

# Virtuaalinen palveluympäristö

## Tekijä

Siiri Söyrinki

Smart Energy Transition -hanke

Julkaistu: 09.11.2017

*Suomen Akatemian Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittama Smart Energy Transition –hanke (293405) viitoittaa, millä toimialoilla ja miten Suomi voi menestyä globaalissa energiamurroksessa.*

## Tiivistelmä

Tämä case-julkaisu liittyy Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaan Smart Energy Transition (SET) -hankkeeseen ([www.smartenergytransition.fi](http://www.smartenergytransition.fi)).

Energiajärjestelmän murros lisää säätövoiman tarvetta sähköverkossa. Kysyntäjoustolla voidaan optimoida kulutusta vaihtelevan energian tuotannon mukaan. Kysyntäjoustoa on kokeiltu aiemmin erityisesti asuinkiinteistöissä ja teollisuudessa. Kaupallisissa kiinteistöissä arvellaan kuitenkin olevan merkittävää säätövoimapotentiaalia. VTT:n ja S-ryhmän Virtuaalinen palveluympäristö (Virpa-B) kokeilussa tutkitaan päivittäistavara-kauppojen kysyntäjoustopotentiaalia. Tutkimuskohteiksi on valittu Oulussa sijaitsevat uusi energiatehokas Tuiran S-market ja standardi S-market. Eri kohteiden energiankulutusta ja kysyntäjoustopotentiaaleja verrataan kattavan aineiston keräämiseksi.

Energiatehokkuus ja kysyntäjousto on huomioitu Tuiran S-marketissa alusta asti. Kiinteistössä on oma aurinkovoimaan ja maalämpöön perustuva energiajärjestelmä. Tuirassa energiankulutus on saatu laskemaan 40 prosenttiin tavalliseen kauppaan verrattuna. Energiatehokkuus tuo merkittäviä säästöjä kaupan sähkölaskuun. Rakennusvaiheessa Arina antoi yhteistyökumppaneille tilaa kehittää ja kokeilla uusia ratkaisuja. Kokeilun myötä tehtiin uusia innovaatioita sovellus ja laitepuolelle. Mukana olleet yritykset ovat keksineet myös uusia innovaatioita liiketoimintansa kehittämiseen. Haastateltavat uskovat, että uudet innovaatiot hyödynnetään tulevaisuuden rakennushankkeissa ja energiatehokkuutta voidaan kehittää edelleen.

Energiatehokkuudesta huolimatta kylmäjärjestelmässä on säätövoimaa. Eri laitteissa oleva kysyntäjoustopotentiaali on tarkoitus yhdistää IoT-tekniikalla mahdollisimman suuren tehon saavuttamiseksi. Mittaustulosten perusteella analysoidaan, millaisia kysyntäjoustopotentiaaleja päivittäistavara-kaupasta voitaisiin saada sähkömarkkinoille. Sähkömarkkinoiden säännöt asettavat reunaehdot mittauslaitteiden tarkkuudelle, vasteajalle ja tehon aggregoinnille.

Kysyntäjoustopotentiaalin ympärille rakentuvien liiketoimintamahdollisuuksien potentiaali arvioidaan suureksi. Haasteena kysyntäjoustopotentiaalin yleistymiselle pidettiin muuttuvia markkinoita. Euroopan sähkömarkkinat integroituvat entistä tiiviimmin 2020-luvulla ja nykyiset markkinasäännöt ovat muuttumassa. Sähkön käyttäjän näkökulmasta markkinapaikoille pääsy on epävarmaa. Teknologia ei vielä takaa kysyntäjoustopotentiaalin yleistymistä. Investointien on oltava kannattavia ja takaisinmaksuaikojen riittävän lyhyitä. Energianhallinta ei kuulu päivittäistavara-kauppojen liiketoiminnan keskiöön, joten investointien suhteen ollaan varovaisia. Uudet teknologiat ja energiankulutuksen vähentäminen eivät saa häiritä kaupan toimintaa. Siitä huolimatta päivittäistavara-kaupoissa halutaan soveltaa uutta teknologiaa energiankulutuksen ja päästöjen vähentämiseksi. Teknologian, sähkön käyttäjien ja markkinoiden intressien yhteensovittaminen vaatii laajojen kokonaisuuksien hallintaa ja yhteistyötä eri tahojen kanssa. Erilaisten vaatimusten yhteensovittaminen kannattavaksi liiketoiminnaksi on edellytys kysyntäjoustopotentiaalin yleistymiselle.

## Sisällys

1. Johdanto.....	1
2. Virtuaalinen palveluympäristö; taustaa .....	2
2.1 Energiajärjestelmän muutos ja kysyntäjousto .....	2
2.2 S-ryhmän edeltävät kokeilut.....	4
2.3 Virtuaalinen palveluympäristö .....	4
2.4 Mitä ratkaisuja kokeiltiin .....	6
2.5 Odotukset .....	6
2.6 Pilotin tulokset.....	7
3. Oppiminen kokeilussa .....	8
3.1 Mikä oli haastavaa .....	8
3.2 Positiiviset yllätykset.....	10
3.3 Oppiminen vuorovaikutuksessa.....	11
4. Oppimisen siirtäminen.....	13
4.1 Viestintä ja dokumentointi.....	13
4.2 Hankkeen jatko ja skaalaaminen laajemmalle.....	14
5. Yhteenveto.....	16
Lähteet .....	18



## 1. Johdanto

Tämä case-julkaisu liittyy Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaan Smart Energy Transition (SET)-hankkeeseen ([www.smartenergytransition.fi](http://www.smartenergytransition.fi)). SET-hanke tutkii, miten Suomi voi hyötyä hajautetun ja vaihtelevan uusiutuvan energian ympärille nousevista murroksellisista teknologioista. Kyse on ratkaisuihin, joissa energian kulutusta voidaan ohjata vaihtelevan tuotannon mukaan (kysyntäjousto) tai energiaa voidaan varastoida. Näihin ratkaisuihin liittyvät olennaisesti uudet digitaaliset ratkaisut kuten esineiden Internet. Samalla murrokseen liittyy myös kehitys, jossa rakennusten ja liikenteen energian tarve pienenee, energiaomavaraisuus kasvaa ja rakennukset ja liikennevälineet muodostavat yhä kiinteämmän osan energijärjestelmää.

Kokeilut ovat yksi tapa rakentaa uuteen energijärjestelmään liittyvää osaamista. Kokeilut onkin mainittu Sipilän hallituksen hallitusohjelmassa (Valtioneuvosto 2015) tärkeänä uutena keinona edistää innovatiivisuutta ja yrittäjyyttä, parantaa palveluja sekä vahvistaa alueellista ja paikallista päätöksentekoa.

SET-hankkeen osahanke 4 (Kokeiluista oppiminen) tutkii, miten uuden energian kokeiluista voitaisiin oppia enemmän. Kokeiluina tässä tarkastellaan kotimaisia demonstraatiohankkeita, pilotteja, koerakentamishankkeita, muita kokeiluja ja varhaisia käyttökokemuksia uusien energiaratkaisujen soveltamisesta erityisesti rakennuksissa, rakennetussa ympäristössä ja liikenteessä. Tällaisista kokeiluista on koottu 100 hankkeen tietopankki, joka aukeaa elokuussa 2016 osoitteeseen: [www.energiakokeilut.fi](http://www.energiakokeilut.fi).

SETin osahankkeessa 4 tehdään 20 tapaustutkimusta, joissa tutkitaan, miten kotimaisista demoista, piloteista, kokeiluista ja varhaisista käyttökokemuksista voitaisiin oppia erityisesti sen suhteen mitä osaamisia energiamurroksessa tarvitaan ja mitä osaamisia toimintaympäristöstä puuttuu. Erityisen kiinnostuksen kohteena ovat suunnitteluun, asentamiseen, käyttöönnottoon, käytettävyyteen, käyttöön ja huoltoon liittyvät osaamiset. Tavoitteena on analysoida kokeiluja sen suhteen, mitä osaamista kokeiluissa tarvitaan ja minkälaista osaamista kokeiluissa huomataan puuttuvan. Tuloksia voidaan hyödyntää koulutuspolitiikassa, käyttöliittymämuotoilussa ja palvelumuotoilussa. Lisäksi pyrkimyksenä on, että julkisesti rahoitetusta kokeilutoiminnasta voitaisiin oppia nykyistä enemmän ja systemaattisemmin, erityisesti teknologiapolitiikassa, energiapolitiikassa ja liikennepolitiikassa. Kaikkien 20 casen tulokset vedetään tätä tarkoitusta varten yhteen ja analysoidaan niistä nousevia oppimisen ja osaamisen haasteita ja mahdollisuuksia.

Virtuaalinen palveluympäristö hankkeessa tutkitaan, paljonko päivittäistavarakaupan järjestelmissä on kysyntäjoustopotentiaalia ja millaisia kysyntäjoustopotteita voitaisiin tuottaa sähkömarkkinoille. Tutkimuskohteina on uusi energiatehokas marketti ja referenssinä standardi marketti. Kaksi erilaista kohdetta mahdollistavat säätövoiman aggregoinnin tutkimisen. Case-

raportti perustuu haastatteluaineistoon. Raporttiin on haastateltu asiantuntijoita hankkeessa mukana olevista yrityksistä. VTT:ltä haastateltiin tutkijaa, joka on ollut mukana hankkeessa alusta asti. Osuuskauppa Arinalta haastateltiin rakennushankkeesta vastannutta henkilöä. Myös S-voimalta ja Rejlers Oy:tä haastateltiin asiantuntijoita. Fingridiltä ja Emteleltä pyydettiin myös kommentteja, mutta henkilöt totesivat hankkeen seurannan olleen siihen mennessä riittämättömät kommenttien antamiseen. Aiheen taustoittamiseksi haastateltiin myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston professoria. Haastattelut toteutettiin touko-kesäkuun aikana 2017, jolloin mittausten seuranta ja analysointi olivat vielä kesken. Yhteensä puolistrukturoituja haastatteluja tehtiin 5 ja haastattelujen keskimääräinen kesto oli noin 40 minuuttia. Raportissa on käytetty myös verkkojulkaisuja ja artikkeleja. Lisäksi esitetään kiitokset tutkijatohtori Salla Annalalle Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta raportin läpikäynnistä ja kommentoinnista!

## ***2. Virtuaalinen palveluympäristö; taustaa***

### **2.1 Energiajärjestelmän muutos ja kysyntäjousto**

Sähkövoimajärjestelmän toiminta perustuu tuotannon ja kysynnän tasapainoon. Sähköä on hankala varastoida ja siksi sitä on tuotettava koko ajan yhtä paljon kuin kulutetaan. Sähköverkon tasapainottamiseen tarvitaan säätövoimaa, jonka avulla tuotanto voidaan säätää vastaamaan vaihtelevaa kysyntää. (Järventausta ym. 2015) Säätövoiman tarpeen arvioidaan kaksinkertaistuvan 2030 vuoteen menneensä. Kasvavan säätövoiman tarpeen taustalla on energiajärjestelmän murros. Uusiutuvien energianlähteiden osuus energiantuotannossa on kasvussa. Suomen energiantuotannosta 38 prosenttia tuotetaan uusiutuvilla ja tavoitteena on kasvattaa uusiutuvan energiantuotannon osuus yli 50 prosenttiin 2020-luvun aikana (Valtioneuvosto 2015). Energiajärjestelmän muutoksella on merkittävä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä ja kestävä kehityksen edistämässä.

Uusiutuva, erityisesti tuuli- ja aurinkoenergia on herkempää sään vaihteluille ja häiriöille, eikä niiden tuotantoa voida lisätä nopeasti vaihtelevan kysynnän mukaan. Samaan aikaan energiantuotannon säädettävyyttä vähenee myös lauhdevoimaloiden alasajon ja ydinvoimaloiden rakentamisen myötä. Sähköntuotantokapasiteetti ei tällä hetkellä Suomessa riitä vastaamaan kysyntää huipputunneilla (Pöyry 2015). Varsinkin huipputehon aikaan Suomen energiankulutusta katetaan sähköntuonnilla ulkomailta. Energiajärjestelmän muutos aiheuttaa haasteita sähköverkon luotettavuudelle ja nykyiselle liiketoiminnalle. (Sähköntutkimuspooli 2015) Säätövoimaa voidaan lisätä rakentamalla uusia säätövoimalaitoksia tai mahdollistamalla kysyntäjousto jo olemassa olevissa rakenteissa. Säätövoimakapasiteetin kasvattaminen lisää uusiutuviin energianlähteisiin perustuvan energiajärjestelmän luotettavuutta. Kysyntäjoustoa edistämällä voidaan siis lisätä sähköverkon huoltovarmuutta. (Järventausta ym. 2015)

Kysyntäjousto on laaja käsite, joka sisältää monenlaisia toimintoja sähkönkulutuksen hetkelliseen vähentämiseen tai siirtämiseen. Tässä raportissa käsitellään sähkön kysyntäjoustoa, eli sähkön kulutuksen ajoittamista muuhun kuin kulutushuippujen ajankohtaan, ja tarkemmin vielä kaupan kysyntäjoustopotentiaalia reservimarkkinalle osallistumisen näkökulmasta. Pohjoismaisten kantaverkkoyhtiöiden järjestö Nordelin työryhmä on määritellyt kysyntäjouaston seuraavasti: Kysyntäjousto on sähkön kysynnän sopeuttamista vapaaehtoisesti ja tilapäisesti vastauksena hintasignaaliin tai käyttövarmuuden ylläpitoon liittyvään toimeen. (Energiateollisuus ry 2007)

Sähkön kysyntäjouaston merkitys ja ansaintalogiikka vaihtelevat toimijasta ja markkinapaikasta riippuen. (Järventausta ym. 2015) Kantaverkkoyhtiöille se on keino tehotasapainon hallintaan, eli keino tasapainottaa sähköverkon tasetta kulutuspiikkien aikana. Kysyntäjouaston tarve korostuu entisestään, jos verkkoon on liitetty paljon vaihtelevaa tuotantoa. . Palveluntarjoajille syntyy uusia liiketoimintamahdollisuuksia kysyntäjouaston myötä. (Järventausta ym. 2015) Kysyntäjoustopalveluita kehitetään aktiivisesti markkinoille ja niillä arvioidaan olevan merkittävää vientipotentiaalia (Ahonen ja Honkapuro 2017). Sähkökäyttäjälle se mahdollistaa sähkön käytön edullisemmilla hinnoilla ja siten mahdollisuuden pienentää sähkölaskua. Sähkönkulutusta voi säätää suhteessa sähkön hintaan tai sähkön käyttäjät voivat tarjota kysyntäjoustoa säätövoimana kantaverkkoyhtiön ylläpitämille säätösähkö- ja reservimarkkinoille. . Kantaverkkoyhtiö ylläpitää useita eri markkinapaikkoja, joiden reunaehdot, säännöt ja ansaintamahdollisuudet vaihtelevat (Fingrid 2017). Jotta sähkön käyttäjät voisivat hyötyä taloudellisesti kysyntäjoudesta, jousto on pystyttävä mittaamaan ja todentamaan.

Kysyntäjousto ei ole energian säästämistä, mutta sillä nähdään olevan positiivisia vaikutuksia päästöjen vähentämiseksi. Kysynnän vähentäminen kulutuspiikkien aikaan vähentää tarvetta fossiilisiin energianlähteisiin perustuvien varavoimaloiden käynnistämiseksi. Energiatehokkuuden myötä huomio kiinnittyy entistä enemmän käyttöprofiileihin ja tehohuippuihin. Kysyntäjouaston edellytyksenä ovat älyverkot ja tarkat mittauslaitteet. Sähköverkon tasapainoa voidaan ohjata älykkäällä kiinteistön energianhallinnalla. (Järventausta ym. 2015) Toisaalta kysyntäjousto voi johtaa myös hetkelliseen energiankulutuksen kasvuun, jos sähkön varastointi edullisilla hinnoilla on kannattavaa (Järventausta ym. 2015).

Kysyntäjoustoa on tutkittu ja sen potentiaalia on yritetty mallintaa. Potentiaali kuitenkin vaihtelee vuoden ja vuorokauden ajasta riippuen (Järventausta ym. 2015). Kysyntäjoustopokeilut ja liiketoiminta ovat keskittyneet asuinkiinteistöjen kysyntäjoustopotentiaaliin. Teollisuudessa taas kysyntäjoustoa on hyödynnetty jo kauan. Liikekiinteistöissä arvioidaan olevan hyödyntämätöntä säätövoimaa (O'Connell ym. 2014, Kjærgaard ym. 2016). Suurimmat potentiaalit kysyntäjoustopotentialle on arvioitu löytyvän sähkölämmityksestä, käyttöveden lämmityksestä sekä isojen kiinteistöjen ilmanvaihdosta, valaistuksesta ja jäädytyksestä (Järventausta ym. 2015). Asiantuntijat ovat yhtä mieltä siitä, että energiajärjestelmä tarvitsee joustoja. Hajautunut uusiutuva energiantuotanto ja älyverkot muuttavat kantaverkkoyhtiön roolia ja sähkömarkkinoiden toimintaa. Sähkön käyttäjille asia on vielä uusi ja sen yleistyminen vaatii kokeiluita ja tietoa erilaisten kiinteistöjen kysyntäjoustopotentiaalista ja ansaintamahdollisuuksista (O'Connell ym. 2014).

## 2.2 S-ryhmän edeltävät kokeilut

SOK:lla ja Arinalla on vuosien kokemus kauppojen energiatehokkuuden kehittämisessä. S-Ryhmän energiankulutus on noin prosentin koko Suomen energiankulutuksesta. Liiketiloja on yhteensä 1600. S-ryhmässä sähkön hankinnasta vastaa S-Voima. Suurena energiankäyttäjänä, se seuraa aktiivisesti sähkömarkkinoiden kehitystä. S-ryhmä omistaa osuuden tuulivoimayhtiö Tuulivatti Oy:stä. Vuonna 2015 S-Ryhmä sitoutui kasvattamaan tuulivoiman osuutta 50 prosenttiin sähkönkulutuksesta vuoden 2016 loppuun menneessä. (S-Ryhmä, Vuosikatsaus 2015) Energiajärjestelmän murroksessa S-ryhmässä pyritään vähentämään kulutusta ja seuraamaan markkinoiden kehittymistä. Uusia teknologioita testataan kokeiluissa, jotta saadaan tietoa investointien kannattavuudesta ja vaikutuksista päivittäistavarakauppojen toimintaan. Koska sääriippuvaisen tuulivoiman osuutta sähköntuotannossa halutaan kasvattaa, S-Ryhmässä on kiinnostuttu myös kysyntäjoustopotentialin mahdollisuuksista. Kysyntäjoustopotentialia on kokeiltu kahdessa S-voiman aikaisemmassa pilotissa.

Ensimmäisessä kokeilussa vuonna 2011 kysyntäjoustopotentialia testattiin yhdessä Prismassa, jossa sähkönkulutusta säädeltiin suhteessa sähköpörssin tuntihintoihin. Mittaroinnin tarkkuus ei riittänyt säädön toteuttamiseen, koska sähkönkulutus päivittäistavarakaupassa vaihtelee ajankohdasta ja laitteesta riippuen. Taloudelliset hyödyt jäivät vähäisiksi, mutta pilotissa saatiin kokemusta sähkölaitteiden säädön haasteista päivittäistavarakaupassa. Toisessa kokeilussa vuonna 2015 seitsemässä Prismassa ja kahdessa S-marketissa tutkittiin kysyntäjoustopotentialia reservimarkkinoilla. Säädettyä kapasiteettiä jäi kuitenkin arvioitua pienemmäksi. Virtuaalinen palveluympäristö kokeilu on S-ryhmän kolmas pilotti, jossa kysyntäjoustopotentialia kartoitetaan. Virtuaalinen palveluympäristö -hankkeessa tutkitaan samassa kohteessa omaa energiajärjestelmää, energiatehokkaita ratkaisuja sekä kysyntäjoustopotentialia. Hankkeen toteutuksesta vetovastuussa on Osuuskauppa Arina.

## 2.3 Virtuaalinen palveluympäristö

Virtuaalinen palveluympäristö -hankkeessa selvitetään, miten muuttaa osa rakennuskannasta säädettyväksi niin, että rakennus pystyy itse kertomaan, miten kulutusta voidaan säätää tietyn ajan kuluessa. Rakennukset on tarkoitus yhdistää IoT-teknologian avulla, kysyntäjoustopotentialin kasvattamiseksi. Koko rakennuskannan säätövoima voitaisiin myydä säätövoimamarkkinoille (VTT, 2015).

Hankkeeseen osallistuvien yritysten uutta teknologiaa oli tarkoitus hyödyntää ensimmäistä kertaa Suomen Osuuskauppojen Keskuskunnan uusissa rakennushankkeissa. Hankkeen pilotteina alkuperäisessä suunnitelmassa olivat S-ryhmän vuosina 2015-2018 rakennettava päi-



vittäistavarakaupan logistiikkakeskus Sipoossa sekä Arinan uusi S-market Oulussa. Eri koh- teista saatavat säätomarginaalit oli tarkoitus yhdistää IoT -teknologian avulla merkittävän sää- tövoimamahan aikaan saamiseksi. Hankkeessa kehitetään säätomalleja rakennuksen potenti- aalisimmille säätokehteille (kuten kylmäketjulle, lämmitykselle, käyttövedelle, valaisulle ja il- manvaihdolle), jotta voidaan saavuttaa paras taloudellinen tulos vaarantamatta kiinteistön toi- mintaa ja rakenteita.

Oulun Tuiraan vuonna 2015 valmistuneessa, uudessa S-marketissa on oma energiantuotan- tojärjestelmä. Kaupan katolla on aurinkopaneelit ja maassa maalämpökaivot. Hybridijärjes- telmä pystyy tuottamaan merkittävän osan kaupan energiantarpeesta. Lisäksi energiatehok- kuus on pyritty huomioimaan kylmlaitteissa, valaistuksessa ja ilmanvaihdossa.

Sipoon Bastukärrissä sijaitsevan logistiikkakeskuksen kokonaispinta-ala on noin 189 000 brut- toneliometriä ja tilavuus noin 3 400 000 kuutiometriä. Päivittäistavarakaupan logistiikkakes- kuksen rakentaminen aloitettiin 2015 ja se otettiin vaiheittain käyttöön 2016 alkaen. Kiinteistö on täydessä käytössä vuonna 2018. Geoenergia toimii keskuksen lämpöenergian perustuot- tajana. Bioenergia sekä yli miljoonan kuution vesivaraaja varmistavat talviaikana tai tehovaih- teluissa nousevan tarpeen. Noin puolet vuoden lämmöntarpeesta katetaan geoenergialla ja puolet bioenergialla. Logistiikkakeskus on suunniteltu energiatehokkaaksi ja sille haetaan BREEAM-ympäristöluokitusta.

Hankkeen edetessä logistiikkakeskus päätettiin jättää S-ryhmän toiveesta kokeilun ulkopuo- lulle, kunnes rakennustyöt saadaan valmiiksi. Kokeilua muokattiin siten, että referenssikoh- teeksi valittiin standardi S-market, jollaisia S-ryhmällä on Suomessa noin 600. Muutoksen myötä hankkeessa vertaillaan Tuiran S-marketin ja referenssikaupan energiankulutusta. Sa- malla testataan, kuinka tehokkaasti aurinkopaneeleita voidaan hyödyntää päivittäistavarakau- passa. Säätopotentiaalia tutkitaan uudessa energiatehokkaassa S-marketissa ja verrataan re- ferenssikaupan säätopotentiaaliin. Virpa-B -kokeilua aiotaan laajentaa uusilla kiinteistöillä. Tarkoituksena on kartoittaa, millaista kysyntäjoustopotentiaalia S-ryhmän päivittäistavara- kauppojen eri laitteissa on ja millaisia kysyntäjoustopotteita S-ryhmä voisi markkinoille tarjota.

Muita yhteistyökumppaneita hankkeessa S-ryhmän ja Arinan lisäksi ovat VTT ja Oulun yli- opisto, jotka vastaavat tutkimuksesta ja energiankulutuksen ja säätopotentiaalien mallintami- sesta, Fingrid Oyj on kantaverkkoyhtiönä mukana hankkeessa, Rejlers Oy kehittää omassa rinnakkaisessa RIoT-hankkeessaan kysyntäjoustopotentiaalia mahdollistavaa palvelukonseptia Virpa-B -hankkeen pohjalta. Jetitek Oy on vastannut kylmäketjutoimittamisesta ja asentamisesta. Hanketta koordinoi Jalecon Oy. Muita hankkeessa mukana olevia partnereista ovat muun muassa Emtele Oy, Fidelix Oy sekä Green Energy Finland Oy. Hanketta rahoittaa Tekes sekä mukana olevat yritykset. Yhteensä tutkimuksen kokonaisvolyymi on noin miljoona euroa.

## 2.4 Mitä ratkaisuja kokeiltiin

Virpa-B -hankkeessa toteutettiin monia ratkaisuja, jotka tähtäävät energiankulutuksen vähentämiseen ja päivittäistavarakaupan sähkölaskun pienentämiseen. Energiatehokkuus ja energiankäytön optimointi on otettu huomioon koko rakennuksessa:

- Tuiran uudessa S-marketissa on energian ohjauskeskus ja oma energiantuotantojärjestelmä. Tarkoituksena on testata aurinkovoiman vaikutuksia sähkönkulutukseen sekä mitata aurinkovoiman tuotantokapasiteettia. Energiaa tuotetaan maalämmöllä ja aurinkoenergialla. Aurinkoisina kevätpäivinä järjestelmä tuottaa noin puolet kaupan energian tarpeesta.
- Tuiran S-marketissa seurataan päivä-, tunti- ja minuuttitason energiankulutusta.
- IoT-teknologialla pyritään dynaamisesti suunnittelemaan ja ohjaamaan yksittäisen rakennuksen tai alueen omaa tuotantoa, kulutusta ja paikallista varastointia. Internetin avulla rakennukset voi yhdistää suuremmaksi virtuaalivoimayksiköksi.
- Kylmälaitteita on optimoitu niin, että se huomioi energiakeskuksen vaatimukset. Lisäksi ne ovat uuden polven CO<sub>2</sub>-kylmälaitteita, jotka vastaavat uusia vuonna 2025 voimaan tulevia standardeja. Säättövoimaa testataan varastoimalla energiaa kylmälaitteisiin. Kylmälaitteet voidaan irrottaa verkosta, jopa puoleksi tunniksi ilman, että kaupan toiminta häiriintyy.
- Kylmälaitteiden lauhdelämpö voidaan hyödyntää kaupan lämmityksessä, ilmanvaihdossa tai siirtää maalämpöpumpun kautta maahan. Lauhdelämmön lataaminen maahan parantaa maalämpöpumpun hyötysuhdetta (Motiva 2012).
- Kaupan LED-valaistusta ja ilmastointia voidaan säätää tarpeen mukaan.

## 2.5 Odotukset

S-Voiman toiveena on löytää keinoja sähkölaskun pienentämiseen. Aiemmissa S-Voiman kokeiluissa säättövoimakapasiteettia on tutkittu lähinnä valaistuksen ja ilmanvaihdon osalta. Virtuaalinen palveluympäristö kokeiluun on otettu ensi kertaa mukaan myös kaupan kylmälaitteet. S-Voiman aiemmissa kysyntäjoustokokeiluissa ei ole haluttu ottaa riskiä, että kylmälaitteiden toiminnalle aiheutuisi haittaa. Kylmälaitteiden säätämisessä riskinä on laitteiden vioittuminen, mikä aiheuttaisi häiriöitä kaupan toimintaan. S-Voimassa kuitenkin arvioidaan, että kylmälaitteissa olisi merkittävää säättövoimapotentialia. Virtuaalinen palveluympäristö on osuuskauppa lähtöinen hanke, mikä S-Voiman asiantuntijan mukaan mahdollistaa myös kylmälaitteiden aggregoimisen. S-Voiman omissa piloteissa kaupan toiminnalle aiheutuvat mahdolliset haitat on haluttu minimoida, minkä vuoksi kylmälaitteiden säätelyä ei ole kokeiltu. Osuuskauppa vetoisessa hankkeessa kysyntäjoustoa on voitu kokeilla laajemmin.

Osuuskauppa Arinan tavoitteena on jatkaa kehitystyötä kauppojen energiategokkuuden parantamiseksi. Aiemmissa rakennushankkeissa energiankulutusta on onnistuttu vähentämään

puoleen alkuperäisestä ja Tuiran kiinteistössä asetettiin vielä suuremmat tavoitteet energiatehokkuudelle. Kysyntäjouaston tutkiminen tuli hankkeeseen mukaan VTT:n kautta.

VTT:n tutkimuksen tavoitteena on mallintaa kauppojen energiankulutusta. Tuiran S-marketiin asennettu oma energiajärjestelmä antaa myös mahdollisuuden kokeilla oman energian tuotannon vaikutusta sähkönkulutukseen. Kun kaupan eri järjestelmien energiankulutus tunnetaan paremmin, voidaan kartoittaa laitteissa olevaa säätöpotentiaalia ja miten niitä voidaan aggregoida. VTT mittaa kylmäketjun ja muiden rakennusautomaatiojärjestelmän komponenttien energiankulutusta. Seuranta tapahtuu etänä reaaliajassa IoT-tekniikan avulla. Komponenttien toimintaa seurataan Tuiran S-marketissa minuuttitarkkuudella ja samanlainen monitorointi aiotaan suorittaa referenssikaupassa. Referenssikaupan osalta mittarointi on vielä kesken, mutta sinne asennetaan Tuiran kohdetta vastaava mittarointijärjestelmä. Tulevaisuudessa eri kaupoissa oleva säätövoima voitaisiin aggregoida eli yhdistää merkittävän kysyntäjouaston aikaansaamiseksi. Mittausten perusteella analysoidaan, millaisia säätövoima tuotteita eri lähteistä saatavasta säätövoimasta voitaisiin aggregoida. Tulevaisuudessa järjestelmään voitaisiin liittää esimerkiksi sähköautot.

Sähkömarkkinat ovat murroksessa ja uudet toimijat ovat kiinnostuneita niiden tarjoamista liiketoimintamahdollisuuksista. Rejlers Oy on mukana Virtuaalisessa palveluympäristö hankkeessa kehittääkseen markkinoille joustavia energiankäytön palveluita (Rejlers 2016). Rejlersin tavoitteena on kehittää palvelukonsepti, joka toimisi kysyntäjousto liiketoiminnan mahdollistava operaattorina kuluttajien ja markkinoiden välissä. Pilotin avulla halutaan selvittää, millainen palveluympäristö, arvoketju ja liiketoimintamalli kysyntäjouaston ympärille on mahdollista kehittää. Kiinnostus ei rajoitu vain Suomeen, sillä markkinat kasvavat kansainvälisesti. Kysyntäjouaston palvelukonsepteilla arvioidaan olevan potentiaalisia vientimahdollisuuksia Suomelle (Ahonen ja Honkapuro 2017).

## 2.6 Pilotin tulokset

Virtuaalinen palveluympäristö -hanke on vielä kirjoitushetkellä kesällä 2017 kesken. Kokeilu jatkuu vuoden 2017 loppuun, mutta esimerkiksi Arinalla ja VTT:llä on kiinnostusta jatkaa sähkönkulutuksen seuraamista pidempäänkin. Suurimpana muutoksena hankkeessa on ollut logistiikkakeskuksen jättäminen hankeen ulkopuolelle. Kokeilua muutettiin niin, että Tuiran S-marketin vertailukohteeksi valittiin tavallinen referenssi S-market, jollaisia S-ryhmällä on Suomessa noin 600 kiinteistöä. Tuiran S-marketista mitataan sähkönkulutusta minuutti-, tunti- ja päivätasolla ja niitä verrataan referenssimarketin energiankulutukseen. Referenssikohteessa tunnetaan vuosikulutus usean vuoden ajalta, mutta sinne asennettiin jälkikäteen samalainen mittausjärjestelmä kuin Tuirassa minuuttitason energiankulutuksen mittaamiseksi. Seurannan ensimmäisiä tuloksia arvioidaan keväällä/kesällä 2017.

VTT:n asiantuntijan mukaan kokeilusta on kuitenkin jo saatu positiivisia tuloksia. Oulun Tuiran S-marketin oma energiajärjestelmä on osoittautunut tehokkaaksi. Aurinkoisena kevätpäivänä

hybridienergiajärjestelmä tuottaa noin puolet kaupan energian tarpeesta. Kylmälaitteiden lauhdelämpö kierrätetään maahan maalämpöpumpun kautta, mikä vähentää kaupan sähkönkulutusta. VTT:n ja Arinan mukaan energiatehokkaat ratkaisut tuovat merkittävän säästön sähkönkulutukseen. VTT:n asiantuntijan mukaan Tuiran S-market on maailman energiapihein päivittäistavarakauppa. Sen kulutus on alle puolet keskimääräisen päivittäistavarakaupan energiankulutuksesta.

Energiatehokkuudesta huolimatta alustavien mittausten perusteella laitteissa on säätövoimaa. VTT:n henkilön mukaan pienet laitteet on nopeampi säätää pois päältä ja säätövoimaa voidaan tarjota markkinoille nopealla vasteajalla. Suurten prosessien alasajo ja käynnistäminen ovat hitaampia, eivätkä ne siksi sovellu reservimarkkinoille. Tutkimukset Tuiran S-marketin säätövoiman osalta ovat kuitenkin edelleen käynnissä ja säätöpotentiaalia vasta arvioidaan. Tutkimuksessa kartoitetaan, paljonko kysyntäjousto kahdesta vertailtavasta kohteesta löytyy. Tuloksia analysoidaan vertaamalla kauppojen kysyntäjoustopotentiaalia erilaisten säätö- ja reservimarkkinoiden sääntöihin. Säättö-sähkömarkkinoille vaadittava minimiteho on 10 MW ja reservimarkkinoilla 100 kW:sta ylöspäin.

Logistiikkakeskuksen jääminen hankkeen ulkopuolelle on vaikuttanut säätöpotentiaalnin tutkimiseen. Hankkeen asiantuntijat arvioivat suuren logistiikkakeskuksen säätövoimapotentialin monikertaiseksi verrattuna päivittäistavarakauppaan. Alkuperäisen suunnitelman mukaista aggregointia Tuiran ja logistiikkakeskuksen säätövoiman yhdistämiseksi ei ole toistaiseksi tehty. Tuiran uudessa S-marketissa IoT-teknologia on käytössä ja sitä voidaan vielä myöhemmin hyödyntää säätövoiman aggregointiin. VTT:n asiantuntijan mukaan Tuirassa käytössä oleva teknologia on siirrettävissä muihin kohteisiin. Kysyntäjousto järjestelmän asentaminen ei kuitenkaan paranna vanhemman sukupolven kauppojen energiatehokkuutta, mikä on kaupan energialaskun pienentämisen kannalta ensisijainen keino.

Rejlersin asiantuntijan mukaan logistiikkakeskuksen poisjäänti muutti tutkimuksen tarkastelua, mutta referenssikohde tarjoaa mahdollisuuksia laajemman aggregoinnin tutkimiselle. Referenssikaupan kaltaisia kohteita on S-Ryhmällä satoja. Yhden suuren kohteen sijaan voidaan tarkastella usean pienemmän kohteen säätöpotentiaalia ja mallintaa niiden aggregoisesta saatavia hyötyjä. Säätövoimaa on oltava tarpeeksi, että sitä voi tarjota reservimarkkinoille. Rejlersin hanke on vielä kesken, mutta tutkimuskohteista on saatu paljon tietoa sovelluksen kehittämiseen.

### **3. *Oppiminen kokeilussa***

#### **3.1 Mikä oli haastavaa**

VTT:n mukaan uuden mittausjärjestelmän asennuksessa oli haasteita. Mittausjärjestelmän vaatimukset piti ottaa huomioon jo rakennusvaiheessa. Oppimiskäyrä hankkeessa oli jyrkkä.

Rakennusvaiheessa vaadittiin monta neuvonpitoa, jotta kaikki yhteistyökumppanit ymmärsivät mitä tehdään ja miksi. Mittausinstrumentoinnin kanssa oli haasteita myös rakennusvaiheen jälkeen, kun selvisi että sähköverkkoyhtiö ei pystynyt toimittamaan kohteessa tarvittua mittarointia. Tarvittavan mittaroinnin toteuttaminen vaati lisäinstrumentointia, jonka myöhästymisen takia hankkeen aikataulu venyi. VTT:n asiantuntija arvioi, että hankkeesta kuitenkin opittiin ja nyt skaalaaminen uusiin kohteisiin onnistuisi nopeammalla aikataululla.

Arinan haastateltavan mukaan kokeilu eteni Tuiran S-marketin osalta suunnitelmien mukaan, vaikka aikataulusta hieman myöhästyttiinkin. Arinan kiinteistöissä energiatehokkuuteen on panostettu jo useissa kiinteistöissä ja niistä saatu kokemus hyödynnettiin Tuiran suunnittelussa ja toteutuksessa. Energiatehokkuus huomioitiin jo rakennusvaiheessa. Rakennuksen keskiössä on energiakeskus ja muiden toimintojen, kuten ilmanvaihdon ja kylmäjärjestelmän on pystyttävä huomiomaan sen vaatimukset. Arinan henkilön mukaan rakennustapa on joillekin toimijoille haasteellinen eikä tarvittavaa osaamista ole kaikilla. Tuiran rakentamisessa mukana olleet yhteistyökumppanit ovat työskennelleet myös aiemmissa Arinan rakennushankkeissa. Toimintatavat olivat yhteistyökumppaneille tuttuja eikä yhteistyössä ollut ongelmia, vaikka rakennustöiden aikataulu oli tiukka.

S-Voima on Virpa-B -hankkeessa neuvonantajan ja tarkkailijan roolissa, eikä heillä ole hankkeen suhteen haasteita. S-Voiman edustajan mukaan, aiemmissa kysyntäjousto piloteissa on havaittu haasteita laitteiden sähkönkulutuksen mittaamisen kanssa. Kysyntäjouston potentiaalinen mallintaminen on ollut haasteellista ja käytännön mittaukset eivät ole vastanneet alustavia laskelmia. S-Voiman edustajan mukaan aiemmissa kokeiluissa on opittu, että energiankulutus kaupoissa vaihtelee huomattavasti. Mittaroinnin tulee olla riittävän tarkkaa, jotta laitteiden säätövoima pystytään todentamaan. Aiemmissa kokeiluissa kysyntäjouston todentaminen saaduista mittaustuloksista on ollut vaikeaa.

S-Voiman asiantuntijan mukaan, teknologia ei ole este kysyntäjoustojärjestelmien yleistymiselle. Kysyntäjouston ansainta perustuu säätövoiman tarjoamiseen kantaverkkoyhtiön ylläpitämille reservimarkkinoille. Sähkön hinnan vaihtelu ei tällä hetkellä ole riittävä kannustin kysyntäjouston yleistymiselle (Airaksinen ym. 2017). S-Voiman aiemmissa piloteissa ansaintamahdollisuudet sähköpörssin tuntihintoja vasten peilattaessa ovat osoittautuneet vaatimattomiksi. Toisaalta taas suuret sähkön käyttäjät, kuten S-Ryhmä eivät toivo suuria vaihteluita sähkönhintaan, koska ne saattavat lisätä energiakustannuksia.

VTT:n mukaan kokeilun taloudellisia vaikutuksia vasta arvioidaan. Investointien kannalta keskeistä on niiden tuottavuus ja järkevä takaisinmaksuaika. Tuottoisimmat ansaintamahdollisuudet S-voiman mukaan ovat kantaverkkoyhtiön ylläpitämällä reservimarkkinoilla. Kantaverkkoyhtiö Fingrid ylläpitää useita markkinapaikkoja, joiden ehdot ja tuotot vaihtelevat (Fingrid 2017). Investoijan näkökulmasta markkinoille pääsy on kuitenkin epävarmaa. Toistaiseksi reservimarkkinoilla on vain vähän toimijoita ja kantaverkkoyhtiö on muuttamassa reservimarkkinoiden sääntöjä. Vaikka kokeilussa saataisiin hyviä tuloksia säätövoiman osalta, se ei vielä takaa, että S-voima saa kysyntäjoustopuotteensa reservimarkkinoille. Päätöksen markkinoille

pääsystä tekee markkinoiden ylläpitäjä. Ansaintamahdollisuuksien epävarmuus vaikuttaa investointihalukkuuteen. Energianhallinta ei kuulu S-Ryhmän ydintoimintaan, joten investoinnit ja kokeilut täytyy perustella hyvin. Lähtökohtana on, että kaupan toiminta ei saa häiriintyä ja prosessien on toimittava taustalla automaattisesti.

Myös Rejlersin asiantuntija mainitsi haasteeksi reservimarkkinoiden murroksen. Kantaverkko-yhtiöllä on erilaisia markkinoita, joilla pätevät erilaiset säännöt. Markkinapaikat eroavat esimerkiksi vasteajan, säävoimakapasiteetin ja ansaintamahdollisuuksien suhteen. Kysyntäjoustopjärjestelmien kehittyessä myös markkinoiden säännöt ovat muuttumassa. Haasteena on ollut kehittää palvelualustaa muutoksessa olevien markkinaehtojen mukaan. Kehittyvällä alalla säännöt ja standardit elävät, minkä vuoksi muutoksiin pitää pystyä sopeutumaan nopeasti. Palvelun kehittäminen on haasteellista, kun nykyiset markkinasäännöt eivät ehkä päde enää muutaman vuoden päästä.

Sähkömarkkinoiden vaatimusten lisäksi palvelukonseptin kehittäessä täytyy huomioida energiankuluttajien tarpeet sekä mittauslaitteiden tekniset valmiudet ja tulevaisuuden vaatimukset. Säädön todentaminen on myös osoittautunut aiemmissä kokeiluissa haasteelliseksi. Isoja massoja aggregoitaessa on vaikea todentaa tarkemmin mitä laitteita on säädetty ja kuinka paljon. Säädön todentaminen on keskeinen kysymys tuottojen jakamisen kannalta. Rejlersin asiantuntijan mukaan erilaisten intressien yhteensovittaminen palvelukonseptin kehittäessä oli haasteellista. Yhteistyökumppaneilta on hankittu tietoa teknologian ja sovellusalustan kehittelyä varten. Haasteena on ollut yhdistää teknologia ja uudet ohjelmistot kysyntäjoustop mahdollistavaksi liiketoiminnaksi. Rejlersin työryhmän sisällä tapahtui myös henkilöstömuutoksia, muun muassa vastuuhenkilö vaihtui hankkeen aikana. Henkilöstövaihdokset ovat tuoneet oman haasteensa Rejlersin kehitystyöhön.

### 3.2 Positiiviset yllätykset

VTT:n asiantuntija totesi, että kaupan hybridienergiajärjestelmä toimii hyvin. Aurinkoisena kevätpäivänä uuden S-marketin oma energiajärjestelmä tuottaa noin puolet kaupan tarvitsemasta energiasta. Päivittäistavarakaupan energiankulutus on suurimmillaan aurinkoisina kesäpäivinä, jolloin aurinkoenergian tuotanto on myös suurimmillaan. Aurinkopaneelit sopivat kauppaan hyvin, koska energiaa ei tarvitse varastoida vaan se voidaan hyödyntää heti. Tuiran kaupan energiatasetta ei yritetty etukäteen mallintaa vaan päätettiin mitata vasta toteutunut energiankulutus. VTT:n mukaan toteutunut energiatase on ollut positiivinen yllätys. Aurinkoisina kesäpäivinä kylmälaitteet toimivat käytännössä kokonaan aurinkovoimalla. Lisäksi kylmälaitteiden energiatehokkuutta on parannettu varastoimalla niiden tuottama lauhdelämpö. Kauppa kuluttaa energiaa alle puolet verrokkikaupan energiankulutuksesta. Referenssi-kauppa kuluttaa energiaa noin 600kWh/m<sup>2</sup>/vuosi, kun uusi Tuiran S-marketin kulutus vain noin 240 kWh/m<sup>2</sup>/vuosi. Kaupan sähkölaskussa se tarkoittaa noin 180 000 euron vuotuisia säästöjä.

Säätövoiman mittaaminen ja tutkiminen ovat vielä kesken. VTT:n asiantuntija kuitenkin toteaa, että alustavien tulosten perusteella energiatehokkaista järjestelmistä löytyy säätövoimakapasiteettia. Säätövoiman tutkiminen molemmissa kohteissa on kuitenkin vielä kesken ja tulokset tarkentuvat vuoden 2017 aikana. Pilotissa tuotettiin uutta tietoa sovellus- ja teknologiapuolelle. Samalla yhteistyössä kartoitettiin mahdollisuuksia kaupallisten rakennusten ja laitteiden kehittämiselle. VTT:n asiantuntijan mukaan yhteistyö oli onnistunutta ja uusia ideoita vaihdettiin hankkeen sisällä ahkerasti. Pilotin aikana esille nousi ideoita kaupan laitteistojen kehittämiseksi. VTT:n henkilö uskoo, että kylmäketjun laitteiden säätövoimakapasiteettia voitaisiin kehittää nykyistä paremmaksi.

Jetitek on kehittänyt kylmälaitteitaan Tuiran S-markettiin. Arinan asiantuntijan mukaan kylmälaitteiden osuus kaupan energiankulutuksesta on noin 60-70 %. Kylmälaitteita tehostamalla energiankulutus voidaan puolittaa. Kylmälaitteet ovat elintarvikekaupan toiminnan kannalta välttämättömät ja niiden rikkoutuminen aiheuttaa kaupalle huomattavia kustannuksia, joten energiansäästö ei saa tapahtua laitteiden toiminnan kustannuksella. Automaatiojärjestelmän avulla energiankulutusta voidaan säätää. Kylmälaite valmistaja Jetitek on optimoinut kylmälaitteita niin että ne olisivat energiatehokkaita ja maalämpöpumppuun yhdistettynä toimisivat myös energiavarastoina. Uudet kylmälaitteet ovat hiilidioksidikylmälaitteita, jotka kierrättävät lauhdelämpöä maalämpöjärjestelmän kautta. Kylmälaitteet voidaan kytkeä irti energiajärjestelmästä noin puoleksi tunniksi kolmen minuutin vasteajalla ilman, että laitteiden toiminta häiriintyy. Myös kylmälaitteiden valaistusta voidaan säädellä.

Hankkeen aikana Rejlers on onnistunut kartoittamaan eri toimijoiden vaatimuksia ja kehittämään palveluaan niiden pohjalta. Virpa-B -hankeen sovelluskohteet on koettu mielenkiintoisiksi ja niistä on saatu hyvää kokemusta. Logistiikkakeskuksen poisjääminen muutti kysyntäjoukon tarkastelua. Rejlersin asiantuntijan mukaan tutkimuskohteen vaihtuminen kuitenkin avasi mahdollisuuksia laajemman aggregoinnin tarkastelulle. Tuiran energiaratkaisut mahdollistavat monien eri näkökulmien huomioimisen, kuten vaihtelevan oman energiatuotannon ja energiatehokkuuden. Palvelualustan kehittäminen vaatii laajan kokonaisuuden hallitsemista, mikä koettiin haasteelliseksi, mutta samalla hankkeesta on opittu paljon. Rejlersin asiantuntijan mukaan palvelukonseptin kehittäminen on vielä kesken, mutta sillä arvioidaan olevan merkittävää kaupallista potentiaalia tulevaisuudessa.

### 3.3 Oppiminen vuorovaikutuksessa

Päivittäistavarakaupan energiatehokkuus muodostuu eri järjestelmien tehokkaasta yhteiskäytöstä, ja suunnitteluvaiheessa vaaditaan eri toimijoiden yhteistyötä (Motiva 2012). Monissa haastatteluissa nousikin esille yhteistyön ja vuorovaikutuksen rooli Tuiran S-marketin hankkeen onnistumisessa. Vaikka monille rakennushankkeessa mukana oleville yrityksille yhteistyö oli tuttua, vastaava rakennustapa ei ole yleisesti käytössä S-Ryhmässä. VTT:n haastateltava totesi, että rakennusvaiheessa avainkumppanit tekivät tiiviisti yhteistyötä. Järjestelmien yhteensovittaminen vaati aktiivista tiedonvaihtoa. Hankkeen aikana VTT, Arina ja muut toimijat

tutkivat energiantehokkuuden lisäämisen mahdollisuuksia päivittäistavarakaupassa. Yhteistyökumppaneille annettiin tilaa kokeilulle rakennusvaiheen aikana. Yhteistyössä kehittyi uusia ideoita ja niiden myötä kehitettiin alkuperäisiä suunnitelmia. Hankkeen aikana toimijoiden kesken nousi myös innovaatioita ja ajatuksia jatkokehittelylle.

Arinan henkilön mukaan hankkeen onnistumisen taustalla on ollut yhteinen kehittämisprosessi. Pilotissa hyödynnettiin aiemmista Arinan rakennushankkeista saadut kokemukset, joiden perusteella suunnitelmia kehitettiin. Arina asetti kaupan energiankulutukselle tavoitteen ja hanke eteni sen mukaisesti. Rakennushankkeissa mietitään energiatehokkuutta kokonaisvaltaisesti, minkä vuoksi eri toimijoiden on tehtävä yhteistyötä. Energiakeskuksen tekniset vaatimukset haastavat yhteistyökumppaneita katsomaan asioita uudella tavalla. Arinassa rakennushankkeisiin suhtaudutaan kehitysprosessina, jossa tarkoituksena on oppia kokeiluista. Esimerkiksi Tuiran kaupan rakennustyöt aloitettiin nopealla aikataululla pian ensimmäisten taapamisten jälkeen. Arinan henkilön mukaan rakennusprojektit ovat kokeilujen myötä kehittyneet, suunnitteluvaihe on nopeutunut ja asetetut tavoitteet saavutetaan entistä tarkemmin. Kokeilujen myötä kaupan energiankulutuksesta on saatu uutta tietoa, jota on hyödynnetty seuraavien kohteiden suunnittelussa. Kokeiluista saatujen hyvien tulosten myötä, organisaatiosta löytyy halukkuutta investoida uuteen teknologiaan. Vaikka esimerkiksi aurinkopaneeleiden takaisinmaksuaika on pitkä, päivittäistavarakauppojen kehittäminen uuden teknologian mukana koetaan tärkeäksi.

Rejlersin mukaan virtuaalisen palvelukonseptin kehittäminen on vaatinut aktiivista yhteistyötä niin Rejlersin sisäisesti eri asiantuntijoiden kesken kuin projektin toimijoiden kanssa. Haastattelun henkilön mukaan tämän tyyppisessä hankkeessa, jossa kehitetään uutta, on tarvittu myös muiden toimijoiden osaamista. Hankkeen yhteistyökumppaneilta on saatu tarvittavaa asiantuntemusta. Kehitteillä olevan palvelukonseptin on vastattava eri toimijoiden intresseihin ja teknisiin vaatimuksiin. Uuden palvelun kehitystyö vaatii myös joustavuutta. Suunnitelmia muutetaan tarpeen mukaan, kun tieto ja osaaminen lisääntyvät. Rejlersin asiantuntija toteaa, että hankkeessa on erityisesti opittu kokonaisuuden hallintaa ja jo olemassa olevien teknologioiden ja sovelluksien yhteensovittamista.

Kokeilu onkin onnistunut tuottamaan sen yhteistyökumppaneille uutta tietoa, josta on hyötyä yritysten oman liiketoiminnan kehittämiseen. Kokeilun myötä uusia ideoita on päästy testaamaan käytännössä. Teknologian kehittäminen ja soveltaminen päivittäistavarakauppaan vaati rakentajilta tiivistä yhteistyötä. Osallistujat kokivat, että yhteistyö oli onnistunutta, yhteistyökumppanit motivoituneita, eikä kommunikoinnin suhteen ollut ongelmia.

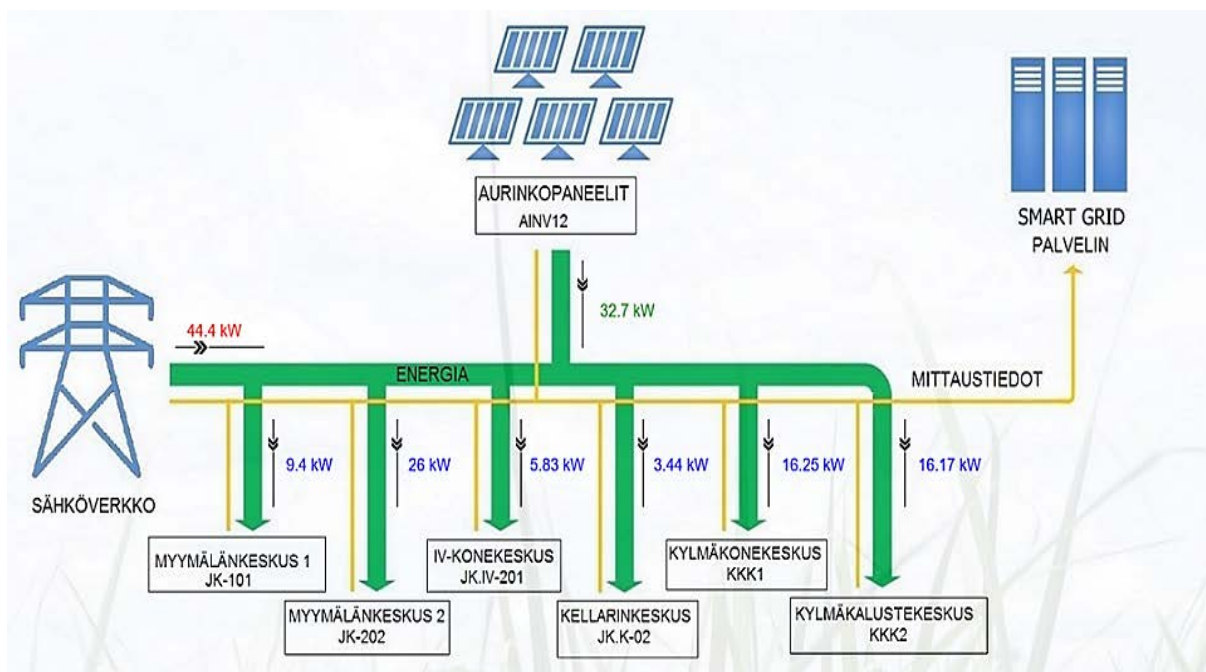


## 4. Oppimisen siirtäminen

### 4.1 Viestintä ja dokumentointi

Virpa-B -hankkeessa sisäinen viestintä keskittyi avaintoimijoiden välille. Rakennusprojektin toteutuksen kannalta keskeisimmät yhteistyökumppanit olivat tiiviissä vuorovaikutuksessa puhelimitse, sähköposteilla ja tapaamissa. Haastateltavien mukaan yhteydenpito yhteistyökumppaneiden kesken sujui hyvin. Toisaalta toivottiin myös aktiivisempaa viestintää muiden hankkeen toimijoiden kanssa. Hankkeen etenemisestä ja tuloksista viestitään kaikille yhteistyökumppaneille johtoryhmän kokouksissa, joita järjestetään säännöllisesti.

VTT on julkaissut hankkeesta muutamia lehdistötiedotteita verkkosivuillaan (VTT 2016, VTT 2017). VTT on arvioinut Tuuran S-marketin maailman energiapihimmäksi kaupaksi. VTT:n verkkosivuilla voi seurata marketin energiankulutusta ja aurinkopaneelin energiantuotantoa reaaliajassa. Verkkosivulta löytyy myös tietoa vuorokauden sisäisestä seurannasta ja kylmätilojen toiminnasta. Myös Tuuran S-marketiin on suunnitteilla näyttö, josta asiakkaat voivat seurata energiankulutusta reaaliajassa.



Kuva 1. VTT:n reaaliaikainen seuranta verkossa näyttää kaupan aurinkoenergian tuotannon, sähköverkosta otettavan tehon sekä eri järjestelmien sähkönkulutuksen. Lähde: <http://smartgrid.vtt.fi/s-market/tuira/>

VTT:ltä haastatellun henkilön mukaan kiinnostus kysyntäjousto- ja säätövoimaan on kausiluonteista. Suurimmat kysyntäpiikit ajoittuvat talven pakkasaamuille, jolloin energiantuotannon riittävyys puhuttaa enemmän. VTT:n henkilö on kokenut, että aihe on poliitikoille vaikea, eikä se ole herättänyt laajaa kiinnostusta asiantuntijaryhmien ulkopuolella. Mallinnukset ja niiden kuvaukset on dokumentoitu ja tietoa vaihdetaan VTT:n sisällä muiden kysyntäjoustoprojektien kesken. VTT:n mittauksen päättyessä kokeilusta tehdään raportti, jonka julkaisusta päättää johtoryhmä. Virtuaalisen palveluympäristön tiimoilta on valmistumassa diplomityö Oulun yliopistosta. Virtuaalinen palveluympäristö -kokeilu on herättänyt kiinnostusta ulkomaita myöten. Taiwanilaisen taloustutkimuslaitoksen henkilökunta vieraili keväällä 2017 tutustumassa Tuiran kysyntäjoustoprojektiin.

VTT ja Arina ovat antaneet myös yhteishaastatteluja muun muassa Oulun seudun paikallislehdille ja hanketta on seurattu muutamassa artikkelissa sanomalehti Kalevassa (Klemetilä 23.2.2016; Mikkola 26.4.2017). Energiatieteiden ja säätövoima ovat herättäneet kiinnostusta myös paikallisissa poliitikoissa. Toisaalta viestinnästä huolimatta uuteen rakennustapaan ja investointien kannattavuuteen on suhtauduttu myös joissain sidosryhmissä varauksella. Arinassa kuitenkin rakennushankkeista saadut opit hyödynnetään uusien liiketoimintojen suunnittelussa.

S-Voima sekä S-Ryhmä seuraavat hankkeen etenemistä ja odottavat siitä saatavia tuloksia. Virpa-B -hankkeessa viestintä vastuu on ollut Osuuskauppa Arinalla. Aiemmistä kokeiluista saaduista kokemuksista S-Voiman edustaja viestii alan tapahtumissa. Kysyntäjoustoprojektista tiedotetaan sidosryhmille muun muassa S-Ryhmän vuotuisessa vastuullisuusraportissa (S-Ryhmä, Vuosikatsaus 2015).

Rejlers on viestinyt hankkeesta nettisivuillaan. Teollisen internetin mahdollisuuksista ja RIoT-hankkeen etenemisestä on viestitty aktiivisesti asiakastapaamisten, tapahtumien ja seminaarien yhteydessä. Rejlers näkee palvelukonseptilla kansainvälistä potentiaalia, joten yrityksessä seurataan tarkasti myös muiden pohjoismaiden säätö- ja reservimarkkinoiden kehitystä.

## 4.2 Hankkeen jatko ja skaalaaminen laajemmalle

Virtuaalinen palveluympäristö -hanke jatkuu ainakin vuoden 2017 loppuun. VTT:llä ja Arinalla on kiinnostusta jatkaa energiantuotuksen seuraamista pidempäänkin. Hankkeen pohjalta kartoitetaan, voidaanko Tuiran S-marketissa sovellettua teknologiaa siirtää vanhemman rakennuskannan S-marketteihin. Tarkoituksena on löytää uusia liikekiinteistöjä, joihin teknologiaa voitaisiin soveltaa. Kynnyskysymykseksi VTT:n mukaan nousee kauppojen elinkaari. Vanhoihin kauppoihin ei välttämättä ole kannattavaa investoida uutta teknologiaa. Tuiran S-marketissa käytössä oleva järjestelmä olisi kuitenkin siirrettävissä myös muihin kohteisiin. VTT selvittää voitaisiinko samaa teknologiaa soveltaa myös muissa kiinteistöryhmissä kuin päivittäistavarakaupoissa.

S-markettien energiankulutuksen mittaaminen on vielä kesken, mutta VTT:n ja Arinan haastateltavat ovat vakuuttuneita energiatehokkuuden ja oman energijärjestelmän tuomista säästöistä. Arinan haastateltava toteaa, että kokeilu tulee todennäköisesti vaikuttamaan ainakin uusien kauppojen rakentamiseen. Arinan henkilön mukaan päivittäistavarakaupan energiatehokkuutta voidaan parantaa edelleen. Arinan kiinteistösuunnittelussa uusia teknologioita ja niiden kehitystä seurataan aktiivisesti. Myös organisaation johdossa ollaan vakuuttuneita, että uusiin teknologioihin investoiminen maksaa itsensä takaisin energiatehokkuuden tuomien säästöjen myötä. Uutena teknologiana älykkäät faasimuutosvaraajat voivat olla seuraava edistys kaupan energiatehokkuuden lisäämisessä ja sähkönkulutuksen vähentämisessä. Tuiraan faasimuutosvaraajaa suunniteltiin, mutta suunnitelma jäi toteutumatta. VTT arvioi, että Tuirassa käytetyllä teknologialla koko S-Ryhmän vuotuinen energiankulutus voitaisiin laskea 1,1 TWh:sta 0,7 TWh: tiin.

Tuiran S-marketin teknologiaa voidaan jossain määrin hyödyntämään myös uudessa päivittäistavaran logistiikkakeskuksessa, vaikka se tämän kokeilun ulkopuolelle jäikin. S-voiman edustaja ei täysin sulje pois vaihtoehtoa, että Tuiran S-marketissa käytössä olevaa teknologiaa voitaisiin siirtää myös Sipoon logistiikkakeskukseen. Kysyntäjoustojärjestelmä voidaan asentaa jo olemassa olevaan rakennuskantaan. S-Voiman edustaja kuitenkin totesi, että paras säätötehokapasiteetti saadaan, kun suunnitellaan kysyntäjoustojärjestelmä rakennusvaiheessa niin että se yhdistää ilmanvaihdon, valaistuksen ja kylmälaitteet. Kun investointien kannattavuus on epävarmaa, ei rakennuttaja välttämättä ole valmis optimoimaan laitteita yhteensopivaksi ja rakentamaan tarvittavaa mittarointia. Kannustimia ja selkeitä markkinasääntöjä tarvitaan kysyntäjouston edistämiseksi.

S-Ryhmän suuri ja monipuolinen rakennuskanta uudistuu hitaasti. Uusia marketteja ei rakenneta joka vuosi, joten kauppojen energiatehokkuus- ja kysyntäjoustojärjestelmät eivät yleisty hetkessä. Toisaalta koska kauppojen elinkaari on pitkä, rakennusten energiatehokkuuteen tulisi kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa. Arinan Osuuskaupassa kokeillut teknologiat eivät välttämättä yleisty S-Ryhmän sisällä, jos toiminta- ja rakennuskäytäntöjä ei haluta muuttaa laajalti. Tuiran kohteessa energiatehokkuus on nostettu rakentamisen lähtökohdaksi. Uusi rakennustapa vaatii erilaisia toimintatapoja. Onnistuneet kokeilut voivat auttaa madaltamaan uusien toimintatapojen omaksumiseen liittyviä esteitä.

Kysyntäjoustopalvelua tarjoavia yrityksiä on toistaiseksi vähän ja kantaverkkoyhtiön ylläpitämät markkinapaikat ovat uudistusten keskellä. Toimialan kehittyessä markkinoita ylläpitävä kantaverkkoyhtiö ei ole vielä valmis tekemään lopullisia päätöksiä markkinoiden tulevista ehdoista. Haasteena kysyntäjouston yleistymiselle on myös epävarmuus ansaintamahdollisuuksista. S-ryhmän edellisissä kokeiluissa ongelmaksi on osoittautunut epävarmuus markkinoille pääsemisestä ja markkinoiden murroksesta. Suurin ansaintapotentialiaali on kantaverkkoyhtiöiden reservimarkkinoilla. Markkinoille pääsystä ei kuitenkaan ole täyttä varmuutta.

Rejlersin asiantuntija totesi, että Virpa-B -hankkeesta saadut ideat ovat vieneet palvelukonseptin kehittämistä eteenpäin. Myös Rejlersin rinnakkainen RIoT-hanke on vielä kesken, mutta tavoitteena on, että Tuirasta saatujen oppien myötä voidaan kehittää jo markkinoille

valmis tuote. Myös Rejlersissä seurataan kotimaisten reservimarkkinoiden pelisääntöjen kehitystä, mutta palvelukonseptia kehitetään myös kansainvälisiä markkinoita ajatellen.

Fingrid teetti vuonna 2016 kyselyn, jossa se kartoitti sidosryhmien mielipiteitä reservimarkkinoiden kehityksestä (Fingrid 2016). Lisäksi kantaverkkoyhtiö on mukana erilaisissa pilottihankkeissa, joissa kartoitetaan kysyntäjoustopuoleen mahdollisuuksia pienissä ja keskisuurissa yrityksissä teollisuuden ja kaupanalla. Fingrid pitää kysyntäjoustopuoleen kehittämisen keskeisenä osana. Sähkösäätöjen säännöt ovat muuttumassa. Euroopan Unionin tavoitteena on aikaansaada Euroopan sähkön sisämarkkinat. Euroopan Unionin sähkösäätöjä koskeva lainsäädäntö ohjaa myös Suomen sähkösäätöjen kehitystä. Integraatiota Euroopassa syvennetään yhtenäistämällä markkinapaikkoja ja niiden sääntöjä. Uudistusten myötä reservimarkkinat kasvavat. Kehitystyö on vielä käynnissä. Nyt selvitetään reservien teknisiä vaatimuksia, ansaintamahdollisuuksia ja sitä, miten niitä tulisi uudistaa. (Fingrid 2017)

Kokeiluihin osallistuvat yritykset joutuvat sietämään markkinoiden kehitykseen liittyvää epävarmuutta, mutta toisaalta saavat samalla arvokasta tietoa alan kehityksestä. Integraation myötä palveluntuottajille aukeaa myös laajemmat markkinat. Markkinapaikkoja kehittävä Fingrid seuraa haastattelujen mukaan aktiivisesti kokeilun etenemistä ja kokeilujen kautta on mahdollista päästä tuomaan omaa näkökulmaa sähkösäätöjen kehitykseen. Toisaalta myös epäiltiin, kuinka paljon kantaverkkoyhtiö todellisuudessa kuuntelee käyttäjien näkemyksiä muuntaessaan markkinapaikkojen sääntöjä. Uusien Euroopan Unionin yhteisten markkinasääntöjen odotetaan tulevan voimaan 2020-luvun aikana.

Kaikki haastateltavat näkivät kysyntäjoustopuoleen osana tulevaisuuden energiasäätöjärjestelmää ja kokivat tärkeäksi päästä edistämään sen kehitystä sähkösäätöillä. Toimijat pitivät ansaintamahdollisuuksia tärkeänä vaikuttimena, mutta monet haastateltavat totesivat myös ympäristönäkökulman olevan tärkeä ajuri kysyntäjoustopuoleen kehittämisessä. Uusiutuviin energianlähteisiin asteittain siirtyvät sähkön käyttäjät ja tuottajat saattavat tuntea myös vastuuta energiataaseen tasapainottamisesta. Energiatasehokkuus ja kysyntäjoustopuoleen nähdään keinona vähentää päivittäistavarakauppojen hiilijalanjälkeä.

## 5. Yhteenveto

Virtuaalinen palveluympäristö -kokeilussa haastatteluista on noussut esiin seuraavanlaisia havaintoja:

- Tuuraan suunniteltu aurinkoenergiaan ja maalämpöön perustuva energiasäätöjärjestelmä toimii hyvin. Parhaimmillaan aurinkoenergialla voidaan tuottaa noin puolet kaupan energiantarpeesta. Kaupan energiankulutus on noin 40% referenssikaupan energiankulutuksesta. Haastateltavat uskovat, että energiataasehokkuutta voidaan vielä kehittää

tulevissa rakennushankkeissa. Energiatehokkuus ja säätövoima huomioitiin rakennusvaiheessa. Suunnittelun lähtökohtana oli energiakeskus ja muut komponentit rakennettiin siihen yhteensopiviksi.

- Kysyntäjoustoa on tutkittu mm. asuinkiinteistöissä ja teollisuudessa. Tuirassa kysyntäjoustoa tutkitaan ensimmäisen kerran päivittäistavarakaupassa niin, että tutkimuksessa otetaan mukaan myös kaupan kylmälaitteet. Energiatehokkuudesta huolimatta, kylmälaitteissa vaikuttaa mittausten perusteella olevan kysyntäjoustopotentiaalia.
- Rakennusvaiheessa Arina antoi yhteistyökumppaneille tilaa kehittää ja kokeilla uusia ratkaisuja. Hankkeen aikana saatiin uutta tietoa energiankulutuksesta ja säätövoimasta päivittäistavarakaupassa. Energiatehokkuudesta huolimatta laitteissa on säätövoimaa. Mittausten perusteella luodaan säätömalleja, jotka mahdollistavat automaattisen ohjauksen ja energiankulutuksen optimoinnin.
- Kokeilun aika tehtiin uusia innovaatioita sovellus- ja laitepuolelle. Haastateltavat uskoivat, että hankkeen myötä syntyneet uudet innovaatiot hyödynnetään tulevissa rakennushankkeissa. Myös mukana olleet yritykset ovat keksineet uusia innovaatioita liiketoimintansa kehittämiseen.
- Haasteena kysyntäjouston yleistymiselle pidettiin muuttuvia markkinoita. Euroopan sähkömarkkinat integroituvat 2020-luvulla ja nykyiset markkinasäännöt ovat muuttumassa. Markkinoille pääsy koettiin myös epävarmaksi. Teknologia ei takaa kysyntäjouston yleistymistä. Investointien on oltava kannattavia ja takaisinmakuuajojen riittävän lyhyitä. Epävarmojen investointien suhteen ollaan varovaisia. Vaikka teknologiaa voidaan hyödyntää myös vanhoissa rakennuksissa, parhaat hyödyt saadaan, kun kysyntäjoustopotentialia integroidaan rakennusvaiheessa. Investointien kannattavuuden epävarmuus hidastaa teknologian yleistymistä uudisrakennuksissa.
- Kysyntäjouston ympärille rakentuvien liiketoimintamahdollisuuksien potentiaali arvioidaan suureksi. Teknologian vaatimusten ja kuluttajien sekä markkinoiden intressien yhteensovittaminen vaatii laajojen kokonaisuuksien hallintaa ja yhteistyötä eri tahojen kanssa. Erilaisten vaatimusten yhteensovittaminen on edellytys liiketoiminnan kehittymiselle ja investointien kannattavuudelle.

## Lähteet

Ahonen ja Honkapuro (2017). Energiamurroksen ennakoitua vaikutukset 2030: Kysynnänjoustojärjestelmät. Smart Energy Transition -hanke. Saatavissa: Energiamurroksen ennakoitua vaikutukset 2030: Kysynnänjoustojärjestelmät

Airaksinen M., Heiskanen E., Hilden M., Kivimaa P., Laitila P., Auvinen K. ja Honkapuro S. (2017). Policy Brief: Rakennusten kysyntäjousto ja energiatehokkuus luovat perustan puhtaalle energijärjestelmälle

Energiateollisuus ry (2007). Sähkön kysyntäjousto suurten loppuasiakasryhmien kannalta. Verkossa: [http://188.117.57.25/sites/default/files/kysyntajoustoraportti\\_et.pdf](http://188.117.57.25/sites/default/files/kysyntajoustoraportti_et.pdf)

Fingrid (2016) Sähkömarkkinat korjauksen tarpeessa – mitä voimme tehdä? Palaute & johtopäätökset. Verkossa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/markkinaliitteet/Kehityshankkeet/FINGRID-Sahkomarkkinat-tulevaisuus-johtopaatokset-11116-WEB.pdf>

Fingrid (2017). Johtokatu – tiekartta vihreään sähköjärjestelmään. Verkossa: <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/markkinaliitteet/Kehityshankkeet/FINGRID-Tiekartta-vihreaan-sahkojarjestelmaan-2017-WEB.pdf>

Järventausta, P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., Belonogova, N. (2015). Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkko-yhtiöille (DR pooli): Loppuraportti. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

M. B. Kjærsgaard et al. (2016). "Demand response in commercial buildings with an Assessable impact on occupant comfort," IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm), Sydney, NSW, 2016, pp. 447-452. doi: 10.1109/SmartGridComm.2016.7778802

Motiva (2012). Kaupan kylmälaitteiden ja -järjestelmien lauhdelämmön talteenotto – Laskentaohje. Verkossa: [https://www.motiva.fi/files/7973/Kauppan\\_kylmalaitteiden\\_ja\\_jarjestelmien\\_lauhdellammon\\_talteenotto\\_Laskentaohje.pdf](https://www.motiva.fi/files/7973/Kauppan_kylmalaitteiden_ja_jarjestelmien_lauhdellammon_talteenotto_Laskentaohje.pdf)

O'Connell, N., Pinson P., Madsen H., O'Malley M., Benefits and challenges of electrical demand response: A critical review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 39, 2014, Pages 686-699, ISSN 1364-0321, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.098>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114005504>)

Keywords: Demand response; Real-time pricing; Economic efficiency; Electricity markets; Direct load control; Indirect load control

Pöyry (2015). ENERGIATEOLLISUUS RY, FINGRID OYJ, METSÄTEOLLISUUS RY, SUOMEN ELFI OY JA TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ Suomen sähkötehon riittävyys ja kapasiteettirakenteen kehitys vuoteen 2030

Rejlers Oy (2016). RIoT-hanke: Digitalisaatio palveluliiketoiminnan uudistajana. Verkossa: <http://www.rejlers.fi/Ajankohtaista/RIoT-hanke-Digitalisaatio-palveluliiketoiminnan-uudistajana/>

S-Ryhmä, Vuosikatsaus 2015.

Sähköntutkimuspooli (2015). Sähkömarkkina- ja verkkovisio 2035 & Roadmap 2025 loppuraportti. Verkossa: [https://energia.fi/files/786/Roadmap\\_2025\\_loppuraportti.pdf](https://energia.fi/files/786/Roadmap_2025_loppuraportti.pdf)

Valtioneuvosto (2015). Ratkaisujen Suomi. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma. Verkossa: <http://valtioneuvosto.fi/sipilan-hallitus/hallitusohjelma>.

VTT (2016). Uusi menetelmä auttaa tasapainottamaan sähkön tuotantoa ja kulutusta. Verkossa: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/uusi-menetelm%C3%A4-auttaa-tasapainottamaan-s%C3%A4hk%C3%B6n-tuotantoa-ja-kulutusta>

VTT (2017). Maailman energiapihein market löytyy Suomesta - ottaa puolet energiastaan auringosta. Verkossa: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/maailman-energiapihein-market-%C3%B6ytyy-suomesta-ottaa-puolet-energiastaan-auringosta>

