



Kysynnän jousto

Kiinteistöautomaatiojärjestelmät osana kysynnän jouston toteutumista

Heikki Eskelinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

ESKELINEN HEIKKI:

Kysynnän jousto

Kiinteistöautomaatiojärjestelmät osana kysynnän jouston toteutumista

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Huhtikuu 2014

Energiateollisuus ry:n koordinoima sähkötutkimuspooli on käynnistänyt tutkimushankkeen, jonka tarkoituksena on selvittää Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut kysynnän jouston toteuttamiseen ja sen vaikutukset verkkoyhtiöille. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kiinteistöautomaatiojärjestelmien Suomeen soveltuvia käytännön ratkaisuja osana edellä mainittua kysynnän jousto -tutkimushanketta sekä pohtia, kuinka kysynnän jouston toteuttaminen tulisi huomioida uudiskohteiden kiinteistöautomaatiojärjestelmiä suunniteltaessa.

Kysynnän jousto -tutkimuksen tavoitteena on tasoittaa sähkön kulutusta ja vähentää huippukuormituksia siirtämällä kuormitusta pienemmän kulutuksen ajankohtaan. Perinteisessä energiajärjestelmässä sähkön tuotanto on seurannut kulutusta, mutta joustamatoman tuotannon, kuten uusiutuvan energian ja ydinvoiman lisääntyessä on kulutuksen seurattava tuotantoa. Kulutushuippujen aikaan on yleensä käytössä paljon ympäristöpäästöjä aiheuttavia energiantuotantomuotoja, joiden käyttöä tasaisella kulutuksella voidaan vähentää.

Opinnäytetyön tutkimusosuuden edetessä havaittiin, että kiinteistöautomaatiojärjestelmien laajasta tarjonnasta huolimatta ne ovat hyvin samankaltaisia. Tämä tarjoaa mahdollisuuden niiden osittaiseen valjastamiseen kysynnän jouston toteuttamiseen, käyttäen hyvin samankaltaisia vähäisiä muutoksia. Suurimmaksi haasteeksi havaittiin ulkopuolisen ohjaustiedon saattaminen osaan järjestelmistä muutoin kuin AMR-mittarin potentiaalivapaan vaihtokosketintiedon muodossa. Lisäksi poiskytketyn kuorman todellisen määrän todentaminen ja tiedon takaisinkytkentä palveluntarjoajalle havaittiin ongelmalliseksi tietyissä kiinteistöautomaatiojärjestelmissä.

Opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, että kaikki siinä käsitellyt järjestelmät soveltuvat varauksin kysynnän jouston toteuttamiseen, mutta toiset järjestelmät ovat tähän tarkoitukseen kuitenkin muita jossain määrin parempia. Moderneissa kiinteistöautomaatiojärjestelmissä vaadittavat muutokset kysynnän jouston toteutumisen osalta painottuvat lähinnä ohjelmallisiin muutoksiin sekä hintatiedon viemiseen järjestelmään. Näin ollen vaadittujen muutosten toteuttamista suhteutettuna saavutettavan kuormanohjauspotentiaalin määrään voidaan pitää teknillistaloudellisesti kannattavana.

Asiasanat: kysynnän jousto, kuorman ohjaus, kiinteistöautomaatio

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Building Services Engineering
Option of Electrical Building Services

ESKELINEN HEIKKI:

Demand Response

Building Automation Systems as a Component of Demand Response

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 4 pages

April 2014

Energy Industries Association has launched a research project to find practical solutions for the implementation of demand response and its impact on electrical network companies in Finland. The purpose of this study was to examine building automation systems that are suitable for practical solutions in Finland as a component of demand response. The thesis also studied how demand response should be considered in the implementation of new automation systems in the design of new buildings.

The goal of the study was to reduce peak loads and equalize the consumption of electricity by postponing it into a period of lower consumption. In the traditional energy system the production of electricity has followed the consumption, but with the increase of inflexible production of electricity, such as renewable energy and nuclear energy, the consumption must follow the production.

With the progress of the study, it was discovered that all the building automation systems are very similar. This offers a possibility to harness them partially for the implementation of demand response, using very similar and small changes. The greatest challenge was to provide the systems with outside control request information other than the AMR meter potential-free relay. Authenticating the data feedback to the service provider was also found to be problematic in certain building automation systems.

This thesis concludes that all systems studied here are suitable for demand response, however, some being better than others. The changes required for the implementation of demand response are mainly programmatic changes and changes in exporting data to the systems. The changes being small they can be considered very economical and profitable.

Key words: demand response, load control, building automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tavoite	6
1.2	Hankkeen kuvaus	6
2	KYSYNNÄN JOUSTOSTA YLEISESTI	8
2.1	Huipputehokuormitukset	8
2.2	Huipputehokuormien vaikutukset.....	10
2.3	Kustannusvaikutukset	11
3	TYYPPIKIINTEISTÖT JA ESIMERKKITAPAUKSET	15
3.1	Kiinteistöjen luokittelu	15
3.2	Tehonohjaus mahdollisuuksien määrittely	15
4	HUIPPUKUORMIEN OHJAUS.....	19
4.1	Huippukuormien rajoitus uudiskohteissa.....	19
4.2	Huippukuormien rajoitus olemassa olevissa kohteissa.....	19
4.3	Potentiaalisten ongelmien analyysi.....	19
4.4	Hajautetun tuotannon käyttäminen huippukuorman aikana	20
5	AUTOMAATIO- JA OHJAUSJÄRJESTELMÄT	21
5.1	Rajapinnat	21
5.1.1	Yleiset vaatimukset sähkö-, rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmille.....	22
5.1.2	Käyttöliittymät	24
5.2	KNX-pohjaiset ratkaisut	26
5.2.1	KNX Smart Metering	28
5.3	EnOcean langattomat yhteydet	29
5.4	Schneider Electric SmartStruxure Lite	30
5.5	Talomat	33
5.6	Fidelix FX-NET	34
5.7	LonWorks	36
5.8	Smarthome by EKE ent. EBTS.....	38
5.9	DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä.....	39
5.10	Yhteenvedo järjestelmien mahdollisuuksista kysynnän jouston suhteen.	42
6	OHJAUSTEN VAIKUTUS OLOSUHTEISIIN	45
7	KUSTANNUSVAIKUTUKSET ASENNUSMUUTOKSISSA JA SUUNNITTELUSSA	46
7.1	Olemassa olevat kiinteistöt	46
7.2	Uudiskohteet	47
8	POHDINTA.....	48

LÄHTEET	50
LIITTEET	52
Liite 1. Potentiaalisten ongelmien analyysi.....	53
Liite 2 DALI mittaustulokset	55

LYHENTEET JA TERMIT

DALI	Digital Addressable Lighting Interface
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
DR	demand response, kysynnän jousto
ST-pooli	sähkö tutkimuspooli
CEM	Customer Energy Manager
HBES	Home and Building electronic system
AMR	Automatic meter reading, Automaattinen mittarinluenta
TCP/IP	Internet liikennöinnin tiedonsiirto-protokolla
I/O	Input/output, tulo/lähtö
Smart Grid	Älykäs sähköverkko
prEN 50491-12	Yleiset vaatimukset kotien ja rakennusten sähköjärjestelmille (HBES) ja Rakennusautomaatio ja ohjausjärjestelmille (BACS) Osa 12 Smart Grid sovellusten erittely –kuluttaja rajapinnat ja puitteet
IEC 61850	Sähkönjakeluautomaation kommunikaatio
ISO/IEC 14543-3-10	Wireless Short-Packet (WSP) protocol optimized for energy harvesting
ISO/IEC 14908	LonWorks Standards

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite

Työn tarkoituksena on tutkia ja kartoittaa Suomen kiinteistökannan sähköverkostot ja etsiä niistä potentiaalia sekä teknisiä ratkaisuja kysynnän joustoon. Tämä suoritettiin osana Energiategollisuus ry:n koordinoiman energia-alan sähköverkko- ja palveluntuntoalan tutkimusta edistävän yhteistoimintaelimen Sähkötutkimuspoolin ”kysynnän jousto – Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut” hanketta. Hankkeeseen tehtiin TAMKissa neljästä eri tarkastelunäkökulmasta opinnäytetyöt kuluttajapään teknisistä ratkaisuista osana kysynnän jouston toteutumista. Kappaleet 1-4 ovat kirjoitettu hankkeeseen osallistuneiden Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelijoiden yhteistyönä.

Tämän työn tavoitteena oli tutkia älykkäitä kiinteistöautomaatiojärjestelmiä osana kysynnän jouston toteutumista. Kasvavana trendinä uudiskohteissa ja saneerauksissa on automaationjärjestelmien lisääntyminen. Tämä tarjoaa yhä monipuolisempia mahdollisuuksia kiinteistöjen kuormien ohjaukseen. Näitä lisääntyneitä toimintoja voidaan hyödyntää osana kysynnän jouston toteuttamista. Täytyy vain ratkaista, mikä on teknillistaloudellisesti kannattavaa toteuttaa ja kuinka saadaan vietyä tieto kuorman ohjauksen tarpeesta perille järjestelmiin sekä kuinka toteutuneesta kuorman ohjauksen määrästä saadaan tieto palveluntarjoajalle.

1.2 Hankkeen kuvaus

Projektin toteutukseen osallistuvat Tampereen teknillisen yliopiston sähkötekniikan ja rakennustekniikanlaitos, Tampereen ammattikorkeakoulun rakentamisen- ja teknologian-yksikkö, Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkömarkkinalaboratorio sekä näiden laajat poikkitieteelliset yhteistyöverkostot.

Sähkötutkimuspooli on käynnistänyt tutkimushankkeen, jossa tarkastellaan Suomeen soveltuvia käytännön ratkaisuja kuorman ohjaamiseksi sekä kysyntäjouston vaikutuksia jakeluverkkoyhtiöille. Hankkeen tarkoituksena on täydentää Cleen Oy:n Smart Grids and Energy Market (SGEM) -tutkimusohjelman tutkimusta aihealueelta. Tarjouspyynn-

nön mukaisesti hankkeen onnistunut toteuttaminen edellyttää laajaa poikkitieteellistä osaamis pohjaa ja yhteistyötahojen verkostoa. (Projektisuunnitelma v.2.1 2013)

Projektin tulostavoitteeksi on asetettu suosituksia liittyen tekniseen kiinteistön sähköverkon suunnitteluun ja lainsäädännön muutostarpeisiin sekä sähkömarkkinamallin kehittämiseen. Tavoitteena on myös analysoida kysynnän jouston aiheuttamia vaikutuksia jakeluverkkoyhtiöille sekä kuinka vaikutuksiin pystytään vastaamaan.

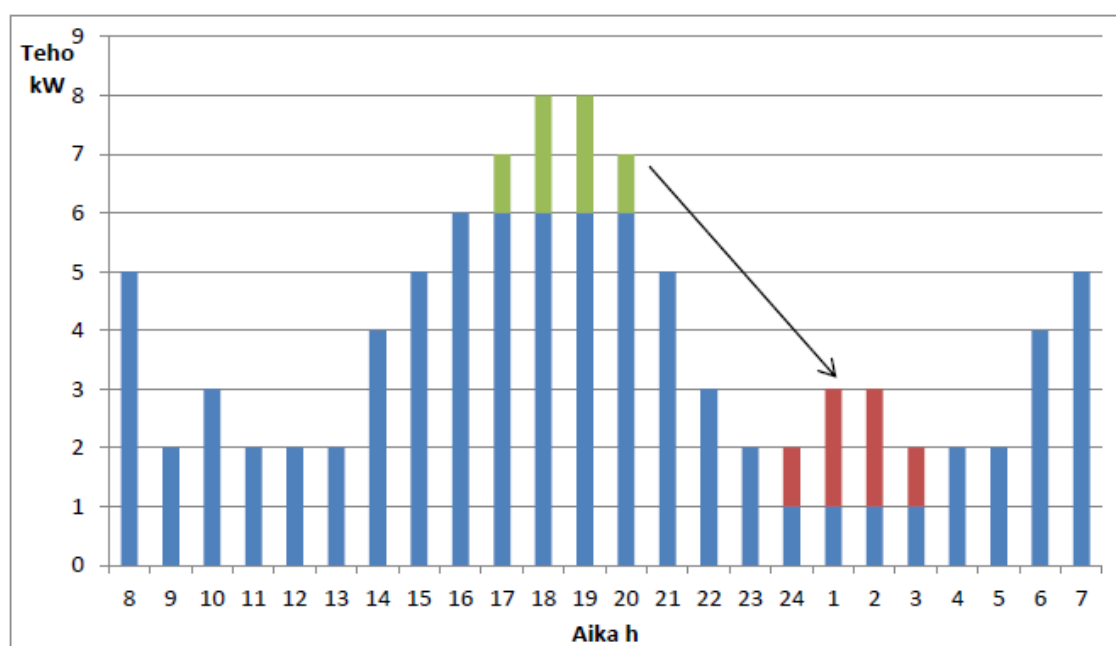
Kokonaisuudessaan hanke jakautuu viiteen eri osatehtävään, joidenka toteutus pyritään tuottamaan hankkeen kaikkien eri osapuolten yhteistyönä. Osatehtävät 2, 3 ja 5 kuuluvat TAMK:n ja TTY:n painopisteeseen ja osatehtäviin 1 ja 4 kohdistuu LUT:n tutkimus.

- 1) Kysynnän jouston tarpeet, hinnoittelurakenteet ja markkinamekanismit
- 2) Kysynnän jouston teknis-taloudellinen potentiaali
- 3) Kuluttajapään tekniset ratkaisut erilaisissa kohteissa
- 4) Kysyntäjouston vaikutukset jakeluverkkoyhtiöille
- 5) Lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta

Hankkeen puitteissa järjestetään myös työpajoja, joihin pyritään hankkimaan paljon asiantuntijoita yritysmaailmasta käyttäen hankkeen toteuttajien laajaa yhteistyöverkosta. Työpajojen kautta pyritään levittämään hankkeessa selvinneitä tuloksia alan toimijoiden keskuuteen. (Projektisuunnitelma v.2.1 2013)

2 KYSYNNÄN JOUSTOSTA YLEISESTI

Kysyntäjoustolla tarkoitetaan sähkönkäytön hetkellistä vähentämistä tai käytön siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan, kuten kuviossa 1 on esitetty. Kysyntäjoustoa tarvitaan lisää, kun joustamattoman tuotannon, esim. ydinvoiman ja uusiutuvan energian, määrä verkossa lisääntyy. Joustamaton tuotanto asettaa haasteita nykyiselle markkinamallille, jossa vain energialla käydään kauppaa. Kysyntäjouston lisääminen on yksi toimenpide, jolla yritetään turvata nykyisen markkinamallin säilyminen jatkossakin. (Kysyntäjousto 2014. Fingrid)



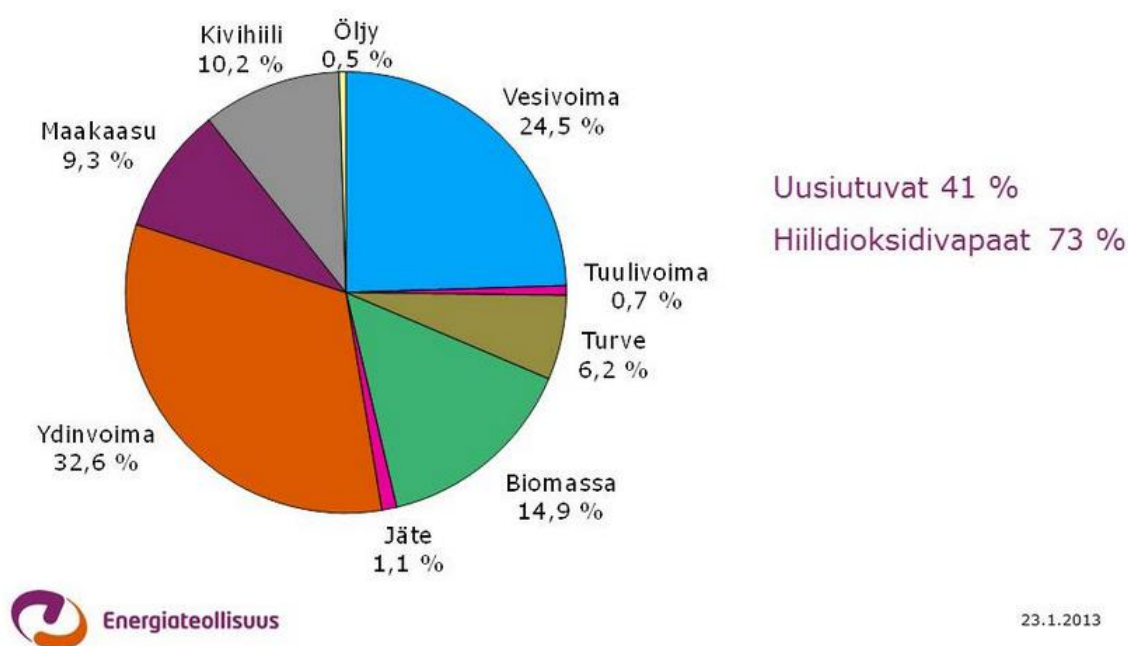
KUVIO 1. Kysynnän jouston havainnollistaminen (Grip K. 2013)

2.1 Huipputehokuormitukset

Perinteisessä energiajärjestelmässä tuotanto on seurannut kulutusta, mutta tuuli- ja auringonvoiman sekä tasaisesti ajettavan ydinvoiman lisääntyessä osan sähkön kulutuksesta tulisikin seurata tuotantoa ja järjestelmään tulisi nykyistä enemmän sisällyttää kysynnän joustoa ja energiavarastoja. Sähkön kysyntäjouston edistäminen on keskeinen tavoite älykkään sähköverkon kehittämisessä. Valtakunnallisten sähköntehohuippujen aikaan energian hinta yleensä nousee selvästi, ja näiden aikaan on käytössä myös paljon päästöjä aiheuttavia energiantuotantomuotoja. Kysyntäjouston avulla voidaan sähkönkulutusta siirtää sähköntehohuipuista toisiin ajankohtiin, tai korvata sähkön tarve jollain vaih-

toehtoisella tavalla. Vastaavasti sähkön kysynnän kuoppien ajankohtiin on mahdollista lisätä sähkönkulutusta korvaamalla muita energiamuotoja. Kuviossa 2 on esitettyä sähkötuotanto Suomessa energialähteittäin vuonna 2012. Sähkönjakeluverkon tasolla saattaa kuitenkin esiintyä tilanteita, jolloin verkon huippukuormitus osuu ajankohtaan, jolloin energia olisi halpaa, mikä lisää kysynnän joustoon problematiikkaa. Joustavasti käyttäytyvä ja ohjattavissa oleva kuormitus muodostaa merkittävän potentiaalin myös koko voimajärjestelmän erilaisille reserveille. Kysynnän jousto on laaja kokonaisuus, joka sisältävät järjestelmävastaavan, tasevastaavan, sähkönmyyjän, jakeluverkkoyhtiön sekä asiakkaan näkökulmat. (Projektisuunnitelma v.2.1 2013)

Sähkön tuotanto energialähteittäin 2012 (67,7 TWh)



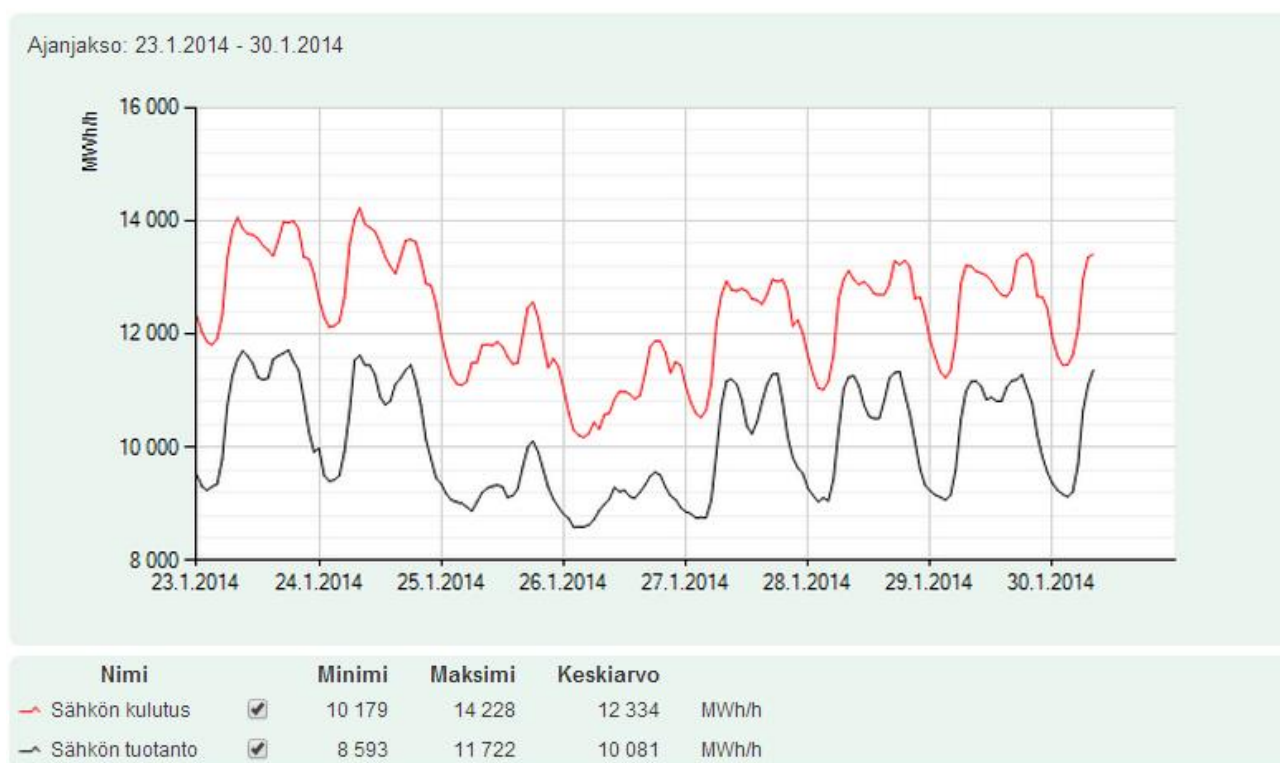
KUVIO 2. Sähkön tuotanto energialähteittäin 2012
(Sähkön tuotanto, 2013)

Sähkøyhtiöillä oli ennen sähkömarkkinoiden vapautumista osin yhtiökohtaisia, osin yhteiseen kytkentäsuositukseen perustuvia vaatimuksia erityisesti sähkölämmityskiinteistöjen tehonrajoituksista ja tehonohjausvarauksista. Vastaavia yhtiökohtaisia ohjeita on edelleen laajasti olemassa. Yleisesti kiinteistöjen sähköverkoja tai niiden ohjausjärjestelmiä ei ole suunniteltu eikä suunnittelua ole ohjattu ottamaan huomioon kuormanohjaustarpeita. Kuorman ohjauksen käyttöönotto edellyttää uusien kiinteistöjen

sähköverkon ja laitevalintojen suunnittelun tavoitteellista ohjausta. Olemassa olevien kiinteistöjen järjestelmien muuttaminen on kuitenkin keskeistä merkittävän tehopotentialin saamiseksi, vaikka siihen liittyy suuria haasteita käytännön toteutuksissa. (Projektisuunnitelma v.2.1 2013)

2.2 Huipputehokuormien vaikutukset

Huippukuormajaksoja esiintyy sähköverkossa vuorokausittain ja niiden suuruus ja kesto ovat pitkälti ennustettavissa. Syitä jaksoihin ovat ihmisten säännölliset asumistottumukset. Esimerkiksi asuinrakennusten sähkönkulutus lisääntyy voimakkaasti kello viiden jälkeen iltapäivällä, suurimman osan ihmisistä palattua töistä. Kulutuksen voidaan nähdä jälleen laskevan kello seitsemän jälkeen iltapäivällä. Tämä on havaittavissa kuviossa 3 esitetystä sähkönkulutuksen profiilissa.



KUVIO 3. Sähkön kulutus ja tuotanto MWh/h 23-30.1.2014 (Kulutus ja tuotanto, 2014)

Huippukuormavoimaloiden tarkoituksena on pitää verkon taajuus vakiona. Siirtoverkon taajuus alkaa pudota, kun verkon kuormitus kasvaa liian suureksi. Tämä johtuu käytännössä voimakoneiden kapasiteetin ylittymisestä, joka hidastaa niiden pyörintänopeutta.

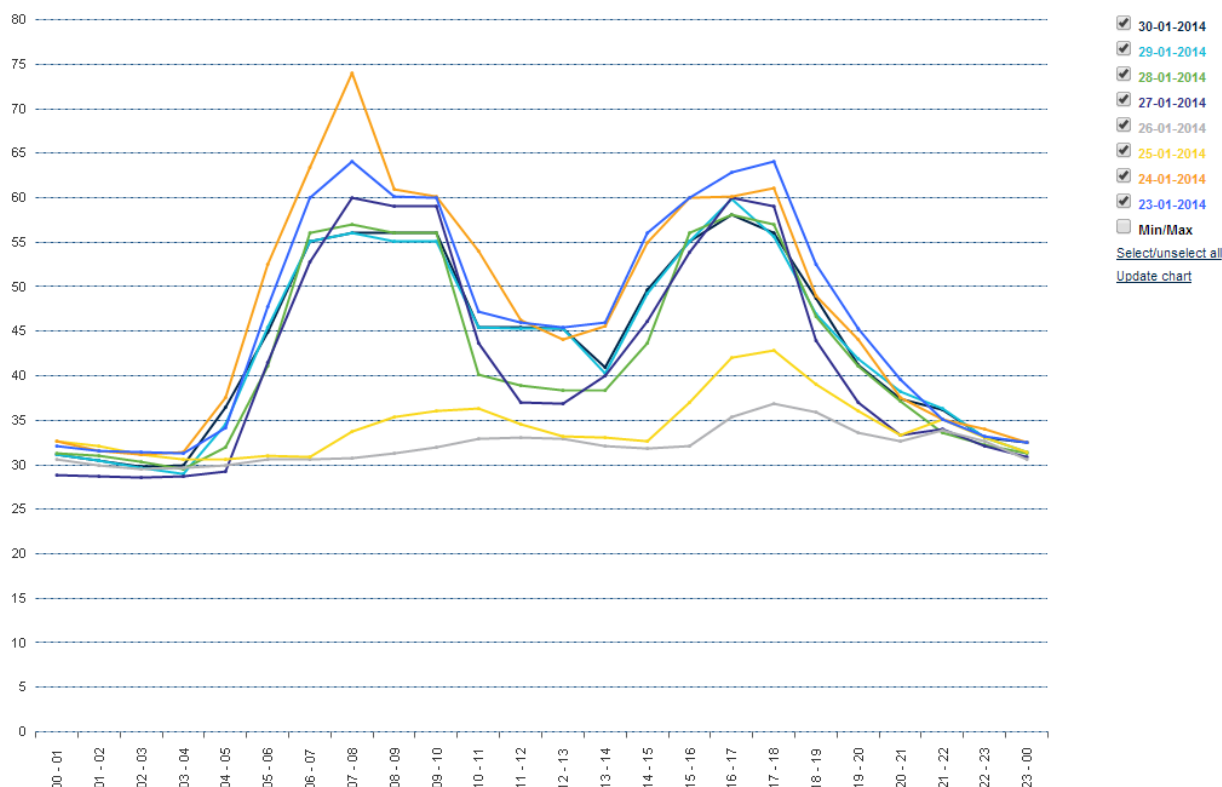
Huippukuormitustilanteissa joudutaan tyypillisesti turvautumaan huippukuormavoimoihin, jotka käyttävät esimerkiksi öljyä polttoaineenaan. Tämän tyyppisten voimalaitosten tarkoituksena on turvata keskeytymätön sähköjakelu huippukuormituksen aika, eikä niinkään tuottaa energiaa mahdollisimman tehokkaasti ja päästöttömästi. Kyseisillä voimalaitoksilla sähköntuotanto saattaa olla jopa tappiollista verkkoyhtiöille, mikä lisää tarvetta kulutushuppujen tasaamiselle.

Kysynnän jouston aiheuttamat muutokset heijastuvat suuresti Suomen sähköverkon aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Fossiilisia polttoaineita käyttävien huippukuormalaitosten vähentynyt käyttöaste pienentää osaltaan sähköntuotannon aiheuttamia päästöjä. Kysynnän jousto tarjoaa myös mahdollisuuden käyttää energiaa siihen aikaan päivästä, jolloin esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoiman tuottama teho on suurimmillaan. Tämä tarkoittaa tulevaisuudessa erityisesti uusiutuvien energianlähteiden tuotantokapasiteetin kasvaessa, aiempaa suurempaa ekologisen energian käyttöasetta esimerkiksi sähköautojen latauksessa.

Sähköverkon kuormitus pyritään kysynnän jouston avulla tasaamaan. Tämä tarkoittaa varsinkin pitkällä siirtoyhteyksillä tehonsiirtohäviöiden pienentymistä, joka edelleen säästää energiaa käytettäväksi kulutuskohteissa. Vähentyneet hiilidioksidipäästöt helpottavat Suomen asemaa EU:n asettamissa päästökaupparamääräyksissä, joka vaikuttaa teollisuuden kilpailukykyyn.

2.3 Kustannusvaikutukset

Kysynnän joustossa ei ole tarkoituksena vähentää kokonaiskulutusta. Osana kysynnän jouston toteutumista sähkön keskihinta tulee laskemaan ja sähkön tuntikohtaiset hintavaihtelut pienenevät, joka taas itsessään syö kysynnän jouston toimintaperiaatetta sekä mielekkyyttä siihen osallistumiseen kuluttajan näkökulmasta. Kuviossa 4 on esitettyinä erään ajanjakson tuntikohtaiset sähkön spot – hinnat. Tuntikohtaiseen hintaan vaikuttaa mm. kulutusennusteet ja sääolosuhteet.

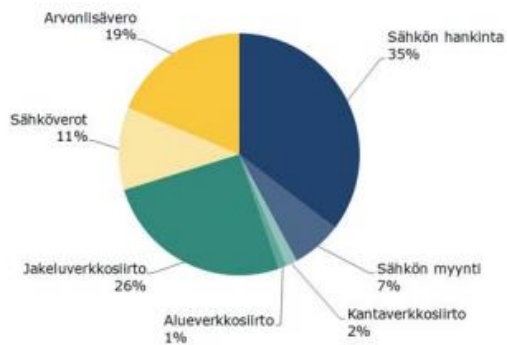


KUVIO 4. Sähkön tuntihinta €/MWh 23-30.1.2014 (ElSpot. 2014. NordPool)

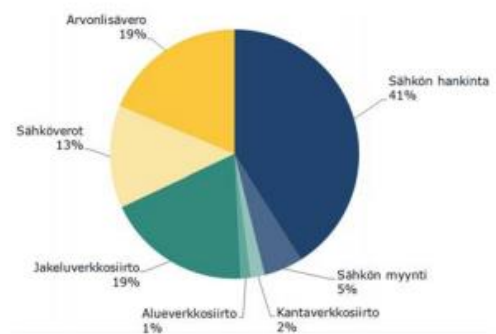
Sähkö hinta muodostuu kuluttajalle sähköenergian tuotannosta ja sähkösiirrosta. Kuluttaja voi ostaa sähköenergian haluamaltaan tuottajalta, esimerkiksi Fortum, Tampereen Sähkölaitos tms. Sähkön siirtoon asiakas ei voi luonnollisesti vaikuttaa, sähköä siirtävä verkkoyhtiö määräytyy asiakkaan sijainnin mukaan.

Asiakas maksaa sähkölaskussa sekä kuluttamastaan sähköstä että sähkön siirrosta. Tämän lisäksi asiakkaan maksettavaksi tulee erilaisia veroja. Sähkönmyyntiyhtiöitä voi kilpailuttaa, siirtoa ei. Sähkön hinnan muodostuminen on kuvattu kuviossa 5.

Tyypillisen kotitalouskuluttajan sähkön hinnan muodostuminen

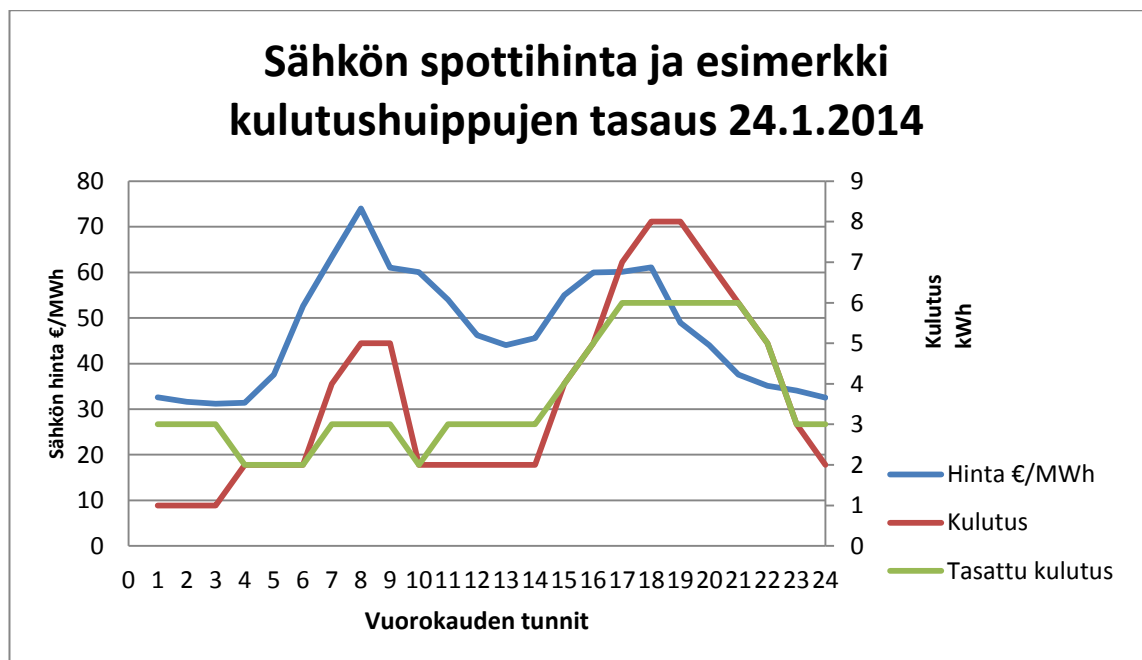


Tyypillisen sähkölämmittäjän sähkön hinnan muodostuminen



KUVIO 5. Sähkön hinnan muodostuminen. (Sähkön hinta pähkinäkuoressa, 2011)

Kuviossa 6 on esitettyä esimerkki kulutushuippujen tasaamisesta sekä sen kustannusvaikutuksista taulukossa 1. Kuten esimerkistä voidaan todeta, normaalissa ja tasatussa kulutuksessa kulutetaan saman verran sähköenergiaa, mutta kulutuksen intensiteetti painottuu eri vuorokauden ajankohtiin. Tässä esimerkissä sähköenergian kulutuksen tasaamisella päästään viiden prosentin säästöön energiakustannuksissa. Suurempiinkin säästöprosentteihin voidaan päästä, jos sähkön hintavaihtelut ovat radikaalimpia, kuin tässä esimerkissä, mutta todennäköisesti säästöprosentti pysyy alle kymmenen.



KUVIO 6. Esimerkki kulutushuippujen tasauksesta. (Salminen S. 2014)

TAULUKKO 1. Kulutushuippujen tasauksen vaikutus kustannuksiin. (Salminen S. 2014)

KULUTUS			SPOT HINTA		HINTA/TUNTI		
NORMAALI	TASATTU	NORMAALI			TASATTU		
kWh		Klo	Klo	€/MWh	€	€	
1	3	00 - 01	00 - 01	32,62	0,03262	0,09786	
1	3	01 - 02	01 - 02	31,6	0,0316	0,0948	
1	3	02 - 03	02 - 03	31,16	0,03116	0,09348	
2	2	03 - 04	03 - 04	31,38	0,06276	0,06276	
2	2	04 - 05	04 - 05	37,6	0,0752	0,0752	
2	2	05 - 06	05 - 06	52,58	0,10516	0,10516	
4	3	06 - 07	06 - 07	63,38	0,25352	0,19014	
5	3	07 - 08	07 - 08	74,02	0,3701	0,22206	
5	3	08 - 09	08 - 09	61	0,305	0,183	
2	2	09 - 10	09 - 10	60,07	0,12014	0,12014	
2	3	10 - 11	10 - 11	53,98	0,10796	0,16194	
2	3	11 - 12	11 - 12	46,23	0,09246	0,13869	
2	3	12 - 13	12 - 13	44,07	0,08814	0,13221	
2	3	13 - 14	13 - 14	45,57	0,09114	0,13671	
4	4	14 - 15	14 - 15	54,96	0,21984	0,21984	
5	5	15 - 16	15 - 16	60	0,3	0,3	
7	6	16 - 17	16 - 17	60,09	0,42063	0,36054	
8	6	17 - 18	17 - 18	61,09	0,48872	0,36654	
8	6	18 - 19	18 - 19	48,94	0,39152	0,29364	
7	6	19 - 20	19 - 20	44,06	0,30842	0,26436	
6	6	20 - 21	20 - 21	37,61	0,22566	0,22566	
5	5	21 - 22	21 - 22	35,09	0,17545	0,17545	
3	3	22 - 23	22 - 23	34,04	0,10212	0,10212	
2	3	23 - 00	23 - 00	32,51	0,06502	0,09753	
YHT.	88	88				4,46434	4,21983

SÄÄSTÖ 0,24451 €

5 %

3 TYYPPIKIINTEISTÖT JA ESIMERKKITAPAUKSET

3.1 Kiinteistöjen luokittelu

Suomen rakennuskanta voidaan jakaa osiin käyttämällä tilastokeskuksen rakennusluokistusta vuodelta 1994. Rakennusluokitus on hyvä työkalu pohdittaessa erilaisia tyypillisiä esimerkkikiinteistöjä ja kysynnän jouston kannattavuutta niiden sähkön kulutuksen optimoinnissa. Näiden tietojen pohjalta hankittiin erilaisten kohteiden sähkösuunnitelmadokumentteja yhteistyökumppaneilta. Projektissa käytetyt sähkösuunnitelmadokumentit valikoitiin siten, että erilaisista kohteista saatiin kattavasti kuvia eri aikakausilta. Pidimme tätä tärkeänä koska sähkölaitoksilla on asiakkaina suuri määrä erilaisia kiinteistöjä, jotka on rakennettu eri aikakausina ja täysin eri lähtökohdista.

Esimerkkikiinteistöjen avulla laadittiin mallitapauksia erityyppisten kiinteistöiden sähkökulutuksesta ja sen jakaantumisesta kiinteistön erilaisten sähköjärjestelmien kesken. Esimerkkitapaukset antavat tietoa erilaisten kohteiden todellisista tehonpudotus mahdollisuuksista.

3.2 Tehonohjaus mahdollisuuksien määrittely

Tehonohjauksen mahdollisuuksien määrittelyä varten laadittiin kuvion 7 mukainen taulukko, johon eritellään kohteen keskuskaavioista näkyvien lähtöjen perusteella erilaiset kuormitukset. Taulukkoon on myös merkitty mahdollinen pudotettavissa oleva teho ja toisaalta tehot joihin ei voida vaikuttaa tai joiden ohjaaminen ei olisi kohtuullista asiakkaalle.

Luokka	Tyyppi	Lämmitysmuoto	> 1970	1970-1980	1980-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2005-2010	2011-
Asuinrakennukset	Pientalo	Sähkölämmitys ("suora")									
		Sähkölämmitys (varaaja)									
		Öljy/kaukolämpö									
		Maalämpö									
		Lämpöpumput/"seka"									
	Rivitalo	Sähkölämmitys ("suora")									
		Öljy/kaukolämpö									
		Maalämpö									
	Kerrostalo	Öljy/kaukolämpö									
		Maalämpö									
Hoitoalanrakennukset	Lomakiihteistö	Sähkölämmitys ("suora")									
		Muu									
Opetusrakennukset	Toimistorakennukset	Terveyskeskukset									
		Sairaala									
		Päiväkodit									
Toimistorakennukset	Myymälärakennukset	Koulut									
		Korkeakoulut									
Toimistorakennukset	Myymälärakennukset	Toimistorakennukset									
		Myymälärakennukset									

KUVIO 7. Periaatekuva tietojen keräykseen käytetystä taulukosta (Harsia P. 2013)

Tapausten esittelyä varten laadittiin erityyppisiä tutkimuskohteita, joiden avulla havainnollistetaan esimerkkitapauksia. Kuviossa 7 esitetään vihreällä värillä työssä käytetyt tutkimuskohteet.

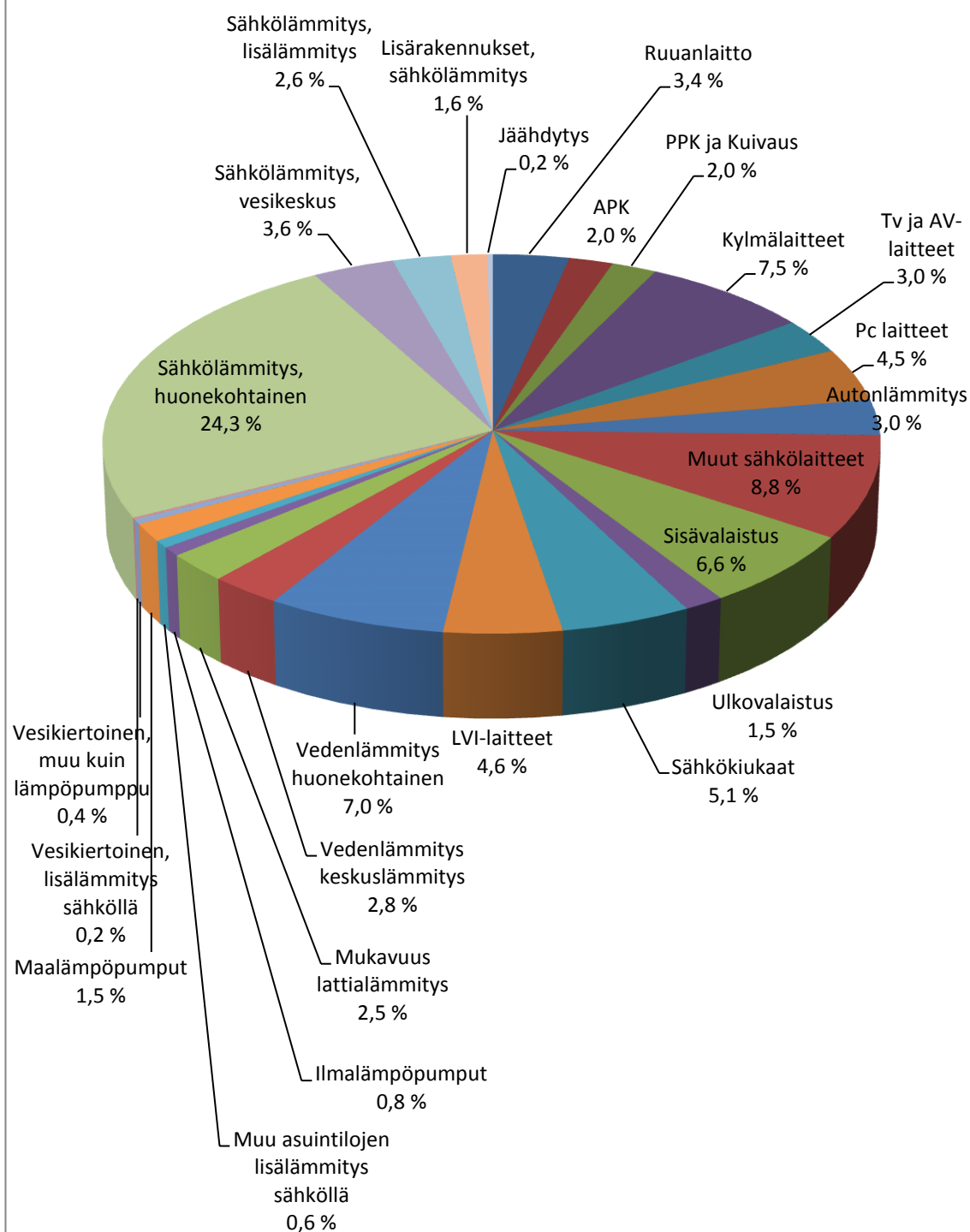
Kun tyyppikiinteistöt ja Suomen rakennuskanta on tiedossa, niin voidaan taulukossa 2 esitettyjen kulutustietojen perusteella arvioida varovaisesti, kuinka suuri potentiaali Suomen asuinkiinteistökannasta on saatavilla kuormanohjauksen piiriin. Asuinkiinteis-

töjen kulutustiedot ovat lisäksi havainnollistettu kuiviossa 8. Kulutustiedoista on havaittavissa, että yli puolet asuinkiinteistöjen käyttämästä sähköenergiasta kuluu kiinteistön lämmittämiseen.

TAULUKKO 2. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011 (Kotitalouksien sähkönkäyttö, 2011)

Kodinsähkölaitteet	GWh	%
Ruuanlaitto	632	3
APK	367	2
PPK ja Kuivaus	373	2
Kylmälaitteet	1410	7
Tv ja AV-laitteet	564	3
Pc laitteet	848	4
Autonlämmitys	571	3
Muut sähkölaitteet	1649	9
Sisävalaistus	1230	6
Ulkovalaistus	290	2
Yht.	7934	41
Asunnon lämmitykseen liittyvä kulutus		
Sähkökiukaat	948	5
LVI-laitteet	861	4
Vedenlämmitys huonekohtainen	1307	7
Vedenlämmitys keskuslämmitys	520	3
Mukavuus lattialämmitys	464	2
Ilmalämpöpumput	142	1
Muu asuintilojen lisälämmitys sähköllä	122	1
Maalämpöpumput	287	1
Vesikiertoinen, muu kuin lämpöpumppu	79	>1
Vesikiertoinen, lisälämmitys sähköllä	29	>1
Sähkölämmitys, huonekohtainen	4562	24
Sähkölämmitys, vesikeskus	681	4
Sähkölämmitys, lisälämmitys	485	3
Lisärakennukset, sähkölämmitys	303	2
Jäähdytys	46	>1
Yht.	11302	59

Suomen asuinkiinteistöjen sähkönkäytön jakautuminen vuonna 2011



KUVIO 8. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011(Kotitalouksien sähkönkäyttö, 2011)

4 HUIPPUKUORMIEN OHJAUS

4.1 Huippukuormien rajoitus uudiskohteissa

Uudiskohteissa huippukuormien rajoittaminen pystytään totuttamaan kustannustehokkaammin, kuin olemassa olevissa kohteissa. Rajoituksen toteuttamiseen on useita eri vaihtoehtoja ja niiden toteuttaminen tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Suurin este kuorman ohjauksen toteutumiselle ei ole olemassa olevan tekniikan puute, vaan teknillistaloudellisesti kaikille osapuolille kannattavan ratkaisun rakentamisessa.

4.2 Huippukuormien rajoitus olemassa olevissa kohteissa

Pienillä muutoksilla tehoreserviin olisi mahdollista valjastaa merkittäviä määriä olemassa olevia kiinteistöjä. Olemassa olevissa kohteissa rajoituksen toteutettavuus riippuu paljon kohteen sähköverkon rakenteesta ja olemassa olevista ohjausmahdollisuuksista. Jesse Rantasen opinnäytetyössä tutkittiin asuinrakennusten ja Joona Siivosen työssä julkisten kiinteistöjen ohjauspotentiaalia aikakausittain.

4.3 Potentiaalisten ongelmien analyysi

Pitkälle automatisoituja etäohjauksia toteutettaessa on syytä perehtyä ohjausten mahdollisesti aiheuttamiin potentiaalisiin ongelma- ja vaaratilanteisiin. Kysynnän jouston teknisessä toteutuksessa on syytä ottaa huomioon ohjausten välittömät ja välilliset vaikutukset turvallisuuteen. Kuviossa 9 on esitettyä osakopio potentiaalisten ongelmien analyysistä ja koko analyysi on tarkasteltavana liitteessä 1.

Ohjattava järjestelmä		
Liesi/uuni	Pesukoneet	Sähköautojen lataus
Valvomaton laitteiden käyttö ¹⁾	Valvomaton laitteiden käyttö ¹⁾	Vähäinen latauksen ajoon lähettäessä, akustojen vanheneminen
Tulipalo	Vesivahinko, tulipalo	Ajon keskeytyminen, akustojen uusimisen tarve
Sähkökatkon jälkeen laite käynnistettävä uudestaan. Älykkäät sähkölaitteet	Sähkökatkon jälkeen laite käynnistettävä uudestaan. Älykkäät sähkölaitteet	Älykäs akustojen lataus

KUVIO 9. Potentiaalisten ongelmien analyysi, osakopio.

4.4 Hajautetun tuotannon käyttäminen huippukuorman aikana

Paikallisen pientuotannon kannattavuuden voidaan päätellä parantuvan, mikäli paikallinen kysyntä vastaa kasvaneeseen tuotantoon. Verkon toiminta tehostuu, mikäli pienien tuotantoyksiköiden tuottamaa tehoa ei tarvitse siirtää kauas. Esimerkiksi älykkäät sähköautojen latausasemat voisivat ladata autojen akustoja, kun pientuotannon tuottama teho olisi suurimmillaan. Vastaavasti latausasemat voisivat purkaa akustoja sähköverkon käyttöön kulutushuippujen aikana.

Jos kiinteistössä on käytössä omaa pientuotantoa huippukuormituksen aikaan, ei tehonrajoitusta tarvitse välttämättä toteuttaa kyseisessä kohteessa, eikä se ole välttämättä kannattavaakaan. Jos pientuotannon tuottama teho pystyy kattamaan kiinteistön hetkellisen tehonrajoituksen ohjaaman kuorman tehontarpeen, ei tehonrajoitusta kannata toteuttaa, ainakaan kuluttajan näkökulmasta. Sähköverkon kannalta tehonrajoitus kannattaisi silti tässäkin tilanteessa toteuttaa ja käyttää pientuotannon teho muun verkon tarpeeseen. Tämä edellyttäisi kuluttajan näkökulmasta spot -hintaista syöttötariffia pientuotantoon.

5 AUTOMAATIO- JA OHJAUSJÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa käsitellään automaatiojärjestelmien rajapintoja ja erilaisia nykyaikaisia älykkäitä automaatio- ja ohjausjärjestelmiä osana kysynnän jouston toteutumista kuluttajapään teknisissä ratkaisuissa. Järjestelmistä käsitellään niin kotitalouksille suunnattuja suljettuja I/O tyyppisiä automaatio- ja ohjausjärjestelmiä kuin suurten kiinteistökokonaisuuksien hallintaan soveltuvia avoimeen arkkitehtuuriin perustuvia väyläpohjaisia järjestelmiä. Lisäksi tarkastellaan DALI-valaistuksenohjausjärjestelmää ja sen mahdollisuuksia suurten valaisin massojen valjastamiseksi kysynnän jouston toteuttamiseen. Jokaisen järjestelmän kohdalla pohditaan, millä tavoin on mahdollista tuoda hintaohjaussignaali järjestelmään. Vaihtoehtoisia tapoja ovat AMR -mittarin potentiaalivapaana kosketintietona, jolla ohjaus on mahdollista toteuttaa kaikissa järjestelmissä. Lisäksi niissä järjestelmissä, joihin tiedon tuonti on mahdollista muutoin kuin kosketin tietona, on pohdittu näiden muiden tapojen tarjoamia etuja ja mahdollisuuksia sekä järjestelmiin vaadittavia muutoksia.

Tässä työssä käsitellään kiinteistöjen sähköverkkoja rakennetta hyvin yleisellä tasolla, keskittyen kiinteistöautomaatiojärjestelmiin. Hankkeeseen liittyen kiinteistöjen sähköverkkojen rakennetta käsiteltiin tarkemmin Joonas Sihvosen ja Jesse Rantasen opinnäytetoissa.

5.1 Rajapinnat

Avointein kiinteistöautomaatiojärjestelmien toteutuksen eli integraation keskeisimpänä ongelmana on ollut jo pidempään tiedonsiirto eri laitteiden ja järjestelmien välillä. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä tarvitsee toimiakseen muutakin kuin automaatiolaitteet. Saumattomasti toimiva kokonaisuus tarvitsee lisäksi tietoliikennelaitteet, tietoliikenneprotokollat, tietoliikennepalvelut ja tietokantarajapinnat. Näiden kaikkien saumattoman integraation mahdollistajaksi on kehitetty useita erilaisia rajapintoja, jotka mahdollistavat tietojen siirron järjestelmien ja ohjelmien välillä. Käyttäjä ei voi havainnoida rajapintojen olemassa oloa käytännössä millään muulla tavoin kuin, että kiinteistöautomaatiojärjestelmä toimii. (Piikkilä V. 2007)

Käytössä olevia ja olleita standardoituja tiedonsiirto rajapintoja on useita:

- Microsoftin ActiveX
- BACnet (Automation And Control networks)
- COBRA (Common Object Request Broker Architecture)
- DDE (Dynamic Data Exchange)
- LNS (LonWorks Network Services)
- oBix (Open Building Information eXchange)
- ODBC (Open Database Connectivity)
- OPC (Ole for Process Control)
- SOAP (Simple Object Acces Protocol)
- XML-rajapinnat
- WSDL (Web Services Description Language)
- PLC (Power-line communication)

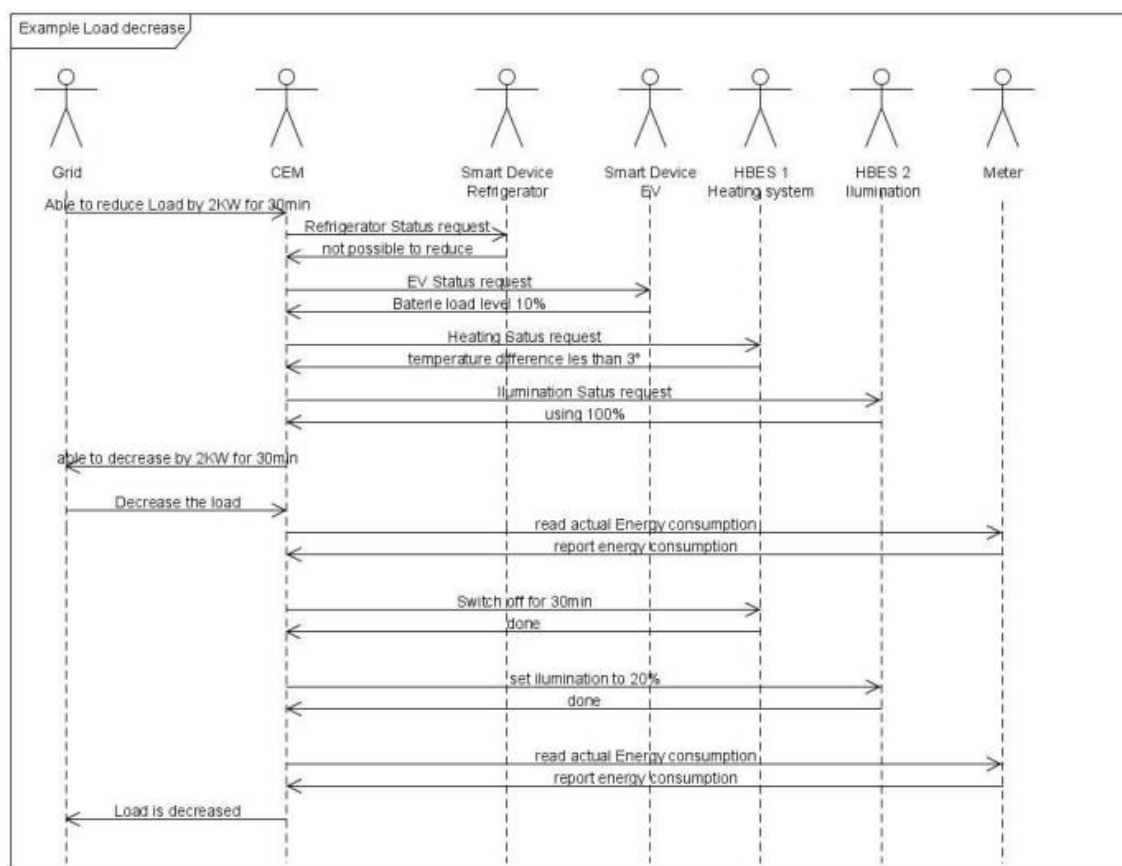
(Piikkilä V. 2007)

5.1.1 Yleiset vaatimukset sähkö-, rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmille

Älykkäiden sähköverkkojen ja kiinteistössä olevien älykkäiden verkkojen integraatio on kehittymässä myös standardointitasolla. Eurooppalainen sähköalan standardointijärjestö CENELEC:in valmistelussa olevan prEN 50491-12 Yleiset vaatimukset kotien ja rakennusten sähköjärjestelmille (HBES) ja Rakennusautomaatio ja ohjausjärjestelmille (BACS) -standardin tarkoituksena on standardoida suositukset sähköverkon ja rakennuksen data- ja kommunikaatorajapinnoille. Tämän rajapinnan kautta kiinteistön energianhallinta järjestelmän (Customer Energy Manager, CEM), rakennusautomaatiojärjestelmät toimilaitteineen (Home and Building Electronic System, HBES) ja älykkäät laitteet sekä järjestelmät sovittavat sanomiensa esitysformaatit, rajapinnasta toiseen siirtyessään, kaksisuuntaiseksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Tämä mahdollistaa kaksisuuntaisen ohjauksen kiinteistöjen ja sähköverkon välillä. (Piikkilä V. 2014)

”Kantaverkosta tulee pyyntö, kuorman vähentämiseksi kahdella kilowatilla 30 minuutiksi. Tässä esimerkissä muuttuvien kuormia ovat sähköauto (EV), valaistus, lämmitysjärjestelmä ja jääkaappi. Esiasetusten mukaisesti valaistusta saa vähentää 20 % ja lämmitysjärjestelmä sammuttaa, jos lämpötila ero asetusarvon ja mittaussarvon välillä on alle 3 °C. Valaistuksesta on säädetty 100 % ja lämpötila ero on vähemmän kuin 3 °C. Näin ollen lämmitysjärjestelmää ja valaistusta ohjaamalla pystytään vähentämään energian kulutusta pyydetty määrä. Jääkaappi ja sähköauto eivät pysty vähentämään kulu-
tusta, koska latauksen taso on alhainen, lämpötila jääkaapissa on liian korkea.”

(Draft for prEN 50491-12 _ v0.7.9.10, 2012)



KUVIO 11. Esimerkki tiedonsiirrosta järjestelmien välillä, kun Smart Grid pyytää kuorman vähentämistä. (Draft for prEN 50491-12 _ v0.7.9.10, 2012)

5.1.2 Käyttöliittymät

Käyttöliittymä on kiinteistöautomaatiojärjestelmän ja käyttäjän välisen vuorovaikutuksen mahdollistava informatiivinen kaksisuuntainen tiedonsiirto rajapinta. Käyttöliittymä tarjoaa käyttäjälle informaatiota kiinteistössä tapahtuvista prosesseista ja

vallitsevista olosuhteista helposti ymmärrettävässä muodossa. Käyttöliittymän avulla käyttäjän on mahdollista ohjata järjestelmien toimintaa ja näin vaikuttaa kiinteistön olosuhteisiin. (Piikkilä V. 2005)

Kuluttajan näkökulmasta tärkeässä roolissa kysynnän jouston toteutumisessa on selkeä käyttöliittymä. Kuluttajalle ei riitä tieto siitä että käytössään oleva tekniikka on osa kysynnän jouston toteutumista, puhtaampaa huomista ja tuo säästöä sähkölaskuun. Tutkitusti¹ kuluttaja suhtautuu myönteisemmin kuorman ohjaukseen jos hän pystyy reaaliaikaisesti itse havainnoimaan kuorman ohjauksen vaikutukset. Halutessaan voi vaikuttaa niiden toteutumiseen tai vaihtoehtoisesti suorittaa mittavampia kuormanohjauksia, jotka automaattisesti olisivat asuinmukavuuteen liiaksi vaikuttavia, kulutushuipun kohdalla. Tässä avainasemassa ovat mobiililaitteiden tai tietokoneen kautta käytettävät sovellukset tai selainpohjaiset käyttöliittymät. Useat valmistajat ovat jo reagoineet tähän ja tarjoavat palveluita, joilla kuluttaja voi ohjata kiinteistön sähkölaitteita sekä reaaliaikaisesti seurata kiinteistönsä sähkönkulutusta, niin kilowattitunteina kuin euroina. Hyvänä esimerkkinä edellä kuvatussa on kuvassa 1 esitetty Schneider Electricin InSideController mobiilikäyttöliittymä KNX-järjestelmän hallintaa. Tekniikan kehittyminen mahdollistaa yhä mielikuvituksellisempia ja vaivattomampia ohjaustapoja kiinteistöautomaation hallintaan. Mainittakoon yhtenä innovatiivisimpänä WiSee järjestelmä, joka hyödyntää kodin langattomien verkkojen radiotaajuuksia havaitsemalla ihmiskehon liikkeiden siihen aiheuttamat häiriöt ja tulkitsemalla niitä erilaisiksi ohjauksiksi. Nämä ohjaukset voidaan ohjelmoida toteuttamaan eri toimintoja, kuten valojen tai lämmityksen ohjausta. Tämän kaltaiset palvelut, yhdistettynä sähkön hinnan indikointiin sen ollessa halpaa tai kallista, luovat hyvää pohjaa kysynnän jouston toteutumiselle. (¹ Heiskanen E. Matschoss K. Saastamoinen M. 2012)



KUVA 1. Schneider Electricin InSideController mobiilisovellus KNX-järjestelmän hallintaan. (Schneider Electric. InSideController mobiiliin ohjaukseen, 2014)

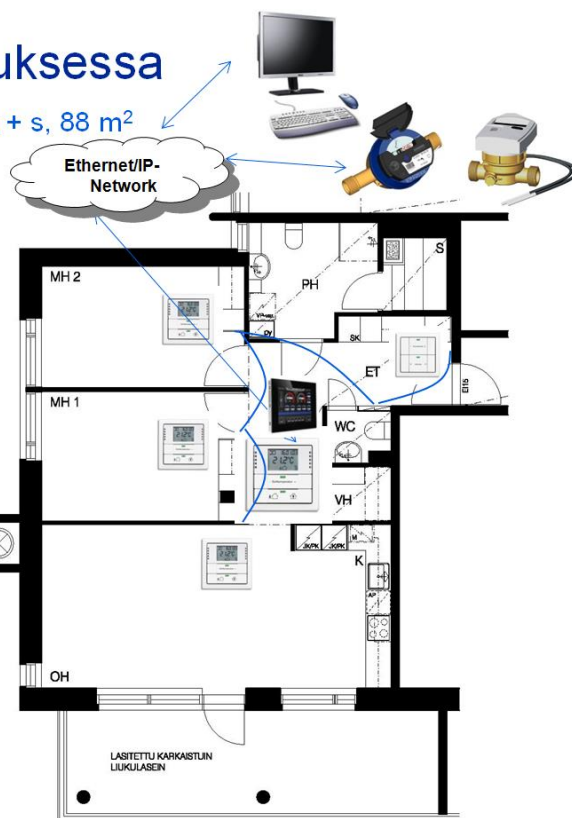
5.2 KNX-pohjaiset ratkaisut

Kiinteistöautomaation saralla hallitsevana ja nopeinten kasvava ratkaisu on tällä hetkellä, ensimmäisenä maailmassa avoimeen standardiin perustuva, KNX-pohjaiset ratkaisut. KNX:n suosion takana on sen avoin standardi joka mahdollistaa eri valmistajien tuotteiden yhteensopivuuden keskenään. Tänä päivänä on jo päästy sellaiseen tilanteeseen, ettei oikeastaan ole sähkölaitetta, jota ei pystyittäisi KNX:llä ohjamaan. Valittavana on 340 valmistajan tuotteita 37 eri maasta. Tarjolla on niin valmiita KNX ratkaisupaketteja kuin yksittäisiä kohteita, joista voidaan muodostaa yksilölliset tarpeet täyttävä kokonaisuus käyttämällä useinkin eri valmistajan tuotteita yli 7100 tuoteperheestä. Suomessa on 219 sertifioitua urakoitsijaa ja maailman laajuisesti yli 41 000. KNX-järjestelmä mahdollistaa periaatteessa kaiken ohjaamisen niin halutessa, kyse on vain siitä onko se enää teknillistaloudellisesti kannattavaa. KNX:än tiedonsiirtomedioiden voidaan käyttää parikaapelia, sähköverkko, radioverkko tai IP/Ethernet. Tämä pienentää työn määrää saneerauskohteissa, kun osa olemassa olevista kaapeloinneista voidaan hyödyntää sellaisenaan ja tarvittaessa voidaan käyttää langattomasti toimivia tuotteita. Tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa KNX on muunneltavuudeltaan omaa luokkaansa ja yleensä ainut tarvittava toimenpide on järjestelmän uudelleen ohjelmointi.

Hyvänä esimerkkitapahtumana KNX:än mahdollisuuksista on Skanskan, ABB:n, Fortumin ja BaseN yhteistyössä toteuttama vuonna 2012 valmistunut As. Oy Espoon Adjutantti ”Uusi kaupunkiasumisen konsepti.” Kohteen kaikki 42 asuntoa on varustettu kokonaisvaltaisella KNX-ratkaisulla. 3h+k+s perusratkaisun sisältäessä kuviossa 12 esitetyt laitteet ja ominaisuudet.

KNX-ratkaisut energiamittauksessa Asuntojen perusratkaisu 3 h + k + s, 88 m²

- IP-Gatewayn kautta 2-suuntainen yhteys
 - Visualisointi PC-näytölle
 - Kotona/Poissa-kytkin
- 12 ohjauspistettä 16A + 3 ohjausta energiamittauksella
 - Mitatut ohjaukset
 - Valaistuspisteet 3 ryhmää
 - (Kiuas)
 - (Mukavuuslattialämmitys)
 - Liesi
 - Keittiön pistorasiat
 - Astianpesukone
 - Pyykinpesukone
 - Kuivausrumpu
 - OH:n ohjattu pistorasia
 - Jääkaappi/Pakastin
- Kellokytkin 2 kanavaa
 - MH:n ja OH:n huonetermostaatin pudotus/nosto
- Näpsä-keskus IT-osalla
- Asennustarvikkeet
- Impressivo-asennuskalusteet



ABB

KUVIO 12 Espoon Adjutantti 3h+k+s perusratkaisun sisältö (Älykäs Rakennus, 2010)

Espoon Adjutanttiin asunnot ovat siis varusteltu kysynnän joustoa ajatellen varsin kattavasti ja ovat sellaisenaan, pienin ohjelma muutoksin, hyödynnettävissä osana kysynnän joustoa. Kuluttaja pystyy niin etänä kuin kellokytkimillä ohjaamaan kaikkia kiinteistön kuormia pois lukien kiuas. Asukkaat voivat seurata huoneistojensa reaaliaikaista ja koko taloyhtiön kuukausittaista energian ja veden kulutusta selainpohjaisesta käyttöliittymästä, joka on esitetty kuvassa 2. Kaksi suuntainen IP-yhdyskäytävä mahdollistaa ulkopuolisen hinnanohjaustiedon tuonnin järjestelmään välittömästi, kun jokin toimia alkaa sitä tarjota. Kerrostalohuoneistoissa potentiaalisen ohjattavan kuorman määrät ovat varsin vaatimattomia. Todellisuudessa ohjattavat kuormat jäävät hyvin jopa alle 1kW huoneisto kohden. Tämän tyyppiset älykkäät rakennukset tulevat kuitenkin suurella todennäköisyydellä tulevaisuudessa lisääntymään, mikä luo perustaa kysynnän jouston toteutumiselle ja tuo yhä suuremmat potentiaaliset massat kuorman ohjauksen piiriin.

(Älykäs Rakennus 2010. ABB Group)



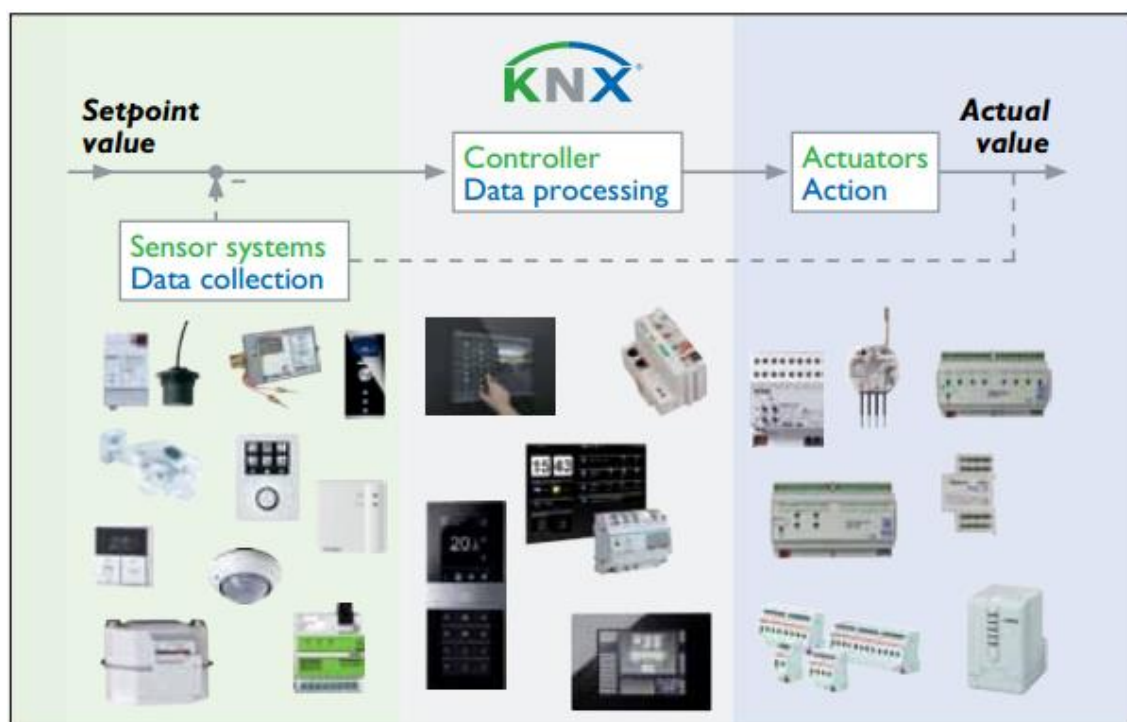
KUVA 2 Selainpohjainen reaaliaikainen energiankulutuksen seuranta Espoon Adjutantista (Älykäs Rakennus, 2010)

5.2.1 KNX Smart Metering

Kysynnän jouston toteutumisen kannalta ei riitä että lähetetään käsky, jolla kuormia ohjataan pois päältä. On ensiarvoisen tärkeää tietää kuinka paljon ohjattavaa kuormaan on ohjaushetkellä käytössä ja kuinka paljon siitä kytkeytyy pois ohjattaessa. Verkkoyhtiöille ei riitä pelkästään tieto siitä paljonko heillä on ohjattavaa tehoreserviä käytössään. Yhtiöiden täytyy pystyä todentamaan kuinka paljon kuorma pienenee ohjattavassa kiinteistössä ohjauksen jälkeen, jotta saadaan tietoon ohjauksen todellinen vaikutus huippukuormitukseen. Tämä tieto on tärkeä myös siksi, että maksettavaa korvausta täytyy pystyä perustamaan johonkin konkreettiseen eli pois päältä ohjautuneen kuorman todelliseen määrään.

Smart Metering järjestelmä mahdollistaa edellä kuvatut kysynnän jouston toteutumisen kannalta oleelliset toiminnot. Tämän lisäksi se tarjoaa kuluttajalle työkalut kiinteistönsä energian kulutuksen seurantaan ja hallintaan. Yhdistämällä mittausjärjestelmän eri antureihin ja visuaaliseen käyttöliittymään pystyy kuluttaja tarkkailemaan kiinteistön läm-

mitysenergian käyttöä reaaliajassa. Kuviossa 13 on esitettyä visuaalinen käyttöliittymä sekä eri taloteknisten järjestelmien mittalaitteita. Järjestelmään voidaan yhdistää lämpötilan-, ilmanvaihdon-, veden- ja kaasun- yms. mittaus sekä ovien ja ikkunoiden tilatiedon indikointi. Tarkkaillen reaaliaikaisesti energiankäyttöään ja kulutustottumuksiaan muuttaen kuluttaja voi järjestelmän avulla säästää energiaa huomattavia määriä.



KUVIO 13 KNX Smart metering järjestelmän rakenne.

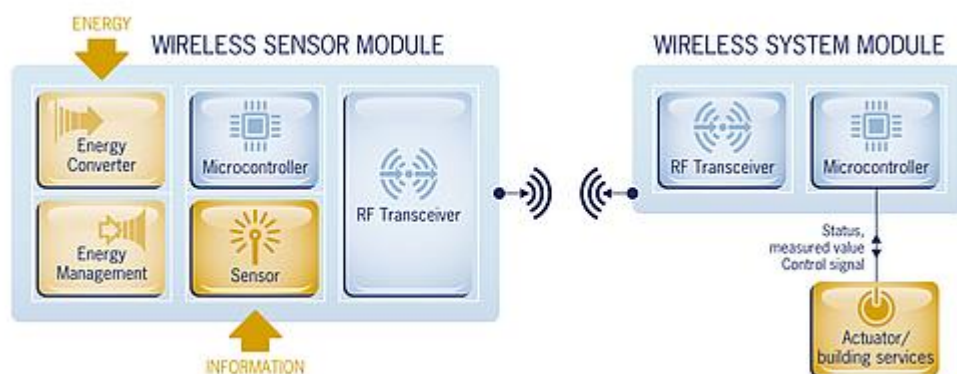
(Smart Metering with KNX, 2013)

5.3 EnOcean langattomat yhteydet

EnOcean teknologia tarjoaa langattomia radiotaajuuksilla toimivia johdottomia ja paristottomia ratkaisuja. Pääasiallinen kohderyhmänä kiinteistöautomaatiojärjestelmät, mutta teknologiaa hyödynnetään myös teollisuudessa sekä logistiikassa. EnOcean tarjoaa käyttöenergian suhteen omavaraisia langattomia mittalaitteita, kytkimiä, säätimiä ja yhdyskäytäviä, joiden toiminta perustuu kuviossa 14 havainnollistettuun periaatteeseen. Laitteet luovat tarvitsemansa energian piezo-, elektromagneettisilla tai aurinkopaneeli-teknikoilla: liikkeestä, paineesta, valosta, lämpötilanvaihtelusta tai värinästä. Laitteilla voidaan saavuttaa jopa 100 metrin kantama. Yhdyskäytävän kautta laitteet ovat integroitavissa useisiin eri tiedonsiirto tekniikoihin kuten KNX, LONWorks, DALI, TCP/IP-

protokollaan. EnOceanin langaton standardi ratifioitiin kansainväliseksi standardiksi ISO/IEC 14543-3-10.

EnOcean alliance:ssa on mukana monia maailman laajuisesti merkittäviä kiinteistöautomaatiojärjestelmien valmistajia sekä pienempiä kotimaisia toimijoita. EnOcean Alliance lisenssillä tekniikka hyödyntäviä laitevalmistajia oli vuoden 2013 lopulla yli 350. Tässä työssä käsitellyistä kiinteistöautomaatiojärjestelmistä mukana EnOcean Alliance:ssa ovat Schneider Electric sekä EKE-yhtiöt. Kysynnän jouston toteuttamista ajatellen EnOcean kaltaiset tekniikat tulevat todennäköisesti nousemaan merkittävään rooliin, kun etsitään etsittäessä kustannustehokkaita ratkaisuja tai työskennellään kohteissa, joissa on asetettu rajoituksia rakenteisiin ja pintoihin kohdistuvissa asennustöissä. (EnOcean, 2014, Valaistuksen ohjaukset tai kokonainen taloautomaatio langattomasti sekä ilman paristoja 2014)

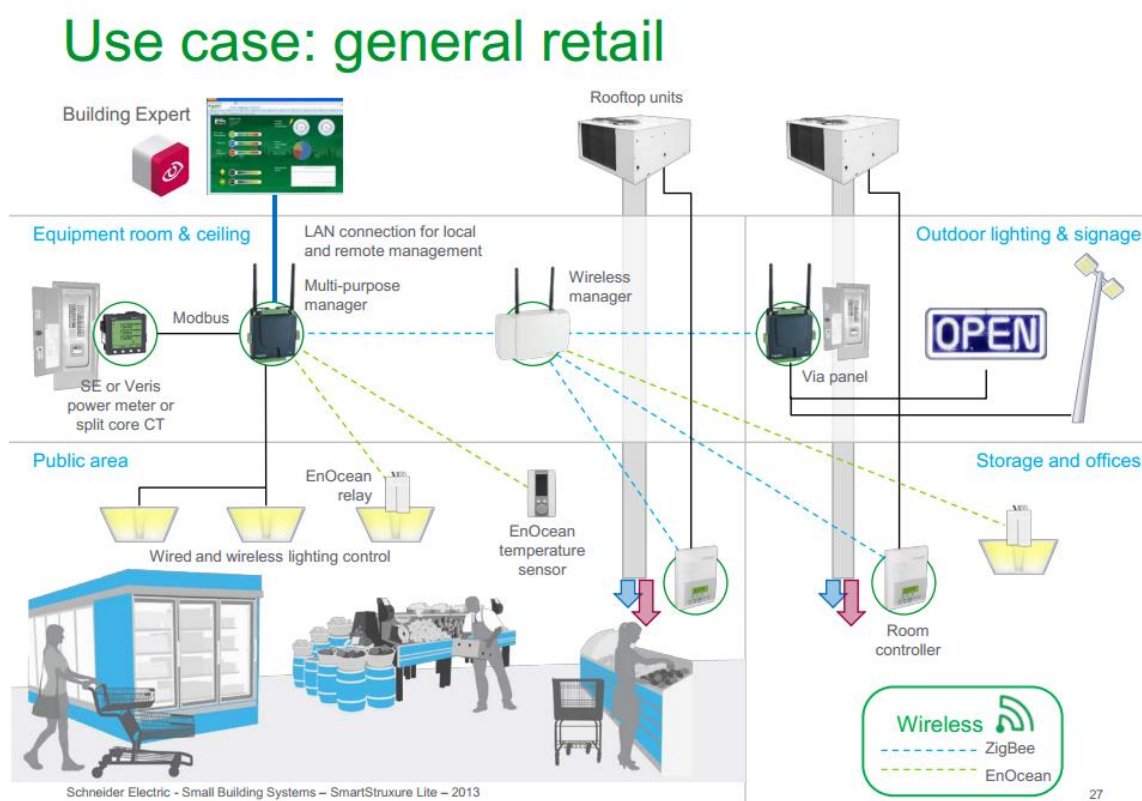


KUVIO 14 EnOcean langattoman anturin toiminta arkkitehtuuri. (Energy harvesting wireless technology, 2014)

5.4 Schneider Electric SmartStruxure Lite

”SmartStruxure-ratkaisu on osa Schneider Electricin kiinteistönhallintaa tehostavaa StruxureWare™-ratkaisua, jonka välityksellä on mahdollista hallita ja valvoa kiinteistön LVI-, energia-, valaistus- ja muita kriittisiä järjestelmiä keskitetysti ja suunnitelmallisesti. SmartStruxure-ratkaisu hajottaa käsityksen perinteisesti erillisinä pidetyistä tietojärjestelmistä ja tuottaa käyttäjälle integroitua tietoa ja raportteja kiinteistöstä verkon välityksellä reaaliajassa. Tulosten analysointia helpottaa monipuolinen ja selkeä grafiikka ja ohjelmiston yhteensopivuus mobiililaitteiden kanssa.” (Schneider Electricin älykäs SmartStruxure –ratkaisu tekee kiinteistöstä kilpailukykyisemmän 2014)

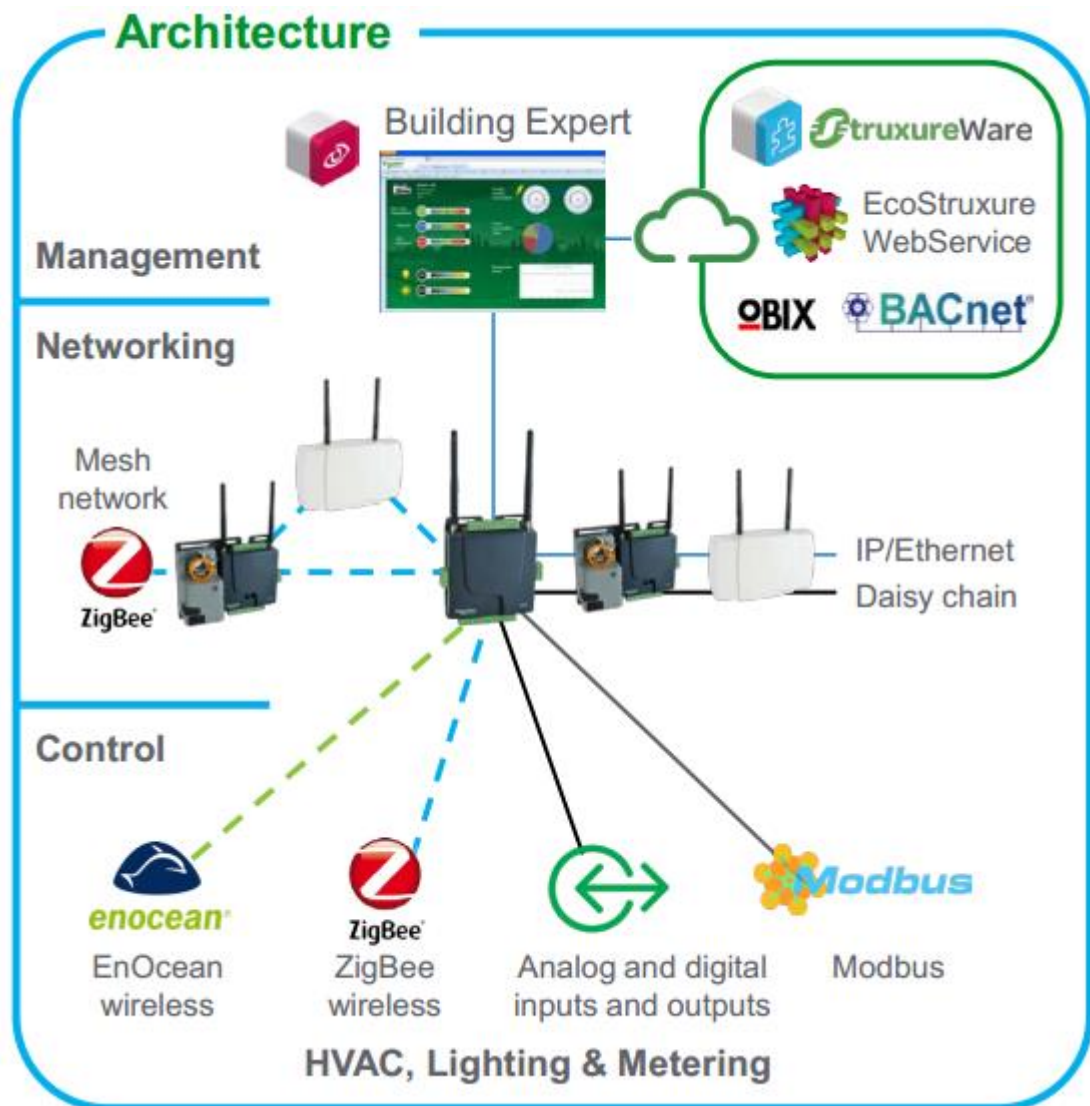
SmartStruxure Lite järjestelmä on suunniteltu pienille ja keskikokoisille alle 10 000 m² julkisille kiinteistöille, kuten esimerkiksi kuviossa 15 oleva esimerkki vähittäiskaupan automaatiojärjestelmä, tarkoitettu ratkaisu. Tämän kokoisten kiinteistöjen osuus julkisista kiinteistöistä on noin 98 %. Useilla kilpailevilla järjestelmillä järjestelmän perustamiskustannukset eivät muutu merkittävästi suhteessa rakennuksen kokoon. Lite ratkaisu pyrkii tarjoamaan perustamiskustannuksiltaan rakennuksen kokoon suhteutettuna edullisen ratkaisun. (SmartStruxure™ Lite solution Get Control. Get Efficient. Get Value. Solution Overview 2013)



KUVIO 15, SmartStruxure Lite esimerkki ratkaisu vähittäiskaupan kiinteistöautomaatiojärjestelmästä. (SmartStruxure™ Lite solution Get Control. Get Efficient. Get Value. Solution Overview 2013)

SmartStruxure järjestelmän toiminta perustuu monikäyttöhallintalaitteisiin (MPM, multi-purpose management devices). Näissä yksittäisissä laitteissa yhdistyy ohjelmoita säädin, BACnet IP, oBIX ja EWS yhdyskäytävät ja web-palvelin Building Expert etäkäyttöä varten, kuten kuviossa 16 on esitetty. Building Expert kautta Lite järjestelmä voidaan integroida osaksi suurempaa kokonaisuutta. Järjestelmä integroituu toimivaksi

kokonaisuudeksi termostaattien, antureiden, mittareiden ja toimilaitteiden kanssa käyttäen langallisia ja langattomia yhteyksiä. Järjestelmä tukee standardoituja langattomia tiedonsiirtomenettelyjä EnOcean ja ZigBee. Fyysisesti kaapeloimalla toteutettu tiedonsiirto on mahdollista I/O-lähdöillä, ModBus- ja CANbus - väylillä sekä IP/Ethernet verkolla. (SmartStruxure™ Lite solution Get Control. Get Efficient. Get Value. Solution Overview 2013)



KUVIO 16, SmartStruxure Lite arkkitehtuurin periaatepiirros. (SmartStruxure™ Lite solution Get Control. Get Efficient. Get Value. Solution Overview 2013)

Kysynnän jouston toteuttamiseen SmartStruxure Lite järjestelmää voidaan pitää hyvin potentiaalisena ratkaisuna. Monikäyttöhallintalaitteisiin ja laajaan langattomiin tiedonsiirtomenetelmiin perustuva järjestelmä arkkitehtuuri takaa erittäin joustavan ja helpon muunneltavuuden tavoitellessa kysynnän jouston kannalta oleellisia ratkaisuja. Kuten

kaikki avoimet kiinteistöautomaatiojärjestelmät on SmartStruxure Lite ohjelmoitavissa toteuttamaan melkeinpä minkä kaltaisia tahansa kuormanohjaustoimintoja sähköverkon fyysisen rakenteen puitteissa.

5.5 Talomat

Pääasiallisesti omakotitaloihin suunnattu Talomat-järjestelmä on älykkääseen valaistuksenohjaukseen pohjaava taloautomaatiojärjestelmä. Smart tason järjestelmä kattaa akkuvarmennetun valaistusjärjestelmän lisäksi, murto-, palo-, vesivuoto ja lämpötilanvalvonta ja -hälytys toiminnot, ilmastoinnin tehostuksen ja tiputuksen sekä ohjattavia pistorasioita. Järjestelmässä on mahdollisuus ajastettuihin ohjaustoimintoihin sekä GSM-ohjauksiin (Talomat järjestelmät, 2014)

Hintaohjaustieto on mahdollista tuota järjestelmään, joko AMR-mittarin kärkitietona tai GSM-ohjauksena, mikäli jokin palveluntarjoaja tällaista mahdollisuutta tarjoaa. AMR-mittarin kärkitiedolla on mahdollista toteuttaa vain yhden tyyppinen ohjaus, päälle/pois tyyppisesti. Nämä ohjaukset voisivat olla tyyppiltään samankaltaisia kuin kotona/poissa-kytkimen suorittamat ohjaukset. GSM-ohjaus tarjoaa monipuolisemmat mahdollisuudet erilaisten ohjaustilojen toteuttamiselle kuin AMR-mittari. On mahdollista määritellä useampi erityyppinen ohjaustilanne, sen pohjalta kuinka suuri tarve tehon pudotukselle kulloinkin on.

Akkuvarmennettu valaistusjärjestelmä tarjoaa kysynnän joustoa ajatellen mahdollisuuden käyttää akustosta järjestelmän syöttämiseen sähköön ollessa kallista ja vastaavasti akustonlataus voidaan suorittaa sähköän hinnan jälleen ollessa edullisempaa. Käytännössä tosin järjestelmän akuston kapasiteetti on niin pieni, ettei ole teknillistaloudellisesti kannattavaa toteuttamaan tämän kaltaisia ohjauksia.

Kysynnän jouston kannalta järjestelmässä tarjoaa mahdollisuuksia, mutta järjestelmän painopisteen ollessa led-valaistuksenohjauksessa jäävät sen avulla saavutettavat kuormanohjaus potentiaalit varsin vähäisiksi. Vastaavien järjestelmien yleistyessä tulevat ne varmasti kehittymään myös kuormanohjauksen kannalta. Silloin saattamalla suuria määriä tämän kaltaisia järjestelmiä kuormanohjauksen piiriin voidaan jo alkaa saavuttaa kysynnän jouston kannalta merkittäviä tehoreservejä.

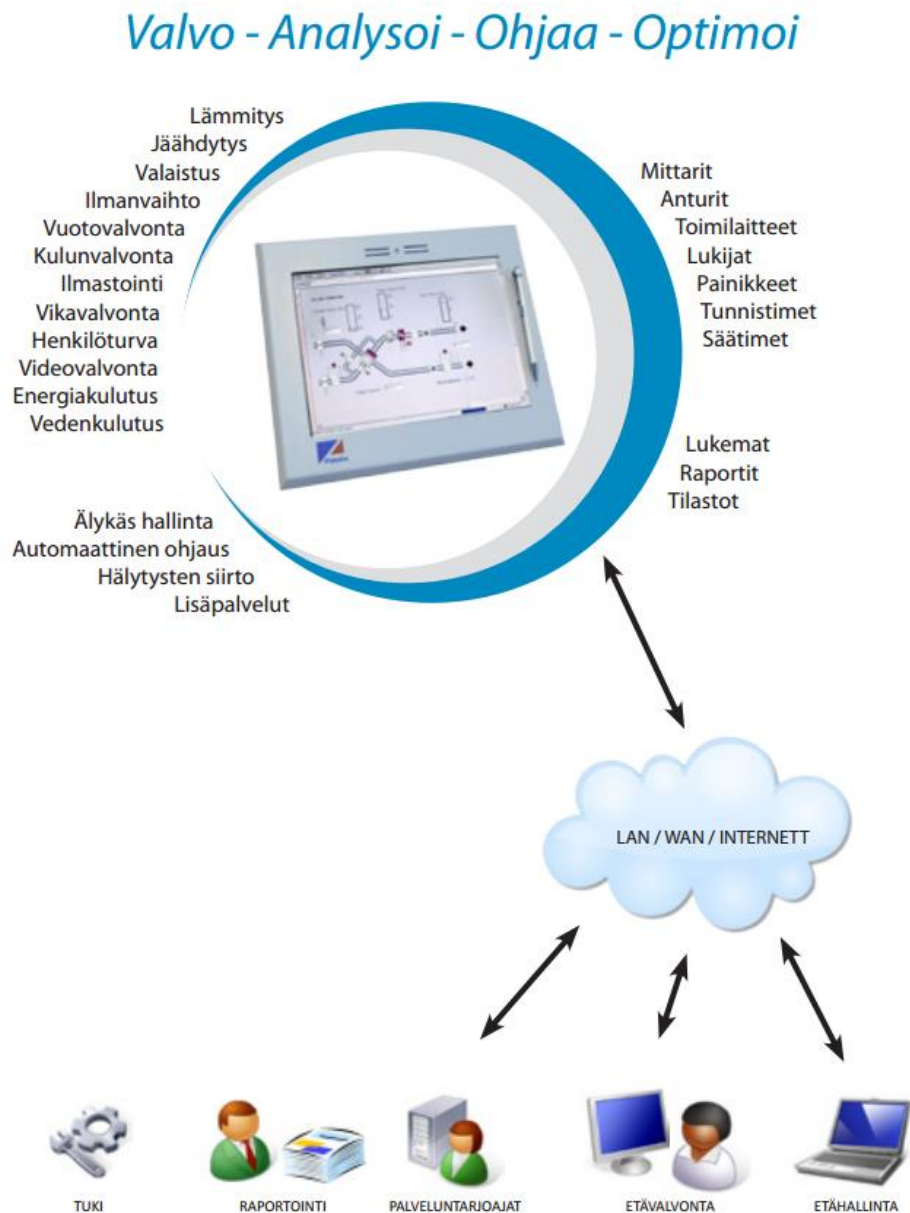
5.6 Fidelix FX-NET

”Fidelix FX-Net on vapaasti skaalattava tekninen valvonta- ja ohjausjärjestelmä sekä pieniin että suuriin kiinteistöihin. FX-Net on uuden sukupolven järjestelmä, joka on suunniteltu vastaamaan nykyaikaisen rakentamisen ja talotekniikan vaatimuksia. Integroitua, verkkotekniikkaan pohjautuvaa järjestelmää voidaan käyttää useisiin käyttötarkoituksiin kuten lämmityksen ja ilmanvaihdon ohjaukseen, sisäilman hallintaan, energian- ja vedenkulutuksen mittaukseen, murtohälytyksiin, kulunvalvontaan, kameravalvontaan sekä paloilmoituksiin.” (Fidelix yleisesite v4.5, 2012)

Fidelix:in FX-net on kokonaisvaltainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä, kuten kuviossa 17 esitetyistä ominaisuuksista voidaan päätellä. Kysynnän jouston toteuttamiseen FX-Net:ssä voidaan hyödyntää useita eri tekniikoita riippuen mitä tekniikka sähköyhtiö käyttää. Yksinkertaisimmillaan tieto voidaan tuoda I/O tulona AMR-mittarin vaihtokoskettimelta. Täsmällisempiä ja paremmin määriteltyjä ohjauksia varten tieto voidaan saattaa järjestelmään hyödyntäen HTTP- tai FTP-protokollaa tai tiedostona käyttäen CSV, JSON tai XML tiedostomuotoa. Näillä tavoin tuodun tiedon pohjalta järjestelmä voidaan ohjelmoida toteuttamaan monimutkaisempia ja paremmin hallittuja kuormanohjauksia. Monipuolisten antureiden ja mittalaitteiden ansiosta kiinteistön käyttömukavuuden säilyminen voidaan varmistaa esimerkiksi lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin kohdistuvissa ohjauksissa. Pohjoismaiden ja Baltian yhteinen sähköpörssi Nord Pool tarjoaa jo tällä hetkellä Elspot hintasignaali tietoa XML-tyyppisenä. XLS Excel tiedostona. Tätä hyväksi käyttämällä voidaan halutessa FX-NET:llä toteuttamaan markkinapohjaista kysynnän joustoa niin halutessaan.

Fidelix FX-Net järjestelmää on myyty noin 15000 kappaletta vuodesta 2002, jolloin yritys perustettiin. Järjestelmällä on toteutettu erityyppisiä kohteita omakotitaloista kauppakeskuksiin. Kohteista tyypillisimpiä ovat kaukolämpöön liitetyt kerrostalokiinteistöt, joiden lämmönvaihdinta, ilmanvaihtoa, jäähdytystä ja ulkovalaistusta järjestelmällä ohjataan. Vanhemmissa tämän tyyppisissä kiinteistöissä on kysynnän jouston kannalta katsottaessa tehollisesti hyvin pieniä kuormia, joita voitaisiin valjastaa kysynnän jouston tarpeisiin. Kuitenkin ihmisten panostaessa yhä enenemissä määrin asumismukavuuteen lisääntyy jäähdytysjärjestelmien määrä. Jäähdytysjärjestelmien ottama sähköteho on verrattain suuri ja sen käyttö sijoittuu kesäaikaan, jolloin muu sähkökäyttö on vähäisempää, mikä tarjoaa potentiaalia kysynnän jouston toteutumiseen. Keskisuu-

ren kerrontalokiinteistön jäähdytysjärjestelmän sähköteho on suuruusluokkaa 15–30 kW:a.

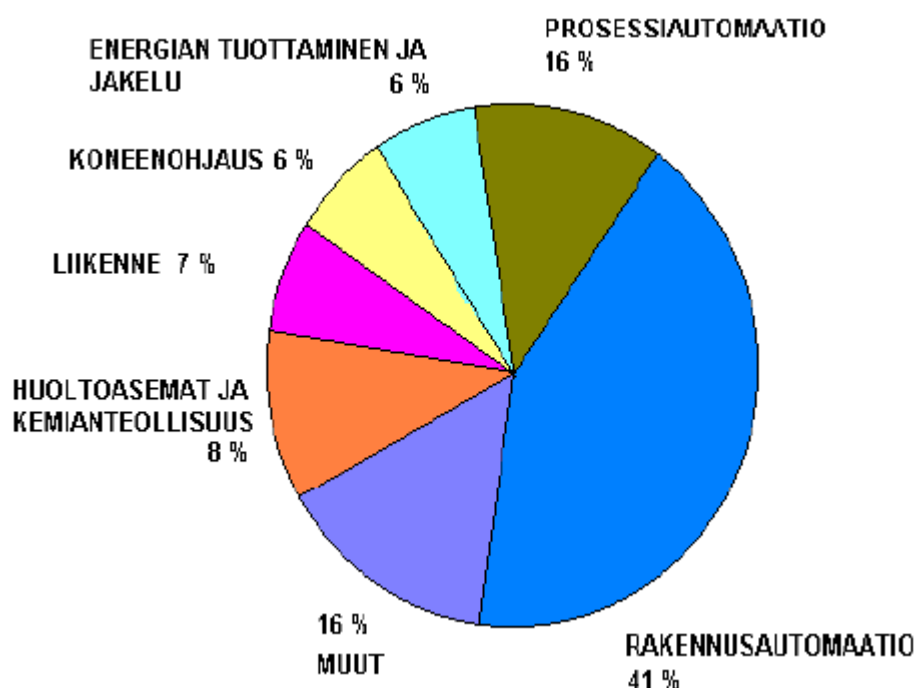


KUVIO 17. Fidelix FX-Net järjestelmän yleiskatsaus. (Fidelix yleisesite v4.5, 2012)

Kysynnän jouston toteuttamista ajatellen aidosti avointo FX-Net järjestelmä rakennetta voidaan pitää hyvin potentiaalisena muokattavuutensa ja monipuolisuutensa puolesta kysynnän jouston toteuttamiseen.

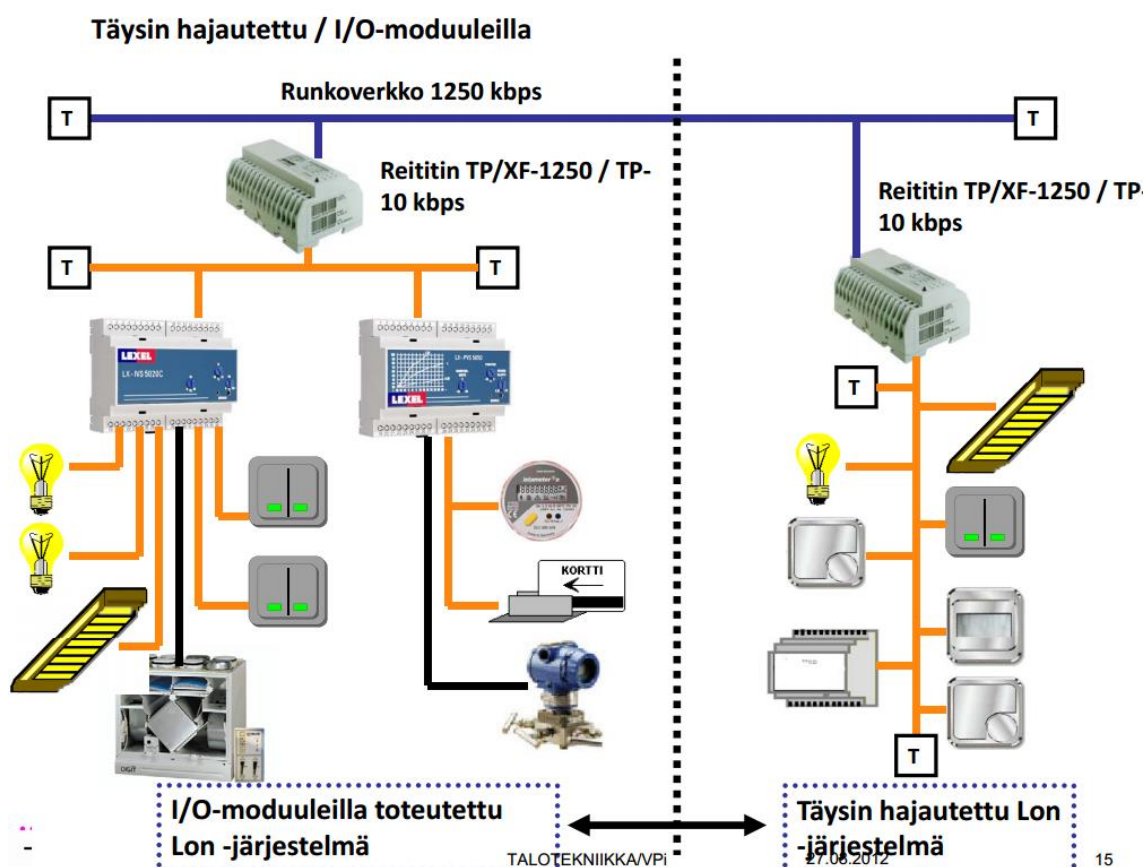
5.7 LonWorks

Local Operating NetWork – kenttäväylä on KNX tavoin kansainvälinen avoimeen kansainväliseen ISO/IEC 14908 standardiin perustuva, Echolonin kehittämä, väyläpohjainen tiedonsiirtomenettely. Kansainvälisesti tekniikkaa käyttää yli 4500 yritystä. Suomessa LonWork:illä on toteutettu noin 3000 kohdetta, jotka ovat jakautuneet kaavion 18 esitetystä suhteesta eri toimialojen kesken.



KUVIO 18. LonWork tekniikan käytännön soveltamisen jakaantuminen. (Piikkilä V. 2012)

Kiinteistöautomaatiossa LONia voidaan soveltaa kokonaisvaltaisesti valaistuksen, kulunvalvonnan, murtosuojauksen, palovaroittimien sekä hissien ohjaukseen sekä kulutuksen mittaukseen. LonWorksin tiedonsiirtomediaa voidaan käyttää parikaapelia, sähköverkkoa, radiotaajuuksia, valokuitua, infrapunavaloa ja koaksiaalikaapelia. Järjestelmä voidaan toteuttaa, kuten kuviossa 19 esitetty, I/O-moduulein tai täysin hajautetusti. (Piikkilä V. 2012)



KUVIO 19. Esimerkki järjestelmä arkkitehtuurista (Piikkilä V. 2012)

LonWorksin suosio oli jo hiipumaan eräiden epäonnistuneiden yritystoimintojen huononnettua järjestelmän mainetta. Smart Grid ajattelun kasvaessa, myös Echelonilla on herätty sen mahdollisuuksiin ja Echelon onkin Euroopan markkinajohtaja AMR-mittareiden saralla. Echelonin LonWorksiä hyödyntävä Smart Buildings tekniikalla on toteutettu useita merkittäviä kohteita kansainvälisesti, muun muassa Sanoma Media-talo Helsinki, Tukholman lentokenttä, Paramount Studio Hollywood USA.

Kysynnän jouston näkökulmasta niin vanhemmat kuin uudet Smart Grid ajatteluun nojaavat LonWorks järjestelmät ovat potentiaalisia kysynnän jouston toteuttamisessa. Kaikkia kiinteistötalotekniikanjärjestelmiä hallitaan samalla järjestelmällä. Väyläpohjaisessa ratkaisussa kaikki laitteet ovat keskenään yhteydessä ja kysynnän jouston vaatimat muutokset lähinnä ohjelmallisia muutoksia. Mittausten ollessa osa samaa järjestelmää, myös toteutuneiden kuorman ohjausten todentaminen on helppoa. Ulkopuolinen hinnanohjaustieto voidaan tuoda AMR - mittarin kosketintiedon lisäksi järjestelmään TCP/IP – protokollaa hyödyntäen, mikä mahdollistaa monipuolisempien ohjaustietojen tuonnin järjestelmään pelkän on/off tyyppisen kärkitiedon sijasta.

(Smart Buildings 2014, Piikkilä V. 2012)

5.8 Smarthome by EKE ent. EBTS

Smarthome by EKE -kotiautomaatiojärjestelmä tarjoaa mahdollisuuden hallita kotia monipuolisesti yhdellä helppokäyttöisellä järjestelmällä. Mitattuja lämpötila-, ilmanlaatu-, kosteus- ja valoisuustietoja voidaan hyödyntää kodin laitteiden automaattiseen ohjaukseen. Helppoa turvallisuutta ja energiansäästöä saadaan, kun turvajärjestelmän kytkeytyessä päälle sammutetaan automaattisesti valot ja muut ylimääräiset sähkölaitteet, sekä alennetaan lämmityksen ja ilmanvaihdon tehoa. Järjestelmän tueksi tarjotaan verkosovelluksia, kuten etäkäyttö- ja suunnitteluovellukset. Smarthome by EKE -kotiautomaatiojärjestelmällä voidaan ohjata pistorasioita, kiukaita, liesiä, moottoroituja ovia, verhoja ja markiiseja, kiertovesipumppuja, ilmanvaihtolaitteita, moottoriventtiilejä, lämmitystoimilaitteita ja jäähdytyslaitteita, yleisemmin muotoiltuna kaikkia sähkölaitteita, joita ohjataan päälle-pois -tyyppisillä ohjauksilla tai standardianalogiviesteillä, eli 0...10V tai 0...20mA -viesteillä. (Kotiautomaatio, 2014)

Smarthome -kotiautomaatiojärjestelmään tarjoaa monipuolisen paketin kodin sähkölaitteiden ohjaukseen. Ajatuksena taustalla on kodin turvallisuus ja energiansäästö. Näitä järjestelmän ominaisuuksia voidaan hyödyntää kuorman ohjauksessa kysynnän joustoa ajatellen. Hintaohjaus voidaan tuoda järjestelmään AMR-mittarin kosketintietona Control unit yksikköön. Kun hinnanohjaustieto on tuotu järjestelmään, voidaan järjestelmä ohjelmoida suorittamaan halutut kuormanohjaus toiminnot. Riippuen järjestelmän laajuudesta voidaan esimerkiksi valaistusta himmentää, huonelämpötiloja pudottaa, ilmanvaihtoa ja jäähdytystä säätää pienemmälle tai katkaista sähkönsyöttö ohjatuista pistorasioista. Huonekohtaisilla lämpötila-antureilla ja hiilidioksidiantureilla voidaan varmistaa, ettei käyttäjä mukavuus kärsi liiaksi pidempien ohjausten aikana vaan käyttäjän asettelemat alarajat lämpötilalle ja ilmanlaadulle eivät alitu. Järjestelmässä on olemassa valmius ulkopuolisen ohjaustiedon tuomiseksi järjestelmään käyttäen HTTP – protokollaa. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan ole vielä otettu käyttöön, koska ohjauksen lähettäjän ja järjestelmän välisen tiedonsiirtoa ja tietoturvaa ei ole vielä selkeästi määritelty. AMR-mittarista saatavan ohjaustiedon ongelmana on, että se on tyypiltään päälle/pois ohjaus. Näin ollen kaikki kuormanohjaukseen yhdistetyt ohjaukset suoritetaan aina, kun AMR-mittarilta tulee ohjaustieto. AMR-mittarilla suoritetuista ohjauksista ei ole mahdollista saada tietoa poisohjautuneen kuorman määrästä palveluntarjoajalle.

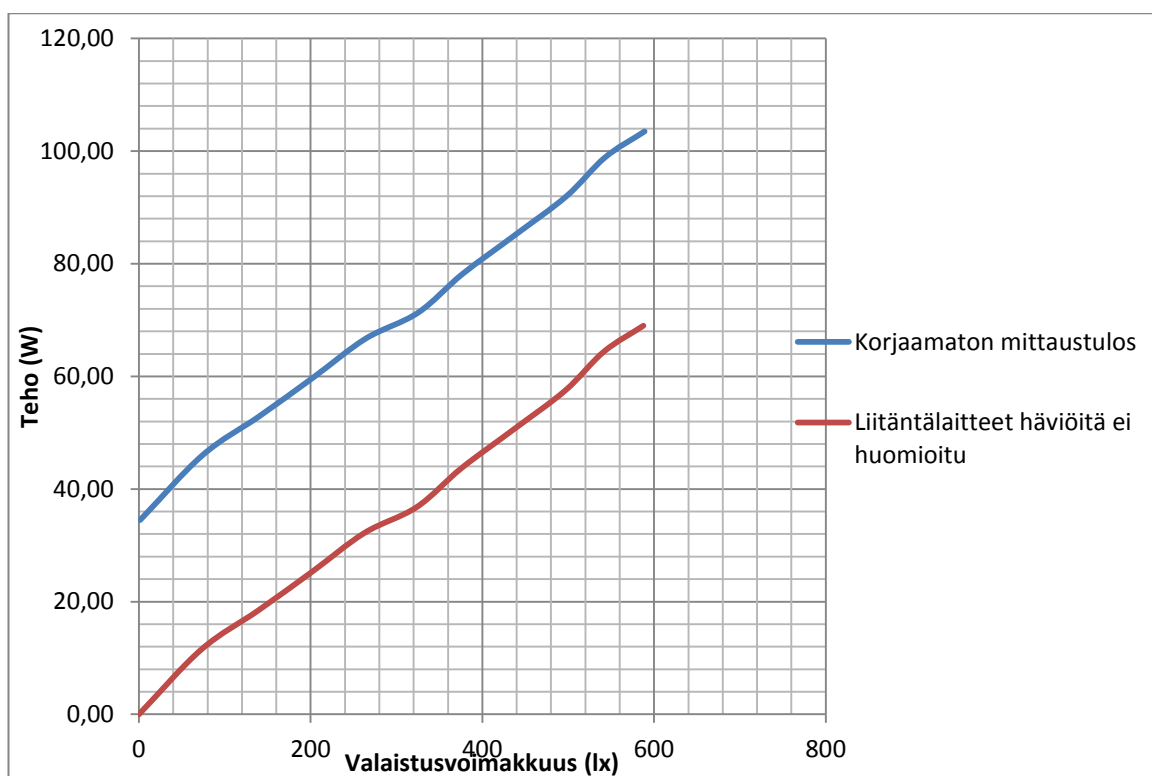
EKE-yhtiöt ovat mukana Tekes-rahoitteisessa EU-hankkeessa, jossa kehitetään yhteiseurooppalaista tietomallia ja rajapintaa, jotka mahdollistaisivat tietoturvallisesti mm.

kysynnänjouston ja pientuotannon ennusteen toteuttamisen. Smarthome by EKE tulee siis varmasti vastaamaan tulevaisuudessa kysynnän jouston haasteisiin ja on hyvin varteen otettava vaihtoehto suunnitellessa pienkiinteistöjen kiinteistöautomaatiojärjestelmää kysynnän jouston näkökannalta. Tähän mennessä Smarthome by EKE järjestelmällä on toteutettu noin 600 kohdetta.

5.9 DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä

Keskitettyjen väyläpohjaisten valaistuksen ohjausjärjestelmien ja säädettävien liitäntälaitteiden yleistyessä, ne muodostuvat teknillistaloudellisesti varteen otettavaksi potentiaaliksi osana kysynnän jouston toteutumista. Näistä laajimmalle levinneenä Helvarin Digital Addressable Lighting Interface (myöhemmin DALI) mahdollistaa suurten valaisimien ohjauksen monipuolisesti, tehokkaasti ja yksinkertaisesti.

TAMKissa mitattiin, laboratorio olosuhteissa, DALI-liitäntälaitteilla ohjattujen valaisimien valotehon ja sähkötehon käyttämistä valaisinta himmennettäessä. Saadut tulokset ovat esitettyinä liitteessä 2. Suoritettua mittausta vääristää valaisimien liitäntälaitteiden tyhjäkäyntivirran suhteessa suuri osuus kokonaistehosta johtuen mitatun järjestelmän vähäisestä tehosta ja valaisimien pienestä lukumäärästä. Tämä on havainnollistettu kuvaajassa 20, jossa toisessa käyrässä on jätetty huomioimatta liitäntälaitteen tyhjäkäyntivirran vaikutus. Suuremmilla valaisin määrillä teho ja valaistusvoimakkuus käyttäytyvät lineaarisesti aina 20 % asti, jonka jälkeen liitäntälaitteen tyhjäkäyntihäviön osuus kokonaistehosta kasvaa suhteessa niin suureksi, ettei merkittävää hyötyä himmentämisestä ole. Tästä voidaan tehdä oletama, että kun valaistusvoimakkuutta pienennetään noin 25 %, pienenee valaistuksen ottama sähköteho suhteessa yhtä paljon.



KUVIO 20. Mittaustulosten kuvaaja ja kuvaaja ilmanliitantalaitteiden tyhjäkäyntihäviötä

Tulosten perusteella voidaan tehdä karkeita johtopäätöksistä Suomen suurimpiin DALI ohjattuihin kohteisiin kuuluvan Tampereen ammattikorkean H ja G-rakennusten valaistuksessa olevasta kuormanohjauspotentialista kysynnän joustoa ajatellen. H ja G-rakennuksissa on yhteensä 1270 DALI liitantalaitteella varustettua valaisinta, joiden kokonaisteho, liitantalaitteiden tyhjäkäyntihäviöt huomioon ottaen, on suuruus luokkaa 56000 wattia. Valaistusvoimakkuudet TAMKin H ja G-taloissa ovat suuruus luokaltaan 500 luxia työskentely alueilla ja noin 300 luxia yleisvalaistuksen osalta. Tämän suuruisilla valaistusvoimakkuuksilla ihmissilmän on vaikea havaita hitaasti tapahtuvia valaistusvoimakkuuden muutoksia. Kuviossa 21 on esitetty ihmissilmän aistiman valotason muutokseen. Varsinkin kun säädettävät liitäntä laitteet laskevat valovoimakkuuden hitaasti haluttuun arvoon. Näin ollen H ja G-talojen valaistusvoimakkuuden alentaminen 30 prosentilla valjastaisi optimitilanteessa noin 17000 wattia tehoa kysynnän jouston tarpeisiin. Muita merkittäviä DALIlla toteutettuja kiinteistöjä ovat muun muassa Helsingissä sijaitseva Kaisa-talo, jossa on 3469 DALI liitantalaitteilla varustettua valaisinta sekä Tampereen Vuoreksen koulukeskus, jossa on 681 DALI-valaisinta.

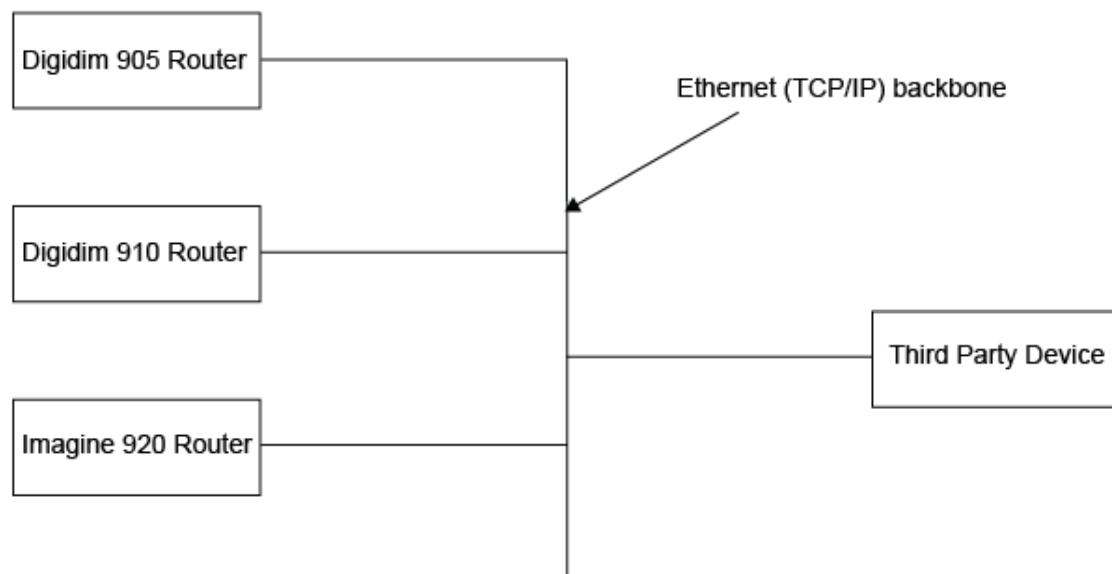


KUVIO 21. Ihmissilmän aistima valotason muutos (Kallioharju K. 2012)

Tulee tietenkin, ottaa huomioon, että kaikki valaistusteho on harvoin yhtä aikaa käytössä, joten todellisuudessa määrä jäänee pienemmäksi varsinkin valoisaan vuodenaikaan, kun valaistusvoimakkuutta säädetään vakiovaloantureiden luonnonvalon suhteen. Lisäksi läsnäolotunnistimet minimoivat valojen päällä olon tyhjiä tiloissa. Toisaalta suorittamalla käytännön kokeita ja haastatteleamalla tilojen käyttäjiä, voisi olla mahdollista pudottaa valaistusvoimakkuutta vielä suuremmassa määrässä.

Yksinkertaisimmillaan hintaohjaus voidaan toteuttaa tuomalla AMR-mittarin sulkeutuva karkitieto DALI 942-sisäänmenoyksiköön. Tämä tieto ohjelmoidaan toteuttamaan Direct Proportion ohjaus, joka laskee haluttujen valaisimen tehoa edellisestä kutsutusta tasosta määritellyn prosenttimäärän. Esimerkiksi valaistus on säädettyä 80 % maksimi tehosta. Suoritetaan ohjaus, ja on määritely että ohjaus laskee tasoa 30 %, säätyy valaistus halutuilta osin 56 % maksimi tasosta. Hintaohjauksen loputtua järjestelmä palautuu ohjausta edeltäneeseen tilaan. Tulee kuitenkin huomioida, että edellä kuvattu ohjaus on mahdollista vain reitittimin toteutetuissa DALI-järjestelmissä.

Tieto voidaan myös tuoda reititinjärjestelmään ethernet verkon kautta IP-osoitteella kohdistettuna (kuvio 23) suoraan. Esimerkiksi verkkoyhtiön palvelimelta lähetetyllä komennolla, jolla saadaan aikaan samankaltainen toiminto kuin AMR-mittarin karkitiedolla. Tällä tavoin on myös mahdollista saada tietoa järjestelmän tilasta käskyn lähettäjälle, jolloin voidaan arvioida kuorman ohjauksen tehokkuus järjestelmän prosentuaalisen valotason olotilan avulla.



KUVIO 23, DALI reititinjärjestelmän ethernet verkon rakenne (Helvar Designer Help 2014)

Helvarin reitittimin toteutetussa DALI järjestelmässä on valmius valaistuksen energiankulutuksen mittaukseen. Järjestelmän ohjelmointi vaiheessa jokaisen valaisimen tekniset tiedot syötetään järjestelmään osaa järjestelmä tämän jälkeen laskea valaistuksen verkosta ottaman sähkötehon. Tämä tapahtuu vertaamalla eri valaisimien tehoa niiden sen hetkiseen säätötasoon. Tämä mahdollistaa kysynnän jouston kannalta olennaisen takaisin kytkennän pois ohjatun kuorman määrästä DALI järjestelmästä.

5.10 Yhteenveto järjestelmien mahdollisuuksista kysynnän jouston suhteen.

Taulukossa 2 on esitetty tässä työssä käsiteltyjen kiinteistöautomaatiojärjestelmien soveltuvuuksista erityyppisissä kiinteistöissä. Taulukossa on myös esitetty Sami Salmisen omassa tutkintotyössään käsittelemät kiinteistöautomaatiojärjestelmät sekä niiden soveltuminen erityyppisiin kiinteistöihin.

Työssä tutkitut kiinteistöautomaatiojärjestelmät Fidelix FX-Net, KNX, Schneider Electricin SmartStruxure Lite ja Echelonin LonWorks perustuvat kaikki avoimeen järjestelmä arkkitehtuuriin. Tämän kaltaiset järjestelmät on mahdollista ohjelmoida vapaasti suorittamaan käytännöllisesti katsoen millaisia ohjauksia tahansa. Ainoa rajoittava tekijä on millaisista fyysisistä komponenteista järjestelmä on rakennettu. Tämä vaihtelee hy-

vin suuresti kiinteistötyypin ja toteutus vaiheessa valitun automaatiotason mukaan. On siis äärimmäisen vaikeaa arvioida tarkkaan minkä suuruisia tehoreservejä olisi valjastettavana kysynnän jouston tarpeisiin, yksinkertaisilla ohjelmallisilla muutoksilla. Puhutaan kuitenkin merkittävistä määristä, mikäli työssä käsiteltyjen järjestelmien ohjaamasta kokonaistehosta saataisiin valjastettua edes kymmeniä prosentteja kysynnän jouston piiriin. Kysynnän jouston toteuttamista varten tuotavan ohjaustiedon tuomiseksi käsitelyihin järjestelmiin on olemassa useita työssä jo aikaisemmin mainittuja vaihtoehtoja. Kysynnän jouston toteuttaminen ei todennäköisesti tule jäämään kiinni ohjaustiedon järjestelmiin saattamisesta. On kuitenkin ensiarvoisen tärkeää kun palvelun tarjoavat, oli kyseessä sitten sähkönmyyjät taikka erilliset agitaattorit, käyttäisivät yhteisesti sovittua tiedonsiirtomenettelyä kuormanohjaustiedon saattamiseksi järjestelmään. Näin järjestelmätoimittajat eivät joutuisi toteuttamaan useita erilaisia ratkaisuja ohjaussignaalin saattamiseksi järjestelmään riippuen palveluntarjoajasta. Tämä helpottaisi kysynnän jouston vaatimien ohjelmallisten muutosten toteuttamista merkittävästi.

Smarthome by EKE ja Talomat ovat ensisijaisesti omakotitaloihin tarkoitettut, mutta myös muihin asuin- ja lomakiinteistöihin soveltuvat kiinteistöautomaatiojärjestelmiä. Smarthome on näistä kahdesta enemmän edellä käsiteltyjen avointen kiinteistöautomaatiojärjestelmien kaltainen ohjelmallisen muokattavuutensa puolelta. Talomat puolestaan on täysin valmiiksi ohjelmoitu kokonaisuus, jonka muunneltavuus ei yllä samalle tasolle. EKE-yhtiöt on mukana EnOcean Alliancess ja näin ollen Smarthome –järjestelmän kanssa on mahdollista käyttää langattomia EnOcean toimilaitteita ja antureita. Tämä mahdollistaa helpon muunneltavuuden kysynnän jouston tarpeisiin. Toivottavasti tulevaisuudessa mahdollisemmat monet asuin- ja pienkiinteistöille kiinteistöautomaatiojärjestelmiä kehittävät yritykset tulevat ottamaan huomioon kysynnän jouston toteuttamisen vaatimia erityispiirteitä, kuten EKE-yhtiöt ovat ne jo huomioineet omassa järjestelmässään.

TAULUKKO 3. Kiinteistöautomaatiojärjestelmien käyttö eri kiinteistötyypeissä.

Yleisesti käytetty	Voidaan käyttää	Soveltuu huonosti	Talomat	SmartHome by EKE	ME-Platin	KNX	Duman EH-60	Fidelix FX-MET	LonWorks	SmartStructure Lite	DALI	TAC Vista	Beckhoff	Honeywell	Duman järjestelmät	Compucon
LUOKKA	TYYPPI	LÄMMITYSMUOTO														
Asuinrakennukset	Pientalo	Sähkölämmitys (*suora*)														
		Sähkölämmitys (varaaja)														
		Öljy/kaukolämpö														
		Maalämpö														
		Lämpöpumput/*seka*														
	Rivitalo	Sähkölämmitys (*suora*)														
		Öljy/kaukolämpö														
		Maalämpö														
	Kerrostalo	Öljy/kaukolämpö														
		Maalämpö														
Hoitoalanrakennukset	Terveyskeskukset	Sähkölämmitys (*suora*)														
		Muu														
Opetusrakennukset	Koulut															
Toimistorakennukset	Toimistot															
Liikerakennukset	Myymälä- ja kauppa-															
Maatalous	Kotieläinrakennukset															
Liikenteenrakennukset	Liikenteenrakennukset															
Muu kulutus	Katuvalaistus															
Kokoontumiskeskukset	Urheiluhallit															
Teollisuuskiinteistöt	Yhdyskuntatekniikan rakennukset															

Millä tahansa kiinteistöautomaatiojärjestelmällä ryhdytään toteuttamaan kysynnän jous-
toon liittyviä kuorman ohjauksia, tulee huomioida lainsäädännön asettamat vaatimukset
sekä standardien suosituksen etänä suoritettavista ohjauksista sekä etenkin toiminnalli-
sen turvallisuuden säilyminen.

6 OHJAUSTEN VAIKUTUS OLOSUHTEISIIN

Kysynnän joustoa toteutettaessa on syytä huomioida myös kuormien ohjauksen vaikutus kiinteistöjen olosuhteiden ja käyttäjä mukavuuden säilyttämiseen ohjausten aikana. Käyttäjällä tulee olla myös mahdollisuus ohittaa ohjaus niin halutessaan. Valaistustason madaltaminen, lämmityksen alentaminen, ilmanvaihdon pienentäminen sekä jäähdytyksen vähentäminen hetkellisesti ovat varmasti kaikki sen kaltaisia toimintoja, joihin kuluttajat varmasti suhtautuvat myönteisesti varsinkin kun he tietävät saavansa säästöä toteutuneista ohjauksista. Edellä mainitut toiminnot eivät välttämättä ole edes aistinvaraisesti havaittavissa normaalien toimintojen ohella, kun ohjaus suoritetaan hallitusti.

Radikaalisempien ohjausten, jotka kohdistuvat kodinkoneisiin, pistorasiaryhmiin, on/off tyyppisesti valaistukseen, tulisi hyväksyttää aina kuluttajalla. Tämän tyyppisillä ohjauksilla on suuri vaikutus kiinteistöjen käyttäjä mukavuuteen ja voidaan olettaa, etteivät kuluttajat tule suostumaan tämän tyyppisiin automaattisesti toteutettaviin kuormanohjauksiin. Valistamalla kuluttajia ja konkretisoimalla saavutettavaa hyötyä osa kuluttajista voidaan saada tarttumaan tarjottuun mahdollisuuteen suorittaa itse pyynnön saatuaan kyseisen kaltaisia ohjauksia asumismukavuudesta tinkien. Seurauksena kuluttaja saavuttaa säästöä ja pienentää osaltaan ympäristöä rasittavia hiilidioksidipäästöjä osana kysynnän jouston toteutumisesta. Toinen mahdollisuus tämän tyyppisten ohjausten toteuttamiselle voisi olla suorittaa niitä vain kiinteistön ollessa tyhjillään. Kuluttaja voisi salli tämän kaltaisen toimintamallin käyttämällä kotona/poissa -kytkimen kaltaista toimintoa. Tämä indikoisi palveluntarjoajalle kiinteistön olevan tyhjillään, jolloin automaatiojärjestelmä hoitaisi itsenäisesti ohjauksen hintaohjaustiedon saatuaan. Tosin kiinteistön ollessa tyhjillään ohjattavan kuorman määrä on yleensä verraten pieni, kun järjestelmästä on toiminnassa ainoastaan lämmitys ja ilmanvaihto. Toisaalta pitkälle automatisoidussa kiinteistössä lämmitystä ja ilmanvaihtoa voidaan vähentää hyvinkin radikaalisti ilman pelkoa rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien vaurioitumisesta.

Tulevaisuudessa sähkönverkon rakenteen ja tariffien muuttuessa kohti tehokaistaperustaista älykästä sähköverkkoa voi tulla aiheelliseksi pohtia verkon ylikuormitus- ja viikaantumistilanteiden varalle pakotettua ohjaussignaalia. Tällä signaalilla olisi mahdollista poiskytkä kaikki, ei välttämättömät kuormanohjauksen piirissä olevat laitteet keskitetysti. Tällä tavoin voitaisiin mahdollisesti välttää ainakin osa täydelliseen sähkökatkoon johtavista tilanteista, samalla säilyttää välttämättömimmät toiminnot.

7 KUSTANNUSVAIKUTUKSET ASENNUSMUUTOKSISSA JA SUUNNITTELUSSA

Ryhdyttäessä suorittamaan kysynnän jouston toteuttamiseen liittyviä asennusmuutoksia, on syytä huomioida teknillistaloudellinen näkökanta, eikä tehdä niitä vain tavoiteltavan päämäärän saavuttamiseksi. Ei ole taloudellisesti kannattavaa lähteä muuttamaan minkä tahansa kiinteistön sähköverkon rakennetta kysynnän jouston toteutumisen kannalta vaadittavaan suuntaan, vaan on perehdyttävä muutosten mielekkyyteen taloudellisesta näkökulmasta.

Alla käsitellään nykyaikaisten kiinteistöautomaatiojärjestelmien asennusmuutosten kustannusvaikutuksia niin olemassa olevissa kiinteistöissä kuin uudiskohteissa, kun niitä valjastetaan kysynnän jouston tarpeisiin.

7.1 Olemassa olevat kiinteistöt

Nykyaikaisissa avoimissa ja väyläpohjaisissa kiinteistöautomaatiojärjestelmissä ei ehkä ole syytä puhua asennusmuutoksista. Kokonaisvaltaisessa automaatiojärjestelmässä suurin osa tai ainakin kysynnän jouston kannalta oleelliset kuormat ovat lähes aina valmiiksi kytketty kuorman ohjauksen mahdollistavien komponenttien. Kyse on enemmänkin ohjelmallisista muutoksista, joilla saadaan kuormanohjaukset toteutumaan haluttuun aikaan joko automaattisesti ulkopuolisen hintatiedon avulla tai kuluttajan itse suorittamana ohjauksena. Tämän kaltainen ohjelma muutos on hinnaltaan varsin edullinen toimenpide, mikäli kiinteistöautomaatiojärjestelmä on entuudestaan varustettu visuaalisella valvomo- tai etäkäyttöliittymällä. Varsinkin verrattaessa rakenteeltaan perinteiseen ”ei älykkääseen” kiinteistön sähköverkkoon tehtäviin muutoksiin. Ei-älykkääseen kiinteistön sähköverkko vaatii suuria rakenteellisia muutoksia eikä vanhoissa sähkökeskuksissa usein ole riittäviä tiloja tällaisten muutosten suorittamiseen. Ainoaksi fyysiseksi asennusmuutokseksi jää AMR-mittarin potentiaalivapaan kosketintiedon liittäminen automaatiojärjestelmään niissä tapauksissa kun hintaohjaustietoa ei ole saatavilla automaatiojärjestelmään muulla tavoin. Sitä vertaa rakenteeltaan perinteiseen kiinteistön sähköverkkoon tehtäviin muutoksiin. Tämän kaltaisissa tapauksissa vaaditaan suuria rakenteellisia muutoksia kiinteistön sähköverkkoon eikä vanhoissa sähkökeskuksissa usein ole riittäviä tiloja tällaisten muutosten suorittamiseen.

7.2 Uudiskohteet

Uudiskohteiden suunnitteluvaiheessa huomioon otettu kysynnän jouston toteuttaminen ei aiheuta merkittäviä ylimääräisiä kustannuksia. Kuten olemassa olevissa kiinteistöissä, muutokset ovat lähinnä ohjelmallisia. Joitain kuormia, jota ei ”tavallisesti” suunnitella ohjattavaksi voidaan kuitenkin tarvittaessa suunnitteluvaiheessa suunnitella ohjauksen piiriin. Tämän tyyppisten muutosten vaatima lisätila sähkökeskuksissa on helppo ottaa huomioon keskuksia tilatessa. Edellä mainitun kaltaiset lisäykset suunnitteluvaiheessa ovat huomattavan edullisia verrattuna siihen, että niitä aletaan miettiä ja toteuttaa lisätöinä vasta rakennusvaiheessa tai vielä hankkeen myöhemmässä vaiheessa. Tämä vaatii kuitenkin sitä, että kaikki projektiin osallistuvat tahot ymmärtävät ja ovat halukkaita sitoutumaan kysynnän jouston toteuttamiseen. Hienoimmatkaan suunnitelmat eivät auta kysynnän jouston toteuttamista, jos rakennuttaja tai urakoitsija karsii suunnitellut muutokset kustannuksiin vedoten.

Mikäli kysynnän jouston tarjoamaa säästöä energiakustannuksissa, halutaan hyödyntää täysimääräisesti, on tietenkin mahdollista investoida kiinteistönautomaatiojärjestelmään huomattaviakin summia rahaa verrattuna perustoiminnot kattavaan alemman automaatiotason vaatimukset täyttävään kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Valmisteilla olevassa prEN 50491–12 standardissa kuvatussa kaltaisilla kaksisuuntaisilla järjestelmillä ja älykkäillä laitteilla pystytään tulevaisuudessa hyötymään täysimääräisesti tuntihinnoiteltu sähkömyyntiä ja ennakoida ennusteiden perusteella sähkönkulutushuippuja. Tämän kaltaiset järjestelmät ovat vielä huomattavan kalliita, eikä monikaan sähköyhtiöistä vielä tarjoa tuntihinnoiteltua sähköliittymää saati ennusteita sähkönhinnan kehityksestä, jotta järjestelmää voitaisiin hyödyntää täysimääräisesti.

8 POHDINTA

Tutkimushankkeessa tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että kysynnän joustoa on mahdollista lähteä toteuttamaan nykyisillä kiinteistöautomaatiojärjestelmillä. Kustannuksiltaan toteutus ei ole ylipääsemättömän kallista, riippuen siitä kenen maksettavaksi lasku lankeaa. Oikein ja oikeudenmukaisesti toteutettuna kysynnän joustolla tulee mahdollisesti olemaan hyvinkin positiivisia ilmastollisia kuin taloudellisia vaikutuksia niin kuluttajille kuin palveluntarjoajille. Kysynnän joustoa voidaan käyttää yhtenä hyvänä työkaluna, kun Suomi tavoittelee 80 prosentin päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä. Päätöksiä ja lainsäädäntöä kysynnän jouston toteuttamiseksi tehdessä on pidettävä mielessä kaikki toimivan kysynnän jouston toteuttamiseksi vaadittavat elementit eikä sortua ylilyönteihin niin kuin tuntuu käyneen monen muun ympäristöpolitiikkaan liittyvän päätöksen teon kohdalla.

Poiskytkettyneen kuorman todentaminen ja tiedon saaminen siitä palveluntarjoajalle havaittiin haasteelliseksi. Kuluttajalle maksettava korvaus kysynnän jouston toteuttamisesta tulee mahdollisesti nojaamaan voimakkaasti kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon kuluttajan ja palveluntarjoajan välillä. Ongelmalliseksi sen toteutuksessa muodostuu se, ettei pienkuluttajille, joita on määrällisesti paljon, ole valmiuksia kiinteistöautomaatiojärjestelmissä tarvittaviin teknisiin toteutuksiin eikä välttämättä tahtotilaa vaadittavien muutosten toteuttamiseksi. Ominaisuus on niin kuluttajalle kuin palveluntarjoajalle tärkeä taloudellisesta näkökulmasta. Itse tiedonsiirto on jo nyt mahdollista toteuttaa helposti sähköverkkoa käyttävällä Power-line communication – tekniikalla. Kuluttajapään laitteistoilla ei ole valmiuksia lähettää tietoa palveluntarjoajalle sellaisenaan vaan järjestelmät vaativat muutakin kuin ohjelmallisia muutoksia, mikä nostaa muutostöiden hintaa merkittävästi. Kumpikaan osapuoli tuskin on halukas maksamaan kustannuksia vaan yrittää vierittää sitä toisen maksettavaksi vedoten juuri toisen osapuolen taloudelliseen hyötymiseen. Useissa suurkiinteistöille tarkoitetuissa kiinteistöautomaatiojärjestelmissä on valmiudet kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon, joten samankaltaisiin ongelmiin tuskin ajaututaan niiden kanssa. Lisäksi suurissa kiinteistöissä potentiaalisten säästöjen suurusluokka on omakotitaloihin verrattuna sitä luokkaa, etteivät kaksisuuntaisen tiedonsiirron vaatimat lisäkustannukset ole merkittäviä. Uudiskohteiden kiinteistöautomaatiojärjestelmien suunnitteluvaiheessa kysynnän jouston tiedonsiirtoon liittyvät erityispiirteet huomioidessa ovat ne toteutettavissa helposti ja kustannustehokkaasti.

Voidaan myös miettiä, onko kysynnän jouston toteuttaminen loppujen lopuksi taloudellisesti kannattavaa muiden kuin sähkö- ja sähköverkkoyhtiöiden kannalta. Tietyn tyyppisten sähkönkuluttajien sähkölasku tulee mahdollisesti pienentymään ainakin kysynnän jouston alkuvaiheessa, mutta millä hinnalla ja kuka sen hinnan maksaa. Sähkönmyyjät ja verkkoyhtiöt ovat pörssiyhtiöitä ja jos rahavirta jostain vähenee, tullaan sitä todennäköisesti ottamaan toisaalta enemmän kuin ennen. Huipputehojen pienentyminen tulee luultavasti tulevaisuudessa vaikuttamaan sähköverkon mitoittamiseen ja sitä kautta investointikustannusten pienentymiseen, muttei välttämättä ainakaan alentavasti sähkönsiirtomaksujen hintaan.

.

LÄHTEET

ABB Group. 2010. Älykäs Rakennus

CENELEC. 2012. Draft for prEN 50491-12 _ v0.7.9.10

ElSpot. 2014. NordPool. Luettu 6.2.2014

<http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/ALL1/Hourly/>)

Energy harvesting wireless technology. Luettu 10.4.2014

<http://www.enocean.com/en/energy-harvesting-wireless/>

EnOcean. Luettu 7.4.2014. <http://en.wikipedia.org/wiki/EnOcean>

Fidelix 12.09.2012, yleisesite v4.5

Grip K. 2013. Pienasiakkaan kysynnän jouston ja oman tuotannon vaikutukset kuormitusmalleihin. Diplomityö.

Heiskanen E. Matschoss K. Saastamoinen M. 2012. Asiakkaan näkökulma älykkään sähköverkon lisäarvoon – julkaisu. Energiateollisuus ry

Helvar Designer Help Luettu 27.3.2014

Kallioharju K. 2013. Valaistussuunnittelu kurssin koulutusmateriaali. TAMK

Kotiautomaatio. Luettu 10.2.2014

<http://www.eke.fi/liiketoiminta/kotiautomaatio/tuotteet-ja-palvelut/>

Kotitalouksien sähkökäyttö 2011. Motiva

Kulutus ja tuotanto. Fingrid. Luettu 29.9.2013

<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/kulutus-ja-tuotanto/Sivut/default.aspx>

Kysyntäjousto 2014. Fingrid. Luettu 29.9.2013.

<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/kulutus-jatuotanto/Kysyntajousto/Sivut/default.aspx>

Piikkilä V. 2005. ST 721.01 Talotekniikan tietojärjestelmien käyttöliittymät. Sähköinfo Oy

Piikkilä V. 2007. ST 701.61 Tiedonsiirron rajapintojen perusteita. Sähköinfo Oy

Piikkilä V. 2012. Kenttäväylät luentoaineisto 3. TAMK

Piikkilä V. 2014. Älykkäiden verkkojen standardointi. TAMK

Projektisuunnitelma v.2.1 2013. Kysynnän jousto – Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiölle.

Schneider Electric. 2013. SmartStruxure™ Lite solution Get Control. Get Efficient. Get Value. Solution Overview

Schneider Electric. InSideController mobiiliin ohjaukseen. Luettu 24.2.2014
<http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/sahkoasen-nuskalusteet/knx-inside-control.page>

Schneider Electricin älykäs SmartStruxure –ratkaisu tekee kiinteistöstä kilpailukykyisemmän. Luettu 7.4.2014
<https://www.stinfo.fi /release?releaseId=11203885>

Smart Buildings. Luettu 31.3.2014
<http://www.echelon.com/applications/smart-buildings/>

Smart Metering with KNX English v2013. KNX

Sähkön hinta pähkinänkuoressa. 2011. Energiateollisuus ry. Luettu: 6.2.2014
http://energia.fi/sites/default/files/et_sahko_hinta_esite_160911.pdf

Sähkön tuotanto. Energiateollisuus ry. Luettu 29.9.2013. <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/sahkontuotanto>

Talomat järjestelmät. Luettu 25.3.2014
www.talomat.fi

Valaistuksen ohjaukset tai kokonainen taloautomaatio langattomasti sekä ilman paristojä. Luettu 11.4.2014
http://www.vaasansahkopalvelu.fi/tuotteet_enocean.htm

LIITTEET

Liite 1: Potentiaalisten ongelmien analyysi

Liite 2: DALI mittaus tulokset. 3 sivua

Liite 1. Potentiaalisten ongelmien analyysi

	Ohjattava järjestelmä				
	Sähköturvallisuus	Ilmastointi		Lämmitys	
Vaara	Jännitteettömyyden toteaminen	Huono ilmanlaatu	Kosteus	Vaaralliset kaasut ilmassa	Kylmyys
Seuraus	Sähköisku, Kuolema, Vamma, Tulipalo	Sairastelu, Huono työympäristö	Rakenteiden homehtuminen, Sairastelu, Allergiat	Tapaturma, Tulipalo, Räjähdyk	Huono työympäristö, Home, Kosteus
Ehkäisevät toimenpiteet	Ohjausjärjestelmien selkeä merkitseminen, aiheen liittäminen osaksi sähkötyöturvallisuus koulutusta	Ilmanlaadun seuranta useista pisteistä, ilmastoinnin ohjaus, lyhyt tehonpudotusaika		Lämpötilan seuranta, lyhyt tehonpudotusaika	Lyhyt tehonpudotusaika, varoitus ajoittaisesta liukkaudesta

SELITYKSET

- 1) Laitteen ollessa päällä, tehonrajoitus kytkee laitteen sähkönsyötön pois. Laitteen sähköjen kytkeytyessä takaisin laite voi jäädä kuumenemaan valvomatta.

Jäähdytys	Valaistus	Liesi/uuni	Pesukoneet	Sähköautojen lataus
Kuumuus työtiloissa	Huono näkyväisyys	Valvoton laitteiden käyttö ¹⁾	Valvoton laitteiden käyttö ¹⁾	Vähäinen latauksen ajoon lähdeettäessä, akustojen vanheneminen
Kuumuuden aiheuttamat terveysriskit	Huono työympäristö, Tapaturmavaara	Tulipalo	Vesivahinko, tulipalo	Ajon keskeytyminen, akustojen uusimisen tarve
Riittävä tilojen lämpötilan seuranta	Valaistusolosuhteiden seuranta	Sähkökatkon jälkeen laite käynnistettävä uudestaan. Älykkäät sähkölaitteet	Sähkökatkon jälkeen laite käynnistettävä uudestaan. Älykkäät sähkölaitteet	Älykäs akustojen lataus

VAARALISTA:

- 1 Jännitteettömyyden toteaminen
- 2 Huono ilmanlaatu
- 3 Ilmankosteus
- 4 Kosteuden tiivistyminen
- 5 Home
- 6 Vaaralliset kaasut ilmassa
- 7 Liian kuuma sisäilma
- 8 Huono näkyvyys / liian vähän valoa
- 9 Kävelyalueiden liukkaus
- 10 Sadevesijärjestelmien jäätyminen
- 11 Valvoton laitteiden käyttö
- 12 Sähköauton akustojen vanheneminen
- 13 Sähköauton akustojen vähäinen varaus ajoon lähdeettäessä

1(3)

VALAISTUS MITTAUKSET
DALI
13.3.2014

JÄNNITE (V)	230	TYHJÄKÄYNTITEHO		34,50 W
HÄIRIÖ VALAISTUS		1,4 lx		
VALAISTUS OHJAUS DALI (0-100%)		MITTAUKSET		SUHDE TÄYTEEN OHJAUSKÄSKYYN
	VALAISTUSVOIMAKKUUS (lx)	VRTA (A)	TEHO (W)	TEHO VALAISTUSVOIMAKKUUS
100	589	0,45	103,50	100 %
90	543	0,43	98,90	92 %
80	498	0,40	92,00	85 %
70	438	0,37	85,10	74 %
60	377	0,34	78,20	64 %
50	325	0,31	71,30	55 %
40	264	0,29	66,70	45 %
30	203	0,26	59,80	34 %
20	140	0,23	52,90	24 %
10	74	0,20	46,00	13 %
0	1,4	0,15	34,50	0 %

VALAISTUS OHJAUS DALI (0-100%)		MITTAUKSET		SUHDE TÄYTEEN OHJAUSKÄSKYYN	
	VALAISTUSVOIMAKKUUS (lx)	VRTA (A)	TEHO (W)	TEHO VALAISTUSVOIMAKKUUS	
100	587,6	0,30	69,00	100 %	100 %
90	541,6	0,28	64,40	93 %	92 %
80	496,6	0,25	57,50	83 %	85 %
70	436,6	0,22	50,60	73 %	74 %
60	375,6	0,19	43,70	63 %	64 %
50	323,6	0,16	36,80	53 %	55 %
40	262,6	0,14	32,20	47 %	45 %
30	201,6	0,11	25,30	37 %	34 %
20	138,6	0,08	18,40	27 %	24 %
10	72,6	0,05	11,50	17 %	12 %
0	0	0,00	0,00	0 %	0 %

Liite 2 DALI mittaustulokset

Liite 2 DALI mittaustulokset

2(3)

