässä maailman suurimmaksi talousmahdiksi.

Kiinan odotetaan ottavan aktiivisemmän roolin ulkopoliitikassa. Tuontiriippuvuus Aasiassa kasvaa kysynnän kasvaessa, mutta riippuvuus Venäjästä ei välttämättä lisäännä. Sen sijaan Venäjän riippuvuus Kiinasta kasvaa, sitoen Venäjän vahvemmin Kiinan vaikutuspiiriin.

6.1.2 Nopean kehityksen skenaario

Nopean kehityksen skenaariossa energiamurros tulee olemaan huomattavasti syvempi kuin perusskenaariossa ja geopolittiset siirtymät ovat mahdollisia. Uusiutuvien energialähteiden kysyntä tulee nousemaan 2,5-kertaiseksi vuonna 2040 vuoteen 2015 verrattuna ja erityisesti sähkön kysyntä nousee energian kokonaiskysyntää enemmän. Sähkövarastoilla voi olla merkitystä vaihtelevan tuotannon tasapainottajana. Yhteenveto eri alueiden kehityksestä on esitetty alla kuvassa (Kuva 6-2).

Uusiutuvien energialähteiden käytöstä hyötyvät kahdentyyppiset valtiot: ne maat, joilla on teknologiaosaamista sekä ne, joilla on teknologioiden valmistamiseen tarvittavia raaka-aineita. EU, Yhdysvallat ja Kiina ovat kaikki panostaneet uusiutuvien energiateknologioiden toimialojen synnyttämiseen ja nämä maat/alueet tulevat olemaan hyvässä asemassa hyötyäkseen uusiutuvien laajamittaisesta käyttöönnotosta. Raaka-aine-varannoista hyötyviä maita ovat mm. Kiina, Venäjä, Kongo, Bolivia ja Argentiina.

Kasvava sähkön kysyntä puolestaan tekee sähköverkkoinfrastruktuurista entistä tärkeämpää. Sähköverkkoja tullaan tarvitsemaan myös liikenteen ylläpitoon ja maailmassa tullaan mahdollisesti näkemään valtavia ”superverkkoja”, joilla siirretään ja tasapainotetaan suuria määriä uusiutuvaa tuotantoa suurilta alueilta. Vastaavasti voi syntyä myös huomattava määrä mikroverkkoja alueille, joilla ei ole helppoa pääsyä osaksi suurempaa sähköverkkoinfrastruktuuria.

Suurimmat maantieteelliset muutokset hiilivetyjen kysyntään nähden tapahtuvat EU:n alueella, Pohjois-Amerikassa, Venäjällä ja Aasiassa. Erityisesti öljy ja hiili menettävät osuuttaan, mutta myös kaasun merkitys vähenee vuoden 2030 jälkeen. Nopean kehityksen skenaariossa Venäjän tulot fossiilisten polttoaineiden myynnistä supistuvat merkittävästi. Aasiassa kaasun kysyntä kuitenkin lähes kaksinkertaistuu ja erityisesti Kiinassa kaasun kysyntä ylittää tarjonnan.

Kuva 6-2 Nopean kehityksen skenaarion mukaiset energiasektorin murroksen painopistealueet vuoteen 2040 mennessä.



OPEC-maiden öljyn tuotanto kasvaa vuoteen 2020 ja tasaantuu sen jälkeen. OPEC:in heikentyminen, öljyn hinnan voimakas lasku ja sitä kautta öljytulojen supistuminen voivat aiheuttaa poliittisia jännitteitä Lähi-itään kohdistuvien muutosten vuoksi. On arvioitu, että OPEC:in heikentyminen ja tulojen supistuminen voisi aiheuttaa Saudi-Arabian ja muiden Lähi-idän öljymaiden romahtamisen ja näin vaikuttaa terrorismin ja pakolaiskriisin jatkumiseen ja laajenemiseen Euroopassa.

Nopean kehityksen skenaarion toteutumista hidastavana tekijänä toimii mm. energijärjestelmän jäykkyys (esimerkiksi sähköverkkoinfrastruktuuri). Tästä esimerkkinä mm. Tanska, joka on 1980-luvulta saakka panostanut uusiutuviin energiantuotantomuotoihin. Nykyisen uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvan energiantuotantorakenteen saavuttaminen on kestänyt yli 30 vuotta. Mittavien investointitarpeiden vuoksi uusiutuvan energian ratkaisuihin voidaan monin paikoin investoida vasta, kun nykyinen tuotantokapasiteetti (hiilivoima, ydinvoima ym.) tulevat käyttöikänsä päähän. Kehityksen nopeuden määrittelee pitkälti energiantuotantomuotojen

kilpailukyky. Lisäksi sähkön varastoinnin on oltava kilpailukykyistä, jotta nopean kehityksen skenaario voi toteutua.

6.1.3 Toimenpidevalikoima uusiutuvan energian maailmassa

Arvioitaessa EU:ta, Venäjää, Kiinaa ja USA:ta 'Kuuden säännön' -viitekehityksen avulla niiden asema toisiinsa nähden näyttäytyy hyvin erilaisena (Taulukko 6-1).

EU:lla on hyvin rajalliset mahdollisuudet energiadiplomatiaan raaka-aineiden maa-hantuoja, joka vie vain teknologiaa ja jonka hiilivetytarve vähenee entisestään. Harvoja jäljelle jääviä keinoja ovat esim. uusiutuvan teknologian ylituotanto markkinoille käyttäen hyväksi taloudellisia tukia. Tämä edellyttäisi että EU pystyisi leikkaamaan teknologian kustannuksia huomattavasti, ja tarvittavan tuen määrän vuoksi keino vaikuttaa epärealistiselta.

Venäjä puolestaan säilyy luonnonvarojen nettoviejänä. Koska luonnonvarojen kysyntä ja merkitys vähenevät, vähenee Venäjän kyky vaikuttaa energiemarkkinoihin. Samalla kun kaasun kysyntä kasvaa jossain päin maailmaa, kysyntä Euroopassa venäläisen kaasun päämarkkinoilla laskee. Globaalien LNG-markkinoiden kehitys rajoittaa edelleen Venäjän kykyä vaikuttaa markkinoihin. Venäjän mittavat luonnonvarat antavat sille kuitenkin jonkin verran pelivaraa: Venäjällä on mahdollisuus esimerkiksi heikentää muiden maiden toimenpiteitä lisäämällä omaa vientiään kohteina oleviin maihin. Tämän tekee mahdolliseksi se, että Venäjän oma tuotantokapasiteetti ei tule olemaan kokonaan käytössä tilanteessa, jossa hiilivetyjen kysyntä on laskenut maailmanlaajuisesti. Venäjällä on merkittävät varat harvinaisia metalleja, jotka voivat jossain määrin kompensoida menetettyä vaikutusvaltaa.

Vähenevä öljyn kysyntä saattaa ajaa **USA:n** jälleen öljyn nettotuoja, koska kalteimmat öljyvarat, joihin USA:n liuskeöljy perinteisesti kuuluu, tulevat ensimmäiseksi syrjäytetyksi markkinoilta. Mittavat kotimaiset öljy- ja kaasuvarat yhdessä korkean kysynnän kanssa antavat edelleen USA:lle vaikutusvaltaa käyttäen energiadiplomatian keinoja. Sekä USA:n että EU:n vaikutus hiipuu Kiinan kasvavan merkityksen vuoksi. Nopean kehityksen skenaarion toteutuessa Yhdysvalloilla (ja EU:lla) tulee olemaan huomattavasti vaikeampaa esim. asettaa pakotteita ilman Kiinan tukea (esimerkkinä viimeaikaisista pakotteista ovat mm. EU:n ja USA:n asettamat pakotteet Iranille).

Kiina on hiilivetyjen nettotuoja, mutta myös monien uusiutuvan energia- ja akkuteknologioiden valmistamiseen tarvittavien materiaalien nettoviejä sekä itse kyseisten teknologioiden viejä. Valtavan talouden ja laajan öljyn ja kaasun kysynnän vuoksi (huolimatta öljyn kokonaiskysynnän vähenemisestä) Kiina on vahvassa asemassa käyttämään energiadiplomatian keinoja. Se voi esimerkiksi estää tuonnin joistain maista, täyttää markkinat uusiutuvalla teknologialla, köyhdyttää markkinat uusiutuvan energiateknologian tuotantoon tarvittavista materiaaleista, ja vaikuttaa taloudellisesti tuotantokapasiteettiin ja polttoainevalikoimaan kohdemaissa. Kiina on esimerkiksi vaikuttanut teräsmarkkinoihin täyttämällä ne omalla subventoidulla tuotannolla.

Eri maiden ja alueiden interventiot energiamarkkinoilla muuttavat yleisesti ottaen luonnettaan. Hiilivetyjen vähenevän kysynnän vuoksi käytettävissä olevat keinot ovat yhä useammin teknologiaan ja rahoituskykyyn liittyviä, jälkimmäiseen koska uusiutuvan energian teknologiat ovat tyypillisesti pääomaintensiivisiä. On huomattava, että menetelmät ja työkalut eri toimenpiteille on tässä esitelty yleisellä tasolla, ilman yksityiskohtaista selvitystä niiden ankaruudesta tai toteutuskeinoista. Esimerkiksi rahoitukseen liittyvät interventiot ovat todennäköisesti kovia keinoja puuttua vakavampiin tilanteisiin, kun taas teknologiset interventiot voivat olla pehmeämpiä ja luonteeltaan ohjaavampia.

Energian viejäm maiden toimenpidevalikoima todennäköisesti pienenee, mutta vähentynyt öljyn kysyntä saattaa myös keskittää jäljellä olevan tuotannon ja vaikutukset muutamiin valittuihin maihin. Muiden maiden viennin estäminen tulee helpommaksi, koska vaikutuksen symmetria muuttuu suurten maahantuojien eduksi. Symmetrialla tarkoitetaan tässä sitä, että yhden maan tuotantokapasiteetin poistaminen markkinoilta nostaa hintoja, jolloin viennin estäjät myös kärsivät. Nopeutetussa skenaariossa viejäm maiden tuotanto on globaalia potentiaalia huomattavasti alhaisempi, minkä takia muut valtiot voivat korvata poistuvaa tuotantoa, joskin viiveellä. Lisäksi tuotujen raaka-aineiden merkitys tuontivaltioissa laskee. Energiemarkkinoihin vaikuttavat myös Kiinan ja koko Aasian kasvu yleisesti ottaen, ja tämä tarkoittaa, että niiden on entistä vaikeampaa vaikuttaa energiamarkkinoihin ilman muiden valtioiden apua.

Taulukko 6-1 Valittujen maiden/alueiden mahdollisuudet vaikuttaa muihin maihin “Kuuden säännön” -viitekehityksen avulla tarkasteltuna (Pascual, 2015) (matala, keskitaso, korkea)

	EU	Venäjä	Kiina	USA
Viennin estäminen Yritetään estää toisen maan vientiä ja tuloja	Matala – Vähenevä kysyntä tarkoittaa, että on entistä vaikeampaa vaikuttaa viejiin pelkäämään omalla tuonnilla. Oman tuotannon puute tarkoittaa, että EU on itse alitis vienti-interventioille.	Matala – Vaikea estää omalla kysynnällä, eikä kontrolloi pääomavirtoja. Nettoviejänä Venäjä on itse alttiina toisten sen omaan vientiin kohdistuville toimenpiteille.	Korkea – Suuri kysyntä tarkoittaa, että Kiina voi vaikuttaa pelkäämään oman kysyntänsä avulla. Kiinalla on omia reservejä, mikä mahdollisesti vähentää sille itselleen aiheutuvaa vahinkoa.	Keskitaso – Suhteellisen hyvässä asemassa vähentyneestä kysynnästä huolimatta. USA:lla on omia resursseja, mikä vähentää mahdollisten interventioiden symmetriaa.
Tuotanto-kapasiteetin rajoittaminen Rajoitetaan jonkun maan tuotantoa	Matala – Vähenevä energiakauppa ja kansainvälinen painoarvo tekevät tästä vaikeampaa.	Matala – Vaikeaa, koska perinteisesti Venäjä on ollut energian viejämaa. Öljytulojen väheneminen rajoittaa myös taloudellista painoarvoa globaalilla tasolla.	Keskitaso – Välineet tähän korkean investointiasteen ja muiden maiden kanssa käytävän kaupan ansiosta.	Keskitaso – Riittävät taloudelliset resurssit ja kauppasuhteet. Kansainvälisen painoarvon väheneminen tekevät tästä vaikeampaa.
Yliuottaminen markkinoille Yliuotetaan markkinoille ja näin kasvataan markkinaosuutta tai ajetaan kilpailijat markkinoilta	Matala – Vähäiset omat resurssit tekevät tästä vaikeaa. Voi mahdollisesti tehdä tämän teknologian avulla, mutta olisi vaikeaa.	Keskitaso – Mahdollista öljyllä ja kaasulla, erityisesti jos onnistuu rakentamaan LNG-kapasiteettia. Voi olla mahdollista tiettyillä harvinaisilla metalleilla. Oma talous voisi kärsiä, joka tekee tästä vaikeampaa.	Korkea – Hyvä potentiaali tiettyjen harvinaisten metallien osalta. Mahdollista uusiutuvan energiateknologian avulla.	Keskitaso – Omia kaasuja öljyvaroja tämän toteuttamiseen. Oman öljyn korkean hintatason vuoksi tulisi kalliiksi. Voi mahdollisesti toteuttaa tämän uusiutuvan teknologian avulla, mutta olisi vaikeaa.
Markkinoiden kiihdyttäminen Hallitseva toimittaja yrittää manipuloida markkinaa vähentämällä tuottoa	Matala – Ei mahdollista, koska on energiapolttoaineneiden nettotoja. Vaikeaa teknologian osalta koska on olemassa muita viejiä, jollei EU onnistu lisäämään osuuttaan maailmanlaajuisesta tuotannosta.	Keskitaso – Jossain määrin mahdollista öljyn ja kaasun avulla, erityisesti alueilla joihin kaasuputket kulkevat. Kasvavat LNG-markkinat ja vähenevä öljyn kysyntä tekevät tämän vaikeammaksi kuin tällä hetkellä. Voi yrittää toteuttaa tätä myös joidenkin harvinaisten metallien avulla.	Korkea – Hyvät mahdollisuudet tiettyjen harvinaisten metallien avulla. Voi tehdä tämän myös uusiutuvalla teknologialla olettaen, että säilyttää globaalin tuotanto-osuuden lähellä nykyistä tasoa.	Matala – Öljyn korkea hintataso tarkoittaa, että tämä ei ole tehokasta. Jonkinlaiset mahdollisuudet köyhdyttää markkinoita LNG:n avulla. USA on samanlaisessa tilanteessa EU:n kanssa teknologian suhteen.
Liittoutumiskyky Auttaa kohdemaata esim. viemällä sinne raaka-aineita tai teknologiaa alhaisemmalla kustannuksella	Matala – Voi auttaa teknologian ja rahoituksen avulla.	Keskitaso – Voi auttaa mittavilla resursseillaan.	Keskitaso – Voi auttaa teknologian, rahoituksen ja resurssien avulla.	Korkea – Voi auttaa teknologian, rahoituksen tai jopa resurssien avulla.
Energiapaletin muuttaminen Yritetään saada muita maita muuttamaan polttoainevalikoimaansa	Keskitaso – Vaikeaa, mutta EU:lla on diplomaattista kokemusta, taloudelliset edellytykset sekä tarvittava teknologia.	Matala – Erittäin vaikeaa, koska taloudelliset edellytykset ovat pienentyneet (johtuen vähentyneistä energian vientituloista) ja Venäjän asema resurssien viejänä.	Keskitaso – Vaikeaa, mutta Kiinalla on diplomaattista kokemusta, taloudelliset edellytykset ja tarvittava teknologia.	Keskitaso – Vaikeaa, mutta USA:lla on diplomaattista kokemusta, taloudelliset edellytykset ja tarvittava teknologia.

6.1.4 Hitaan kehityksen skenaario

Hitaan kehityksen skenaariossa nykyinen kehitys jatkuu samansuuntaisena, ja historia toistaa itseään. Skenaarion toteutuminen etenkin kehittyneissä maissa ei ole kovin todennäköistä, sillä jo tällä hetkellä käytössä olevat poliittiset ohjauskeinot tukevat perusskenaarion tai nopean kehityksen skenaarion mukaista kehitystä.

Merkkejä myönteisen kehityksen kääntymisestä on kuitenkin nähtävissä. Hitaan kehityksen skenaario voisi toteutua, jos populismi lisääntyy, valtioiden kunnianhimo ilmastokysymyksissä vähenee, ja myös muut suuret saastuttaja- ja/tai rahoittajamaat tai yhteisöt (esim. Kiina, Intia, EU) kuin USA vetäytyvät Pariisin sopimuksesta. USA:n vetäytyminen ei vaikuta ainoastaan USA:han, vaan sillä saattaa olla vaikutusta kehitysmaiden kehitykseen, kun USA:n sitoutuminen ilmastotalkoisiin 3 miljardin dollarin edestä vuoteen 2020 jää saamatta. Toisaalta kehittyvien maiden osuus päästöistä on suhteellisen pieni suuriin teollisuusmaihin verrattuna, ja investointirahaa saattaa olla saatavilla muuta kautta.

Hitaan kehityksen skenaario voisi toteutua, jos tietyt luvussa 4.3 esitetyt epävarmuustekijät toteutuvat. Näitä ovat valtioiden tahotilan puuttumisen lisäksi laajamittaiset konfliktit ja talouskasvun äkillinen hidastuminen esim. Euroopassa. Tämän seurauksena rahoitusta uusiutuviin energiantuotantomuotoihin ei olisi saatavilla ja sillä voisi olla myös merkittäviä vaikutuksia EU:n alueen investointeihin, ja jo alkaneen positiivisen kehityksen suuntaan.



II. SIIRTYMIEN TURVALLISUUS- POLIITTISTEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

7 VENÄJÄN ENERGIAPOLIITTISET VALINNAT

7.1 Johdanto

Selvitystyön ensimmäisessä osassa on analysoitu maailmanlaajuisten energiemarkkinoiden muutosdynamikkaa ja siihen liittyviä epävarmuustekijöitä. Tutkimusanalyysin pohjalta on muodostettu kolme skenaariota, jotka kuvaavat energiamurroksen aikaansaamia strategisia siirtymiä. Selvitystyön toisessa osassa tarkastellaan maailmanlaajuisten energiemarkkinoiden muutosta Venäjän viitekehyksessä. Tässä osassa arvioidaan millaisia jännitteitä ja mahdollisuuksia maailmanlaajuinen energiamurros synnyttää energiatuloista riippuvaiselle Venäjän taloudelle ja poliittiselle järjestelmälle. Selvitystyö ei tuota kokonaisvaltaista kuvausta tämän muutosprosessin merkityksestä Venäjälle. Sen sijaan, analyysi pyrkii avaamaan Venäjän energiapoliittisten valintojen taustaoletuksia ja tavoitteita. Tätä kautta voidaan avata myös energian turvallisuuspoliittista ulottuvuutta.

Käynnissä oleva strateginen siirtymä hiilivedyistä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön ja kohti energiatehokkaampaa sekä älyjärjestelmiin pohjautuvaan energijärjestelmää on yksi keskeisistä Venäjän energiariippuvaiseen talouteen ja sitä kautta poliittisen järjestelmän tasapainoon vaikuttavista tekijöistä. Energia tulee kuitenkin säilyttämään asemansa Venäjän keskeisenä vientisektorina myös tulevaisuudessa. Tähän vaikuttaa osaltaan se, että vuosikymmenien aikana rakennettu energiansiirtokapasiteetti ylläpitää Venäjän keskeisten kauppakumppanimaiden riippuvuutta Venäjän tuontienergiasta. Venäjän ja Euroopan unionin välien heikkeneminen Ukrainan konfliktin seurauksena on edesauttanut vaihtoehtoisten energianvienti- ja tuontikanavien rakentamista niin Venäjällä kuin Euroopan unionin jäsenmaissa. Samalla tämä kehitys on tehnyt näkyvämmäksi sen, miten eri tavoin energia on osa Venäjän turvallisuuspolitiikkaa.

Vastaavasti Venäjän sisäiset markkinat ovat eräänlainen hybridi (Korppoo & Spencer, 2012; Martikainen ym, 2016): yhtäältä tavoitteena on markkinoiden vapauttaminen (tehokkuuden parantaminen, sijoitusten houkuttelevuus, pääoman modernisoiminen); toisaalta valtio haluaa hallita strategisia energiavirtoja ja pitää yllä nykyisestä järjestelmästä hyötyvien valta-asemaa, joka on rajoittava tekijä Venäjän sisäiselle energiamurrokselle (Tynkkynen, 2016a; 2016d). Hiilivedyistä öljy tuottaa Venäjälle erityisesti vienti- ja verotuloja, kun taas kaasu on merkittävämpi kotimarkkinoilla. Yhdessä nämä kaksi raaka-ainetta vastaavat noin kolmannesta valtion tuloista ja noin puolta vientituloista (Simola & Solanko, 2017). Tulevaisuudessa ydinvoimasta pyritään rakentamaan kolmatta energiamuotoa, josta Venäjä voisi saada vientituloja, ja joka korvaisi myös kaasua kotimarkkinoilla (Oxenstierna, 2014; De Clerq ym, 2016).

Seuraavassa kappaleessa kuvataan lyhyesti sitä, miten Venäjän energiastrategia arvioi maailmanlaajuisten energiemarkkinoiden kehitystä ja sen merkitystä Venäjän kannalta. Tämän jälkeen selvitetään, millaisten poliittisten reunaehtojen puitteissa energiapoliitiikkaa Venäjällä tehdään. Tätä taustaa vasten voidaan esittää arvio sii-

tä, millaisia vaihtoehtoja Venäjällä on ensimmäisessä osassa kuvattujen energiaskenaarioiden olosuhteissa. Selvitystyön toisen osan lopuksi analysoidaan Venäjän energiapolitiikan ja turvallisuuspolitiikan vuorovaikutusta ja energiadiplomatian keinovalikoimaa. Tässä toisessa vaiheessa huomio on siis Venäjän näkökulmissa ja kehityksessä. Toisen vaiheen analyysi muodostaa puolestaan pohjan selvitystyön kolmannelle osalle, jossa arvioidaan Suomen huoltovarmuuden kehitystä ja siihen liittyviä epävarmuustekijöitä.

7.2 Venäjän energiapoliittiset valinnat

Venäjän hallitus on parhaillaan valmistelemassa vuoteen 2035 ulottuvaa Energiastategiaa.⁴ Vuoden 2017 alussa julkaistu luonnos (Venäjän energiaministeriö, 2017) sisältää arvion maailmanlaajuisen energiamurroksen suuntaviivoista ja merkityksestä Venäjälle. Venäjän energiaministeriön laatima ennuste Venäjän energiasektorin tieteellis-teknologisesta kehityksestä vuoteen 2035 mennessä (Venäjän energiaministeriö, 2016) täydentää vielä luonnosvaiheessa olevan energiastategian näköalaa energiasektorin kehitykseen. Hallinnollisesti Energiaministeriön lisäksi Taloudellisen kehityksen ministeriö, Luonnonvaraministeriö sekä johtavat valtiomisteiset ja yksityiset energiayhtiöt ovat keskeisiä toimijoita puhtaasti energiakysymyksissä. Energiapoliittisten valintojen turvallisuuspoliittisen ulottuvuuden selvittäminen edellyttää myös Venäjän ulkoministeriön ja puolustusministeriön johdolla laadittujen strategioiden ja kannanottojen huomioimista analyysissä. Tämän selvitystyön kannalta kiinnostavaa on erityisesti se, millaisena energiamurroksen nykyvaihe nähdään Venäjän kannalta ja millaisia muutostavoitteita näissä strategisen tason dokumenteissa asetetaan.

Vertailemalla vielä luonnosvaiheessa olevaa Energiastategiaa sen edeltäjään, vuonna 2009 hyväksytyyn ja vuoteen 2030 ulottuvaan strategiaan, voidaan todeta, että suuret linjat eivät ole muuttuneet. (Venäjän energiaministeriö, 2009) Luonnoksessa maailmanlaajuista energiamurrosta tarkastellaan pääosin Venäjän rajojen ulkopuolelta tulevana trendinä. Ehkä tästä johtuen uusiutuvan energian roolia osana Venäjän energijärjestelmää on käsitelty vähän. Vuotta aiemmin julkaistuissa Venäjän energiasektorin teknologiakehitystä arvioivassa raportissa (Venäjän energiaministeriö, 2016) ”energiavallankumous” nostetaan esiin yhtenä tulevaisuuden vaihtoehtona. Sen tiellä olevat ongelmat nähdään hyvin samalla tavalla kuin kansainvälisissäkin arvioissa (uusiutuvan energian saatavuuden heilahtelut ja energiantuotannon taloudellinen tehokkuus). Raportissa kuitenkin arvioidaan, että venäläiset energia-alan suuryritykset ottavat suuren riskin, jos ne eivät panosta uuteen teknologiaan vaan jatkavat perinteisten, hiilivetyjen hyödyntämiseen keskittyvien suurprojektien parissa. Riski liittyy mahdollisuuteen, että öljyn ja kaasun alhaisesta maailmanmarkkinahinnasta johtuen yhtiöt eivät kykene tuottamaan jatkossa voittoa.

Energiastategian luonnoksessa todetaan, ettei Venäjä ole kyennyt kovin hyvin kytkemään ilmastopolitiikkaa ja uusiutuvan energian lisäämistä edistävää politiikkaa toisiinsa. Pikemminkin strategia keskittyy fossiilisen energian markkinoiden muuttumisen sekä sisäisten uudistusten rahoittamisen problematiikkaan. Ylipäättään uu-

⁴ Tämän tutkimuksen ensimmäisessä osiossa tarkasteltiin maailmanlaajuisia energiavirtojen ja -politiikan kehitystä, ja Venäjän roolia tässä kontekstissa. Tässä osiossa puolestaan katsotaan Venäjän omia tulkintoja maan energiasektorien kehityksestä.

siutuvan energian tavoitteet tulivat mukaan Energiastrategiaan ensimmäisen kerran vasta vuonna 2009. Tässä strategiassa asetettiin tavoite 4,5% uusiutuvan energian osuudesta sähköntuotannossa (Smeets, 2017). Olennaista muutosta aikaisempaan energiapolitiikkaan ei nykyisen strategialuonnoksen pohjalta ole nähtävissä tai muutokset vaatisivat suorastaan yllättäviä shokkeja.

Energiastrategian luonnoksessa (Venäjän energiaministeriö, 2017) arvioidaan kansainvälisten energiemarkkinoiden muutosta seuraavasti:

- Talouskasvu on epävakaata, verrattain hidasta ja epätasaista
- Geopoliittinen kilpailu kasvaa, joka johtaa väistämättä uusiin taloudellisiin kriiseihin⁵
- Teknologinen kehitys nopeutuu ja johtavat teollisuusmaat siirtyvät suurella todennäköisyydellä uudelle teknologiselle tasolle
- Ilmastonmuutoksen negatiiviset vaikutukset yhteiskunnan elintärkeään infrastruktuuriin ovat kasvussa ja sitä kautta globaali ilmestopolitiikka tiukentuu.

Muutamiin strategialuonnoksessa esitettyihin väitteisiin on syytä kiinnittää huomiota. Strategiassa ennakoitaan globaalin kilpailun kiristymistä energiemarkkinoilla. Siinä ei kuitenkaan toisteta Venäjän kansallisen turvallisuuden (Venäjän federaatio, 2015, art. 13) strategian arviota, jonka mukaan kamppailu luonnonvararesurssista on yksi maailmanlaajuisia ja alueellisia konflikteja syventävistä tekijöistä. Kiinnostavaa on, että edellä mainitussa Venäjän energiaministeriön laatimassa arvioissa energiasektorin tieteellis-teknisen kehityksen suuntaviivoista sivutaan myös geopolitiikkaa. Vuonna 2016 julkaistu raportti on edellä mainitun turvallisuusstrategian linjoilla. Sen mukaan Yhdysvallat ja EU-maat yhdessä tukijoidensa kanssa käyvät uudentyyppistä sotaa Venäjää vastaan. Tässä kontekstissa energiainfrastruktuuri nähdään yhtenä poliittisen vaikuttamisen ja kontrollin välineenä. Raportissa viitataan myös ”tulevaisuudenkuvien politisoitumiseen”, eli ympäristönsuojelua koskevien normien ja ympäristöteknologian kysynnän kasvuun maailmanlaajuisen ilmestopolitiikan vaikutuksen myötä. Yhteenvetona todetaan, että geopoliittiset jännitteet voivat johtaa negatiivisiin seuraamuksiin, esimerkiksi yhteisten investointiprojektien kariutumiseen ja tieteellisen yhteistyön sekä teknologiasiirron vaikeutumiseen. (Venäjän energiaministeriö 2016)

Energiastrategian ”kansainvälisiä suhteita” käsittelevässä osuudessa ei sen sijaan viitata näihin oletuksiin, vaan arvioidaan, että Venäjän nykyisen aseman säilyttäminen maailmanmarkkinoilla edellyttää paitsi vientimahdollisuuksien hajaannuttamista, myös aktiivista otetta kansainvälisissä neuvotteluissa esimerkiksi EU-maiden suuntaan ja Euraasian talousunionin puitteissa (Venäjän energiaministeriö 2017). Maailmanlaajuisen energiemarkkinoiden osalta strategia näkee kehityksen etenevän seuraavasti:

- Maat pyrkivät tulevaisuudessa monipuolistamaan energijärjestelmiään kehittäen uusiutuvaan ja paikalliseen energiatuotantoon pohjaavaa järjestelmää sekä monipuolistamaan fossiilisten energiamuotojen saatavuutta

⁵ Mahdollisten kriisien luonnetta ei ole tarkemmin arvioitu.

- Energiamarkkinoiden sääntely ja sopimusehdot muuttuvat enemmän energian kuluttajia suosivaksi
- Kysyntä vähentyy energiatehokkuuden ja uusien energiamuotojen vuoksi
- Uusiutuvan energian kilpailukyky vahvistuu
- Uusien energiatuottajamaiden tulo markkinoille (Persianlahdella, Latalalaisessa Amerikassa, Aasiassa)
- Venäjän kannalta keskeisillä markkinoilla, eli Euroopassa kysyntä tasaantuu, ellei jopa laske energiatehokkuuden kasvun ja energiantuonnin monipuolistumisen johdosta
- Energiaresurssien kysyntä kasvaa Aasiassa ja Afrikassa

Strategialuonnoksessa energijärjestelmän kokonaiskuvaa arvioidaan optimistisen ja konservatiivisen skenaarion kautta. Molemmissa skenaarioissa painotus on fossiilisessa energiassa ja suhteellisen optimistisessä joko kahden tai kolmen prosentin bruttokansantuotteen kasvussa⁶. Energiastrategian konservatiivisen skenaarion mukaan energiatuotannon kasvu pysähtyy vuoteen 2030 mennessä, jonka jälkeen painopiste siirtyy energijärjestelmän tehokkuuden parantamiseen. Optimistisen skenaarion mukaan energiahankkeet Jamalilla ja Länsi-Siperiassa sekä Kaukoidässä saavat lisärahoitusta, joka mahdollistaa viennin lisäämisen ja kansallisen tuotannon tehostamisen. Näihin hankkeisiin liittyy kuitenkin taloudellisia, ympäristö- ja geopoliittisia riskejä, joiden yhteisvaikutusta on vaikea arvioida. (Sidortsov ym, 2016)

Yleisesti Venäjän tavoitteena on monipuolistaa tuotantoa eri energiamuotojen suhteen sekä parantaa tuotannon alueellista jakautumista vuoteen 2022 mennessä. Toinen etappi vuoteen 2035 mennessä on asteittainen siirtymä uuden sukupolven teknologiaan (fossiiliseen tai uusiutuvaan). Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti strategialuonnoksessa esitettyjä arvioita energiasektorin kehityksestä Venäjällä.

7.3 Hiilivedyt

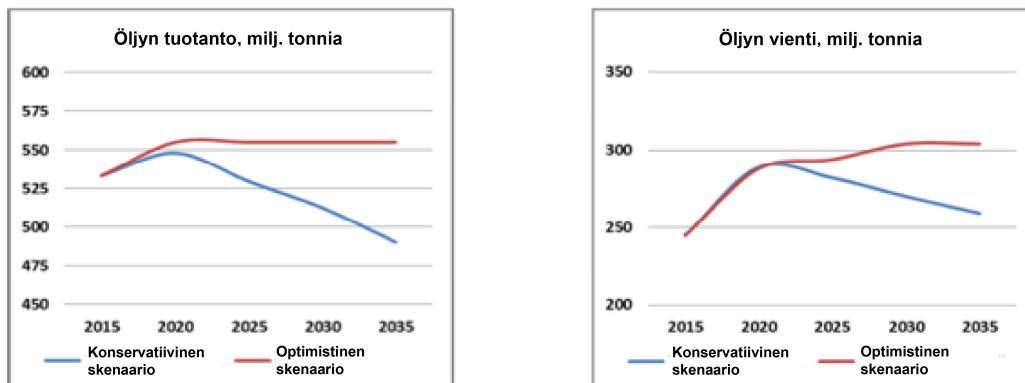
Öljysektorin osalta muutosprosessi on jo käynnissä. Vuosina 2005-2015 EU-maiden öljynkysyntä on vähentynyt vuositasolla 500 miljoonasta tonnista reiluun 400 miljoonaan tonniin (Eurostat, 2017), mutta Aasian ja Tyynenmeren osalta kysyntä on kolminkertaistunut. Huolimatta vaikeutuneesta hinnoitteluympäristöstä ja kasvaneesta huolesta investointien saamiseksi Venäjä on onnistunut lisäämään öljyn tuotantoa: öljyn tuotanto kasvoi Venäjällä vuosittaisesta 500 miljoonan öljytonnin tuotannosta 550 miljoonaan vuonna 2016 (kts. Kuva 7-1). Nykyisentasoisen öljyntuotannon ylläpitäminen edellyttää kuitenkin lisäinvestointeja ja tuotannon laajentamista vaikeampipääsyisille kentille Itä-Siperiassa ja arktisella alueella. Tältä osin kriittinen ajankohta on keskipitkällä aikavälillä, eli tapahtumat vuoden 2025 jälkeen.

Aasian roolin kasvattaminen fossiilisen energian kaupassa on huomioitu Venäjän energiastrategioissa jo viime vuosikymmeneltä lähtien. (Simola & Solanko, 2017)

⁶ IMF (2017) arvioi Venäjän talouden kasvavan 1,8 % vuonna 2017.

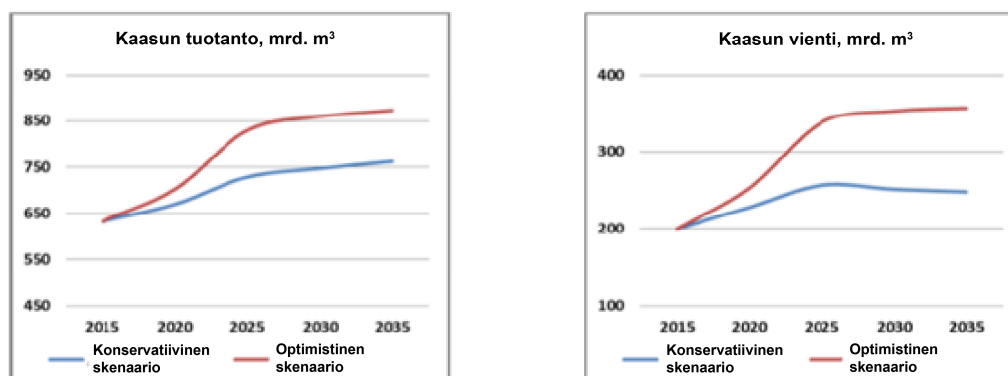
Käytännössä siirtymä Aasiaan on ollut hidasta. Venäjä on joutunut muun muassa laskemaan myymänsä kaasun hintaa, jotta putkihankkeet Kiinan kanssa saatiin edistymään. Aasian markkinoiden kysyntään vastaaminen vaatii suuria investointeja ja niiden rahoittaminen puolestaan vaatii fossiilisen energian hintojen nousua. Näin ollen lähitulevaisuudessa EU:n markkinat tarjoavat helpoimman vaihtoehdon Venäjälle.

Kuva 7-1 Venäjän energiastrategian luonnoksen arvio öljyn tuotannosta ja viennistä 2035 asti (Venäjän energiaministeriö, 2017)



Yhtenäisten, maanlaajuisten kaasumarkkinoiden luominen on Venäjälle strateginen kysymys. Venäjän eri alueiden liittäminen kaasuverkkoon jatkuu ja kaasuntuotannon painopistettä ollaan siirtämässä itään. Samanaikaisesti Venäjä on vähitellen karsimassa kaasun tuotannon ja jakelun tukia. Toistaiseksi valtion tukitoimia on vähennetty teollisuudelle myytävän kaasun osalta, mutta yksityiset ja kunnalliset kuluttajat nauttivat edelleen verrattain halvasta kaasusta. Ennen vuoden 2008 talouskriisiä huolena oli erityisesti kaasun riittävyys vientiin ja ongelman vaikutus maailmanmarkkinoihin, jota kuitenkin Bovanenkon kentän tuotannon kasvu Jamalilla on tasapainottanut (vrt. Kuva 7-2). Lisäksi Gazpromin dominoimalle markkinalle on tullut kilpailijoita teollisuuden tarvitseman kaasun osalta. Tämä muutos rajoittaa Gazpromin monopolistista roolia sisämarkkinoilla. (Korppoo & Spencer, 2012).

Kuva 7-2 Venäjän energiastrategian luonnoksen arvio kaasun tuotannosta ja viennistä 2035 asti (Venäjän energiaministeriö, 2017)



7.4 Kivihiili

Hiilen globaali kysyntä laskee, mikä mahdollistaa sen, että Venäjä voisi lisätä hiilen käyttöä kansallisesti ja vastaavasti myydä enemmän kaasua ulkomaille. Näin Venäjä voisi pitää yllä markkina-asemaansa ja energiadiplomatian keinovalikoimaa kaasun avulla. Venäjän energiapaletissa ja -politiikassa kivihiilellä on tärkeä rooli etenkin Keski-Siperian ja Venäjän Kaukoidän alueilla. Näillä alueilla kivihiiliteollisuus ja poliittinen valta kulkevat käsi kädessä. Valtion energiapolitiikka antaa myös hyvin ristiriitaisia signaaleja, sillä toisaalta maan itäiset osat halutaan kansallisen kaasuverkon piiriin mm. sisä- ja turvallisuuspoliittisista syistä (Moskovan kontrollissa), mutta toisaalta alueen kivihiiliteollisuutta halutaan tukea talous- ja sosiaalipoliittisista syistä johtuen.

7.5 Ydinvoima

Energiastrategian luonnoksessa ydinvoima nähdään yhtenä keskeisenä Venäjän vientisektorina. Venäjällä on vahvaa osaamista ydinvoiman saralla pitkän ydinvoimatutkimuksen perinteen vuoksi. Maahan ei ole myöskään syntynyt vahvaa ydinvoiman vastaista liikettä, joka tekisi ydinvoiman lisäämisestä sisäpoliittisen kysymyksen. Venäjän valtiollinen ydinvoimayhtiö Rosatom on asettanut tavoitteekseen ydinvoimakapasiteetin kaksinkertaistamisen vuoteen 2030 mennessä. Kyse on strategisesta muutoksesta. Ydinvoiman odotetaan tulevaisuudessa korvaavan kaasuntuotantoa Venäjän sisämarkkinoilla ja muodostuvan merkittäväksi vientituotteeksi. Ydinvoiman lisääminen vaatii merkittävää teknologiaosaamista ja se vastaa myös strategiseen haasteeseen modernisoida Venäjän teollisuutta kohti korkeampaan teknologiseen osaamiseen perustuvaa taloutta. 2030 ydinvoima saattaakin kattaa jopa 20 prosenttia Venäjän sähköntuotannosta (tällä hetkellä noin 15 %). On kuitenkin huomioitava, että Venäjällä ydinvoima on viettänyt kaksikymmentä vuotta hiljaiseloa ja em. tavoitteeseen pääseminen vaatisi merkittävää teknisen kapasiteetin sekä osaavan työvoiman kasvua ja siksi ulkomaisten hankkeiden saaminen on tärkeää (Oxenstierna, 2014). Lisäksi ydinvoimateollisuus linkittyy elimellisesti mm. uraanikaivosten ja käytetyn ydinpolttoaineen ketjujen kautta Venäjän ydinasepelot-

teeseen, keskeiseen turvallisuuspoliittiseen vipuvarteeseen. On myös siten todennäköistä, että sektori on Venäjän agendalla korkealla.

7.6 Uusiutuva energia

Venäjän uusiutuvan energian tuotanto koostuu pääosin vesivoimasta (70 %) ja bioenergiasta (30 %) (IRENA, 2017). IRENA:n Venäjän uusiutuvien potentiaalia luotaavan raportin mukaan uusiutuvan energian suhteen pääprioriteetit Venäjällä ovat taloudellisen toiminnan lisääminen ja työpaikkojen luominen, tieteelliset ja tekniset innovaatiot, energian toimitus eristäytyneille alueille ja ympäristön tilan parantaminen. Erityisesti Luoteis-Venäjä on potentiaalinen uusiutuvan energian tuotantoalue (Boute & Willems, 2012). Kaasun subventoidut virrat ja polkuriippuvuutta synnyttävä kaasuinfrastruktuuri rajoittavat kuitenkin uusiutuvan energian käytön kasvua (Tynkkynen, 2014). Vaikka aiemmin tässä raportissa todetun luvun 5 mukaisesti Venäjällä on hyvin potentiaaliset olosuhteet laajamittaiseen uusiutuvan energian hyödyntämiseen, on epätodennäköistä, että tämä sektori kasvaisi merkittävästi nykyisissä poliittisissa olosuhteissa.

Gazprom toimii ja laajentaa kaasuinfrastruktuuria Venäjällä myös niillä alueilla, joissa olisi muuten potentiaalia uusiutuvalla energialla, ja tätä vahvistaa edelleen tukijärjestelmä. Vastaavasti uusiutuva energia nähdään Venäjän energiastrategian (Venäjän energiaministeriö 2017) linjauksissa vain alueellisena energianlähteenä vuonna 2040, vaikkakin sen kasvu on merkittävintä kaikista energiamuodoista. Uusiutuvan energian tuotantoa Venäjällä voisi kuitenkin edistää sekä uusiutuvien primäärienergianlähteiden, kuten bioenergian, kysynnän maailmanlaajuinen kasvu, että fossiilisen energian saatavuusongelmat tai hintojen voimakas nousu.

Biomassan osalta sen käyttö Venäjällä saattaa tuplaantua vuosien 2010-2030 välillä 32 miljoonasta 75 miljoonaan kuutiometriin, mutta kulutuksen uskotaan koostuvan pääosin venäläisistä kuluttajista. Viennin osalta mahdollisuuksia on vain niillä alueilla, joilla on soveltuvat olosuhteet taloudellisesti ja logistisesti. Tällä hetkellä esimerkiksi puupelletin viennissä Luoteis-Venäjän alueet, Karjalan tasavalta, Leningradin, Vologdan ja Arkangelin alueet ovat hyvin edustettuina, sillä pääasiallinen vientimarkkina, Pohjoismaat ja muu EU-alue, on logistisesti lähellä. Venäjän oma bioenergian kulutus tulee tapahtumaan niillä alueilla, joissa on eniten metsää, fossiilisten polttoaineiden saatavuus hankalaa tai alueilla, jotka tarvitsevat energiaa kausittaisesti (IRENA, 2017). Luoteis-Venäjän lisäksi näitä alueita ovat Keski-Siperian Baikalinjärven ympäristössä sekä Venäjän Kaukoitien Habarovskista Vladivostokiin eli alueet, missä metsäteollisuudella on perinteisesti ollut vankka jalansija Venäjällä. Tämä kytkös metsäteollisuuteen on myös avain bioenergia-alan kehitykseen, sillä tältä sektorilta löytyy institutionaalista vipuvartta vaikuttaa Venäjän energiapolitiikan valintoihin. Tämä sektori olisi myös luontainen yhteistyökumppani, kun pohditaan suomalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa Venäjän energiasektorin vihertymiseen ja siten taloudellisen toiminnan laajempaan yhteiskuntavastuuseen (vrt. Tynkkynen, 2014).

Bioenergian ohella Venäjällä on merkittävä potentiaali etenkin tuuli- ja aurinkoenergiaa. Tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä vain muutamia megawatteja ja, kuten kuva 5-12 osoittaa Venäjän lähivuosien tuulivoimahankkeetkin ovat yhteiskapasi-

teetiltaan vain reilu 1 GW. Toteutuessaankin tämä on esimerkiksi alle tuhannesosa Kiinassa jo käytössä olevasta tuulivoimakapasiteetista. Aurinkoenergian osalta Venäjällä on myös potentiaalia, sillä verrattain eteläisen väestön keskipisteen ja mantereisen ilmaston (pitkiä aurinkojaksoja niin kesällä kuin talvellakin) vuoksi investointien kannattavuus on hyvä. Kuten bioenergiankin tapauksessa merkittävin este näiden alojen kehittymiselle on fossiilisen energiateollisuuden dominoiva rooli Venäjän talous- ja aluepolitiikassa sekä kaasulla tuotetun sähkön ja lämmön merkittävä taloudellinen tukeminen.

7.7 Ilmastomuutoksen vaikutukset Venäjän energiajärjestelmään

Edellä mainitussa Venäjän energiasektorin kehitystä arvioivassa raportissa (Venäjän energiaministeriö, 2016) todetaan, että ilmastomuutoksen seurauksena kriittisen infrastruktuurin suojaus nousee entistä keskeisempään asemaan. Ilmastomuutos vaikuttaa energiasektoriin myös välillisesti (vakuutusmaksujen nousu ja ilmastopolitiikka). Viimeaikaisessa tutkimuksessa ilmastomuutoksella arvioidaan olevan suuria vaikutuksia energiajärjestelmään⁷ (McCollum ym, 2014; Schaeffer ym 2012).

Ilmastomuutoksen vaikutukset Venäjällä vaihtelevat hyvin paljon eri alueiden välillä, positiivisista erittäin haitallisiin. Keskilämpötilan noustessa myös lämmitykseen tarvittavan energian määrä vähenee. Arktisella alueella muutos tapahtuu jopa kaksinkertaisella nopeudella lauhkeaan vyöhykkeeseen verrattuna. Tällä muutoksella on arvioitu olevan positiivisia vaikutuksia Venäjän talouteen lyhyellä aikavälillä (Leppänen ym, 2017). Toisaalta pidemmällä aikavälillä (2030 eteenpäin) lisääntyvien myrsky-, tulva- ja kuivuustuhojen kautta ilmastomuutoksen vaikutukset Venäjällä ovat erittäin negatiiviset.

Venäjän erityisriskin muodostaa ikirouta-alueet, jotka kattavat 60 prosenttia Venäjän pinta-alasta (Länsi-, Keski- ja Itä-Siperia). Näiden alueiden teollisuus-, liikenne- ja asutusinfrastruktuuri on alttiina ikiroudan sulamisen negatiivisille vaikutuksille. Sulava ikiroudan pintakerros tuottaa vettyneitä maita sekä eroosiota, jolloin infrastruktuurikustannukset kasvavat. Venäjän fossiilinen energiapotentiaali on suurimmalta osin juuri ikirouta-alueilla, joten ilmastomuutos tulee vaikuttamaan näiden energiahankkeiden kannattavuuteen ja sitä kautta Venäjän energianvientikykyyn tulevaisuudessa.

7.8 Venäjän energiamurroksen poliittiset reunaehdot

Edellä on tarkasteltu lyhyesti Venäjän energiastrategioiden taustaoletuksia ja näköaloja. Näitä huomioita hyödynnetään seuraavassa kappaleessa, jossa tarkastellaan Venäjän kehitystä kolmen energiaskenaarion pohjalta. Sitä ennen on kuitenkin syytä hyvin lyhyesti kuvata, millaisessa poliittisessä ympäristössä energiapolitiikkaa Venäjällä tehdään.

⁷ Ilmastomuutoksen vaikutuksia energiajärjestelmiin on tarkasteltu laajemmin osiossa 1.

Energian maailmanmarkkinahintojen myönteinen kehitys 2000-luvun alussa loi edellytykset Venäjän talouskasvulle ja yhdessä keskusvallan vahvistumisen kanssa johti energiaressurssien hallinnan ja tulovirtojen uudelleenjakoon. (Gustafson 2012; Helm 2017) Venäjän poliittista järjestelmää on luonnehdittu autoritaariseksi tai erilaisten epävirallisten ja virallisten verkostojen kautta toimivaksi ”virtuaalipolitiikaksi, jossa muodollisesti vapaata ja demokraattista yhteiskuntaa ohjataan ’poliittisen teknologian’ keinoin voimakkaasti ylhäältä käsin”. (Martikainen ym, 2016, 19; Wilson, 2005; Gelman, 2016; Ledeneva, 2013; Laine ym, 2015)

Viimeisten viidentoista vuoden kuluessa strategiset resurssit mediasta talouteen on keskitetty Kremlin käsiohjaukseen. Tämä ei ole kuitenkaan edesauttanut rakenteellisten uudistusten läpivientiä, päinvastoin. Kremlin politiikka on osoittautunut populistiseksi ja reaktiiviseksi. Tilanteen ongelmallisuus on hyvin tiedossa. Esimerkiksi Venäjän talouspolitiikan keskeisissä ohjausasiakirjoissa todetaan, että Venäjän talouden rakenteellisten heikkouksien kannalta olennaista on maan poliittisen järjestelmän uudistaminen. Tutkijat ovat varoitelleet jo vuosia, että nykyinen järjestelmä on kestävämmällä pohjalla. Välttämättömien rakenteellisten uudistusten lykäämisen seuraukset voivat olla arvaamattomia. (Gaidar, 2003; Baev, 2002).

Presidentti Putinin vuonna 2012 alkaneen kolmannen kauden aikana mahdollisuudet uudistusten läpiviemiseksi ovat entisestään kaventuneet. Venäjän poliittisen järjestelmän legitimitetti nojaa aiempaa vahvemmin mielikuvaan Putinista vahvana johtajana. Tilannetta kuvaa se, että talouden modernisaation suuntaviivat määriteltiin presidentin käskyillä jo ennen uuden hallituksen muodostamista keväällä 2012. Samalla talouden modernisaation veturiksi nostettiin Venäjän puolustusteollisuus ja tavoitteeksi asetettiin Venäjän suurvalta-aseman vahvistaminen. Ukrainan sodan myötä julkinen keskustelu näiden tavoitteiden toteutumisesta ja ylipäänsä mielekkyydestä on jäänyt taka-alalle. Uusimmat mielipidemittaukset kuitenkin osoittavat, että ihmiset odottavat muutosta. Putinin kolmannen kauden sisäpolitiikkaa leimanneelle ”pysähtyneisyydelle” etsitään vaihtoehtoja. (Volkov, 2017)

Venäjän poliittiseen järjestelmään sisäänrakennetuista heikkouksista huolimatta on paikallaan olettaa, että Kremlin ote strategisista resursseista pitää ja sen myötä järjestelmän nykyinen tasapaino säilyy. Varmuuden vakuudeksi Venäjä on viime vuosina kohdentanut resursseja maan sisäisen turvallisuuden ylläpitämiseen. Tämä kehitys on linjassa aikaisemman tutkimustuloksen kanssa, jonka mukaan resurssi-riippuvaiset valtiot ovat taipuvaisia kohdentamaan varoja turvallisuuselimiin ja kansan kontrolloimiseen etenkin tilanteessa, jossa tulot luonnonvaroista laskevat (vrt. Knyazeva, 2013). Kansalliskaartin perustamisella ja sosiaalisen median valvonnan kiristämällä Venäjän valtionjohto varautuu tilanteeseen, jossa yleinen tyytymättömyys kanavoituu protesteina ja väkivaltaisuuksina, jotka puolestaan murentaisivat Kremlin legitimitetin kannalta keskeistä mielikuvaa Putinista vahvana johtajana.

Keskeinen kysymys on, miten energian rooli osana Venäjän turvallisuuspolitiikkaa muuttuu tulevaisuudessa? Millaisia riskejä ja mahdollisuuksia strategiaan siirtymisiin (kolme skenaariota) liittyy Venäjän poliittisen järjestelmän ja talouskehityksen kannalta? Entä miten nämä muutokset vaikuttavat Venäjän toteuttamaan ulkopoliittikaan ja turvallisuuspoliittiseen ajatteluun? Seuraavassa kappaleessa pohditaan

selvitystyön ensimmäisessä osassa kuvatun kolmen skenaarion mukaisesti energiamurroksen vaikutuksia Venäjällä. Tämän jälkeen esitellään analyysimalli, jonka avulla voidaan analysoida energian geopoliittista ja geoeconomista merkitystä osana Venäjän turvallisuuspolitiikkaa.

8 ENERGIAMURROKSEN VAIKUTUKSET VENÄJÄN VALINTOIHIN

8.1 Johdanto

Ennen skenaariokohtaista tarkastelua on hyvä todeta, että riippumatta energiamurroksen nopeudesta, Venäjän kannalta olennaista on, miten maailmanlaajusten energiemarkkinoiden kehitys vaikuttaa Venäjän ja EU:n väliseen energiakauppaan. Toisaalta, yllättävät tapahtumat, esimerkiksi Ukrainan konflikti, voivat nopeastikin muuttaa energiakaupan riskiarvioita. (Goldthau, 2016; Stern, 2017) Toinen keskeinen tekijä on se, mitä tapahtuu Venäjän sisämarkkinoilla. Toisin sanoen, miten venäläiset energiayhtiöt pääsevät osalliseksi käynnissä olevasta energiamurroksesta esimerkiksi teknologisten innovaatioiden ja omistusrakenteen muutosten kautta.

Nesteytetyn ja liuskekaasun tulo Euroopan energiamaarkkinoille on osaltaan lisännyt kilpailua, monipuolistanut saatavuutta ja lyhentänyt sopimusten pituutta ja tätä kautta heikentänyt hintakytköstä öljyn ja kaasun välillä (Bridge & Bradshaw, 2017; Chyong, 2015; Stern, 2017). Energiatuotannon monipuolistuminen ja uusiutuvan energian tuotannon määrän kasvu vähentävät Venäjän energian kysynnän kasvua. Tämä kehitys yhdessä energian alhaisen hinnan kanssa heikentää Venäjän kykyä rahoittaa investointeja, joita tarvitaan energiajärjestelmän modernisoimiseen (Oxenstierna & Tynkkynen, 2014; Chyong, 2015) ja energiasiirtokapasiteetin rakentamiseen uusille markkinoille erityisesti Aasiaan (Henderson & Mitrova, 2016; Vatansever, 2017) mutta myös Eurooppaan (Goldthau, 2016).

EU:n energiamaarkkinoiden säätelyyn liittyvät muutokset sekä Venäjän WTO:n jäsenyys nostaa esiin myös kysymyksen yksityisen ja julkisen omistuksen suhteesta. Tämän kehityksen myötä ulkomaisilla tai venäläisillä yrityksillä on jossain määrin mahdollisuus haastaa Gazpromin valta-asemaa, mikä voi myös lisätä painetta vähentää säätelyä Venäjän kaasumarkkinoilla (Henderson & Mitrova, 2016).

Energiamurros vaikuttaa merkittävästi Venäjän sisäisen energiapolitiikan ja jopa aluepolitiikan valintoihin, mutta etenkin Venäjän keinovalikoimaan sen pyrkiessä edistämään geoekonomisia ja -poliittisia päämääriään energiakaupan kautta. Alla analysoimme kolmen jo aiemmin esitellyn skenaarion valossa Venäjän valintoja.

8.2 Perusskenaario

Perusskenaariossa Venäjä pyrkii siirtämään tuotantoaan Kaukoitään ja rakentamaan energianvientikapasiteettiaan Aasian markkinoita varten. Samanaikaisesti Venäjä haluaa säilyttää vaikutusvaltansa ja vaikuttamiskeinonsa perinteisellä markkina-alueellaan Euroopassa. Näiden tavoitteiden toteutuminen sisältää lukuisia haasteita. Venäjän energiatuotannon arvioidaan (kts. esim. Djomina, 2012) laskevan, samalla kun tuotannon alueellinen painopiste siirtyy Kaukoitään. Vaikeammassa luonnonolosuhteissa sijaitsevien kenttien käyttöönotto edellyttää markkinatilannetta, jossa hiilivedyillä on korkea hinta. Venäjän edelliseen energiastrategiaan si-

sältyvää yritysten rahoittamaa investointistrategiaa pidetään epärealistisena, koska siihen ei ole kytketty keinoja ulkomaisten sijoitusten houkuttelemiseksi (Korppoo ja Spencer 2012). Ulkomaisen omistuksen ja siten investointien rajoitukset strategiseksi määritellyssä hiilivetyteollisuudessa rajoittavat, EU:n ja Yhdysvaltojen liittolaisineen vuodesta 2014 Venäjälle asettamien finanssi- ja teknologiapakotteiden lisäksi, Venäjän sietokykyä globaalien energiamarkkinoiden heilahteluille skenaariosta riippumatta. Primääri syy haavoittuvuudelle on kuitenkin Venäjän vaihtoehdoton politiikka, jonka puitteissa ei ole löydetty ulospääsyä talouden ja yhteiskunnan merkittävästä riippuvuudesta fossiilisesta energiasta.

Peruskenaarion maailmassa keskeistä on Gazpromin roolin mahdollinen muutos Euroopan energiamarkkinoilla. Kyse on siitä, onnistuuko EU luomaan sellaiset kaasumarkkinat, jotka pakottavat Gazpromin tasapainottamaan maakohtaisia kaasusopimusten hintaeroja. Erityisesti Gazpromin rooli on olennainen sen keskeisen markkina-aseman vuoksi. Yhtiö on kaasun suurin tuottaja globaalisti ja Euroopan osalta se toimittaa kolmanneksen kaasusta, ja siksi muutokset yrityksen markkina-asemassa voivat aiheuttaa laajoja seurauksia niin Euroopan markkinoille kuin Venäjän turvallisuudelle (Chyong, 2015).

Gazpromin putkikaasu on historiallisesti ollut halvempaa verrattuna muihin kaasu-kauppiaisiin kuten Qatarin, Algeriaan, Australiaan tai Yhdysvaltoihin (Goldthau & Sitter, 2015; Stern, 2017). LNG:n laajempi saatavuus on kuitenkin haastanut Gazpromin myös hinnoittelun saralla, ja se on menettämässä asemansa hinnan määrääjänä Euroopassa. Riippumatta skenaarioista Gazprom pyrkinee kilpailemaan LNG-toimittajien kanssa edullisemmalla hinnalla, ja siten vähentää eurooppalaisten kuluttajien innostusta hankkia kaasua Venäjän ulkopuolelta.

Venäjän fossiilisen energiatuotannon siirtyminen Itä-Siperiaan voisi tulevaisuudessa vähentää Luoteis-Venäjän (Karjalan, Vologdan, Arkangelin, Komin alueiden) riippuvuutta fossiilisesta energiasta. Tämä voisi mahdollistaa myös esimerkiksi Suomen ja Pohjoismaiden kanssa käytävän bioenergiakaupan lisäämisen, sillä Luoteis-Venäjän ja Uralin talousalueilla on paljon bioenergian potentiaalia, mutta myös metsäteollisuusyrityksiä, joiden intressissä on laajentaa bioenergian tuotantoa. Peruskenaarion tilanteessakin tämä sektori tulee laajenemaan, kuten kehitys esimerkiksi Arkangelin alueella antaa viitteitä.

Peruskenaario tuo siis myös haasteita, mutta yleisesti ottaen se mahdollistaa Venäjän nykyisen aseman ylläpitämisen ja nykyisen energiapolitiikan jatkamisen, etenkin kaasun osalta. Jos kehitys etenee nykyiseen tahtiin, LNG:n ja uusiutuvan energian kapasiteetin kasvu sekä EU:n hidas talouskasvu vievät Gazpromilta kysyntää. Tähän liittyen Helmin (2017) ennuste on, että Gazpromin ja Venäjän on käytettävä Saudi-Arabian öljytaktiikkaa, eli otettava entistä enemmän mukaan hintakilpailua. Toinen keino on panostaa kaasuntuotantoon arktisella alueella keskittymällä nesteytetyn kaasun kuljetuskapasiteetin kehittämiseen Jäämerellä. Näin venäläinen kaasu sekä valtiovetoisesti Gazpromin että yksityisten yritysten, kuten Novatekin, välityksellä kilpailisi Euroopan markkinoilla niin putki- kuin laivakuljetustenkin kautta. Venäjän arktiset kaasuvaramot ovat merkittävät, mutta nykyisten hinta- ja pakoteolosuhteiden vallitessa, yhdistettynä Venäjän öljysektorin haasteisiin, ne eivät mahdollista keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä riittävien tulojen ylläpitämistä (Helm, 2017).

Perusskenaarion maailmassa Venäjän valtiontalouden riippuvuus hiilivedyistä saatavista tuloista säilyy. Venäjä perusti vuonna 2004 ns. puskurirahaston vahvistamaan federaation budjettia öljyn ja muiden raaka-aineiden hintojen heilahtelujen tasapainottamiseksi. Vuonna 2008 rahasto jaettiin reservirahastoon (varat 15,61 miljardia euroa 1.8.2016) ja Kansallisen hyvinvoinnin rahastoon (varat 20,76 miljardia euroa 1.8.2016) (Venäjän valtiovarainministeriö, 2017). Niiden avulla Venäjän valtio pyrkii tasapainottamaan energiamarkkinoiden heilahtelujen vaikutuksia kansantalouteen.

Energiastrategiassa ja muissa vastaavissa asiakirjoissa energiasektori nähdään yhtenä niistä aloista, joiden teknologisella modernisaatiolla on positiivinen vaikutus paitsi talouskasvuun myös Venäjän mahdollisuuksiin kuroa välimatkaa teknologiakehityksen kärkimaihin. Venäjä on Ukrainan konfliktin aikana ryhtynyt toteuttamaan omaa tuonninkorvausohjelmaa, jonka tarkoituksena on edistää kotimaisen korkeanteknologian (ja mm. ruuan) tuotannon omavaraisuutta. Läntisen teknologian vientirajoituksilla on kuitenkin suuri merkitys Venäjän energiasektorin kehityksen kannalta.

Länsimaisen teknologian avulla Venäjä on onnistunut tehostamaan öljyntuotantoaan ns. vanhoilla kentillä. Uusien kenttien käyttöönotto esimerkiksi arktisella alueella on kuitenkin välttämätöntä öljyn tuotannon ylläpitämiseksi tulevaisuudessa. Arktisella alueella tapahtuvaan energiantuotantoon vaadittavaa teknologista osaamista on kuitenkin vain muutamilla länsiyrityksillä. Ukrainan konfliktin johdosta Venäjälle asetettuja pakotteita ei todennäköisesti pureta lähitulevaisuudessa, mikä puolestaan vaikuttaa pitkällä tähtäimellä Venäjän öljyntuotannon kehitykseen. On arvioitu, että läntisen teknologiaviennin keskeytyminen voi johtaa tilanteeseen, jossa Venäjän kyky viedä öljyä voi romahtaa äkistikin (Kullas, 2017). Aalto ja Forsberg (2016) arvioivat, että ilman pakotteita Venäjän öljyhankkeet olisivat edenneet arktisella ja muilla öljyntuotannollisesti hankalilla alueilla ja tukeneet näin Venäjän taloudelle riittävän öljyntuotantokapasiteetin, hintojen ja alueellisen kehityksen ylläpitämisen. Pakotteet ovat siitä huolimatta olleet taloudellisilta vaikutuksiltaan lieviä. Niiden vaikutus on pitkällä tähtäimellä merkittävämpi kaasuntuotannolle (Aalto & Forsberg, 2016). Ne myös osaltaan ohjaavat Gazpromin asiakkaita hankkimaan maakaasun nestemäisessä muodossa tai korvaamaan kaasun jollakin muulla energiamuodolla.

- *Perusskenaarion oletetut vaikutukset:*
 - Energiatulot säilyvät ennallaan, koska keskeisten vientimarkkina-alueiden fossiiliseen energiaan kohdistuva kysyntä pysyy ennallaan.
 - Aasia kasvattaa kysyntää ja Euroopan kysyntä hieman laskee;
 - Venäjän talous kasvaa hitaasti, mutta mahdollistaa strategisten priorisointienkin takia sotilaallisen varustautumisen nykytason ylläpitämisen;
 - Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta pysyy ennallaan tai hieman laskee, ja Venäjä panostaa epäsuoriin keinoihin (vrt. Luku 9);

- o Venäjän agenda talouden ja energiasektorin osalta vähähiiliseen yhteiskuntaan siirtymiseksi on olemassa, mutta se on huomattavasti kehittyneitä maita jäljessä.

8.3 Nopean kehityksen skenaario

Venäjän kannalta nopean kehityksen skenaario toisi mukanaan merkittäviä haasteita, jopa uhkia kansalliselle turvallisuudelle. Nämä uhkat liittyvät ensinnäkin nopean energiamurroksen mukanaan tuomaan Venäjän energiariippuvaisen talouden tulojen pienenemiseen, joka puolestaan vaikuttaa suoraan Venäjän hallituksen kykyyn ylläpitää yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja, mukaan lukien poliittisen järjestelmän vakautta.

Venäjän valmiudet hypätä mukaan energiamurrokseen, hyödyntää uusiutuvaa energiaa ja hyötyä siitä laajassa mitassa taloudellisesti ovat rajalliset. Samanaikainen siirtymä maakaasun saralla kohti globaaleja markkinoita tulee laskemaan hintoja, ja haastaa Venäjän hintakilpaan entistä voimallisemmin (Simola & Solanko, 2017). Tässä skenaariossa Venäjän toimintakyky olisi eniten alttiina, sillä energiamurros ei pelkästään vähennä kysyntää fossiilisille energiamuodoille, mutta on myös lisäydinvoiman rakentamisen kannalta haastavampi tilanne kuin perusskenaarion maailmassa. Ydinvoimateknologian viennin lisäämiselle on asetettu korkeat tavoitteet Venäjällä. Ydinvoiman osalta kuitenkin markkinoiden arvioidaan kasvavan globaalisti (katso raportin osa 1, luku 5.6), sillä suuren kulutuksen maiden kuten Kiinan on todella vaikea siirtyä päästöttömään järjestelmään ilman ydinvoimaa, vaikka Euroopan osalta kysyntä ei kasva nopean kehityksen skenaariossa samassa suhteessa.

Nopean kehityksen skenaarion maailmassa sähkömarkkinoiden muotoutumiseen vaikuttaa eri maiden sitoutuminen hiilineutraaliin energiatuotantoon. Tästä näkökulmasta Venäjän sähköntuotantojärjestelmän pitäisi muuttua merkittävästi, jotta se voisi kilpailla pohjoismaisen sähkön kanssa. Venäjän sähkömarkkinat on pääosin yksityistetty, joten potentiaali tähän muutokseen on olemassa. Venäjältä tuodaan Suomeen nykyisen 1400 MW rajayhteyden kautta sähköä (kts. Fingrid, 2017a), jota Venäjä tuottaa tällä hetkellä esimerkiksi vesivoimalla, vaikkakin merkittävin osa sähköstä on fossiilista alkuperää⁸. Venäjän sähköntuotantojärjestelmän modernisointi hiilineutraaliksi ja esimerkiksi sähkön sertifiointi voisi tulevaisuudessa lisätä merkittävästi Venäjän vientipotentiaalia, mutta se vaatisi joko päästökaupan, erillisveron tai ympäristösertifikaattien ulottamisen tuntisähkön kauppaan. Venäjän siirtoyhteys osallistuu nykyään Nord Poolin sähkömarkkinoille kuten mikä tahansa muu toimija (RAO Nordicin kautta), ja tuonnin määrään vaikuttaa yksiselitteisesti hinta. Sähkön tuonnin korvamerkintä esimerkiksi ympäristösertifikaateilla ei nykyisen markkinajärjestelmän olosuhteissa ole todennäköistä, vaan tarvitsisi edistyäkseen poliittisia päätöksiä. Energiakaupan ollessa korkealla poliittisella agendalla, tällaisella muutoksella olisi siten myös ulkopoliittinen ulottuvuutensa.

Energian kautta vaikuttaminen on helpompaa fossiilisten polttoaineiden ja ydinvoiman kautta jo siksi, että Venäjän tuotantoketjut on optimoitu näille energiamuodoil-

⁸ Venäjällä sähköstä tuotettiin 65% fossiilisella energialla, 18% ydinvoimalla ja 17% vesivoimalla vuonna 2016 (Finmarket, 2017).

le. Uusiutuva energia on luonteeltaan paikallista ja tuotanto tapahtuu laajalla alueella, jolloin valtion kontrollin ja vallan ulottaminen sen välityksellä niin maan sisä- kuin ulkopuolella (kuten nyt öljyn ja kaasun sekä ydinvoiman kautta) on erittäin vaikeaa. Nopean kehityksen skenaariossa Venäjän kyky vaikuttaa energiavirtojen ja -infrastruktuurin kautta on merkittävästi heikompi, kuin kahdessa muussa skenaariossa. Suomen kannalta olennaisimmat energiamuodot tässä kontekstissa ovat siten öljy, kaasu, ydinvoima ja bioenergia. Muiden uusiutuvien energiantuotantomuotojen osalta on vaikea nähdä sellaisia ulottuvuuksia, joilla Venäjä voisi käyttää epäsuoraa (suostuttelevaa) tai suoraa ("hanat kiinni") energia-asetta.

Bioenergiaan kannattaa kiinnittää tässä skenaariossa erityisesti huomiota, sillä sen roolia halutaan strategisesti vahvistaa Suomen energia- ja ilmastostrategiassa (TEM, 2017). Venäjällä olisi IRENA:n (2017) arvion mukaan uusiutuvan energian tuotannon suhteen potentiaalista kasvua eniten bioenergialle. Tämä voisi luoda pohjaa myös Suomen ja Venäjän välisen kaupan kasvulle hyödyttäen molempia osapuolia. Rajat ylittävän Luoteis-Venäjän ja Pohjoismaat yhdistävän bioenergiakeskittymän kautta on mahdollista edistää alueen vakautta ja luoda pohjaa Venäjän pohjoisten alueiden teollisuuden modernisaatiolle ja elinkeinon monipuolistumiselle, lisäten työllisyyttä rajan molemmin puolin. Bioenergian ympärille voisi muodostua talousalue, jossa teknologia siirtyy ja luonnonvaroja kuljetetaan optimaalisesti. Tämä olisi myös Suomen etu niin talouden kuin kokonaisturvallisuudenkin kannalta. Bioenergiakaupan positiivinen piirre on myös siinä, että se on käytännössä jäänyt politisoinnin ulkopuolelle, vaikkakin sen käytön lisäämistä on tarkasteltava kriittisesti ottaen huomion erityisesti sosiaaliset ja ympäristövaikutukset (Mendez Souza ym, 2017; Tynkkynen, 2014).

Venäjän kannalta on olennaista, kykeneekö maa siirtämään investointeja konventionaalisista energiamuodoista uuteen teknologiaan, ja tapahtuuko tämä siirtymä Venäjällä eritahtisesti muun maailman kanssa. Venäjän nykyisen poliittisen järjestelmän puitteissa Venäjältä ei löydy riittävää poliittista tahtoa nopean kehityksen skenaarion vaatimien rakenteellisten uudistusten läpiviemiseksi. Tämän vuoksi on oletettavaa, että Venäjän energiatulot supistuvat merkittävästi tässä skenaariossa. Energiatulojen supistuminen tapahtuu kuitenkin verrattain hitaasti, eikä siten pakota Venäjän valtionjohtoa äkkinäisiin ja vaikeasti ennakoitaviin päätöksiin. Tämän perusteella oletetaan, että myös nopean kehityksen skenaariossa Venäjän valtionjohto pyrkii ensisijaisesti *välttämään* päätöksentekoa ja *ohjaamaan* kansalaisten huomion pois ristiriidoista ja jännitteistä, jotka koskevat niukkojen resurssien (uudelleen) kohdentamista (kts. myös Helm, 2017).

Päätöksenteon välttäminen tarkoittaa talouden rakenneuudistusten lykkäämistä edelleen. Tämä yhdessä läntisen teknologiasiirron vaikeutumisen (pakotteet) kanssa, heikentää Venäjän kilpailukykyä globaaleilla markkinoilla. Toisaalta, niukkojen investointien suuntaaminen puolustusteollisuuteen edesauttaa Venäjän kykyä säilyttää maan asema sen perinteisillä vientimarkkinoilla. Poliittinen tahto asevoimien varusteluohjelman toteuttamiseen on ollut vahva, vaikka resurssien supistuminen on johtanut joidenkin asejärjestelmien osalta viivästyksiin. (Persson toim., 2016)

Yhteiskunnallisten mielialojen ohjailu median ja muiden virallisten kanavien kautta on yksi keino hallita Venäjän poliittisen järjestelmän tasapainoa. Voidaankin kysyä,

onko taloudellisten resurssien supistuminen Kremlin legitimiteetin kannalta ylipäänsä yhtä riskialtista kuin aikaisemmin? Kysymyksen taustalla on edellä mainittu oletus siitä, että Kremlin legitimiteetti nojaa ennen kaikkea Putinin vahvan johtajan imagoon, eikä kuten aikaisemmin, talouskasvuun ja kansalaisten elintason nousuun.

- *Nopean kehityksen skenaarion oletetut vaikutukset:*
 - Energiatulojen väheneminen markkinahintojen putoamisen ja keskeisten vientimarkkina-alueiden fossiiliseen energiaan kohdistuvan laskevan kysynnän takia vaikuttaa negatiivisesti Venäjän talouteen ja siten kykyyn varustautua sotilaallisesti;
 - Aasian ja etenkin Kiinan kysyntä Venäjän maakaasulle kasvaa, mutta kysynnän lasku päätulolähteen, öljyn osalta sekä hintakilpailu kaasusektorilla ei käännä kokonaisuutta Venäjän nykypolitiikan kannalta positiiviseksi;
 - Vähenevien energiitulojen olosuhteissa voi toistua Venäjän lähihistoriassa koettu toimintatapa: kurjistuviin sosioekonomisiin oloihin valtiovalta vastaa tiukentamalla kontrollia ja rajoittamalla yhteiskunnallista ilmaisunvapautta;
 - Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta vähenee merkittävästi (vrt. Luku 9);
 - Venäjän talouden ja poliittisen järjestelmän riippuvuus hiilivetyihin perustuvasta energiantuotannosta hidastaa siirtymistä vähähiiliseen yhteiskuntaan ja Venäjä jää energiamurroksesta jälkeen.

8.4 Hitaan kehityksen skenaario

Kuten tämän selvityksen ensimmäisessä osassa todettiin (kts. 4.2 ja 6.1.4), tämä on skenaarioista epätodennäköisin ottaen huomioon tämän hetken trendit teknologian innovaatioissa ja eri energiamuotojen hinnoissa. Samanaikaisesti on muistettava, että on olemassa myös epävarmuustekijöitä (kts.4.3), jotka voivat muuttaa tilannetta ja vaikuttaa epälineaarisesti kehitykseen.

Hitaan kehityksen skenaariossa Venäjä joutuisi tekemään vähiten tasapainottavia päätöksiä, eikä sisäistä tai ulkoista painetta nostaa uusiutuvan energian tavoitteita syntyisi. Se voisi kasvavan fossiilisen energia kysynnän myötä päästä lähelle energiastrategian linjaamaa 2-3 % bruttokansantuotteen kasvua, ja siten jatkaa nykyisen energiapolitiikan harjoittamista.

Venäjän talouden rakenteet muuttuvat hitaasti ja tutkimukset Venäjän omasta energiamurroksesta antavat aiheutta olettaa, että painetta Venäjän energiapaletin muuttamiseksi kohti hiilineutraaliutta ei varsinaisesti ole olemassa. Edistystä on silti tapahtunut esimerkiksi 2013 käyttöön otetun uusiutuvan energian tukijärjestelmän muodossa (Smeets, 2017). Venäjän nykyiselle, hiilivetyjen rahavirroista ja niiden

kautta ylläpidettävästä vallasta riippuvaiselle hallinnolle hitaan kehityksen skenaario sopisi siten mitä parhaimmin. Venäjän nykyhallinnon toimet (tomuus) sekä valtiovaltan totuuden määrittely valtion kontrolloimassa mediassa energia- ja ilmastopoliittisissa kysymyksissä on tästä hyvä esimerkki.

Tässä skenaariossa Venäjällä olisi eniten keinoja vaikuttaa Suomeen. Tässä tapauksessa korostuisivat erityisesti fossiiliset energiamuodot ja ydinvoima, eli Suomi joutuisi fossiilisen energiakulutuksen lisääntyessä pitämään yllä kaasuriippuvuutta, mutta myös mahdollisesti harkitsemaan ydinvoiman lisäämistä energiapaletissa, jos energiamurros, mukaan lukien energiatehokkuuden edistäminen, ei etene odotetulla tavalla. Kuitenkin jo tämänhetkisessä tilanteessa (perusskenaariossa) uudesta ydinvoimasta käytäisiin kova väittely, sillä sen kilpailukyky nykyisillä markkinahinnoilla on lähellä uusiutuvan energian hintaa.

- *Hitaan kehityksen skenaarion oletetut vaikutukset.*
 - Energiatulot säilyvät ennallaan tai jopa kasvavat, koska keskeisten vientimarkkina-alueiden fossiiliseen energiaan kohdistuva kysyntä pysyy ennallaan (EU) tai kasvaa (Kiina), joten Venäjän talous vahvistuu ja kyky varustautua sotilaallisesti paranee;
 - Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta kasvaa, ja Venäjä panostaa sekä koviin että pehmeisiin menetelmiin (vrt. Luku 9);
 - Venäjän agenda talouden ja energiasektorin osalta vähähiiliseen yhteiskuntaan siirtymiseksi jää nykyistäkin enemmän marginaaliin.

Kaikki kuvitellut energiaskenaariot vaikuttavat Venäjälle merkittävällä tavalla. Venäjän pääsy korkean kasvun uralle on hyvin haastava tavoite erityisesti ”nopean kehityksen skenaarion” ja ”perusskenaariion” maailmassa. Ainoastaan ”hitaan kehityksen” skenaario voisi mahdollistaa Venäjälle helpohkon mahdollisuuden päästä 2-3 % talouskasvuun. Venäjän nykyhallinnon kannalta perusskenaario, mutta etenkin hitaan kehityksen skenaario ovat toivottavia tulevaisuudenkuvia. Niissä kuvatuissa olosuhteissa Venäjän kyky käyttää jo tällä hetkellä käytössä olevia ja nykyhallinnon kuvittelemia vaikutusmahdollisuuksia kasvaa. Venäjän nykyisen poliittisen järjestelmän vakaus säilynee näiden skenaarioiden olosuhteissa, koska merkittävää strategista siirtymää energiavirtojen kontrollin osalta ei tapahdu.

Nopea uusiutuvaan energiaan siirtyvä maailmantalous näyttäytyy Venäjän nykypoliitiikan ja Putinin hallinnon asettamien tavoitteiden kannalta katsottuna vältettävältä tulevaisuuskuvalta. Se on sitä siksi, että siinä Venäjän mahdollisuudet vaikuttaa niin energiavirtojen kautta kuin kasvattaa sotilaallista voimaansa energiatuloilla ovat eniten rajatut. Tässä skenaariossa myös Venäjän jättäytyminen jälkeen uusiutuvan energian murroksesta korostuu, koska lähtökohta kohdata tuo murros on aivan eri kuin muilla teollistuneilla mailla, jotka jo vievät sitä eteenpäin. Venäjän nykypoliitiikan toiminnan ja puheen valossa näyttää siltä, että Venäjä kuitenkin pyrkii diplomaattiallaan vaikuttamaan kansainväliseen energia- ja ilmastopoliittikkaan tavalla, joka ei ruoki tätä vaadittavaa muutosta. Venäjä on mukana kansainvälisessä ilmastopoliitikassa, mutta käytännössä ei toimi sen edistämiseksi. Yksi keskeinen syy toimettomuuteen on se, että Putinin hallinnon valta, joka epävirallisten, strategioiden listaa-

mattomien prioriteettien kautta määrittää koko Venäjän suunnan, perustuu uusiutumattoman energian virtojen kontrolliin, ja näistä virroista ammennettavien tulojen käyttöön tuon vallan mahdollistajana ja ylläpitäjänä.

9 VENÄJÄN TURVALLISUUSPOLIITTINEN KEINOVALIKOIMA ENERGIAMURROKSEN ERI VAIHEISSA

9.1 Johdanto

Edellä on tarkasteltu maailmanlaajuisen energiamurroksen vaikutuksia Venäjän talouden ja politiikan kontekstissa. Seuraavassa luvussa vaihdetaan näkökulmaa ja analysoidaan energiamurroksen turvallisuuspoliittista ulottuvuutta.

Lähtökohtaisesti voidaan ajatella, että Venäjän ulko- ja turvallisuuspoliittiset tavoitteet ovat suhteellisen pysyviä, mutta keinovalikoima tavoitteiden saavuttamiseksi heijastelee ehkä muita maita herkemmin maan sisäistä kehitystä ja järjestelmän luonnetta (kts. Martikainen ym, 2016). Valtioneuvoston turvallisuuspoliittisessa selonteossa arvioidaan, että Venäjä on haluton edistämään yhteistyövaraisen turvallisuuden ylläpitämistä Euroopassa (Valtioneuvoston kanslia, 2016) ja sen sijaan pyrkii vahvistamaan maan suurvalta-asemaa kansainvälisesti. Venäjän esittämä tulkinta Euroopan turvallisuusjärjestelmää horjuttavista tekijöistä ja vakauden palauttamiseen vaadittavista toimista eroaa merkittävästi läntisestä näkemyksestä.

Venäjän näkökulmasta maailmanlaajuinen murros ja valtioiden ja alueiden välisen jännityksen lisääntyminen ovat seurausta eri arvomaailmojen ja kehitysmallien välisestä kilpailusta. Venäjä asettuu käynnissä olevan strategisen siirtymän johtopaikalle ja pyrkii hyötymään vallan uusjaosta ”uusien taloudellisen kasvun ja poliittisen vetovoiman keskusten hyväksi” (Doktriini, 2014). Venäjän lähtökohtana on, että nykyinen kansainvälinen järjestelmä on epäonnistunut alueellisten konfliktien hallinnassa. (Pynnöniemi & Mashiri, 2015)

Venäjän kansallisen turvallisuuden strategia luettelee joukon syitä tähän epäonnistumiseen. Tärkeimpänä niistä on Yhdysvaltojen globaali johtajuus ja pyrkimys rajoittaa tai jopa estää Venäjän nousu kansainvälisten pulmakysymysten ratkaisijaksi. (Strategia 2015, artikla 12 ja 13.) Yhdysvaltojen tavoitteena on Venäjän mukaan, maan syrjäyttäminen sen perinteisiltä intressialueilta ja entisen Neuvostoliiton maiden luonnonvararesurssien hyödyntäminen. (Mikkola & Pynnöniemi, 2016) Kansallisen turvallisuuden strategia nostaa yhdeksi globaalien ja alueellisten epätasapainon syyksi kamppailun luonnonvaroista, markkinoillepääsystä ja liikenneväylien hallinnasta. (Strategia 2015, artikla 13)

Venäläisten analyysin taustalla vaikuttaa näkemys kansainvälisten suhteiden anarkistisesta luonteesta. Valtiot kamppailevat elintilasta ja resursseista ensi sijaisesti voimapolitiikan keinoin. (SVOP, 2016; Doktriini, 2014) Globaalien taloudellisten kilpailukyvyin ja ns. pehmeän tai epäsuoran vallan kasvava merkitys on kuitenkin huomioitu myös venäläisissä arvioissa. Viralliset strategiat kytkevät venäläiset arvot ja historiapolitiittiset tulkinnat puolustamiseen aikaisempaa selvemmin osaksi maan ulko- ja turvallisuuspoliittista agenda. (Strategia 2015, artikla 11; Lavrov, 2016)

Kaikissa edellä mainituissa strategioissa lähdetään siitä, että Venäjän suurvalta-aseama on viime vuosina vahvistunut. Venäjän sotilaallinen toimintakyky on merkittävästi kohonnut asevoimien uudistusohjelman ja varustautumisohjelman myötä (Persson toim, 2016). Tällä hetkellä puolustusteollisuuden tuotanto pohjautuu neuvostoaikaisiin malleihin, eikä siirtymistä 'venäläisiin' asejärjestelmiin ole tapahtunut. Sanktiot ja Venäjän oma tuonninkorvaamisohjelma vaikeuttavat tiettyjen kriittisten teknologioiden siirtoa Venäjälle. Jos Venäjä ei kykene siirtymään uudelle teknologian tasolle (innovaatiotalous edellyttäisi poliittisen järjestelmän muutosta), on todennäköistä, että se pyrkii hyödyntämään entistä tehokkaammin erilaisia ei-sotilaallisia aggression muotoja kompensoidessaan länsimaiden (ja Kiinan) teknologista etumatkaa.

Tämä lähtökohta on kirjattu Venäjän kansallisen turvallisuuden strategiaan. Siinä todetaan, että poliittisia, finanssi-taloudellisia ja informaatiokeinoja hyödynnetään suoraan ja epäsuorasti valtapoliittisessa kamppailussa. (Strategia, 2015, artikla 6 ja 13) Strategia linjaa, että Venäjä tulee kehittämään ja hyödyntämään poliittisia, sotilaallisia, sotilas-teknisiä, diplomaattisia, taloudellisia, informaatio- ja muita keinoja "strategisen pelotteen" varmistamiseksi ja aseellisten konfliktien estämiseksi. (Strategia, 2015, artikla 36) Venäjä siis pyrkii neutraloimaan kansalliseen turvallisuuteen kohdistuvat uhat ennakoita ja on valmis käyttämään tässä laajaa keinovalikoimaa.

Ukrainan konfliktin myötä tästä kokonaisuudesta on ryhdytty puhumaan "hybridivaikuttamisena". Siinä on kyse strategisen tason toiminnasta, jossa hyödynnetään keskinäisriippuvuuden luomia katvealueita ja kohdemaan sisäisiä heikkouksia. Edellä mainitut strategiat eivät avaa sitä miten eri vaikuttamiskeinot ovat yhteydessä toisiinsa. Venäjän toimien ja toimintatapojen analyysin pohjalta on kuitenkin rakennettu erilaisia analyttisiä malleja. Niiden yhteinen piirre on käsitys siitä, että hybridivaikuttaminen on toimintaa, jossa eri vaikuttamiskeinoja (poliittinen, taloudellinen, sotilaallinen, diplomaattinen ja informaatio) käytetään koordinoitusti. (Cullen & Reichborn-Kjennerud, 2017) Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että kaikkea toimintaa johdettaisiin yhdestä pisteestä. Päinvastoin, ulko- ja turvallisuuspolitiikan vaikutuskeinot määräytyvät tilannekohtaisesti – tähän vaikuttaa niin kohdemaan suhde Venäjään, eri venäläistoimijoiden keskinäiset kilpailuasetelmat kuin arviot toimintaan liittyvistä poliittisista riskeistä. (Galeotti, 2017) Olennaista on ymmärtää, että Venäjän näkökulmasta kyseessä on koko yhteiskuntaa koskeva toiminta, toisin sanoen, yhteiskunnallisten toimijoiden yksittäisistä kansalaisista valtion yhtiöihin oletetaan osallistuvan operaatioihin, joilla turvataan Venäjän edut.⁹ (Chernenko, 2012)

⁹ Kansalliseen turvallisuuteen kohdistuvat uhat voivat määritelmän mukaisesti olla suoria tai epäsuoria ja kohdistuvat Venäjän "kansallisiin intresseihin". Tähän kuuluu olennaisesti se, että Venäjän sisäisten uhkien uskotaan olevan lähtöisin ulkoisista toimijoista (Doktriini 2014; Strategia 2015) Lisäksi nykyinen sotilasdoktriini määrittelee ulkoiseksi sotilaalliseksi vaaraksi "hallinnot, joiden politiikka uhkaa Venäjän etuja", mukaan lukien "hallinnot, jotka on perustettu laillisen valtiiovallan kukistamisen seurauksena. (Doktriini 2014, artikla 12m)

9.2 Energian turvallisuuspoliittisen merkityksen analyysimalli

Arviot energiaresurssien merkityksestä osana turvallisuuspolitiikkaa ovat vaihdelleet Venäjän ja Euroopan unionin suhteiden muuttuessa. Neuvostoliiton hajoamisen jälkeen Venäjän ja EU:n välinen energia- ja liikenneinfrastruktuuri nähtiin tärkeänä elementtinä taloudellisen integraation ja keskinäisriippuvuuden edistämiseksi. (Aalto & Forsberg, 2016) EU:n ja Venäjän välinen niin sanottu energiadialogi toimi poliittisena viitekehyksenä keskusteluille energia-alan yhteistyöstä ja pelisäännöistä. (Euroopan komissio, 2013) Samanaikaisesti Venäjä ryhtyi toteuttamaan liikenne- ja energiastrategian mukaisia investointeja, joiden tavoitteena oli vähentää Venäjän riippuvuutta ulkomaisesta kuljetusinfrastruktuurista, erityisesti Baltian satamista. Venäjän liikennestrategioissa kansainvälisiä liikenneväyliä tarkasteltiin lähinnä valtion omaisuutena ja yhtenä poliittisen kontrollin välineenä. (Pynnöniemi, 2008)

Vuonna 2003 hyväksytyssä energiastrategiassa Venäjä puolestaan linjasi, että energiaresurssit ja energiavirtojen kontrolli olivat yksi ”geopoliittisista työkaluista”. Vuosien 2006 ja 2009 kaasukiistojen jälkeen hyväksytyssä energiastrategiassa ei kuitenkaan viitata geopoliittiseen vaikuttamiseen tai Venäjään ”energiasuurvaltana”. Tämä muotoilu oli linjassa presidentti Dmitry Medvedevin kaudella vuonna 2009 hyväksytyyn kansallisen turvallisuuden strategian kanssa, jossa korostui kokonais-turvallisuusajattelu perinteisen suurvaltapolitiikan sijaan. Kuten aikaisemmassa luvussa (7.2) on todettu, näistä painotuksista on sittemmin luovuttu.

Yleisessä Venäjän energia- ja turvallisuuspoliittisessa keskustelussa energiakauppaa ja yleensä energiasektorin kehitystä tarkastellaan ”energiasuurvalta”-kehityksen kautta (Bouzarovski & Bassin, 2011; Rutland, 2014; Smith Stegen, 2011). Tässä tulkintakehyksessä Venäjällä on määräävä asema suhteessa eurooppalaisiin kumppanimaihin ja maa esiintyy ’hyväntekijänä’ suhteessa lähinaapureihin, esimerkiksi Ukrainaan. Venäjän näkökulmasta maa on vuosien ajan tukenut Ukrainan ja muiden entisten Neuvostoliiton maiden taloutta edullisen energianhinnan muodossa. Samalla Venäjän valtionjohto on energiasektorin hintaneuvotteluihin liittyvien epäselvyyksien ja suoranaisten väärinkäytösten kautta sitonut kohdemaan päätöksentekijät tiukemmin Kremlin vaikutuspiiriin tai suoranaiseen ohjaukseen (vrt. Balmaceda, 2013).

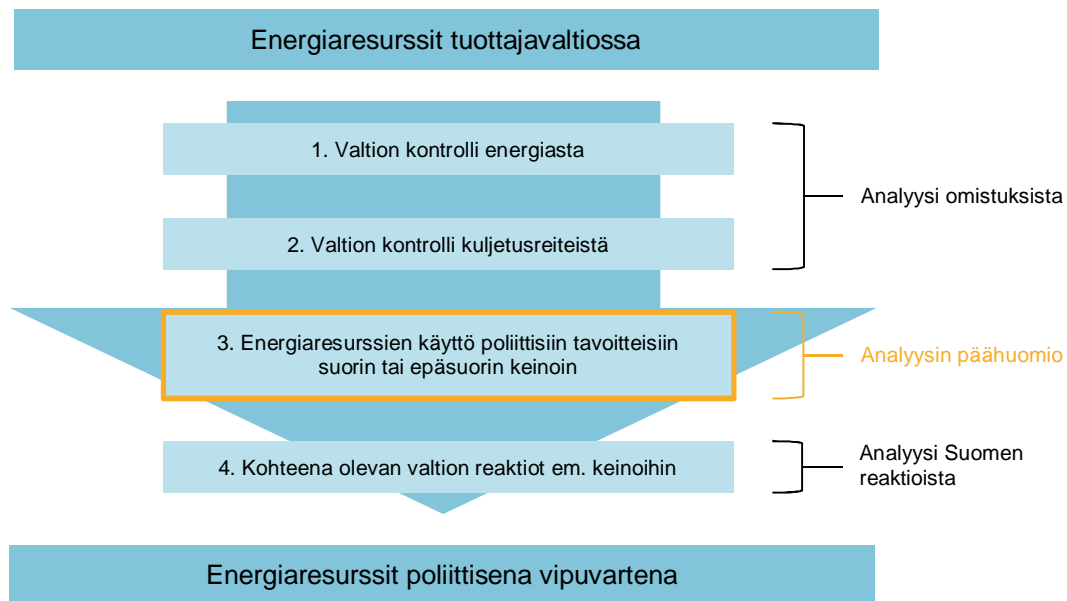
Vastaavanlaiselta riskiltä itsensä suojaamiseksi, Venäjän nykyinen kansallisen turvallisuuden strategia linjaa, että korruption ja rikollisuuden kitkemisen ohella on vahvistettava toimia, joilla taataan valtion tuki puolustusteollisuuden, ruoantuotannon, informaatio- ja energiaturvallisuuden sektoreilla toimiville venäläisyrityksille. (Strategia, 2015, artikla 58; kts. myös Chernenko, 2012) Samantapaiseen johtopäätökseen on päädytty myös EU:n tasolla, tosin eri näkövinkkelistä. Komissaari Julian King painotti Euroopan unionin hybridiuhkien osaamiskeskusten avajaisissa syyskuussa 2017 pitämässään puheessa, että ”energia-, liikenne- ja informaatiojärjestelmien” toimintakykyä on tarkasteltava jatkossa hybridi-vaikuttamisen näkökulmasta. (King, 2017)

Kuten edellä on todettu, hybridi-vaikuttaminen on strategisen tason toimintaa, jossa erilaisia vaikuttamiskeinoja käytetään enemmän tai vähemmän koordinoitusti. Toiminnan tavoitteet ja skaala vaihtelevat kohdemaan mukaan – Venäjän kannalta

epäedullisten päätösten tai toimintojen häirinnästä aina kohdemaan poliittisen järjestelmän haltuunottoon. (Galeotti, 2017, 7; kts. myös Martikainen, Pynnöniemi & Saari, 2016) Energiasektori on houkutteleva kanava vaikuttamiselle Venäjän lähi-alueilla ja EU-maissa yleensä. Tämä on seurausta vuosikymmenten aikana rakennetuista riippuvuussuhteista, valtion keskeisestä roolista Venäjän energiasektorilla, sekä energiasektorin keskeisestä asemasta modernien yhteiskuntien huoltovarmuudelle. Tämän vuoksi analyysissa on osittain historiallinen ote, sillä sen tyyppinen tarkastelu auttaa ymmärtämään myös tulevaisuuden toimintaa ja keinoja.

Näiden yleisten huomioiden rinnalle kaivataan kuitenkin tarkempaa analyysia energiasektorin turvallisuuspoliittisista ulottuvuuksista ja vaikutusmekanismeista. Tätä tarkoitusta varten tutkimusanalyysissa sovelletaan Karen Smith Stegenin luomaa ”energia-aseen” analyysimallia. (Smith Stegen, 2011) Analyysimalli erottelee turvallisuuspoliittisen vaikuttamisen neljään eri vaiheeseen tai elementtiin oheisen kuvan mukaisesti (Kuva 9-1).

Kuva 9-1 Energia-ase analyysimalli



Malli pyrkii laajentamaan tarkastelun mihin tahansa tapaukseen, jossa energianviejämaa pyrkii hallinnoimiensa varantojen kautta vaikuttamaan energiahankkijamaan poliittiseen käytökseen. Esimerkiksi Øverland ja Orttung (2011) ovat listanneet 31 tällaista tapausta. Vaikutuskeinoina ovat olleet energian myyminen alennettuun hintaan, öljy- tai kaasuputken sulkeminen, putken räjäyttäminen, vaihtoehtoisten putkilinjojen rakentaminen tai epäsuorat vaikuttamiskeinot.¹⁰ Tämän tutkimuksen ensimmäisen osan energian geopoliittisessa mallissa käsiteltiin myös Venäjän kykyä vaikuttaa globaalilla tasolla omistussuhteiden ja energiavirtojen kautta muihin toimijoihin. (Kuuden säännön viitekehys, kts. kuva 1-1; luku 1.2. Tässä luvussa käyt-

¹⁰ Øverlandin ja Orttungin (2011, 80) mukaan epäsuoria keinoja voivat olla uhkaavan retoriikan käyttö, vientipakotteet ei-energiatuotteille, kyberhyökkäykset, henkilökohtaisten suhteiden kautta vaikuttaminen, PR-kampanjat, oikeustapaukset ja sotilaallisella voimankäytöllä uhkaaminen. He eivät ole kuitenkaan tarkastelleet näitä keinoja tutkimuksessaan.

tetty energia-aseen analyysimalli puolestaan sopii hyvin mittakaavaltaan rajatun energiakaupan riippuvuuksien ja vaikuttavuuksien analyysissä. Malli myös mahdollistaa yksityiskohtaisemman, energiasektoreiden taloudellisten, institutionaalisten ja infrastruktuuriin liittyvien erityispiirteiden analysoinnin.

Käsite ”energia-ase” on kuitenkin harhaanjohtava ja on vältettävä yksinkertaistuksia vuorovaikutuksen motiiveista tai toimijoista (vrt. Aalto, 2014; Judge ym, 2016). Tämä koskee etenkin Länsi-Euroopan ja Suomen tilannetta koskevia analyysejä, sillä Venäjä ei ole käyttänyt suoria vaikutuskeinoja tässä kontekstissa. Tällöin on kyse ns. epäsuorasta¹¹ energia-aseesta, eli positiivisen kautta rakennetusta vaikuttavuudesta, joka on kaukana aseesta. Tätä Venäjä on taitavasti käyttänyt Länsi-Euroopan ja EU:n suunnalla (vrt. Högselius, 2013). Myös Suomen näkökulmasta tämä on keskeinen energian kautta vaikuttamisen keino.

Suomen kannalta energian kautta vaikuttamisen keskeiset kysymykset koskevat riippuvuuttamme venäläisistä hiilivedyistä ja ydinvoimateknologiasta sekä ydinpoltoaineesta. Suomessa kulutetusta energiasta 45 prosenttia on venäläistä alkuperää, ja 71 prosenttia tuontienergiastamme on Venäjältä. Vaikka siis uusiutuvan energian osuus energiapaletissamme on lähes 40 prosenttia, ja siten omavaraisuutemme on eurooppalaisittain korkea, lähes kaikki fossiilinen ja ydinpoltoaine tulee Venäjältä (kts. taulukko alla).

Taulukko 9-1 Suomen riippuvuus Venäjältä energiamuodoittain (Tilastokeskus, 2017a)

Energiamuoto	Venäjältä tuotu osuus kokonaistuonnista	Määrä	Osuus Venäjän energiamuoto-kohtaisesta viennistä
Kivihiili	88 %	2,5 milj. t.	3 %
Öljy	89 %	11 milj. t.	4 %
Öljyjalosteet	80 %	3 milj. t.	n.a.
Maakaasu	100 %	2400 milj. m ³	2,5 %
Uraani	71 %	38 t.	n.a.
Biomassa	70 %	127000 t	n.a.
Sähkö	7 %	5 TWh	n. 80 %

Euroopassa energiariippuvuus on nähty symmetrisenä, jossa EU on yhtä riippuvainen Venäjän raaka-aineista kuin Venäjä EU:n markkinoista (kts. esim. Goldthau & Sitter, 2015). Maakohtaisessa tai yritysکوhtaisessa tarkastelussa tilanne on erilainen, ja siten todellinen vaikuttavuus syntyy bilateraalisten kansallisvaltioiden välisten suhteiden ja (valtiollisten) energiayritysten kaupan kautta.

¹¹ Tutkimuskirjallisuudessa käytetään myös termiä ”pehmeä energia-ase” (kts. esim. Högselius 2013).

Suomen ja Venäjän energiasuhdetta voi siten kuvata epäsymmetriseksi: Venäjälle tämän kaupan korvaaminen ei ole ylivoimaista, mutta Suomelle tästä koituisi suuria kustannuksia. Kuitenkin kauppasuhteet ovat historiallisesti olleet Suomen ja Venäjän välillä suhteellisen hyvät ja siksi energiamurroksen voisi myös nähdä mahdollisuutena hankkia Venäjältä uusiutuvaa energiaa ja myös viedä suomalaista osaa-mista, ja täten muuttaa epäsymmetristä suhdetta energiakaupassa sekä myös vahvistaa koko EU-alueen ”soft poweria” (Krushcheva & Maltby, 2016). Tämä vaatisi kuitenkin energiamuotojen välisten valtasuhteiden muutosta Venäjällä, sillä erityisesti energiainfrastruktuurin kehittämisessä painopiste on vahvasti kaasussa. Kaasua tuetaan edelleen merkittävästi ja se johtaa myös sähkön halpaan hintaan. 2007 käynnistetty Gazifikatsija-ohjelma myös lisää riippuvuutta fossiilisesta energiasta, vaikkei kaasuinfrastruktuurin laajentaminen pieniin asutuskeskuksiin niin lämpövoimaloiden kuin yksityistalouksien käyttöön tuo yhtiöille juurikaan lisätuloja (Simola & Solanko, 2017; Tynkkynen, 2014; 2016a; 2016d).

9.3 Strategisten energiaressurssien kontrolli Venäjällä

9.3.1 Vaihe 1: Venäjän valtion kontrolli omistuksista

Neuvostoliiton hajoamisen jälkeen myös venäläisiä energiayhtiöitä yksityistettiin, mutta erityisesti Vladimir Putinin kaudella keskusjohtoisuuden vahvistuessa energiayhtiöitä on pyritty ottamaan enemmän valtion ja Putinin lähipiirin kontrolliin. Eri energiamuotojen välillä on kuitenkin eroja niiden tuotantotapojen ja -ketjujen välillä ja näin ollen myös turvallisuuspoliittisilla vaikutuksilla. Kuten aiemmin todettiin, perinteisen öljyn ja kaasun lisäksi ydinvoima on noussut kolmanneksi energiamuodoksi, jota voi käyttää poliittisena vipuvartena. Omistussuhteiden osalta ainoastaan uusiutuva energia ei ole Kremlin otteessa, mikä johtuu sen paikallisesta luonteesta.

9.3.1.1 Kaasu

Kaasu on monimutkainen tekijä Venäjällä, sillä sitä tarvitaan runsaasti sekä sisämarkkinoille, mutta myös vientiin. Yhtäältä on paine pitää yksityistalouksien kaasu-hinnat kurissa kansalaisten hyväksynnän ylläpitämiseksi ja toisaalta kaasulle on löydettävä uusia markkinoita yleisen taloudellisen huoltotaseen ylläpitämiseksi. Gazprom on perinteisesti nauttinut monopoliasemasta Venäjän lain puitteissa ja se on vastannut kaasun tuotannosta noin 74 % (Sabonis-Helf, 2015). Gazpromin roolia pyritään kuitenkin vähentämään, sillä esimerkiksi LNG:n osalta Venäjä asetti lain, joka poisti yhtiöltä monopoliaseman ja suosii Novatekia ja Rosneftia (valtion öljy-yhtiö). Gazprom vastaa myös Venäjän sähkön tuotannosta isolta osalta, mutta paremman hinnan vuoksi se on pyrkinyt myymään kaasun pääosin ulkomaille. Novatek on merkittävin yksityinen kaasuyhtiö Venäjällä. Sen kaasuvarat ovat listatuista yhtiöistä maailman kolmanneksi suurimmat ja kaasun myynti listatuista yhtiöistä kuudenneksi suurin. Sen merkittäviä omistajia venäläisen pääoman lisäksi ovat ranskalainen Total, ja Kiinan valtionyhtiö CNPC on myös sijoittanut merkittäviä summia Novatekin kaasuntuotantoinfrastruktuuriin.

9.3.1.2 Öljy

Öljyn osalta suurin yhtiö on Rosneft, joka on valtion enemmistöomistuksessa ja jonka osuus öljyn tuotannosta on lähes puolet. Lisäksi keskeisiä yhtiöitä ovat Lukoil (omistaa Suomessa Teboil-huoltoasemaketjun), Surgutneftegaz, Tatneft, sekä Gazpromin sisaryritys Gazprom Neft. Yritysten kasvunäkymät ovat perinteisten esiintymien kohdalta kohtalaiset ja tuotantoa arvioidaan olevan mahdollista tehostaa. Tämä vaatii aiempaa kalliimpia ja vaikeampia keinoja ja siksi lisäinvestointien tarve on ilmeinen. Vastaavasti uudempien suurten esiintymien osalta tuotannon arvioidaan olevan jo huipputasolla. Lisäksi täysin uusia otetaan jatkuvasti tuotantoon, mutta sama investointitarve on olennainen kysymys. Investoinneille keskeisimmät esteet ovat olleet matala öljyn hinta, rahoituksen heikentynyt saatavuus sekä talouspakotteet, jotka rajoittavat teknologiatuontia ulkomailta. (Simola & Solanko, 2017)

9.3.1.3 Ydinvoima

Ydinvoiman osalta kaikki omistus on venäläisen valtionyhtiön Rosatomin hallussa, joka vastaa käytännössä kaikesta ydinvoimaan liittyvästä: ydinvoimapolitiikasta, voimaloiden hallinnasta, radioaktiivisten jätteiden kuljetuksesta, säteilyturvallisudesta sekä ydinasekomplekseista (Dobrev, 2016). Tästä syystä ydinvoimasektorissa yhdistyvät puhtaammin Venäjän strategiset tavoitteet taloudellisesta ja ulkopoliittisesta vaikuttamisesta. Tämä saattaa myös selittää sen, miksi lännen Ukrainan sodan johdosta asettamia pakotteita ei ole kohdistettu Venäjän ydinvoimasektoriin. Ydinvoimateknologiaosaamisen suhteen Venäjä on pitkälti omavarainen, ja Rosatom on onnistunut kasvattamaan ydinvoimaportfoliotaan 60 prosentilla vuodesta 2011 lähtien. Se on tällä hetkellä yksi suurimmista alan yrityksistä ydinpoltoainemarkkinoilla 17 prosentin osuudella (Dobrev, 2016). Taustalla ovat luonnollisesti taloudelliset edut, mutta ydinvoimalan rakentaminen ja omistaminen mahdollistavat myös geopolittisten tavoitteiden edistämisen sinetöimällä läsnäolon yli 60 vuodeksi. (tarkempi kuvaus kappaleessa 9.4)

Rosatomin pyrkimys ottaa uusiutuva energia palettiinsa, kuten investointinsa tuuliinvoimaan Venäjällä, voi nähdä osittain vastaamisena energiamarkkinoiden muutokseen, mutta myös pyrkimyksenä vaikuttaa uusiutuvan energian kehitykseen niin, ettei se syö ydinvoimarakentamisen edellytyksiä. Rosatomin apulaisjohtaja Vyacheslav Pershukov arvioi, että 2020-2025 asti yhtiön nykyisille tuotteille löytyy vielä kysyntää, mutta sen jälkeen markkinat tulevat heikkenemään. Tämän vuoksi yritys aikoo panostaa mm. pienvesivoimaan ja tuuliinvoimaan sekä muihin energiamuotoihin kytkeytyviin teknologioihin (Gordeev, 2017).

9.3.1.4 Bioenergia

Metsät ovat Venäjällä valtio-omisteisia ja metsiä vuokrataan yritysten käyttöön, mikä tekee valtion hallinnan omistuksista haastavan. Puu on perinteisesti ollut keskeinen energiamuoto Venäjän maaseudulla, pienkaupungeissa ja metsäteollisuudessa, joka sijoittuu Luoteis-Venäjälle ja Etelä-Siperiaan. Sen jälkeen, kun Venäjä nosti raakapuun vientitulleja 2008, venäläinen bioenergian tuotanto on kasvanut merkittävästi, mutta kotimainen kulutus vähemmän. Hakkeen ja pellettien vientitulleja ei

nostettu, ja niiden osalta vienti Venäjältä muuttui entistä houkuttelevammaksi. Myös rakentaminen on kasvanut Venäjällä merkittävästi, ja se on tehnyt venäläisille ja kansainvälisille metsäalan yrityksille bioenergiatuotantoon investoimisen mielenkiintoiseksi mahdollisuudeksi. Jos lämpösektorin uudistus onnistuu eli, jos lämmöntuotannon tuista eli keinotekoisien alhaisista hinnoista luovutaan, voi se tehdä uusiutuvan energian tuotannon aiempaa kannattavammaksi (Tynkkynen, 2014).

Tämän hetken tilanteessa bioenergia vastaa 30 % uusiutuvan energian tuotannosta Venäjällä ja sitä käytetään erityisesti lämmityksessä ja teollisuudessa. Puun pienpoltto on merkittävä energialähde maaseudulla, eikä Venäjän sisäisillä markkinoilla muilla puuenergiajakeilla ole metsäteollisuuden energiatarpeen lisäksi juuri kysyntää. Hakkeen merkitys korostuu etenkin Suomeen suuntautuvassa bioenergiakaupassa, tosin merkittävä osa tästä tuonnista menee kemiallisen metsäteollisuuden tarpeisiin. Pellettien osalta Venäjä on jo viidenneksi suurin tuottaja globaalisti ja esimerkiksi 2013 maa tuplasi tuotannon aikaisempaan vuoteen verrattuna (IRENA, 2017). Joidenkin arvioiden mukaan Venäjä voisi tulevaisuudessa vastata 25 % Euroopan pellettien kulutuksesta. Ala on tällä hetkellä muutoksessa, jonka seurauksena noin 170-180 toimijaa ovat fuusioitumassa suuremmiksi yrityksiksi (Tynkkynen, 2014). Alan toimijoiden osalta valtiollisia yhtiöitä ei ole mukana, mutta jos ala kasvaa merkittävästi, valtion kiinnostus sen hallitsemiseen voi luonnollisesti herätä.

9.3.2 Vaihe 2: Venäjän kontrolli kuljetusreiteistä

9.3.2.1 Kaasu

Kaasun osalta infrastruktuuri on erittäin keskeisessä roolissa riippuvuuden ylläpitäjänä ja hallinnan välineenä: kaasuputket ovat kalliita ja ne ovat joustamattomuudessaan jo itsessään pitämässä yllä aineellista riippuvuutta (kts. myös luku 5.2.2 maakaasun kysynnän kehitys). Esimerkiksi Bouzarovski ym. (2015) toteavat energiainfrastruktuurin mahdollistavan riippuvuuksien ja geopoliittisen tilan luomisen ja ylläpitämisen. Venäjän kaasuvienti ulkomaille on edelleen sidottu putkikaasuinfrastruktuuriin, jota hallinnoi valtio-omisteinen Gazprom. Nyt valtion monopoli (mutta ei kuitenkaan kontrolli kaasukuljetuksista) on murtumassa kahdesta syystä. Kaasun kuljetukset Jäämeren kautta lisääntyvät merkittävästi. Kuljetukset Jäämerellä ja Pohjois-Venäjällä olevista esiintymistä ovat LNG-muodossa laivoilla edullisempia ja kuljetuskalusto kehittyy nopeasti. Putkikuljetusinfrastruktuurin rakentaminen puolestaan on kallista ja vanhojen putkilinjojen ylläpito kallistuu edelleen ikeroudan sulamisen takia. LNG:n osalta vientimonopolia on siis jo raotettu ja Novatek rakentaakin Jamalille nesteytetyn kaasun vientisatamaa. Eurooppalaisen kaasuriippuvuuden kannalta keskeinen Gazpromin putkikaasu on kuitenkin edelleen valtion strategisessa ohjauksessa, eikä tähän intressiin ole nähtävissä muutosta. Nord Stream II -hankkeen toteutuessa, kontrolli kuljetusreiteistä Eurooppaan on vankemmin Venäjän valtion käsissä kuin nyt. Samalla Venäjän ja Gazpromin riippuvuus kauttakulku- maista vähenee. On siten erittäin todennäköistä, että Ukrainan sekä Valko-Venäjän, Tshekin, Slovakian ja Puolan rooli kaasun kauttakulkumaana vähenee Nord Stream II:n valmistuttua. Myös Suomeen Venäjältä putkea pitkin tuleva kaasu, noin 2,5 mrd kuutiota vuosittain, on Gazpromin eli siten Venäjän valtion kontrollissa.

9.3.2.2 Öljy

Transneft on Venäjän öljynviennin valtionmonopoli, mutta luonteeltaan hyvin erilainen kuin Gazprom. Transneft on puhtaasti öljyn kuljetus- ja vientiyritys, jolla ei ole tuotantotoimintaa. Transneft vie noin 85 % Venäjällä tuotetusta öljystä sekä noin kolmanneksen Venäjän tuottamista öljytuotteista. Kaasun tavoin öljyn vienti on siten pitkälle Venäjän valtion kontrollissa. Öljyputkiverkoston ja Venäjän omien satamien käyttöä on edistetty siten, että rautatietariffeja nostettiin oleellisesti niiden reittien osalta, joiden kuljetukset vietiin suuntautuvat ulkomaiden satamien kautta.

9.3.2.3 Ydinvoima

Ydinvoiman osalta kontrollia kuljetusreiteistä tulee tarkastella sekä uraanivirtojen että ydinvoimalateknologian viennin ja uraanisopimusten kautta. Rosatom -konserni vastasi 17 prosenttia maailmanlaajuisista uraanipolttoaineen markkinoista vuonna 2016 (Rosatom, 2017), joten sen kontrolli kuljetusreiteistä on teknisesti samankaltainen kaikissa konteksteissa: vienti on yrityksen monopoli. Kuitenkin niissä tapauksissa, joissa Rosatom toimittaa uraania sen itsensä rakentamille ja omistamille voimaloille, kontrolli kuljetusreiteistä on vahvempi ja tämän kontrollin merkitys suurempi. Esimerkiksi Fennovoiman rakennuttaman Hanhikivi I -voimalan tapauksessa Rosatom toimittaa ensimmäiset 10 vuotta myös laitoksen tarvitseman uraanin, kuin myös suurella todennäköisyydellä tämän jälkeenkin. Tällaisessa tapauksessa kontrolli kuljetusreiteistä voidaan lukita pitkälle tulevaisuuteen, ja näin osaltaan lisätä energiariippuvuuksien vaikuttavuutta. Pitää myös muistaa uraanisopimuksista puhuttaessa, että valtionyhtiö Rosatomilla ei ole ydinvoimaliiketoiminnalle asetetuista taloudellisista tavoitteista huolimatta Venäjän lainsäädännön silmissä velvollisuutta tuottaa voittoa. Tämä luonnollisesti mahdollistaa huomattavasti paremmin kontrollin säilyttämisen kuljetusreiteistä 'vapaan' kilpailunkin olosuhteissa, ts. em. sopimuksiin kirjattujen siirtymäaikojen jälkeen.

9.3.2.4 Bioenergia

Bioenergian kuljetukset on toteutettu hajautetusti rekoilla, laivoilla ja junakuljetuksin niin Suomeen kuin koko EU:n alueelle. Kuitenkin vienti toteutetaan vain muutaman rajanylityspaikan kautta ja näin ollen valtio pystyy jossain määrin hallitsemaan kuljetusreittejä. Tässä mielessä etenkin kaasuun ja uraaniin, mutta myös öljyyn verrattuna puupohjaisen energian kuljetusten logistinen monipuolisuus (meritiet, maantiet, rautatiet) asettaa kuitenkin rajoitteita näiden virtojen keskitetyille kontrollille, koska eri tason yksityisiä ja viranomaistoimijoita on huomattavasti enemmän rajat ylittävissä energiavirroissa kiinni kuin em. sektoreilla. Suomen näkökulmasta hake on pyöreän puun ohella keskeisessä asemassa bioenergian tuonnissa Venäjältä. Suomi tuo vuosittain 180 tuhatta tonnia puupohjaista raaka-ainetta Venäjältä, mikä käsittää 70 prosenttia tämän segmentin kokonaistuonnista. Myös pellettien hinta on laskenut merkittävästi Euroopassa ja voi antaa Venäjälle mahdollisuuden lisätä kauppaa, sillä Venäjä on lähempänä kuin esimerkiksi alalla kilpailevat pohjoisamerikkalaiset toimijat. Korkeamman pellettihinnan olosuhteissa venäläisen pelletin suhteellinen etu kanadalaiseen ja yhdysvaltalaiseen pellettiin verrattuna pienenee, koska korkean hinnan olosuhteissa kuljetuskustannusten osuus on pienempi. Riippuu siten hyvin paljon hintakehityksestä ja logistisen ketjun tehokkuudesta (erit.

metsästä pellettitehtaalle), kuinka Venäjä voi lunastaa potentiaalia tällä sektorilla (IRENA, 2017; Sikkema ym, 2014).

9.4 Energiaressurssien käytön turvallisuuspoliittiset päämäärät

9.4.1 Vaihe 3: Energiaressurssien käyttö poliittisiin tavoitteisiin

Arvio Venäjän kyvystä vaikuttaa energiapolitiikan kautta negatiivisilla ("keppi") tai positiivisilla ("porkkana") keinovalikoimilla Suomeen on luontevinta keskittää sektoreille, joissa Suomen riippuvuus Venäjästä jatkuu keskipitkällä aikavälillä ja, jotka on nostettu esiin Venäjän energiastategiassa (Venäjän energiaministeriö, 2017). Näin analyysin keskiöön nousee öljy ja maakaasu sekä ydinvoima ja biopolttoaineet.

Hiili (kts. vaihe I, 5.4) on luontevaa rajata pois tarkastelusta, sillä esimerkkejä sen muodostumisesta poliittiseksi kysymykseksi ei juurikaan ole, ja koska sen merkitys globaalissa energijärjestelmässä tulee kaikissa skenaarioissa vähenemään, vaikkakin sen varastoimisen helpouden vuoksi se pysynee osana Suomen huoltovarmuusvarastoja (TEM, 2016). Selvitystyön loppuvaiheen kokonaistarkastelussa venäläisen kivihiihen osuudella Suomen kivihiihen käytössä on kuitenkin merkitystä. Se alleviivaa sitä tosiasiaa, että kaikkien uusiutumattomien energiamuotojen (fossiiliset ja uraani) osalta Suomi on merkittäväällä tavalla riippuvainen ja kiinni venäläisessä energiassa ja sen infrastruktuureissa.

Bioenergia on luonteva ottaa mukaan tarkasteluun, sillä se on esillä vahvasti myös Suomen energia- ja ilmastostrategiassa (TEM, 2016) ja vastaavasti Venäjän energiastrategian luonnoksessa (Venäjän Energiaministeriö, 2017) sillä nähdään eniten potentiaalia uusiutuvista suuren mittakaavan vesivoiman jälkeen. Venäjä ei kykene tällä hetkellä kilpailemaan muiden uusiutuvan energiamuotojen kanssa ja se ei ole myöskään ottanut niiden lisäämistä keskeiseksi strategiseksi päämääräksi, vaikka siihen on suuri potentiaali (IRENA, 2017).

Sähkön osalta EU:ssa tapahtuva sähköistymiskehitys voi tuoda painetta myös hankkia lisää sähköä Venäjältä, vaikka energiansäästötoimet voivat tästä tarpeesta leikata merkittävän osan pois. Se vaatisi kuitenkin Venäjällä lisäinvestointeja sellaiseen sähköön, joka olisi hintansa tai ympäristöystävällisyytensä puolesta haluttavaa. Tähän mennessä ei ole nähty Suomessa tai muualla Euroopassa merkkejä siitä, että sähkön tuonnissa huomioitaisiin ympäristöystävällisyyttä, mutta tiukkenevan ilmastopolitiikan oloissa on oletettavaa, että myös sähkön tuonnin ympäristö- ja ilmastojalanjälkeä pyritään vähentämään. Lisäksi monet sähkön vähittäismyyntiyhtiöt hakevat markkinaosuuksia Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla ympäristövastuun avulla ja uusiutuvan energian käytön lisäämisellä.

Venäjän sähköä Pohjoismaiden markkinoille emoyhtiöltään ostava ja sen edelleen myyvä RAO Nordic (2017) hyödyntää myös vihreän sähkön kuvastoa markkinoinnissaan, vaikka ei mainitse portfoliossaan olevan uusiutuvaa energiaa. Panostuksia uusiutuvaan sähköön on kuitenkin vaikea kustantaa nykyisillä sähkön hinnoilla. Lisäksi sähkön hankinta Venäjältä on nousseiden hintojen takia vähentynyt. Tämä

taas on seurausta Venäjän sähkösektorin vuoden 2008 uudistuksesta, jonka kapasiteettimaksut sekä sähkökaupan siirtyminen venäläisten toimijoiden käsiin tyrehtyivät Suomen viennin vuodesta 2012 (Fingrid, 2017a). Viime vuosina vaihtelua tuonnin määrissä on ollut paljon¹², ja tarjonnan pitäisi joko huomattavasti vähentyä Nord Poolissa tai Venäjän olisi onnistuttava pudottamaan sähkön hinta alle Nord Poolin hinnan. Jos siis oletetaan, että Venäjän sähkön hinnat kapasiteettimaksuineen pysyvät ennallaan ja sähköntuotantokapasiteetti kasvaa Pohjoismaissa vähintään nykyistä tahtia, sähkökaupan kasvu Venäjältä on hyvin epätodennäköistä minäkään skenaarion tilanteessa.

Kuitenkin Venäjän tuonnilla on ollut ääritilanteissa tärkeä merkitys. Tällainen koettiin tammikuussa vuonna 2016, jolloin Suomi toi sähköä kaikkialta lähes täydellä kapasiteetilla. Venäjä kykeni vastaamaan kysyntään, koska ortodoksisen joulun ansiosta sen omat sähköä kuluttavat tuotantolaitokset seisoivat ja sähköä riitti myytäväksi.

EU:ssa etenevä yhteisiin markkinoihin perustuva järjestelmä (sähkön ja kaasun osalta) (Szulecki ym, 2016) heikentäne mahdollisuuksia käyttää energiasopimuksia poliittisiin käyttötarkoituksiin, vaikkakin uusiutuva energia itsessään ei estä esimerkiksi uusien monopolien tai dominoivasti markkina-asemaa käyttävien yritysten syntymistä (Scholten & Bosman, 2016). Vastaavasti kuitenkin erityisesti ydinvoima institutionalisoi valtaa pitkäaikaisella infrastruktuurilla (Oxenstierna, 2014).

Kaasun osalta Suomi on lähes täysin riippuvainen venäläisestä kaasusta, mutta sen kysyntä on vuoteen 2010 verrattuna laskenut alle puoleen. Vuonna 2015 kysyntä oli vähäisempää kuin hiilen ja öljyn (hieman yli 20 TWh) (kts. luku 4.2.4). Suomalainen Gasum on maksanut pitkään kaasusta halvempaa hintaa kuin esimerkiksi monet Itä-Euroopan maat, vaikka Suomi on pieni markkina, mutta viime aikoina tämä tilanne on muuttunut. Toisaalta samalla, kun Suomen valtio osti Gazpromin neljänneksen omistusosuuden yhtiöstä, kaasusta maksettua hintaa onnistuttiin jälleen laskemaan. Saksan alhaisempi hinta selittyy suurilla, kilpailuilla markkinoilla ja volyymeillä, mutta Suomen suhteellisen alhainen hinta putkikaasusta on ollut viime vuosiin saakka selvä poikkeus. Esimerkiksi Puola on maksanut venäläiskaasusta korkeampaa hintaa kuin Suomi, vaikka on Suomea suurempi markkina ja samalla tavalla putkikuljetusten varassa (Bochkarev, 2017).

Koko kaasukaupan 40-vuotisen historian ajalta ei ole tiedossa yhtäkään tapausta, jolloin kaasun virta Neuvostoliitosta ja Venäjältä Suomeen olisi katkennut. Päinvastoin Gazpromin verrattain huokea hinta on toiminut ”porkkanana”, mikä on osaltaan hillinnyt strategisen siirtymän syntymistä Venäjälle turvallisuuspoliittisesti merkittäväällä suunnalla. Toisaalta vaikka Gazpromin kaasu on Suomessa edelleen halvempaa kuin monissa vertailumaissa, vähenee sen käyttö meillä nopeasti. Tämä johtuu huonosta kilpailukyvystä voimantuotannossa. Tämä on venäläisille kannustin pitää hinta alhaalla.

Poikkeavia hintoja voidaan toki perustella markkinaosuuksien säilyttämisellä tai suomalaisen energiakentän erityisvaatimuksilla (esim. lämmön ja sähkön yhteistuo-

¹² Sähkön tuonti on kokonaisuudessaan kasvanut, mutta Venäjän osalta sähkön tuonti oli vuonna 2016 puolet vuoden 2011 luvuista (Energiateollisuus 2017)

tannolla), jotta suomalaiset yritykset eivät investoisi korvaaviin energialähteisiin. Tarve edistää Balticconnector -kaasuputkihanketta Euroopan energiaunionin raa-meissa energijakeiden kuljetuksen, integroidumpien markkinoiden ja energiaturvallisuuden näkökulmasta (katso 3.3.1) kuitenkin puhuvat sen puolesta, että riippumattomuus yhtä reittiä pitkin saapuvasta venäläisestä kaasusta on merkittävämpää kuin Gazpromin tarjoaman suhteellisen alhaisen kaasun hinnan hyödyt. Balticconnector -hankkeella on siten energiaturvallisuuden kannalta positiivisia vaikutuksia, sen vähentäessä riippuvuutta venäläisen putkikaasun saatavuudesta. Monopolitilanteessa se, että katkoja ei ole ollut 40 vuoteen ei tarkoita sitä, etteikö niitä olisi missään tilanteessa myöskään tulevaisuudessa.

Suomen maakaasumarkkinauudistuksen virallisena tavoitteena ei ole päästä eroon venäläisestä kaasusta, eikä siten Suomen valintoja haluta rinnastaa Baltian maiden ja Puolan politiikkaan. Balticconnector -hanketta perustellaan sillä, että se tuo vaihtoehtoja kaasunhankintaan, kilpailua kaasumarkkinoille ja sitä kautta lisää kaasun kilpailukykyä energiamarkkinoilla. EU:n komissio on myös kilpailututkinnallaan saamassa muutoksen Gazpromin selektiiviseen hinnoitteluun. Gazprom on tämän seurauksena tarjonnut maaliskuussa 2017 komissiolle sitoumuksia, joiden perusteella Itä-Euroopan ja Baltian maat saavat kaasusopimuksiinsa hinnoittelulausekkeet, joissa hintareferenssi tulee Saksan ja Keski-Euroopan kaasuhubien hinnoista. Myös Suomessa halutaan päästä hyödyntämään näitä uusia ehtoja.

Venäjän kyky vaikuttaa Suomeen kaasuvirtojen kautta on siten pienentymässä. Esimerkiksi Porin ja Tornion LNG-terminaalien kapasiteetti on rajallinen ja se riittäisi vain pienelle määrälle nykyisistä käyttäjistä siinä tapauksessa, että putkikaasun tulo Venäjältä estyisi. Tällainen toimi olisi kuitenkin kallis operaatio. LNG:n lisäksi Suomen kaasua käyttävät energia- ja teollisuuslaitokset voivat kaasun tulon estyessä siirtyä käyttämään kevyttä polttoöljyä. Riippuvuus venäläisestä kaasusta on merkittävästi vähentynyt myös teollisuus- ja energialaitosten siirryttyä käyttämään kaasun sijasta edullisempia biopolttoaineita viime vuosina. Tämä on myös ollut yksi syy siihen, miksi Gazprom on alentanut kaasun hintaa. Yhtiö on halunnut pysyä markkinoilla mukana. Riippuvuutta vähentävänä tekijänä on pidettävä myös sitä, että Gasum ostettiin kokonaan valtion haltuun Gazpromilta, E.ON:lta sekä Fortumilta sekä sitä, että maakaasumarkkinalaki erottaa kaasun siirron ja kaasun myynnistä vuodesta 2020 eteenpäin. Kaasunsiirtoverkko tulee tällöin kaikkien halukkaiden markkinaosapuolien käyttöön. Haminan Energia ja virolainen Alexela rakennuttanevat sijaintinsa vuoksi kaasuputkeen liitettävissä olevan terminaalin Haminaan, millä on myös vaikutuksensa Suomen energiaturvallisuuteen. Tätä merkittävämpi on kuitenkin em. Balticconnector, jota kautta Suomelle tulee pääsy Liettuan LNG-terminaaliin sekä Latvian kaasuväylään. Lisäksi Puolasta on tarkoitus rakentaa yhdysputki Liettuaan, joka mahdollistaisi Baltian ja Suomen kaasuverkkojen yhdistämisen Keski-Euroopan kaasuverkkoihin.

9.4.2 Öljy

Pohdittaessa Venäjän vaikutuskeinoja öljysektorilla on luontevaa huomioida Nesteen rooli Suomen ja Venäjän energiamarkkinoilla. Kylmän sodan aikana Neste, kuten muutkin suuryhtiöt, joutui tasapainottelemaan lännen ja idän välillä (vrt. Kuisma, 1997). Myöhemmässä historiantutkimuksessa Neste ja erityisesti Porvoon

jalostamo on nostettu esiin yhtenä strategisena kohteena. Nesteen historiikin kirjoittaneen Markku Kuisman mukaan "suomalaista öljynjalostusta ei olisi syntynyt lainkaan, jos se olisi riippunut Washingtonin, Lontoon tai Moskovan tahdosta." (Kuisma, 2016) USA ja Iso-Britannia uhkasivat Suomea kauppasuhteiden katkeamisella ja vastaavasti Neuvostoliitto pelkäsi, että Leningradin (Pietarin) kupeeseen tullut öljyjalostamo oli "Naton salajuoni". Lännessä pelättiin, että Suomi ajautuisi liian riippuvaiseksi Neuvostoliitosta. Vaikka öljymarkkinat ovat tämän jälkeen muuttuneet markkina- ja sijoittajavetoisimmiksi ja tätä kautta tietyllä tavalla epäpolitisoituneet, historialliset kytkökset esimerkiksi infrastruktuurin osalta eivät ole kadonneet minnekään (Kuisma, 1997; 2016).

Energiajärjestelmän kehittymisen ja monipuolistumisen ja öljyn saatavuuden helpotumisen myötä Suomen riippuvuus venäläisestä öljystä olisi siis voinut vähentyä. Kuitenkin käytännössä, johtuen pitkälle sekä raaka-aineen edullisesta hinnasta että öljynjalostusinfrastruktuurista ja -kemiasta, suurin osa Nesteen käyttämästä öljystä on edelleen venäläistä Urals-laatua (noin 75 – 90 prosenttia, vuodesta riippuen), ja loppuosa tuodaan etupäässä Norjasta. Öljykaupan roolia strategisena välineenä on täsmällisesti vaikea arvioida, sillä kyse on liikesalaisuuksista. Yhdenlainen merkki riippuvuuden voimasta on se, että toisin kuin kaasun osalta, emme ole nähneet öljyn ostamisen osalta hajauttamispyrkimyksiä pois venäläisen öljyn dominoivasta roolista viime vuosina. Vaakakupissa painanee se seikka, että Nesteen jalostamot ovat löytäneet oman "ekologisen lokeronsa", taloudellisen menestymisen keinonsa, juurikin runsasrikkisen venäläisen öljyn jalostamisesta korkealuokkaisiksi öljyjalosteiksi, joiden markkina-alueena on koko maailma. Nesteen rooli öljy- ja kaasuvirtojen menestykselläänä hyödyntäjänä korostuu, kun katsoo Suomeen tuodun öljyn matkaa jalostuksen jälkeen: Suomeen tuodusta raakaöljystä (vuonna 2014 14,2 milj. tonnia) vain kolmannes (noin 5 miljoonaa tonnia) jää Suomen markkinoille, ja vientiin menee kaksi kolmannesta (noin 14 miljoonaa tonnia) (Venäläinen, 2015).

Venäläisten öljyvirtojen tuottamia riippuvuuksia ei kuitenkaan voida tarkastella yksin, vaan niitä tulee katsoa energiapolitiikan realiteettien ja teknisten, infrastruktuurit yhteen liittävien prosessien kautta. Öljy ja kaasuvirrat yhtyvät juurikin Nesteen toiminnassa strategisessa mielessä: verrattain huokea kaasu, jota Neste käyttää öljynjalostusprosesseissaan, ja runsasrikkinen, hieman halvempi Urals-öljy tekevät Nesteestä ja tätä kautta Suomen valtiosta keskeisen vallitsevista energiavirroista taloudellisesti hyötyvän tahon. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna Venäjän intresseissä on ylläpitää näitä virtoja ja infrastruktuureja, eikä missään nimessä uhata niitä tyrehtymisellä, kuten keskisen Itä-Euroopan maiden tapauksissa on historiallisesti tapahtunut. Taloudellinen ja sitä kautta poliittinen vaikuttavuus syntyy siis siitä, että virrat säilyvät, mutta luonnollisesti virtojen katkeamisesta koituisi Nesteelle eli siten Suomelle taloudellisia menetyksiä.

9.4.3 Ydinvoima

Suomessa on tällä hetkellä neljä käytössä olevaa ydinreaktoria, joista kaksi on alkuperältään venäläistä teknologiaa. Ydinpolttoaine näihin reaktoreihin hankitaan Venäjältä, mutta se on hankittavissa myös muualta maailmanmarkkinoilta, kuten vuosia hankittiinkin Englannista ja Espanjasta. Ydinvoimasektorilla keskeinen Fenovoima-hanke käynnistyi saksalaisen E.On-konsernin ja suomalaisten teollisuus-

ja energiayhtiöiden projektina, jolle Suomen valtio myönsi periaatepäätöksen vuonna 2010. E.On:in ja muutaman muun alkuvaiheen osakkaan vetäytyttyä syntyi tilanne, jossa hankkeeseen tarvittiin mukaan uusi tekniset ja taloudelliset resurssit omaava toimija. Tällöin hankkeen suomalaiset osakkaat ilmeisesti näkivät Rosatomin tarjoaman ratkaisun parhaaksi projektin toteuttamiseksi.

Huoltovarmuuskeskus on puoltanut Hanhikiven ydinvoimalan rakentamista Suomen sähköntuotantokapasiteetin alhaisen tason ja näköpiirissä olevan poistuman, ts. sähköhuoltovarmuuden turvaamiseen liittyvien ongelmien takia (Valtanan, 2015). Kun Loviisan reaktoreiden polttoaine tuodaan Venäjältä ja TVO puolestaan tuotoksiinsa polttoaineen muualta, polttoaineen tuontia on hajautettu energiaturvallisuutta lisäten. Käytännössä laitoksilla on oltava polttoainetta kahteen lataukseen, joten riippuvuus tuonnista on aikaskaalalla mitattuna aivan toista luokkaa (kuukausissa) kuin sähkön tai kaasun osalta (minuuteissa, päivissä). Vaikka Hanhikiven hankkeen jälkeen Suomen riippuvuus venäläisestä uraanista kasvaa, voimalaitoksessa käytetään sellaista käytetystä polttoaineesta jalostettua ydinpolttoainetta, jota on saatavissa myös muista lähteistä kuin Venäjältä. Kaupallinen sopimus polttoaineesta on kuitenkin tehty 10 vuodeksi Rosatomin kanssa.

Fennovoiman ja Rosatomin välinen sopimus mahdollistaa Venäjälle tärkeän referenssin ja tuo Venäjälle mahdollisesti myös energiatuloja. Voimalaitos rahoitetaan ensi sijassa Venäjän kansallisen hyvinvointirahaston varoin, ja hankkeen kustannusarvio on erittäin kilpailukykyinen verrattuna muihin ydinvoimatoimittajiin. Valtionyrittäjä-Rosatomille, jolla ei ole lain silmissä velvollisuutta tuottaa voittoa, ainoastaan edistää Venäjän etua, on siten mahdollista tarjota Suomelle merkittävästi halvempi ydinvoimalaitos. Suomi saa merkittävän sähkön perustuotantoa ylläpitävän, ilmastokannalta vähäpäästöisen voimalaitoksen, joka lisää myös Suomessa tuotetun sähkön osuutta sähköjärjestelmässä. Hanhikiven yksikkö siis vahvistaa sähkön osalta energiaturvallisuutta pitkällä aikavälillä, vaikka lisää Suomen kokonaisriippuvuutta venäläisestä energiasta kasvavan ydinpolttoainehankinnan kautta. Laitoksen omistajat saavat sähköä omistussuutensa suhteessa omakustannehintaan. Omakustannushinta sisältää laitoksen kaikki kustannukset, ml. rahoituskustannukset. Rakentamislupahakemuksen mukaan Rosatom on taannut, että omakustannehinta on alkuvuosina 50 €/MWh. Osakkaiden näkökulmasta takuuhinta on hintasuojaus sähkön hankinnalle, ja siten edullinen Fennovoiman osakkaille korkean sähkönhinnan (yli 50 €/MWh) tilanteessa. Toisaalta takuuhintaan liittyy myös riski. Jos sähkön markkinahinta laskee tai jää pysyvästi nykytasolle, suomalaiset osakkaat joutuvat nykyisellä sopimuksella hankkimaan energiaa hinnalla, joka ei ole kustannustehokas. Hintariskin toteutuessa tämä on yksi komponentti muiden joukossa, joka saattaa aiheuttaa kitkaa venäläisten ja suomalaisten toimijoiden välillä, ja siten voimistaa energian politisoitumista. Rosatom eli Venäjän valtio voi esimerkiksi ottaa itselleen suuremman taakan kannettavaksi matalan sähkönhinnan tilanteessa, ja siten tukea suomalaisia omistajia.

Fennovoima – Rosatom – Fortum -neuvotteluiden kulku vuodesta 2014 eteenpäin kuvaa hyvin energiankaupan, etenkin ydinvoimaloiden kaltaisten suurhankkeiden moniulotteista luonnetta, jossa yhdistyvät talous-, energia-, ympäristö- sekä sisä- ja ulkopoliittika. Se, että ydinvoimalan päätöksentekoprosessissa joustettiin luvatuista aikarajoituksista, ja valtiovalta oli tiiviisti mukana prosessin joka vaiheessa (vaikka

kyse on yksityisestä yrityksestä, Fennovoimasta), sekä Fortumin lähteminen osakkaaksi hankkeeseen kertoo venäläis-suomalaisen ydinvoimayhteistyön ja -liiketoiminnan vahvoista ulkopoliittisista kytköksistä. Suomen hallitus oli asettanut Eduskunnalle kesälle 2015 takarajan, jonka puitteissa päätös hankkeesta olisi tehtävä (Tikkala, 2015) ja 60 prosentin kotimaisuusaste omistuksen suhteen olisi saatava. Venäläiseksi, Venäjän valtion rahoittamaksi bulvaaniksi osoittautuneen Kroatian rekisteröityneen pienyrityksen avulla Rosatomin kuitenkin onnistui siirtää tuota takarajaa (vrt. Nikkanen, 2015). Vasta Fortumin lupaamalla investointiosuudella kotimaisuusaste saavutettiin. Fortumin toimitusjohtaja totesi lausunnossaan, että ”Osallistuminen hankkeeseen ei ollut Fortumin tavoite, mutta se mahdollistaa Fennovoiman hankkeen etenemisen siinä aikataulussa, jonka Suomen hallitus on sille asettanut” (Fortum, 2015). Tämä kuvaa erinomaisesti sitä valtio- ja ministeriötason painetta, jota tämä Suomen valtion enemmistöomisteinen pörssiyritys sai osakseen Moskovassa käytyjen neuvotteluiden aikana ja jälkeen (Hakala, 2015).

On merkkejä siitä, että Venäjän näkökulmasta ydinvoimayhteistyö on yksi Suomen ja Venäjän suhteiden ykkösprioriteetti. Tätä indikoi presidentti Putinin puhe Savonlinnassa kesällä 2017, jossa tämä korosti Venäjän hyvinvointirahaston ja Rosatomin investoinnin kokoluokan suuruutta (Venäjän presidentti, 2017). Kuten muissakin vastaavissa kohteissa, Rosatom on yhdessä Venäjän ulkoministeriön kanssa aloittanut ”humanitaarisen ohjelman” toteuttamisen osana Fennovoima-hanketta. Ohjelman tavoitteena on tuottaa positiivista maakuvaa Venäjästä, lujittaa ”maiden välistä solidaarisuutta ja yhteistyötä” ja kasvattaa uusi ydinvoima-sukupolvi ”mahdollisimman yhtenäisen koulutuksellisen ja eettisen mallin mukaisesti”. (Ria Novosti, 2016; Rosatom, 2017) Näin Fennovoima-hanke on tullut osaksi venäläistä koulutusvientiä, johon liittyvät mahdolliset poliittiset riskit edellyttäisivät erillistä tarkastelua.

Fennovoima-hankkeeseen liittyviä poliittisia riskejä on prosessin aikana arvioitu esimerkiksi Ulkoministeriön taholta. Ulkoministeriön lausunto toteaa, että ”Fennovoima Oy:n hanke on ja tulee jatkuessaan pysymään hankkeen taloudellisen, ja Venäjälle sen poliittisen merkittävyyden vuoksi Suomen ja Venäjän välisellä poliittisella agendalla. Jos hanke etenee ongelmitta, hankkeella on myönteinen vaikutus Suomen ja Venäjän välisiin suhteisiin. Hankkeeseen sisältyy kuitenkin riskejä, jotka voivat hankkeen kautta laajemmin heijastua ongelmoina myös Suomen ja Venäjän välisiin suhteisiin.” (UM, 2016)

Kuten Ulkoministeriön lausunto linjaa, hanke ja ydinvoimayhteistyö ylipäättään ovat osa Suomen ja Venäjän välisten hyvien suhteiden edistämistä, jos hanke etenee ongelmitta. Kansainvälisten, Venäjän ydinenergiasektoria koskevien pakotteiden mahdollinen asettaminen, hankkeen mahdollisesta viivästyisestä Venäjälle koituvat taloudelliset ja symboliset menetykset sekä teknologiaan ja rahoitukseen potentiaalisesti liittyvät ongelmat voivat heijastua myös Suomen ja Venäjän välisiin suhteisiin ja sitä kautta esimerkiksi suomalaisten yritysten mahdollisuuksiin toimia Venäjällä.

Maria Kopsakangas-Savolainen¹³ on analysoinut sähköntuotannon taloudellisuutta mallilla, jossa tuulivoiman osuuden sähköntuotannossa on oletettu olevan 20 % (nyt 4 %) koko sähkön tuotannosta vuonna 2035, ja ydinvoiman oletetuksi kapasiteetiksi on arvioitu 4500 MW (mukaan lukien Olkiluoto 3 ja Hanhikivi 1). Tuulivoiman 20 % osuus sähkön tuotannosta vastaisi Suomen kulutuksella yli 7 GW:n tuulivoimakapasiteettia, mikä suunnilleen vastaa tämän selvityksen nopean kehityksen skenaarion tuulivoimakapasiteettia Suomessa vuonna 2040 (kts. myös luku 5.5.1). Malli ennustaa, että tässä tilanteessa joustamaton tarjonta, eli käytännössä ydinsähkön tuotanto ylittää kysynnän (vrt. Huuki ym, 2017; Kopsakangas-Savolainen & Svento, 2013). Mallissa ydinsähkön huippukapasiteetin on arvioitu olevan 5500 MW vuosina 2024-27, jolloin Loviisan molemmat yksiköt ovat vielä toiminnassa. Tästä voi tehdä johtopäätöksen, että Fennovoiman hanke ja sen synnyttämä polkuriippuvuus voisivat osaltaan myötävaikuttaa siihen, että laajamittainen siirtyminen uusiutuvaan energiaan sähköntuotannossa ei onnistu. Hanhikivi 2:n rakentaminen, joka on jo Venäjän ulkopoliittisella agendalla, estäisi vaihtelevaan tuotantoon (tuuli- ja aurinkovoima) perustuvan uusiutuvan sähköntuotannon kasvattamisen, koska lisääntyvät erittäin halvat sähköntuotantotunnit söisivät ydinvoiman kannattavuutta. Sähköjärjestelmässä on kuitenkin mekanismeja, joilla joustamattomaan tuotantoon voidaan varautua, eikä tällainen tilanne ole ainakaan lähitulevaisuudessa kovin todennäköinen. Kun sähköjärjestelmän joustavuus vähenee perinteisesti säätyvän tuotantokapasiteetin osuuden vähentyessä, tulee kysyntäjoustomekanismeja kehittää, jotta sähkön ylitarjonnan vaikutusta sähkön hinnassa voidaan tasoittaa. Muiksi vaihtoehdoiksi jää sähkön myyminen Suomen rajojen ulkopuolelle tai ydinvoimalaitoksen tehon säätäminen, mutta silloin myös ydinvoimalaitoksen kannattavuus alenee.

9.4.3.1 Bioenergia

Vuonna 2008 Venäjällä astuivat voimaan puuraaka-aineita koskevat vientitullit (Euroopan komissio, 2008; Jutila ym, 2010). Ne asetettiin virallisen argumentaation mukaan siksi, että venäläinen korkeateknologinen puunjalostusteollisuus menestyisi ja hankkisi investointeja Venäjälle. Liki vuosikymmen myöhemmin on vain vähän näyttöä, että tässä tavoitteessa olisi edistytty. Pyöreän tukkitavaran ja raakapuun tullit kohosivat voimakkaasti, jolloin (laillinen) vienti esimerkiksi Suomeen ja Kiinaan väheni. Veromuutos kuitenkin paransi venäläisen bioenergiaviennin kannattavuutta, koska hake ja puupelletti jäivät veronkorotuksen ulkopuolelle. Tämän vuoksi venäläisen puuraaka-aineen tuonti Suomeen putosi 50 prosentilla, 15:a seitsemään miljoonaan kuutioon vuodessa vuosien 2007-2010 välillä, hakkeen ja pelletin osuukseen kasvaessa voimakkaasti. Muutos kuitenkin heikensi pohjoismaisen, erityisesti suomalaisen metsäteollisuuden kannattavuutta, ja oli yksi merkittävä syy digitalisaation ohella, joka johti suomalaisten metsäteollisuuden tuotantolaitosten sulkemiseen sen hetken vaikeassa markkina- ja taloustilanteessa (Jutila ym, 2010; Tynkynen, 2014).

Samaan aikaan, kun uudet tullitasot asetettiin, käytiin neuvotteluja Venäjän WTO-jäsenyyden ehtoista. Päätös vaikutti merkittävästi Suomelle tärkeään metsäteollisuuteen, ja heikensi myös metsäosaamisen ylläpitämistä Venäjällä (Jutila ym.

¹³ Maria Kopsakangas-Savolainen: Esitys "Demand response with large scale intermittent production" Suomen Tuulivoimayhdistyksen vuosiseminaari 26.10.2017, Espoo)

2010). Suomi tuki Venäjän WTO-jäsenyyttä, mutta asetti puutullien poistamisen Venäjän jäsenyyden tukemisen ehdoksi. Venäjä ajoi erittäin voimakkaasti itselleen siirtymäaikoja WTO-säädösten täytäntöön panemiseksi teollisuutensa suojelemiseksi kilpailulta. Venäjästä tuli WTO:n jäsen, hyvin pitkien siirtymäaika säännösten saattamana, vuonna 2012 (WTO, 2012), jolloin myös puutulleja laskettiin merkittävästi, mikä paransi Suomen tuonnin kannattavuutta (Metsäteollisuus, 2012). Puutulliasia oli Suomelle merkittävä aihe, eikä siten voida sulkea pois sitä mahdollisuutta, että Venäjä, asettamalla neuvottelujen alla puutullit, paransi asetelmiaan neuvotella muilla WTO:n kauppasektoreilla itselleen parempia ehtoja kuin ilman puutulliepisodia (vrt. Tynkkynen, 2014). Puutullitapaus onkin hyvä esimerkki siitä, miten luonnonvarojen virtojen kautta voidaan vaikuttaa monilla, pintavilkaisulla toisiinsa liittymättömillä poliittisilla areenoilla, vaikkei voidakaan aukottomasti osoittaa oliko päätöksellä tarkoitus vaikuttaa Suomeen.

9.5. Johtopäätökset

9.5.1. Vaihe 4: Kohteena olevan valtion reaktiot

Edellä kuvatun analyysimallin viimeisessä vaiheessa pohditaan vaikuttamisen kohteena olevan valtion tai yhteisön reaktioita vaikuttamiseen. Kyse on siitä, miten energiakaupan käytänteet, virrat ja politiikat ovat vaikuttaneet Suomen toimiin energiapolitiikan kentällä ja kuinka käsityksemme energiaturvallisuudesta rakentuu.

Yleisesti Suomessa tiedostetaan energiariippuvuus Venäjästä, mutta sitä pidetään helposti hallittavana – tuontipolttoaineita ja -sähköä saadaan talven kysyntähuipuisissa ja yleisissä poikkeustilanteissa. Huoltovarmuusajattelu Suomessa nojaa siten putket ja kaapelit poikki -skenaarioon, joka on yleinen, joskin riittämätön lähestymistapa energiaturvallisuuteen. Tämän lisäksi Suomessa, kuten EU:ssa laajemmin, maailma nähdään edelleen hyvin pitkälti liberaaleille arvoille ja rauhaan, demokratiin ja vapaakauppaan perustuvalla järjestykselle pohjautuvana, johon olennaisena osana kuuluu ajatus kansainvälisen kaupan positiivisista vaikutuksista kaikille osapuolille.

Viime aikojen kehityskulut, kuten Kiinan ja Venäjän vahvistuminen osoittavat maailman kehittyneen suuntaan, jossa valtiot tavoittelevat sotilaallista valtaa ja turvallisuutta, ja jossa talous on vain yksi monista elementeistä geopolittisissa valtapeleissä (Goldthau & Sitter, 2015; Wigell & Vihma, 2016). Keskeistä on siis tiedostaa, että talous ja kauppa ovat entistä enemmän alistettu erilaisten (ulko)poliittisten päämäärien tavoitteluun. Kaupan ja hyödykkeiden virtojen kautta tuotettu vaikutusvalta perustuu näiden virtojen ylläpidon kautta muodostuviin riippuvuussuhteisiin, taloudellisiin hyötyihin ja poliittiseen ”hyvään tahtoon” (good will), ja mikä tärkeintä, uhkaan sen puuttumisesta.

Tätä taustaa vasten on kiinnostavaa, että Suomessa Fennovoima on pyritty esittämään valtiovallan ja monien yritysten taholta yksinomaan talous-, ympäristö- ja energiapolitiittisena kysymyksenä. Samoin toimittiin Nord Stream II -hankkeen kohdalla, joka ei liity suoraan Suomen energiapalettiin, mutta joka liittyy Fortumin potentiaalisen Uniper-kaupan kautta Fortumin sekä Suomen valtion intresseihin. Syvällisempiä ulko- tai turvallisuuspoliittisia arvioita ei ole katsottu tarpeelliseksi. Mo-

lemmat tapaukset kertovat virallisen Suomen suhtautumisesta energiakauppaan ja sen puitteissa toteutettaviin suurhankkeisiin. Suomi haluaa korostetusti määritellä energiakaupan ulko- ja etenkin turvallisuuspolitiikan kenttien ulkopuolelle. Tämä siitä huolimatta, että kaikille prosessia seuranneille on selvää, että hanke kytkeytyy keskeisellä tavalla Venäjän ja Suomen välisiin suhteisiin (vrt. UM, 2016; Venäjän Presidentti, 2017).

Bioenergian saralla Suomen reaktioita on vaikea arvioida. Bioenergia kuitenkin kytkeytyy osaksi laajempaa teollisuuspoliittista kysymystä ja Suomen ja Venäjän suhteita edellä käsitellyn puutullikysymyksen kaltaisten prosessien kautta. Vaikka Venäjä on metsäteollisuuden raaka-ainevirtoja säätelemällä tehnyt puutuotteiden kautta ulkopoliittista vaikuttamistyötä, on itse bioenergiakauppa joko tiedostaen tai tiedostamatta jäänyt tämän politisoinnin ulkopuolelle. Tämä jopa siinä määrin, että puutulleja muuttamalla todennäköisesti tahattomasti käynnistettiin bioenergian tuotantopotentialin kasvu venäläisillä sahoilla ja muissa metsäteollisuusyrityksissä, ja siten bioenergian viennin kasvu Suomeen ja Euroopan Unioniin.

Suomen reaktioita ja reaktioiden puutetta ei kuitenkaan tulisi tarkastella pelkästään yksittäisten sektoreiden (öljy, kaasu, uraani/ydinvoima, kivihili, puu) rajojen sisällä, mikäli tavoitteena on ymmärtää Venäjän energiadiplomatian vaikuttavuutta. Venäjän päättäjät tarkastelevat kauppakumppaneitaan strategisesta, geoeconomisesta näkökulmasta: kaupapolitiikkaa toteutetaan kokonaisuutena valtion tarpeista käsin. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka Gazprom käy kaasuntoimitusneuvottelunsa vain Gasumin kanssa tai Rosneft sopii öljynkaupoista vain Nesteen kanssa, emme voi tietää miten näiden sektoreiden puitteissa Venäjällä tehdyt valinnat heijastuvat esimerkiksi ydinvoimasektorilla tehtyihin valintoihin, koska Venäjän strategisten asiakirjojen ja ulko- ja turvallisuuspoliittisen ajattelun (kts. luvut 7 ja 8) näkökulmasta suhteita rakennetaan kokonaisvaltaisen strategisen toiminnan näkökulmasta, ei sektoreittain.

Näyttääkin siltä, että Suomessa tiedostaen tai tiedostamatta halutaan unohtaa tämä seikka, ja siten tietyllä tavalla myös säilyttää määrittelyvastuu energiaturvallisuudestamme yritysmaailmalle. Suomen merkittävää energiariippuvuutta Venäjästä (70 % energiantuonnista) perustellaan joko taloudellisella kannattavuudella, pureskelematta tarkemmin mitä alhaisen hinnan tai suotuisten ehtojen vastalahjana meiltä mahdollisesti odotetaan. Tällä viitataan siihen, että Suomessa halutaan korostetusti määritellä energian kautta synnytyt ja ylläpidetyt riippuvuudet yksityisen taloudellisen intressin kautta. Kuitenkin Suomen valtio monin eri kytköksin (vrt. Neste öljyn ja kaasun osalta ja Fortum ydinvoiman, kaasun ja Nord Stream II –hankkeen osalta) on kiinni näissä taloudellisissa riippuvuuksissa.

Kuten ulkoministeriön lausunto Fennovoima – Rosatom -hankkeesta hyvin kuvaa, energiakauppa on tärkeä osa Venäjän ja Suomen välisiä hyviä suhteita. Jos Suomi saa energiansa ja energiantuotantoinfrastruktuurinsa verrattain halvalla hinnalla, on paikallaan pohtia mitä tästä voi seurata. Esimerkiksi Fennovoima-hankkeen vaikutus Suomen linjaan Venäjälle asetettujen pakotteiden näkökulmasta on olennainen kysymys. Ydinvoiman porkkanahankkeet ovat osaltaan voineet vaikuttaa Venäjälle asetettujen pakotteiden fokukseen. On erikoista, että ydinvoimasektori ja Rosatom on jätetty tyystin pakotteiden ulkopuolelle, vaikka esimerkiksi uudet öljyalan projektit

kuuluvat pakotteiden piiriin. Rosatomilla on Fennovoima-hankkeen lisäksi vireillä kaksi ydinvoimalahanketta Unkarissa (Aalto ym, 2017).

Suomalaisessa energiaturvallisuuskeskustelussa viitataan usein siihen, että kaikki Venäjältä tuotavat energiavirrat ovat reaalisesti korvattavissa. Käytännössä tämä on mahdollista häiriö- tai kriisitilanteessa mutta normaalioloissa vain *hypoteettisesti*. Normaalioloissa hinta ja muut energiakaupan lainalaisuudet rajaavat yritysten vaihtoehtoja, kuten em. Nesteen tapauksella voidaan osoittaa. Venäjän nykyhallinto kuitenkin tietää sen, ettei kaiken venäläisen energian korvaaminen ole käytännössä mahdollista taloudellisista ja sisäpoliittisista syistä johtuen – ei Suomessa eikä koko EU-alueellakaan – joten liikkumavaramme ja valintamme ovat siten monessa mielessä rajatumpia kuin toisenlaisessa, fossiilisen ja uusiutumattoman energian osalta hajautetummassa energianhankintaskenaariossa.

Normaalioloissa Venäjän tuonnin korvaaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Suomen tai koko EU alueen päätös tuoda hiilivetyjä, kivihiltä ja urania muualta kuin Venäjältä, johtaisi hintojen nousuun ja siten yritysten voittomarginaalien supistumiseen. Se, mitä tämä tarkasti ottaen merkitsee Suomen tai EU:n talous-, energia-, ympäristö- ja ulkopoliittisten päätösten valinnanvapauden kannalta – mitä päätöksiä on tehty tai jätetty tekemättä näiden riippuvuuksien takia – on luonnollisesti äärimmäisen vaikea osoittaa.

Edellä on tarkasteltu Suomen ja Venäjän välisen energiakaupan prosesseja poliittis-taloudellisten vipuvarsien ja riippuvuuksien kautta. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 9-2) on koottu yhteen niitä tekijöitä, jotka kullakin energiasektorilla näytettyvät yksityiskohtaisen ja konkreettisiin tapauksiin nojaavan analyysimme näkökulmasta keskeisiltä. Taulukon lopussa on myös tärkeä tiivistys kokonaisriippuvuutemme merkityksistä ja logiikasta, jonka varassa suomalais-venäläinen energiayhteistyö ja ymmärryksemme energiaturvallisuudesta on kehittynyt.

Taulukko 9-2 Energia-ase –analyysimallin yhteenveto polttoaineittain, eli Venäjän turvallisuuspoliittisen vaikuttamisen keinot Suomen energiapolitiikkaan

	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4
Kaasu	Venäjän valtio kontrollissa Gazpromin omistuksen kautta	Vienti Gazpromin hallinnassa	Alhaisella hinnoittelulla on ylläpidetty asiakkuutta ja ”good williä”	Kaasun osuutta vähennetty energiapaleetissa ja uusi kaasuinfratahtää hajauttamiseen, mutta Neste Oy:n virrat säilyneet muuttumattomina
Öljy	Venäjän valtio omistaa 2/3 öljyntuotannosta	Valtion Transneft vie 85 % öljystä	Öljyvienti Suomeen on säilynyt korkeana ensisijaisesti geoekonomisista syistä	Öljyntuonti Venäjältä säilynyt korkeana (80-90 %) hinnan ja jalostusinfrastruktuurin inertian takia, jotka estäneet hajauttamissuunnitelmat
Ydinvoima	Valtionyhtiö Rosatom omistaa koko ketjun	Valtionyhtiö Rosatom kontrolloi koko ketjua	Venäläisen uraanin osuus on säilynyt korkeana hinnoittelun ja historiallisen, ydinvoimaloihin liittyvän asiakkuuden takia; Fennovoimalle ydinvoimala alhaisella rakennushinnalla ja sähköä takuuhinnalla	Ilmeisistä ulko- ja turvallisuuspoliittisista kytköksistä huolimatta ydinvoimayhteistyö ja -kauppa määritelty talouden käsittein; merkittävä kriisi EU:n ja Venäjän suhteissa ei muuttanut Suomen kantaa venäläiseen ydinvoimaan
Bioenergia	Venäjän bioenergiasektori yksityisissä käsissä; suuri määrä toimijoita	Bioenergian ja puuvienti valtion kontrollissa, mutta toimijat lukuisat ja yksityisiä	Bioenergian kauppa epäsuorasti politisoitunut puun vientipolitiikan takia; bioenergia irti suorista Venäjän valtiollisista vaikutusintresseistä	Bioenergiaan suoraan liittyviä reaktioita ei tunnistettavissa; potentiaalisesti haluttomuus lisätä tuontia Suomen oman metsäsektorin intressien takia
Kokonaisuutensa yhteisvaikutus	Suurin osa Venäjä – Suomi -energiakaupan venäläisistä toimijoista valtiollisia	Suurin osa Venäjä – Suomi energiakaupan virroista Venäjän valtion kontrollissa	Hinnoittelulla, hyvillä ehdoilla ja poliittisuuden minimoinnilla taataan jatkuvuus Suomen ja Venäjän välisten suhteiden kannalta tärkeässä energiakaupassa	Suomella tarve määritellä energiayhteistyö Venäjän kanssa talouden käsittein, alleviivaten tämän merkitystä hyvälle suhteille, jolloin 70 % tuontiriippuvuutta ei nähdä ongelmana, vaan luottamuksen osoituksena

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 9-3) puolestaan on vedetty yhteen maailmanlaajuisten energiasiirtymien metatason vaikutukset Venäjän toimijuuteen ja toimintatapoihin eri skenaarioiden valossa.

Taulukko 9-3 Yhteenveto skenaariotarkastelusta

	Perusskenaario	Nopea kehitys	Hidas kehitys
Venäjän energiatulot	Energiatulot ennallaan; vientimarkkinoiden fossiilienergian kysyntä säilyy	Energiatulot vähenevät hintojen putoamisen ja fossiiliseen energian laskevan kysynnän takia	Energiatulot säilyvät tai kasvavat vientimarkkinoiden fossiilienergian kysyntä pysyy ennallaan (EU) tai kasvaa (Kiina)
Geopoliittiset siirtymät	Aasia / Kiina kasvattaa kysyntää ja vaikutusvaltaa; Euroopan kysyntä ja vaikutus hieman laskee	Aasian / Kiinan kysyntä kaasulle kasvaa, mutta öljyn kysynnän lasku ja kilpailu kaasusektorilla kääntää kokonaisuuden Venäjän nykyisen agendan kannalta negatiiviseksi	Aasian / Kiinan merkitys Venäjälle korostuu; Venäjä on vahvemmassa asemassa EU:iin nähden; Venäjän vähähiilinen agenda jää marginaaliin
Venäjän toimintatapa	Venäjän talous kasvaa hitaasti mahdollistaen sotilaallisen varustautumisen nykytasolla; Venäjän agenda vähähiiliseen yhteiskuntaan siirtymiseksi olemassa, mutta muita jäljessä	Negatiivinen vaikutus varustautumiseen; kurjistuviin sosioekonomisiin oloihin voidaan vastata tiukentamalla sisäistä kontrollia; riippuvuus hiilivedyistä hidastaa energiamurrosta	Venäjän talouden vahvistumisesta merkittävä lisä Venäjän kykyyn varustautua sotilaallisesti; osatuloista yhteiskuntasopimuksen mukaisesti sosiaalisiin teemoihin ylläpitäen autoritääristä järjestelmää
Venäjän vaikutuskeinot	Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta pysyy ennallaan tai hieman laskee; panostaa pehmeisiin keinoihin	Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta vähenee merkittävästi	Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta kasvaa; Venäjä panostaa koviin ja pehmeisiin menetelmiin



III. VAIKUTUKSET SUOMEN HUOLTOVARMUUTEEN JA TULEVAISUUDEN KEHITYS

10 HUOLTOVARMUUS JA SUOMEN NYKYINEN ENERGIAJÄRJESTELMÄ

10.1 Johdanto

Suomen energiahuollon turvaamisen perustana on hajautettu, useisiin polttoaineisiin ja hankintalähteisiin perustuva energiantuotanto sekä riittävä kotimaisuusaste, joka on tällä hetkellä noin 35 % (Tilastokeskus, 2017b). Edellä raportissa kuvatut energiasiirtymät ja hiilivetyjen kysynnän laskusta aiheutuva energiatulojen väheneminen Venäjällä sekä teknologinen kehitys asettaa kuitenkin myös Suomen energijärjestelmän uuteen tilanteeseen tulevaisuudessa. Suomen riippuvuus hiilivedyistä, uraanista ja tuontisähköstä altistaa Suomen interventioille sekä erinäisille ulkoisille poliittisille vaikutuksille energiavirtojen kautta.

Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta pysyy ennallaan tai hieman laskee peruskkenaariossa, jolloin Venäjä panostaa ns. epäsuoriin turvallisuuspoliittisiin vaikutuskeinoihin. Nopean kehityksen skenaariossa energiatulojen väheneminen vaikuttaa negatiivisesti varustautumiseen ja Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta vähenee merkittävästi. Hitaan kehityksen skenaariossa Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta sen sijaan kasvaa.

Tämän kolmannen osion tavoitteena on kuvata Suomen huoltovarmuuteen liittyviä epävarmuus- ja riskitekijöitä edellä kuvattujen strategisten siirtymien näkökulmasta, ja erityisesti keskittyä niihin tekijöihin, jotka ovat seurausta Suomen riippuvuudesta Venäjän energiavirroista. Analyysissä on kiinnitetty erityistä huomiota siihen, miten Suomen energiapaletti kehittyy huoltovarmuuden näkökulmasta tässä ympäristössä, mitä kehitysnäkökulmia siihen mahdollisesti liittyy ja kuinka siirtymien ennakointia tulisi huomioida muun muassa energiapolitisesta näkökulmasta. Selvityksen lopputuloksena on tehty havaintoja energiamurroksen vaikutuksista, sekä johtopäätöksiä siitä, miten tämä uusi tilanne vaikuttaa Suomen energiatilanteeseen ja huoltovarmuuteen.

10.2 Huoltovarmuuden määritelmä

Huoltovarmuudella tarkoitetaan kykyä sellaisten yhteiskunnan taloudellisten perustoimintojen ylläpitämiseen, jotka ovat välttämättömiä väestön elinmahdollisuuksien, maan talouselämän, yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden sekä maanpuolustuksen materiaalien edellytysten turvaamiseksi vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa. Valtioneuvosto antaa noin viiden vuoden välein päätöksen huoltovarmuuden tavoitteista. Viimeisin päätös on annettu 5.12.2013 (857/2013).

Energiahuollon toimivuus on välttämätöntä kaikkien yhteiskunnan toimintojen turvaamiseksi. Sen perustana Suomessa on hajautettu, useisiin polttoaineisiin ja hankintalähteisiin perustuva energiantuotanto sekä riittävä kotimaisuusaste, ja kotimaisen energian tuotantoa ja käyttöä on pyritty kehittämään ja edistämään. Energia-

huoltovarmuuden lähtökohtina ovat toimivat energiamarkkinat, pitkäjänteinen ja selkeä tarvittaviin investointeihin kannustava energiapolitiikka sekä energiatehokkuus. Uusiutuvan energian käytön lisääminen lähtökohtaisesti monipuolistaa hankintalähteitä ja vähentää riippuvuutta tuoduista fossiilisista polttoaineista.

Energialähteiden ja tuotannon lisäksi huoltovarmuuden kannalta kriittistä on energian toimitus loppukäyttäjille. Tähän tarvitaan toimivat siirto- ja jakeluverkot sekä erilaisia varastointi- ja kuljetusjärjestelmiä, joiden ylläpidon varmistamiseksi on luotu varautumis- ja valmiussuunnitelmia. Suomi on riippuvainen energiantuonnista, joten varmistukseen tuonnin onnistumisen eri logistiikkaterminaalien toiminta tulee varmistaa kaikissa tilanteissa (katso luku 10.4).

10.3 Huoltovarmuusmääräykset

Energiahuoltovarmuutta ylläpidetään tällä hetkellä perustuen määräyksiin ja erityislakeihin, joista keskeisimpiä ovat Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista (857/2013), turpeen turvavarastointi (321/2007) sekä polttoainehuollon turvaamiseksi tehdyt kansainväliset sopimusjärjestelyt (IEA, EU). Sähkömarkkinalakiin (588/2013) ja maakaasumarkkinalakiin (508/2000) liittyy myös energiahuoltoa ohjaavia ja sääteleviä huoltovarmuusvelvoitteita. EU on määrittänyt maakaasun toimintavarmuusasetuksen (994/2010), jonka toimivaltaisena viranomaisena Suomessa toimii Huoltovarmuuskeskus (Huoltovarmuuskeskus, 2017b). Huoltovarmuuskeskus vastaa, että maakaasun toimintahäiriötilanteisiin on varauduttu.

Tuontiin perustuvan energian saantihäiriön varalta ja kansainvälisten sopimusvelvoitteiden täyttämiseksi varmuusvarastoissa pidetään tuontipolttoaineita siten, että käytössä on keskimäärin viiden kuukauden normaalikulutusta vastaavat tuontipolttoainevarastot. Tuontipolttoaineiden velvoitevarastoista enintään viidesosa voi sijaita Suomen ulkopuolella. (539/2008)

Ilmasto- ja energiastrategian mukaisesti kotimaisen sähköntuotantokapasiteetin tulee kattaa kulutus kaikissa tilanteissa, myös sähköntuonnin ollessa estyneenä. Strategiassa on myös tavoitteena kasvattaa energian hankinnan omavaraisuutta yli 55 prosenttiin (sisältäen turpeen) vuoteen 2030 mennessä. Tämä tavoite saavutetaan muun muassa uusiutuvan energian lisäämisen myötä. (TEM, 2017a)

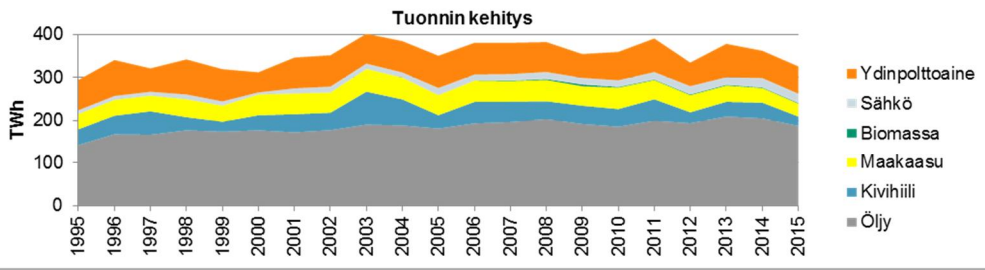
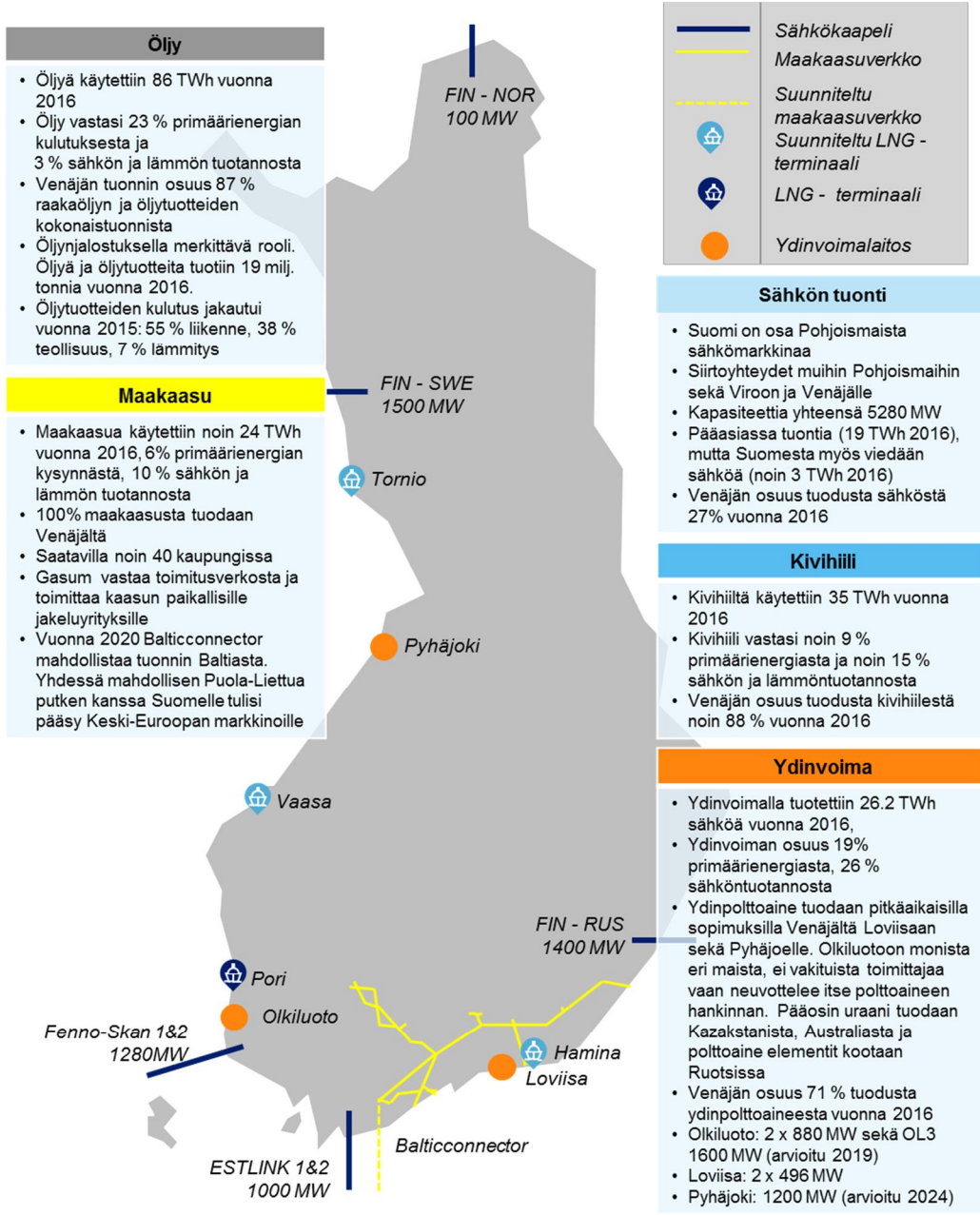
Polttoaineiden velvoitevarastointi koskee kivihiiltä, raakaöljyä ja muita öljynjalostuksessa käytettäviä syöttöaineita, keskeisiä öljytuotteita sekä maakaasua. Näiden polttoaineiden varmuusvarastointi perustuu Valtioneuvoston päätöksen huoltovarmuuden tavoitteista (539/2008). Polttoaineiden maahantuojille sekä käyttäjille on erikseen säädetty velvoitteita, jotka niiden tulee täyttää. Turpeella ei ole samalla tavalla varmuus- tai velvoitevarastointia kuin tuontipolttoaineilla, mutta turpeelle ylläpidetään turvavarastoja lain 321/2007 mukaan.

10.4 Suomen energiajärjestelmä

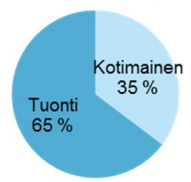
Suomen huoltovarmuuden kannalta keskeistä on energiajärjestelmän toimivuus ja riittävä kotimaisuusaste. Raportin luvussa 5 on kuvattu energialähteiden kehitystrendejä ja potentiaalia maailmanlaajuisesti. Tässä luvussa on keskitytty Suomen energiajärjestelmään energialähteittäin ja kuvattu lyhyesti Suomen energiajärjestelmän tämänhetkinen tilanne ja energian tuonti Suomeen (Kuva 10-1).

Primäärienergiasta yli puolet (65 %) tuodaan Suomen rajojen ulkopuolelta. Polttoainien ja sähkön tuonnista euromääräisesti valtaosa (63 %) tulee Venäjältä, ja seuraavaksi eniten Pohjoismaista (18 % Ruotsista ja 4 % Norjasta). Polttoaineista eniten tuodaan öljyä (lähes 190 TWh) ja seuraavaksi eniten ydinpolttoaineita (63 TWh). Biomassan tuonti Venäjältä on tällä hetkellä marginaalista.

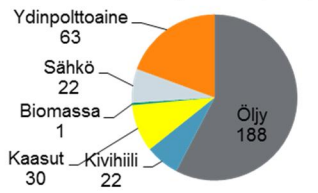
Kuva 10-1 Suomen energiajärjestelmä ja energian tuonti Suomeen



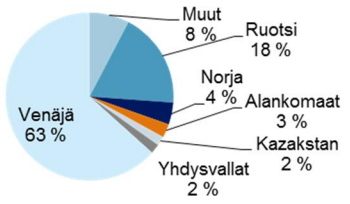
Primäärienergian alkuperä



Tuonti jakeittain (TWh)



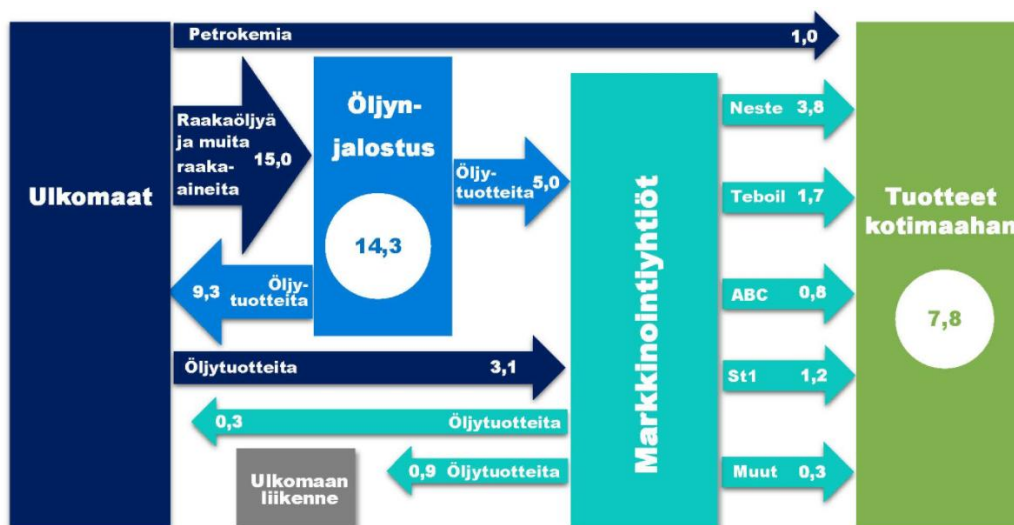
Tuonti maittain (EUR)



10.4.1 Raakaöljy ja öljytuotteet

Öljyn osuus Suomen energiantarpeesta on lähes neljännes, ja se on toiseksi suurin energiajake Suomessa (Tilastokeskus, 2017b). Suomessa toimii kaksi öljynjalostamo Porvoossa ja Naantalissa, joihin suurin osa raakaöljystä tulee Venäjän Primorskin öljyterminaalista säiliöaluksilla (Öljy- ja biopolttoaineala, 2017). Öljyn jalostus Suomessa on Euroopan suurimpia. Runsas kolmannes (5 miljoonaa tonnia) kotimaisesta öljynjalostuksesta päätyy kotimaisille markkinoille ja loput vientiin (10,6 miljoonaa tonnia vuonna 2016) (Kuva 10-2). Suomeen tuodaan öljytuotteita noin kolme miljoonaa tonnia pääosin Venäjältä sekä Yhdysvalloista ja Pohjoismaista.

Kuva 10-2 Öljyjalosteiden tuonti ja jalosteiden valmistus Suomessa (miljoonaa tonnia)



Yksinkertaistettu kaavio Suomen markkinoista

Lähde: Öljy- ja biopolttoaineala, Neste Oyj

Öljyn hinta määräytyy globaaleilla markkinoilla kysynnän ja tarjonnan mukaan. Tarjonta on kuitenkin keskeisessä asemassa öljyntuottajamaiden pienestä määrästä johtuen. (Öljy- ja biopolttoaineala, 2017)

Raakaöljyn ja öljytuotteiden osalta Suomella on käytössä hyvät öljynvarastointimahdollisuudet, jotka ovat helposti logistisesti saavutettavissa ja niiden käyttökulut ovat alhaiset. Varastoissa voidaan varastoida myös muiden valtioiden öljyä ja öljytuotteita. Öljyssä kriittistä on tuonnin jatkuva toiminta. Huoltovarmuuskeskus ja Ilmarinen omistavat viisi tankkeria, joista neljä on öljytuotetankkereita. Näillä turvataan öljykuljetukset Suomen satamiin myös häiriötilanteissa, kunhan meriliikenne Itämerellä toimii. Tankkerit on tarkoitettu erilaisten jalostettujen polttoaineiden kuljetuksiin. (mm. Huoltovarmuuskeskus) Jos raakaöljyn tuonti Venäjältä estyy, öljynjalostus voi jatkua raakaöljyn varmuusvarastojen ja muualta tuonnin ansiosta. Tarvittaessa Suomeen voidaan tuoda myös öljytuotteita.

10.4.2 Maakaasu

Maakaasu vastaa Suomessa 6 % primäärienergian kulutuksesta (Tilastokeskus, 2017b), ja maakaasun maahantuonnista, siirrosta ja tukkumyynnistä Suomessa vastaa Gasum Oy. Maakaasun osalta Suomi on tällä hetkellä täysin Venäjän varassa, sillä 100 % putkimaakaasusta tuodaan Venäjältä. Liityntäputki on Imatralla.

Suomen maakaasumarkkinat on tarkoitus avata kilpailulle vuoden 2020 alusta lähtien Euroopan unionin maakaasun sisämarkkinoita koskevien säännösten mukaisesti. Markkinoiden avaaminen mahdollistaisi maakaasun tarjonnan monipuolistumisen, kun vaihtoehtoisina lähteinä venäläiselle putkikaasulle biokaasun ja nesteytetyn maakaasun ohella olisi maakaasun hankinta Baltiasta ja Liettuan-Puolan yhdysputken valmistumisen jälkeen Keski-Euroopasta (TEM 2017b, c).

Vaikka Balticconnectorin tuontipotentiali vastaa kokonaismäärältään Suomen vuoden 2016 kysyntää (Tilastokeskus, 2017b), Venäjä-yhteyden merkitys säilyy tärkeänä. Tehona laskettuna korkean käytön aikaan Suomen kaasun kysyntä on nykypäivänä luokkaa 4500 – 5000 MW (Pöyryn arvio, huippukäyttö vielä suurempaa), kun taas Balticconnector voi siirtää noin 3000 MW tehoa. Balticconnector ei myöskään välttämättä vähennä venäläisen kaasun tuontia, sillä tällä hetkellä Baltian maiden putkimaakaasu tulee 100 % Venäjältä. Puolan ja Liettuan välille suunnitellun kaasuputken (GIPL-hanke) vaikutus riippuisi vahvasti siirtopotentialista, jonka on ensi vaiheessa suunniteltu vastaavan noin 26 TWh:ta. Vertailun vuoksi Baltian maiden kaasun kokonaiskysyntä vuonna 2016 oli noin 45 TWh, mikä tarkoittaa, että GIPL-putken kautta tuleva kaasu ei voi kattaa kaikkea sen päässä olevaa kysyntää (Latvijas Gaze, 2017).

Myös biokaasun syöttö maakaasuverkkoon on alkanut ja sen odotetaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Suomessa on yhden arvion mukaan noin 1,3 TWh kaupallisesti hyödynnettävissä olevaa biokaasua, joskin vain osa siitä maakaasuverkon ulottuvissa (Pöyry, 2017). Vertailun vuoksi maakaasun kokonaiskysyntä Suomessa vuonna 2016 oli noin 24 TWh.

Maakaasun ominaisuuksien vuoksi sitä on teknisesti helpointa siirtää putkea pitkin. Kaasu voidaan myös nesteyttää (LNG), jolloin se voidaan kuljettaa esimerkiksi laivoilla tai säiliöautoilla ja vastaanottaa LNG-terminaaleissa. Suomessa on tällä hetkellä kaksi toimivaa LNG-terminaalia, toinen Porissa ja toinen Torniossa. Lisäksi kaksi muuta terminaalia on suunnitteilla (Kuva 10-1). Nesteytetyn maakaasun markkinat ovat globaalit ja sitä käytetään tällä hetkellä pääosin teollisuudessa sekä meriliikenteen polttoaineena.

Vuonna 2016 Suomen maakaasun kulutus oli 2380 Mm³ (noin 24 TWh), ja LNG:n suunniteltujen yhteenlaskettujen varastojen koko 0,15 Mm³ (Energiavirasto, 2015), joten LNG:n osuus on murto-osa kokonaiskäyttöön verrattuna. Vain yksi suunnitelluista LNG-terminaaleista sijaitisi nykyisen kaasuputken varrella ja pystyisi näin syöttämään kaasua verkkoon. Muut LNG-terminaalit perustuvat kaasun käyttöön lähinnä verkon ulkopuolisissa kohteissa.

Maakaasun osalta huoltovarmuusvelvoite on kohdistettu maakaasua käyttävälle tai sitä jälleenmyyjälle taholle sekä maakaasun maahantuojalle. Suomessa ei ole pitkäaikaisia maakaasuvarastoja, joten maakaasun suurien määrien varastointi ei teknisesti onnistu. Tämän takia varastointivelvollisuus toteutetaan korvaavalla polttoaineella, käytännössä kevyenä tai raskaana polttoöljynä. LNG:tä voidaan hyödyntää myös maakaasua käyttävissä laitteissa höyrystämällä nesteytetty kaasu. Biokaasua voidaan myös käyttää jalostamalla sen koostumus vastaamaan vaatimuksia.

Biokaasulle ei ole huoltovarmuusvelvoitteita. Biokaasun tuotanto ja käyttö on tyypillisesti hyvin paikallista, esimerkiksi maatilojen yhteydessä syntyvistä jätteistä tuotetaan kaasua, jota käytetään maatilan lämmitykseen. Biokaasun tuotantomäärät ovat pieniä verrattuna maakaasun kokonaiskäyttöön, joten huoltovarmuuden kannalta sen merkitys on tällä hetkellä pientä. Kuitenkin potentiaali on kohtuullinen, ja biokaasulla kyetään korvaamaan osin tuontipolttoaineita, kasvattaen siten huoltovarmuutta.

10.4.3 Kivihiili

Kivihiili vastaa noin 9 % Suomen primäärienergian tarpeesta vuonna 2016 (Tilastokeskus, 2017b). Kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan hiilen käytöstä luovutaan energian käytössä vuoteen 2030 mennessä (TEM, 2017a). Suomeen hiiltä tuodaan pääasiassa Venäjältä sekä Australiasta, Etelä-Afrikasta, Indonesiasta, Yhdysvalloista ym. Hiili kuljetetaan pääosin meriteitse hiililaivoilla, jotka purkavat lastinsa suoraan käyttäjien varastoihin tai satamiin, joista se kuljetetaan rekoilla loppukäyttöön. Hiili on globaali markkinatuote, jonka hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan.

Kivihiiltä on velvollinen varastoimaan sitä käyttävä laitos ja kivihiilen maahantuoja, jonka velvoitteista vähennetään sen toimitukset niille laitoksille, joille määräytyy oma varastointivelvoite. Velvoite vastaa kolmen kuukauden keskimääräistä kulutusta ja tuontia. Kivihiililaitoksen osalta keskimääräinen kuukausikulutus lasketaan kolmen edeltävän vuoden kulutuksesta ja maahantuojalle edellisen vuoden maahantuonnin perusteella. Kivihiilen varastoiminen on teknisesti yksinkertaista.

10.4.4 Biomassa

Biomassa vastaa noin 26 % (Tilastokeskus, 2017b) Suomen primäärienergian tarpeesta ja sen osuuden odotetaan energiasektorilla ja teollisuudessa kasvavan. Biomassa on vahvasti kotimainen polttoaine, jonka tuonti on vähäistä. Biomassaa ei ole taloudellisesti kannattavaa kuljettaa pitkän matkan päähän sen pienen lämpöarvon takia. Biomassa kattaa monia eri polttoainelajeja (kuten hake, pelletti, pelto-biomassa, sahanpuru) ja se on huoltovarmuuden kannalta hyvä polttoaine, sillä sitä tuotetaan ympäri Suomea, mutta varastoinnin rajoitteet on huomioitava.

Biomassan osalta ei ole asetettu huoltovarmuusvelvoitteita. Biomassan lisääminen energiantuotannossa lisää lähtökohtaisesti huoltovarmuutta syrjäyttämällä tuontipolttoaineita sähkön- ja lämmöntuotannossa. Moni biomassan jakeista on metsäteollisuudesta riippuvaisia, joten suuremmassa häiriötilanteessa voi sillä olla vaikutus-

ta biomassan saatavuuteen. Biomassan verrattain pienellä lämpöarvolla on vaikutus varastointiin ja logistiikkaan. Varastojen tulee olla tarpeeksi isoja sekä bionesteiden tapauksessa haponkestävää materiaalia, jotta merkittävä määrä polttoainetta saadaan varastoitua. Biomassan varastoissa riskeinä ovat palovaara, sekä biomassan lämpöarvon heikkeneminen. Esimerkiksi kivihiileen verrattuna biomassan varastointi onkin vaikea toteuttaa samalla huoltovarmuuden tasolla.

Bioenergian sisällyttäminen huoltovarmuusmääräysten piiriin turvaisi biopolttoainesten saannin kriisitilanteissa. Normaaliolosuhteissa on hyvin epätodennäköistä, että biomassan saatavuus nousisi ongelmaksi samalla tavalla kuin esimerkiksi turpeen saatavuus (esim. huonon tuotantovuoden vuoksi), mutta bioenergiaosuuden kasvassa olisi hyvä taata myös sen saatavuus vakavassa kriisitilanteessa.

Biomassan logistiikkaan ja tuotantoon liittyy viiveitä etenkin niillä laitoksilla, jotka käyttävät kuivaa puuta. Tällöin tuoreet hakkuujätteet ja muu metsäenergia on jätettävä noin vuodeksi kuivumaan ennen kuin se kelpaa energiakäyttöön. Kuivatus tapahtuu pääsääntöisesti lähellä hakkuupaikkoja, koska märän puun liikuttamiseen liittyy sen suuren painon vuoksi enemmän logistiikkakustannuksia. Mahdollisia ratkaisukeinoja voisi olla esimerkiksi varastointiin hieman paremmin sopivien jakeiden ”juokseva” varastointi niin, että turpeen tavoin ylläpidetään tietty määrä varmuusvarastoa, mutta varastoitavaa jakeita ei varastoida pitkiä aikoja. Tämän kaltaisia jakeita ovat mm. sahateollisuuden tuottamat sivuvirrat, kuten kuori ja sahanpuru.

Tällöin kysymykseksi muodostuu jakeiden logistiikka, sillä tämän kaltaisia sivuvirtoja muodostuu pääsääntöisesti alueilla, joilla ei ole merkittävästi kulutusta, kuten Itä- ja Pohjois-Suomessa. Tässä tapauksessa vakaviin kriisitilanteisiin varautumisessa polttoainejakeet on säilytettävä lähellä kulutuspaikkoja, sillä kriisitilanteessa logistiikan kuormitusaste on todennäköisesti muutoinkin korkea.

Savukaasupesureilla varustetut laitokset tulevat vaatimaan erilaista lähestymistapaa. Kyseisellä teknologialla varustetut laitokset voivat polttaa kosteusprosenttiltaan korkeampaa puuta ja näin ollen polttoainelogistiikka toimii eri periaatteella. Mahdollisten biomassan huoltovarmuuskriteerien tulisi ottaa huomioon myös tämä teknologia.

10.4.5 Turve

Turve vastasi noin 4 % kokonaisenergiankulutuksesta ja noin 10 % sähkön ja lämmön tuotannosta Suomessa vuonna 2016 (Tilastokeskus, 2017b). Turve on täysin kotimainen polttoaine, jota tuotetaan soilla ympäri Suomea. Turvetta käytetään pääasiallisesti energian tuotantoon. Turvetta ei luokitella uusiutuvaksi energialähteeksi ja sen käytön ominaispäästöt ovat kivihiilen päästöjä hieman suuremmat, minkä vuoksi sen käyttö tulee todennäköisesti laskemaan Suomessa.

Turpeella ei ole samalla tavalla varmuus- tai velvoitevarastointia kuin tuontipolttoaineilla, mutta turpeelle ylläpidetään turvavarastoja lain 321/2007 mukaan. Turvavarastoinnin tavoitteena on vähentää turvetuotannon sääriskiä, mikä realisoitui mm. vuonna 2004. Tällöin huono tuotantokesä johti lämmityskaudella poikkeustoimituk-

siin ja erityisjärjestelyihin, mikä johti myös turpeen turvavarastoinnin lain luomiseen. (VTT, 2010a)

10.4.6 Ydinvoima

Ydinvoima vastaa noin 19 % Suomen primäärienergian hankinnasta ja sitä tuotetaan tällä hetkellä Olkiluodossa sekä Loviisassa ja tulevaisuudessa mahdollisesti myös Pyhäjoella. Ydinpolttoainetta tuodaan Loviisaan ja tulevaisuudessa Pyhäjoelle Venäjältä. Olkiluotoon ydinpolttoainetta tuodaan useista maista, pääosin Kazakistanista ja Australiasta. Olkiluodon polttoaine-elementit kootaan Ruotsissa.

Kuten raportin toisessa osassa on tarkasteltu, Suomen suhde Venäjään ydinvoiman ja uraanin suhteen on myös merkittävä (luku 9.4). Fennovoiman hanke Hanhikivi 1 on Rosatomin toimittama laitos, johon Fennovoima on solminut Rosatomin tytäryhtiön TVELin kanssa sopimuksen polttoaineen toimituksesta ensimmäisten kymmenen vuoden ajaksi. (Fennovoima, 2017) Laitoksessa voi kuitenkin käyttää myös muiden toimijoiden toimittamaa ydinpolttoainetta, joten teknisesti riippuvuutta venäläiseen tai muista maista tuotavaan polttoaineeseen ei ole olemassa.

10.4.7 Sähkö

Sähkön huoltovarmuuden ylläpitäminen pitää sisällään suunnitelmat siirto- ja jakeluverkostojen ylläpitämisestä sekä tuotannon turvaamisesta. Täysin häiriötöntä sähköverkkoa ei Suomen metsäisissä olosuhteissa voida taloudellisesti saavuttaa. Sähkön siirron ja jakelun osalta on varauduttu korjaamaan sääoloista aiheutuvia häiriöitä ympäri vuorokauden. Suurhäiriöiden varalta verkkoyhtiöt ovat laatineet varautumissuunnitelmat. Suomi on osa Pohjoismaisia sähkömarkkinoita ja siten voi tukeutua sähkön saantiin myös muista Pohjoismaista.

Sähköverkossa kulutuksen ja tuotannon tulee vastata toisiaan, jotta verkko toimii. Verkon normaalissa toiminnassa sähkömarkkinat ohjaavat tuotantoa. Tilanteisiin, joissa sähkön markkinaehtoinen tarjonta ei riitä kattamaan sähkönkulutusta, on luotu tehoreservijärjestelmä turvaamaan sähkön toimitusvarmuus. Energiavirasto määrittää järjestelmän suuruuden sekä valvoo järjestelmän toimintaa. Fingrid hallinnoi järjestelmää sekä päättää laitosten käynnistämisestä. Tehoreservijärjestelmään kuuluvat laitokset eivät voi osallistua sähkömarkkinoille vaan toimivat vain reservijärjestelmän ehdoilla.

Suomessa on järjestetty yrityskohtaisia valmiussuunnitelmia, jotka ovat keskittyneet alan toiminnan kannalta huoltovarmuuskriittisiin voimahuoltoyrityksiin. Valmiussuunnittelun piirissä on noin kolmesataa sähkön jakeluverkon haltijana toimivaa yritystä ja kaukolämpöyritystä. Poikkeusolojen aikana pyritään kiintiösäännöstelyllä ylläpitämään normaalioloja alhaisempaa, mutta kuitenkin huoltovarmuuden turvaavaa kulutus- ja tuotantotasoa toimialalla. Säännöstelypäätöstä edeltävät ministeriön energian säästösuositukset ja valtioneuvoston energiansäästöpäätökset.

Suomi ei ole sähkön suhteen omavarainen, etenkin huippukulutushetkinä. Tämä tuli ilmi mm. 7.1.2016, jolloin Suomessa sähköntuotanto oli noin 11 GW ja kysyntä suurimmillaan noin 15 GW. Sähköä tuotiin noin 4 GW. Fingridin häiriöreserviä ei

tosin hyödynnetty eikä sähkön hinta noussut ennätysellisen korkealle, sähkön markkinahinta oli hieman alle 100 €/MWh (Jääskeläinen ym, 2017). Sähkön omavaraisuus kasvaa Olkiluodon uuden ydinvoimalaitoksen valmistuttua arvioituna vuonna 2019 sekä Pyhäjoelle rakennettavan ydinvoimalaitoksen myötä (sähköntuotanto alkaa arviolta vuonna 2024).

Tulevaisuudessa on nähtävissä sähkön kulutuksen kasvaminen yhteiskunnan sähköistyessä. Sähkön tuotannossa omavaraisuus ja huoltovarmuus poikkeavat toisistaan. Suomi on osa pohjoismaisia sähkömarkkinoita ja hyvien siirtoyhteyksien ansiosta muista naapurimaista tuodaan tarvittaessa sähköä Suomeen. Huoltovarmuutta tukee myös laajeneva eurooppalainen sähkömarkkina sekä lisääntyvät kansainväliset siirtoyhteydet esimerkiksi Viroon ja Venäjälle.

10.5 Yhteenveto

Seuraavassa taulukossa on esitetty polttoaineittain huoltovarmuuden kannalta kriittiset tekijät koko arvoketjun osalta (käyttö, tuotanto, kuljetus ja varastoitavuus) nykyhetkellä. Koska tässä tarkastelussa kriittiseksi katsotaan noin puolen vuoden häiriötilannetta (varmuusvarastot viiden kuukauden ajanjaksolle), on ne merkitty oranssilla värillä. Lyhyihin polttoaineiden toimituskatkoksiin on Suomessa varauduttu hyvin, eikä merkittäviä varsinaisia riskejä ole odotettavissa. Pitkäaikaisia poikkeustilanteita (esim. sotatilanne) ei ole tarkasteltu tässä selvityksessä.

Taulukko 10-1 Huoltovarmuuden kannalta kriittiset tekijät polttoaineittain koko arvoketjun osalta

	Käyttö	Tuotanto	Kuljetus/jakelu	Varastoitavuus
Raakaöljy ja öljytuotteet	Sähkön ja lämmön tuotannossa huippuja reservikäytössä (23 %* primäärienergiasta 3 % sähkön ja lämmöntuotannosta**, 2016). Liikenteessä pääpolttoaine, joka on hyvin vaikea korvata pitkässä häiriötilanteessa (yli puoli vuotta).	Tuontipolttoaine mutta koska globaalit markkinat huoltovarmuuden kannalta ei kriittinen (paitsi joidenkin öljytuotteiden osalta). Tuodaan pääosin Venäjältä, mutta pieni osa Norjasta sekä muista maista. Öljyn jalostusta on myös Suomessa.	Polttoaine tuodaan satamiin meriteitse ja jakelu sisämaassa rekoilla. Tuontiterminaalien toimiminen on kriittisessä asemassa.	Helposti varastoitavaa. Tuontipolttoaineen 5 kk:n varastointi (varmuusvarastot + yritysten velvoitevarastot). Tämän lisäksi merkittävää kaupallista varastointia. Varastoitavuus ei kriittinen lyhyellä aikavälillä, joten ei kriittinen lyhyellä aikajaksolla.
Kivihiili	Sähkön ja lämmön tuotannossa tärkeä polttoaine (9 % primäärienergiasta, 15 % sähkön ja lämmöntuotannosta** vuonna 2016). Kivihiili on periaatteessa korvattavissa lämmön ja sähkön tuotannossa.	Tuontipolttoaine. Noin puolet tulee Venäjältä, muita tuojia ovat Australia, Etelä-Afrikka, Indonesia, Kiina ja Yhdysvallat. Globaalit markkinat, joten helposti korvattavissa.	Kivihiili tuodaan meriteitse satamiin ja laitoksille monista eri lähteistä. Kivihiili kuljetetaan sisämaan käyttökohteisiin rekoilla satamista, joten kuljetus ei ole kriittistä.	Helposti varastoitavaa. Tuontipolttoaineen viiden kuukauden varastointivelvollisuus, joka sisältää varmuusvarastot + velvoitevarastot. Laitos ja maahantuoja, jonka velvoitteesta vähennetään sen toimitukset niille laitoksille, joille määräytyy oma varastointivelvoite, ovat velvollisia varastoimaan kolmen kuukauden keskimääräistä tuontia/kulutusta vastaavan määrän kivihiiltä. Varastoitavuus ei kriittinen lyhyellä aikavälillä.
Maakaasu	Sähkön ja lämmön tuotannossa tärkeä polttoaine (6 % primäärienergiasta, 10 % sähkön ja lämmöntuotannosta** vuonna 2016) Pitkän häiriötilanteen aikana (yli puoli vuotta) vaikeasti korvattavissa.	Tuontipolttoaine Venäjältä, ja hyvin pieni osa kaasusta LNG:tä. Balticconnector (arvioitu 2020) yhdistäisi Suomen ja Viron maakaasuverkot mahdollistamaan yhdistymisen Baltian markkinoihin, jolloin huoltovarmuustilanne paranee.	Tuontipolttoaine Venäjältä. Jakelu yhtä kaasuputkea pitkin. Liityntäputki sijaitsee Imatralla, ja vaikea kuljettaa ilman putkea. LNG-terminaaleja on suunnitteilla rannikkokaupunkeihin, joihin kaasu tuodaan laivoilla. Putkea ei voida kuitenkaan korvata terminaaleilla, eikä biokaasun tuotannolla täysin, ja tämän vuoksi jakelu kriittistä, jos se Venäjältä estyy.	Huonosti varastoituva. Varastointivelvollisuus tuontipolttoaineiden viiden kuukauden keskimääräiselle kulutukselle voidaan toteuttaa korvaavalla polttoaineella (kevyt tai raskas polttoöljy). Varastoitavuus ei kriittinen lyhyellä aikavälillä.

	Käyttö	Tuotanto	Kuljetus/jakelu	Varastoitavuus
Biomassa	Sähkön ja lämmön- tuotannossa pää- polttoaine. (26 % primäärienergiasta, 51 % sähkön ja lämmöntuotannos- ta** vuonna 2016). Biomassajakeita voidaan periaat- teessa korvata muil- la polttoaineilla säh- kön- ja lämmöntuo- tannossa.	Tuotetaan pääosin Suomessa monesta eri lähteestä, joten ei kriittistä.	Kuljetus rekoilla ja junilla, joten logistii- kan toimivuus poltto- aineiden saata- vuuden kannalta oleellista.	Pitkäaikaisessa varas- toinnissa ongelmia muun muassa polttoai- neen laadun heikenty- misessä. Biomassalla on tyypillisesti pieni ener- giatiheys, joten varas- tointi vie paljon tilaa. Haasteita aiheuttaa myös biomassan koos- tumus, joka vaatii varas- tojen olevan haponkes- tävää materiaalia (bio- nesteille). Koska bio- massaa ei voida varas- toida pitkiä aikoja, on se kriittistä huoltovarmuu- den kannalta pitkän aikavälin häiriötilantees- sa.
Turve	Sähkön ja lämmön- tuotannossa tärkeä polttoaine (noin 10 % sähkön ja läm- möntuotannosta** 2016).	Tuotetaan täysin Suomen soilla. Tuo- tanta sää- ja vuo- denaikariippuvaista, talvella ei voida tuottaa.	Kuljetus rekoilla, joten logistiikan toimivuus polttoai- neiden saatavuuden kannalta oleellista.	Suhteellisen hyvä varas- toitavuus. Suomessa ylläpidetään turve varas- toja tuotanto- olosuhteiden vaihtelujen varalta lain 312/2007 nojalla.
Uraani	Sähkön pääpoltto- aine (18 % primää- rienergiasta, 27 % sähköntuotannosta vuonna 2016). Yk- sittäiset laitokset suuria, joten pitkän aikavälin toiminta- häiriö aiheuttaa vajeen sähköntuo- tannossa, ja se pitää korvata vaihto- ehtoisilla sähkön- tuotantolähteillä tai varavoimalaitoksilla Tätä varten Fingrid ylläpitää erilaisia reservejä, kuten nopeaa häiriöreser- viä (Fingrid, 2017c).	Globaalit markkinat. Olkiluotoon uraani tuodaan pääosin Kazakstanista, Ka- nadasta ja Australi- asta ja polttoaine- elementit kootaan Saksassa ja Ruot- sissa. Loviisaan sekä Hanhikiven tulevaan laitokseen polttoaine tulee Venäjältä. Teknises- ti korvattavissa, joten ei kriittistä.	Polttoaine toimit- etaan Loviisaan Ve- näjäältä rautateitse tai laivakuljetuksin. Satamasta kuljetus edelleen loppukäyt- tökohteeseen ta- pahtuu maateitse. Kuljetus Olkiluotoon laivalla Rauman satamaan ja siitä rekoilla Olkiluodon ydinvoimalaitoksel- le.	Helposti varastoitavaa. Laitoksilla ei varmuusva- rastointivelvoitetta, mut- ta varastoivat tyypillisesti yhden tai kahden vuo- den kulutusta vastaavan määrän, joten varastointi ei kriittistä.

Lähteet: Fennovoima (2017), Fortum (2008), Fortum (2016), Hiilitieto (2017), Huoltovarmuuskeskus (2017b), Tilas-
tokeskus (2016), Tilastokeskus (2017b), TVO, TVO (2007), Öljy- & biopolttoaineala ry (2017),

* Suuri osuus primäärienergiasta selittyy liikenteen energiankäytön suurella osuudella kokonaisenergiankäytöstä.

* Sähkön- ja lämmöntuotannolla tarkoitetaan sähkön, kaukolämmön ja teollisuuslämmön tuotannon summaa.

11 TALOUDELLINEN RIIPPUUUS VENÄJÄN ENERGIAVIRROISTA

11.1 Johdanto

Suomi on tuontien energian osalta vahvasti riippuvainen Venäjästä ja Venäjän kanssa käytävästä energiakaupasta (katso mm. kappale 9). Tuontiriippuvuuden taustalla on sekä maantieteellinen läheisyys että myös edulliset tuontihinnat, joiden yhteistuloksena tuonti Venäjältä on suomalaisille yrityksille houkutteleva vaihtoehto. Tässä kappaleessa on pyritty arviomaan tuonnista koituvaa taloudellista hyötyä ja pohtia millä tavalla se voisi muuttua tulevaisuudessa.

11.2 Taloudellinen riippuvuus nykytilanteessa

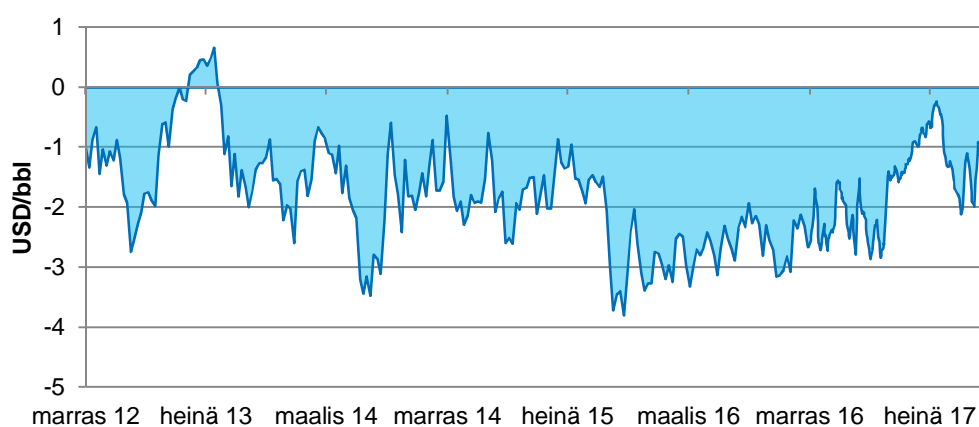
Venäjän energiavirtojen suuri osuus Suomen kokonaistuonnista johtuu pitkälti historiasta ja taloudellisista syistä, sillä Venäjältä hankitut energialähteet ovat tyypillisesti kilpailijoiden hintoja halvemmat (Taulukko 11-1). Syynä edullisempaan hintaan on sekä maantieteellinen läheisyys eli kuljetusmatkat ovat lyhyempiä, mutta myös yleisesti pienemmät raaka-ainekustannukset. Mm. Venäjältä tuotava Urals-öljyalaatu on tyypillisesti halvempaa kuin Brent-laatu, jota mm. Norja tuottaa (Kuva 11-1). Urals-öljyn edullisuus selittyy pitkälti sen suuremmalla rikkipitoisuudella.

Taulukko 11-1 Valikoitujen energiavirtojen tuontihinnat Suomeen lähdemaittain, edullisin on korostettu (tammikuu - kesäkuu 2017)

Tuotu energia	Lähdemaa	Hinta	Yksikkö
Bituminen hiili	Venäjä	78.7	EUR/t, cif*
	Kazakstan	84.5	
	Puola	83.3	
Raakaöljy	Venäjä	338.7	EUR/t, cif
	Norja	406.6	
	Saksa	604.1	
Kevyt polttoöljy	Ruotsi	586.3	EUR,t cif
	Venäjä	481.7	
	Alankomaat	862.4	
Sähkö**	Ruotsi	33.5	EUR/MWh
	Venäjä	24.5	
	Viro	33.3	
	Norja	32.3	
Uraani***	Venäjä	1650	EUR/kg, valmista polttoainetta
	Saksa	1550	
	Ruotsi	1440	

* Cif: Cost, insurance and freight; ** Venäjältä tuodun sähkön matalaa hintaa selittää osittain sen tuonnin ajoittuminen yöaikaan; *** 2014 vuoden tiedot, tilastokeskuksessa tuoreimmat tiedot puutteellisia
Lähde: Tilastokeskus ja tullitilasto

Kuva 11-1 Urals – Brent hintaero (Neste, 2017)



Venäjän edullisten energiavirtojen taloudellista vaikutusta on vaikea arvioida tarkasti, mutta arvioita voidaan esittää vertaamalla nykytilannetta hypoteettiseen tilanteeseen, jossa kaikki Venäjältä tuotavat energiavirrat hankittaisiin muualta (Taulukko 11-2). Taulukossa on esitetty tuonnin kokonaiskustannusten nousu, jos energiavir-

rat tulisivat muualta kuin Venäjältä vuoden 2016 tuontimäärillä. Hintaero vaihtoehtoihin lähdemaihin on arvioitu pääsääntöisesti useamman edellisen vuoden ajalta.

Taulukko 11-2 Venäjän tuonnin hintavaikutus energialähteittäin

Energiamuoto	Taloudellinen riippuvuus vuodessa	Kommentti
Kivihiili*	11 – 12 MEUR	<ul style="list-style-type: none"> Vuoden 2016 Venäjän tuontihintaa on korjattu keskimääräisellä Venäjän ja Puolan tuonnin hintaerolla vuosilta 2013 – 2017
Öljy*	160 – 450 MEUR	<ul style="list-style-type: none"> Vuoden 2016 Venäjän tuontihintaa on korjattu Venäjän ja kahden seuraavan halvimmän sekä Venäjän ja kaikkien muiden vaihtoehtojen keskiarvoisella hintaerolla vuosilta 2013 – 2017
Öljyjalosteet*	190 MEUR	<ul style="list-style-type: none"> Vuoden 2016 Venäjän tuontihintaa on korjattu Venäjän ja kaikkien muiden vaihtoehtojen keskimääräisellä hintaerolla vuosilta 2013-2017
Maakaasu	>210 MEUR	<ul style="list-style-type: none"> Todellisuudessa tuonnin korvaaminen nykyään lähinnä teoreettista Vertailuna vuoden 2016 kaasun tuonnin arvo Venäjältä oli noin 380 MEUR Arvio perustuu Saksan tuontihinnan ja Suomen tuontihinnan erotukseen sekä kaasun siirtokustannuksiin <ul style="list-style-type: none"> § Siirtokustannukset on arvioitu Puolan läpi paikallisen siirtoyhtiön tariffeilla § Siirtokustannukset Puolasta Suomeen on arvioitu laskemalla keskimääräinen tariffi, joilla Balticconnector ja GILP -hankkeet ovat kannattavia, jos siirto on kokonaan varattu Suomen kaasun siirrolle (~0.7 EUR/MWh) § Mukaan ei ole laskettu todennäköisesti tarvittavia lisäinvestointeja Lopputulokset ei ole sinänsä vielä täysin Venäjän kaasusta "riippumaton", sillä Venäjän kaasun hinta vaikuttaa merkittävästi Saksan maksamaan keskimääräiseen tuontihintaan
Uraani	–	<ul style="list-style-type: none"> 2011 – 2015 välillä Saksasta ja Ruotsista tuotu uraanipolttoaine on ollut noin 26 % edullisempaa. Todellista tilannetta vaikea arvioida, sillä hintaan vaikuttaa huomattavasti myös tietyn voimalaitoksen standardien mukainen valmistus
Biomassa	–	<ul style="list-style-type: none"> Ei taloudellista riippuvuutta tuonnista. Hinta määräytyy paikallisesti.
Sähkö	70 – 80 MEUR	<ul style="list-style-type: none"> Perustuu Pöyryn arvioon Spot-hintavaikutuksesta, jos tuontia ei olisi

* Vertailtu cif hintoja.

Lähteet: Tilastokeskus, tullitilastot, Pöyry, Reuters, CEF Energy, Gaz System

Kriittisimmät polttoaineet taloudelliselta kannalta ovat öljy ja kaasu. Öljytuotteet ovat kriittisiä, koska tuonti Venäjältä on taloudellisempaa. Kaasun korvaaminen sen sijaan ei ole edes teoreettisesti mahdollista. Vastaavasti etenkin hiilen ja uraanin mutta myös biopolttoaineiden Venäjän tuonnin taloudellinen hyöty on minimaalinen. Sähkön hankintaan, saatavuuteen ja hintaan vaikuttavat saatavilla oleva kapasiteetti Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla.

Yllä oleva laskenta on tehty olettaen, että Suomen kaltaisen valtion energiaraaka-aineiden kokonaiskulutus on suhteellisen pientä vaihtoehtoisten tuottajamaiden tuotantoon, eikä saatavuus tule olemaan raaka-ainevirtojen muuttamisen esteenä. Hypoteettisen tilanteen ei myöskään ajatella vaikuttavan raaka-ainehintoihin vaihtoehtoisissa lähdemaissa Suomen pienen kysynnän ja raaka-aineiden maailmanmarkkinaluonteen vuoksi. Maakaasun, biomassan ja sähkön kohdalla vaikutustapa on kuitenkin erilainen. Biomassa on hyvin paikallinen raaka-aine, jonka hintaan kuljetuskustannukset vaikuttavat valtavasti. Biomassan hinta on myös paikallista.

Öljyn ja hiilen osalta yllä oleva analyysi on tehty vertaamalla historiallisia cif-hintoja (cost, insurance and freight), eli hintoja, jotka sisältävät kuljetuksen satamaan asti. Energiavirrat kulkeutuvat Suomeen pääsääntöisesti meriteitse, pois lukien osa hiilen tuonnista ja biomassasta. Hiilen ja öljyn kohdalla raaka-ainevirtojen vaihtaminen on suoraviivaista, sillä molemmat ovat maailmanmarkkinatuotteita, joilla käydään aktiivisesti kauppaa. Vaihtamiseen liittyy viiveitä logistiikan uudelleen järjestämisen vuoksi.

Yllä olevassa analyysissä ei ole huomioitu polttoaineiden laatueroja ja vaihdosta aiheutuvia kertakustannuksia. Todellisuudessa polttoaineiden laatu (esim. kivihiilen kosteusprosentti ja tuhkapitoisuus) vaikuttaa siihen kuinka helposti ne ovat korvattavissa.

Uraanin korvaaminen on hieman monimutkaisempaa, sillä ydinvoimageneraattorit on tyypillisesti suunniteltu käyttämään vain tietyn tyyppisiä polttoainesauvoja. Vaikka taloudellisesti uraanin hankkiminen Saksasta ja Ruotsista on edullisempaa, ei se välttämättä ole teknisesti mahdollista. Hankintalähteen vaihtaminen vaatii erilliset luvitusprosessit ja uusien sauvojen suunnittelu ja valmistaminen tiukkojen standardien mukaan voi kestää yli vuoden, mikä tuo myös mukanaan kustannuksia. Pitkä viive ei todellisuudessa aiheuta ongelmia polttoainesauvojen hyvän varastoitavuuden vuoksi.

Kaasun hankinta muista lähteistä on nykyisellään lähinnä teoreettista, mutta tilanne tulee paranemaan vuonna 2020 Balticconnectorin myötä. Suomeen ollaan myös rakennettu ja edelleen rakentamassa lisää LNG-terminaaleja (Kuva 10-1), mutta kaasuputken varrelle on suunniteltu ainoastaan yhtä terminaalia, jonka kapasiteetti ei tule olemaan riittävä korvataksaan maakaasun käyttöä.

Sähkön korvaavuutta ja riippuvuutta voidaan tarkastella lähinnä sähkön hintavaikutuksen (Taulukko 11-2) ja toimitusvarmuuden näkökulmasta. InterRAO vastaa rajasiirtoyhteyden sähkön myynnistä tytäryhtiön RAO Nordicin kautta (katso kappale 8) ja tarjoaa sähköä suoraan Nord Pool -sähköpörssiin ja mahdollisesti myy myös suoraan kuluttajille. Normaalitylanteissa hintavaikutus jää suhteellisen pieneksi, sillä kapasiteettimaksut nostavat venäläisen sähkön hintaa huomattavasti vuorokauden huippukulutustunteina ja sähkön ostaminen Venäjältä tapahtuu pääsääntöisesti yöaikaan. Tämän vuoksi Venäjän siirtoyhteys ei myöskään normaalikäytössä osallistu sähköjärjestelmän tuotannon tasapainottamiseen merkittävästi. Yhteydellä on kuitenkin merkitystä poikkeuksellisina huipputunteina ja rajasiirtoyhteyttä voidaan käyttää ja on käytetty sähkötehon takaamiseksi kysyntäpiikeissä.

11.3 Taloudellinen riippuvuus tulevaisuudessa

Koska hiilivetyjen kysyntä kaasua lukuun ottamatta laskee Suomessa kaikissa skenaarioissa, niistä syntyvä taloudellinen ”riippuvuus” Venäjältä laskee kaikissa skenaarioissa. Myös kaasun kysyntä laskee kaikissa muissa skenaarioissa kuin hitaan kehityksen skenaariossa, jossa kysyntä säilyy nykytasolla. Muutos on suurinta nopean kehityksen skenaariossa, jossa karkeasti arvioituna (olettaen, että hintaero pysyy samankaltaisena) taloudellinen riippuvuus Venäjältä laskee nykyisestä yhteensä 560 – 940 miljoonasta eurosta noin 200 – 370 miljoonaan euroon.

Kaasun osalta muutokset ovat suurimpia. Balticconnectorin ja mahdollisen Liettua-Puola -yhteyden myötä Suomi yhdistyy Euroopan kaasumarkkinoiden kanssa. Tämä ei välttämättä vähennä venäläisen kaasun käyttöä sellaisenaan, sillä on epätodennäköistä, että Euroopasta tuotava kaasu tulisi olemaan merkittävästi halvempaa. Putkihankkeet kasvattavat kuitenkin kilpailua, mikä lisää kaasun hintojen yhtenäisyyttä Suomen ja muun Euroopan välillä.

Sähkön osalta fyysinen riippuvuus laskee merkittävästi Suomeen rakennettavan uuden kapasiteetin myötä. Uudet ydinvoimahankkeet kasvattavat sähköntuotannon kapasiteettia Suomen sisällä, vaikka Suomesta poistuukin jonkun verran lauhde- ja CHP-kapasiteettia. Samanaikaisesti Suomen ja muiden Pohjoismaiden välisiä rajasiirtoyhteyksiä vahvistetaan ja Suomi integroituu vahvemmin osaksi Pohjoismaisia sähkömarkkinoita. Taloudellinen riippuvuus ei todennäköisesti merkittävästi muutu, ellei sähkön hinta Venäjällä nouse huomattavasti.

Riippuvuus uraanista kasvaa keskipitkällä aikavälillä, sillä Fennovoima on sitoutunut hankkimaan polttoainetta Hanhikivi 1-voimalaitokseen ainakin ensimmäisen kymmenen toimintavuoden ajan Venäjältä. Laitos tosin kykenee käyttämään myös muualla tuotettua polttoainetta, ja kuten aikaisemmin todettiin, ydinpolttoaineen kohdalla taloudelliset riippuvuussuhteet eivät ole yksiselitteisiä.

Biomassan kohdalla taloudellinen riippuvuus voi kasvaa nykyisestä, etenkin jos biopolttoaineiden käyttö liikenteessä kasvaa merkittävästi. Tällöin energiakäytön jakeiden hinta nousee ja tuonti voi tulla kannattavaksi vaihtoehdoksi.

12 SUOMEN ENERGIASEKTORIN TULEVAISUUDEN KEHITYS

12.1 Johdanto

Huoltovarmuus on toimivan yhteiskunnan kannalta kriittistä ja sillä vastataan myös kovien energia-aseiden vaikutuksiin. Tässä luvussa on tarkastelu energiasektorin tulevaisuuden kehitystä huoltovarmuuden kannalta. Tarkastelussa on mukana koko energiasektori (lämmitys, sähkö ja liikenne).

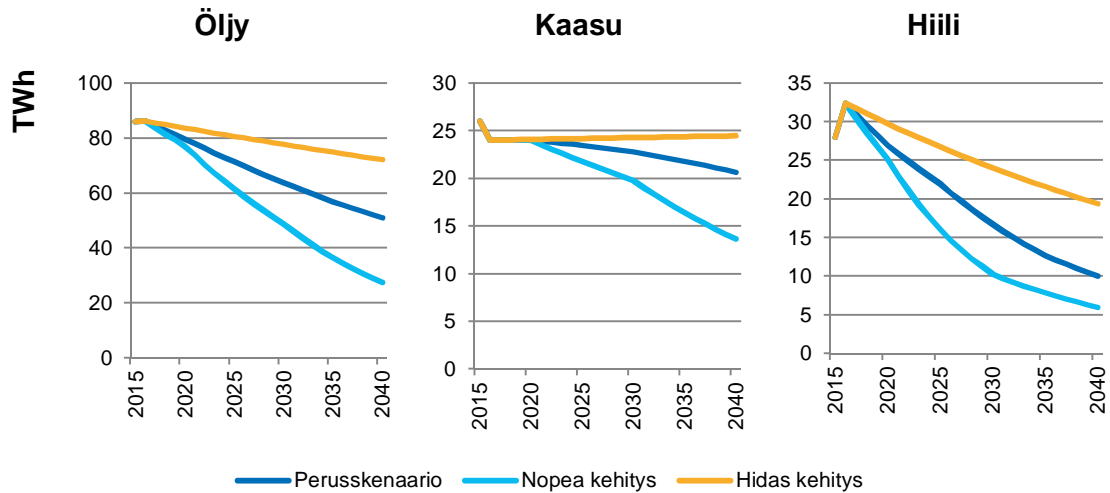
Energia- ja ilmastostrategian perusskenaario toimii työn lähtökohtana huomioiden myös ensimmäisessä vaiheessa tehdyt skenaariot. Tässä osiossa on keskitytty vain perus- ja nopean kehityksen skenaarion aiheuttamiin muutoksiin. Hitaan kehityksen skenaario edustaa historiallisen trendin jatkumista, eli käytännössä nykytilanteen jatkumista vuoteen 2040 asti mikä tarkoittaa, että huoltovarmuusnäkökulmasta se ei synnytä uusia kysymyksiä tai tilanteita. Lisäksi on esitetty vain vuoden 2040 tilanne, sillä muutokset välivuosina ovat suhteellisen samankaltaisia.

12.2 Suomen tulevaisuuden energiapaletti

12.2.1 Vaiheen I energiaskenaariot

Ensimmäisen vaiheen energiaskenaarioiden perusteella (perusskenaario, nopean kehityksen skenaario ja hitaan kehityksen skenaario) hiilivetyjen kysyntä laskee Suomessa merkittävästi (lukuun ottamatta maakaasun kysyntää hitaan kehityksen skenaariossa) (Kuva 12-1). Hiiltä käytetään Suomessa lähes yksinomaan sähkön ja lämmön tuotantoon, kaasun käyttö jakautuu puoliksi energialaitosten käytön ja teollisuuskäytön välillä, kun taas öljyn kulutuksesta noin 50 % on liikennekäyttöä, 8 % energiakäyttöä ja loput muuta käyttöä, kuten teollisuuden käyttöä. Suomi on historiallisesti vähentänyt fossiilisten polttoaineiden käyttöä EU:ta nopeammin, mm. kasvattamalla bioenergian tuotantoa ja tämän trendin oletetaan jatkuvan. Kokonaisuudessaan öljyn kysynnän odotetaan laskevan 43 %, kaasun 9 % ja hiilen 72 % vuonna 2040 vuoteen 2015 verrattuna.

Kuva 12-1 Öljyn, kaasun ja hiilen kysynnän kehitys Suomessa eri skenaarioissa



12.2.2 Sähkön tuotanto ja kysyntä Suomessa

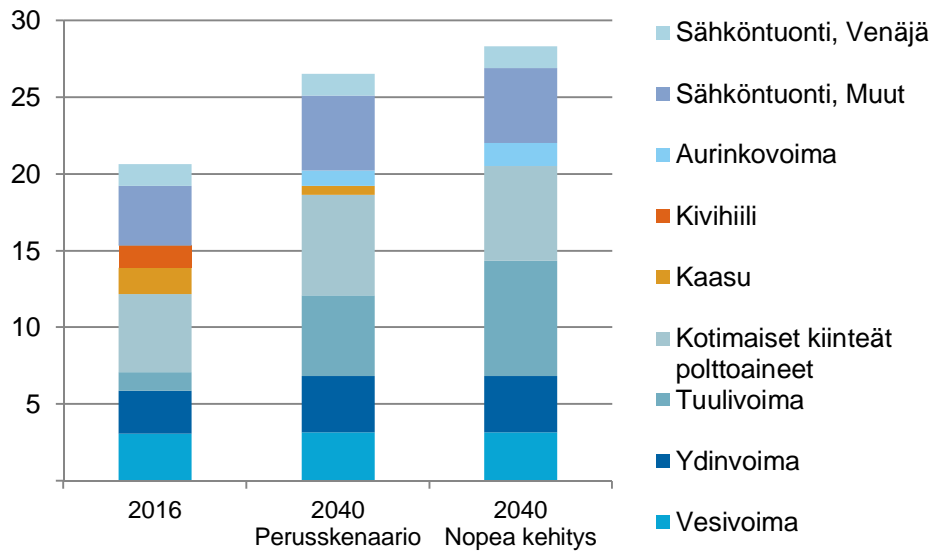
12.2.2.1 Sähköntuotannon nettokapasiteetti

Alla olevassa kuvassa (Kuva 12-2) on esitetty Suomen sähkön tuotannon nettokapasiteetti vuosina 2016 ja 2040 perus- ja nopean kehityksen skenaariossa. Nettokapasiteetilla tarkoitetaan tässä kaikkea asennettua kapasiteettia, mikä antaa todellisuutta paremman kuvan. Todellisuudessa huipputuotantoon käytettävissä oleva kapasiteetti on huomattavasti pienempi mm. eri teknologioiden vaihtelevan käytettävyyden vuoksi (tämä tarkastelu näytetty edempänä).

Polttoaineiden kysyntä eroaa eri skenaarioissa, mutta sähköntuotannon nettokapasiteetti ei skenaarioiden välillä eroa kovin merkittävästi. Perusskenaariossa nettokapasiteetti on noin 27,5 GW ja nopean kehityksen skenaariossa noin 29 GW. Tuulivoiman nettokapasiteetti kattaa 27 % koko nettokapasiteetista. Näin suuri osuus sääriippuvaista tuotantoa vaikuttaa koko verkon toimintaan, joka tulee ottaa huomioon tulevaisuuden ratkaisuissa. Perusskenaariossa kapasiteetin lisäys vuoteen 2016 verrattuna on yli 5 GW ja nopean kehityksen skenaariossa 7,5 GW. Myös aurinkovoiman kapasiteetti kasvaa. Pöyryn arvion mukaan perusskenaariossa sen kokonaiskapasiteetti on noin 1 GW ja nopean kehityksen skenaariossa noin 1,5 GW vuonna 2040. Kasvun oletetaan tapahtuvan pääasiallisesti paikallisesti esimerkiksi rakennusten kattopinnoilla. Hitaan kehityksen skenaariossa aurinko- ja tuulivoiman osuus jää alhaiseksi, eikä sitä ole esitetty seuraavassa kuvassa.

Merkittävimmät muutokset nykytilanteeseen verrattuna ovat tuuli- ja aurinkovoiman lisäksi kotimaisten kiinteiden polttoaineiden (biomassa, jätepolttoaine, turve ja teollisuudet jätevirrat) osuuden kasvu sekä sähköntuontikapasiteetin kasvu.

Kuva 12-2 Sähkön tuotannon nettokapasiteetti (GW) nykypäivänä sekä perus- ja nopean kehityksen skenaarioissa vuonna 2040



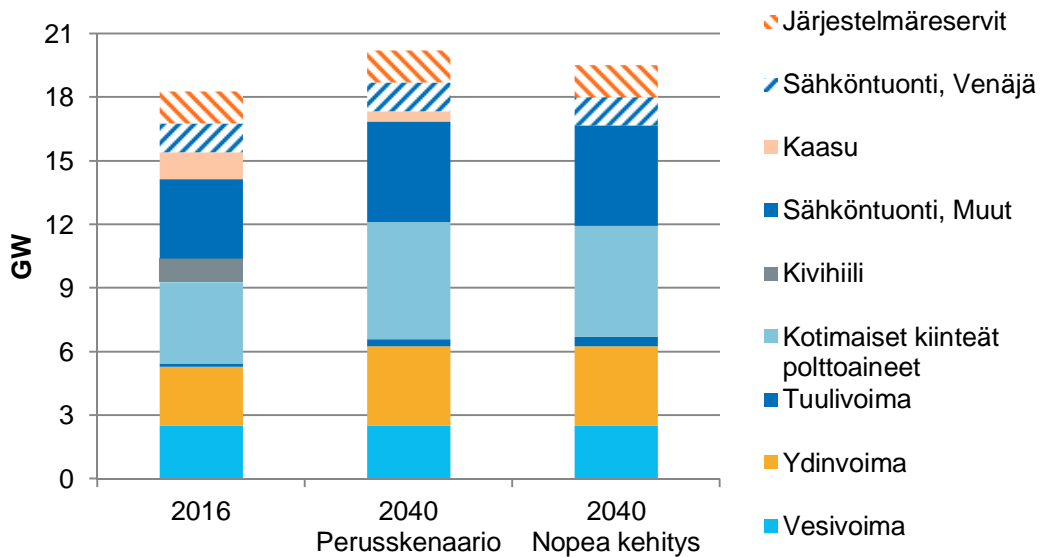
12.2.2.2 Sähkön tuotantokapasiteetti huippukysynnän aikaan

Huippukulutustilanteessa käytettävissä oleva sähkön tuotantokapasiteetti perusskenaariossa ja nopean kehityksen skenaariossa vuonna 2040 on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 12-3). Kapasiteetti on muodostettu arvioimalla vuoden 2040 kulutushuippua eri skenaarioissa ja eri tuotantoteknologioiden potentiaalista kehitystä. Vuoden 2016 kapasiteetti on arvioitu tilastokeskuksen tietojen perustella. Arviossa voi esiintyä epätarkkuutta, sillä mm. monipolttoainekattilat vaikeuttavat kategorisointia.

Kapasiteettiennusteet edustavat sellaista kehitystä, jolla Suomen sähkön huoltovarmuus saadaan taattua. Perusskenaariossa sähkön tuotannon kokonaiskapasiteetti huippukysyntätilanteessa kasvaa noin 2.4 GW ja nopean kehityksen skenaariossa 1.4 GW vuonna 2040 vuoteen 2016 verrattuna.

Sähkön käytön huippukysynnän aikana tuulivoimatuotantoa on perusskenaariossa arvioitu olevan noin 300 MW ja nopean kehityksen skenaariossa noin 450 MW. Tuulivoiman huipun aikainen kapasiteetti on laskettu käyttäen 6 %:n oletusta suhteessa kokonaiskapasiteettiin (eurooppalaisen kantaverkkoyhtiöiden yhteistyöjärjestön EntsoE:n yleisesti käyttämä oletus).

Kuva 12-3 Sähköntuotantokapasiteetti (GW) tuotantomuodoittain vuosina 2016 ja 2040 perus- ja nopean kehityksen skenaarioissa huippukäytön tilanteessa



Sähkön tuonnin on oletettu kasvavan nykyisestä hieman. Venäjän sähköntuonti on esitetty kuvassa erikseen, sillä kapasiteettimaksujen takia ei voida olettaa, että siirtoyhteys olisi saatavilla huippukäytön aikana ja se vaatii erillistarkastelua. Kivihiilen energiakäytön oletetaan loppuvan kokonaan ja kaasun käytön vähenevän.

Kuvassa on myös erikseen esitetty järjestelmäreservit: Fingridin ylläpitämä nopea häiriöreservi, jonka määrän on arvioitu olevan 1200 MW molemmissa skenaarioissa (sama kuin vuonna 2017) (Fingrid, 2017b) ja tehoreservi jonka on arvioitu olevan 300 MW (sama kuin kaudella 2015–2017) (Energiavirasto, 2017a). Fingridin nopean häiriöreservin tehtävänä on ennen kaikkea varmistaa järjestelmän toimivuus tilanteissa jossa jokin tuotantolaitos kaatuu. Tehoreservi on energiaviraston järjestämä strateginen reservi, jonka tehtävänä on varmistaa tehon riittävyys kriittisissä tilanteissa. Nämä reservit eivät osallistu sähkömarkkinoille kaupallisina toimijoina ja niitä käytetään vain poikkeustilanteissa.

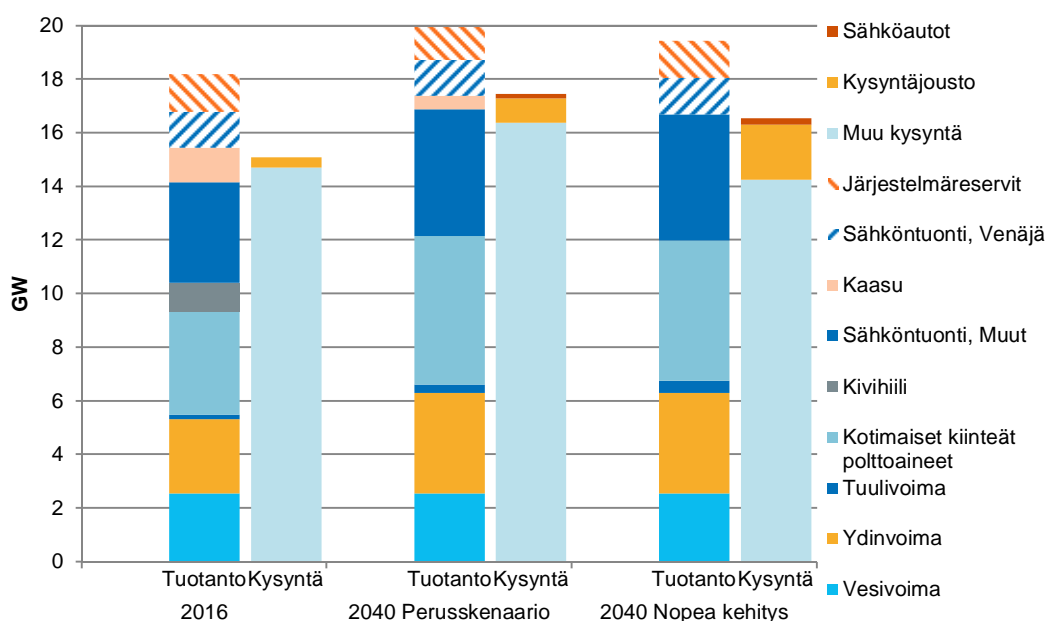
Reserveihin kuuluu muun muassa öljyä sekä kaasua, joita ei oleteta käytettävän kaupalliseen käyttöön. Tehoreservin on oletettu olevan pienempi kuin kuluvalle kaudella 2017 – 2020. Kuluvan kauden reservi on korkeampi kuin aikaisemmin osittain turvaamassa sähköntuotannon kapasiteettia ennen Olkiluoto 3 käyttöönottoa (Energiavirasto, 2017b), eikä tälle ole samanlaista tarvetta tulevaisuudessa. Taus-taoletuksena on, että kapasiteettia rakennetaan riittävästi kaupallisina ehdoin. Jos tämä ei toteudu, tullaan jatkossakin tarvitsemaan markkinoiden ulkopuolisia keinoja sähkön toimitusvarmuuden takaamiseksi.

Ydinvoiman osalta on oletettu, että nykyiset laitosinvestoinnit ovat toiminnassa (Olkiluoto 3, Hanhikivi 1) ja että nyt jo rakennetut ydinvoimalaitokset poistuvat käytöstä niiden käyttöiän päätyttyä. Vesivoimalla tuotetun sähköntuotantokapasiteetin oletetaan pysyvän samana kuin nykyään. Huippukäytön tilanteessa oletetaan, että

aurinkovoima ei tuota kuin hyvin pienen osan ja paikallisesti, joten siksi sen osuutta ei näy oheisessa kuvassa.

Jotta sähkön kysynnän huipputilannetta voidaan arvioida, on seuraavassa kuvassa esitetty sähköntuotantokapasiteetti sekä kysyntä huipputilanteessa rinnakkain nykytilanteessa ja vuonna 2040. Kuvasta näkyy, että kysyntäjoustolla ja sähköautoilla voidaan vastata mahdollisiin häiriötilanteisiin. Muu kysyntä pitää sisällään sähkölämmityksen, teollisuuden sekä muun sähkönkäytön.

Kuva 12-4 Sähköntuotantokapasiteetti sekä kysyntä vuonna 2016, perus- sekä nopean kehityksen skenaariossa huippukysyntätilanteessa vuonna 2040



Perusskenaariossa sähköautojen määrän odotetaan kasvavan 500 000 kappaleeseen vuonna 2040 (taustaoletuksena on hyödynnetty mm. TEMin selontekoa energia- ja ilmastostrategiasta, TEM, 2017a). Nopean kehityksen skenaariossa sähköautojen määrän oletetaan olevan huomattavasti enemmän eli noin 800 000 autoa.

Älykkäillä latausjärjestelmillä sekä latauksen ajoittumisella pääosin yöaikaan saadaan minimoitua sähköautojen verkoille ja kysynnän vaihtelulle aiheuttamat lisätarpeet. Sähköautojen oletetaan toimivan niin sanotuilla älykkäillä latausjärjestelmillä, jolloin autoja voidaan ladata muulloin kuin huippukulutuksen aikaan (VTT, 2010b). Sähköautojen tehontarpeen huipputilanteissa arvioidaan olevan perusskenaariossa noin 125 MW ja nopean kehityksen skenaariossa noin 200 MW. Korkein tehontarve, jonka sähköautot tarvitsevat on perusskenaariossa noin 630 MW ja nopean kehityksen skenaariossa noin 1000 MW Pöyryn arvion mukaisesti. Älykkään latausjärjestelmän ansiosta tämä kuorma kyetään siirtämään pois huipputilanteista, jolloin verkko ei rasitu vaan tehontarve jakaantuu tasaisemmin ympäri vuorokauden.

Sähköautojen latauksen älykäs ohjaaminen vaatii toteutuakseen uudenlaisia markkina- tai ohjausmekanismeja, joilla varmistetaan sähköautojen reagointi oikealla tavalla huippukysyntähetkiin. Sähköautot voivat silti muodostua ongelmaksi, sillä vaikka niiden kysyntää voidaan siirtää hetkellisistä kysyntäpiikeistä tai tarjontavaja-

uksista, pidempiaikaisissa häiriötilanteissa näin ei voida tehdä, vaan myös sähköautojen latausta varten täytyy varata kapasiteettia.

Kysyntäjousto helpottaa vuonna 2040 sähköjärjestelmän hallintaa huomattavasti molemmissa skenaarioissa, mutta markkinamekanismeja on tarkistettava, jotta kysyntäjousto voisi tehokkaasti osallistua markkinoille ja olisi saatavilla voimajärjestelmän tasapainottamiseen myös häiriötilanteissa. Kysyntäjoustopon ajatellaan tässä tapauksessa sisältävän myös potentiaaliset akkuratkaisut.

Sähkön hankinnan osalta suurimpien muutosten arvioidaan vuoteen 2040 mennessä tapahtuvan ydinvoiman, sähkön tuonnin ja kotimaisten kiinteiden polttoaineiden (eli käytännössä CHP, sekä teollisuuden että yhdyskuntien energiantuotanto) kohdalla. Kaikkien näiden oletetaan kasvavan. Sähkön hankinnan kasvu uusien yhteysien kautta sitoo Suomen tiukemmin osaksi pohjoismaisia sähkömarkkinoita, mikä samalla myös tarkoittaa, että riippuvuus niistä hieman kasvaa.

Perusskenaariossa ja nopean kehityksen skenaariossa kotimaisten kiinteiden polttoaineiden CHP-kapasiteetti (polttoaineina biomassa, jätevirrat ja mahdollisesti vielä turve) kasvaa. Kasvun taustalla on lämmön kysynnän kasvu perusskenaariossa (nopeassa skenaariossa kasvu on lähes olematonta) ja hiili- ja kaasukapasiteetin korvautuminen kotimaisia polttoaineita käyttävällä kapasiteetilla.

Vertaamalla nettokapasiteettia ja huippukapasiteettia (Kuva 12-3 ja Kuva 12-4) huomataan, että vuonna 2040 tarvitaan huomattavasti enemmän "seisovaa" kapasiteettia verrattuna vuoteen 2016. Tällä tarkoitetaan kapasiteettia, jonka käyttöaste on suhteellisen matala. Tämän kaltaisen kapasiteetin rahoittaminen tulee vaatimaan joko korkeampia sähkön markkinahintoja tai vaihtoehtoisesti jonkinlaisia tuki/markkinamekanismeja, jotka palkitsevat kapasiteetin olemassa olosta pelkän energian myynnin sijaan.

Perusskenaarion mukaisessa kehityksessä polttoaineiden hinnat voivat kasvaa globaalisti (katso osa 1). Polttoaineiden hinnat heijastuvat sähkön hintaan, jolloin kuvatus kaltaisen CHP-kapasiteetin kehitys on mahdollista ja investoinnit kotimaisia polttoaineita käyttäviin CHP-laitoksiin voivat olla kannattavia. Nopean kehityksen skenaario voi olla haastavampi, sillä fossiilisten polttoaineiden kysynnän laskiessa sähkön hinta saattaa pysyä liian alhaisena markkinaehtoisille CHP-investoinneille. Taustaoletuksena on, että sähkön hinnan määräävä marginaalituotantomuoto tulee olemaan pääsääntöisesti maakaasu Keski-Euroopan sähkömarkkinoiden kautta. Tämän kaltaisissa markkinaolosuhteissa ei oleteta myöskään nykyisen tai uuden lauhdekapasiteetin olevan kannattavaa, sillä sen marginaalituotantokustannus on CHP-tuotantoa korkeampi.

12.2.3 Sähköverkon toimivuus

Sekä perusskenaariossa että etenkin nopean kehityksen skenaariossa yhteiskunta sähköistyy enenevässä määrin vuoteen 2040 mennessä. Suomessa on arvioitu olevan noin 800 000 henkilösähköautoa (noin 30 % koko henkilöautokannasta, 2040 henkilöautokanta energia- ja ilmastostrategian taustaskenaariosta, TEM 2017d),

joukkoliikennevälineitä ja mahdollisesti myös raskasta liikennettä nopean kehityksen skenaariossa vuonna 2040. Lämpöpumpuilla tuotetaan lämpöä 12 TWh, mikä vastaa 800 000 omakotitalon lämmön kulutusta (62 % kaikista omakotitaloista). Samanaikaisesti yhä suurempi osuus sähköstä tuotetaan vaihtelevalla tuotannolla – tuulivoimalla ja aurinkovoimalla. Näistä jälkimmäisen kapasiteetista suuri osa on kuluttajapäässä, kuten kotien ja toimistojen katoilla.

Tämä kehitys synnyttää kaksi haastetta, joita ovat 1) sähköverkon kasvava huoltovarmuuskriittisyys ja 2) siirtokapasiteetin riittävyys. Haasteisiin vastataan valtavilla verkkoinvestoinneilla. Mm. Fingrid on ilmoittanut tekevänsä satojen miljoonien investoinnit kantaverkkoon lähivuosien aikana, jotta joustamattomaan tuotantoon voidaan varautua. Samanaikaisesti Suomen ja Ruotsin kantaverkkoyhtiöt ovat aloittaneet uuden Merenkurkun tasasähköyhteyden suunnittelun.

Sähkön käyttötapojen muutosten seurauksena sähkön jakelun toimitusvarmuudella on entistä kriittisempi vaikutus. Sähkökatkokset aiheuttavat enemmän vahinkoa, sillä sähkön saatavuus vaikuttaa yhä enemmän kotien lämmitykseen ja ihmisten liikkumiseen. Suomessa meneillään oleva jakeluverkkojen säävarmuuteen tähtäävä maakaapelointi pienentää huomattavasti sähkökatkojen todennäköisyyttä, mutta katkojen vaikutukset voivat olla suurempia, minkä vuoksi häiriöreaktiomekanismeja tulisi tarkistaa.

Sähkön jakeluverkon kapasiteetin riittävyys voi nousta ongelmaksi etenkin haja-asutusalueilla. Nopean kehityksen skenaariossa sähköautot ja lämmitykseen (esim. lämpöpumppeihin) käytettävä sähkö voivat aiheuttaa yhä isompia kulutuspiikkejä, vaikka suoran sähkölämmityksen osuus pienenee. Esimerkiksi Norjassa sähköautojen suuri määrä on jo aiheuttanut jonkin verran ongelmia jakeluverkoille: häiriöiden määrä on kasvanut ja sähkön laatu paikoin heikentynyt (Tekniikka ja talous, 2017). Ongelma on suurempi nimenomaan haja-asutusalueilla, koska pienempi käyttäjämäärä tarkoittaa että skaalaetuja ja automaattista kompensointia ei synny.

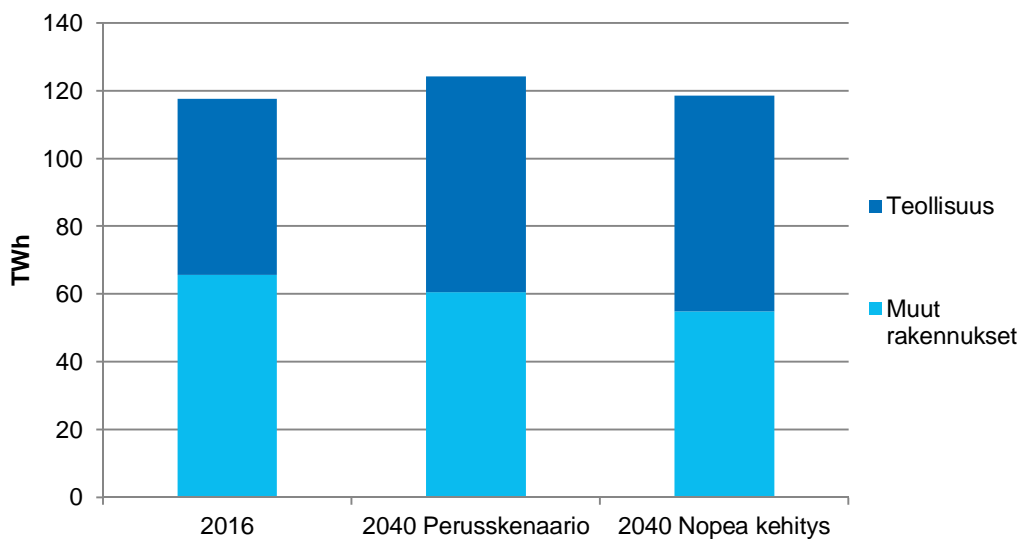
Ongelmaan on kaksi ratkaisua: 1) joko sähköverkon vahvistaminen näillä alueilla tai 2) älykkäiden ratkaisujen toteuttaminen esim. akkuteknologioilla tai yhdistelmä näistä kahdesta. Molempien ratkaisujen myötä investointitarve kasvaa, mikä taas tarkoittaa kustannusten nousua haja-asutusalueilla ja herättää kysymyksen kustannusten jakamisesta.

Sähköverkkojen ongelma voi olla merkittävä todennäköisesti vain nopean kehityksen skenaariossa. Suomen sähköverkko on pääsääntöisesti hyvässä kunnossa ja kykenee vastaanottamaan huomattavan suuren määrän sähköautoja jo nykyiselläänkin (Rautiainen, 2015). Lämpöpumput puolestaan korvatesaan suoraa sähkölämmitystä pienentävät kysyntäpiikkiä lämpöpumpujen tehokkuuden vuoksi ja siksi kysyntäpiikit nousevat nykyisestä vain suuren ja myös muita kuin suoraa sähkölämmitystä korvaavan käytön myötä.

12.2.4 Lämmön kysyntä Suomessa

Lämmön kysynnän oletetaan Suomessa hieman kasvavan vuoteen 2040 mennessä perusskenaariossa, kun taas nopean kehityksen skenaariossa lämmön kysyntä ei kasva (Kuva 12-5). Kummassakin skenaariossa teollisuuden lämmön kysynnän oletetaan kasvavan, muiden rakennusten (asuin-, toimisto-, liikerakennukset jne.) lämmön kysynnän oletetaan laskevan energiatehokkuuden vuoksi vaikka rakennuskanta kasvaakin.

Kuva 12-5 Teollisuuden ja muiden rakennusten lämmön kysyntä perus- ja nopean kehityksen skenaarioissa vuonna 2040



Suomessa suuri osa kiinteistöistä lämmitetään taajama-alueilla kaukolämmöllä. Muita lämmitysmuotoja ovat puu-, öljy-, suora sähkölämmitys tai lämpöpumput. Lämmityksen huoltovarmuuden kannalta kriittisintä on polttoaineiden saanti ja sähkölämmityksen osalta sähkön saatavuus. Kaukolämpöä tuotetaan pääosin fossiililla polttoaineilla (kivihiili, maakaasu, öljy), ja näille polttoaineille on erikseen määritellyt varmuusvarastot. Kaukolämpöä tuotetaan myös biopolttoaineilla, jotka ovat pääosin kotimaisia. Fossiilisia polttoaineita voidaan korvata biomassalla tietyissä laitostyypeissä, mutta kokonaisuudessaan korvaaminen ei ole mahdollista.

Kotitaloja lämmitetään yleisesti myös suoralla sähkölämmityksellä tai maa- tai ilma- lämpöpumpuilla. Lämmityksen takaaminen häiriötilanteissa on täysin riippuvainen sähköverkon toiminnasta. Öljylämmitteisissä taloissa öljyä on vaikea korvata muilla polttoaineilla ilman teknillisiä muutoksia talon lämmitysjärjestelmään.

Tulevaisuudessa lämpöpumppujen osuus tulee edelleen kasvamaan erityisesti sähkölämmityksessä kiinteistöissä, mikä vähentää sähkön kulutusta. Jos lämpöpumpuilla korvataan taas muita lämmitysmuotoja kuten öljylämmitystä, sähkön kulutus kasvaa. Toisaalta samalla huoltovarmuus lisääntyy, kun tuontipolttoainepohjaista lämmitystä korvataan.

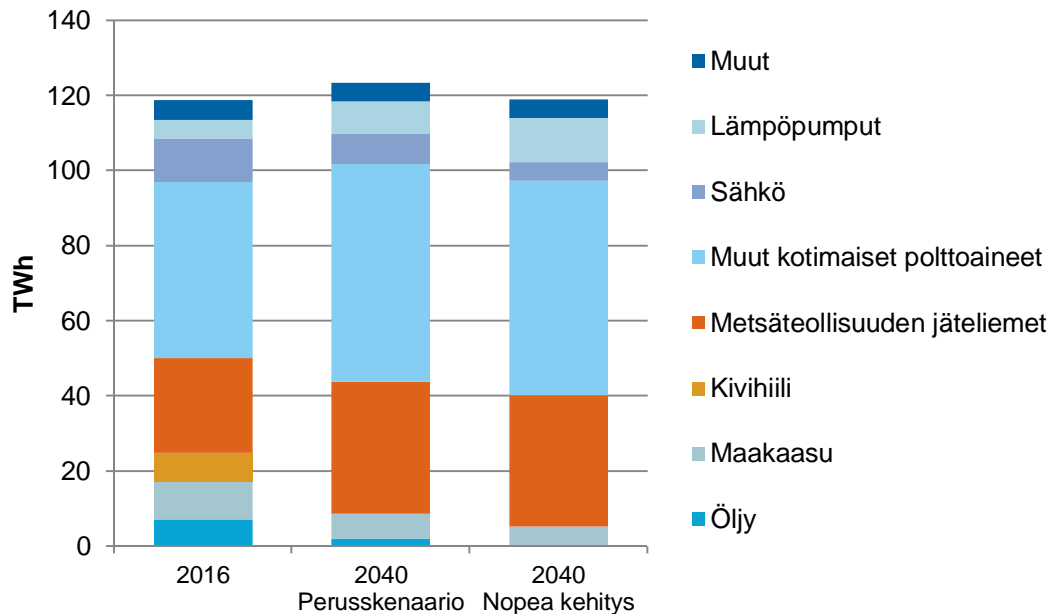
Seuraavassa kuvassa (Kuva 12-6) on arvioitu yhdyskuntien ja teollisuuden lämmöntuotannon kehitystä polttoaineittain. Kokonaistuotanto on mallinnettu siten, että se vastaa arvioitua kokonaiskysyntää. Maakaasun määrän on arvioitu kehittyvän samalla tavalla kuin maakaasun kokonaiskulutus. Öljyn käyttö lämmityksessä korvautuu Pöyryn arvion mukaan muilla lämmitysmuodoilla siten, että kokonaismäärä on perusskenaariossa 2 TWh ja nopean kehityksen skenaariossa öljyn käyttö on korvattu täysin uusiutuvilla polttoaineilla. Kivihiilen käytön oletetaan loppuvan molemmissa skenaarioissa.

Metsäteollisuuden jäteliemien kulutukseen odotetaan kasvavan pääasiassa uusien sellutehtaiden vuoksi (Äänekoski, Finnpulp, Kemijärvi). Näiden myötä myös puupolttoaineiden käyttö kasvaa. Puupolttoaineilla korvataan fossiilisia polttoaineita lämmöntuotannossa. Kotimaiset polttoaineet (pääsääntöisesti puupohjaisia polttoaineita) vastaavat kokonaislämmöntuotannosta perusskenaariossa 47 % ja nopean kehityksen skenaariossa 48 %.

Suoran sähkölämmityksen oletetaan vähenevän ja lämpöpumppujen käytön lisääntyvän niin maalämmön kuin ilmalämpöpumppujen osalta. Lämpöpumpuilla tuotettu energia on perusskenaariossa noin 9 TWh ja nopean kehityksen skenaariossa noin 12 TWh. Muut -kategoria pitää sisällään muun muassa jätettä sekä teollisuuden masuunikaasuja ja biokaasua, joiden määrä pysyy noin 5 TWh:ssa molemmissa skenaarioissa.

Sekä nopean kehityksen skenaariossa että perusskenaariossa biomassan käyttö kasvaa huomattavasti nykytasosta vuoteen 2040 mennessä. Tämä voi potentiaalisesti aiheuttaa ongelmia, jos liikenteen biopolttoainetuotanto kasvaa merkittävästi, sillä suora energiakäyttö kilpailee liikennebiopolttoainetuotannon kanssa. Tämä voi johtaa siihen, että polttoainehinta kasvaa paikoittain ja polttoainetta joudutaan tuomaan enemmän ulkomailta, ennen kaikkea Venäjältä.

Kuva 12-6 Lämmöntuotanto (TWh) vuonna 2040 perus- ja nopean kehityksen skenaarioissa



Tuontipolttoaineiden käytön väheneminen lämmöntuotannossa lisää huoltovarmuutta jo itsessään. Biopohjaisten polttoaineiden kasvava määrä lämmöntuotannossa kasvattaa polttoaineen kysyntää kotimaassa, mutta voi myös lisätä tuontia ulkomailta. Esimerkiksi Itä-Suomessa voi olla kustannustehokkainta tuoda biomassaa Venäjältä. Tämä voi tehdä Venäjän tuonnin logistiikasta kriittistä huoltovarmuuden kannalta. Ylipäätään biopolttoaineiden käytön kasvaessa logistiikasta tulee huoltovarmuuden näkökulmasta tärkeä kysymys biomassan fossiilisia polttoaineita huomattavasti heikomman varastoitavuuden vuoksi.

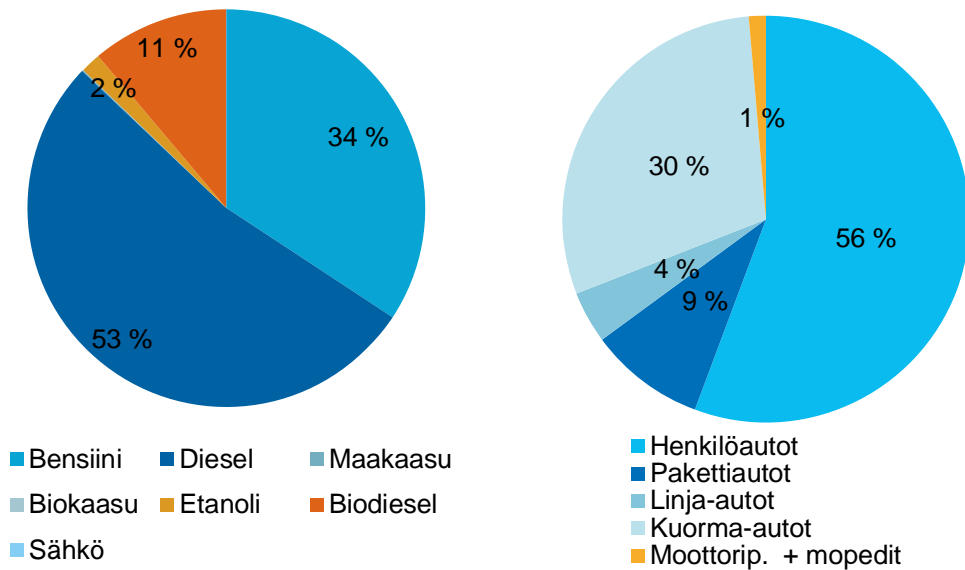
Lämpöpumppujen kasvava osuus vähentää kokonaisuudessaan sähkön käyttöä lämmityksessä, mutta lämpöpumput myös muuttavat lämmityksen sähkönkulutusprofiilia: Lämpöpumppujen tyypillisen mitoituksen ja etenkin ilmalämpöpumppujen suorituskyvyn ulkolämpötilariippuvuuden vuoksi lämmönkysynnän huippuhetkistä aiheutuu jatkossakin huomattava kuorma sähköverkolle.

12.2.5 Liikenne

Suomen liikenteen energiakulutus on pysytellyt viimeisen kymmenen vuoden ajan 4,6–4,9 Mtoe:n tasolla ja sen osuus koko energiankulutuksesta oli vuonna 2015 17 %. Liikenteen energiankulutuksesta tieliikenteen osuus on selvästi suurin, vastaten yli 80 % energiankulutuksesta (Kuva 12-7). Kansainvälinen lentoliikenne vastaa 13 % ja raide- ja kotimainen vesiliikenne liikenne 3 % koko liikenteen energiankulutuksesta.

Tieliikenteen osalta dieselin osuus liikenteen energiankulutuksesta oli 53 % vuonna 2015. Dieselin kulutus on laskenut noin 7 % kolmen edellisen vuoden aikana biopolttoaineiden osuuden kasvun myötä. Biopolttoaineiden kulutus on kasvanut Suomessa noin 13 %:iin vuonna 2015 ollen yhteensä lähes 0,5 Mtoe. Uusiutuvan dieselin osuus oli Suomessa lähes 90 % Suomessa kulutetuista biopolttoaineista. Vahvana ajurina kehityksessä ovat Nesteen ja UPM:n investoinnit uusiutuvan dieselin valmistukseen.

Kuva 12-7 Suomen tieliikenteen energiankulutus vuonna 2015 energialähteittäin sekä ajoneuvotyypeittäin (Eurostat ja VTT LIPASTO)



Tieliikenteen energiankulutuksesta henkilöautojen osuus oli 56 % vuonna 2015. Loppuosa koostui kuorma-, linja- ja pakettiautoista, joille diesel on pääpolttoaine. Myös henkilöautokannasta merkittävä osuus koostuu dieselnä käyttäytyneistä ajoneuvoista.

Liikenteen huoltovarmuuden osalta fossiilisten polttoaineiden saatavuus ja toimitusvarmuus tulevat edelleen pysymään merkittävimpänä tekijänä pitkälle 2030-luvulle ja sen jälkeenkin, vaikka etenkin nopean kehityksen mutta myös perusskenaarion mukaan öljyn käyttö vähenee vuosiin 2030 ja 2040 mennessä. Nopean kehityksen skenaariossa sähköautojen määrä lisääntyy noin miljoonaan autoon vuoteen 2030 mennessä, mutta myös biopolttoaineiden rooli vuoteen 2030 mennessä pysyy merkittävänä.

Suomen jalostuskapasiteetti perustuu pitkälti venäläisen korkearikkisen raakaöljyn hyödyntämiseen. Tämä, ja öljyn ja bionesteiden valmistuksessa tarvittavan vedyn tuotannon maakaasupohjaisuus ylläpitävät Suomen liikennepolttoaineiden tuotannon Venäjä-riippuvuutta yllä tulevaisuudessakin. Kuten edellä on todettu, öljynjalostuksessa ei kuitenkaan olla täysin riippuvaisia Venäjältä tulevien polttoaineiden saatavuudesta, sillä jalostamoilla on myös mahdollista jalostaa muita raakaöljyalaatuja sekä käyttää vaihtoehtoisia polttoaineita vedyn tuotannossa, kuten öljyjalosteita ja jalostuksen sivuvirtoja. Nykyiset huoltovarmuussäännökset toimivat hyvänä pohjana

öljytuotteiden toimitusvarmuuden takaamiseksi, eivätkä uudet liikenteen päästövähennystavoitteet muuta merkittävästi liikenteen huoltovarmuutta.

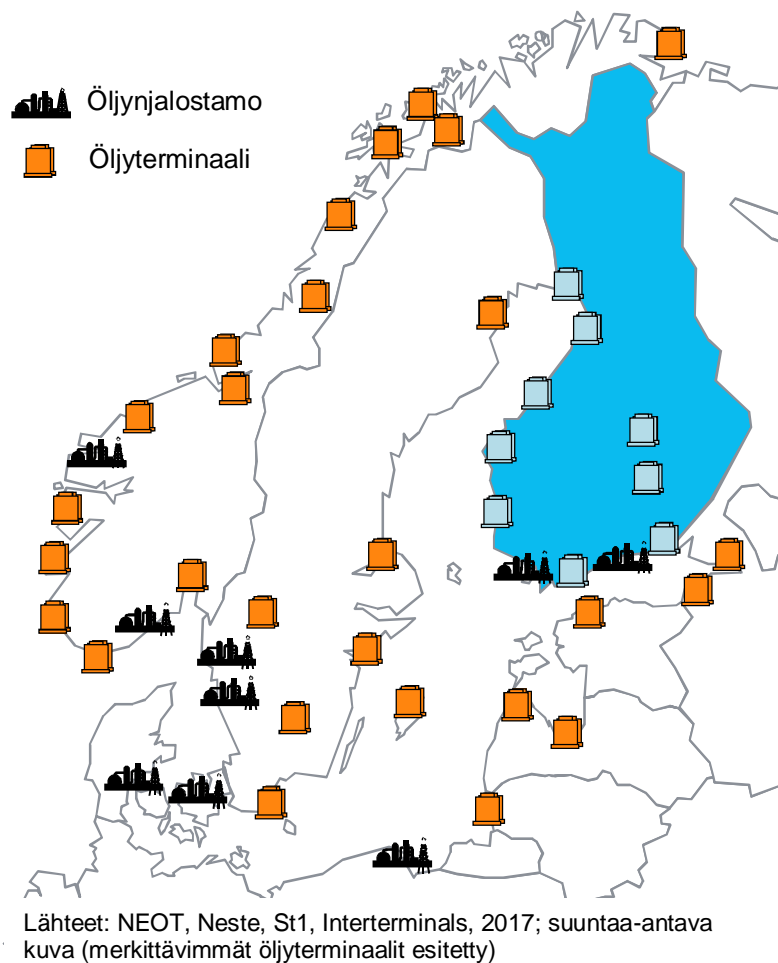
Nestemäisten biopolttoaineiden tuotanto Suomessa perustuu tällä hetkellä pitkälti jäterasvojen ja öljyjen vetykäsittelyllä tuotettuihin uusiutuviin dieseltuotteisiin. Dieselin sivutuotteena syntyy myös naftajae, jota voidaan käyttää bensiinin sekä petrokemian tuotteiden raaka-aineena. Vuoteen 2030 tähtäävän energia- ja ilmastostrategian taustaoletuksissa kotimaisten biopolttoaineiden tuotannon tavoitellaan kasvavan nykyisestä noin 500 000 tonnista noin 1,1 miljoonaan tonniin pitkälti kotimaisiin raaka-aineisiin pohjautuen. Lisätuotannon osalta strategiassa lähdetään siitä, että suuri osa lisätuotannosta pohjautuisi kotimaisiin biomass- ja jäteresursseihin, jolloin tuotanto ei olisi niin riippuvaista raaka-aineiden tuonnista ja toisaalta loisi merkittäviä kansantaloudellisia hyötyjä toimitusketjuihin.

Kotimainen puuraaka-aineeseen perustuva biopolttoaineiden valmistus voisi perustua suurehkoihin kaasutusteknologiaan perustuviin laitoksiin sekä pienempiin bioöljyyn ja sen jatkojalostukseen perustuviin laitoksiin. Kaasutusteknologiaan tukeutuvia hankkeita on Suomessa ollut suunnitteilla vajaan vuosikymmenen aikana jo useita. Toistaiseksi investoinnit ovat jääneet toteutumatta politiikan ja taloudellisuuden epävarmuuksien takia. Pyrolyysiteknoologiaan perustuvat tuotantomuodot voivat myös olla vaihtoehto kaasutukselle vuoden 2020 jälkeen, mutta pyrolyysillä tuotetun bioöljyn laatu ei vastaa liikenteen tai kotitalouksien polttoöljyjen laatua ja vaatii siksi merkittäviä jatkojalostusprosesseja esimerkiksi öljynjalostamoilla.

Vuoden 2020 jälkeinen biopolttoainepolitiikka on vielä Suomen ja EU:n osalta valmisteluvaiheessa, joten tarkempia suunnitelmia ohjauskeinoista tai tuotannosta ei vielä ole valmisteltu strategian toimeenpanemiseksi. Niin fossiilisten kuin nestemäisten biopolttoaineiden osalta raaka-aineiden ja lopputuotteiden saatavuus ja kuljetusyhteydet Itämeren alueella ovat merkittävän huoltovarmuuteen vaikuttava asia.

Suomessa ja Pohjoismaissa on merkittävää öljynjalostuskapasiteettia, joka perustuu laajaan raaka-öljypohjaan ja tarjoaa siten toimitusvarmuutta lyhytaikaisille kriisitilanteille. Myös Itämeren alueen terminaaliverkosto mahdollistaa luotettavan jakeluinfrastruktuurin Suomessa ja lähialueilla, jos jalostamoiden tuotantokyvyyssä sattuisi merkittäviä häiriöitä (Kuva 12-8). Huoltovarmuuden kannalta kriittiseksi tekijäksi nousee siis Itämeren meriliikenteen turvallisuus ja satamien toimintojen häiriötömyys. Laajempi Itämeren turvallisuustilanteen huonontuminen ja merenkulun häiriöt vaikuttaisivatkin liikenteen polttoainehuoltoon nopeasti, jolloin nykyisten varmuusvarastojen ja muun terminaalikapasiteetin määrä aiheuttaisi ongelmia kuukausien jälkeen kriisin alkamisesta.

Kuva 12-8 Itämeren alueen öljyn jalostus- ja terminaaliverkosto



Biopolttoaineiden tuotanto tulee perustumaan vielä vuosia pitkälti tuontiraaka-aineiden käyttöön. Raaka-aineita tuodaan pääosin laivoilla Itämeren merireittejä pitkin. UPM:n 100 000 tonnin biodiesellaitos Lappeenrannassa käyttää raaka-aineenaan sulfaattisellun valmistuksen sivutuotteena syntyvää raakamäntyöljyä, jota Suomessa syntyy sellun nykytuotannosta noin 250 000 tonnia. Suuri osa kotimaisesta raakamäntyöljystä jalostetaan tällä hetkellä kemian teollisuuden raaka-aineiksi, jolloin mäntyöljyn tuotanto vaati jonkin verran myös tuontiraaka-ainetta.

Uudet kiinteään biomassaan, ja erityisesti puun sivujakeisiin, perustuvat biopolttoainelaitokset nähdään pääreittinä kotimaisen tuotannon kasvulle. Niiden raaka-ainehuolto perustuu pitkälti metsäteollisuuden hankintaketjuihin ja tuotannon sivuvirtoihin, kuten sahanpuruun ja kuoreen. Näiden laitosten toimintaan ulkoisilla lyhytaikaisilla kriiseillä ei ole suurta vaikutusta, elleivät esimerkiksi vientisatamien toiminnan häiriöt pysäytä suurta osaa metsäteollisuuden primäärituotannosta. Puuraaka-aineen hankintaketjuissa on tosin jonkin verran luontaista varastointikapasiteettia, ja täten raaka-aineen toimitukset voisivat jatkua vielä joitain viikkoja häiriön alkamisesta.

Nykyiset kotimaiset biopolttoaineet ovat sellaisenaan sekoitettavissa myytäviin diesel- ja bensiinilaatuihin, joten biopolttoaineiden huoltovarmuusvarastointia ei tarvit-

se erikseen säännöstellä. Kasviöljypohjaisten estereiden käyttö dieselin bio-osuutena on Suomessa ollut viime vuosina vähäistä, vaikkakin esterit ovat tällä hetkellä Euroopan käytetyin biopolttoaine. Esteröityjen biodieseliä pitkäaikaisvarastointi ei ole järkevää, sillä polttoaineen varastokestävyys ei ole samaa luokkaa kuin fossiilisilla polttoaineilla. Sama koskee myös bensiinin ja etanolin seospolttoaineita, mutta etanolin varastointi erillisenä ennen sekoitusta on mahdollista nykyisissä varastoissa ja jalostamoiden yhteydessä.

Liikenteen sähköistymistä on käsitelty edellä kappaleessa 5.7.2. Liikenteen sähkötarpeen huoltovarmuus on sidoksissa täysin sähköverkkojen yleiseen toimintavarmuuteen huomioiden kuitenkin sähköautojen lataamisen vaikutus kysynnän hetkelisiin tehontarpeisiin. Älykällä latausjärjestelmällä sekä latauksen ajoittumisella pääosin yöaikaan saadaan minimoitua sähköautojen verkoille ja kysynnän vaihtelulle aiheuttamat lisätarpeet.

Kaasun käyttö liikenteessä on lisääntynyt viime vuosina, mutta sen osuus on yhä alle prosentin liikenteen energiankäytöstä. Hallituksen strategiassa on asetettu tavoite laajentaa kaasun jakeluverkkoa lähinnä markkinaehtoisesti, mutta määrällisiä tavoitteita ei kaasuautoille ole asetettu. Vuonna 2015 biokaasun osuus oli noin 40 % liikenteen kaasunkäytöstä, ja hallitus näkeekin biokaasun olevan merkittävä tekijä liikenteen päästöjen vähentämisessä. Suurin osa olemassa olevasta kaasun jakeluinfrastruktuurista on nykyisen kaasun siirtoverkon alueella, mutta biokaasun ja LNG:n avulla jakeluverkostoa voidaan myös kasvattaa muualle Suomeen. Liikenteen kaasun saatavuuden ei nähdä muodostuvan merkittäväksi huoltovarmuuskysymykseksi, sillä biokaasun yleistyminen sekä LNG:n käyttö toimitusvarmuuden takaamiseksi riittää nykyarvioiden mukaan hyvin 2030-luvulle saakka.

13 SUOMEN ENERGIAPOLITIikkaan KOHDISTU- VAT EPÄSUORAT VAIKUTUSKEINOT

13.1 Johdanto

Tämän selvitystyön lähtöoletuksena on ollut, että energiamarkkinoiden kehitys ja uusien teknologioiden käyttöönotto muuttavat merkittävästi valtiollisten toimijoiden sekä suuryritysten geopoliittista ja geoeconomista toimintaympäristöä. Useat tekijät tulevat johtamaan hiilivetyjen käytön vähenemiseen pitkällä aikavälillä. Muutos ei ole suoraviivainen ja vaikutukset vaihtelevat eri aikoina. Tämän vuoksi markkinave-toisen analyysin rinnalle tarvitaan analyysiä, jossa huomioidaan energiamurrokseen sisäänrakennetut epävarmuustekijät ja niihin mahdollisesti liittyvät poliittiset ja ta-loudelliset riskit.

Tässä selvityksessä on hyödynnetty ”kuuden säännön” viitekehystä (Kuva 1-1) se-kä energia-aseen analyysimallia (Kuva 9-1) havainnollistamaan sitä, millaisten suo-rien tai epäsuorien vaikutuskeinojen kautta kohdemaan energiapolitiikkaan vaikute-taan. Analyysissa on tarkasteltu energiamurroksen vaikutuksia Venäjän energiapoli-tiikkaan ja tätä kautta maan ulkopoliittiseen keinovalikoimaan. Tässä kappaleessa pohditaan yhteenvetona sitä, miksi Venäjä turvautuu epäsuoriin vaikutuskeinoihin ja millaisia konkreettisia keinoja Venäjällä on käytössään.

Kuten edellä on todettu (kappale 8), nopean kehityksen skenaariossa Venäjän mahdollisuudet vaikuttaa energiapolitiikan kautta ovat rajallisemmat kuin perusske-naariossa tai hitaan kehityksen skenaariossa. Laajamittainen energiamurros kohti uusiutuvia energiamuotoja vähentää Venäjän hiilivetyresurssien kysyntää ja on sen vuoksi haaste paitsi maan energiapolitiikalle, mutta myös poliittisen järjestelmän tasapainolle. Tämän skenaarion haasteellisuus on huomioitu esimerkiksi Venäjän vielä luonnosvaiheessa olevassa energiastrategiassa. Venäjällä luotetaan kuitenkin siihen, että energiamurroksesta huolimatta Venäjän energiaviennin kannalta kes-keiset markkinat säilyvät. Esimerkiksi Presidentti Vladimir Putin korosti Moskovan energiaviikoilla syksyllä 2017 pitämässään puheessa, että hiilivetyjen ja uusiutuvien suhde tulee säilymään entisellään seuraavat 30 vuotta.

Ottamalla huomioon energiasektorin strategisen tärkeyden Venäjälle on realistista olettaa, että erilaisia epäsuoria vaikutuskeinoja voidaan käyttää energiatulojen ja vaikutusvallan turvaamiseksi. Aikaisemmissa tutkimuksissa on osoitettu, miten Ve-näjä on pyrkinyt vaikuttamaan kohdemaan energiapolitiikkaan sekä kovien (putken sulkeminen), että pehmeiden (energian myyminen alennettuun hintaan) keinojen avulla. (Øverland ja Orttung, 2011) Ukrainan konfliktin yhteydessä Venäjä on osoit-tanut merkittävää kykyä vaikuttaa kohdemaahan yhdistämällä taloudellisia, infor-maatio- ja sotilaallisia vaikutuskeinoja. Venäjän kyvyistä ei siis ole epäselvyyttä, kyse on enemmänkin siitä, millaisia epäsuoria vaikutuskeinoja maa eri tapauksissa

tullaan näkemään. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin Venäjän mahdollisia tavoitteita ja vaikutuskeinoja.

13.2 Energiasektorin valinnat ja vaikuttaminen

Mahdollista energiasektorivaikuttamista tarkastellaan alla esitetyn kehikon kautta (Taulukko 13-1). Taulukossa on esitetty kaksi tavoitetta, joihin Venäjän valtio todennäköisesti pyrkii vastatessaan nopean kehityksen skenaarioon ja sen aiheuttamaan tulojen laskuun.

Taulukko 13-1 Energiasektorin vaikutuspyrkimykset

Hidastaa transitioita kohti fossiilisista polttoaineista vapaata energijärjestelmää	Korvata väheneviä energia- ja raaka-ainevirtoja muilla tuloa tuottavilla ja kontrolloitavilla
Vaikutuskeinot: Disinformaatio, rahoittaminen, omistaminen, ...	
Vaikutuskohteet: Yritykset, järjestöt, yhteiskunta, päätöksenteko, ...	

Muutoksen hidastaminen tarkoittaa sitä, että Venäjä pyrkisi esim. rajoittamaan muiden maiden, etenkin Venäjälle tärkeiden kauppakumppanien, siirtymään uusiutuviin, tai ylipäättänsä ei Venäjältä tuotuihin energialähteisiin. Tämä koskisi todennäköisimmin öljyä ja kaasua, sillä niillä on suurin vaikutus vientituloihin. Epäilyjä tämän kaltaisesta toiminnasta on esitetty esimerkiksi Bulgariassa ja Romaniassa, missä amerikkalaisen yrityksen kokeilut aloittaa kaasun tuotanto vesisärötysteknikalla kaatuivat suuriin mielenosoituksiin. Kummassakin tapauksessa on herännyt vahvoja epäilyksiä, että Gazprom ja Venäjä ovat osaltaan osallistuneet mielenosoitusten järjestämiseen ja rahoittamiseen, tavoitteenaan kaataa hankkeet ja ylläpitää valtioiden riippuvuutta Venäläisestä kaasusta. (New York Times 2014; Financial Times 2014).

Liettuassa on puolestaan aloitettu prosessi, jonka tavoitteena on avata poliitikkojen yhteyksiä energiasektorin strategisiin hankkeisiin. Taustalla on Liettuan parlamentin kesällä 2017 tekemä päätös aloittaa maanpetosoikeudenkäynti johtavan sosiaalidemokraattisen puolueen kansanedustajaa vastaan. Häntä epäillään toimimisesta Venäjän valtionyhtiön Rosatomin intressien mukaisesti Kaliningradin ydinvoimalahankkeen yhteydessä. (ELTA 2017a; ELTA 2017b; BNSNews 2017)

Energia- ja raaka-ainevirtoja korvaamalla pyrittäisiin korvaamaan menetettyjä tuloja etenkin öljyn kohdalla. Realistisimmat vaihtoehdot ovat ydinvoima sekä kaasu, joista jälkimmäiseen liittyy myös vahvasti edellä mainittu muutoksen hidastaminen. Kuten selvityksen toisessa osassa todettiin, ydinvoimateknologian vienti on Venäjälle tärkeä strateginen tavoite, minkä lisäksi on viitteitä siitä, että ydinvoimayhteistyö on Suomen ja Venäjän suhteiden ykkösprioriteetti. Rosatom on mm. aloitta-

nut ohjelman, jonka tavoitteena on luoda positiivista kuvaa sekä ydinvoimasta, että Venäjistä ylipäättänsä. Suomen tulevaisuuden ydinvoimapäätökset ovat tämän nojalla luonnollinen kohde Venäjän valtion vaikutuspyrkimyksille, joilla pyrittäisiin esimerkiksi luomaan mahdollisuudet uusille ydinvoimaluville Suomessa ja/tai vaikuttamaan vanhenevien ydinvoimaloiden jatkolupakäsittelyihin.

13.3 Esimerkkejä vaikutuskeinoista

Tässä luvussa kuvataan esimerkkejä vaikutuskeinoista hypoteettisten case-esimerkkien kautta tunnistamalla mahdollisia riskejä, jotka energiasectoriin liittyy.

Eri tasoiset ns. disinformaatiokampanjat ovat olleet vahvasti esillä viime aikoina. Niissä Venäjä on ennen kaikkea eri mediakanavia pitkin pyrkinyt vaikuttamaan yhteiskunnalliseen keskusteluun. Vastaavanlaisia kampanjoita voisi esiintyä energianaiheiden kuten ilmastonmuutoksen ja ydinvoiman ympärillä.

Ilmastonmuutosta koskeva keskustelu on esimerkki teemasta, johon Venäjällä voisi olla intressi vaikuttaa, huomioiden nopean energiamuutoksen muodostamat haasteet Venäjälle. Suomessa ilmastonmuutokseen on perinteisesti suhtauduttu vakavasti. Kuitenkin 22 % väestöstä on jokseenkin samaa mieltä tai täysin samaa mieltä väittämän ”puhe ilmastonmuutoksesta on vahvasti liioittelua” kanssa ja 40 % pitää suomalaisten työpaikkoja ilmasto- ja ympäristötavoitteiden toteuttamista tärkeämpinä (Pitkänen & Westinen, 2017). Ilmastonmuutoksen, tai sen vastaisten toimien mielekkyyden, esim. niiden kustannusten vuoksi, kyseenalaistava viestintä saisi oletettavasti vahvaa vastakaikua näiltä väestön osilta.

Toimien kyseenalaistaminen voi liittyä myös nykyisiin keinoihin hillitä ilmastonmuutosta. Suomen energia- ja ilmastostrategia nojaa vahvasti bioenergian käyttöön, jonka ympäristöystävällisyydestä keskustellaan EU-tasolla sekä kansallisestikin. Informaatiokampanja voisi näin ollen pyrkiä herättämään keskustelua biotalouden ympäristöystävällisyydestä ja ilmastovaikutuksista, ja näin pyrkiä hidastamaan siihen siirtymistä.

Vaihtoehtoisia energiavirtoja, eli ennen kaikkea ydinvoimaa ja kaasua voidaan pyrkiä esittämään paremmassa valossa esimerkiksi painottamalla niiden ympäristöystävällisyyttä ja muita positiivisia puolia verrattuna muihin energiantuotantovaihtoehtoihin. Tämän kaltaista toimintaa jo tehdään, eikä se poikkea merkittävästi normaalista promootiosta ja mainonnasta.

Rahoittaminen on mahdollinen epäsuora vaikuttamisen menetelmä ja on epäilyksiä, että Venäjä on käyttänyt tätä metodia energiasectorilla jo aiemmin (katso kappale 8). Tämä keino voisi mm. kohdistua agendaltaan ja vaikutusvallaltaan soveltuviin suomalaisiin järjestöihin, jotka omaa agendaa toteuttamalla edesauttaisivat Venäjän valtion tavoitteita. Tämän kaltaisia energia-alan järjestöjä voivat olla mm. erilaiset tietyn energialähteen ympärille muodostuneet etujärjestöt tai ajatushautomot, joita Suomessa on huomattava määrä.

Yritysten omistusosuuksien hankkiminen on yksi potentiaalinen vaikutuskeino, sillä määrävällä omistusosuudella voi vaikuttaa suoraan yrityksen johdon tekemiin päätöksiin. Tämän kaltaisia yrityksiä voisi olla esimerkiksi Neste, joka edustaa huomattavaa osaa kaikesta Suomen läpi kulkevasta raakaöljyvirrasta ja joka on etenevässä määrin pyrkinyt muuttamaan toimintaansa ympäristöystävälliseksi. Valtion tavoitteena on vähentää omistusosuutta Nesteestä, mikä mahdollistaa määräysvallan siirtymisen ulkopuolisille sijoittajille.

Muita vaikutuskeinoja voisivat olla esimerkiksi houkuttelevat polttoainetoimitusten pitkäaikais sopimukset, joilla pyritään sitomaan yrityksiä tiukemmin venäläisiin fossiiliin polttoaineisiin ja vähentämään kilpailevien vaihtoehtojen houkuttelevuutta.

14 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

14.1 Muutokset Suomen energiasektorilla

Suomen energiapaletti on jo nykyisellään monipuolinen, ja energiahuoltovarmuutta ylläpitävät tällä hetkellä lait, asetukset ja huoltovarmuusmääräykset. Energiasiirtymät ja hiilivetyjen kysynnän laskusta aiheutuva energiatulojen väheneminen Venäjällä sekä teknologinen kehitys asettaa kuitenkin myös Suomen energiajärjestelmän uuteen tilanteeseen vuoteen 2040 mennessä.

Tällä hetkellä suurin osa (71 %) energian kokonaistuonnista (sähkö, lämpö ja liikenne) tuodaan Venäjältä. Suomen hallituksen tavoitteet energiaomavaraisuuden nostamisesta yli 55 %:iin vuoteen 2030 mennessä, uusiutuvan energiantuotannon lisääminen fossiilisten polttoaineiden kustannuksella ja uusiutuvan energian osuuden nostaminen liikenteessä heijastuvat myös perus- ja nopean kehityksen skenaarioihin.

Lyhyisiin tuontipolttoaineiden toimituskatkoksiin (noin puolen vuoden aikajänne) on Suomessa varauduttu hyvin. Valtion varmuusvarastojen, yritysten velvoitevarastojen ja lisäksi öljyn osalta kaupallisten varastojen johdosta ei merkittäviä varsinaisia riskejä ole odotettavissa. Pitkäaikaisia poikkeustilanteita (esim. sotatilanne) ei ole tarkasteltu.

Perusskenaariossa tuontipolttoaineiden osuuden arvioidaan vähenevän hieman yli neljänneksen vuoteen 2040 mennessä nykytilanteeseen verrattuna (olettaen kokonaisenergiankysynnän säilyvän jotakuinkin nykytasolla). Nopean kehityksen skenaariossa tuontipolttoaineiden osuuden arvioidaan vähenevän perusskenaariota enemmän, mikä parantaa lähtökohtaisesti huoltovarmuutta. Tämän johdosta Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta Suomeen vähenee merkittävästi.

Hiilivedyistä syntyvä taloudellinen ”riippuvuus” (eli Venäjältä energijakeiden tuonnista syntyvä taloudellinen hyöty vs. vaihtoehdot) laskee kaikissa skenaarioissa, koska kysyntä laskee. Perusskenaariossa taloudellinen riippuvuus vähenee 270 – 450 miljoona euroa. Muutos on suurin nopean kehityksen skenaariossa, jossa karkeasti arvioituna (olettaen, että hintaero pysyy samankaltaisena) taloudellinen riippuvuus laskee nykyisestä yhteensä 560 – 940 miljoonasta eurosta noin 200 – 370 miljoonaan euroon tuontipolttoaineiden kysynnän laskun seurauksena.

Kaasun kysynnän osalta suurimmat muutokset tapahtuvat perusskenaariossa ja nopean kehityksen skenaariossa, kun taas hitaan kehityksen skenaariossa kaasun kysyntä säilyy nykyisen kaltaisena. Skenaarioista riippumatta Euroopan ja Suomen kaasumarkkinoilla tapahtuu merkittäviä muutoksia. Balticconnectorin ja mahdollisen Puola-Liettua (GIPL) -yhteyden myötä Suomi yhdistyy Euroopan kaasumarkkinoiden kanssa. Tämä ei välttämättä vähennä venäläisen kaasun käyttöä, sillä on epätodennäköistä, että Euroopasta tuotava kaasu tulisi olemaan merkittävästi halvem-

paa. Putkihankkeet lisäävät kuitenkin kilpailua, mikä johtaa siihen että hintaerot pienenevät.

Sähkön kysyntä kasvaa kaikissa skenaarioissa, mutta sähkön kysynnän osuus energian kokonaiskysynnästä kasvaa merkittävimmin nopean kehityksen skenaariossa ja perusskenaariossa, ja tilanne huoltovarmuuden kannalta muuttuu merkittävästi. Sähkön huippukysyntää pyritään vähentämään kysyntäjoustopuulla, mikä tasapainottaa sähköjärjestelmää. Kysyntäjoustopuun tehokasta hyödyntämistä varten tarvitaan toimivat markkinamekanismit. Hetkelliset kysyntäpiikit voidaan todennäköisesti välttää tai hoitaa tehokkaasti kysyntäjoustopuun ja sähköautojen lataamisen optimoinnin avulla, mutta haasteellisia ovat pitkäaikaiset häiriötilanteet (tässä tapauksessa yli useamman tunnin kestävä häiriötilanne voi olla pitkä tilanteesta riippuen), sillä kysyntää ei voida määrättömästi kysyntäjoustopuulla siirtää. Etenkin nopean kehityksen skenaariossa liikenteen ja sähköriippuvaisen lämmityksen kasvu tarkoittaa sitä, että pitkäaikaiset häiriötilanteet vaikuttavat useampaan yhteiskunnan osaluueeseen.

Sähkön osalta fyysinen riippuvuus sähkön tuonnista Venäjältä laskee merkittävästi Suomeen rakennettavan uuden sähköntuotantokapasiteetin myötä, mutta samalla riippuvuus pohjoismaisista sähkömarkkinoista, eli ennen kaikkea Ruotsista ja Norjasta voi kasvaa. Uudet ydinvoimahankkeet kasvattavat sähköntuotannon kapasiteettia Suomessa vaikka Suomesta poistuukin jonkun verran lauhde- ja CHP-kapasiteettia.

Huippukysynnän takaamiseksi tarvittava määrä joustavaa tuotantoa (lauhde- tai CHP-tuotantoa) todennäköisesti laskee hieman nykytasolta ydinvoimainvestointien ja uuden siirtokapasiteetin myötä, mutta sitä tullaan silti tarvitsemaan. Perusskenaarion maailmassa polttoaineiden hinnat voivat ylläpitää riittävän korkeaa sähkön hintaa niin, että tämä kapasiteetti rakentuisi markkinaehtoisesti, mutta tilanne ei ole yhtä yksiselitteinen nopean kehityksen skenaariossa. Laskeva polttoaineiden kysyntä ja huomattava aurinko- ja tuulivoiman käyttö voivat laskea sähkön hintaa, jolloin riittävän sähköntuotantokapasiteetin varmistaminen voi vaatia tukimekanismeja tai markkinamekanismien muutosta.

Sähköverkon toimivuus on oleellinen osa huoltovarmuutta, kun sääriippuvaista ja hajautetumpaa tuotantoa, eli aurinko- ja tuulivoimaa tulee verkkoon huomattavasti enemmän. Toisaalta Fingrid on tekemässä satojen miljoonien investoinnit kanta-verkkoon lähivuosien aikana, jotta joustamattomaan tuotantoon voidaan varautua. Samanaikaisesti Suomen ja muiden Pohjoismaiden välisiä rajasiirtoyhteyksiä vahvistetaan ja Suomi integroituu vahvemmin osaksi Pohjoismaisia sähkömarkkinoita. Taloudellinen riippuvuus sähkön osalta Venäjästä ei kuitenkaan todennäköisesti merkittävästi muutu, ellei sähkön hinta Venäjällä nouse huomattavasti. Myös kyber-
turvallisuuteen eli sähköverkkojen suojaukseen tulee kiinnittää huomiota, sillä älykkyys sähköverkossa lisääntyy ja sähköverkko on haavoittuvampi ulkoisia uhkia kohtaan. Näitä ovat ulkoiset tietokonevirukset, joiden avulla sähköverkon toiminta on mahdollista lamauttaa. Sama koskee myös koko energiajärjestelmää.

Riippuvuus uraanista kasvaa keskipitkällä aikavälillä, sillä Fennovoima on sitoutunut hankkimaan polttoainetta Hanhikivi 1 voimalaitokseen ainakin ensimmäisen kymmenen toimintavuoden ajan Venäjältä. Laitos tosin kykenee käyttämään myös muualla tuotettua polttoainetta, eivätkä ydinpolttoaineen kohdalla taloudelliset riippuvuussuhteet ole yksiselitteisiä.

Biopohjaisten polttoaineiden kasvava määrä lämmöntuotannossa vähentää tuonti- polttoaineiden käyttöä ja lisää huoltovarmuutta. Fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna biomassa on huomattavasti heikommin varastoitavaa, minkä vuoksi biopolttoaineiden logistiikasta tulee huoltovarmuuden näkökulmasta tärkeä kysymys käytön kasvaessa.

Liikenteen fossiilisten ja nestemäisten biopolttoaineiden osalta raaka-aineiden ja lopputuotteiden saatavuus ja kuljetusyhteydet Itämeren alueella ovat merkittävän huoltovarmuuteen vaikuttava asia. Huoltovarmuuden kannalta kriittiseksi tekijäksi nousee Itämeren meriliikenteen turvallisuus ja satamien toimintojen häiriöttömyys. Laajempi Itämeren turvallisuustilanteen huonontuminen ja merenkulun häiriöt vaikuttaisivatkin liikenteen polttoainehuoltoon nopeasti, jolloin nykyisten varmuusvarastojen ja muun terminaalikapasiteetin määrä aiheuttaisi ongelmia joidenkin kausien jälkeen kriisin alkamisesta.

Koska on hyvin epätodennäköistä, että hitaan kehityksen skenaario sellaisenaan toteutuu, ei sen toteutumisen vaikutusta huoltovarmuuteen ole tarkasteltu. Hitaan kehityksen skenaariossa nykyisen kaltainen fossiilisiin polttoaineisiin nojaava huoltovarmuussuunnitelma on realistinen, eikä bioenergian osuus ja sähkön kysyntä kasva yhtä voimakkaasti kuin muissa skenaarioissa. Taloudellinen riippuvuus Venäjästä pysyy hitaan kehityksen skenaariossa nykyisenkaltaisena.

14.2 Energiamurroksen merkitys Venäjälle ja epäsuorat turvallisuuspoliittiset vaikutukset

Energiamurroksen merkitystä Venäjälle on käsitelty raportin toisessa osassa. Venäjän kannalta keskeisiä muuttujia ovat energiamurroksen nopeus ja maailmanlaajuisten energiamarkkinoiden vaikutus Venäjän ja EU:n väliseen energiakauppaan. Teknologisen kehityksen ja maailmanlaajuisten energiamarkkinoiden muutoksen lisäksi analyysissä on huomioitava myös energiakaupan poliittiset reunaehdot. Tässä suhteessa olennaista on, että energia-alan yhteistyö on nähty yhtenä Venäjän ja EU:n integraatiota syventävänä muutostekijänä. (Aalto, 2016)

Vuodesta 2000 lähtien toteutettu EU:n ja Venäjän ”Energialogi” on toiminut poliittisena viitekehyksenä keskusteluille energiatehokkuuden parantamisesta, infrastruktuuri-investoinneista ja tuottajien ja kuluttajien välisistä suhteista. Maaliskuussa 2013 julkaistu EU:n ja Venäjän energiayhteistyön tiekartta määritteli strategisen kumppanuuden päämääräksi pan-eurooppalaisen energiakauppa-alueen muodostamisen vuoteen 2050 mennessä. (Euroopan komissio, 2013) Tämä EU:n komission ja Venäjän energiaministeriön allekirjoittama visio huomioi EU:n kaasumarkkinoihin liittyvät poliittiset epävarmuustekijät (nopean skenaarion mukaisesti). Se ei

kuitenkaan valmistanut EU:ta Ukrainan konfliktin tapaiseen nopeaan poliittiseen muutokseen.

Ukrainan konfliktin myötä EU:n energiapolitiikassa on vahvistunut turvallisuusnäkökulma. Sen yhtenä ilmentymänä on, että energiasektorin toimintakykyä tarkastellaan myös hybridi-vaikuttamisen viitekehyksessä. (King, 2017) Tämän lisäksi vuoden 2017 lopulla voimaan astuvat määräykset velvoittavat EU:n jäsenmaita arvioimaan kaasutoimituksiin kohdistuvat riskit ja auttamaan toisia jäsenmaita mahdollisissa häiriötilanteissa. Tämän lisäksi kaasuyhtiöt veloitetaan ilmoittamaan viranomaisille energiaturvallisuuden kannalta merkittävistä kauppasopimuksista. (European Commission, 2017). Parhaillaan on käynnissä myös prosessi, jossa Euroopan Unionin komissio pyrkii saamaan äänensä kuuluviin Itämeren kaasuputkea (Nord Stream II) koskevissa neuvotteluissa. Nämä esimerkit, yhdessä Yhdysvaltojen ja EU:n Venäjälle asettamien finanssi- ja teknologiapakotteiden kanssa, kertovat EU:n ja Venäjän välisten energiakaupan poliittisten reunaehtojen muutoksesta, jolla on merkitystä niin yksittäisen EU:n jäsenmaan kuin Venäjänkin kannalta.

Venäjän näkökulmasta maailmanlaajuinen energiamurros ja EU-markkinoiden kehitys ovat aivan keskeisiä haasteita, paitsi talouskehitykselle mutta myös maan poliittisen järjestelmän vakaudelle. Venäjän kannalta on olennaista, kykeneekö maa siirtämään investointeja konventionaalisista energiamuodoista uuteen teknologiaan, ja tapahtuuko tämä siirtymä Venäjällä eritahtisesti muun maailman kanssa. Tarkasteltaessa tilannetta skenaariokohtaisesti perus- ja hitaan kehityksen skenaariossa Venäjä kykenee säilyttämään nykytilanteen jotakuinkin ja rahoittamaan tarvittavia investointeja, vaikka EU:n alueella kysyntä lähtisikin laskuun. Nopean kehityksen skenaarion mukainen muutos on huomattavasti haastavampi Venäjän taloudelle, sillä nykyisen poliittisen järjestelmän puitteissa Venäjä ei tule toteuttamaan tarvittavia rakenteellisia muutoksia menestyäkseen nopean kehityksen skenaarion maailmassa. Energiatulojen supistuminen tapahtuu kuitenkin verrattain hitaasti, eikä siten pakota Venäjän valtionjohtoa äkkinäisiin ja vaikeasti ennakoitaviin päätöksiin. Myös nopean kehityksen skenaariossa Venäjän valtionjohto pyrkii ensisijaisesti välttämään päätöksentekoa ja ohjaamaan kansalaisten huomion pois ristiriidoista ja jännitteistä, jotka koskevat niukkojen resurssien (uudelleen) kohdentamista (katso myös Helm, 2017).

Energiamurroksen seurauksena Venäjän energiavienti Suomeen ja EU-maihin tulee siis hyvin todennäköisesti laskemaan, ainoastaan hitaan kehityksen skenaariossa kaasun kysyntä EU:ssa kasvaa. Suomessa kaasun kysyntä tulee säilymään jotakuinkin nykyisellä tasolla ja muiden hiilivetyjen kysyntä laskee kaikissa skenaarioissa. Vastatakseen energiamurroksen mukanaan tuomiin haasteisiin Venäjä pyrkii ensi sijassa siirtämään tuotantoaan Keski- ja Itä-Siperiaan ja rakentamaan energiavientikapasiteettiaan Aasian markkinoita varten. Venäjän energiatuotannon arvioidaan (Djomina, 2012) kokonaisuudessa laskevan, samalla kun tuotannon alueellinen painopiste siirtyy Itä-Siperiaan. Vaikeammassa luonnonolosuhteissa sijaitsevien kenttien käyttöönotto edellyttää markkinatilannetta, jossa hiilivedyillä on korkea hinta. Uudet investoinnit ovat ainakin lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä rahoitettava Venäjän sisäisesti, koska valtio ei ole kehittänyt keinoja ulkomaisten investointien

houkuttelemiseksi ja on rajoittanut ulkomaalaisten sijoittajien roolia strategisilla sektoreilla.

Huolimatta pitkän aikavälin kuluessa tapahtuvasta energiavirtojen suunnanmuutoksesta Venäjä haluaa säilyttää vaikutusvaltansa ja vaikuttamiskeinonsa perinteisellä markkina-alueellaan Euroopassa. Kyse voi olla venäläisten energia-alan suuryritysten etujen varmistamisesta EU:n alueella tai yksittäisessä EU:n jäsenmaassa, tai laajamittaisemmin, energiamurroksen hidastamisesta Euroopassa. Venäjä on käyttänyt sekä suoria (öljy- tai kaasuputken sulkeminen tai räjäyttäminen) sekä epäsuoria (vaihtoehtoisten putkilinjojen rakentaminen, vientipakotteet) keinoja kohdemaan energiapolitiikkaan vaikuttamiseksi. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että kovien keinojen sijaan, Venäjä pyrkii vaikuttamaan epäsuorasti, ns. pehmeitä vaikutusmenetelmiä käyttäen. Keskeinen vaikutuskanava on vetoaminen energiaprojektien kautta saavutettaviin (molemmipuolisiin) taloudellisiin hyötyihin ja projektien kautta luotavaan poliittiseen 'hyvään tahtoon' kohdemaan ja Venäjän välillä.

14.3 Yhteenveto skenaariotarkastelusta

Yhteenveto skenaariotarkastelusta on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 14-1 Yhteenveto skenaariotarkastelusta Suomen kannalta

	Nopea kehitys	Perusskenaario	Hidas kehitys
Hiilivetyjen kysyntä	Hiilivetyjen kysyntä laskee.	Öljyn ja hiilen kysyntä laskee. Kaasun kysyntä laskee maltillisemmin.	Öljyn ja hiilen kysyntä laskee. Kaasun kysyntä pysyy samansuuruisena.
Tuontipolttoaineiden osuus	Tuontipolttoaineiden osuus vähenee.	Tuontipolttoaineiden osuus vähenee mutta ei niin paljon kuin nopean kehityksen skenaariossa.	Tuontipolttoaineiden osuus pysyy nykyisen kaltaisena.
Polttoainejakauma	Kotimaisten kiinteiden polttoaineiden osuus sähkön- ja lämmöntuotannossa ja aurinko- ja tuulivoiman osuudet kasvavat.	Kotimaisten kiinteiden polttoaineiden osuus sähkön- ja lämmöntuotannossa ja aurinko- ja tuulivoiman osuudet kasvavat mutta ei niin paljon kuin nopean kehityksen skenaariossa.	Polttoainejakauma on nykyisen kaltainen. Ydinvoiman ja kotimaisten kiinteiden polttoaineiden osuus on sähköntuotannon nettokapasiteetin osalta samansuuruisen.
Sähkön kysyntä	Sähkön kysynnän osuus kokonaisenergian kysynnästä kasvaa eniten muihin skenaarioihin verrattuna.	Sähkön kysynnän osuus kokonaisenergian kysynnästä kasvaa mutta ei yhtä paljon kuin nopean kehityksen skenaariossa.	Sähkön kysynnän kasvu seuraa kokonaisenergian kysynnän kasvua.
Taloudellinen riippuvuus	Taloudellinen riippuvuus Venäjästä vähenee.	Taloudellinen riippuvuus Venäjästä vähenee mutta ei niin paljon kuin nopean kehityksen skenaariossa.	Taloudellinen riippuvuus Venäjästä pysyy nykyisen kaltaisena.
Huoltovarmuusvaatimukset	Bioenergian sisällyttäminen huoltovarmuusmääräysten piiriin.	Bioenergian sisällyttäminen huoltovarmuusmääräysten piiriin.	Nykyinen varautumissuunnitelma.
Venäjän vaikutuskeinot	Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta vähenee merkittävästi. Pehmeiden vaikutuskeinojen käyttö on mahdollinen.	Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta pysyy ennallaan tai hieman laskee, Venäjä panostaa pehmeisiin vaikutuskeinoihin.	Venäjän kyky vaikuttaa energian kautta kasvaa, Venäjä panostaa sekä koviin että pehmeisiin vaikutuskeinoihin.

14.4 Suositukset

14.4.1 Varautuminen energiasektorilla

Tulevaisuuden energiapaletissa polttoaineiden kotimaisuus kasvaa (bioenergia, tuuli- ja aurinkovoima), ja tuontipolttoaineiden määrä vähenee, joten riippuvuus muista valtioista vähenee. Kriittisimmäksi tekijäksi nousevatkin polttoaineiden logistiikan turvaaminen (lämmöntuotannossa biopolttoaineet ja liikenteessä öljytuotteet ja nestemäiset biopolttoaineet) ja sähköverkon toimivuus sekä Suomen sisällä että Nordpool-alueella. Kriittistä on varmistaa energian toimitusvarmuus joka hetki Suomessa. Toimitusvarmuuden oletetaan parantuvan perus- ja nopean kehityksen skenaarioissa.

Analyysin perusteella voidaankin todeta, että huoltovarmuuden kannalta merkittävimmät riskit polttoainekohtaisesti liittyvät maakaasuun ja öljyyn, sillä maakaasun jakelu on toistaiseksi yhtä putkea pitkin ja se on vaikeasti korvattavissa energiantuotannossa pitkän häiriötilanteen tapauksessa. Öljy on puolestaan vaikeasti korvattavissa liikenteessä, mutta samanaikaisesti kasvavan bioenergian käytön vuoksi siitä tulee huoltovarmuuden kannalta kriittinen häiriötilanteissa. Myös taloudellisesti Venäjän maakaasun ja öljyn tuonnilla on merkitystä, vaikka maakaasun tuonnin korvaaminen muualta kuin Venäjältä on toistaiseksi vain teoreettista. Suomen ja Venäjän energiasuhdetta voi kuvata epäsymmetriseksi: Venäjälle kaupan korvaaminen ei ole ylivoimaista, mutta Suomelle siitä koituisi suuria kustannuksia.

Bioenergian sisällyttäminen huoltovarmuusmääräysten piiriin turvaisi biopolttoaineiden saannin kriisitilanteissa. Normaaliolosuhteissa on hyvin epätodennäköistä, että biomassan saatavuus nousisi ongelmaksi samalla tavalla kuin esimerkiksi turpeen saatavuus (esim. huonon tuotantovuoden vuoksi), mutta bioenergiaosuuden kasvassa olisi hyvä taata myös sen saatavuus vakavassa kriisitilanteessa.

14.4.2 Varautuminen poliittisiin riskeihin

Jos kehitys etenee perusskenaarion ja nopean kehityksen skenaarion suuntaan tulevaisuudessa, merkitsee se haasteita Venäjän energiasektorille. Venäjän kyky vastata näihin haasteisiin on sen kilpailijamaita alhaisempi, ainakin nykyisen poliittisen järjestelmän olosuhteissa. Energian maailmanmarkkinahintojen alentuminen vaikuttaa myös suoraan Venäjän valtion tuloihin. Kuten edellä on kuvattu, Venäjä todennäköisesti pyrkii hidastamaan muutosta sekä korvaamaan supistuvia markkinaosuuksia muilla energiavientituotteilla.

Suomen tuleekin tunnistaa ja varautua epäsuoriin vaikutuskeinoihin. Epäsuoria vaikutuskeinoja on niiden luonteen vuoksi vaikea havaita, mutta niiden vaikutusta voidaan alentaa varautumalla. Aikaisemman tutkimuksen (mm. Chivvis, 2017) ja Suomen toteuttaman kokonaisturvallisuusajattelun perusteella voidaan eritellä muutamia selkeitä varautumisen peruseriaatteita.

Ensinnäkin, yhteiskunnan toimintakyvyn kannalta kriittisestä infrastruktuurista vastaavien viranomaisten, ministeriöiden ja yksityisen sektorin välinen yhteistyö on

olennainen osa erilaisten epävarmuustekijöiden ja riskien ennakoimisessa. Kriittisen infrastruktuurin (esim. voimalaitokset, tietoliikennesolmut) ylläpidon ja häiriötilanteisiin varautumisen ohella, varautuminen edellyttää erilaisten turvallisuuspoliittisten riskien arviointia. Näitä toimia tarvitaan, jotta voidaan jatkuvasti arvioida esimerkiksi seuraavanlaisia kysymyksiä: Millaisissa tilanteissa Venäjä voisi käyttää suoria, Suomen energia- tai turvallisuuspolitiikkaan kohdistuvia vaikuttamiskeinoja? Millaisia riskejä mahdollinen nopea muutos Venäjän sisäpolitiikassa luo suomalaisille energia-alan investoinneille Venäjällä? Millaisia heijastusvaikutuksia mahdollisella Nord Stream II kaasuputken valmistumisella on Itämeren alueen turvallisuuteen?

Toiseksi, erilaisten riskien ennakointityö edellyttää riittäviä resursseja ja työkaluja tiedusteluun ja tiedon analysointiin. Esimerkiksi informaatiovaikuttamisen kohdalla jatkuva tilanteen seuranta muodostaa perustan oikea-aikaiselle viranomaistoiminnalle.

Kolmanneksi, avoimen, demokraattisen yhteiskunnan yksi perusedellytys on kyky käydä laaja-alaista yhteiskunnallista keskustelua. Tämä edellyttää kansalaisten medialukutaidon ja viranomaisviestinnän kehittämistä sekä muita toimia, joilla voidaan vahvistaa oikea-aikaisen tiedon levittämistä ja vähentää valeuutisten vaikutusta sekä normaalioloissa että kriisiaikana.

Ilmastonmuutoksen torjuntaa vahvistavat toimenpiteet ja politiikkasuositukset energiasektorilla (nopean energiamurroksen edellytysten tukeminen) on lisäksi yksi keskeisistä keinoista vähentää riippuvuutta Venäjän energiaviennistä ja siten vahvistaa Suomen huoltovarmuutta.

15 LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA

2003/87/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/87/EY, annettu 13 päivänä lokakuuta 2003, kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta yhteisössä ja neuvoston direktiivin 96/61/EY muuttamisesta. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02003L0087-20140430&from=EN>

508/31.5.2000. Maakaasumarkkinalaki, Tämä laki on kumottu L:lla 25.8.2017/587, joka on voimassa 1.1.2018 alkaen. Lain 2 luvun 3 ja 3 a §, 3 luvun 2 b § ja 6 luvun 3 § jäävät voimaan 31.12.2019 saakka. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000508>

321/2007. Laki polttoturpeen turvavarastoista. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070321>

588/9.7.2013. Sähkömarkkinalaki, Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

857/2013. Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130857>

406/2009/EY. Decision No 406/2009/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:EN:PDF>

2009/28/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=FI>

994/2009. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetetus (EU) N:o 994/2010, annettu 20 päivänä lokakuuta 2010, toimista kaasunsaannin turvaamiseksi ja neuvoston direktiivin 2004/67/EY kumoamisesta. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32010R0994>

Aalto, P (2014). Institutions in European and Asian energy markets: A methodological overview. *Energy Policy*, 74: 4-15.

Aalto, P & Forsberg, T (2016). The structuration of Russia's geo-economy under economic sanctions. *Asia-Europe Journal*, 14:221–237.

Aalto, P, Nyssönen, H, Kojo, M, Pal, P (2017). Russian nuclear energy diplomacy in Finland and Hungary. *Eurasian Geography and Economics*, 2017: 1-32.

AEE Institute (2017). Competitiveness of renewable Energy and Energy Efficiency in U.S. Markets. June 2015

Baev, P (2002). Russia in 2015. Could the Former Super-Power Turn into a Battle-Ground? Norwegian Institute for Defence Studies, IFS info 3.

Balmaceda, M (2013). The Politics of Energy Dependency. Ukraine, Belarus, and Lithuania Between Domestic Oligarchs and Russian Pressure. University of Toronto Press.

BNSNews (2017). Uutisartikkeli. Lithuanian panel chief calls for scrutiny of politicians' ties, influence on energy. *Baltic News Service*, 17 July 2017.

- Bochkarev, D (2017). Uutisartikkeli. Gazprom plays ball: the depoliticization of the European gas market. Energy Post. Saatavissa: <http://energypost.eu/depoliticization-european-gas-market/>
- Boute, A & Willems, P (2012). RUSTEC: Greening Europe's energy supply by developing Russia's renewable energy potential. Energy Policy, 51: 618–629.
- Bouzarovski, S & Bassin, M (2011). Energy and Identity: Imagining Russia as a Hydrocarbon Superpower. Annals of the Association of American Geographers, 101(4): 783-794.
- Bouzarovski, S, Bradshaw, M & Wochnik, A (2015). Making territory through infrastructure: The governance of natural gas transit in Europe. Geoforum, 64: 217–228.
- BP (2016a). BP statistical review of world energy, June 2016. <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>
- BP (2016b). BP Energy Outlook 2017.
- Bridge, G & Bradshaw, M (2017). Making a Global Gas Market: Territoriality and Production Networks in Liquefied Natural Gas. Economic Geography, 93(3): 215-240.
- C2ES (2017). Submitted intended nationally determined contributions (INDCS). Center for climate and energy solutions. <https://www.c2es.org/international/2015-agreement/indcs>
- Chyong, C.-K (2015). Markets and long-term contracts: The case of Russian gas supplies to Europe. EPRG Working Paper 1524. Saatavissa: <http://www.eprg.group.cam.ac.uk/eprg-working-paper-1524/>
- Chernenko, E.F (2012). Power Component of Russian policy in the Mirror of Geoeconomics, Vestnik RUDN, International Relations, 4: 57-69.
- Chivvis C.S (2017). Understanding Russian “Hybrid Warfare” And What Can Be Done About it. RAND Corporation.
- Climate action tracker (2017a). Climate action tracker, USA. Last updated 2.6.2017. Saatavissa: <http://climateactiontracker.org/countries/usa.html>
- Climate action tracker (2017b). Climate action tracker, Russian Federation. Last updated 11.5.2017. Saatavissa: Fingrid. 2017. Rajakapasiteetit ja -siirrot -Venäjä. <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/rajakapasiteetit/Sivut/venaja.aspx>
- COM/2014/0330 final. KOMISSION TIEDONANTO EUROOPAN PARLAMENTILLE JA NEUVOSTOLLE Euroopan energiavarmuusstrategia. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014DC0330&from=EN>
- COM(2015) 337 final. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. direktiivin 2003/87/EY muuttamisesta kustannustehokkaiden päästövähennysten ja vähähiilisyttä edistävien investointien edistämiseksi. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015PC0337>
- COM/2016/0860 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION. Clean Energy For All Europeans. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1481278671064&uri=CELEX:52016DC0860>
- COM(2015) 80 final. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle, alueiden komitealle ja Euroopan investointipankille. Joustavaa energiaunionia ja tulevaisuuteen suuntautuvaa ilmastonmuutospolitiikkaa koskeva puitestrategia. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0080&from=en>

COM/2016/0482 final - 2016/0231 (COD). Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus sitovista vuotuisista kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksistä jäsenvaltioissa vuosina 2021–2030 joustavaa energiaunionia varten ja Pariisiin sopimuksen sitoumusten täyttämiseksi sekä järjestelmästä kasvihuonekaasupäästöjen seuraamiseksi ja niistä raportoimiseksi sekä muista ilmastomuutosta koskevista tiedoista raportoimiseksi annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) N:o 525/2013 muuttamisesta. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52016PC0482>

Cullen, P & Reichborn-Kjennerud, E (2017). Understanding Hybrid Warfare. MSDC Countering Hybrid War Project, MCDC, January 2017.

CSTEP (2015). How Did China become the largest Solar PV Manufacturing Country, Saatavissa: http://www.cstep.in/uploads/default/files/publications/stuff/CSTEP_Solar_PV_Working_Series_2015.pdf

De Clercq, G, Burmistova, S, Stubbs, J (2016). Uutisartikkeli. Rosatom's global nuclear ambition cramped by Kremlin politics. <http://www.reuters.com/article/us-russia-nuclear-rosatom-idUSKCN0ZC0QZ>

Djomina, O.V (2012). Energetika Dalnego Vostoka Rossii v Perspektive do 2050 g.: Tehnologisheskij aspekt. Prostranstvennaja Ekonomika, 2: 67-88.

Dobrev, B. 2016. Uutisartikkeli. Rosatom & Russia's Nuclear Diplomacy. <https://www.geopoliticalmonitor.com/rosatom-russias-nuclear-diplomacy/>

Doktriini (2014). Venäjän federaation sotilasdoktriini. Hyväksytty presidentin käskylä No. 2976N, 25.12.2014 [Voennaja Doktrina Rossijskoj federatsii]. Julkaistu 26.12.2014, Saatavissa: <http://news.kremlin.ru/media/events/files/41d527556bec8deb3530.pdf>.

Energiateollisuus ry (2017). Energiavuosi 2016 SÄHKÖ: Sähkönkäyttö kääntyi nousuun. Saatavissa: https://energia.fi/files/1407/Energiavuosi_2016_-_Sahko.ppt

Energiavirasto (2015). Kertomus maakaasun toimitusvarmuudesta 2015. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Kertomus+maakaasun+toimitusvarmuudesta+2015.pdf/b54544fd-6f8e-4c1d-a665-e1913b483917>

Energiavirasto (2017a). Tehoreservijärjestelmä. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/tehoreservijarjestelma>

Energiavirasto (2017b). Tehoreservin tarpeen määrittäminen. Päätös. Saatavilla: https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s_Tehoreservin+tarpeen+m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen+2016-11-01+1502SS.pdf/c5184bae-cec7-4288-ad60-8f511a38d438

EIA (2016a). Country analysis Brief: Russia. U.S. Energy Information Administration. Last updated October 25, 2016.

EIA (2016b). International Energy Outlook 2016. U.S. Energy Information Administration.

EIA (2017). International energy statistics, Saatavissa: <https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/>

Elta (2017a). Uutisartikkeli. Parliamentary committee finds that MP Bastys acted against Lithuania, posed national security threats. Lithuanian News Agency, 12 April 2017.

Elta (2017b). Uutisartikkeli. Constitutional court to decide if MP Bastys violated Constitution. Lithuanian News Agency, 6 June 2017.

Eurooppa-neuvosto (2014). Päätelmät – 23. ja 24. lokakuuta 2014. Ilmasto- ja energiapolitiikan puitteet 2030. Saatavissa: http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/fi/ec/145409.pdf

Euroopan komissio (2013). Roadmap. EU-Russia Energy Cooperation until 2050. Saatavissa: https://ec.europa.eu/info/news/securing-europes-gas-supply-new-regulation-comes-force-2017-oct-27_en.

Euroopan komissio (2017). Securing Europe's gas supply: new regulation comes into force. Saatavissa: https://ec.europa.eu/info/news/securing-europes-gas-supply-new-regulation-comes-force-2017-oct-27_en.

Euroopan komissio (2008). EU response to increase in Russian export duties for timber. Bryssel, 1.4.2008. Saatavissa: http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2008/april/tradoc_138481.pdf

Euroopan komissio (2017). Energy Strategy and Energy Union. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union>

Eurostat (2017). Complete energy balances - annual data (nrg_110a). Saatavissa: <http://data.europa.eu/euodp/fi/data/dataset/jV3229rh80h6OZ9OYE0AWA>

Fennovoima (2017). Ydinpolttoaineen toimittaa TVEL. Saatavissa: <http://www.fennovoima.fi/fennovoima/ydinvoima/ydinpolttoaine>

Financial Times. (2014). Uutisartikkeli. Bulgarians see russian hand in anti-shale protests. Saatavissa: <https://www.ft.com/content/e011d3f6-6507-11e4-ab2d-00144feabdc0?mhq5j=e6>

Fingrid (2013). Kysyntäjouston luomat mahdollisuudet sähkömarkkinoille. Jonne Jäppinen. Saatavissa: http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/asiakasliitteet/Markkinatoimikunta/2013/Kysyntajouston_luomat_mahdollisuudet_sahkomarkkinoille.pdf

Fingrid (2017a). Rajakapasiteetit ja -siirrot - Venäjä. Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/rajakapasiteetit/Sivut/venaja.aspx>

Fingrid (2017b). Fingrid verkkosivu. Saatavilla: http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/reservit/reservien_hankinta/Nopea_hairioreservi/Sivut/default.aspx

Fingrid (2017c). Nopea häiriöreservi. Saatavissa: http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/reservit/reservien_hankinta/Nopea_hairioreservi/Sivut/default.aspx

Finmarket (2017). Proizvodstvo elektroenergii v RF v 2016 godu uvelishilos na 2% [Sähkön tuotanto kasvoi Venäjällä 2% vuonna 2016]. Saatavissa: <http://www.finmarket.ru/news/4455534>

Fortum (2008). Ympäristövaikutusten arviointiselostus, Loviisan ydinvoimalaitoksen laajentaminen kolmannella ydinvoimalaitoksella.

Fortum (2015). Lehdistötiedote. Fortum to participate in the Fennovoima project with 6.6 per cent share – TGC-1 restructuring negotiations in Russia still not concluded. Fortum.com, 5.8.2015. Saatavissa: <http://www.fortum.com/en/mediaroom/>

Fortum (2016). Uraani polttoaineena. Saatavissa: <https://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/ydinvoima/polttoaine/pages/default.aspx>

Galeotti, M (2017). Controlling chaos: how Russia manages its political war in Europe, Policy Brief, European Council on Foreign Relations, Saatavissa: http://www.ecfr.eu/publications/summary/controlling_chaos_how_russia_manages_its_political_war_in_europe

- Gaidar, Y (2003). State and Evolution. Russia's Search for a Free Market. Seattle and Lontoo: University of Washington Press.
- Goldthau, A & Sitter, N (2015). A Liberal Actor in a Realist World: The European Union Regulatory State and the Global Political Economy of Energy. Oxford University Press.
- Goldthau, A (2016). Assessing Nord Stream 2: regulation, geopolitics & energy security in the EU, Central Eastern Europe & the UK. The European Centre for Energy and Resource Security. Saatavissa: <https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/warstudies/research/groups/eucers/pubs/strategy-paper-10.pdf>
- Gordeev, D (2017). Uutisartikkeli. Rosatom ilmoitti ydinenergiarakennushankkeiden kysynnän jyrkästä romahduksesta. [V "Rosatome" zajavili o rezkom shlopyvanii rynka stroitelstva AES v mire]. Saatavissa: <http://www.rbc.ru/business/21/06/2017/5949f3109a794744052bb41b>
- Gustafson, T (2012). Wheel of Fortune. The Battle for Oil and Power in Russia. NY: Harvard.
- GWEC (2014). Global Wind Energy outlook 2014, Available at: http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf
- Hakala, P (2015). Uutisartikkeli. Rehn Moskovassa: Fennovoiman kohtalo selviää lähipäivinä. Helsingin Sanomat 23.7.2015.
- Harala, S (2015). Uutisartikkeli. Fortum osallistuu Fennovoima-hankkeeseen. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8203845>
- Hallman, K (2016). Energiavallankumous käynnissä: OPEC tuhoutuu, kuluttajasta tulee kuningas. Kauppalehti. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/energia-vallankumous-kaynnissa-opec-tuhoutuu-kuluttajasta-tulee-kuningas/XtmgapXT>
- HE 175/2017. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta annetun lain ja tuulivoiman kompensatioalueista annetun lain 6 §:n muuttamisesta.
- Helm, D (2017). Burn Out: The Endgame for Fossil Fuels. New Haven ja Lontoo: Yale University Press.
- Helsingin Sanomat (2013). Uutisartikkeli. Neste Oil luopuu laivoistaan. Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000002675395.html>
- Helynen, S. ja Kara, M (2017). Asiantuntijat: Nämä reaktorit ovat ydinenergian seuraava askel. Talouselämä 26.2.2017. <http://www.talouselama.fi/uutiset/asiantuntijat-nama-reaktorit-ovat-ydinenergian-seuraava-askel-6627428>
- Henderson, J & Mitrova, T (2016). Energy Relations between Russia and China: Playing Chess with the Dragon. OIES Paper: WPM 67. Oxford Institute for Energy Studies. Saatavissa: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2016/08/Energy-Relations-between-Russia-and-China-Playing-Chess-with-the-Dragon-WPM-67.pdf>
- Hiilitieto (2017). Hiili Suomessa. Saatavissa: <https://hiilitieto.fi/hiilitieto/hiili-suomessa/>
- Huoltovarmuuskeskus, (2017a). Energia-alan huoltovarmuus – varautuminen ja kehitysnäkymät. Juha Vahlsten; Energiahuolto-osasto, esitys 2017.
- Huoltovarmuuskeskus, (2017b). Erityislainsäädäntö, Saatavissa: <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/energiahuolto/erityislainsaadanto/>

- Huuki, H, Karhinen, S, Kopsakangas-Savolainen, M & Svento, R (2017). Flexible Demand and Flexible Supply as Enablers of Variable Energy Integration (May 10, 2017). Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2966053>
- Högselius, P (2013). Red Gas. Russia and the Origins of European Energy Dependence. Lontoo: Palgrave.
- IAEA (2015). Small modular reactors offer option for near-term nuclear power deployment. <https://www.iaea.org/newscenter/news/small-modular-reactors-offer-option-near-term-nuclear-power-deployment>
- IEA (2014a). Russia 2014 - Energy Policies Beyond IEA Countries. Saatavissa: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Russia_2014.pdf
- IEA (2014b). Technology Roadmap – Energy Storage. Saatavissa: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-energy-storage-.html>
- IEA (2016a). World Energy Outlook 2016, Saatavissa: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2016/>
- IEA (2016b). Global EV Outlook 2016 Beyond One Million Electric Cars
- IEA and IRENA (2017). Perspectives for the energy transition. Investment needs for a low-carbon energy system.
- IHS Chemical (2017). Economy and energy overview. Issue 188. 1.5.2017.
- IMF (2017). World Economic Outlook, October 2017. Saatavissa: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2017/09/19/world-economic-outlook-october-2017>
- IRENA (2014). Global Bioenergy – Supply and Demand Projections, Saatavissa: https://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf
- IRENA (2016a). The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025, Saatavissa: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf
- IRENA (2016b). Letting in the Light: How solar PV will revolutionise the electricity system, Saatavissa: https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Letting_in_the_Light_2016.pdf
- IRENA (2017). REmap 2030. Renewable energy prospects for the Russian Federation. April 2017. Working paper. Saatavissa: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_Russia_paper_2017.pdf
- Judge, A, Maltby, T & Sharples, J.D (2016). Challenging Reductionism in Analyses of EU-Russia Energy Relations, Geopolitics, 21:4, 751-762.
- Jutila, L, Karvinen, S, Leinonen, T & Välkky, E (2010). Venäjän tullipolitiikan vaikutuksista Suomen ja Venäjän väliseen metsäsektorin kauppaan. Metlan työraportteja. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp155.pdf>
- Jääskeläinen, J, Zakeri, B, Syri, S (2017). Adequacy of Power Capacity during Winter Peaks in Finland. 14th International Conference on the European Energy Market (EEM).
- King, J (2017): Puhe eurooppalaisen hybridiuhkien osaamiskeskuksen avajaisissa, 6.9.2017, https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/king/announcements/commissioner-kings-remarks-high-level-seminar-hybrid-challenge-2017-helsinki_en
- Knyazeva, O (2013). Opposition and dissent in petro-states: international oil markets and political mobilization in Russia. Academic dissertation, University of British

Columbia. Saatavissa:

<https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0073712>

Koljonen ym. (2017). Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenverta-portti. VTT.

KOM/2011/0885 lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan Parlamentille, Neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Energia-alan etenemissuunnitelma 2050. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0885&from=EN>

KOM (2011) 112 lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050 Saatavissa:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:FI:PDF>

KOM(2008) 30 lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Kaksi kertaa 20 vuonna 2020 Ilmastonmuutostoimet – mahdollisuus Euroopalle. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008DC0030>

Kopsakangas-Savolainen, M & Svento, R (2012). Modern Energy Markets: Real-time Pricing, Renewable Resources and Efficient Distribution. Springer.

Kopsakangas-Savolainen, M & Svento, R (2013). Economic Value Approach to Intermittent Power Generation in the Nordic Power Markets. Energy and Environment Research, 3(2): 139-155.

Korppoo, A & Spencer, T (2012). Russia's Energy Security and Emissions Trends: Synergies and Contradictions. Teoksessa: Anceschi, L & Symons, J (toim.). Energy Security in the Era of Climate Change. The Asia-Pacific Experience. Lontoo: Palgrave.

Krushcheva, O. & Maltby, T. (2016). The Future of EU-Russia Energy Relations in the Context of Decarbonisation. Geopolitics, 21(4): 799–830.

Kuisma, M (1997). Kylmä sota, kuuma öljy: Neste, Suomi ja kaksi Eurooppaa. Porvoo. WSOY.

Kuisma, M (2016). Valtion yhtiöt: Nousu ja tuho. Helsinki: Siltala.

Kullas, E (2017). Uutisartikkeli. ”Venäjän kyky viedä öljyä voi romahtaa”, arvioi tutki- ja Pekka Sutela ja pohtii pakotteiden vaikutuksia Suomelle. Talouselämä 5.8.2017. Saatavissa: <http://www.talouselama.fi/uutiset/venajan-kyky-vieda-oljya-voi-romahtaa-arvioi-tutkija-pekka-sutela-ja-pohtii-pakotteiden-vaikutuksia-suomelle-6666466>

Laine, V, Martikainen, T, Pynnöniemi, K & Saari, S (2015): Zugzwang in slow motion? The implications of Russia's system-level crisis. FIIA Analysis 6, Ulkopoliittinen instituutti. Saatavissa: http://www.fia.fi/fi/publication/554/zugzwang_in_slow_motion/.

Latvijas Gaze (2017). Energy market development in Latvia and the Baltic States. J. Savickis. Presentation.

Lavrov, S (2016). Russia's foreign policy: historical background. Russia in Global Affairs. Saatavissa: <http://eng.globalaffairs.ru/number/Russias-Foreign-Policy-in-a-Historical-Perspective-18067>

Ledeneva, Alena V (2013). Can Russia Modernise? Sistema, Power Networks and Informal Governance. Cambridge University Press, Cambridge.

Leppänen, S, Solanko, L & Kosonen, R (2017). The Impact Of Climate Change On Regional Government Expenditures: Evidence From Russia. *Environmental And Resource Economics*, 67, 1: 67–92.

Levada (2016). Obshchestvennoe Mnenie-2016, Analytical Center Juriya Levady [Public opinion-2016] URL: <https://www.levada.ru/cp/wp-content/uploads/2017/02/OM-2016.pdf>.

Martikainen, T, Pynnöniemi, K & Saari, S (2016): Neighbouring an Unpredictable Russia: Implications for Finland”, *Finnish Foreign Policy Papers*, no. 5, October 2016. Saatavissa: http://www.fiia.fi/fi/publication/629/neighbouring_an_unpredictable_russia/

McCollum, D, Bauer, N, Calvin, K, Kitous, A & Riahi, K (2014). Fossil resource and energy security dynamics in conventional and carbon-constrained worlds. *Climatic Change*, 123:413–426

McKinsey (2017). McKinsey Global Institute – Beyond the supercycle: How technology is reshaping resources.

Mendes Souza, G ym. (2017). The role of bioenergy in a climate-changing world. *Environmental Development*, 23: 57-64.

Metsäteollisuus ry (2012). Russia’s WTO membership opens fresh opportunities for the forest industry of Finland. Saatavissa: <https://www.forestindustries.fi/releases/russias-wto-membership-opens-fresh-opportunities-for-the-forest-industry-of-finland/>

Mikkola, O-M & Pynnöniemi, K (2016). Venäjän nollasummapelin valtopoliittikka. Teoksessa Blomberg, F. (toim.): Suomen Turvallisuuspoliittinen ratkaisu. Maanpuolustuskorkeakoulu.

Mikkonen, E (2015). Uutisartikkeli. Venäjällä ilmaston lämpeneminen ei ole katastrofi. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8486304>.

MIT Technology Review (2015). When Will We Get Smart Grids. Verkkójulkaisu. Saatavissa: <https://www.technologyreview.com/s/537046/when-will-we-get-smart-grids/>

Nature (2017). Uutisartikkeli. Trump pulls United States out of Paris climate agreement. Saatavissa: <https://www.nature.com/articles/n-12333274>

Neste (2017). Urals-Brent-hintaero. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.neste.com/fi/fi/konserni/sijoittajat/markkinatietoa/urals-brent-hintaero>

New York Times (2014). Russian Money Suspected Behind Fracking Protests. Saatavilla: <https://www.nytimes.com/2014/12/01/world/russian-money-suspected-behind-fracking-protests.html>

Nikkanen, H (2015). Uutisartikkeli. Fennomania. Long Play, LP33. 14.10.2015. Saatavissa: <https://longplay.fi/fi/single/fennomania>

Norden (2017). Pohjoismaiden ministerineuvosto. Saatavissa: <http://www.norden.org/fi/pohjoismaiden-ministerineuvosto>

Nordic Energy Research (2017). About us, Nordic Energy Research. Saatavissa: <http://www.nordicenergy.org/about-us/>

NordREG (2017). About NordREG. Saatavissa: <https://www.nordicenergyregulators.org/>

Nuclear World Association (2017). Country Profiles. <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles.aspx>

Opec (2016). Opec 171st meeting concludes. OPEC Agreement. http://www.opec.org/opec_web/en/press_room/3912.htm

Oxenstierna, S & Tynkkynen, V-P (toim.) (2014). Russian Energy and Security up to 2030. Lontoo Routledge.

Oxenstierna, S (2014). Nuclear Power in Russia's energy policies. Teoksessa: Oxenstierna, S & Tynkkynen, V-P (toim.) (2014). Russian Energy and Security up to 2030. Lontoo: Routledge

Panchabuta (2017). Failure by states to pay for renewable power may trip 2022 target. Panchabuta, Renewable Energy and Cleantech India. 6.7.2017. Saatavissa: <http://panchabuta.com/2017/05/23/failure-by-states-to-pay-for-renewable-power-may-trip-2022-target/>

Pascual, C (2015). The new geopolitics of energy. Columbia University in the city of New York. Center on global energy policy.

Persson, G (toim.) (2016). Russian Military Capability in a Ten-Year Perspective – 2016, FOI.

Pirinen ym. (2014). Ilmastonmuutos ja lämmitystarveluku paikkatietoarvioina Suomessa. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135722/2014nro3.pdf?sequence=1>

Pitkänen V & Westinen J (2017). Suomalaisten asenteet ja aktiivisuus Energia asioissa. Energiateollisuus.

Plester, J (2017). Uutisartikkeli. All hell breaks loose as the tundra thaws. <https://www.theguardian.com/environment/2017/jul/20/hell-breaks-loose-tundra-thaws-weatherwatch> [Viitattu 22.7.2017]

Pynnöniemi, K (2008). New Road, New Life, New Russia: International transport corridors at the conjunction of geography and politics in Russia. Acta Universitatis Tampensis; 1314. Tampere University Press. Saatavissa: <https://tampub.uta.fi/handle/10024/67855>.

Pynnöniemi, K & Mashiri, J (2015). Venäjän sotilasdoktriinit vertailussa: Nykyinen versio viritettiin kriisiajan taajuudelle, FIIA Report No. 42, The Finnish Institute of International Affairs. Saatavissa: http://www.fiia.fi/fi/publication/507/venajan_sotilasdoktriinit_vertailussa/.

Pöyry (2014). Pöyry Point of View – Is the end in sight for renewable subsidies?

Pöyry (2016). Pöyry Point of View – How competitive is solar PV in South-East Asia?

Pöyry (2017). Hajautetun uusiutuvan energiantuotannon potentiaali, kannattavuus ja tulevaisuuden näkymät Suomessa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 5/2017

RAO Nordic (2017). Etusivu. Saatavissa: <http://www.raonordic.com/>

Rautiainen, A. (2015). Aspects of Electric Vehicles and Demand Response in Electricity Grids

Rettman (2017). Uutisartikkeli. Markets shun Nord Stream 2 amid US threat. Saatavissa: <https://euobserver.com/energy/139007>

Reuters (2017). Uutisartikkeli. OPEC sees more oil supply outside the group, countering its cuts. Saatavissa: <http://uk.reuters.com/article/us-opec-oil-idUKKBN1871JV>

Ria Novosti (2016). Uutisartikkeli. V Rossotrudnisheshve rasskazali o rabote s Rosatomom po projektu AES Akkuju [Rossotrudnisheshvossa kerrottiin Rosatomin voimalahankkeesta Akkuyussa]. 12.12.2016. <https://ria.ru/atomtec/20161212/1483378789.html>

Rosatom (2017). About Us. Saatavissa: <http://www.rosatom.ru/en/about-us/>

- Rutland, P (2014). Petronation? Oil, gas, and national identity in Russia. *Post-Soviet Affairs*, 31(1): 66–89.
- Riiheläinen, J (2017). #Turpo: Turvallisuuspolitiikan tunteet ja järki. Jyväskylä: Docendo.
- Sattich, T (2016). Energy imports, Geoeconomics, and Regional Coordination: The case of Germany and Poland in the Baltic Energy System – Close Neighbours, Close(r) Cooperation? *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol 6 No 4, 789-800.
- Sabonis-Helf, T (2015). Russia and Energy Markets. Teoksessa: Deni, J (toim.), 2015. *New Realities: Energy Security in the 2010s and Implications for the U.S. Military*.
- Statista (2017). Number of passenger cars and commercial vehicles in use worldwide from 2006 to 2015 in (1,000 units). Statistics portal. Verkkosivu. Saatavilla. <https://www.statista.com/statistics/281134/number-of-vehicles-in-use-worldwide/>
- Strategia (2015). Venäjän federaation kansallisen turvallisuuden strategia. Hyväksytty presidentin käskyllä No. 683, 31.12.2015, [O strategii natsionalnoj bezopasnosti Rossijskoj federatsii] Saatavissa: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201512310038.pdf>.
- Strategia (2009). Venäjän federaation kansallisen turvallisuuden strategia. Hyväksytty presidentin käskyllä, No. 537, 12.5. 2009. [O strategii natsionalnoj bezopasnosti Rossijskoj federatsii] Saatavissa: <https://rg.ru/2009/05/19/strategia-dok.html>.
- SaskPower (2017). Boundary Dam Carbon Capture Project. <http://www.saskpower.com/our-power-future/carbon-capture-and-storage/boundary-dam-carbon-capture-project/>
- Schaeffer, R ym. (2014). Energy sector vulnerability to climate change: A review. *Energy*, 38: 1-12.
- Scholten, D & Bosman, R (2016). The geopolitics of renewables; exploring the political implications of renewable energy systems. *Technological Forecasting & Social Change*, 103: 273-283.
- Smeets, N (2017). Similar goals, divergent motives. The enabling and constraining factors of Russia's capacity-based renewable energy support scheme. *Energy Policy*, 101: 138–149.
- Smith Stegen, K (2011). Deconstructing the “energy weapon”: Russia's threat to Europe as case study. *Energy Policy*, 39: 6505–6513.
- Sidortsov, R, Ivanova, A, Stammmler, F (2016). Localizing governance of systemic risks: A case study of the Power of Siberia pipeline in Russia. *Energy Research & Social Science*, 16: 54-68.
- Sikkema, R ym. (2014). Mobilization of biomass for energy from boreal forests in Finland & Russia under present sustainable forest management certification and new sustainability requirements for solid biofuels. *Biomass and bioenergy*, 71: 23-36.
- Simola, H & Solanko, L (2017). Katsaus Venäjän öljy- ja kaasusektoriin. BOFIT Policy Brief 2017 No. 3. Suomen Pankki, BOFIT Siirtymätalouksien tutkimuslaitos.
- Stern, J (2017). The Future of Gas in Decarbonising European Energy Markets: the need for a new approach. OIES Paper: NG 116. Oxford Institute for Energy Studies. Saatavissa: <http://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2017/01/The-Future-of-Gas-in-Decarbonising-European-Energy-Markets-the-need-for-a-new-approach-NG-116.pdf>

Suomen kaasuyhdistys (2017). Kaasutilastot. Saatavissa: <http://www.kaasuyhdistys.fi/sisalto/kaasutilastot>

SVOP (2016): Strategiya dlja Rossii. Rossiiskaja Vneshnaja Politika: konets 2010 – natsalo 2020-godov. URL: <http://svop.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/srategy-xxi/9997/>.

Szulecki, K ym. (2016). Shaping the 'Energy Union': between national positions and governance innovation in EU energy and climate policy, *Climate Policy*, 16(5): 548-567.

Tekniikka ja talous (2017). Uutisartikkeli. Raju tulos koko maan kattavasta laboratoriokeesta: Sähköautot rasittavat Norjan sähköverkkoa. Verkkolehti. Saatavissa: http://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/raju-tulos-koko-maan-kattavasta-laboratoriokokeesta-sahkoautot-rasittavat-norjan-sahkoverkkoa-6681222

TEM (2014). Energia- ja ilmastotiekartta 2050. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. päivänä lokakuuta 2014. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto. 31/2014. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052>

TEM (2017a). Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. 4/2017. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79189>

TEM (2017b). Hallituksen esitys eduskunnalle maakaasumarkkina- ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. HE MML lisälausuntokierros 9.3.2017. Saatavissa: <http://tem.fi/documents/1410877/2132292/he-mml-lisalausuntokierros-08032017-clean.pdf/7684e185-e4f5-444e-aadb-47fd30979d17>

TEM (2017c). Lakiesitys: maakaasumarkkinat avataan kilpailulle vuonna 2020. Tiedote 11.5.2017. Saatavissa: http://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/lakiesitys-maakaasumarkkinat-avataan-kilpailulle-vuonna-2020

TEM (2017d). Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriö.

The Guardian (2016). Uutisartikkeli. What we know about Russia's interference in the US election. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.theguardian.com/us-news/2016/dec/16/qa-russian-hackers-vladimir-putin-donald-trump-us-presidential-election>

Tikkala, H (2015). Uutisartikkeli. Fennovoima laskemassa rimaa – nyt riittää 60 prosentin eurooppalainen omistus. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8067857>

Tilastokeskus (2016). Polttoaineiden osuus energian kokonaiskulutuksesta 2015 ja 2016. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 24.4.2017. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_kuv_007_fi.html

Tilastokeskus (2016). Polttoaineiden osuus energian kokonaiskulutuksesta 2015 ja 2016. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 24.4.2017. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_kuv_007_fi.html

Tilastokeskus (2017a). Energian tuonti alkuperämaittain 2016. Saatavissa: http://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2016/data/t11_03.xls

Tilastokeskus (2017b). Sähkön ja lämmön tuotanto. Liitetaulukko 1 Sähkön ja lämmön tuotanto tuotantomuodoittain ja polttoaineittain vuonna 2016. Helsinki. Tilastokeskus Saatavissa: http://www.stat.fi/til/salatuo/2016/salatuo_2016_2017-11-02_tau_001_fi.html

Tripathy, U (2016). Renewable energy provisions in the revised tariff policy - request to develop action plan to achieve renewable purchase obligation (RPO) tar-

gets upto the year 2022. Secretary government of India, Ministry of new and renewable energy. 11.2.2016. Saatavissa: <http://www.firstgreen.co/wp-content/uploads/2016/02/New-Policy-RPO-Targets-upto-2022-3.pdf>

TVO (2007). Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentaminen neljännellä laitosyksiköllä.

TVO (2017). Uraanin hankinta. Saatavissa: <http://www.tvo.fi/uraaninhankinta>

Tynkkynen, V-P (2014). Russia's bioenergy and the EU's renewable energy goals: Perspectives of security. Teoksessa: Oxenstierna, S. & Tynkkynen, V-P. (toim.) (2014). Russian Energy and Security up to 2030. Lontoo: Routledge.

Tynkkynen, V.-P (2016a). Energy as Power—Gazprom, Gas Infrastructure, and Geo-Governmentality in Putin's Russia, *Slavic Review*, 75, 2: 374-395

Tynkkynen, V-P (2016b). Poliittinen riski ja geopolitiikka Suomen ja Venäjän energiakaupassa – tapaus Fennovoima, *Vesitalous*, 27, 4: 37-38.

Tynkkynen, V-P (2016c). Russia's Nuclear Power and Finland's Foreign Policy. *Russian Analytical Digest*, 11, 193: 2-5.

Tynkkynen, V-P (2016d). Sports fields and corporate governmentality: Gazprom's all-Russian gas program as energopower. Teoksessa: Koch, N (toim.). *Critical geographies of sport*, Routledge.

Tynkkynen, V-P (2017). Energiantuotanto kaipaa lisää yhteiskuntavastuuta. *Vieraskynä*, Helsingin Sanomat, 28.4.2017.

Tynkkynen, V.-P & Tynkkynen, N (tulossa 2018). Climate Denial revisited: (Re)contextualising Russian Public Discourse on Climate Change during Putin 2.0, *Europe-Asia Studies*.

UM, Ulkoministeriö (2016). Lausunto, Ulkoministeriö 21.6.2016. Saatavissa: <http://tem.fi/documents/1410877/2616019/Ulkoministeri%C3%B6n+lausunto.pdf>

United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC (2014). Status of Ratification of the Convention. http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php

United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC (2017). Paris agreement. http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

USDA Foreign Agricultural Service, (2016). Russia: Biofuels Annual. Saatavissa: https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Moscow_Russian%20Federation_6-23-2016.pdf [viitattu 11.8.2017]

USGS (2016). Mineral commodity summaries 2016. U.S: Department of the Interior and U.S. Geological Survey

Valtanen, T (2015). Uutisartikkeli. Suomi Euroopan heikoimpien joukossa – "Suomella tulisi olla sähkömarkkinoiden ulkopuolella joku ylimääräinen reservi". Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8126320>

Valtioneuvoston kanslia (2016). Valtioneuvoston ulko- ja turvallisuuspoliittinen selonteko. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 7/2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-267-8>, 10.4.2017.

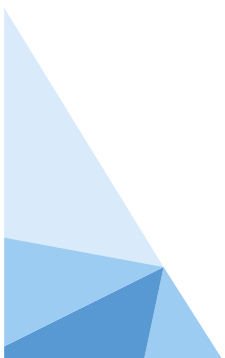
Valtioneuvoston kanslia (2017). Hajautetun uusiutuvan energiantuotannon potentiaali, kannattavuus ja tulevaisuuden näkymät Suomessa, Valtioneuvoston selvitysja tutkimustoiminnan julkaisusarja 5/2017, Saatavissa: <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=16603>

Vatansver, A (2017). Is Russia building too many pipelines? Explaining Russia's oil and gas export strategy. *Energy Policy* 108: 1–11.

- Venäjän energiainministeriö (2009). Venäjän energiastrategia vuoteen 2030 asti [Energeticheskaja Strategia Rossii na Period do 2030 Goda]. Saatavissa: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>
- Venäjän energiainministeriö (2016). Ennuste Venäjän energiasektorin kehityksestä vuoteen 2035 asti [Prognoz nautshno-tehnologicheskogo razvitija otraslej toplivo-energeticheskogo kompleksa Rossii na period do 2035 goda]. Saatavissa: <https://minenergo.gov.ru/node/6365>
- Venäjän energiainministeriö (2017). Luonnos Venäjän energiastrategiasta vuoteen 2035 asti [Projekt Energostrategii Rossijskoj Federatsii na Period do 2035 Goda]. Saatavissa: <https://minenergo.gov.ru/node/1920>
- Venäjän presidentti (2017). Yhteinen lehdistötilaisuus presidentti Sauli Niinistön kanssa [Sovmestnaja press-konferentsija s Prezidentom Finlandii Sauli Niinistö], 27.7.2017. Saatavissa: <http://kremlin.ru/events/president/news/55175>
- Venäjän valtiovarainministeriö (2017). Tiedote: Reservirahaston ja Kansallisen hyvinvoinnin rahaston sijoittamisesta. [Informatsionnoe soobshenie: O rezultatah razmesheniija sredstv Rezervnogo fonda i fonda natsionalnogo blagosostojaniija] Saatavissa: http://minfin.ru/ru/press-center/id_4=34511&area_id=4&page_id=2119
- Venäläinen, J (2015). Nestemäisten polttoaineiden sekä maakaasun energiahuollon varmistaminen häiriötilanteissa. Julkaisematon seminaariesitys. Öljypooli.
- Vine, D (2016). Achieving the United States' intended nationally determined contribution. C2ES. Center for climate and energy solutions. U.S Policy. November 2016. 7 pages.
- Volkov, D (2017). Posle Stabilnost. Moskova: Carnegie Endowment. Saatavissa: <http://carnegie.ru/commentary/72820>
- VTT (2010a). Turpeen tuotanto ja käyttö – Yhteenvedo selvityksistä. VTT TIEDOTEITA 2550.
- VTT (2010b). Sähköautojen laajan käyttöönoton skenaarioita ja vaikutuksia sähköjärjestelmään. ISBN 978-951-38-7499-5. Saatavissa: <http://sgemfinalreport.fi/files/VTT%20Working%20paper%20-W155.pdf>
- VTT (2017). Tieliikenteen 40%:n hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vuoteen 2030: Vuoden 2016 päivitys. VTT-R-00741-17
- VTT LIPASTO, <http://lipasto.vtt.fi/liisa/aikasarja.htm>
- WEC (2016). World Energy Council. World Energy Scenarios 2016
- Wigell, M & Vihma, A (2016). Geopolitics versus geoeconomics: The Case of Russia's Geostrategy and Its Effects on the EU. International Affairs, 92(3): 605-627.
- Wilson, A (2005). Virtual Politics: Faking Democracy in the Post-Soviet World. New Haven: Yale University Press.
- World Coal Association (2017). <https://www.worldcoal.org/>
- World Nuclear Association (2017) www.world-nuclear.org
- World Trade Organization (2012). Russian Federation. Saatavissa: https://www.wto.org/english/thewto_e/acc_e/a1_russie_e.htm
- Ylitalo, E (2017). Tuontipuu energiatuotannossa. Luke. Metsätilastojen asiakastilaisuus. Helsinki: Säätytalo 27.1.2017.
- Öljy ja biopolttoaineala ry (2017a) 3.2. Raakaöljyn ja öljytuotteiden tuonti. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-3-suomen-oljymarkkinat/32-raakaoljyn-ja-oljytuotteiden-tuonti>

Öljy ja biopolttoaineala ry (2017b). Öljy Suomen kansantaloudessa. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tietoa-oljysta/oljy-suomen-kansantaloudessa>

Øverland, I & Orttung, R (2011). A limited toolbox: Explaining the constraints on Russia's foreign energy policy. *Journal of Eurasian Studies*, 2(1): 74 – 85.





VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMIN-
TA

tietokayttoon.fi

ISSN 342-6799
ISBN 978-952-287-488-7 (nid.)
ISBN 978-952-287-489-4 (pdf)