



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Niklas Tiihonen

Kysynnän jouston mahdollisuudet omakotitalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

20.5.2020

Tekijä Otsikko	Niklas Tiihonen Kysynnän jouston mahdollisuudet omakotitalossa
Sivumäärä Aika	39 sivua + 0 liitettä 20.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinööriyössä tutkittiin kysynnän jouston tarjoamia mahdollisuuksia omakotitalossa. Kysynnän joustolla tarkoitetaan sähkön käytön maksimoimista sille ajankohdalle, kun sähkö on edullisempaa, jolloin vältetään sähkön ostamista tehoaipeujen aikaan. Tätä menetelmää on käytetty jo pitkään teollisuudessa kuormien ohjaamisessa ja se on pikkuhiljaa yleistymässä yksittäisten kuluttajien keskuudessa.</p> <p>Tavoitteena oli vertailla kahta erilaista kodin automaatiojärjestelmää, joilla pystytään ohjaamaan sekä seuraamaan sähkönkulutusta. Ensimmäinen järjestelmä liitetään fyysisesti rakennuksen sähköverkkoon ja toinen perustuu avoimiin rajapintoihin sekä langattomuuteen. Työssä on käsitelty kysynnän joustoon liittyvää lainsäädäntöä, järjestelmien toteutusta sekä tulevaisuuden mahdollisuuksia.</p> <p>Tuloksista ilmeni, että olemassa olevat järjestelmät mahdollistavat sähkönkulutuksen seurannan sekä hallinnan, mutta yhtä kokonaisvaltaista järjestelmää kysynnän jouston toteutukseen ei löydy vielä markkinoilta. Nykyiset järjestelmät eivät toteuta täysin kysynnän joustoa, koska ne eivät vielä pysty kommunikoimaan sähköverkon kanssa. Sähköyhtiön on vielä toistaiseksi vaikea ohjata tai pudottaa yksittäisen asunnon kuormia älykkäästi. Lisäksi, järjestelmien nykyiset kustannukset ovat korkeat suhteessa saavutettaviin hyötyihin, joten ne eivät ole vielä taloudellisesti kannattavia.</p> <p>Vaikka nykyiset järjestelmät ja lainsäädäntö eivät mahdollistakaan vielä kysynnän jouston täysivaltaista hyödyntämistä, markkinoilla otetaan suuria harppauksia oikeaan suuntaan. Nykyiset pilottihankkeet, kuten virtuaaliakku ja sähköauton kaksisuuntainen lataus, tulevat olemaan merkittävässä roolissa kysynnän jouston toteutuksessa tulevaisuudessa. Sähköyhtiöiltä vaaditaan kuitenkin vielä kehitystyötä ja ratkaisuja, jotta kysynnän joustoa voitaisiin hyödyntää valtakunnallisella tasolla. Työ auttaa hahmottamaan kysynnän jouston tämänhetkisen tilanteen ja kehityksen suunnan, mutta myös näyttää kehityskohteet toimivan järjestelmän saavuttamiseksi.</p>	
Avainsanat	kysynnän jousto, älykoti, älykkäät ratkaisut, tulevaisuus

Author Title	Niklas Tiihonen Possibilities of Demand Response in a Detached House
Number of Pages Date	39 pages 20 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>This work concerns possibilities of demand response in a detached house. Demand response means maximizing the usage of electricity to the time period when electricity is cheaper, so the purchasing of electricity in power peaks can be avoided. This method has already been used for a long time in manufacturing to steer the loads and it is gradually becoming more common among individual consumers.</p> <p>The objective was to compare two different home automation systems, which make it possible to steer and monitor electricity consumption. The first system is physically joined to the building's power grid and the second system is wireless and based on open interfaces. This work addresses the demand response's legislation, implementation of the systems and the possibilities in the future.</p> <p>Results showed that the current systems enable monitoring and management of electricity consumption, but there is still no comprehensive system for implementing demand response in the market. The current systems do not fulfill demand response, because they cannot communicate with the power grid. It is still hard for the electricity companies to smartly steer or drop the loads of an individual house. In addition, the costs of the current systems are high in respect to the benefits, so the systems are not yet financially lucrative.</p> <p>Even though the current systems and legislation do not enable comprehensive utilization of demand response, the market is making great leaps towards the right direction. Current pilot projects, like virtual battery and two-way electric car charging, will have a major role in the implementation of demand response in the future. However, a lot of development and solutions are required from electricity companies for the utilization of demand response on national level. This work helps to understand the current situation and the direction of the development of demand response, as well as shows the development needs to achieve a functioning system.</p>	
Keywords	demand response, smart home, smart solutions, future

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kysyntäjousto	2
2.1	Sähkömarkkinat Suomessa	2
2.2	Kuluttajan rooli	5
2.3	Kotitalouksien potentiaali	7
2.4	Kuluttajan mukavuus	8
3	Päätökset ja tulevaisuus	9
3.1	Tulevaisuuden sähköjärjestelmä	9
3.2	Lainsäädäntö	10
3.3	Visio 2030	10
3.4	Tehopohjainen hinnoittelu	11
3.5	Kuluttajat mukaan	12
4	Älykäs koti	12
4.1	DigitalSTROM	12
4.1.1	Järjestelmä	13
4.1.2	Järjestelmien ohjaus	19
4.2	Futurehome	21
4.3	Järjestelmien vertailu	27
4.4	Kustannusarviot	29
5	Omakotitalon mahdollisuudet	30
5.1	Aurinkopaneelit ja akusto	30
5.2	Virtuaaliakku	31
5.3	Sähköauton kaksisuuntainen lataus	32

6	Pohdintaa	32
7	Yhteenveto	34
	Lähteet	37

Lyhenteet

FFR	<i>Fast Frequency Reserve</i> . Nopea taajuusreservi.
FCR-D	<i>Frequency Containment Reserve for Disturbances</i> . Taajuusohjattu häiriöreservi.
FCR-N	<i>Frequency Containment Reserve for Normal operation</i> . Taajuusohjattu käyttöreservi.
aFRR	<i>Automatic frequency restoration reserve</i> . Automaattinen taajuudenhallintareservi.
IoT	<i>Internet of Things</i> . Esineiden internet.

1 Johdanto

Työn tarkoituksena on tutkia kysynnän jouston tarjoamia mahdollisuuksia omakotitalossa; toisin sanoen maksimoida sähkön käyttö sille ajankohdalle, kun sähkö on edullisempaa eli välttää sähkön ostamista tehuippujen aikaan. Kysynnän jousto on vanha keksintö, jota on käytetty aikaisemmin lähinnä isojen kuormien ohjauksessa teollisuudessa.

Sähköverkkoon lisätään jatkuvasti uusiutuvaa energiaa, kuten aurinko- ja tuulienergiaa. Tämä asettaa haasteita sähköverkon taajuuden pitämisessä normaalina. Jatkuvasti tiukentuvat säädökset ja valtion ilmastotavoitteet siirtävät painetta enemmän myös yksityisille kuluttajille. Sähköverkko muuttuu kovaa vauhtia, ja kotitalouksien älykkäät ratkaisut tulevat olemaan tärkeässä roolissa tulevaisuudessa. Tarjolla on paljon erilaisia ratkaisuja kysynnän jouston toteuttamiseksi, mutta onko järjestelmistä saatu hyöty järkevää taloudellisesta näkökulmasta? Saati onko vielä olemassa yhtä kokonaisvaltaista toimivaa järjestelmää? Älykkäässä omakotitalossa olisi tuuli- ja aurinkovoimala, akusto, kaksisuuntainen sähköauton lataus, älykäs ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä, valaistuksen ohjaus yms. Toteutusmalleja on monia, mutta mikä on kustannustehokas ratkaisu omakotitaloon?

Tässä työssä tutkin kysynnän jouston tuomia mahdollisuuksia omakotitalossa. Vertailen ammattilaisen sekä Matti Meikäläisen asentamia järjestelmiä. Lisäksi kerron yksittäisen kuluttajan tulevaisuudesta niin energian tuottajana kuin varastoijana.

Kysynnän jousto on iso kokonaisuus, joten päätin keskittyä työssäni pelkästään kysyntäjoustooneen yksittäisen kuluttajan näkökulmasta.

2 Kysyntäjousto

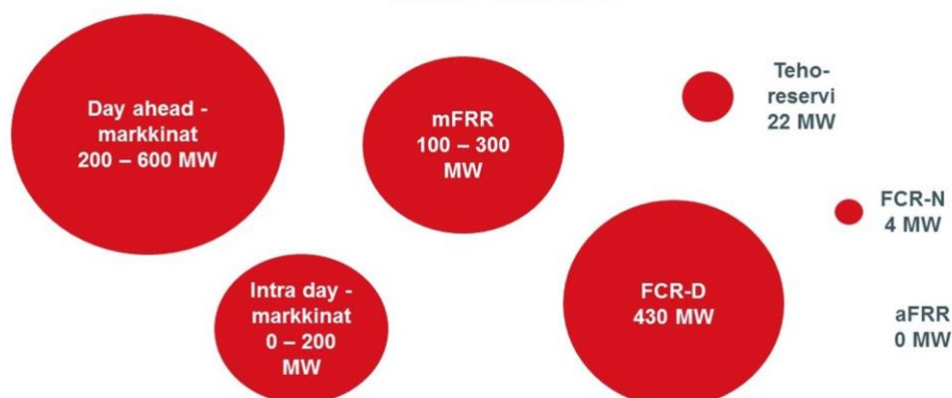
Kysyntäjoustolla pyritään siirtämään sähkönkäyttöä halvemmille tunneille eli välttämään sähkön ostoa korkean kulutuksen aikaan, jolloin sähkö on kalliimpaa. Kuluttaja on siis valmis joustamaan oman sähkönkulutuksen osalta. Lisäksi on otettava huomioon sähköverkon tehotasapainon hallinta. Sähkön tuotannon ja kulutuksen täytyy olla tasapainossa (50,0 Hz) koko ajan. Sähköverkkoon liitetään jatkuvasti uutta joustamatonta tuotantoa, esim. uusiutuvaa energiaa, kuten sähkö- ja tuulivoimaa sekä ydinvoimaa. Kysyntäjouston lisääminen on yksi tapa, jolla pystytään turvaamaan nykyisen markkinamallin säilyminen jatkossakin. [1.]

Suomen tehotasapainon ylläpidossa on käytetty suurteollisuuden kuormia reserveinä jo pitkään, mutta uusi ja kasvava trendi sähkömarkkinoilla ovat aggregaattorit. Nämä yritykset kokoavat pienkulutuksen ja -tuotannon isommaksi kokonaisuudeksi, jolla voi osallistua markkinoille. Jos kuluttajan oma pientuotanto pystyy reagoimaan markkinatilanteeseen, esim. pienentämään kohteen sähkön ottoa verkosta, voidaan tämä rinnastaa kysynnän joustoon. Kysyntäjoustolla pystytään lisäämään tarjontaa niin säätösähkö- kuin reservimarkkinoillakin. [1.]

2.1 Sähkömarkkinat Suomessa

Kuvassa 1 on hahmoteltu Suomen suurimmat reservit, joilla hallitaan kysynnän joustoa. 18.1.2018 vuorokausimarkkinat (Day ahead) koostuivat 200–600 megawatista. Nord Pool toimii fyysisten markkinoiden operaattorina Pohjoismaissa ja Baltiassa. Tuotteina markkinoilla ovat Elspot ja Elbas. Elspot tuotteella käydään huutokauppaa päivittäin, jossa tarjousten perusteella määräytyy seuraavan päivän sähkön systeemihinta ja aluehinnat tunneittain. Tämän lisäksi käydään päivän sisäistä kaupankäyntiä (Intra day), jonka suuruus on nollasta aina 200 megawattiin. Siellä käydään vuorokauden jokaiselle tunnille jatkuva-aikaista kaupankäyntiä, joka on aina avoinna. Viimeistään tunti ennen toimitusta on viimeinen kaupantekomahdollisuus. [2.]

Kysyntäjoustop tilanne Suomessa status 18.1.2018



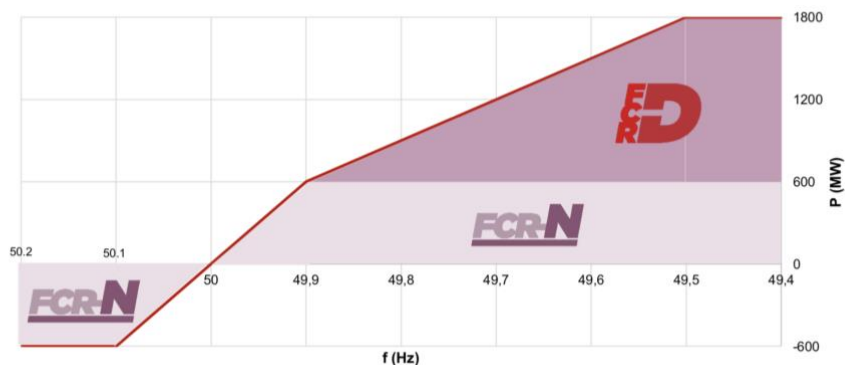
Kuva 1. Kysynnän joustop tilanne Suomessa 18.1.2018. [3.]

Nopea taajuusreservi (Fast Frequency Reserve) aktivoidaan suurissa alitaajuushäiriöissä. Tavoitteena on pitää taajuus vähintään 49,5 Hz:ssä. Pohjoismaissa FFR olisi suuruudeltaan maksimissaan 300 megawattia ja se on tavoitteena ottaa käyttöön kesällä 2020. Se voidaan kytkeä päälle sekunneissa pienen inertian tilanteiden hallintaan. Inertialla tarkoitetaan kykyä vastustaa taajuudessa olevia muutoksia, jotka aiheutuvat sähköjärjestelmän pyöriin massoihin varastoituneesta liike-energiasta. Käyttö painottuu kevästä syksyyn, jolloin inertian määrä on pienimmillään. [1;4.]

Taajuusohjattu häiriöreservi (Frequency Containment Reserve for Disturbances) kattaa Pohjoismaissa 1450 ja Suomessa 290 megawatin reservimarkkinat. FCR-D aktivoidaan suurissa taajuuspoikkeamissa ja on kytkettävissä päälle sekunneissa. Siinä käytetään paikalliseen taajuusmittaukseen perustuvaa automaattista ohjausta, jota käytetään vain ylössäätöön. Tällä tarkoitetaan voimalaitoksen tehonlisäystä ja kuormilla tehonpudotusta. [1;4.]

Taajuusohjattu käyttöreservi (Frequency Containment Reserve for Normal operation) pyrkii pitämään taajuuden 49,9–50,1 Hz. Suomessa markkinat ovat noin 120 megawattia ja Pohjoismaissa noin 600 megawattia. FCR-N on käytössä jatkuvasti kahden minuutin

viiveellä. Myös siinä käytetään paikalliseen taajuusmittaukseen perustuvaa automaattista ohjausta. Jatkuvassa symmetrisessä säädössä tulee kyetä tehonlisäykseen sekä tehonpudotukseen, kuten kuvassa 2 on esitetty. [1;4.]



Kuva 2. FCR:n aktivoituminen taajuuden funktiona. [4.]

Automaattinen taajuudenhallintareservi (Automatic frequency restoration reserve) kattaa Suomessa 60–80 megawattia. Reservillä on pohjoismaissa kokonaisuudessaan 300–400 megawatin markkinat. Nimensä mukaisesti reservi aktivoituu automaattisesti, perustuen taajuuspoikkeamaan sekä tehonmuutossignaaliin. Aktivoitava määrä on vähintään 5 MW ja aFRR voidaan aktivoida viidessä minuutissa. Päivän aikana aFRR:iä käytetään vain kohdistetuilla tunneilla. [1;4.]

Kuvassa 3 on esitetty kuinka säätötarjoukset toimivat. Säätösähkö- ja säätökapasiteettimarkkinat ovat käytettävissä tarvittaessa ja ne saadaan aktivoitua manuaalisesti 15 minuutissa. Säätösähkömarkkinat ovat Fingridin ylläpitämät, ja niillä voidaan aktivoida ylös- ja allassäätötarjouksia. Tarjoukset tulee jättää viimeistään 45 minuuttia ennen käyttötuntia. [1;4.]



Kuva 3. Säätötarjouksen menetelmät. [5.]

Säätökapasiteettimarkkinat pitävät huolen siitä, että Fingridillä on tarpeeksi ylössäätötarjouksia. Reservitoimittaja saa korvausta säätötarjouksen jättämisestä. Tällä varmistetaan, että nopeaa häiriöreserviä on oikea määrä omien ja vuokravoimalaitosten huolto- ja korjauskeskeytyksissä. Häiriöreservin tarve määräytyy mitoittavan vian suhteen, ollen tyypillisesti 880–1100 MW. Tarvittaessa nopeaa häiriöreserviä voidaan hankkia naapurimaiden kantaverkkoyhtiöltä. Reservitoimittaja saa korvauksen aktivoituneesta tarjouksesta. [1;4.]

2.2 Kuluttajan rooli

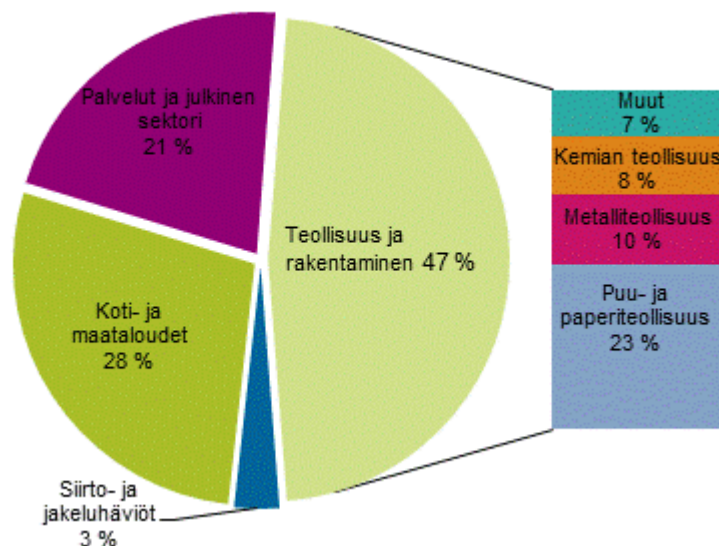
Kuluttajan näkökulmasta kysynnän jousto tarjoaa mielenkiintoiset mahdollisuudet. Kysynnän jouston avulla on mahdollista seurata sähkön hintaa ja kulutusta, ja näin ohjata oman asunnon kuormia vähentämättä liikaa asumismukavuutta. Lisäksi on trendikästä osallistua ilmastonmuutoksen torjuntaan. Kysynnän joustoon voi osallistua manuaalisesti kuormia ajastamalla tai automaation avulla. Teknologia kehitty nopeaa vauhtia ja järjestelmät sen mukana. Kehityksen mukana markkinoille tulee lisää kilpailua, minkä myötä järjestelmien investointikustannukset laskevat.

Automaatiojärjestelmien kustannukset vaikuttavat suuresti yksittäisen kuluttajan ostopäätökseen. On tärkeä saada kuluttaja ymmärtämään, miten hän voi kysynnän joustoon osallistua ja kuinka paljon hän voi siitä hyötyä. Kuluttaja saattaa myös pohtia, saavutetaanko tällä hetkellä suurin hinta-hyötysuhde edullisilla automaatiojärjestelmillä, joita kuluttaja voi ostaa elektroniikkakaupasta ja asentaa itse.

Sähkön kulutusta ei siis välttämättä tarvitse vähentää, vaan kulutuksen ajankohtaa voidaan siirtää edullisempaan ajankohtaan automaation tai ajastuksen avulla. Tällä käyttäytymisellä vähennetään Suomen sähköverkon kulutuspiikkejä ja tasoitetaan energian käyttöä. Lisäksi kuluttaja hyötyy taloudellisesti käyttäessään edullisempaa sähköä. Suuressa mittakaavassa tärkein asia on optimoida energian käyttö todellisen tarpeen mukaan joustavasti, mikä johtaa laajempaan energiansäästöön. Kuluttajien motivoimiseen täytyisi keksiä lisää kannustimia valtiotasolla.

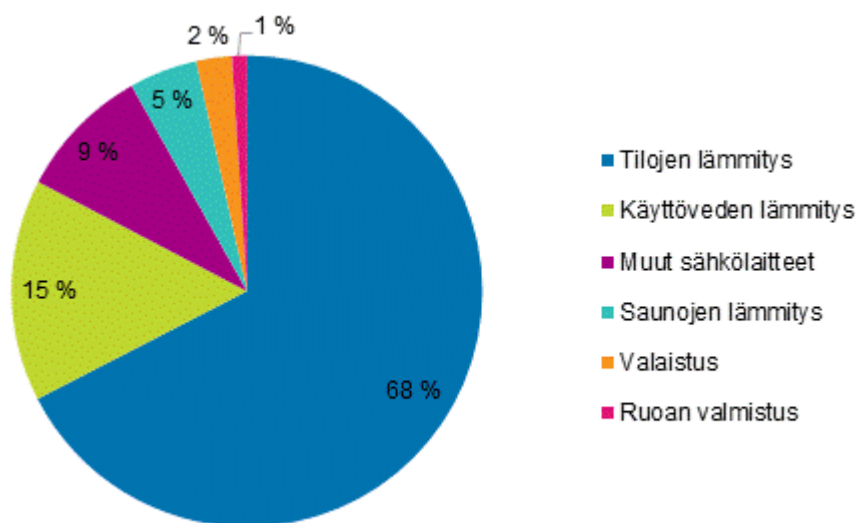
Lisäksi kysynnänjouston näkökulmasta täytyy pohtia, mitä kuormia olisi mahdollista antaa sähköyhtiön hallittaviksi kovan tehopiikin aikaan. Mahdollisuuksina voisi olla esimerkiksi asunnon lämmityksen hetkellinen sammuttaminen. Näin voitaisiin reagoida nopeasti verkon tehotasapainon muutoksiin, vaikuttamatta liikaa kuluttajan asumismukavuuteen.

2.3 Kotitalouksien potentiaali



Kuva 4. Sähkön kulutus sektoreittain vuonna 2018. [6.]

Kuvan 4 jakaumasta nähdään, että vuonna 2018 koti- ja maataloudet käyttivät 28 % Suomen sähköenergiasta. Kotitalouksissa on siis suuri potentiaali kysyntäjoustoja ajatellen. Toisaalta melkein puolet suomen sähkön kulutuksesta tapahtuu teollisuudessa ja rakentamisessa. Siellä kysyntäjoustoja on jo hyödynnetty enemmän, koska yksittäisiä isompia kuormia on helpompi suunnitella hallittaviksi, kun taas kotitaloudet koostuvat miljoonista pienistä kuluttajista.



Kuva 5. Asumisen energiankulutus käyttökohteittain vuonna 2018. [7.]

Kuvasta 5 nähdään, että suurin osa energiasta vuonna 2018, noin kaksi kolmasosaa, kului tilojen lämmitykseen. Tästä voidaan päätellä, että suurin potentiaali piilee tilojen lämmityksessä. Tätä säätämällä ja tehostamalla voidaan saavuttaa suurimmat säästöt energiankulutuksessa. Toiseksi suurin tekijä on käyttöveden lämmitys.

2.4 Kuluttajan mukavuus

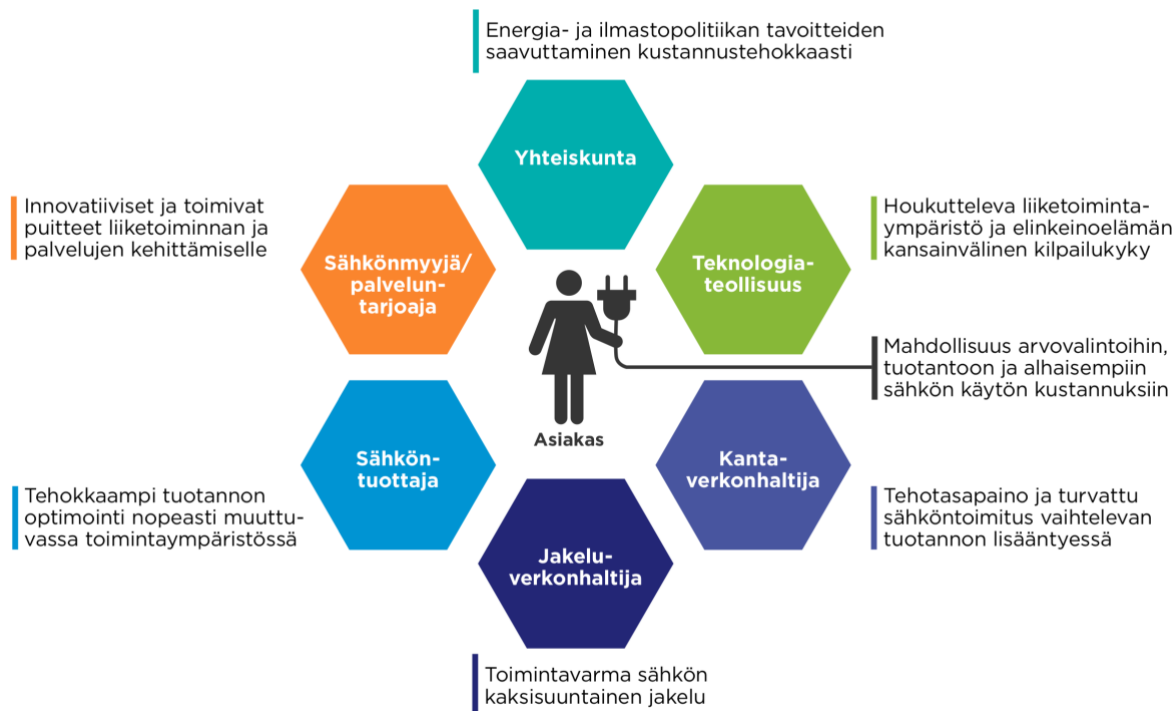
Asumisen energiankulutuksen perusteella suurimmat kuluttajat ovat tilojen ja käyttövesien lämmitys. Näitä säädettäessä täytyy ottaa huomioon kuluttajan mukavuus. Huoneen täytyy olla sopivan lämmin siellä ollessa, sekä käyttöveden tarpeeksi lämmintä esimerkiksi suihkussa. Toisaalta käyttövettä voidaan lämmittää yöllä halvan sähkön aikaan ja tarvittaessa päivällä esimerkiksi suoraan aurinkoenergian avulla. Asunnon lämpötilaa voidaan laskea poissa ollessa muutamalla asteella ja nostaa lämpötila takaisin ennen kotiinpaluuta automaation avulla. Kuluttajan mukavuutta voidaan parantaa myös älykkäällä valaistuksen ohjauksella. Valaistus on isossa roolissa myös vireystilan luomisessa kellon ympäri. Aamusta olisi tärkeää saada paljon valoa ja iltapäivään valaistus voisi himmentyä ja näin ohjata kehoa nukkumaan. Lisäksi älykäs

valaistus voi tuoda turvallisuuden tunnetta, esimerkiksi pimeään aikaan niin asunnon sisällä kuin ulkopuolellakin.

3 Päätökset ja tulevaisuus

3.1 Tulevaisuuden sähköjärjestelmä

Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmän tarkoituksena oli tutkia joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää. 24.10.2018 julkaistiin tutkimuksen loppuraportti, joka oli erittäin laaja, ja sen tarkoituksena oli luoda näkemystä tulevaisuuden älykkäästä sähköjärjestelmästä. Kuvassa 6 on havainnollistettu sähköjärjestelmää asiakkaan näkökulmasta. Tarkoituksena on lisätä kuluttajan mahdollisuuksia osallistua markkinoille. [8.]



Kuva 6. Älyverkkovisio. [8.]

Jotta asiakas voidaan ottaa paremmin huomioon, täytyy ensin selkeyttää sähkömarkkinaroolit ja -pelisäännöt. Asiakkaalla täytyy olla mahdollisuus osallistua

kysynnän joustoon itse tai markkinatoimijan avulla. Työryhmän ehdotuksena oli, että kulutusjoustopalvelut, sähkön varastointi sekä asiakkaalle uusien palveluiden tarjoaminen olisivat kilpailtua liiketoimintaa. Tällä luotaisiin tehokas asiakas- ja tarvelähtöinen tuote- ja palvelukehitys. Tämän rinnalla luovuttaisiin hallitusti jakeluverkkoyhtiöiden kuorman ohjauksesta sekä pakollisesta aikajaotuksesta. Positiivisena asiana nähtiin myös tehopohjaisen hintakomponentin käyttö pienasiakkailta, jolloin asiakkaalla olisi suuremmat mahdollisuudet vaikuttaa omaan siirtolaskuun. [8.]

3.2 Lainsäädäntö

Euroopan parlamentti ja neuvosto on määrännyt direktiivissä 2012/27/EU 15. artiklan kohdan 4 mukaan seuraavaa kysyntäjoustopuolesta:

Jäsenvaltioiden on varmistettava, että poistetaan sellaiset siirto- ja jakelutariffeihin sisältyvät kannustimet, jotka ovat haitallisia sähkön tuotannon, siirron, jakelun ja toimituksen kokonaistehokkuudelle (myös energiatehokkuudelle) tai jotka voivat haitata kysyntäjoustopuolesta mukanaoloa markkinoiden tasapainottamisessa ja lisäpalvelujen hankinnassa. Jäsenvaltioiden on varmistettava, että verkonhaltijoita rohkaistaan tehostamaan infrastruktuurin rakennetta ja toimintaa ja että direktiivin 2009/72/EY puitteissa tariffit suovat toimittajille mahdollisuuden edistää kansallisista olosuhteista riippuen kuluttajien osallistumista järjestelmän tehokkuuteen, mukaan lukien kysyntäjoustopuolesta. [9.]

Tämän lisäksi saman direktiivin 15 artiklan kohdan 8 mukaan ”jäsenvaltioiden on varmistettava, että kansalliset energia-alan sääntelyviranomaiset rohkaisevat kysyntäpuolen resursseja, kuten kysyntäjoustopuolesta, osallistumaan tarjonnan ohella tukku- ja vähittäismarkkinoille”. [9.]

3.3 Visio 2030

”Hyvinvointia sähköllä - Visio 2030 on Sähköteknisen Kaupan Liitto ry:n, Sähkösuunnittelijat NSS ry:n, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry:n, SESKO ry:n ja Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK ry:n näkemys tulevaisuudesta ja sähkön roolista osana jokapäiväistä elämää vuonna 2030.” Esitän seuraavaksi vision tärkeimmät kohdat, jotka ovat kytköksissä kysynnän joustoon.

Visio 2030:n mukaan tulevaisuuden rakennukset ovat viihtyisiä ja energiatehokkaita, ja palvelevat käyttäjiään ja tuottavat energiaa. Rakennuksen älykkäät sähköistys- ja automaattioratkaisut luovat käyttäjille mahdollisuuden säätää lämmitystä, ilmanvaihtoa, valaistusta sekä muita olosuhteita. Näitä toimintoja ohjataan energian tarpeen ja hinnan mukaan. Rakennukset tuottavat ja käyttävät uusiutuvaa energiaa kuten aurinko- ja tuulivoimaa. Lisäksi hyödynnetään maan lämpöä. Osa tästä energiasta käytetään suoraan, osa varastoidaan ja ylijäävä sähkö myydään verkkoon. Kuluttajista tulee tuottajia, varastojia ja energiayhteisöjen jäseniä. Tulevaisuuden rakennukset tarvitsevat vähemmän energiaa ja vanhatkin rakennukset ovat uudistettu energiatehokkaiksi. Uudet ovat lähes nollaenergiataloja. [10.]

Näkemyksen mukaan myös sähköverkko on älykäs, yhdistäen sähkön tuotannon, jakelun ja käytön. Älyverkko kerää ja jakaa tietoa sekä varmistaa, että sähköä on kaikkialla riittävästi ja häiriöttömästi käytettävissä. Fossiilisen polttoaineen käyttöä korvataan sähköllä, minkä ansiosta pystytään vähentämään hiilidioksidipäästöjä ja tätä kautta osallistumaan ilmaston lämpenemisen hidastuttamiseen. [10.]

Edellisten lisäksi langaton ohjaus tulee helpottamaan ihmisten arkea ja parantamaan esineiden ohjailtavuutta, tehokkuutta ja toimintoja. Älykäs valaistus lisää ihmisten viihtyvyyttä, turvallisuutta sekä vireyttä sisällä ja ulkona. Tämän avulla pystytään lisäämään ihmisten hyvinvointia ja turvallisuutta. Myös älykkäät kodinkoneet ja esineiden sähköistys tuo turvaa ja säästää energiaa. [10.]

3.4 Tehopohjainen hinnoittelu

Työ- ja elinkeinoministeriön teettämässä Älyverkkotyöryhmän raportissa pohditaan siirtoa tehopohjaiseen hinnoitteluun valtakunnallisella tasolla. Tehopohjainen hinnoittelu tarkoittaa siirtomaksun hinnoittelua asiakkaan liittymän laadun perusteella kulutetun energian sijaan. Tehoon perustuva siirtohinnoittelu voisi pienentää sähköverkon kulutuksen huipputehoa ja näin jakeluverkkojen vahvistamista voitaisiin lykätä. Tällä voidaan aktivoida myös asiakasta kulutusjouktoon. [11.]

3.5 Kuluttajat mukaan

Eräs jo olemassa oleva tapa saada kuluttajat mukaan, on Nivoksen ja Fortum Spring:n luoma Joustopotti-palvelu, joka tekee lämminvesivaraajista älykkäitä. Lämmintä vettä lämmitetään yöllä halvan sähkön aikaan tai silloin kun tuuli- tai aurinkoenergiaa on saatavilla. Kun energiankulutus on suurta valtakunnallisella tasolla, voidaan varaajat kytkeä pois päältä. Näin pystytään älykkäästi keventämään kuormaa valtakunnallisella tasolla. Ohjaus tapahtuu huomaamattomalla ohjauslaitteella, joka kiinnitetään sähkömittariin. Halutessaan käyttäjä voi varmistaa suuremmankin lämpimän käyttöveden riittävyyden. [12.]

4 Älykäs koti

Valitsin tutkimukseni kohteeksi 90-neliöisen omakotitalon, joka toimii sähkölämmityksellä. Tavoitteena on suunnitella rakennukseen älykäs kodin automaatiojärjestelmä, joka osaa optimoida energian käyttöä. Vertailen DigitalSTROM-sekä Futurehome-järjestelmiä keskenään. Esitän lopussa hinta-arvion perusjärjestelmästä. Todellisuudessa järjestelmän hinta riippuu kuluttajan asettamista vaatimuksista hallittavien laitteiden suhteen.

4.1 DigitalSTROM

Vuonna 2004 Aizo AG aloitti DigitalSTROM-järjestelmän kehittämisen Saksassa. Seitsemän vuoden kehitystyön jälkeen tuote lanseerattiin markkinoille Saksassa ja Sveitsissä. DigitalSTROM on kotiautomaatiojärjestelmä, joka voidaan asentaa uudiskohteisiin sekä liittää vanhan rakennuksen sähköjärjestelmään. Tuotteella pystytään ohjaamaan kodissa olevia laitteita sekä seuraamaan niiden energiankulutusta internetin ja mobiililaitteiden välityksellä. [13.]

Järjestelmällä pystytään ohjaamaan älykkäästi valaistusta, lämmitystä, ilmanvaihtoa, kodinkoneita ja verhoja sekä se voidaan kytkeä osaksi kodin turvajärjestelmää. Kuluttaja voi ohjata järjestelmää äänellä, mobiililaitteilla tai erilaisten sensorien avulla. Järjestelmä

on asennettuna käytännössä näkymätön. Järjestelmää ylläpidetään ja päivitetään jatkuvasti, mikä pidentää järjestelmän käyttöikää. Järjestelmä mahdollistaa myös laitteiden energiankulutuksen seurannan, jonka avulla energiankulutusta voidaan optimoida.

4.1.1 Järjestelmä

DigitalSTROMin kiinteän järjestelmän avulla analogiset laitteet voidaan kytkeä osaksi älykotia olemassa olevan sähköverkon kaapeloinnin avulla ja älylaitteet voidaan yhdistää järjestelmään langattomasti dSS-IP-palvelimella. Seuraavaksi käydään läpi molempien järjestelmien käyttöä yhdessä ja erikseen. [14.]

Kiinteä järjestelmä

Kiinteän järjestelmän avulla voidaan muokata kodin analogiset laitteet, kuten valaisimet, lämmityksen, jäähdytyksen yms., osaksi älykotia erilaisilla moduuleilla. Toimiakseen järjestelmä tarvitsee sähkökeskukseen peruskomponentit (kuva 7): dS Filter -suodatin, dS Meter -mittari sekä dS Server -palvelin. [14.]



Kuva 7. Sähkökeskuksen komponentit. [15.]

Suodatin (dSF) (Kuva 8) asennetaan pääsulakkeen ja johdonsuojakatkaisijan väliin sähkökeskuksessa. Tällä pystytään estämään muiden järjestelmien pääsy digitalSTROM-järjestelmään. [14.]



Kuva 8. Suodatin. [16.]

Johdonsuojakatkaisijan jälkeen liitetään mittari (dSM) (kuva 9), jonka läpi on mahdollista käyttää 16 ampeeria virtaa. Mittarin avulla lähetetään komennot laitteisiin, sekä vastaanotetaan tietoa kytkimiltä ja antureilta. [14.]



Kuva 9. Mittari. [16.]

Palvelin (dSS) (kuva 10) toimii käyttöliittymänä internetiin, kun se on kytkettynä reitittimen. Palvelin yhdistää järjestelmän eri komponentit hallittavaksi kokonaisuudeksi ja mahdollistaa järjestelmän käytön etänä sovelluksen avulla. [14.]



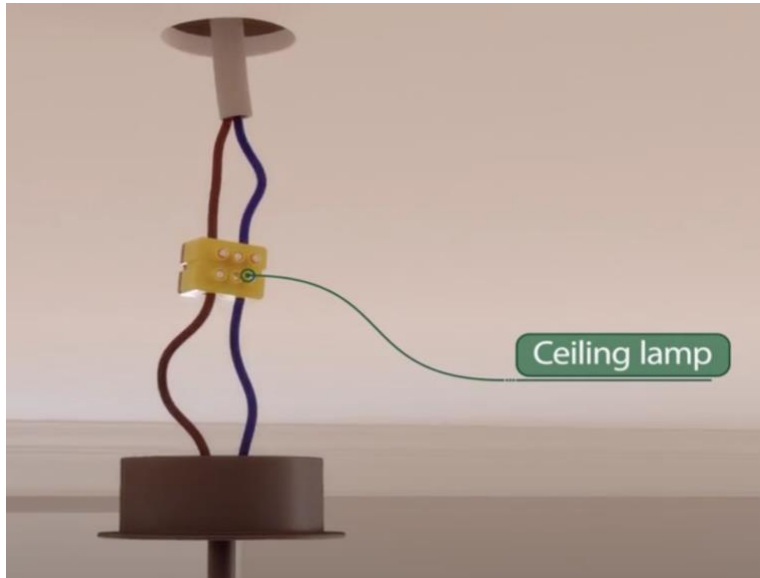
Kuva 10. Palvelin. [16.]

Kun järjestelmän pohja on rakennettu, järjestelmään voidaan liittää komponentteja laitteiden hallitsemiseksi. DigitalSTROM on värikoodannut komponenttinsa niiden käyttötarkoituksen mukaan. Taulukossa 1 on esitelty värit ja niiden käyttötarkoitukset.

Taulukko 1. DigitalSTROM-järjestelmän värikoodit. [17.]

Väri	Käyttötarkoitus
Keltainen	Valaistus
Harmaa	Verhot, kaihtimet ja markiisit
Sininen	Ilmastointi ja lämmitys
Syaani	Audio
Magenta	Video
Punainen	Turvallisuus
Vihreä	Kulkeminen
Musta	Jokeri (valinnainen)

Valaistuksen ohjaukseen löytyy monia erilaisia moduuleita. Kuvassa 11 on havainnollistettu, kuinka kattovalaisimen ohjausmoduuli voidaan asentaa. Toinen vaihtoehto on asentaa moduuli kytkimen kojerasiaan. Yksittäiseen valaisimeen kuten pöytävalaisimeen on helppo asentaa uusi digitalSTROM:in johto, jossa on älykatkaisija. Lisäksi valaisimia on mahdollista himmentää sovelluksen kautta, jos käytössä on himmennettävä malli.



Kuva 11. Kattovalaisimen ohjausmoduuli. [15.]

Harmaan kytkentämoduulin (kuva 12) avulla voit ohjata rullaverhoja, markiiseja ja kaihtimia. Esimerkiksi rullaverhojen ohjauksen voi toteuttaa eri ikkunoilla erikseen tai samaan aikaan. Lisäksi voit automatisoida ohjauksia sään tai kellonajan mukaan. [14.]



Kuva 12. Kytkentämoduuli. [16.]

Vastaavasti sinisillä kytkentämoduuleilla voidaan hallita lämmitysjärjestelmiä. Jos huoneessa on lämpötilaa ja kosteutta mittaava digitalSTROM DS-iSens200, voidaan lämmitysjärjestelmää ohjata monipuolisemmin. Huoneilma-anturin (kuva 13) tietojen avulla voidaan lähettää käskyjä lämmityksen ohjaukseen. Sen lisäksi kotona-poissa-

toiminnon avulla voidaan toteuttaa haluttuja ohjauksia. Ohjauksia voidaan tehdä myös kellonaikaan tai energiankulutukseen liittyen.



Kuva 13. Huoneilma-anturi. [16.]

Välilytkentärele Schuko (kuva 14) mahdollistaa erilaisten laitteiden ohjauksen. Pistokeliitännän ansiosta voidaan ohjata maksimissaan 16 ampeerin laitteita. Voit hallinnoida pistorasiaa sovelluksen kautta, esimerkiksi aikaohjauksella.



Kuva 14. Välilytkentärele Schuko. [16.]

Langaton järjestelmä

DigitalSTROMin dSS-IP-palvelimella (kuva 15) järjestelmään voidaan näppärästi yhdistää äylaitteita, jotka toimivat wifin välityksellä. Järjestelmän kanssa yhteensopivia ovat muun muassa Siemensin, Boschin ja Philipsin laitteet. Esimerkkejä tällaisista laitteista ovat Philips HUE valaistus ja SONOS audio. Palvelin kytketään reitittimeen, minkä jälkeen äylaitteet yhdistyvät palvelimeen. Tämän jälkeen äylaitteet ovat hallittavissa sovelluksessa tai ääniohjauksella. [14.]



Kuva 15. dSS-IP-palvelin. [16.]

4.1.2 Järjestelmien ohjaus

Kun analogiset ja langattomat laitteet ovat kytkettynä digitalSTROM-järjestelmään, pystytään niitä hallitsemaan perinteisesti valokytkimillä, SVEN Pad -kosketusnäytöllä, sovelluksella tai ääniohjauksella.

SVEN Pad (kuva 16) on digitalSTROM-järjestelmään liitettävä käyttöliittymälaajennus, joka voidaan asentaa seinään tai sijoittaa pöytätelineelle. Padin avulla voidaan säätää valaistusta ja lämpötilaa sekä hallita energiankulutusta. Ohjelma näyttää sähkön

kulutuksen sekä mahdollistaa eri asetusten käytön, kuten kotona/poissa-tila sekä eco-tila. Pad tukee myös kolmansien osapuolten tarjoamia ohjelmia, esimerkiksi sääpalvelut. [18.]

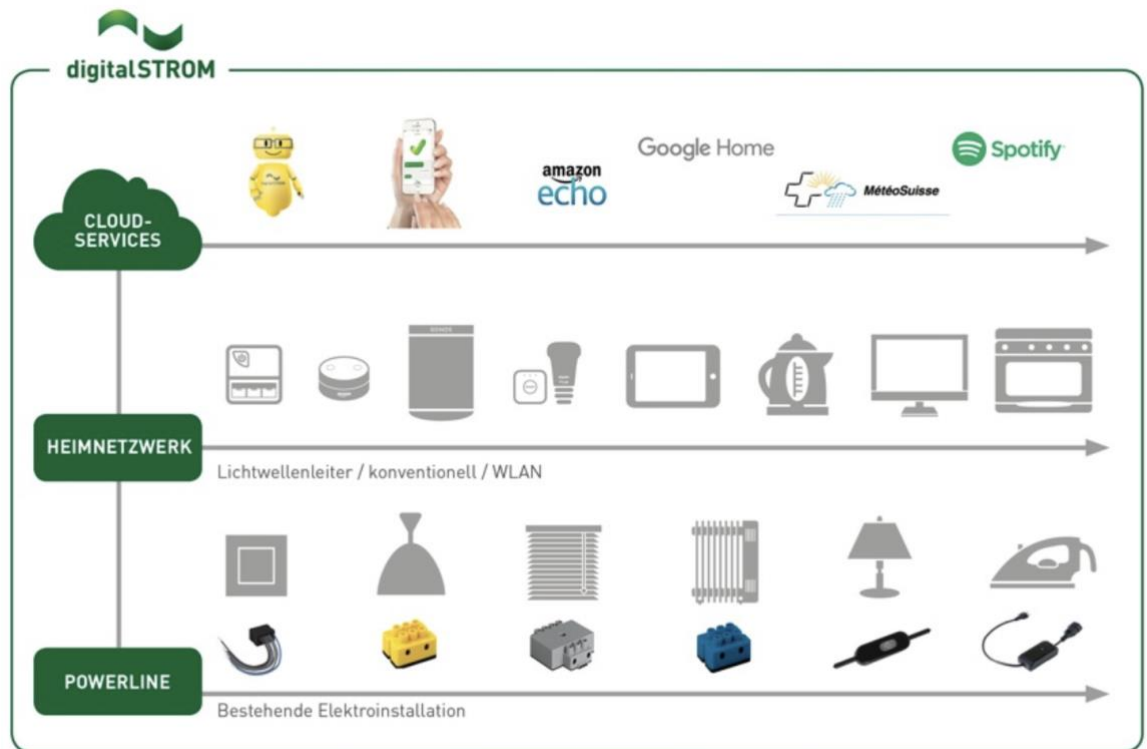


Kuva 16. SVEN Pad näkymä. [18.]

DigitalSTROM tarjoaa myös käyttäjilleen mobiililaitteisiin ladattavan sovelluksen, jonka avulla järjestelmää voi hallita ja ohjelmoida. Sovellus toimii kaukosäätimenä järjestelmälle; sillä voi ohjata kaikkea valaistuksesta musiikkiin sekä tallentaa valmiit asetukset erilaisiin tilanteisiin. Suosikkitalanteisiin voi määritellä valaistuksen, lämpötilan, laitteiden toiminnot sekä verhojen asennot. Sovellus auttaa myös tunnistamaan kodin energiasyöpöt, joten sähkönkulutuksen optimointi helpottuu.

Yhdistämällä digitalSTROM-järjestelmään audiolaitteita, kuten Amazonin Alexan tai Google Homen, tai lataamalla dS-Listener-sovelluksen, järjestelmää voi myös ääniohjata. Valitettavasti DigitalSTROMin tarjoama dS-Listener-sovellus toimii kuitenkin vielä vain saksan kielellä. Ääniohjaus toimii antamalla käskyjä, kuten valojen sammuttaminen, audiolaitteelle ja laite muuttuu käskyn kirjalliseen muotoon ja lähettää

sen järjestelmälle toteutettavaksi. Kuvassa 17 on havainnollistettu digitalSTROM-järjestelmän kokonaisuutta. [14.]



Kuva 17. Havainnollistus digitalSTROM-järjestelmästä. [14.]

4.2 Futurehome

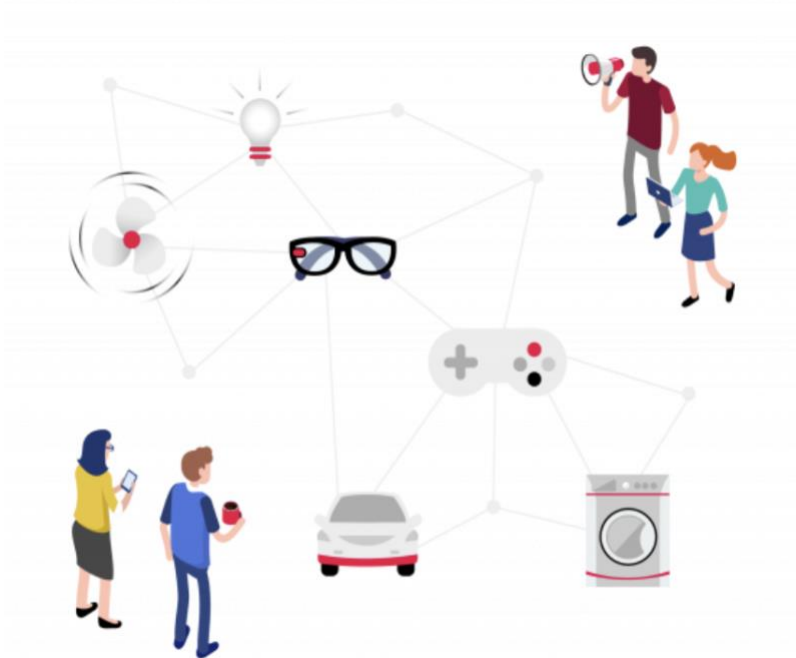
Futurehome AS on perustettu vuonna 2013 Norjassa. Yritys on lanseerannut markkinoille älykkään kotiautomaatiojärjestelmän, jolla pystyt hallitsemaan kotia monipuolisesti. Futurehome käyttää Internet of Thingsia (IoT) eli suomeksi esineiden internetiin perustuvaa järjestelmää. Tämän ansiosta eri laitteiden etäseuranta ja hallinta onnistuu helposti internet-verkon kautta. Futurehome toimii automaattisesti, vaikka internetyhteys katkeaisi. [19.]

Futurehome mahdollistaa erilaisten laitteiden ja kokonaisuuksien, kuten valaistuksen, ilmanvaihdon, lämmityksen, pistorasioiden ja älykkäiden kodinkoneiden ohjauksen.

Lisäksi järjestelmään voidaan liittää myös sähköauton latausasema. Järjestelmään liitetään myös luontevasti murto- ja turvallisuuspalvelut. Futurehomen ansiosta voidaan yhdistää kodin kaikki laitteet yhteen paikkaan ja hallita niitä sieltä. Tulevaisuuden kannalta avoimeen ohjelmointirajapintaan perustuva järjestelmä takaa sen laajennettavuuden ja kehityksen kolmansien osapuolten kanssa. Laitteiden energiankulutuksen seuraaminen on myös mahdollista monilla komponenteilla.

Järjestelmä

Futurehome on suunniteltu liitettäväksi kolmannen osapuolen tuotteisiin, sovelluksiin sekä integraatioihin. Järjestelmä perustuu avoimeen Z-aalto- ja Zigbee-järjestelmään, jotka ovat tällä hetkellä kaksi suosituinta standardia älykkäissä kodeissa. Avoimen standardin ansiosta järjestelmän laitteet ovat testattuja sekä vakaita. Zigbee-laitteiden (kuva 18) kommunikointi perustuu langattomaan IEEE's 802.15,4 (Low Rate WPAN)-yhteyteen 2,4 GHz:n taajuudella, ja se käyttää vain vähän energiaa toimiakseen. Vastaavasti Z-wave- järjestelmät käyttävät vähän energiaa toimiakseen hieman eri taajuudella. Z-wave käyttää Euroopassa 868,42 Mhz:n lähetys- ja vastaanottotaajuutta. Molempien järjestelmien langattomien laitteiden akut ja paristot kestävät valmistajien mukaan jopa vuoden tai kauemmin. [20; 21.]



Kuva 18. Zigbee perustuu esineiden internetiin. [20.]

Toteutus

Futurehome-järjestelmän aivot ja keskus on Smarthub-laite (kuva 19), joka kytketään reitittimeen RJ45 kaapelilla. Lisäksi se tarvitsee toimiakseen verkkovirtaa. Laitteeseen voidaan yhdistää satoja eri komponentteja langattomasti. Smarthub-laite käyttää alan johtavaa IoT-infrastruktuuria. Toisin sanoen Zigbee ja Z-wave -pohjaiset laitteet ja komponentit ovat yhdistettävissä keskenään. Futurehome mobiilisovelluksen avulla ohjataan ja hallitaan laitteita sekä komponentteja näppärästi yhdestä paikasta. [19.]



Kuva 19. Futurehome Smarthub. [22.]

Lattialämmityksen ohjaukseen valitsin MCO Home MH7H-EH -termostaatin (kuva 20), joka voidaan liittää Smarthubiin Z-Wawen avulla. Termostaatin säätöjä voidaan hallita fyysisesti koskettamalla tai Futurehome-sovelluksen kautta. Sovelluksessa voidaan luoda erilaisia tiloja lämpötilan ohjaukseen kellonaikaan sidottuna. Lisäksi kotona/poissa-toiminnolla voidaan ohjata lämmitystä energiatehokkaasti.



Kuva 20. MCO Home MH7H-EH -termostaatti. [23.]

Älypistorasiaksi valitsin Fibaro Wall Plugin (kuva 21), joka käyttää toimiakseen Z-wave-protokollaa. Pistorasia on suunniteltu erittäin älykkääksi; se mahdollistaa ohjauksen lisäksi myös energiankulutuksen seurannan. Lisäksi pistorasian valo muuttuu energiankulutuksen mukaan reaaliaikaisesti, joten näin kulutuksen vaikutuksen näkee heti. 80 watin kulutuksella pistorasian väri on sininen, vastaavasti 2300 watin kulutuksella väri on liila. Sovelluksen kautta voit kytkeä pistorasian päälle ja pois, sekä sitoa laitteen toimimaan tiettyä aikana. Lisäksi pistorasiassa on ylijännitesuoja. [24.]



Kuva 21. Fibaro Wall Plug. [24.]

Futurehome tarjoaa nettisivuillaan valaistuksen ohjaukseen etäohjattavaa Aeotec LED-lamppua (kuva 22), jossa on E27-kanta. Se perustuu myös langattomaan Z-wave protokollaan, jota voidaan ohjata ja hallita sovelluksen kautta. Valaisinta, jossa on älylamppu, voidaan käyttää myös normaalisti kytkimen kautta. Tunnelman luomiseksi voit valita eri värejä huoneisiin tai eri tilanteisiin. Valitettavasti lampuilla ei kuitenkaan ole mahdollista seurata energiankulutusta. Tämä voidaan kuitenkin korjata valaistuksen ohjaamiseen käytettävällä kojerasiaan asennettavalla pienellä moduulilla, jolla on mahdollista seurata energiankulutusta. [25.]



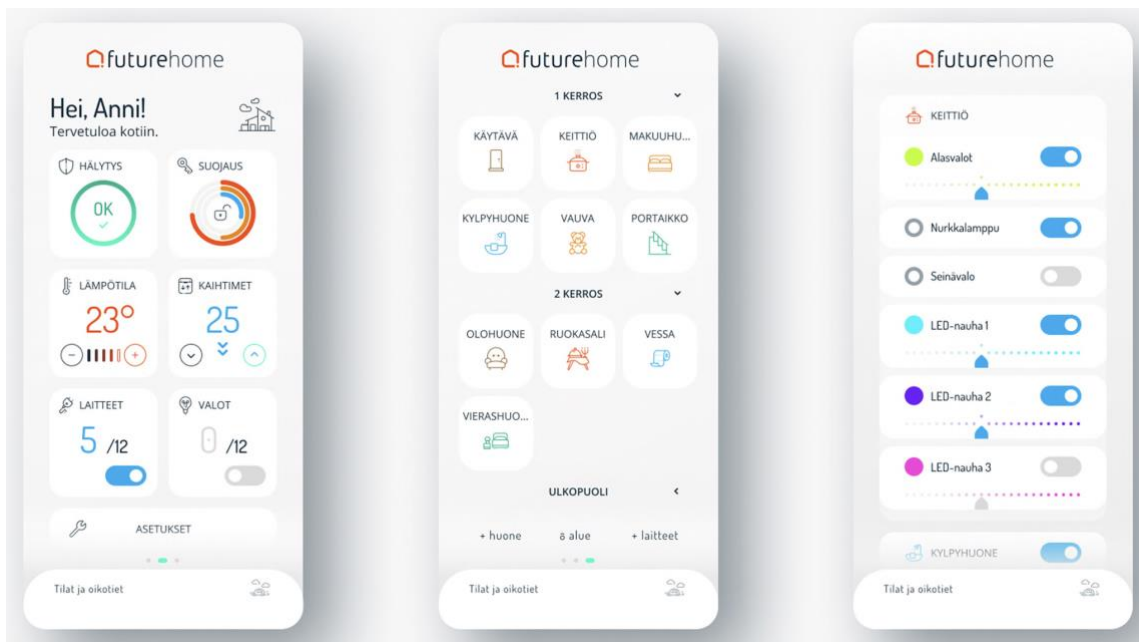
Kuva 22. Etäohjattava Aeotec LED -lamppu. [25.]

Futurehome tarjoaa verkkokaupassaan mahdollisuutta tilata sähköauton älykkään latauspisteen (kuva 23). Tarkkaa mallia ei ole ilmoitettu, vaan tuote on yleisellä nimellä Smart EV Charger. Suomeksi tämä tarkoittaa älykästä sähköauton latausasemaa. [26.]



Kuva 23. Futurehomen tarjoama Smart EV Charger hintaan 15000 Norjan kruunua. [26.]

Futurehome-sovellus (kuva 24) mahdollistaa koko asunnon ohjaamisen yhden sovelluksen kautta. Se on käyttäjäystävällinen sovellus, jossa on selkeät symbolit eri komponenttien hallitsemiseksi. Sovelluksella voi ohjata kotia kokonaisuutena tai huonekohtaisesti. Valaistusta voi ohjata asettamalla erilaisia tilanteita tai sitomalla valaistukset kellonaikaan ja kaikkia valoja voidaan ohjata myös esimerkiksi kotoa poistuessa. Huoneiden lämpötiloja voidaan räätälöidä omien tottumusten mukaan sekä hyödyntää alempaa lämpötilaa ollessa poissa kotoa. Näin optimoidaan lämmityksen energiankulutus. Sovellus on ladattavissa mobiililaitteille App Storesta ja Google Play Storesta. Sovelluksen lisäksi kodin laitteita voidaan hallita verkkoselaimen kautta. Halutessaan Futurehomen voi yhdistää myös Amazonin Alexaan, jolloin ääniohjaus toimii antamalla käskyjä, kuten valojen sammuttaminen, Alexalle ja laite muuttuu käskyn kirjalliseen muotoon ja lähettää sen järjestelmälle toteutettavaksi. [27.]



Kuva 24. Futurehome-sovellus. [28.]

4.3 Järjestelmien vertailu

Älykkäät kodin ratkaisut painottuvat tällä hetkellä molempien järjestelmien kohdalla asumismukavuuden sekä turvallisuuden hallintaan. Lisäksi halutessaan pystytään seuraamaan laitteiden energiankulutusta ja optimoimaan niiden käyttöä omien tarpeiden

mukaan. Molemmat järjestelmät ovat hyviä vaihtoehtoja kodin ohjaamiseen, sillä molempiin järjestelmiin voidaan liittää erilaisia antureita ja esimerkiksi sääasema. Sääaseman ansiosta voidaan ohjata muun muassa valaistusta tai verhoja sekä sälekaihtimia. Antureilta saatua tietoa voidaan käyttää hyväksi myös eri laitteiden ohjaamisessa.

DigitalSTROM-järjestelmä soveltuu yksityiskohtaisemmin kuormien seurantaan sähköverkkoon liitettävien moduulien ansiosta. Molemmissa järjestelmissä on kuitenkin mahdollista ohjata ja rajoittaa tiettyjen laitteiden käyttöä tehon mukaan. Valaistuksen ohjaus voidaan molemmilla järjestelmillä toteuttaa langattomasti sekä kytkemällä moduulit johtimiin kojerasian sisään. Moduulien ansiosta molempien järjestelmien sähkönkulutusta voidaan seurata reaaliaikaisesti tai tarkastella laitteen historiaa.

DigitalSTROM tarjoaa omia komponentteja eri värein asunnon ohjaamiseen. Väreillä on merkitty eri aihealueet, kuten valaistus keltaisella ja lämmitysjärjestelmän moduulit sinisellä. Futurehomen toiminta perustuu puolestaan esineiden internetiin, jossa se käyttää Zigbeean ja Z-waven protokollaan perustuvia tuotteita. Tämän ansiosta kotiin pystyy valitsemaan monia eri valmistajien laitteita ja antureita.

DigitalSTROM ja Futurehome kertovat nettisivuillaan tuotteiden olevan turvallisia käyttää. Turvallisuuden kehittämiseen täytyy panostaa jatkossakin, jotta järjestelmän ohjaus ja hallinta ei joudu väärin käsiin. Älylukot ja live-kuva väärin käsiin joutuessaan voivat aiheuttaa harmia. Turvallisuuden täytyy aina olla riittävällä tasolla, jotta kuluttajat voivat käyttää kalliita järjestelmiä ongelmitta nyt ja tulevaisuudessa. Tietoturvassa piilee aina riski mahdollisten aukkojen suhteen. Tärkeää on myös pitää järjestelmien päivityksen ajan tasalla, jotta tuotteilla on viimeisimmät päivitykset turvallisuuden puolesta.

Liittämällä reaaliaikaiset sähkön hintatiedot molempiin järjestelmiin voidaan siirtää tai sammuttaa esimerkiksi lämmityksen ohjausta niin, että ostetaan vain mahdollisimman edullista sähköä. Sama pätee myös lämminvesivaraajien ja sähköauton latauskuormiin. Hintatieto on siis tärkeä, jotta älykkästä järjestelmästä saadaan mahdollisimman suuri hyöty. Järjestelmä ymmärtäisi itse, että jonkun laitteen kohdalla voidaan odottaa vaikkapa kaksi tuntia, jotta sähköä saadaan halvemmalla.

4.4 Kustannusarviot

Älyjärjestelmien hinta perustuu lisättävien komponenttien määrästä. Kustannusarviossa keskityn lämmitykseen, valaistukseen ja pistorasioiden ohjaamiseen.

Taulukko 2. DigitalSTROM-järjestelmän kustannuslaskelma. [16.]

DigitalSTROM			
	kpl	Hinta	Yhteensä
Mittari, suodatin ja palvelin	1	826,80 €	826,80 €
Kytkenämoduuli, valaistus	10	98,00 €	980,00 €
Ohjattava pistorasia	4	166,50 €	666,00 €
Termostaatti	4	139,00 €	556,00 €
			3 028,80 €

Taulukko 3. Futurehome-järjestelmän kustannuslaskelma. [26.]

Futurehome			
	kpl	Hinta	Yhteensä
Smarthub	1	148,00 €	148,00 €
Aeotec LED-lamppu	10	47,50 €	475,00 €
Ohjattava pistorasia	4	46,00 €	184,00 €
Termostaatti	4	151,00 €	604,00 €
			1 411,00 €

Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty järjestelmien kustannusarviot. DigitalSTROM-järjestelmän komponentit, jotka asennetaan sähkökeskukseen, maksavat yli 800 euroa. Vastaavat toiminnot on toteutettu Futurehome:ssa Smarthubilla, jonka hinta on 148 euroa. Hintavertailun tarkoituksena on havainnollistaa niin sanotun kiinteän ja langattoman järjestelmän eroja. Hintavertailun ideana ei ole asettaa järjestelmiä paremmuus

järjestykseen hinnan perusteella. Vertailussa ei ole otettu huomioon asennuskustannuksia, sekä mahdollisia lisälaitteita.

Hintavertailusta voidaan päätellä, että kiinteät ratkaisut ovat monimutkaisempia ja kalliimpia toteuttaa. Langattomilla järjestelmillä pystytään säästämään, mutta toisaalta ne voivat olla alttiimpia häiriöille. Lisäksi langattomasta järjestelmästä voi loppua akku tai patteri kesken kaiken.

5 Omakotitalon mahdollisuudet

Älykäs koti on iso kokonaisuus, johon voidaan liittää isoja ja pieniä komponentteja. Laitteiden ja komponenttien lisäksi asunnon kodinkoneet voidaan ottaa osaksi älykästä kodin hallintaa. Aikaisemmin tarkastelin DigitalSTROMin ja Futurehomen järjestelmien ohjaus- ja hallintakeinoja. Edellinen tarkastelu painottui tyypillisten omakotitalojen seurantaan ja hallintaan. Tyypillisiä kuormia, joita halutaan ohjata tai seurata ovat lämmitys, valaistus ja kodin turvallisuuteen liittyvät asiat. Nyt ja tulevaisuudessa uudet teknologiat ja innovaatiot mahdollistavat asunnon oman sähkötuotannon sekä varastoinnin. Tulevaisuudessa yksittäisten kuluttajien asema sähköverkossa muuttuu. Rakennukset voivat tuottaa ja varastoida sähköä sekä tarvittaessa myydä tai siirtää sähköä oikea-aikaisesti verkkoon päin. Akut varastoivat ja jakavat energiaa asunnosta esimerkiksi naapurin asuntoon sekä autosta asuntoon.

5.1 Aurinkopaneelit ja akusto

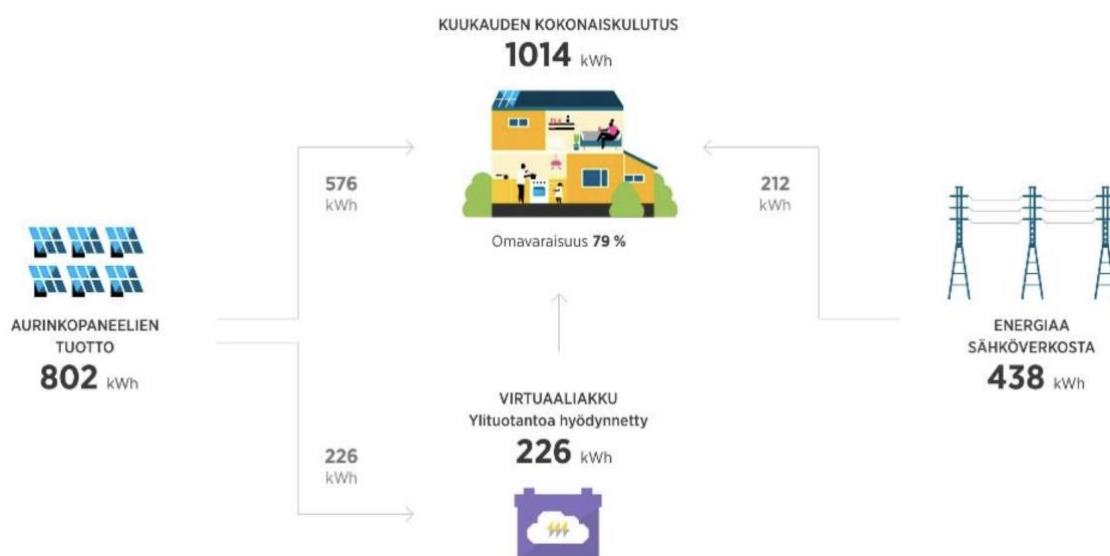
Viime vuosina aurinkopaneelit ovat yleistyneet kovaa vauhtia teollisuuden lisäksi myös yksittäisissä kotitalouksissa. Aurinkopaneelien hinnat ovat laskeneet kehityksen ja kilpailun ansiosta. Oikein mitoitettu aurinkovoimala omassa kodissa voi olla kannattava hankinta.

Aurinkosähköjärjestelmät voidaan kytkeä verkkoon tai olla kytkemättä, jolloin siitä tehdään suljettu järjestelmä. Järjestelmän tuottamaa sähköä voidaan käyttää suoraan omaan tarkoitukseen tai sitä voidaan myydä verkkoon. Yleisimmin aurinkopaneelit

sijoitetaan katolle ja invertteri sekä muut laitteistot sisätiloihin. Lisäksi järjestelmään on mahdollista liittää akusto, jolloin esimerkiksi päivällä tuotettua sähköä voidaan käyttää yöllä. [29.]

5.2 Virtuaaliakku

Helen Oy tarjoaa asiakkailleen mahdollisuutta käyttää virtuaaliakkua (kuva 25). Idea on erittäin näppärä ja yleistyy varmasti tulevaisuudessa. Aurinkoisena päivänä aurinkopaneelit tuottavat hyvin ja kun tuotanto ylittää kodin sen hetkisen kulutuksen, tallentuu ylituotanto virtuaaliakkuun. Vastaavasti kun aurinkopaneelit eivät tuota kodin senhetkisen kulutuksen tarpeen verran, virtuaaliakkuun talletetun sähkön saa maksutta takaisin omaan käyttöön. Virtuaaliakun avulla pystytään säästämään sähköenergiasta, sähkön siirtomaksuista sekä sähköverosta. [30.]



Kuva 25. Helen Oy:n kehittämä virtuaaliakku. [30.]

5.3 Sähköauton kaksisuuntainen lataus

Nykyiset sähköauton latauspisteet kuluttajilla lataavat auton akun täyteen haluttuun kellonaikaan mennessä. Lisäksi latauspisteet osaavat seurata asunnon sähkön kulutusta ja näin optimoida auton akun latauksen, jotta kuormat eivät kasva liian suuriksi.

“Vehicle-to-home” eli lyhennettynä V2H, tarkoittaa suomeksi sähköauton liittämistä kodin sähköverkkoon. Toiminnan ideana on ladata sähköauton akkua halvan sähkön aikaan tai silloin, kun aurinkopaneeleista on saatavilla sähköä päiväsaikaan. Kääntöpuolena akustosta voitaisiin ottaa sähkövirtaa kodin verkkoon. [31.]

Normaalin sähköauton latauksen lisäksi on mahdollisuus V2G eli “vehicle-to-grid” lataukseen. Tällä tarkoitetaan sähkön siirtämistä auton akusta sähköverkkoon, jolloin tasapainotetaan sähköverkkoa, esimerkiksi kysyntäjouston avulla. [32.]

Kaksisuuntainen lataus mahdollistaa akun latauksen sekä akusta sähkövirran saamisen sähköverkkoon. Tekniikka kehittyy kovaa vauhtia, mutta toimiakseen eri latauslaitteiden ja sähköautojen kanssa, tulee tekniikkaa kehittää lisää. Tällä hetkellä ainakin Nissan tarjoaa sähköautoja, joissa on mahdollista käyttää kaksisuuntaista latausteknologiaa. [32.]

Renaultilla on myös menossa pilottihanke, jossa se testaa kaksisuuntaista sähköauton latausta eri puolilla Eurooppaa. Kokeilun tavoitteena on kerätä tietoa sen toiminnasta isommassa mittakaavassa sekä saada arvokasta informaatiota tulevaisuutta varten. [33.]

6 Pohdintaa

Tutkiessani materiaaleja liittyen kysynnän joustoon ymmärsin asian tärkeyden. Tulevaisuudessa jokaisen yksilön vastuu ympäristön pelastamiseksi kasvaa. Jokapäiväiset pienet valintamme vaikuttavat isosti kokonaisuuteen. Sähköverkkoon lisätään jatkuvasti uusiutuvaa energiaa, mutta sitä ei ole aina saatavilla. Esimerkiksi aina

ei tuule, saati paista aurinko. Tällöin energiaa täytyy löytyä varastoista tai vaihtoehtoisesti säättää kulutusta asunnossa minimiin automaation avulla. Meidän siis täytyy mukautua muuttuviin olosuhteisiin. Sähköä tietysti saadaan silloin muualta kuten sähköyhtiöltä, mutta sitä tarvitsee silloin moni muukin. Tällöin sähköverkko kuormittuu, jolloin sähkön hinta kallistuu. Tärkeää on siis kehittää älykäs rakennus, joka pärjää erilaisissa olosuhteissa yksin. Älykoti osaa lukea säätietoja sekä seurata sähkön reaaliaikaista hintaa ja näin säättää kodin kuormia kuitenkin vaikuttamatta asuinmukavuuteen. Aiempaa dataa voitaisiin käyttää tulevaisuuden suunnitteluun.

Kodin automaatiojärjestelmä oppii lukemaan ihmisten liikkeitä, esimerkiksi milloin kotona ollaan läsnä ja milloin poissa. Lisäksi ihmisen täytyy itse olla aktiivinen järjestelmänsä kanssa muun muassa asettamalla haluttuja ohjauksia ja toimintoja vaikkapa kellonaikaan liittyen. Energiankulutus voidaan optimoida minimiin asunnon lämmitystä säättämällä läsnäolon mukaan. Töihin lähtiessä asuntoa ei tarvitse lämmittää tai jäähdyttää, vaan silloin voidaan säästää. Järjestelmä ymmärtää itse säättää lämmityksen tai viilennyksen oikea-aikaisesti, jotta ihmisen tullessa kotiin lämpötila on halutulla tasolla. Tulevaisuudessa jopa ihmisen mobiililaitteen sijaintitieto tai vastaavasti navigaattorin ilmoittama saapumisaika toimii signaalina.

Talon älykäs valaistus ymmärtää ihmisen vireystasoja. Se alkaa herättämään ihmistä lisäämällä valaistusta portaittain aamulla. Vastaavasti illalla järjestelmä säättää valaistusta pimeämmäksi. Lisäksi valot olisivat päällä vain ihmisten läheisyydessä. Sensorit seuraisivat ihmisen liikkeitä ja näin ohjaisivat valaistuksen ihmisen luokse ja sammuttaisivat turhat valaisimet muualta asunnosta. Eri valaistuksen väreillä voidaan myös luoda tunnelmaa.

Älykkäät kodinkoneet voidaan ajastaa pesemään pyykkiä yöllä, kun sähkö on halpaa tai kun uusiutuvaa energiaa on saatavilla. Suurempaa hyötyä voisi saada esimerkiksi älykkäistä sälekaihtimista/verhoista, jotka aukeavat automaattisesti, päästäten valoa ja lämpöä asunnon sisään.

7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tarkastella kysynnän jouston mahdollisuuksia omakotitalossa. Vertailin työssäni DigitalSTROM- ja Futurehome-järjestelmän eroja. Molemmilla järjestelmillä pystytään toteuttamaan kysynnän joustoa jossain määrin, mutta täydellistä hyötyä niistä ei vielä saada. Molemmat järjestelmät luovat hyvän pohjan tulevaisuutta ajatellen. Lisäksi ne ovat muokattavissa käyttäjän tarpeiden mukaan sekä niitä pystytään laajentamaan. Molemmilla järjestelmillä pystytään optimoimaan energian kulutusta ja näin säästämään energiaa ja rahaa. Mielestäni järjestelmien hinnat ovat vielä liian korkeat suhteessa mahdollisiin hyötyihin.

Tarjolla on todella paljon erilaisia järjestelmiä eri valmistajilta. Eri laitteiden yhteen saaminen, saati niiden toimiminen keskenään on vielä haastavaa, mutta jatkuvasti kehittyvät standardit ja pilottihankkeet vievät kokonaisuutta eteenpäin. Jotta kaikki kodin älykkäät järjestelmät pystytään laittamaan yhdeksi älykkääksi kokonaisuudeksi, tarvitaan älykkäitä avoimia rajapintoja, joihin voidaan liittää eri valmistajien laitteita. Hyvänä esimerkkinä on Zigbeeen ja Z-waven protokollat, joita voidaan liittää yhteen aikaisemmin esittelemäni Futurehomen avulla. Avoimien rajapintojen kautta löytyy paljon potentiaalia tulevaisuuden kannalta. Saatavilla on suuri määrä erilaista dataa, mutta ne täytyisi kaikki saada keskustelemaan ja ymmärtämään toisiaan. IoT eli esineiden internet kehittyi koko ajan ja siinä piilee paljon potentiaalia tulevaisuuden kannalta. Lisäksi lohkoketjuteknologia tuo uusia toimintamalleja markkinoille.

Jotta sähköyhtiö voisi ohjata esimerkiksi omakotitalon sähkökuormia, täytyisi sen toimia älykkäällä tavalla, jotta se ei vaikuta ihmisen elämään negatiivisesti. On olemassa lämminvesivaraajiin liitettyjä kuormanohjauskokonaisuuksia, jotka pienissä määrin toteuttavat kysynnän joustoa. Isompaa kokonaisuutta on vaikeampi hallita toistaiseksi. Toki täytyy aloittaa pienistä projekteista, jotta voidaan ymmärtää enemmän ja tämän tiedon avulla kehittää suurempia ja älykkäämpiä järjestelmiä. Sähköyhtiöiden täytyy myös tietää mahdollinen kuorman pudotuspotentiaali ja sen vaikutukset verkkoon.

Akustojen merkitys tulevaisuuden kodeissa tulee kasvamaan niin fyysisesti kuin virtuaalisesti. Erityisesti sähköautojen akusto tuo suuren potentiaalisen asuntoon sekä älykkääseen sähköverkkoon. Sähköautojen tulevaisuus vaikuttaa mielenkiintoiselta

kaksisuuntaisen latauksen suhteen. Nissanin ja Renaultin pilottihankkeet ja kokeilut vievät kehitystä eteenpäin sekä lähemmäksi kuluttajia. Kysynnän jouston tukena ja rinnalla, tällaisilla älykkäillä ratkaisuilla pystytään muuttamaan kuluttajan asemaa sähköverkossa.

Isossa roolissa on myös kysynnän jouston potentiaalin saaminen ihmisten tietoisuuteen. Lisäksi tärkeää olisi selkeyttää normaalille kuluttajalle erilaisia kokonaisuuksia, joita olisi tarjolla järkevään hintaan. Ihmiset ovat valmiita investoimaan järjestelmiin, jotka pystytään perustelemaan toimiviksi sekä tuomaan mukavuuden lisäksi taloudellista hyötyä.

Kokonaiskuvaa ajatellen tällä hetkellä nykysäädökset ja politiikka eivät vielä mielestäni kannusta investoimaan älykkäisiin ratkaisuihin kustannustehokkaasti. Tuhansien eurojen älyjärjestelmien asennuksella kokonaisvaltaisten älyjärjestelmien kehityksen murroksessa, mielestäni suurimman hyödyn tällä hetkellä saavuttaa omalla käyttäytymisellä sekä päivittäisillä valinnoilla. Omalla tekemisellä pystytään vaikuttamaan suuresti omaan sähkönkulutukseen, näin ollen älykkäät ratkaisut eivät vielä ole jokaisen kuluttajan valinta. Jos kokonaisvaltaisen älyjärjestelmän kustannukset omakotitalossa, mukaan lukien esimerkiksi aurinkopaneelit ja akustot, ovat kymmeniä tuhansia euroja, kuluttaja saattaa pohtia, onko siihen investointi kannattavaa. Lisäksi epävarmuutta tuo pelko siitä, onko järjestelmä tarpeeksi hyvä viiden, saati kymmenen vuoden päästä, kun vastaavaa ja kehittyneempää tekniikkaa voi saada huomattavasti halvemmalla.

Kuluttajille täytyisi tarjota kokonaisvaltaista pakettia, jossa olisi huomioituna riskit ja mahdollisuudet pysyä kehityksen mukana. Kukaan ei halua sijoittaa kalliiseen järjestelmään, jos sitä ei pysty muokkaamaan kehityksen edetessä. Uskon, että avoimiin rajapintoihin perustuvat järjestelmät ovat lohkoketjuteknologian kanssa ratkaisevassa asemassa tulevaisuudessa. Ihmisiä täytyisi kannustaa enemmän investoimaan älykkäisiin ratkaisuihin, esimerkiksi erilaisten tukien tai verotuksen näkökulmasta. Kokonaisvaltaisista ratkaisuista on vielä liian vähän tietoa ja kokemusta. Kehitys on oikeassa suunnassa, koska on tehtävä uusia kokeiluja ja ratkaisuja, jotta tulevaisuudessa sähköenergiaa riittää kaikille ja sitä voidaan optimoida älykkäästi niin jokaisen kuluttajan näkökulmasta kuin myös globaalisti.

Koin kysynnän jouston vaikeana aiheena opinnäytetyössä, koska kyseessä on iso kokonaisuus. Kokonaisuuteen vaikuttavat monet eri näkökulmat, kuten yksittäinen kuluttaja, sähköverkko, poliittiset ja taloudelliset sekä ilmastotekijät. Lisäksi on paljon erilaisia lakeja ja määräyksiä sekä vaatimuksia liittyen sähköverkkoon ja sen eri osaluaisiin.

Lähteet

- 1 Kysyntäjousto. 2020. Verkkoaineisto. Fingrid.fi
<<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyss/sahkomarkkinoiden-tulevaisuus/kysyntajousto/#kysyntajouston-projektit>> Luettu 13.4.2020.
- 2 Sähköporssin ammattisanasto. 2020. Verkkoaineisto. Energia.fi
<https://energia.fi/files/1149/Sahkoporssin_ammattisanasto.pdf> Luettu 13.4.2020.
- 3 Kysyntäjousto. 2020. Verkkoaineisto. Fingrid.fi
<<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyss/sahkomarkkinoiden-tulevaisuus/kysyntajousto/#tuntihinta>> Luettu 13.4.2020.
- 4 Reservituotteet ja reservien markkinapaikat. 2019. Verkkoaineisto. Fingrid.fi
<<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/reservit/reservituotteet-ja-reservien-markkinapaikat.pdf>> Luettu 13.4.2020.
- 5 Säätosähkö- ja säätökapasiteettimarkkinat. 2020. Verkkoaineisto. Fingrid.fi
<<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/reservit-ja-saatosahko/saatosahko--ja-saatokapasiteettimarkkinat/#saatotarjoukset>> Luettu 13.4.2020.
- 6 Energian hankinta ja kulutus. 2018. Verkkoaineisto. Tilastokeskus
<http://www.stat.fi/til/ehk/2018/04/ehk_2018_04_2019-03-28_kuv_022_fi.html> Luettu 13.4.2020.
- 7 Asumisen energiankulutus. 2018. Verkkoaineisto. Tilastokeskus
<http://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_kuv_002_fi.html> Luettu 24.4.2020.
- 8 Joustava ja asiakaskeinen sähköjärjestelmä. 2018. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö
<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/TEM_33_2018.pdf> Luettu 15.4.2020.
- 9 Direktiivi energiatehokkuudesta. 2012/27/EU. EUR-Lex.
- 10 Hyvinvointia sähköllä – visio 2030. 2020. Verkkoaineisto. Hyvinvointiasahkolla.fi
<<https://hyvinvointiasahkolla.fi/visio>> Luettu 14.4.2020.
- 11 Älyverkkotyöryhmän ehdotukset ja niiden tarkemmat perustelut. 2018. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö
<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/Liite_TEM_33_2018.pdf> Luettu 13.4.2020.

- 12 Valjasta lämminvesivaraajasi tekemään ympäristötekoja. 2018. Verkkoaineisto. Nivos.fi <<https://www.nivos.fi/joustopotti-palvelun-avulla-omakotiasukkaiden-lamminvesivaraajat-tekevat-pian-ekotekoja-lampenemalla>> Luettu 24.4.2020.
- 13 Diplomarbeit digitalSTROM. 2011. Verkkoaineisto. Digitalstrom.org <https://www.digitalstrom.org/wp-content/uploads/publications/papers/digitalSTROM_demonstrator_Berchtold.pdf> Luettu 18.4.2020.
- 14 DigitalSTROM. 2020. Verkkoaineisto. Digitalstrom.com <<https://www.digitalstrom.com/en/>> Luettu 18.4.2020.
- 15 Join the fascinating world of digitalSTROM. It is that easy. 2020. Verkkoaineisto. Youtube.com <<https://www.youtube.com/watch?v=J7XPc7vU1-4>> Luettu 18.4.2020.
- 16 Smartecno Tuoteryhmät. 2020. Verkkoaineisto. Kotiautomaatiokauppa.fi <<https://www.kotiautomaatiokauppa.fi/fi/valmistaja/digitalstrom>> Luettu 18.4.2020.
- 17 DigitalSTROM. 2020. Verkkoaineisto. Help.Digitalstrom.com <<https://help.digitalstrom.com/hc/en-us/articles/360008979534-Why-do-digitalSTROM-terminal-blocks-have-different-colours->> Luettu 18.4.
- 18 SVEN The digital assistant for your home. 2017. Verkkoaineisto. Files.finqu.com <<https://files.finqu.com/merchant/24381/factsheet-sven-13-en.pdf>> Luettu 20.4.2020.
- 19 Älykoti kaikille. 2020. Verkkoaineisto. Futurehome.io <<https://www.futurehome.io/technology>> Luettu 21.4.2020.
- 20 Zigbee Alliance. 2020. Verkkoaineisto. Zigbeealliance.org <<https://zigbeealliance.org>> Luettu 21.4.2020.
- 21 Z-Wave. 2020. Verkkoaineisto. Z-wave.com <<https://www.z-wave.com/learn>> Luettu 21.4.2020.
- 22 Futurehome Shop. 2020. Verkkoaineisto. Shop.futurehome.no <<https://shop.futurehome.no>> Luettu 22.4.2020.
- 23 Water /Electrical Heating Thermostat. 2020. Verkkoaineisto. Mcohome.com <<http://www.mcohome.com/upload/file/20180403/20180403172256.pdf>> Luettu 22.4.2020.
- 24 Fibaro Wall Plug. 2020. Verkkoaineisto. Fibaro.com <<https://www.fibaro.com/en/products/wall-plug/>> Luettu 21.4.2020.

- 25 Futurehome shop. 2020. Verkkoaineisto. Shop.futurehome.no
<<https://shop.futurehome.no/shop/product/zwa002-c-led-bulb-6-1934?page=2>>
Luettu 22.4.2020.
- 26 Smarthomebuilder. 2020. Verkkoaineisto. smarthusveilederen.no
<<https://smarthusveilederen.no>> Luettu 22.4.2020.
- 27 Futurehome X. 2020. Verkkoaineisto. Apps.apple.com
<<https://apps.apple.com/us/app/futurehome/id1470952171>> Luettu 22.4.2020.
- 28 Futurehome – Järjestelmä älykodin hallitsemiseen. 2020. Verkkoaineisto.
Gigantti.fi <<https://www.gigantti.fi/cms/futurehome/futurehome-jarjestelma-alykodin-hallitsemiseen/>> Luettu 22.4.2020.
- 29 Tarvittava laitteisto. 2018. Verkkoaineisto. Motiva.fi
<https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_v alinta/tarvittava_laitteisto> Luettu 25.4.2020.
- 30 Virtuaaliakku tallettaa aurinkosähkön. 2020. Verkkoaineisto. Helen.fi
<<https://www.helen.fi/aurinkopaneelit/sahko-varastointi/virtuaaliakku>> Luettu 25.4.2020.
- 31 Sähköautoista tulee osa älykästä verkkoa. 2016. Verkkoaineisto.
Electromobility.fi <<http://www.electromobility.fi/2016/11/sahkoautoista-tulee-osa-alykasta-verkkoa.html>> Luettu 25.4.2020.
- 32 Termit haltuun: kaksisuuntainen lataus ja Vehicle-to-Grid. 2018. Verkkoaineisto.
Virta.global <<https://www.virta.global/fi/blogi/kaksisuuntainen-lataus-ja-v2g>>
Luettu 25.4.2020.
- 33 World first: Groupe Renault starts piloting vehicle-to-grid charging in electric vehicles on a large scale. 2019. Verkkoaineisto. Media.group.renault.com
<<https://media.group.renault.com/global/en-gb/groupe-renault/media/pressreleases/21223215/premiere-mondiale-groupe-renault-experimente-a-grande-echelle-la-charge-bidirectionnelle-des-vehicul>> Luettu 3.5.2020.