



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **ENERGIAJÄRJESTELMÄN MURROS JA VIIMEISIMMÄT UUDISTUKSET**

Roosa Hyvärinen

PROSESSITEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

Kandidaatintyö

Marraskuu 2017



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **ENERGIAJÄRJESTELMÄN MURROS JA VIIMEISIMMÄT UUDISTUKSET**

Roosa Hyvärinen

Ohjaaja: Jukka Hiltunen

PROSESSITEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

Kandidaatintyö

Marraskuu 2017

# TIIVISTELMÄ

## OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Prosessiteknikan koulutusohjelma		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Hyvärinen Roosa		Työn ohjaaja yliopistolla Hiltunen Jukka	
Työn nimi  Energiajärjestelmän murros ja viimeisimmät uudistukset			
Opintosuunta	Työn laji Kandidaatintyö	Aika Marraskuu 2017	Sivumäärä 41
Tiivistelmä  <p>Tässä kandintyössä on alkuun esitetty ilmaston muutoksen hillitsemiseksi tehtyjä päätöksiä jotka ovat johtaneet energiajärjestelmän murrokseen. On myös esitetty energian tuotannon ja kulutuksen nykytila ja hajautetun energian tuotannon, taajuuden hallinnan sekä kysynnän jouston peruseriaatteet. Lopuksi työhön on kerätty Suomen energiajärjestelmään ja sen säädöksiin tulevia tai suunniteltuja taajuuden hallintaa ja kysynnänjousto mahdollisuuksia parantavia sekä uusiutuvan energian käyttöä lisääviä uudistuksia. Näitä ovat: suunnittelu asteella oleva älyverkko, jo toteutus asteella oleva datahub, sähköyhteisöjen toiminnan mahdollistaminen, muutokset sähköverotukseen sekä tariffeihin ja pilotti asteella oleva aggregoinnin laajempi salliminen.</p>			
Muita tietoja			

# ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Process Engineering		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Hyvärinen Roosa		Thesis Supervisor Hiltunen Jukka	
Title of Thesis			
Major Subject	Type of Thesis Bachelor's Thesis	Submission Date November 2017	Number of Pages 41
Abstract			
<p>At first, the acts taken to curb the climate change, that have led in to the change in the energy system are presented. Then the current state of Finnish energy consumption and production is presented as well as basic information of distributed generation, frequency management and demand-side management. Lastly, there is information of the upcoming reformations that are going to improve frequency management, participation possibilities to demand side management and increase the use of renewable energy sources.</p>			
Additional Information			

## **ALKUSANAT**

Haluaisin kiittää työni ohjaajaa Jukka Hiltusta erittäin mielenkiintoisesta aiheesta ja hyvistä neuvoista työn edetessä. Kiitos myös Sari Moilaselle keskeneräisen työni lukemisesta ja parannusehdotusten antamisesta.

Lopuksi haluan vielä kiittää perhettäni ja erityisesti kihlattuani saamastani tuesta.

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 Johdanto .....	7
2 Ilmasto- ja energiapolitiikka sekä uusiutuvan energian määritelmä .....	9
2.1 Sitoutuminen Pariisin ilmastopimukseen.....	9
2.2 EU:n ilmasto ja energiapolitiikan tavoitteet ja keinot .....	10
2.3 Mitä on uusiutuva energia?.....	12
3 Energian tuotanto ja kulutus sekä uusiutuva energia Suomessa .....	13
3.1 Asumisen energiankulutus.....	17
4 Hajautettu energia järjestelmä .....	19
5 Taajuuden hallinta ja kysynnän jousto .....	21
5.1 Taajuudenhallinta Suomessa .....	21
5.2 Kysynnän jousto .....	22
6 Tulevia uudistuksia .....	24
6.1 Älyverkot.....	24
6.2 Datahub.....	26
6.3 Aggregoinnilla lisää säätöpotentiaalia.....	27
6.4 Energiayhteisöt .....	28
6.5 Tariffit.....	31
6.6 Verot .....	32
7 yhteenveto .....	34

## MERKINNÄT JA LYHENTEET

aFRR	Automaattinen taajuudenhallintareservi
eSett Oy	Fingrid sekä Norjan (Statnett) ja Ruotsin (Svenska Kraftnät) kantaverkkoyhtiöiden perustama palveluyhtiö jolle on ulkoistettu taseselvityksen operatiivinen hoito 1.5.2017 alkaen.
FCR-D	Taajuusohjattu häiriöreservi
FCR-N	Taajuusohjattu käyttöreservi
FCR	(Frequency Containment Reserve) Taajuuden vakautusreservi
FRR	(Frequency Restoration Reserve) Taajuuden palautusreservi
kWh	Miljardia kilowattituntia
mFRR	Säätösähkömarkkinat, säätökapasiteettimarkkinat ja nopea häiriöreservi
PJ	Petajoule
Tasevastaava	Yritys, jolla on voimassa oleva taseselvityssopimus eSettin kanssa ja voimassa oleva tasehallintasopimus kantaverkkoyhtiön kanssa ja joka on tasevastuussa omasta puolestaan tuottajana, kuluttajana tai sähkön myyjänä tai muiden tuottajien, kuluttajien tai sähkön myyjien puolesta
TEM	Suomen työ- ja elinkeinoministeriö
TWh	Terawattituntia
UNFCCC	(United Nations Framework Convention on Climate Change) YK:n ilmastomuutoksen rajoittamisen puitesopimus
YK	Yhdistyneet kansakunnat (United Nations)

# 1 JOHDANTO

Tarve hillitä ilmastonmuutosta nostaa uusiutuvista energialähteistä tuotetun energian osuutta kokonaisenergiatuotannossa. Hiilidioksidi päästöjen vähentäminen ja lopulta kokonaan poistaminen on pitkäntähtäimen tavoitteena monissa maissa. EU on asettanut maakohtaiset tavoitteet joissa Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuuden tulee vuoteen 2020 mennessä olla vähintään 38 % energian loppukulutuksesta (Ympäristöministeriö a2016). Koko EU:n alueella yhteensä tavoitteena on kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen 20 % vuoteen 1990 verrattuna, uusiutuvien energialähteiden osuuden olevan vähintään 20 % energian loppukulutuksesta ja energian loppukulutuksen vähentäminen 20 % energiatehokkuutta parantamalla (Ympäristöministeriö a2016). Rakennukset muodostavat huomattavan osan EU:n ja Suomen kokonaisenergian kulutuksesta (Euroopan komissio 2016). Joten EU onkin asettanut useita lisä direktiivejä joiden tarkoituksena on vähentää niiden energian kulutusta ja ohjata energian käyttöä uusiutuvan energian puoleen. Nämä kaikki tavoitteet ja direktiivit tulevat siirtämään Suomen ja EU:n energian tuotantoa perinteisestä isojen keskitettyjen tuotantolaitosten mallista yhä hajautetumpaan suuntaan (Hirvonen 2015).

Suomen kylmistä ja pimeistä talvista huolimatta on arvioitu että pelkästään hajautetun aurinkosähkön tuotannon teoreettinen kapasiteetti Suomessa kattoasennetuin paneelein, on noin 14 GW. Tämä on lähes yhtä paljon kuin Suomessa sijaitsevien voimalaitosten nimelliskapasiteetti vuonna 2016 (16.2 GW) ja merkittävästi enemmän kuin keskimääräinen kulutus kesäaikana (noin 8 GW). (Pöyry 2017) Hajautetussa uusiutuvan energian tuotannossa on siis paljon potentiaalia.

Kuitenkin uusiutuvan energian tuotannon kasvu ja erityisesti säästä riippuvaisen uusiutuvan energian, kuten aurinko- ja tuulienergian, tuotannon kasvu tuo myös haasteita sähköverkon kulutuksen ja tuotannon tehotasapainon eli taseen hallintaan (Salokoski 2017). Taseen hallinnan mittarina voidaan tarkastella sähköjärjestelmän taajuutta. Perinteiseen energijärjestelmään verrattuna tarvitaan entistä enemmän taajuuden hallintaan osallistuvaa säätökapasiteettia (Järventausta et. al 2015). Koska säätöön sopivan tuotannon määrä myös laskee, saadaan tarvittua lisä säätökapasiteettia kysynnän jouston kautta.

Kysynnän jouston tarkoittaa sähkön kulutuksen tasaamista ja huippukuormituksen vähentämistä siirtämällä kuormitusta pienemmän kuormituksen ajankohtaan. Toisin sanoen kysynnän jousto mahdollistaa sähkönkulutuksen siirtämisen kalliista tehohuipuista edullisempiin ajankohtiin. (Logren 2014) Jotta kysynnän jousto saataisiin tehokkaasti valjastettua taajuuden hallinnan avuksi, täytyy se mahdollistaa ja tehdä kannattavaksi niin kuluttajille kuin kaiken kokoisille yrityksillekin. Taajuuden hallinnan ja kysynnän jouston mahdollistamiseksi energiaverkkoamme, siihen liittyviä määräyksiä, lakeja ja muita järjestelmiä ollaan uudistamassa. Joitain uudistuksia on jo tehty ja lisää on tutkimuksen ja kehityksen alla.

Tässä työssä on alkuun esitetty päätöksiä jotka ovat johtaneet energiajärjestelmän murrokseen. On myös esitetty energian tuotannon ja kulutuksen nykytila ja hajautetun energian tuotannon, taajuuden hallinnan sekä kysynnän jouston peruseriaatteet. Lopuksi työhön on kerätty Suomen energiajärjestelmään tulevia taajuuden hallintaa ja kysynnänjousto mahdollisuuksia parantavia sekä uusiutuvan energian käyttöä lisääviä uudistuksia. Energian varastointi on rajattu pois tutkimusalueesta joten sitä ei työssä käsitellä.

## 2 ILMASTO- JA ENERGIAPOLITIikka SEKÄ UUSIUTUVAN ENERGIAN MÄÄRITELMÄ

### 2.1 Sitoutuminen Pariisin ilmastopimukseen

EU ratifioi YK:n uuden, vuonna 1992 solmittua YK:n ilmastomuutosta koskevaa puitesopimusta (UNFCCC) täydentävän, ilmastopimuksen lokakuussa 2016. Sopimus astui voimaan 4.11.2016 ja Suomi saattoi kansallisen ratifiointinsa päätökseen 14.11.2016. Tämän Pariisin ilmastopimukseksikin kutsutun sopimuksen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle kahdessa asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan ja pyrkiä toimiin, joilla lämpeneminen saataisiin rajattua alle 1,5 asteen. Päästövähennystavoitteiden lisäksi sopimuksessa on asetettu pitkän aikavälin tavoite ilmastomuutokseen sopeutumiselle sekä tavoite sovittaa rahoitusvirrat kohti vähähiilistä ja ilmastokestävää kehitystä. Viiden vuoden välein maailmanlaajuisissa kokonaistarkasteluissa tarkastellaan osapuolien yhteistä edistymistä suhteessa sopimuksen tavoitteisiin. Näistä ensimmäinen tapahtuu Vuonna 2023. (Ympäristöministeriö b2016)

Pariisin sopimuksen mukaan tavoitteena on myös saavuttaa maailmanlaajuisten kasvihuonekaasujen päästöjen huippu mahdollisimman pian sekä vähentää päästöjä nopeasti sen jälkeen siten, että ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasujen päästöt ja nielut ovat tasapainossa tämän vuosisadan jälkipuoliskolla. Itsessään Pariisin sopimus ei sisällä määrällisiä päästövähennysvelvoitteita vaan osapuolet sitoutuvat sopimuksessa valmistelevaan, tiedottamaan, ylläpitämään sekä saavuttamaan peräkkäiset kansalliset päästötavoitteensa. Kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa keskitytäänkin tällä hetkellä sopimaan Pariisin sopimuksen toimeenpanon yksityiskohdista. (Ympäristöministeriö b2016)

## 2.2 EU:n ilmasto ja energiapolitiikan tavoitteet ja keinot

Vuodeksi 2020 EU on asettanut kolme ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitetta. Näitä ovat kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen 20 % vuoteen 1990 verrattuna, uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvattaminen energian loppukulutuksesta vähintään 20 %:iin ja energian loppukulutuksen vähentäminen 20 % energiatehokkuutta parantamalla. EU:n uusiutuvien energiamuotojen tavoite on jaettu edelleen maakohtaisiksi tavoitteiksi. Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuuden tulee vuoteen 2020 mennessä olla vähintään 38 % energian loppukulutuksesta. (Eurooppa neuvosto 2014) Tavoite sisältää niin sähköntuotannon, lämmön- ja kylmäntuotannon kuin liikenteen loppukulutuksen. (Ollikka 2013)

Vuonna 2014 EU asetti vuoteen 2020 ulottuvien tavoitteiden jatkoksi vuoden 2030 tavoitteiksi, että kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet 40 % vuoden 1990 tasosta ja uusiutuvan energian osuus energiantuotannosta on vähintään 27 prosenttia. Energiatehokkuuden ohjeellinen parantamistavoite on vähintään 27 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattaessa nykyisillä perusteilla laadittuihin ennusteisiin energiankäytön kehityksestä. (Eurooppa neuvosto 2014) Vuoteen 2050 mennessä EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä 80 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna (Ympäristöministeriö a2016).

Näiden tavoitteiden ilmaston muutosta estävien toimien tukemiseksi EU on myös laatinut useita direktiivejä. Näitä ovat esimerkiksi:

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD 2010/31/EU joka edellyttää, että kaikkien julkisten rakennusten on oltava 31.12.2018 jälkeen lähes nollaenergiarakennuksia. Vuoden 2020 päättyessä määräys rupeaa kattamaan kaikki uudet rakennukset, ei vain julkisia rakennuksia.

Energiatehokkuusdirektiivi EED (2012/27/EU) joka mm. velvoittaa laatimaan kolmen vuoden välein kansallisen energiatehokkuuden toimintasuunnitelman.

Uusiutuvien energialähteiden käytön edistämisdirektiivin RES 2009/28/EY mukaisesti taas jäsenvaltioiden on rakennussäännöksissään ja -määräyksissään tai muulla tavalla vastaavin

vaikutuksin tarvittaessa edellytettävä uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian vähimmäistasoa sekä uusissa että perusteellisesti kunnostettavissa rakennuksissa.

Ekosuunnitteludirektiivi 2009/125/EY joka määrittelee energiaa käyttävien tuotteiden suunnittelun ja tuotekehityksen ekologiset vaatimukset. Tämän tavoitteena on ympäristönäkökohtien ja elinkaariajattelun integrointi tuotteiden suunnitteluvaiheessa.

Ilmasto politiikan ohjailukeinona EU:ssa on päästökauppajärjestelmä. Järjestelmä toimii siten, että teollisuus- ja energiantuotantoyritykset kattavat hiilidioksidipäästönsä vuosittain EU:n päästöoikeuksilla. Päästöoikeuksia yritykset saavat ilmaisjaossa tai ostamalla niitä EU:n huutokaupasta, pörssistä tai toisilta yrityksiltä. Yritys voi myös myydä päästöoikeuksiaan, jos niitä on yli oman tarpeen. Päästökaupassa on määritelty päästöoikeuksien kokonaismäärä, jolloin päästöoikeuden hinta vaihtelee muun muassa taloustilanteen mukaan. (Rakennusteollisuus 2017)

Päästökauppa koskee vain osaa kaikesta teollisuus- tai energiantuotannosta EU:ssa. Sen piirissä on muun muassa: yli 20 MW:n energiantuotantolaitokset, öljynjalostamot, koksamot, rauta- ja terästehtaat, sementtitehtaat sekä paperi- ja kartonkitehtaat. Vuoden 2013 alusta mukaan tuli myös alumiinin valmistus, kipsilevyteollisuus sekä entistä laajemmin metallin jalostusta ja kemianteollisuutta. (Rakennusteollisuus 2017)

Päästökauppajärjestelmään eivät kuulu esimerkiksi rakentaminen, rakennusten lämmitys, maatalous, asuminen, liikenne ja jätehuolto tai teollisuuden F-kaasut, vaikka toimialoina ne tuottavat hieman yli puolet EU:n kasvihuonekaasupäästöistä. Päästökaupan ulkopuolisten toimialojen päästöjä säännellään niin kutsutun taakanjakopäätöksen (406/2009/EY) perusteella. EU:n tavoite on vähentää päästökaupan ulkopuolisten toimialojen kasvihuonekaasupäästöjä 10 prosentilla vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Suomen maakohtainen päästövähennystavoite on 16 %. (Ympäristöministeriö a2016)

## 2.3 Mitä on uusiutuva energia?

Euroopan Unioni on määritellyt uusiutuvaksi energiaksi direktiivin 2009/28/EY mukaan:

tuulienergian

aurinkoenergian

vesivoiman

ilmalämpöenergian

geotermisen energian

hydrotermisen energian

valtamerienergian

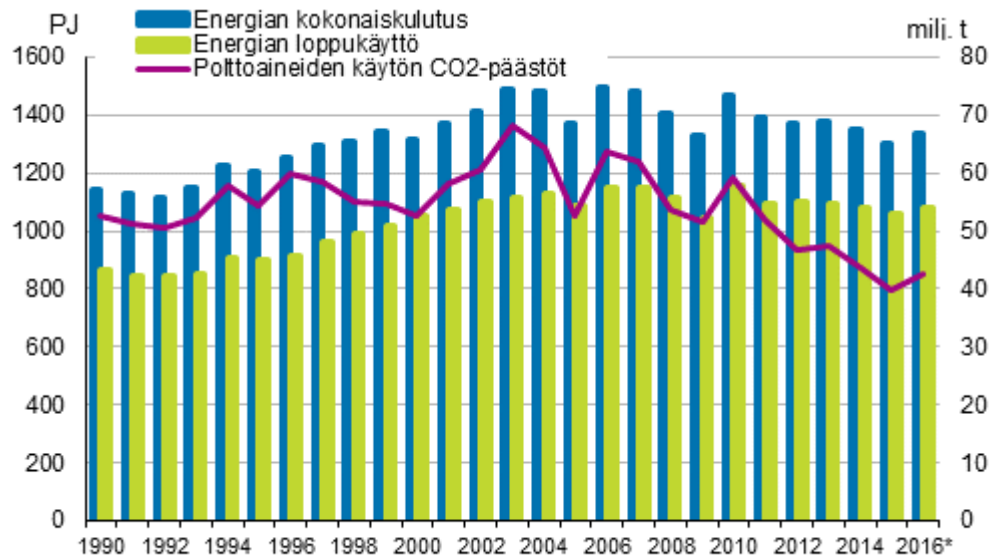
biomassan

kaatopaikoilta ja jätevedenpuhdistamoista syntyvät kaasut ja biokaasut.

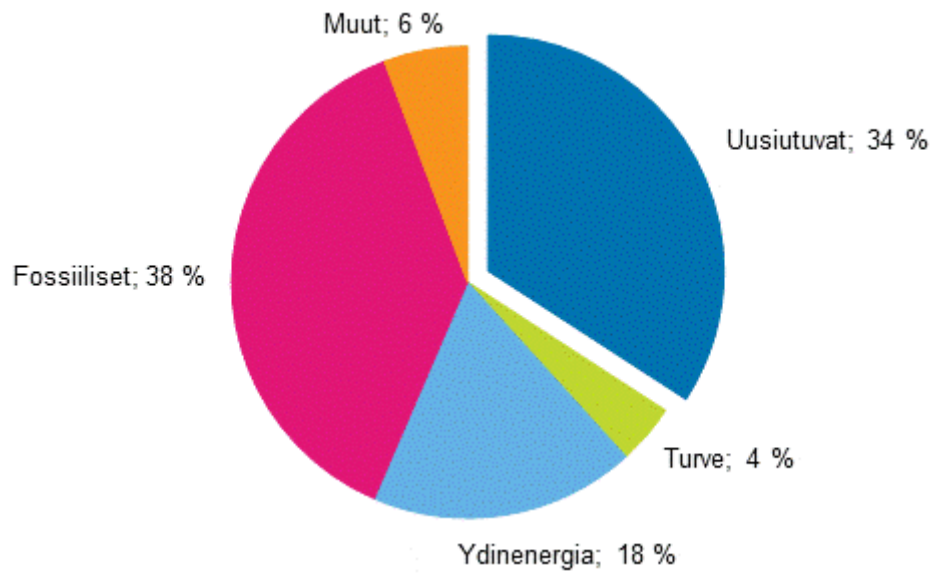
Ilmalämpöenergia ja geotermisen energia ovat ilmaan ja maahan sitoutunutta energiaa, jota voidaan ottaa talteen lämpöpumpuilla. Hydrotermisen energia on taas pintavesiin varastoitunutta lämpöenergiaa, jota voidaan ottaa talteen lämpöpumpuilla. Valtamerienergia on pääsääntöisesti aalto- ja vuorovesienergiaa. Biomassa on esimerkiksi maa- ja metsätaloudesta peräisin olevaa orgaanista polttoainetta. Biomassan osalta on huomioitava että esimerkiksi turvetta ei lasketa uusiutuvaksi energialähteeksi sen hitaan kasvun takia. (Direktiivi 2009/28/EY) Suomessa turve on kuitenkin määritelty hitaasti uusiutuvaksi polttoaineeksi (GTK 2017).

### 3 ENERGIAN TUOTANTO JA KULUTUS SEKÄ UUSIUTUVA ENERGIA SUOMESSA

Energian kokonaiskulutus oli 2016 tilastokeskuksen ennakkotietojen mukaan 1 335 petajoulea (PJ) eli 371 terawattituntia (TWh). Sähkön kulutus taas oli 85,1 TWh. Sekä sähkön kulutus että energian kokonaiskulutus nousi edellisvuodesta muutaman prosenttiyksikön. Tähän vaikutti edellisvuoteen verrattuna hieman kylmempi sää. Myös energiantuotannon hiilidioksidi päästöt nousivat 7 prosenttiyksikköä. Kuten kuvasta 1 nähdään niin vuoteen 1990 verrattuna CO<sub>2</sub>-päästöt näyttävät kuitenkin laskeneen vaikka energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö ovatkin kohonneet korkeammalle tasolle. Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiasta oli 34% vuonna 2016. Hiilineutraalia ydinenergiaa 18%, turvetta 4% ja fossiilista 38% (kuva 2). Lähde: Tilastokeskus, Energian hankinta ja kulutus (SVT 2016)

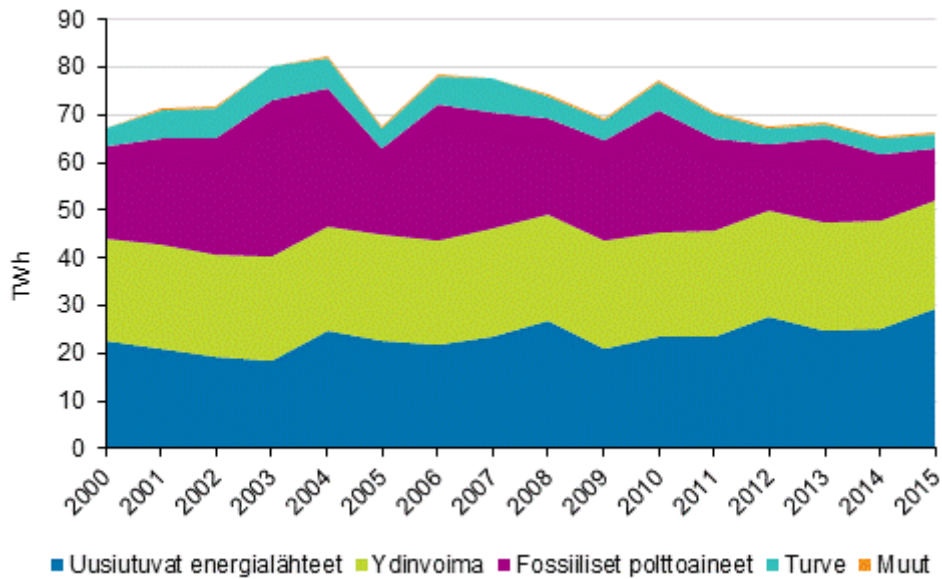


Kuva 1 Energian kokonaiskulutus, loppukäyttö ja hiilidioksidipäästöt 1990–2016\*  
(\*ennakkotieto) (SVT 2016)



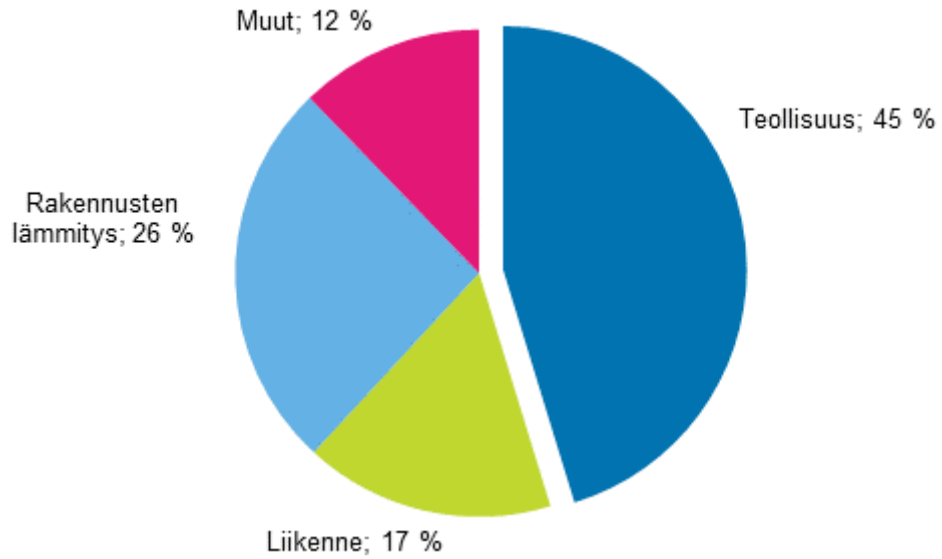
**Kuva 2 Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiasta 2016\* (\*ennakollinen) (SVT 2016)**

Sähköä tuotettiin Suomessa 2016 ilman siirtohäviöitä 66,1 TWh, joka on lähes yhtä paljon kuin vuotta aikaisemmin. Sähköstä suurin osa eli 34 % tuotettiin ydinvoimalla. Sähkön ja lämmön yhteistuotannolla tuotettiin sähköä lähes yhtä paljon kuin edellisenä vuonna ja sen osuus sähkön tuotannosta oli toiseksi suurin, 31 prosenttia. Vesitilanne heikkeni 2016 loppuvuotta kohti ja vesivoimalla tuotetun sähkön määrä laski 6 prosenttia, mutta sen osuus oli silti 24 %. Sekä lauhdevoiman että tuulivoiman tuotannot kasvoivat ja niiden sen osuudet olivat 7 ja 5 prosenttia kotimaisesta tuotannosta. Sähkön nettotuonti Suomeen oli vuonna 19,0 TWh, joka on enemmän kuin koskaan aiemmin. Vuoteen 2015 verrattuna tuonti kasvoi 16 prosenttia ja Suomessa kulutetusta sähköstä sen osuus oli 22 prosenttia. Eniten sähköä tuotiin Ruotsista, yhteensä 15,4 TWh. Sähkön tuonti Venäjältä kasvoi 49 prosenttia ja oli viime vuonna 5,9 TWh. Sähkön vienti suuntautui lähes kokonaan Viroon, jonne sitä vietiin 3,1 TWh. ). (SVT 2016) Kuvasta 3 nähdään että viime vuosina fossiilisten polttoaineiden käyttö sähköntuotannossa on pikkujaljaa vähentynyt ja uusiutuvien energialähteiden osuus kasvanut (SVT 2015).

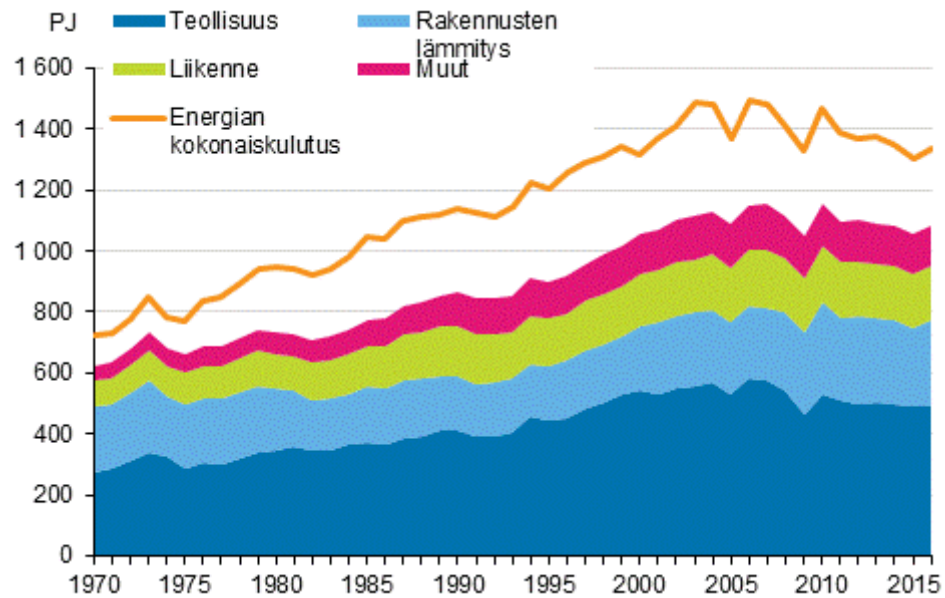


**Kuva 3 Sähkön tuotanto energialähteittäin 2000–2015. (SVT 2015)**

Energian suurin kuluttaja on 45% osuudellaan teollisuus, tämän jälkeen rakennusten lämmitys vie 26%, liikenne 17% ja muut 12% (kuva 4) (SVT 2016). Tilastojen ajan 70-luvun alusta lähtien tämä järjestys on pysynyt samana, energian kulutus on vain kasvanut joka sektorilla (Kuva 5) (SVT 2016).



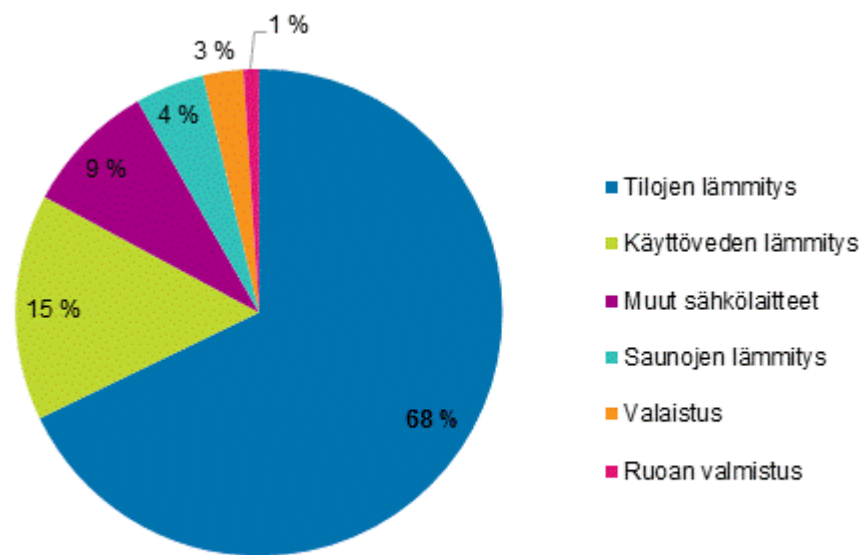
**Kuva 4 Energian loppukäyttö sektoreittain 2016\* (\*ennakollinen) (SVT 2016)**



**Kuva 5 Energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö 1970–2016\* (\*ennakollinen) (SVT 2016)**

### 3.1 Asumisen energiankulutus

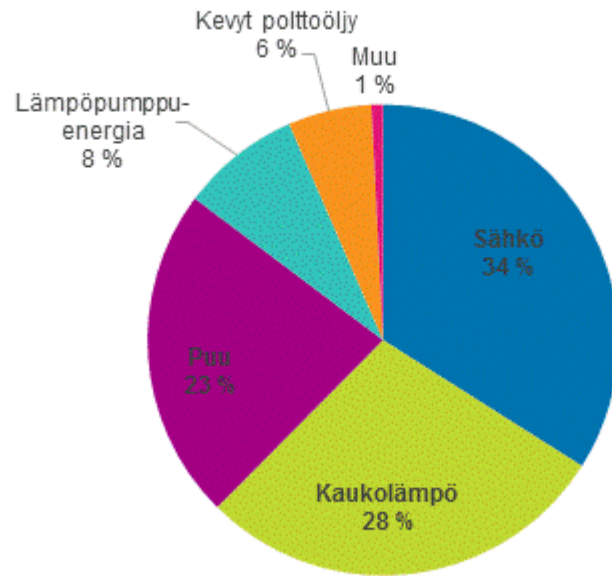
Energian loppukäytöstä asumisen osuus on keskimäärin 20 %. Vuonna 2016 asumisen energian kulutus oli Suomessa 66 TWh. Vuosi oli selkeästi kylmempi kuin 2015 jolloin ennätysellisen lämmin sää laski tilojen lämmitysenergian kulutusta. Suurin osa asumisen energiankulutuksesta eli 68 % kohdistui asuinrakennusten tilojen lämmitykseen, 16 % käyttöveden lämmitykseen ja 4 % saunojen lämmitykseen (kuva 6). Valaistuksen osuus oli 3 %, ruoan valmistuksen 1 % ja muiden sähkölaitteiden 9 % asumisen energiankulutuksesta. (SVT a2016)



**Kuva 6 Asumisen energiankulutus käyttökohteittain vuonna 2016 (SVT a2016)**

Asuinrakennusten tilojen lämmitykseen käytettiin vuonna 2016 energiaa 45 TWh. Yleisimmät tilojen lämmityksen energialähteet olivat kaukolämpö, puu ja sähkö (kuva 7). Niiden osuus oli 85 prosenttia tilojen lämmitysenergian kulutuksesta. Seuraavaksi yleisin energialähde oli lämpöpumppuenergia, jonka kulutuksen on arvioitu kasvaneen merkittävästi vuodesta 2010. Lämpöpumppuenergialla tarkoitetaan lämpöpumppujen ympäristöstä talteen ottamaa energiaa kun taas lämpöpumppujen sähkön käyttö sisältyy SVT:ssä eli Suomen virallisissa tilastoissa lämmityksen sähkönkulutukseen.

Ilmalämpöpumppujen jäähdytyskäyttö taas on mukana vain sähkönkulutuksena. (SVT a2016)



**Kuva 7 Asumisen energiankulutus energialähteittäin vuonna 2016 (SVT a2016)**

Asumiseen kuluneesta 26 TWh:sta sähköä 47 % kului tilojen lämmitykseen ja 36 % kotitalouslaitteisiin. Loput sähköstä kulutettiin käyttöveden ja saunojen lämmitykseen. (SVT a2016)

## 4 HAJAUTETTU ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Hajautetussa energijärjestelmässä energia tuotetaan lähellä kulutuspistettä. Energian tuotanto tapahtuu tyypillisesti pienissä tuotantoyksiköissä jopa suoraan pienkuluttajan omasta toimesta (kuva 8). Hajautettua energian pientuotantoa kutsutaan myös nimellä lähienergia, koska lähtökohtana on paikallisten resurssien hyödyntäminen eri energiantuotannon sovellutuksissa. Esimerkkejä hajautetun energian tuotannon ratkaisuista on biopolttoainekattilat, lämpöpumput, erilaiset aurinkoenergiaratkaisut tai tuulivoima. Verrattuna keskitettyyn perinteiseen järjestelmään jolloin energia tuotetaan yksittäisissä suurissa tuotantolaitoksissa esimerkiksi ydinvoimalloissa. Hajautettu energian tuotanto ei kuitenkaan välttämättä tarkoita uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämistä. Käytännössä kuitenkin hajautettujen energiaratkaisujen kansainvälinen kehitystyö on pitkälti keskittynyt uusiutuviin energialähteisiin. Tässäkin yhtenä keskeisenä ajurina on ilmastonmuutoksen torjunta. (Motiva 2010)



**Kuva 8 Esimerkkejä hajautetun energian tuotannon ratkaisuista. Kuvassa aurinkopaneelit, ilmalämpöpumppu, varaava takka ja maalämpöpumppu. (Walemies 2017)**

Keskitetyllä energiantuotannon haasteina ovat siirtojärjestelmissä tapahtuva energiahävikki ja suurten yksiköiden vaurioitumisen aiheuttama haavoittuvuusriski. Mutta niillä

saavutetaan suuruuden ekonomian tuomia hyötyjä. Sen sijaan hajautetussa energian tuotannossa käyttäjiltä saatetaan vaatia teknistä osaamista, joka keskitetyissä järjestelmissä hoidetaan ammattivoimin. (Motiva 2010)

Hajautetun energian tuotannon järjestelmien kustannuksiin vaikuttavat käytetyn teknologian yleisyys eli tuotantomäärät, eri toimittajien välien kilpailu, polttoaineiden markkinahinnat, energiaverotus ja mahdolliset tuet. Kustannustehokkuuden kannalta tärkeää olisi myös hyödyntää paikalliset resurssit ja minimoida käyttökustannukset. (Motiva 2010) Omalla energian tuotannolla voidaan välttyä sähkön siirtomaksuista mikä lisää järjestelmän hankinnan kannattavuutta ja lyhentää sijoituksen takaisinmaksuaika (kuva 9) (Motiva 2017).



**Kuva 9 Omalla sähkön pientuotannolla vältetään sähköenergiasta, sen siirrosta ja veroista tulevat maksut. Tuotetusta ylimääräisestä sähköstä saatava korvaus on kuitenkin huomattavasti pienempi . (Motiva 2017)**

Hajautettua tuotantoa voidaan hyödyntää myös saarekekäytössä. Saarekekäyttö tarkoittaa energiajärjestelmän toimimista itsenäisenä kokonaisuutena erillään valtakunnallisesta verkosta. Tähän liittyviä tutkimushankkeita on käynnissä niin Suomessa kuin muualla Euroopassakin. Vaikka saareke käyttöä on usein ajateltu hyödynnettäväksi vain kehittyviin maihin, tehdään nykyään enenemissä määrin tutkimusta mikroverkkojen käytöstä isojen kaupunkien uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseksi. Kehitystä tarvitaan kuitenkin vielä älyverkkojen, ohjaujärjestelmien ja tiedonkäsittelyn ja -siirron osalta. TEKES:in mukaan käytännön toteutuksiin on kuitenkin varmasti jo vuoden 2020 jälkeen valmiuksia. Kuluttajien aktiivinen mukaan tulo on toiminnan etenemisen kannalta oleellista. (Salokoski 2017)

## 5 TAAJUUDEN HALLINTA JA KYSYNNÄN JOUSTO

### 5.1 Taajuudenhallinta Suomessa

Suomessa tasehallinnan tärkein tavoite on ylläpitää sähköjärjestelmän taajuutta. Suomen kantaverkko yhtiö Fingrid Oyj ylläpitää säätösähkömarkkinoita sähköverkkojen taajuuden hallitsemiseksi, koska sillä ei ole omaa säätökapasiteettia. Normaalitylanteessa sähköjärjestelmän taajuuden annetaan vaihdella 49,9 ja 50,1 hertsin (Hz) välillä. Mikäli verkon taajuus on alle 50 Hz, kulutus on tuotantoa suurempi. Vastaavasti taajuuden ollessa yli 50 Hz, tuotanto on kulutusta suurempi. Markkinoilla voi tarjota taajuuden tasaisuuden ylläpitämiseksi ja alituotannon korjaamiseksi sähkön tuotannon lisäämistä tai kulutuksen vähentämistä tai ylituotannon korjaamiseksi sähkön tuotannon vähentämistä tai kulutuksen lisäämistä. (Sederlund 2008)

Tehotasapaino ylläpidetään sekä taajuusohjatuilla reserveillä että manuaalisesti toteutettavilla säädöillä. Pohjoismaissa (Suomi, Ruotsi, Norja ja Itä-Tanska) on sovittu yhteisistä reservi määristä ja jaettu jokaiselle maalle oma reservi velvoite. (Sederlund 2008) Reservivelvoitteen täyttämiseksi voidaan käydä kauppaa myös maiden välillä mutta reservejä on oltava riittävästi kansallisesti myös mahdollisista saareke käyttötilanteista selviytymiseksi (Fingrid e2017). Taulukossa 1 on esitettyä Suomen reservimarkkinat, niiden sopimustyyppit, minimi tarjouskoot ja aktivoitumistarve. Taulukosta näkee myös Suomen maakohtaiset velvoitteet eri reserveille. Säätösähkö-markkinoilla (mFRR) Fingrid on pyrkinyt mahdollistamaan yhä useamman toimijan osallistumismahdollisuuden laskemalla vähimmäistarjouskokoja 5MW:iin(Fingrid a2017 s.11-12).

Taajuuden hallinnan helpottamiseksi Fingrid on jo laskenut tarjousten minimikoon 5 MW:iin ja ottanut käyttöön elektronisen aktivoinnin säätösähkömarkkinoilla. Säätösähkömarkkinoiden kehityksessä Fingrid tukee ratkaisuja, jotka lisäävät markkinoiden likviditeettiä ja edesauttavat pienemmän tarjouskoon käyttöä. Fingrid on valmis laskemaan edelleen säätötarjousten minimikokoja ja selvittää mahdollisuuksia ottaa käyttöön 1 MW:n tarjoukset. Tarjouskoon pienentäminen edellyttää kuitenkin muutoksia pohjoismaiseen tarjousten aktivointiprosessiin. Tarvittavat säätötoimenpiteet on kaikissa tilanteissa

pystyttävä toteuttamaan nopeasti ja joustavasti. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tarjousten aktivoinnissa automatisoinnin lisäämistä. (Fingrid a2017 s.11-12)

**Taulukko 1 Reservituotteet Suomessa ja Suomen maakohtaisen velvoitteen osuus. (Fingrid 2017)**

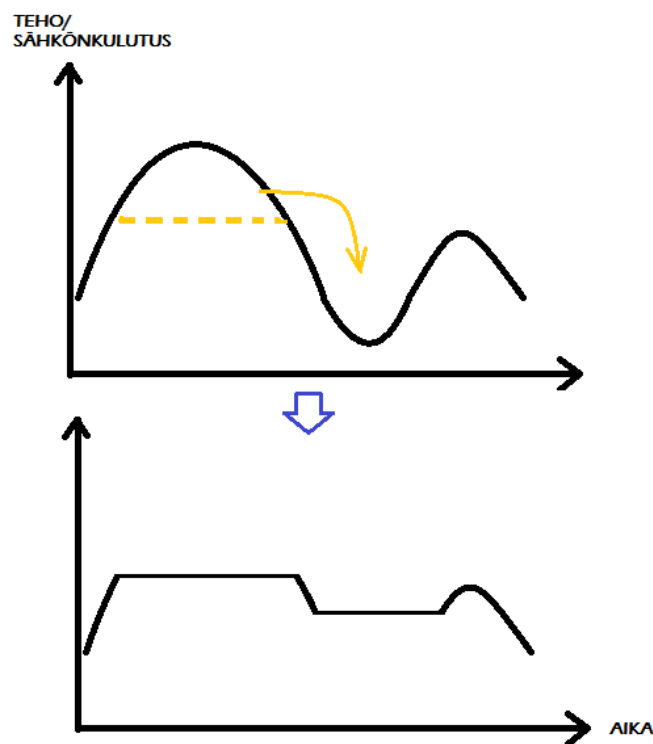
Markkinapaikka	Sopimustyyppi	Minimisäätö	Aktivoituminen	Aktivoituu	Suomen velvoite
FCR-N Taajuusohjattu käyttöreservi	Vuosimarkkinat Tuntimarkkinat	0,1 MW	parissa minuutissa (automaattinen)	käytössä jatkuvasti	n. 140MW
FCR-D Taajuusohjattu häiriöreservi	Vuosimarkkinat Tuntimarkkinat	1 MW	sekunneissa (automaattinen)	Käytössä suurissa taajuus poikkeamissa	220-265MW
aFRR automaattinen taajuudenhallinta- reservi	Tuntimarkkinat	5 MW	Fingridiltä tulevan tehon pyynti signaalin mukaan parissa minuutissa (automaattinen)	Käytössä kohdistetuilla tunneilla	70MW
mFRR säätösähkö- markkinat	Tuntimarkkinat	10 MW tai 5MW jos käytössä elek- troninen tilaus	15 min Tilaus Fingridiltä puhelimitse tai elektronisesti (manuaalinen)	Tarvittaessa	880-1100MW
mFRR nopeahäiriöreservi			15 min Tilaus Fingridiltä puhelimitse tai elektronisesti (manuaalinen)	Tarvittaessa (Fingrid kattaa tarpeen suurimmaksi osaksi varavoimailaitoksilla)	
mFRR säätökapasiteetti- markkinat	Pari viikkoa ennen viikkosopimus		15 min Tilaus Fingridiltä puhelimitse tai elektronisesti (manuaalinen)	Tarvittaessa (Fingrid hankkii mm. varavoimailaitosten huoltojen ajaksi)	

## 5.2 Kysynnän jousto

Kysynnän jouston tarkoittaa sähkön kulutuksen tasaamista ja huippukuormituksen vähentämistä siirtämällä kuormitusta pienemmän kuormituksen ajankohtaan (Kuva 10). Toisin sanoen kysynnän jousto mahdollistaa sähkönkulutuksen siirtämisen kalliista tehohiipuista edullisempiin ajankohtiin. Kysynnän jouston avulla sähköverkon taajuutta säädetään kulutusta säätämällä sen sijaan että säädettäisiin tuotantoa. (Logren 2014)

Eri toimijoille kysynnänjousto tarjoa eri mahdollisuuksia. Kantaverkkoyhtiölle se tarjoaa mahdollisuuksia tehotasapainon hallintaan ja taajuuden säätöön käyttö- ja häiriöreservien osalta sekä mahdollisesti myös joustavuutta tehopolatilanteiden hallintaan. Jakeluverkkoyhtiö voi taas hyödyntää kysynnän jouston mahdollisuuksia pitkän aikavälin

verkon suunnittelussa verkon mitoitustehon näkökulmasta sekä reaaliaikaisessa käyttötoiminnassa esim. poikkeustilanteiden aikaisen huipputehon hallinnassa. Sähkön loppukäyttäjille kysynnän jousto mahdollistaa mm. sähkön käytön edullisen hinnan aikana, ostosähkön vähentämisen, oman pientuotannon täysimääräisen hyödyntämisen, huipputehojen pienentämisen sekä mahdollisesti liittymäkoon rajoittamisen. Laite- ja järjestelmätoimittajille sekä palvelun tarjoajille kysynnän jousto tarjoaa uusia tuote- ja liiketoimintamahdollisuuksia. Tällaisia on esimerkiksi agregointi palveluiden tarjoaminen mistä lisää kappaleessa 6.3. (Järventausta et. al 2015)



**Kuva 10** Kuvassa nähdään kuinka kysynnän jouston avulla voidaan tasata kuormitusta.

## 6 TULEVIA UUDISTUKSIA

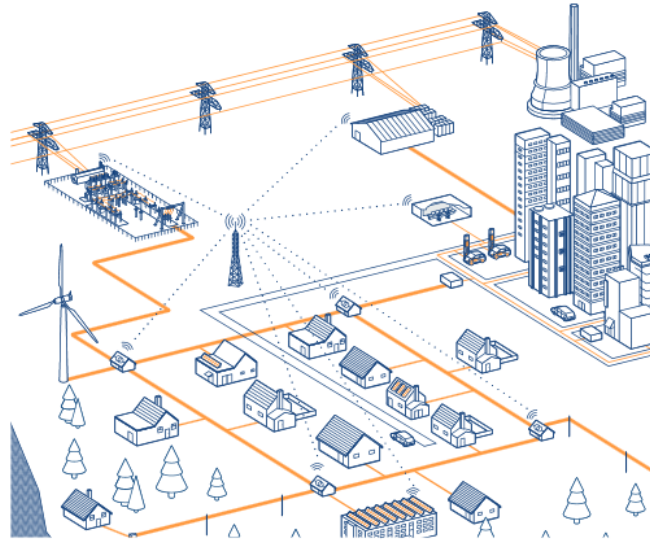
Säästä riippuvaisen uusiutuvan energian tuotannon kasvu tuo myös haasteita sähköverkon kulutuksen ja tuotannon tehotasapainon eli taseen hallintaan (Salokoski 2017). Erityisesti taajuuden hallintaan osallistuvaa säätökapasiteettia tarvitaan lisää (Järventausta et. al 2015). Jotta sähköverkon taajuuden säätäminen onnistuu tarvittavan nopeasti ja jotta mahdollisimman moni toimija pystyisi siihen kysynnänjouston avulla osallistumaan, ovat työ ja elinkeinoministeriö (TEM) ja Fingrid suunnittelemassa sekä toteuttamassa uudistuksia. Näitä ovat suunnittelu asteella oleva älyverkko ja jo toteutus asteella oleva datahub. Lisäksi TEM suunnittelee aggregoinnin sallimista, sähköyhteisöjen toiminnan mahdollistamista sekä muutoksia sähköverotukseen. Jakeluverkkoyhtiöt ovat myös muuttamassa tariffien hinnan muodostusta. (Pahkala et.al 2017). Seuraavissa kappaleissa on kerrottu näistä tarkemmin.

### 6.1 Älyverkot

Älyverkko (Kuva 11) on informaatio- ja viestintäteknologiaa sähköinfrastruktuuriin yhdistävä sähköjärjestelmä. Se tarkkailee sähkön virtaamista ja optimoi sen mukaan jatkuvasti sähkön kulutusta ja tuotantoa sähköverkossa. Älyverkko mahdollistaa sähkön tuotannon ja kulutuksen aina siellä, missä se kulloinkin on kannattavinta. Älyverkko mahdollistaa myös siirtymisen kohti hajautetumpaa ja vähähiilisempää sähköjärjestelmää kustannustehokkaasti. (TEM 2017)

Pelkkä tuotannon säätäminen ei vaihtelevan tuotannon lisääntyessä riitä vaan myös kulutusta joudutaan säätämään kasvavissa määrin jotta tehotasapaino säilyisi. Joka sekunti sähkön kulutuksen ja tuotannon on edelleen oltava tasapainossa. Monimutkaista hajautetuista tuotanto-, kulutus- ja varastointiresursseista koostuvaa kokonaisuutta ei voida hallita ilman automatiikkaa ja tehokasta tiedonvaihtoa eri osapuolten kesken. (TEM 2017) Älyverkot edistävät tehotasapainon hallintaa tarjoamalla tarkempaa ja reaaliaikaisempaa tietoa sähkön kulutuksesta ja tuotannosta sekä tarjoamalla uusia työkaluja

sähkömarkkinoiden käyttöön (Fingrid d2017). Tämän vuoksi niillä tulee olemaan tärkeä rooli sähkön toimitusvarmuuden ylläpidossa (Fingrid d2017).



**Kuva 11 Älyverkko kerää tietoa sähkönkulutuksesta sekä tuotannosta ja ohjaa niiden perusteella taajuudenhallinta sekä kysynnänjousto toimenpiteitä. (ABB 2015)**

Pienkuluttajille älyverkko tarjoaa entistä enemmän valinnanmahdollisuuksia sähkön tuotantoon ja kulutukseen liittyen. Se myös mahdollistaa ja helpottaa erilaisten arvovalintoja tekemisen energian käytössä. Lisäksi älyverkko mahdollistaa pienkuluttajien osallistumisen kulutuksen säätämiseen eli kulutusjoustoon sekä heidän hyötymisen siitä rahallisesti. (TEM 2017) Älyverkon avulla kuluttaja voi esimerkiksi joko myydä omilla aurinkopaneeleilla tuotetun sähkön sähkömarkkinoille saman tien tai varastoida akkuun myöhempää käyttöä varten, tai tuulen yllättäen tyyntyessä lämminvesivaraaja kytketään automaattisesti hetkeksi pois päältä jolloin vältytään ostamasta kallista sähköä (Fingrid d2017).

TEM on perustanut älyverkkotyöryhmän jonka tavoitteena on luoda yhteinen näkemys tulevaisuuden älyverkoista sekä selvittää ja esittää konkreettisia toimia, joilla älyverkot voivat palvella asiakkaiden mahdollisuuksia osallistua aktiivisesti sähkömarkkinoille ja

edistää toimitusvarmuuden ylläpitoa. Työryhmä on asetettu syyskuussa 2016 kahdeksi vuodeksi ja se julkaisee lopullisen mietintönsä 30.9.2018. (TEM 2017)

## 6.2 Datahub

TEM:in pyynnöstä Fingrid Oyj on ryhtynyt toteuttamaan vähittäismarkkinoiden keskitettyä tiedonvaihtoratkaisua, datahubia. Tämä yksinkertaistaa ja nopeuttaa vähittäismarkkinoiden tiedonvaihtoa ja sen tarjoaman tiedon pohjalta voidaan rakentaa aiempaa parempia energiapalveluita. Suunniteltu käyttöönotto datahubilla on vuonna 2019. (Pahkala et. al. 2017 s.12)

Vuonna 2013 uusittu sähkömarkkinalaki on datahub hankkeen taustalla. Se antoi Fingridille vastuun sähkökaupan ja taseselvityksen edellyttämän tiedonvaihdon kehittämisestä. Kantaverkkoyhtiön hallinnoiman järjestelmän päädyttiin TEM:in päätöksellä Fingridin selvitettyä eri vaihtoehtoja ja TEM:in kuultua eri sidosryhmiä. Tällaisen keskitetyn järjestelmän vahvuuksia on puolueeton toiminta, tiedot ovat yhdenvertaisesti ja samanaikaisesti kaikkien osapuolten saatavilla. Malli oli myös osoittautunut toimivaksi esimerkiksi Tanskassa ja Norjassa. (Fingrid b2017)

Datahubiin tullaan tallennetaan tietoja Suomen 3,5 miljoonasta sähkökäyttöpaikasta. Niitä tietoja tulee käyttämään noin 100 sähkön myyjää sekä yli 80 jakeluverkkoyhtiötä sähkön käyttäjiä palvellessaan (Kuva 12). Kun kuluttaja vuonna 2020 vaihtaa Suomessa sähkönmyyjää, kaikki tarvittava tieto sähkönmyyjän ja jakeluverkkoyhtiön välillä siirtyy datahubin kautta. Toisin kuin nykyään kun tiedot sijaitsevat hajautetusti eri yhtiöiden järjestelmissä. (Fingrid c2017)



**Kuva 12 Datahub toimii keskitettynä tietopankkina ja mahdollistaa parempien palveluiden tarjoamisen sähkönloppukäyttäjille. (Fingrid c2017)**

Datahubissa voidaan myös käsitellä ja jalostaa sinne tallennettua tietoa. Suomessa on laajasti käytössä älykkäitä etäluettavia sähkömittareita joiden avulla jokaisesta käyttöpaikasta kertyy päivittäin paljon tietoja. Tulevaisuudessa esimerkiksi mobiilisovellukset voivat tarjota näiden tietojen avulla sähkön kuluttajille täysin uusia palveluja. Kuluttaja voisi esimerkiksi sovelluksen avulla seurata yhdellä kertaa sekä kaupunkiasunnon ja kesämökin sähkönkäyttötietoja, vaikka nämä sijaitsevat eri puolilla Suomea. (Fingrid c2017)

Datahub mahdollistaa älykkäiden järjestelmien kanssa myös sähkön käyttäjien osallistumisen kysyntäjoustoon. Sähkönkäyttöä voidaan säädellä automaattisesti datahubista saatavan sähköverkon kuormitustiedon mukaan. Tarpeen mukaan sähkölaitteita voidaan kytkeä pois päältä tai toisaalta ylituotantoa voidaan purkaa esimerkiksi suurten kiinteistöjen laitteisiin. (Fingrid c2017)

### **6.3 Aggregoinnilla lisää säätöpotentiaalia**

Reservi- ja säätösähkömarkkinoille voi osallistua sähkön tuottajat ja käyttäjät. Jos oma sähkön kulutusta lisäävä tai vähentävä kapasiteetti ei täytä markkinoiden minimi tarjouskokoja voi useita kohteita aggregoida eli yhdistää samaan tarjoukseen. Aiemmin

aggregointi oli Fingridin ylläpitämällä reservimarkkinoilla mahdollista vain saman tasevastuun alta ja reservinmyyjän tuli olla kohteen sähkön toimitusketjun osapuoli, joko kohteen omistaja, sähkönmyyjä tai tasevastaava. Mutta 1.1.2017 alkaen on mahdollistettu taajuusohjatun häiriöreservin (FCR-D) markkinoilla itsenäisen aggregoinnin mallin eli myös useiden eri toimijoiden kohteiden aggregointi yhteen on sallittua. Itsenäisellä aggregaattorilla tarkoitetaan toimitusketjun ulkopuolista toimijaa, jolla ei ole sopimussuhdetta aggregoitujen resurssien tasevastaavien kanssa. (Fingrid a2017, s.24) Tämä mahdollistaa pienten kohteiden joustopotentiaalin laajamittaista hyödyntämisen.

Fingrid arvioi edellytyksiä ottaa itsenäisen aggregaattorin malli käyttöön myös reservi- ja säätösähkömarkkinoilla yleisesti. Tätä varten Fingrid käynnistää tänä vuonna 2017 pilotin itsenäisen aggregaattorin toimintamallista säätösähkömarkkinoilla. Tavoitteena on, että tarjouksia yhdistelemällä nykyistä useammalla toimijalla olisi mahdollisuus saada taloudellista hyötyä osallistumisestaan sähköjärjestelmän tehotasapainon ylläpitoon. Tämä lisäisi tarjontaa reaaliaikamarkkinoilla. Tavoitteena on myös saada käytännön kokemuksia muun muassa tarjousten, kauppojen kirjauksien ja tasevirheen käsittelystä sekä eri osapuolten välisestä tiedonvaihdosta. Fingrid on lisäksi mukana käsittelemässä aggregaattoritoiminnan periaatteita sekä pohjoismaisen että Baltian alueen kantaverkonhaltijoista koostuvissa työryhmissä. (Fingrid a2017, s.24)

Fingrid kannattaa mallia, jossa asiakas saa vapaasti päättää joustopalveluntarjoajansa eikä lähtökohtaisesti tarvitse lupaa sähkömyyjältään tai tasevastaavaltaan. Fingridin kannattamaan malliin ei sisälly hallinnollisia kompensatioita kilpailevien toimijoiden välillä, esimerkiksi itsenäisen aggregaattorin ja tasevastaavan kesken. (Fingrid a2017, s.24)

## 6.4 Energiayhteisöt

Energiayhteisö on käsitteenä vielä vakiintumaton. Energiayhteisöillä tarkoitetaan vapaaehtoisia yhteenliittymiä, jotka tuottavat esimerkiksi uusiutuvaa energiaa yhdessä yhteisön jäsenten hyväksi. (Fingrid a2017, s.25) Energiayhteisöön voisi kuulua esimerkiksi yksi tai useampi pienkuluttaja ja/tai yhdistys/yritys (Pahkala et.al 2017 s.32-42). Energiayhteisöllä voi myös olla käytössään sähkövarastoja tai muuta teknologiaa.

Energiayhteisöt ovat uusi vaihtoehto tuottaa sekä hankkia energiaa ja ne voivat toimia tasapainottavana resurssina sähköjärjestelmälle eli osallistua kysynnänjoustoon (Fingrid a2017, s.25). Energiayhteisöt voivat myös edistää uusiutuvan energian lisääntymistä mahdollistamalla esimerkiksi investoinnit suurempiin aurinkovoimalaitoksiin tai sähkövarastoihin kuin mihin yksittäiset asiakkaat pystyvät. Ne voivat lisätä yhteisöllisyyttä ja tuoda mahdollisuuksia asiakkaiden arvovalintoihin. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

EU-lainsäädännössä on otettu ensi askeleita ilmiön tunnistamisessa Euroopan komission puhtaan energian paketissa. Ehdotuksessa ilmiö pyritään tunnistamaan ja energiayhteisön rooli ja energiayhteisön jäsenen oikeudet pyritään määrittelemään. Ehdotuksen lähtökohtia ovat kannattaneet energiayhteisöjen osalta monet maat, mutta toisaalta pitäneet ehdotusta monelta osin liian pitkälle menevänä ja epäselvänä. Lähtökohtaisesti Suomi on kannattanut energiayhteisöjä ja niiden luomia mahdollisuuksia asiakkaille. Komission ehdotuksessa suurimpana ongelmana on pidetty ehdotetun energiayhteisön määritelmän päällekkäisyyksiä jakeluverkkotoiminnan kanssa. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

Koska energiayhteisöt ovat toistaiseksi vakiintumaton käsite, on määriteltävä käytännöt, joilla paikalliset ja hajautetut energiayhteisöt voisivat toimia. Energiayhteisöjen toiminnan mahdollistamiseksi onkin TEMin älyverkkotyöryhmän määrä laatia ehdotuksensa. Fingridin tavoitteena taas on osaltaan energiayhteisöjen syntymisen mahdollistaminen. (Fingrid a2017, s.25) Seuraavat tiedot erityyppisistä energiayhteisöistä perustuvat TEM:in älyverkkotyöryhmän väliraportin tietoihin eikä lopullisia päätöksiä ja suunnitelmia niiden toiminnan helpottamisesta/mahdollistamisesta ole vielä tehty.

Yhteisöä, johon liittyvä tuotanto, kulutus ja muut mahdolliset energiaresurssit sijaitsevat yhden kiinteistön alueella kutsutaan paikalliseksi kiinteistön sisäiseksi energiayhteisöksi. Tällainen kohde voi olla esimerkiksi kerros-, rivi- tai erillistaloista koostuva asunto-osakeyhtiö. Nykylainsäädännöllä tällainen toiminta on kuitenkin haastavaa kannattavuuden näkökulmasta. Nykyään vaikka asunto-osakeyhtiössä tuotettu sähkö kulutettaisiin kokonaan sen kiinteistössä niin kulkiessaan yksittäisen asiakkaan sähkömittarin läpi siitä seuraa verkkopalvelumaksu verkkoyhtiölle sekä sähköveron maksaminen. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

TEM:in älyverkkotyöryhmä haluaa muuttaa tilannetta niin että jos sähkö ei kulje verkkoyhtiön verkon kautta niin siitä ei perittäisi verkkopalvelumaksua tai sähköveron maksamista. Työryhmä haluaa myös varmistaa että yksilön valinnan vapaus mahdollistetaan. Energiayhteisön kiinteistön ulkopuolelta tehtävä sähkönhankinta voi esimerkiksi perustua yhteen hankintalähteeseen tai jäsenet voivat kukin itse hankkia oman sähkönsopimuksen, mikäli tämä sähkön määrä on erotettavissa muusta kulutuksesta ja tuotannosta hyväksytyllä mittauttavalla. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

Yhteisöä, johon liittyvä tuotanto, kulutus ja muut mahdolliset energiaresurssit sijaitsevat useamman kiinteistön alueella kutsutaan paikalliseksi kiinteistön rajat ylittäväksi energiayhteisöksi. Pientuotannolle otollisimmat paikat eivät useinkaan löydy samalta kiinteistöltä kuin mitä asiakas hallinnoi. Tällöin naapureiden kesken voisi muodostaa keskinäinen sähköverkko jota kautta hyödynnettäisiin yhdessä rakennettua pientuotantoa. Tällä hetkellä tällainen toiminta ei ole mahdollista koska sähköverkkojen rakentaminen ja sähkön siirtäminen kiinteistöjen tai kiinteistöryhmien rajojen yli on voimassa olevan sähkömarkkinadirektiivin mukaisesti sähkömarkkinalaissa määritelty luvanvaraiseksi sähköverkkotoiminnaksi. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

TEM:in älyverkkotyöryhmä näkee paikallisten kiinteistön rajat ylittävien energiayhteisöjen mahdollistamisen haasteellisena ja väliraportissaan ilmaiseekin lisäselvitystarpeen. Luvan varaisen sähköverkkotoiminnan periaatteesta luopuminen voisi aiheuttaa kustannuksia verkkojen reunoilla asuville kun yhteisöjä syntyisi enenevässä määrin tiheästi asutuilla alueilla. Se myös sallisi useiden rinnakkaisten johtojen rakentamisen, mikä ei ole taloudellisesti kestävä. Jos energiayhteisön verkko taas rakennettaisiin täysin uudelle alueelle jossa ei ole vielä verkkoyhtiön toimesta rakennettua verkkoa, tulisi yhteisestä eroaminen kuitenkin mahdollistaa. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

Yhteisöä, johon liittyvä tuotanto tapahtuu kauempana kiinteistöstä jossa kulutus tapahtuu, kutsutaan hajautetuksi energiayhteisöksi. Tällainen yhteisö voi hyödyntää olemassa olevaa jakelu- ja siirtoverkkoa energian siirtämiseen. Tämä mahdollistaa itse tuotetun sähkön hyödyntämisen vaikka käyttöpaikan olosuhteiden vuoksi paikallinen oma tuotanto ei onnistuisi. Voisi esimerkiksi hyödyntää kesämökillä tuotettua aurinkosähköä pääaikaisella asunnolla. Tällaisella yhteisöllä olisi myös mahdollista investoida suurempiin

energialaitteistoihin mihin yksittäinen jäsen kykenisi, esimerkiksi yhteiseen tuulivoimalaan. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

Tällä hetkellä hajautetun energiayhteisön muodostamiselle ja toiminnalle ei ole vakiintuneita sähkömarkkinaprosesseja ja reunaehtoja mutta mikään estä sellaisen perustamista. TEM:in älyverkkotyöryhmä näkee tarpeen määrittää tasapuoliset ja selkeät pelisäännöt sekä tehtävän tarvittavat tietotekniset toteutukset, jotta hajautettujen energiaresurssien hyödyntäminen olisi helposti hyödynnettävä mahdollisuus. Hajautetun energiayhteisön kannattavuuteen vaikuttaa luonnollisesti siirtomaksut ja sähköverotus. (Pahkala et.al 2017 s.32-42)

## 6.5 Tariffit

Kotitalouskuluttajan sähkön kokonaiskustannuksista verkkopalvelumaksut eli tariffit muodostavat tällä hetkellä noin kolmanneksen kun taas sähköveron osuus on noin viidennes. Tällä hetkellä verkkopalvelutariffit ovat pääosin energiaperusteisia. Energia perusteinen tariffi määräytyy siirretyn energian määrän mukaan eikä se anna asiakkaille kannustetta joustaa sähkönkäytössä. Valtaosa sähköverkon kustannuksista ei riipu siirrettävän energian määrästä vaan ne ovat luonteeltaan kiinteitä. Tämän vuoksi sähkön jakeluverkkoyhtiöt ovat lähivuosien aikana siirtymässä tehopohjaiseen tariffirakenteeseen. Muutostarvetta lisää vielä hajautetun pientuotannon yleistyminen. (Fingrid a2017, s.20)

Tehopohjaisessa tariffissa asiakkaan maksu määräytyisi hänen verkosta ottaman tehon mukaan. Tämä tukisi kysyntäjoustoinfrastruktuurin kehittymistä luomalla asiakkaille kannusteen kulutuksen tasaamiseen ja sähkön pienimuotoiseen varastointiin. Jotta sähkön kokonaiskustannuksen optimointi olisi helpompaa, tariffitiedon tulisi olla helposti saatavilla esimerkiksi datahubissa. Asiakkaan harkitessa kysyntäjoustopalveluiden hankkimista joustoon kannustava hinnoittelu on avainasemassa. Tehopohjaisten jakeluverkkotariffien käyttöönotto tukisi Fingridin mukaan osaltaan myös toimitusvarmuuden ylläpitoa. (Fingrid a2017, s.20)

Tehotariffien harmonisointia eri yhtiöiden välillä käsitellään TEM:in älyverkko työryhmässä vuosien 2017 ja 2018 aikana. Myös tariffien sisällyttämistä datahubin tietoihin selvitetään. (Fingrid a2017, s.20)

## 6.6 Verot

EU:n direktiiveillä 2003/96/EY ja 2009/28/EY säädetään energiaveroja. Näissä määrätään vähimmäisverotasoista ja biopolttoaineiden kestävyyskriteereistä. Suomessa käytetään huomattavasti korkeampaa verokantaa. EU:n asettama minimitaso sähköverolle on 0,5 €/MWh yrityskäytössä ja 1,0 €/MWh yksityiskäytössä kun taas Suomessa teollisuudelle, konesaleille ja kasvihuoneille sähkövero on 7,03 €/MWh ja muille 22,53 €/MWh. (Pahkala et.al 2017 s.50-52)

Tällä hetkellä sähkövero maksetaan kulutetun sähkön mukaan. Tämän lisäksi sähköverosta maksetaan myös arvonlisävero 24 % yleisen verokannan mukaan. Kuluttaja-asiakkaiden sähkölaskusta (sähkön siirto + sähköenergia + verot) niiden osuus on noin kolmannes. Sähkön määrään perustuva sähkövero kannustaa kyllä toimia energiatehokkaasti mutta se ei kuitenkaan kannusta toimimaan sähkömarkkinoiden hintasignaalien mukaisesti (Pahkala et.al 2017 s.50-52). Nykyinen verotus ei siis kannusta kulutusjousto.

TEM:in älyverkko työryhmässä tullaan selvittämään sähkön hinnasta riippuvaa sähköveroa lisää. Älyverkkotyöryhmän näkemyksen mukaan ensisijainen signaali joustojen toteuttamiseen tulisi saada markkinoilta ja sähkön hinnasta riippuva sähkövero voimistaisi asiakkaan kokemia hintavaihteluita. Tämä toimisi kannustimena kulutusjousto osallistumiseen. (Pahkala et.al 2017 s.50-52)

Tällä hetkellä varastoidusta sähköstä joutuu myös maksamaan sähköveron kahdesti: sekä varastoitaessa että uudelleen kulutukseen luovutettaessa. Valtionvarainministeriö tutkiikin mahdollisuutta poistaa tämä sähkönvarastoinnin tupla verotus. TEM:in älyverkkotyöryhmän mukaan sähkön varastointi ei ole sähkön kulutusta sen perinteisessä merkityksessä, vaan sähkövaraston avulla voidaan optimoida esimerkiksi sähkönmyyntiä, sähkön hankintaa tai verkon käyttöä siirtämällä sähkönkulutusta ajanhetkestä toiseen. Tästä

johtuen heidän väliraporttinsa mukaan sähkön varastoinnin ei tulisi olla verollista. (Pahkala et.al 2017 s.50-52)

## 7 YHTEENVETO

Ilmaston muutoksen hillitsemiseksi on EU ja Suomi allekirjoittaneet YK:n ilmastopöytäkirjan. Siihen liittyen on EU:ssa asetettu tavoitteita mm. uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseksi, kasvihuonekaasu päästöjen vähentämiseksi ja energiatehokkuuden parantamiseksi. Nämä tavoitteet tulevat siirtämään Suomen ja EU:n energian tuotantoa perinteisestä isojen keskitettyjen tuotantolaitosten mallista yhä hajautetumpaan suuntaan.

Vuonna 2016 Suomessa kulutetusta energiasta 34% tuotettiin EU:n uusiutuviksi hyväksymillä energialähteillä. Teollisuuden jälkeen rakennusten lämmitys oli toiseksi suurin energian kuluttaja ja yleisimmät asuntojen lämmitys muodot olivat kaukolämpö, puu ja sähkö. Hajautetulla energian tuotannolla voitaisiin lisätä uusiutuvan energian tuotantoa. Hajautetussa järjestelmässä kuluttajat voivat itse toimia sähkön pientuottajina. Samalla he voivat säästää energian hankinta kustannuksissa.

Fingrid on Suomen kantaverkko yhtiö. Se ylläpitää säätösähkömarkkinoita sähköverkon taajuuden hallitsemiseksi. Verkon taajuuden tason tulee pysyä tasaisena joka sekunti. Säästä riippuvaisen uusiutuvan energian, kuten aurinko- ja tuulienergian, tuotannon kasvu tuo kuitenkin haasteita sähköverkon kulutuksen ja tuotannon taseen eli taajuuden hallintaan. Perinteiseen energiajärjestelmään verrattuna tarvitaan entistä enemmän taajuuden hallintaan osallistuvaa säätökapasiteettia. Koska säätöön sopivan tuotannon määrä myös laskee, saadaan tarvittua lisä säätökapasiteettia kysynnän jouston kautta. Kysynnän jouston avulla sähköverkon taajuutta säädetään kulutusta säätämällä sen sijaan että säädettäisiin tuotantoa. Jotta kysynnän jousto saataisiin tehokkaasti valjastettua taajuuden hallinnan avuksi, täytyy se mahdollistaa ja tehdä kannattavaksi niin kuluttajille kuin kaiken kokoisille yrityksillekin.

Taajuuden hallinnan ja kysynnän jouston mahdollistamiseksi sekä uusiutuvan energian tuotannon määrän kasvattamiseksi energiaverkkoomme liittyviä määräyksiä ja lakeja ollaan uudistamassa sekä uusia järjestelmiä ollaan kehittämässä työ ja elinkeinoministeriön (TEM:in) ja Fingridin toimesta. Näitä uudistuksia ovat suunnittelu asteella oleva älyverkko ja jo toteutuksessa oleva datahub. Lisäksi TEM suunnittelee aggregoinnin sallimista, sähköyhteisöjen toiminnan mahdollistamista sekä muutoksia sähköverotukseen. Jakeluverkkoyhtiöt ovat myös muuttamassa tariffien hinnan muodostusta.

Älyverkot ovat ratkaisu uudistuvan sähköjärjestelmän hallintaan. Pelkkä tuotannon säätäminen ei vaihtelevan tuotannon lisääntyessä riitä vaan myös kulutusta joudutaan säätämään kasvavissa määrin jotta tehotasapaino säilyisi. Monimutkaista hajautetuista tuotanto-, kulutus- ja varastointiresursseista koostuvaa kokonaisuutta ei voida hallita ilman automatiikkaa ja tehokasta tiedonvaihtoa eri osapuolten kesken. Älyverkot edistävät tehotasapainon hallintaa tarjoamalla tarkempaa ja reaaliaikaisempaa tietoa sähkön kulutuksesta ja tuotannosta sekä tarjoamalla uusia työkaluja sähkömarkkinoiden käyttöön.

Vähittäismarkkinoiden keskitetty tiedonvaihtoratkaisu datahub tulee yksinkertaistamaan ja nopeuttamaan vähittäismarkkinoiden tiedonvaihdon kun se otetaan käyttöön 2019. Sen tarjoamaa tietoa voidaan käsitellä ja jalostaa ja sen pohjalta voidaan rakentaa aiempaa parempia energiapalveluita. Datahubiin tullaan tallentamaan tietoja Suomen 3,5 miljoonasta sähkönkäyttöpaikasta ja niitä tietoja tulee käyttämään sähkön myyjät sekä jakeluverkkoyhtiöt sähkön käyttäjiä palvellessaan. Datahub mahdollistaa älykkäiden järjestelmien kanssa sähkön käyttäjien osallistumisen kysyntäjouksoon. Sähkönkäyttöä voidaan säädellä vaikka automaattisesti datahubista saatavan sähköverkon kuormitustiedon mukaan.

Aggregointi luo mahdollisuuden toisaalta kuluttajien ja muiden pienten kohteiden kulutusjoustopotentiaalin hyödyntämiseen mutta myös heidän rahallisen hyötymisen kulutusjouksoon osallistumisesta. Fingrid on mahdollistanut aggregoinnin itsenäisen aggregaattorin mallilla taajuusohjatun häiriöreservin markkinoilla jo vuoden 2017 alusta. Fingrid myös arvioi edellytyksiä ottaa sama malli käyttöön myös reservi- ja säätösähkömarkkinoilla yleisesti. Itsenäisellä aggregaattorilla tarkoitetaan toimitusketjun ulkopuolista toimijaa, jolla ei ole sopimussuhdetta aggregoitujen resurssien tasevastaavien kanssa.

Kotitalouskuluttajan sähkön kokonaiskustannuksista verkkopalvelumaksut eli tariffit muodostavat tällä hetkellä noin kolmanneksen kun taas sähköveron osuus on noin viidennes. Jakeluverkkoyhtiöiden siirtyminen lähivuosina energia perusteiseen tariffiin tulee kannustamaan kulutusjouksoon osallistumiseen. Jos TEM:in älyverkkotyöryhmän pohdiskelema sähkön hinnasta riippuvaa sähköverotus toteutuu, tulee se edelleen lisäämään painetta kulutustottumusten tarkasteluun ja kulutusjouksoon osallistumiseen.

Energiayhteisö on käsitteenä vielä vakiintumaton. Energiayhteisöillä tarkoitetaan vapaaehtoisia yhteenliittymiä, jotka tuottavat esimerkiksi uusiutuvaa energiaa yhdessä yhteisön jäsenten hyväksi. Niihin voisi kuulua esimerkiksi yksi tai useampi pienkuluttaja ja/tai yhdistys/yritys sekä niillä voisi myös olla käytössään sähkövarastoja tai muuta teknologiaa. Energiayhteisöt ovat uusi vaihtoehto tuottaa sekä hankkia energiaa ja ne voivat osallistua kysynnänjoustoon. Energiayhteisöt voivat myös edistää uusiutuvan energian lisääntymistä mahdollistamalla esimerkiksi investoinnit suurempiin aurinkovoimalaitoksiin tai sähkövarastoihin kuin mihin yksittäiset asiakkaat pystyvät. Ne voivat lisätä yhteisöllisyyttä ja tuovat mahdollisuuksia asiakkaiden arvovalintoihin.

Energiayhteisöjä on kolmea eri tyyppiä. yhteisöä, johon liittyvä tuotanto, kulutus ja muut mahdolliset energiareсурssit sijaitsevat yhden kiinteistön alueella kutsutaan paikalliseksi kiinteistön sisäiseksi energiayhteisöksi. Tällainen kohde voi olla esimerkiksi kerros-, rivitai erillistaloista koostuva asunto-osakeyhtiö. Yhteisöä, johon liittyvä tuotanto, kulutus ja muut mahdolliset energiareсурssit sijaitsevat useamman kiinteistön alueella kutsutaan paikalliseksi kiinteistön rajat ylittäväksi energiayhteisöksi. Pientuotannolle otollisimmat paikat eivät useinkaan löydy samalta kiinteistöltä kuin mitä asiakas hallinnoi. Tällöin naapureiden kesken voisi muodostaa keskinäinen sähköverkko jota kautta hyödynnettäisiin yhdessä rakennettua pientuotantoa. Yhteisöä, johon liittyvä tuotanto tapahtuu kauempana kiinteistöstä jossa kulutus tapahtuu, kutsutaan hajautetuksi energiayhteisöksi. Tällainen yhteisö voi hyödyntää olemassa olevaa jakelu- ja siirtoverkkoa energian siirtämiseen. Tämä mahdollistaa itse tuotetun sähkön hyödyntämisen vaikka käyttöpaikan olosuhteiden vuoksi paikallinen oma tuotanto ei onnistuisi. Tämä mahdollistaisi esimerkiksi kesämökillä tuotettua aurinkosähkön hyödyntämisen pääaikaaisella asunnolla.

TEMin älyverkkotyöryhmän on määrä laatia ehdotuksia energiayhteisöjen toiminnan mahdollistamiseksi. Heidän lopulliset mietintönsä julkaistaan 30.9.2018. Fingridi haluaa osaltaan mahdollistaa energiayhteisöjen syntymisen.

## Lähdeluettelo

ABB (2015) Älykäs sähköverkko on energian internet - Kohti uusiutuvaa tuotantoa, luotettavaa jakelua ja energiatehokasta käyttöä [verkkajulkaisu] 2015, ABB [viitattu 30.10.17] s. 7, saatavissa:

[https://library.e.abb.com/public/08e1c4dbe70dc30cc1257dd500293bd5/Smart%20Grids\\_2015.pdf?filename=Smart%20Grids\\_2015.pdf](https://library.e.abb.com/public/08e1c4dbe70dc30cc1257dd500293bd5/Smart%20Grids_2015.pdf?filename=Smart%20Grids_2015.pdf)

Direktiivi 2009/125/EY (2009): Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY - energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista. [verkkajulkaisu] Euroopan unionin virallinen lehti, 21.10.2009 [viitattu 27.11.2017] Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32009L0125>

Direktiivi 2012/27/EU (2012): Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU, energiatehokkuudesta, direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EU muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta. [verkkajulkaisu] Euroopan unionin virallinen lehti, 14.11.2012 [viitattu 27.11.2017] saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FI:PDF>

Direktiivin 2009/28/EY (2009): Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta [verkkajulkaisu] Euroopan unionin virallinen lehti, 23.4.2009 [viitattu 24.11.2017] Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028>

Direktiivi 2010/31/EU (2010): Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, rakennusten energiatehokkuudesta. [verkkajulkaisu] Euroopan unionin virallinen lehti, 18.6.2010 [viitattu 27.11.2017] saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF>

Euroopan komissio (2016): Putting energy efficiency first: consuming better, getting cleaner [verkkojulkaisu] MEMO/16/3986, Euroopan komissio, Brysseli, 30.11.2016 [viitattu 26.11.2017] Saatavissa: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-16-3986\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-3986_en.htm)

Eurooppa neuvosto (2014): Eurooppa neuvoston kokous päätelmät 23. ja 24. lokakuuta 2014. [verkkojulkaisu] Brysseli 24.10.2014 [viitattu 24.11.2017] s.1 ja 5. Saatavissa: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-169-2014-INIT/fi/pdf>

Fingrid (2017): Reservituotteet ja reservien markkinapaikat [verkkojulkaisu] 21.9.2017, Fingrid [viitattu 24.11.2017] Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/markkinaliitteet/Reservit/Reservituotteet.pdf>

Fingrid (a2017): Johtokatu – tiekartta vihreään sähköjärjestelmään [verkkojulkaisu] 2017, Fingrid [viitattu 24.11.2017] saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/markkinaliitteet/Kehityshankkeet/FINGRID-Tiekartta-vihreaan-sahkojarjestelmaan-2017-WEB.pdf>

Fingrid (b2017): Miksi Fingridin datahub? [verkkojulkaisu] Julkaisupäivä tuntematon, Fingrid [viitattu 25.11.2017] saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/datahub/tietoa/miksi/Sivut/default.aspx>

Fingrid (c2017): Tietoa datahubista [verkkojulkaisu] Julkaisupäivä tuntematon, Fingrid [viitattu 25.11.2017] saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/datahub/tietoa/Sivut/default.aspx>

Fingrid (d2017): Älyverkot [verkkojulkaisu] Julkaisupäivä tuntematon [viitattu 27.11.2017] Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/kehityshankkeet/alyverkot/Sivut/default.aspx>

Fingrid (e2017): Reservit [verkkojulkaisu] julkaisupäivä tuntematon [viitattu 27.11.2017] saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/reservit/Sivut/default.aspx>

Geologian tutkimuskeskus (GTK) (2017): Turve raaka-aineena [verkkójulkaisu] julkaisupäivä ei tiedossa, Geologian tutkimuskeskus [viitattu 28.11.2017] Saatavissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/turve/>

Hirvonen Katariina (2015): Hajautettu uusiutuva energiantuotanto – haihattelua vai tulevaisuutta? [opinnäytetyö] Turun ammattikorkeakoulu, 2015 [viitattu 26.11.2017] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96131/HirvonenKatariina\\_opinnaytetyo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96131/HirvonenKatariina_opinnaytetyo.pdf?sequence=1)

Järventausta, Repo, Trygg, Rautiainen, Mutanen, Lummi, Supponen, Heljo, Sorri, Harsia, Honkiniemi, Kallioharju, Piikkilä, Luoma, Partanen, Honkapuro, Valtonen, Tuunanen, Belonogova (2015): Kysynnän jousto –Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR Pooli) [verkkodokumentti]. Raportti, Tampereen teknillinen yliopisto, sähkötekniikan laitos. Tampere 2015 ISBN 978-952-15-3485-0 s.16-19 Saatavissa: [https://tutcris.tut.fi/portal/files/4776899/kysynnan\\_jousto\\_loppuraportti.pdf](https://tutcris.tut.fi/portal/files/4776899/kysynnan_jousto_loppuraportti.pdf)

Logren Markus (2014): 4 syytä, miksi kysyntäjousto kannattaa [verkkoblogi] 13.10.2014, Helen Oy [viitattu 27.11.2017] saatavissa: <https://www.helen.fi/yrittys/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2014/4-syyta-miksi-kysyntajousto-kannattaa/>

Motiva (2010): Selvityshajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla [verkkójulkaisu] joulukuu 2010 [viitattu 24.11.2017] s.6-8, saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/7938/Selvitys\\_hajautetusta\\_ja\\_paikallisesta\\_energiantuotannosta\\_eri\\_alueilla\\_Loppuraportti.pdf](https://www.motiva.fi/files/7938/Selvitys_hajautetusta_ja_paikallisesta_energiantuotannosta_eri_alueilla_Loppuraportti.pdf)

Motiva (2017): Ylijäämäsähkön myynti [verkkójulkaisu] julkaisupäivä ei tiedossa, Motiva Oy [viitattu 27.11.2017] Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/ylijaamasahkon\\_myynti](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti)

Ollikka Kimmo (2013): Uusiutuvien energiamuotojen tukeminen [verkkokirja] Kansantaloudellinen aikakauskirja vol. 109, 3/2013, Taloustieteellinen yhdistys [viitattu 25.11.2017] s.289-310 Saatavissa: <http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2014/09/Ollikka.pdf>

Pahkala Tatu, Uimonen Heidi, Väre Ville (2017): Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, TEM raportteja 38/2017 [verkkajulkaisu] ISSN 1797-3562, 9.10.2017, Työ ja elinkeinoministeriö [viitattu 16.10.17] saatavissa:

[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80792/TEMrap\\_38\\_2017\\_verkkojulkaisu.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80792/TEMrap_38_2017_verkkojulkaisu.pdf)

Pöyry Management Consulting Oy (2017): Hajautetun uusiutuvan energiantuotannon potentiaali, kannattavuus ja tulevaisuuden näkymät Suomessa [verkkodokumentti], Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 5/2017, Valtioneuvoston kanslia, 27.1.2017 [viitattu 24.11.2017] s.10-11 Saatavissa:

[http://tietokayttoon.fi/documents/10616/3866814/5\\_2017\\_Hajautetun+uusi+utuvan+energian+tuotannon+potentiaali%2C+kannattavuus+ja+tulevaisuuden+n%C3%A4kym%C3%A4t+Suomessa/f7fa0126-2880-452d-954b-f52ea5f0a9a0?version=1.0](http://tietokayttoon.fi/documents/10616/3866814/5_2017_Hajautetun+uusi+utuvan+energian+tuotannon+potentiaali%2C+kannattavuus+ja+tulevaisuuden+n%C3%A4kym%C3%A4t+Suomessa/f7fa0126-2880-452d-954b-f52ea5f0a9a0?version=1.0)

Rakennusteollisuus ry (2017): Ilmastopolitiikka Euroopan unionissa [verkkodokumentti] julkaisupäivä tuntematon, [viitattu 24.11.2017] <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto-ja-energiapolitiikka/Ilmastopolitiikka-EUssa/>

Salokoski, Pia (2017): Tulevaisuuden energia 2030...2050 [verkkajulkaisu] Tekesin katsaus 332/2017, Tekes, Helsinki [viitattu 24.11.2017] s.15, saatavissa:

[https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/tulevaisuuden-energia\\_2030\\_2050\\_332\\_2017.pdf](https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/tulevaisuuden-energia_2030_2050_332_2017.pdf)

Sederlund Jarno (2008) Taajuuden ylläpito sähköjärjestelmässä [verkkolehti] ISSN 1455-7517 Fingrid Oyj:n lehti 3/2008, Fingrid Oyj, Helsinki [viitattu 27.11.2017] saatavissa:

[http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityslehdet/2008/Fingrid\\_3\\_08.pdf](http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityslehdet/2008/Fingrid_3_08.pdf)

Suomen virallinen tilasto (SVT) (2015): Sähkön ja lämmön tuotanto [verkkajulkaisu].

ISSN=1798-5072. 2015. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 15.9.2017]. Saatavissa:

[http://www.stat.fi/til/salatuo/2015/salatuo\\_2015\\_2016-11-02\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/salatuo/2015/salatuo_2015_2016-11-02_tie_001_fi.html)

Suomen virallinen tilasto (SVT) (2016): Energian hankinta ja kulutus [verkkajulkaisu].

ISSN=1799-795X. 4. vuosineljännes 2016. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 6.10.2017].

Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk\\_2016\\_04\\_2017-03-23\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_tie_001_fi.html)

Suomen virallinen tilasto (SVT)(a2016): Asumisen energiankulutus [verkkajulkaisu]. ISSN=2323-3273. 2016. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 24.11.2017]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/asen/2016/asen\\_2016\\_2017-11-17\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/asen/2016/asen_2016_2017-11-17_tie_001_fi.html)

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM)(2017): Kysymyksiä ja vastauksia älykkäästä sähköjärjestelmästä [verkkajulkaisu] julkaisupäivä tuntematon [viitattu 16.10.2017] saatavissa: <http://tem.fi/perustietoja>

Walamies Mikko (2017) Puhdas lähienergia - käyttäjien tuottamaa ja säästämää [kuva verkkolehdestä] Oulun energian asiakas lehti Sulake, 2/2017 [viitattu 13.10.2017] Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/asiointi/asiakasedut/asiakaslehti-sulake/sulake-22017/puhdas-lahienergia-kayttajien-tuottamaa-ja-saastamaa>

Ympäristöministeriö (a2016): Euroopan unionin ympäristöpolitiikka [verkkodokumentti] Julkaistu 14.5.2013, päivitetty 16.12.2016 [viitattu 24.11.2017] Saatavissa: [http://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastomuutoksen\\_hillitseminen/Euroopan\\_unionin\\_ilmastopolitiikka](http://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastomuutoksen_hillitseminen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka)

Ympäristöministeriö (b2016): Pariisin ilmastopöytäkirja [verkkodokumentti]. Julkaistu 11.5.2016, päivitetty 28.8.2017 [viitattu 24.11.2017] Saatavissa: <http://www.ymp.fi/pariisi2015>