



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JUUSO MÄKI

ASUINKERROSTALON ENERGIANKULUTUKSEN HALLINTA
ÄLYKKÄÄN ASUKASPORTAALIN AVULLA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkö-
nen, DI Juhani Heljo, DI Pellervo
Matilainen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Tuotantotalouden ja rakentamisen
tiedekunnan tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 6. maaliskuuta 2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

MÄKI, JUUSO: Asuinkerrostalon energiankulutuksen hallinta älykkään asukasportaalin avulla

Diplomityö, 134 sivua

Kesäkuu 2013

Pääaine: Rakennustuotanto ja -talous

Tarkastajat: professori Kalle Kähkönen, DI Juhani Heljo, DI Pellervo Matilainen

Avainsanat: Energianmittaus, asukasportaaali, kulutusmittari, kulutustottumukset

Kotitalouksien energiatehokkuutta voidaan pyrkiä parantamaan myös epäsuorasti energian seuranta- ja hallintapalvelun avulla. Seurantapalvelussa asukkaille esitetään huoneiston reaaliaikaista energian- ja vedenkulutusta erilaisten kulutuspalautemuotojen avulla. Hallintapalvelulla ohjataan huoneiston laitteita ja järjestelmiä, minkä tarkoituksena on tehdä energiankäytöstä tehokkaampaa. Seuranta- ja hallintapalvelua käytetään web-pohjaisen palvelusivuston kautta, jota kutsutaan älykkääksi asukasportaaliksi.

Tämä tutkimus jakautuu kahteen osaan: kirjallisuusosuudessa selvitetään, mistä asuinkerrostalon energiankulutus muodostuu ja mitkä tekijät siihen vaikuttavat. Samalla pyritään arvioimaan, millä keinoilla käytönaikaista energiatehokkuutta voidaan parantaa. Pilotoinnin avulla arvioidaan älykkään asukasportaalin epäsuoraa energiatehokkuutta eli portaalin vaikutusta asukkaiden energiankäytön tehokkuuteen. Pilotointiympäristö muodostuu käytössä olevan asuinkerrostalon kuudesta huoneistosta, joilla on ollut käytettävissä asukasportaalin esiversio. Pilotoinnin aikana asukasportaaliiin tuotiin uusia seuranta- ja hallintapalveluita, joiden vaikutusta energiankäyttöön seurattiin kuukauden ajan. Energiankulutuksen analysointiosuudessa vertaillaan toteutunutta kulutusta laskennallisiin ja tavanomaisiin kulutustasoihin sekä selvitetään kulutuspoikkeamia. Analysoinnin toisessa vaiheessa arvioidaan asukasportaalin uusien toimintojen vaikutusta asukkaiden energiankäyttöön.

Tutkimustulosten perusteella asukasportaalin energian seurantapalvelulla voidaan helposti havainnoida hyödyntämätöntä säästöpotentiaalia. Hallintapalvelun avulla voidaan lisätä kodin asumismukavuutta ja turvallisuutta, minkä seurauksena myös energiankäyttö tehostuu. Asukasportaaliiin kytketyt uudet toiminnot vaikuttivat asukkaiden kulutuspäätöksen tekemiseen, minkä seurauksena huoneistojen energiankulutus vähenyi. Tutkimuksessa havaittiin, että kulutuspalautteen on oltava yksinkertaista ja helposti ymmärrettävää, komparatiivista ja henkilökohtaisiin tavoitteisiin perustuvaa sekä mahdollisimman automatisoitua, jotta asukkaan energiankäyttöön voidaan vaikuttaa. Järjestelmän käyttöintensiteettiä voidaan lisätä tarjoamalla uusia hallintapalveluita, jotka edellyttävät asukasportaaliiin kirjautumisen. Järjestelmän kannattavuus riippuu asukkaan energiankäytöstä sekä innokkuudesta muuttaa käyttötottumuksia. Kannattavuutta voidaan parantaa hyödyntämällä edullisempia energiasopimuksia sekä käyttämätöntä säästöpotentiaalia.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

MÄKI, JUUSO: Managing energy consumption in residential building with smart home portal

Master of Science Thesis, 134 pages

June 2013

Major: Construction Management and Economics

Examiners: Professor Kalle Kähkönen, M.Sc. Juhani Heljo, M.Sc Pellervo

Matilainen

Keywords: Energy measurement, home portal, energy meter, consumer behavior

Household's energy efficiency could be improved indirectly by energy management system. System's energy measurement part shows energy and water consumption in real time using different kind of feedback forms. With system's other section, energy management part, may be managed appliances and systems of apartment with the aim to make energy use more efficient. Energy management system is used on a web-based service site which is called smart home portal.

This study is divided into two parts. The literature study part explains how energy consumption is formed in residential buildings and what factors affect the consumption. This first part includes also the assessment how energy efficiency could be improved. Smart home portal's indirect energy efficiency, which means how the portal affects the occupants consumption behavior, is estimated by pilot project. Pilot project includes six apartments of one residential building which is in use. All the apartments have had home portal's first version in use. During the pilot project several new functions were added to home portal and the consumption after update were followed for one month. The data analyzing part focusses on the comparison between true consumption and calculated consumption. Also the deviation between those consumptions will be estimated. In the second part of analysis it is estimated how home portal's new functions affected to use of energy.

Based on the results of this study it's easy to observe unused savings potential by using smart home portal's energy measurement tools. Also by home portal's management tools living comfort and safety can be increased resulting at the same time more effective use of energy. New functions affected the occupant's decision making causing reduction of consumption. In this study it was noticed that consumption feedback should be simple and easy to understand, comparative and based on personal targets as well as automated as possible so that can influence occupant's energy use. The intensity of use of the system could be increased by providing new management tools which require logging on the home portal. System's viability depends of the use of energy and occupant's willingness to change behavior. Viability can be improved easily by using cheaper energy contracts and unused savings potential.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisessä yliopistossa yhteistyössä Skanska Talonrakennus Oy:n, ABB Oy:n sekä BaseN Oy:n kanssa. Diplomityö on tehty TTY:n rakennustekniikan laitoksen rakennustuotannon professorin Kalle Kähkösen sekä vanhemman tutkijan Juhani Heljon valvonnassa. Työn tekemistä varten perustettiin työryhmä johon kuuluivat Pellervo Matilainen ja Satu Ryyänen Skanskalta, Kari Pulkkinen ABB:lta sekä Jukka Paananen ja Iikka Jaakkola BaseN:lta.

Haluan kiittää koko ohjausryhmää osallistumisesta ja avusta tämän työn tekemiseen. Vaikka tutkimuksen aikataulu oli melko tiukka, sain aina tarvittaessa apua ongelmatilanteissa. Kiitos myös kaikille haastatetuille ja muilla tavoin tutkimustyössä avustaneille. Kiitos kuuluu myös Skanskan Turun toimistolle, jossa sain mahdollisuuden tehdä tätä työtä.

Olen saanut erityistä tukea kotiporukoilta työn tekemiseen. Haluan kiittää vanhempiani Timoa ja Kristiinaa sekä muuta perhettä tuesta, kärsivällisyydestä sekä tsemppauksesta koko työn aikana. Kiitokset kuuluvat myös opiskelutovereille ja muille ystäville viihde-toiminnan järjestämisestä tutkimuksen aikana.

Tampereella, 13. toukokuuta 2013

Juuso Mäki

SISÄLLYS

Tiivistelmä.....	i
Abstract	ii
Termit ja niiden määritelmät	vi
1 Johdanto.....	1
1.1 Tutkimusongelman kuvaus	2
1.2 Työn tavoitteet.....	2
1.3 Työn rajaus.....	3
1.4 Tutkimusmenetelmät	4
1.5 Työn rakenne.....	4
2 Energianmittaus asuinkerrostalossa	6
2.1 Energia- ja vesimittauksen järjestäminen	7
2.2 Kulutuksen seuranta ja vertailu	10
2.3 Älykäs seuranta- ja hallintajärjestelmä	12
3 Energiankulutus ja energian hinta	16
3.1 Asuntokanta sekä energiankulutus Suomessa.....	17
3.2 Energiankulutuksen muodostuminen	20
3.2.1 Lämpöenergia.....	21
3.2.2 Sähköenergia	24
3.3 Energian hinnan muodostuminen.....	27
4 Energiatehokkuus.....	30
4.1 Energiatehokkuuden mittaaminen.....	31
4.2 Energiansäästöpotentiaalin määrittäminen	33
4.3 Poliittinen tausta.....	34
4.3.1 Euroopan unionin ilmasto ja energiapaketti.....	35
4.3.2 Energiatehokkuusdirektiivi	36
4.3.3 Rakentamiseen ja kotitalouksiin kohdistuvat toimenpiteet.....	37
4.4 Paikalliset energiaterhokkuustavoitteet.....	40
5 Kulutustottumukset	44
5.1 Kulutuspäätökseen vaikuttavat tekijät	45
5.1.1 Kulutusluonteet.....	46
5.1.2 Kulutustottumusten ohjaus – palautekeinot	50
5.2 Energiatehokas kulutuspäätös	52
5.2.1 Arvon muodostuminen.....	53
5.2.2 Hukan eliminointi	53
6 Energiankulutuksen hallinta asukasportaalien avulla	55
6.1 Pilotointiympäristö	55
6.1.1 Järjestelmäkuvaus	57
6.1.2 Rinnakkaisversio	59
6.2 Kokonaisenergiakulutus.....	62
6.2.1 Laskennallinen energiankulutus	64

6.2.2	Toteutunut kokonaisenergiankulutus ja sen vertailu	66
6.3	Huoneistojen energiankulutus ensimmäisessä vaiheessa	71
6.3.1	Absoluuttinen kulutus	72
6.3.2	Suhteellinen kulutus	79
6.4	Huoneistojen energiankulutus toisessa vaiheessa	86
6.4.1	Kulutustavoitteiden asettaminen ja toteutumisen seuranta	86
6.4.2	Yksityiskohtainen tarkastelu	90
6.5	Energiatehokkuus asukkaiden näkökulmasta	97
6.5.1	Energia-asenteet ja käyttökokemukset	98
6.6	Kannattavuuden analysointi.....	102
6.6.1	Järjestelmäkustannukset.....	103
6.6.2	Energiakustannukset	104
6.7	Kannattavuus.....	109
7	Johtopäätökset.....	115
7.1	Kulutuspoikkeamien syyt	115
7.2	Asuntokuntien toiminnot	117
7.3	Kulutus palaute.....	119
7.4	Säästöpotentiaali.....	122
7.5	Tulosten luotettavuus.....	125
7.6	Suositukset	126
	Lähteet.....	128

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Asukasportaali	Asukasportaali on web-pohjainen palvelusivusto, jolla käyttäjä voi tarkastella energiankulutusta sekä ohjata hallintapalveluita.
Energiansäästöpotentiaali	Energiatehokkuuspotentiaali tarkoittaa jonkin hyödyn saavuttamiseksi käytetyn energiamäärän ja saman hyödyn saavuttamiseksi riittävän pienimmän mahdollisen energiamäärän erotusta. (Forsström et al. 2011)
Energiatehokkuus	Energiatehokkuudelle ei ole yksiselitteistä käsitettä. Teknisestä näkökulmasta katsoen energiatehokkuus tarkoittaa, että jonkin tavoitteen saavuttamiseksi on käytetty tietty määrä energiaa ja tämä sama tavoite saavutetaan pienemmällä energiamäärällä. Tällöin voidaan olettaa, että energiatehokkuus on parantunut. (Forsström et al. 2011)
Energiatehokkuustoimenpide	Tarkoittaa rakennuksessa fyysistä toimenpidettä, jonka tavoitteena on lisätä rakennuksen energiatehokkuutta. Yleensä toimenpiteelle voidaan määrittää laskennallinen energiansäästöpotentiaali.
Hallintapalvelu	Hallintapalvelun avulla voidaan tehostaa kodin energiankäyttöä. Hallintapalvelu voi olla esimerkiksi kytkin, jonka avulla kodin laitteet ja järjestelmät asetetaan poissaolotilaan, kun huone tai tila ei ole käytössä. (Reinich et al. 2010)
Huoneistoenergia	Huoneistoenergialla tarkoitetaan energiankulutusta, joka kulutetaan huoneiston sisällä tai sitä energiankulutuksen osuutta, joka veloitetaan huoneistokohtaisesti. Esimerkiksi viihde- ja kotitalouslaitteiden sähkönkulutus kuuluu usein huoneistoenergian kulutukseen. (Virta et al. 2011)
Kiinteistöenergia	Kiinteistöenergialla tarkoitetaan energiankulutusta, joka kulutetaan huoneistojen ulkopuolella tai sitä energiankulutuksen osuutta, joka veloitetaan osana yhtiövastiketta. Esimerkiksi rappukäytävien valaistus kuuluu usein kiinteistöenergian kulutukseen. (Virta et al. 2011)

Kulutus palaute	Energiankulutus voidaan esittää kuluttajalle eri palautekeinojen avulla. Yksinkertaisessa palautteessa kerrotaan kuinka paljon energiaa on kulutettu tietyllä ajanjaksolla. Esimerkiksi sähköenergian laskutus on eräänlaista epäsuoraa kulutuspalautetta. (Darby 2006)
Kulutus piste	Energian- ja vedenkulutusta voidaan seurata huoneistossa kulutus pisteen tarkkuudella. Yksi kulutus piste kuvaa tietyn laitteen, kalusteen tai järjestelmän kulutusta, jota mitataan erikseen. Esimerkiksi astianpesukone voidaan katsoa yhdeksi kulutus pisteeksi.
Älykäs energianmittaus	Älykäs energianmittaus yhdistetään usein etäluettaviin sähkömittareihin, jotka mahdollistavat reaaliaikaisen mittauksen ja todelliseen kulutukseen perustuvan laskituksen. Älykkääseen energianmittaukseen liittyy laajempi kokonaisuus, johon on yhdistetty kodin yksityiskohtainen energian- ja vedenkulutuksen mittaus. (Kester et al. 2010)

1 JOHDANTO

Asuinrakennusten lämmityksen ja kotitalouslaitteiden energiankulutuksen osuus vuonna 2011 oli noin 20 % energian loppukäytöstä. Tästä osuudesta 84 % kohdistui rakennusten lämmitykseen ja 16 % kotitalouslaitteisiin. Kotitaloussektorin ympäristövaikutuksia arvioitaessa noin 20 % Suomen hiilidioksidipäästöistä aiheutuu asumisesta. (Tilastokeskus 2012d; Tilastokeskus 2012e) Asumiseen kohdistuu useita energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, joiden avulla toimintaympäristön energiankulutusta on tarkoitus vähentää. Suomen kansallisena tavoitteena on saavuttaa Euroopan unionin asettamat energiatehokkuustavoitteet vuonna 2017. (Ympäristöministeriä 2010a)

Valtiovalta on ohjannut uudisrakentamisen energiatehokkuutta asettamalla velvoitteita rakentamismääräyksiin. Kansalliset energiatehokkuusvaatimukset ovat kiristyneet vuonna 2003 ja 2010, jolloin asetettiin vähimmäisvaatimuksia rakenteisiin ja järjestelmiin. Vuodesta 2008 lähtien uudisrakennuksilta veloitettiin myös energiatehokkuutta kuvaava energiatodistus. Rakentamisen energiamääräysten murros nähtiin vuonna 2012, kun painopiste siirtyi rakenteiden ja järjestelmien vähimmäisvaatimuksista kokonaisenergiankulutuksen enimmäisvaatimukseen. Rakennusten ympäristövaikutukset on tarkoitus ottaa huomioon seuraavassa energiamääräysten etapissa vuonna 2015. (Ympäristöministeriä 2010a)

Asumisen energiankulutuksen ohjaus on perustunut pääasiassa valistukseen ja tiedottamiseen sekä palvelutarjonnan kehittämiseen. Muun muassa kodinkoneiden energiamerkinnällä ohjataan kuluttajia kiinnittämään huomiota kodinkoneiden energiankulutukseen. Kotitalouksien energiankulutukseen voidaan vaikuttaa myös epäsuorasti. Epäsuora ohjaus perustuu energiatehokkuuden kannalta kulutuksen mittaukseen ja sen esittämiseen, minkä uskotaan vaikuttavan kulutuksen pienentymiseen. Myös kulutuksen mittaukseen on asetettu vaatimuksia, sillä vuonna 2010 asuinkerrostalojen käyttöveden huoneistokohtainen mittaus asetettiin pakolliseksi (Ympäristöministeriö 2010d). Sähköenergiamittarit on tarkoitus vaihtaa älykkäiksi mittareiksi vuoden 2014 loppuun mennessä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009). Uuden energiatehokkuusdirektiivin myötä on odotettavissa myös huoneistokohtaista lämpöenergianmittausta. Mittausvaatimusten kasvaessa myös palveluntarjonta lisääntyy: kuluttajille on tarjolla monipuolisia kulutuksen seuranta- ja hallintapalveluita. Mittauksen ja palveluiden avulla pyritään kiinnittämään kuluttajan huomio kulutuksen muodostamiseen. Useissa tutkimuksissa on osoitettu reaaliaikaisen kulutuspalautteen esittämisen vaikuttavan kulutuskäyttäytymiseen (Darby 2006).

Energiatehokkuuden merkitys asunnon ostopäätökseen tulee todennäköisesti kasvaan. Energiatehokas rakennus edustaa laadullisen ja luotettavan rakentamistavan li-

säksi myös käyttökustannuksiltaan edullista kiinteistöä. Energiapoliittiset toimet vaikuttavat myös energian hinnan kehitykseen. Kiinteähintaisten hinnoittelumekanismien rinnalle on tulossa dynaamisia eli energian tuntihintaan perustuvia hinnoittelumekanismeja. Kuluttajat tulevat tarvitsemaan yhä yksityiskohtaisempaa tietoa energiankulutuksestaan, jotta kulutuksen ohjaus olisi mahdollista. Tämän uskotaan olevan yksi tehokkaimmista keinoista vaikuttaa kotitalouksien energiankulutukseen (Cook et al. 2004).

Tässä tutkimuksessa käsiteltyä tietoa voidaan hyödyntää usealla eri tavalla. Energian seuranta- ja hallintajärjestelmä palvelee paitsi asukkaita, myös tämän tutkimustyön yhteistyökumppaneita. Tutkimustietoa voidaan hyödyntää seuranta- ja hallintajärjestelmän jatkokehityksessä yhä asiakaslähtöisempään suuntaan. Kerätyt kokemukset ovat hyödyllisiä laajemman yhteistyökonceptin laatimisessa eri osapuolten kesken.

1.1 Tutkimusongelman kuvaus

Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa määritetty laskennallinen kulutus ei välttämättä vastaa toteutunutta kulutusta. Asuinkerrostalon toteutuneeseen kulutukseen vaikuttaa rakenteiden ja järjestelmien ominaisuuksien, sijainnin sekä ilmaston lisäksi myös asukkaiden energiankäyttö. Asuinkerrostalossa asuu usein erilaisia kuluttajia, joilla on toisistaan poikkeavia asenteita energiankäytön suhteen. Erityisesti asuinrakennuksissa, joissa on toteutettu teknisiä energiatehokkuustoimenpiteitä, asukkaat eivät kiinnitä huomiota käyttötapoihin, vaan rakennus oletetaan ikään kuin automaattisesti energiatehokkaaksi.

Asuinkerrostalojen asukkaat eivät ole saaneet konkreettista tietoa omasta kulutuksestaan, jolloin kulutuksen muodostumista ei ole pystynyt ymmärtämään. Kulutustieto on perustunut pitkäaikaiskulutukseen ja arviointilaskutukseen, jolloin kulutuksen ohjaus ei ole ollut kovin tehokasta. Kodin energian seuranta- ja hallintajärjestelmiä on käytönotettu pienrakennuksissa, mutta vastaavia palveluita ei ole juuri testattu asunto-osakeyhtiöissä. Energian seuranta- ja hallintajärjestelmä tuo uutta näkökulmaa asuinkerrostaloasumiseen energiankäytön kannalta.

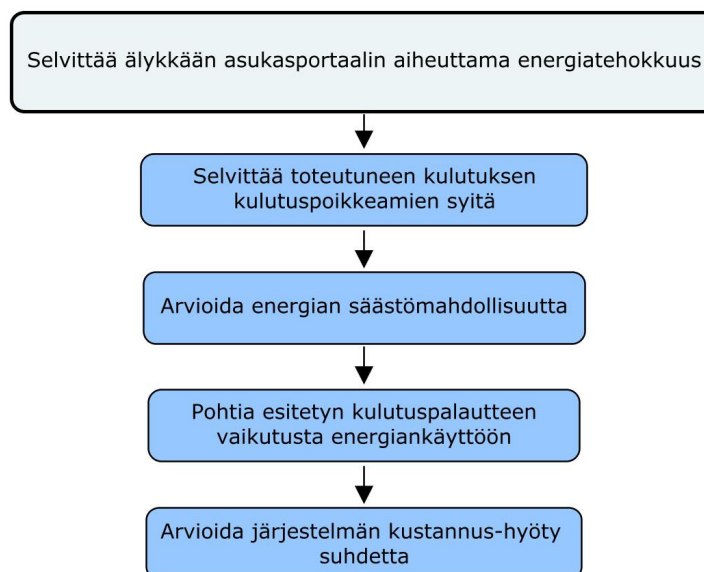
1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteet voidaan jakaa päätavoitteeseen ja sen alatavoitteisiin. Työn päätavoitteena on selvittää älykkään asukasportaalin aiheuttamaa epäsuoraa energiatehokkuutta eli portaalin vaikutusta asukkaiden energiankäyttöön. Energian seuranta- ja hallintapalveluista koostuvan älykkään asukasportaalin energiatehokkuutta ei voida suoraan arvioida teoreettisen laskelman avulla, vaan vertailua on tehtävä rakennuksen laskennallisen ja tavanomaisen sekä toteutuneen kulutuksen välillä. Oleellista on selvittää kulutuspoikkeamat, ymmärtää niiden syyt ja pyrkiä arvioimaan yksityiskohtaista energiansäästämahdollisuutta kerätyn aineiston perusteella.

Asuinkerrostalossa asukkailla on individuaaliset energia-asenteet, eikä energiansäästämahdollisuutta voida yleistää kaikkien osalta. Energia-asenteisiin voidaan vaikuttaa eri ohjauskeinoilla. Yksi tehokkaimmista keinoista on esittää kulutuspalautetta omasta

energiankäytöstä. Työn seuraavana tavoitteena on arvioida monipuolisen kulutusinformaation esittämistavan sekä kulutuspalautteen jatkojalostamisen vaikutusta kulutustottumuksiin ja siitä syntyvään energiankäytön pienenemiseen.

Yksityiskohtaisen kulustarkastelun jälkeen tiettyjen laitteiden ja järjestelmien kulutusta voidaan siirtää ajankohtiin, joissa energiakustannukset ovat suotuisimmat. Seuraavana tavoitteena on arvioida järjestelmän kannattavuutta, kun huomioon on otettu energiansäästöpotentiaali, energiankäytön kohdistus, eri hinnoittelumekanismit sekä järjestelmäkustannukset.



Kuva 1.1 Työn päätavoitteena on selvittää älykkään asukasportaalin aiheuttama energiatehokkuus. Energiatehokkuus muodostuu eri alatavoitteista.

Tutkimuksen sivutavoitteena on myös pohtia energian seuranta- ja hallintajärjestelmän etuja paitsi asukkaan näkökulmasta, niin myös rakennusliikkeen sekä järjestelmä- ja laitetoimittajan näkökulmasta. Yhteistyökumppaneiden tavoitteena on rakentaa toimiva ja käyttäjäystävällinen järjestelmä.

1.3 Työn rajaus

Tutkimuksen pilotointiympäristönä toimii Espoossa sijaitseva asuinkerrostalo. Asunto-osakeyhtiö Espoon Adjutantissa on 42 huoneistoa, joista kuusi muodostaa tämän tutkimuksen pilotointiympäristön. Jokaiseen Adjutantintalon huoneistoon on rakennettu energian seuranta- ja hallintajärjestelmä, mutta vain pilotointiympäristön huoneistoihin tuodaan uusia toimintoja asukkaiden käytettäväksi. Kulutusdataa analysoidaan koko kiinteistön osalta sekä näiden kuuden huoneiston osalta. Kulutusdataa käsitellään kuukausitasosta minuuttitasoon saakka riippuen tarkasteltavasta kohteesta.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa analysoidaan kertynyttä kulutusdataa asuinkerrostalon käyttöönotosta lähtien. Kulutusdataa käsitellään kiinteistö- ja huoneistotasolla. Tutkimuksen toisessa vaiheessa järjestelmän rinnakkaisversio otetaan käyttöön

pilotointiympäristöön kuuluvissa huoneistoissa. Rinnakkaisversioon liittyvien toimintojen käyttöä sekä niiden käyttökokemuksia kerätään noin kuukauden ajan. Tutkimuksen toisessa vaiheessa kulutusdataa käsitellään ainoastaan tutkimukseen osallistuvien huoneistojen välillä.

Työssä ei ole tarkoitus paneutua järjestelmän teknisen toteutusratkaisun kehittämiseen, vaan pääpaino on järjestelmän aiheuttaman epäsuoran energiatehokkuuden analysoinnissa ja sen parantamisessa. Teknisen ratkaisun osalta työssä käsitellään ainoastaan visuaalisen ulkoasun ja eri palautekeinojen toimivuutta ja hyödyllisyyttä.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Työn alussa tehtiin kirjallisuuskatsaus, joka muodostaa tutkimuksen teoriaosuuden. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään lähtöaineistoa energianmittauksesta, energiapolitiikasta, energiankulutuksen muodostumisesta sekä kuluttajien energia-asenteista. Teoriaosuuden laadinnassa toteutetun kirjallisuuskatsauksen tukena on käytetty asiantuntijahaastatteluita. Haastatteluita on toteutettu tutkimuksen eri ajankohtina. Asiantuntijoina ovat toimineet työn ohjaajien lisäksi muun muassa Ville-Veikko Santala (Projektipäällikkö, Skanska Talonrakennus Oy), Miimu Airaksinen (Tutkimusprofessori, VTT) sekä Timo Kalema (Professori, TTY).

Kirjallisuuskatsauksen lisäksi tutkimukseen kuuluu kvantitatiivinen osuus, jossa analysoidaan energiankulutusta ja käyttöveden kulutusta koko kiinteistössä sekä erikseen pilotointiympäristöön kuuluvissa huoneistoissa. Pilotointiympäristön huoneistojen kulutusdataa käsiteltiin kahdessa eri vaiheessa: ennen uusien toimintojen käyttöönottoa sekä uusien toimintojen käyttöönoton jälkeen. Ensimmäisessä analyysivaiheessa toteutunutta kulutusdataa verrataan laskennallisiin sekä tavanomaisiin kulutustasoihin. Kulutuspoikkeamien ymmärtämistä arvioidaan eliminoimalla eri häiriötekijöitä yksi kerrallaan. Tämän kulutusdatan avulla rakennetaan työkaluja tutkimuksen seuraavaan vaiheeseen kuten esimerkiksi kulutustavoiterajat. Tutkimuksen toisessa analysointivaiheessa käsitellään uusien toimintojen käyttöönoton jälkeen kertynyttä kulutusdataa. Lopuksi arvioidaan energian seuranta- ja hallintajärjestelmän kannattavuutta.

Tämä tutkimus sisältää kvantitatiivisen osuuden lisäksi myös laadullista eli kvalitatiivista tutkimusta. Asukashaastatteluiden avulla arvioidaan eri kuluttajien energia-asenteita ja niiden vaikutuksia energian käyttöön. Asukashaastatteluiden tuloksien perusteella voidaan kehittää monipuolisia kulutuspalauttekeinoja. Haastatteluissa tiedustellaan myös uusien toimintojen käyttökokemuksia.

1.5 Työn rakenne

Tämä tutkimus jakautuu pääpiirteissään kahteen eri osaan. Tutkimuksen ensimmäinen osa rakentuu kirjallisuuskatsauksesta, joka sisältää neljä päälukua. Kirjallisuuskatsauksen ensimmäisessä luvussa käsitellään asuinkerrostalon energiamittauksen järjestämistä ja eri toteutusvaihtoehtoja sekä kulutuksen seuranta. Toisessa pääluvussa arvioidaan

asuinkerrostalojen energiankulutuksen muodostumista sekä asuinkerrostalojen kulutuksen merkitystä koko yhteiskunnan energiankulutuksen kannalta. Samassa yhteydessä pohditaan energian hinnan kehitystä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Kirjallisuuskatsauksen kolmannessa luvussa käsitellään energiatehokkuuden mittaamista ja säästöpotentiaalın määrittämistä. Tässä yhteydessä jäsennetään myös poliittisten toimenpiteiden vaikutusta asuinrakennusten ja asumisen energiatehokkuuteen ja sen kehityssuuntaan. Viimeisessä kirjallisuuskatsauksen luvussa käsitellään kuluttajien kulutustottumuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä sekä energiatehokkaan kulutuspäätöksen elementtejä.

Tutkimuksen toinen osa rakentuu kolmesta pääluvusta, joista ensimmäisessä analysoidaan kulutusta ja haastattelutuloksia pilotointikohteessa, toisessa pohditaan asukasportaalin mahdollisuuksia eri rajapinnoissa ja kolmannessa jäsennetään tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset. Analysointikappaleessa kulutusta käsitellään kahtena eri ajankohtana: rakennuksen käyttöönotosta uusien toimintojen käyttöönottoon saakka sekä uusien toimintojen käyttöönoton jälkeen. Kappaleen alussa esitellään pilotointiympäristö ja käsitellään kulutusta rakennustasolla ensimmäisen ajankohdan suhteen. Tämän jälkeen kulutusta analysoidaan huoneistotasolla molempien ajankohtien suhteen. Kappaleen loppupuolella kerätään asukashaastatteluiden tulokset yhteen. Viimeisenä osuutena arvioidaan järjestelmän kannattavuutta.

Tutkimuksen viimeisessä pääluvussa tarkastellaan työssä saavutettuja tuloksia. Tuloksia arvioidaan sen perusteella, miten niillä on onnistuttu vastaamaan tutkimustavoitteisiin ja ratkomaan tarkasteltavaa tutkimusongelmaa. Kappaleessa pohditaan myös tutkimukseen liittyviä ongelmakohtia ja tulosten luotettavuutta ja annetaan suosituksia näiden perusteella.

2 ENERGIANMITTAUS ASUINKERROSTALOSSA

Energian ja vedenkulutuksen mittausta tarvitaan, jotta palvelun tarjoaja pystyy määrittämään, kuinka paljon asiakas käyttää palvelua. Asiakkaalle muodostuu kustannuksia käytetyn palvelun määrän mukaan. Energian mittauksen merkitys on kasvanut pääasiassa energiapoliittisten asioiden johdosta. Pelkän laskutusperusteen sijasta energiaa mitataan myös kulutusseurannan vuoksi. Kuluttajille on tarjottava yhä tarkempaa tietoa kulutuksen muodostumisesta mahdollisimman reaaliaikaisesti. Kulutusseurannalla on osaltaan tarkoitus vaikuttaa kotitalouksien energiankäyttöön. Kappaleessa 2.1 käsitellään energian ja vedenkulutuksen mittauksen järjestämistä asuinkerrostaloissa.

Asuinkerrostalossa energiankulutus muodostuu asunto-osakeyhtiön hallinnan alla olevista järjestelmistä sekä huoneistokohtaisista järjestelmistä. Sekä taloyhtiössä että huoneistossa voi olla useita eri kulutuspeisteitä. Asunto-osakeyhtiössä energiankulutus on perusteltua jakaa osakokonaisuuksiin esimerkiksi oikeudenmukaisen laskutuksen järjestämiseksi. Kappaleessa 2.2 käsitellään energiankulutuksen seuraamista ja vertailua.

Energiankulutuksen hallinta on mielenkiintoinen näkökulma energiayhtiöiden ja kuluttajien kannalta. Perinteisissä järjestelmissä yhtiöiden laskutus ei ole voinut perustua todelliseen kulutukseen mittaustekniikan vuoksi. Arviointiin ja tasaukseen perustuva laskutus ei osaltaan kannusta kulutuksen pienentämiseen tai kulutuksen siirtämiseen. Energiayhtiöiden on siis varauduttava jatkuvasti riittävän kapasiteetin ylläpitämiseen, joka on osaltaan nostanut energiantuotantokustannuksia. (Euroopan komissio 2007) Kulutuksen hallinnalla on tarkoitus ohjata kuluttajia siirtämään kulutusta huippuaikojen ulkopuolelle. Kulutuksen hallinta on mahdollista esimerkiksi tilanteessa, jossa kuluttajalle esitetään reaaliaikaista kulutusdataa, jolloin kulutusta on helpompaa siirtää ajankohtaan, jossa energian hinta on halvempaa. Tällöin myös energian hinnoittelu on oltava dynaamista. Järjestelmä tarjoaa etuja sekä energiayhtiöiden että kuluttajien kannalta. (Hierzinger et al. 2012)

Energiansäästötoimenpiteet ovat edesauttaneet mittausteknologian kehitystä. Markkinoilla on tarjolla paljon uudenlaisia mittausratkaisuja, joita nykynimellä kutsutaan älykkäiksi energiämittareiksi tai seurantajärjestelmiksi. Kansankielellä älykkäällä energiämittarilla usein tarkoitetaan etäluettavaa sähkömittaria, joka tallentaa sähköenergian kulutustietoja. Mittari tallentaa kulutustietoa tunnin välein tai useammin ja informaatio lähetetään energiayhtiölle. Kulutusinformaatiota voidaan hyödyntää kulutusseurannassa sekä laskutuksessa. Tämäntapainen kehittynyt mittausjärjestelmien infrastruktuuri eroaa

perinteisestä mittaustavasta siten, että se mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonsiirron ja kulutusjouston palveluntarjoajan ja loppukäyttäjän välillä. (Kester et al. 2010)

Älykäs energiamittaus on kuitenkin laajempi kokonaisuus, joka kytkeytyy vahvasti laajaan energian tuotannon, jakelun ja kulutuksen yhteisjärjestelmään, jota kutsutaan älykkääksi sähköverkoksi. Älykäs sähköverkko yhdistää sähkövoimatekniikan, automaatio-, tieto- ja viestintäteknologian ratkaisuja. Uuden sukupolven sähköverkon avulla kulutusta pystytään ohjaamaan ja tasaamaan, ja se antaa sähkön tuottajalle, toimittajalle ja loppukäyttäjälle entistä tarkempaa tietoa sähkön käytöstä ja mahdollisuuden tehostaa energiankäyttöä. Älykäs sähköverkko koostuu kolmesta osasta: älykkäästä sähkönmittauksesta, sähkön siirtoon liittyvistä palvelujärjestelmistä sekä kaksisuuntaisesta sähkön-siirtoverkosta. Uutta sähkönsiirtoteknologiaa tarvitaan epäsäännöllisen tuotannon siirron varmistamiseen, sillä tuuli- ja aurinkoenergian sekä muun hajautetun tuotannon lisääntymisen myötä sähkön tuotanto ei ole enää tasaista. Älykäs sähköverkko on edellytys Euroopan unionin ympäristötavoitteiden toteutumiseksi. (Energiateollisuus 2012; Euroopan komissio 2007)

Älykään energiamittauksen käsite on laajentunut yksittäisen kotitalouden näkökulmasta. Älykäs energiamittaus, johon sisältyy myös lämpöenergian ja vedenkulutuksen mittaus, on vain yksi osa-alue kodin energianhallintajärjestelmässä. Hallintajärjestelmään voidaan liittää kotitalouslaitteita sekä muita taloteknisiä laitteita kuten ilmanvaihto-, lämmitys-, jäähdytys- ja näitä ohjaava taloautomaatiojärjestelmä. Kodin energianhallintajärjestelmän hallintakeskuksena toimii asukasportaali, jota voidaan ohjata esimerkiksi interaktiivisella huoneistonäytöllä tai mobiililaitteella. Asukasportaalista pystytään seuraamaan reaaliaikaista kulutusta eri kulutuspaikkojen tarkkuudella. Portaaliin voidaan rakentaa eri kulutuksen hallintaan liittyviä toimintoja helpottamaan ja automatisoimaan käyttäjän päätöksentekoa. Kappaleessa 2.3 käsitellään älykkään seuranta- ja hallintajärjestelmän filosofiaa. (Kester et al. 2010)

2.1 Energia- ja vesimittauksen järjestäminen

Kiinteistöjen energian- ja vedenkulutuksen mittauksen järjestäminen perustuu kansalliseen lainsäädäntöön. Valtioneuvoston asetus sähköntoimituksen selvityksestä ja mittauksesta määrää, että jakeluverkonhaltijan on järjestettävä mittauspalvelu jokaiselle asiakkaalle joko itsenäisesti tai hankittava se muualta (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009). Myös kaukolämmön vähittäismyyjän on tarjottava mittauspalvelu, joka mittaa lämpöenergiankulutuksen kiinteistössä (Energiateollisuus 2012a). Vastaavasti vesihuoltolaitos tarjoaa talousveden päävesimittarin, mutta toisin kuin sähköenergiamittauksessa, huoneistokohtaisesta käyttöveden mittauksesta vastaa kiinteistön tilaaja. (Ympäristöministeriö 2010d)

Mittauslaitteiden vaatimuksia osoitetaan mittauslaitedirektiivissä (2004/22/EY), jonka on toimeenpannut Suomen mittauslaitelaki. Mittauslaitedirektiivi määrittelee sähköenergia-, lämpöenergia- ja vesimittareiden olennaisimmat tekniset vaatimukset, vaihtoehtoiset tavat osoittaa vaatimuksenmukaisuus sekä markkinoille ja käyttöönnottoon

liittyvät menettelyt. Olennaiset vaatimukset pitävät sisällään nimelliset käyttöedellytykset, jossa valmistaja määrittää käyttöympäristön ja olosuhteet, jossa mittarin on tarkoitus toimia. Vaatimuksia esitetään myös suurimmille sallituille poikkeamille näissä eri käyttötilanteissa. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/22/EY)

Lainsäädännön mukaan asuinkerrostalot on varustettava huoneistokohtaisen sähkön- ja vedenmittauksen lisäksi tietyillä erillismittauspisteillä. Rakennuksissa on järjestettävä energiamittaus siten, että eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Rakennus on varustettava sähkõnmittauksella, josta saadaan tieto koko sähkõnenergiankulutuksesta sekä lämmityksen ostoenergiankulutuksesta. Rakennukset on varustettava myös lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella ja ilmanvaihtojärjestelmän sekä jäähdytysjärjestelmän kuluttaman energian erillismittauksilla, joista selviää ominaissähkõteho ja järjestelmän tuottama jäähdytysenergia. (Ympäristöministeriö 2012a)

Asuinkerrostalojen sähkõnenergiamittaus on perustunut mekaanisiin induktiomittareihin, joiden sisällä oleva alumiiniekko pyörii sitä nopeammin, mitä enemmän sähköä hetkellisesti kulutetaan. Sisäänrakennettu laskuri mittaa kierroslukumäärän. Eri aikavälin kulutusta voidaan seurata kulutuslukemien erotuksella. Mekaaniset mittarit edellyttävät paikan päällä lukemista, joka tehdään usein verkonhaltijan toimesta. Kustannusten vuoksi luenta tehdään yleensä kerran vuodessa. Tällöin sähkõnenergian välilaskutus perustuu arviointiin, joka yleensä tasataan kerran vuodessa. Nykyaikaisemmat digitaaliset sähkõmittarit ja tiedonsiirtotekniikat ovat mahdollistaneet kulutuksen etäluennan. Sähkõnkulutustiedot välittyvät suoraan sähkõyhtiölle, eikä perinteistä mekaanista lukua enää tarvita. Näin ollen myös laskutusperuste voidaan muuttaa todelliseen kulutukseen perustuvaan laskutukseen. (STEK 2012; Energiateollisuus 2011)

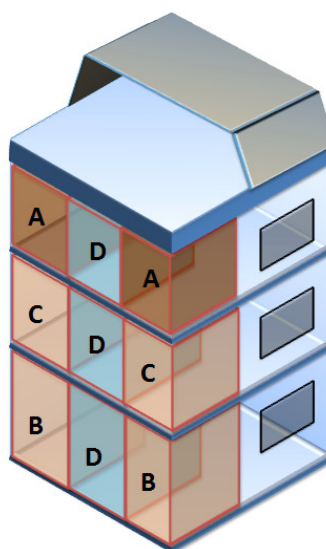
Asuinkerrostalon sähkõnmittaus perustuu lainsäädännön mukaiseen rinnakkaismittaukseen, jossa eri huoneistojen sähkõnkäyttö mitataan erillisillä mittareilla. Tällöin sähkõnenergian laskutus perustuu suoraan kunkin huoneiston todelliseen kulutukseen. Asuinkerrostalo varustetaan myös sähkõmittarilla, jonka avulla pystytään määrittelemään kiinteistön muuta, huoneistoista riippumatonta sähkõnenergiankulutusta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009)

Vedenkulutuksen mittaus on aikaisemmin järjestetty vastaavasti yhdellä mekaanisella päävesimittarilla. Päävesimittarilla mitataan veden virtaaman määrää, joka kertoo koko kiinteistön vedenkulutuksen. Laskutus on perustunut vastaavanlaisesti mittarin vuosittaiseen lukemiseen ja arviolaskutukseen. Myös vedenkulutuksen mittauksessa on siirrytty lainsäädännön johdosta huoneistokohtaiseen kylmän ja lämpimän käyttöveden alamittaukseen. Tämä mahdollistaa vedenkulutuksen laskutuksen järjestämisen kunkin huoneiston todellisen kulutuksen mukaan. Vesimittarit ovat useimmiten mekaanisia siipipyörämittareita, mutta mittariin kytketyllä impulssilaitteella kulutustiedot voidaan välittää tiedonsiirron avulla vesihuoltolaitokselle. (Virta et al. 2011)

Kaukolämpöenergian kulutuksen mittaus on kulutusmittauksista hankalin toteuttaa, koska kulutuksen selvittäminen vaatii vesivirtaaman sekä tulo- ja paluuveden lämpötilojen mittausta. Mittari sisältää virtausanturin, lämpötila-anturit sekä lämpömäärälaskimen, joiden avulla käytetyn lämpöenergian määrä lasketaan kertomalla lämmõnsiirti-

men läpi virtaavan veden määrä virtauksessa tapahtuneella jäähtymällä. Mittarilukeman lukemisesta ja energiankulutuksen vuosittaisesta raportoinnista vastaa kaukolämmön toimittaja. (Kalema 2012; Energiateollisuus 2011)

Huoneistokohtaista kaukolämmitysenergianmittausta ei ole toistaiseksi juuri järjestetty, koska toteutukseen ei ole löydetty standardoitua toteutustapaa. Osasyynä tähän on nähty mittaukseen liittyvä systemaattinen laskentaepätarkkuus, joka aiheutuu eristämättömien väliseinien kautta siirtyvästä lämpöenergiasta. Kuvassa 2.1 nähdään yksinkertaistettu huoneistojako laskennallisen tilalämmityksen lämpöenergiatarpeen perusteella. Ylimmän kerroksen huoneistoilla, joilla on useampia ulkovaippaan rajoittuvia pintoja (A-tyyppi) on suurempi lämpöenergiatarve verrattuna huoneistoihin, jotka ovat keskellä rakennuksen massaa (D-tyyppi). Mikäli D-tyyppin huoneistossa sisäilman lämpötila halutaan pitää 19 asteessa, joutuu A-tyyppin naapurihuoneisto käyttämään lämpöenergiaa suhteessa enemmän, jotta sen haluama 21 asteen sisälämpötila pystytään säilyttämään. Huoneistokohtaisessa mittauksessa yksinkertaistettu ja karkeampi tapa olisi mitata esimerkiksi lämmönluovuttimen tai lattian pintalämpötilaa. (Kalema 2012; Blom et al. 2010)



Kuva 2.1 Huoneistokohtainen tilalämmityksen energiantarve riippuu huoneiston ulkovaippapinta-alasta sekä halutusta sisälämpötilasta. Naapurihuoneistot lämmittävät sisälämpötilaerojen suhteessa toisiaan eristämättömien väliseinien kautta. (Kuva mukaillen: Blom et al. 2010)

Nykytekniikka mahdollistaa useita eri vaihtoehtoja kulutuksen mittauksen järjestämiseksi. Asuinkerrostaloon voidaan rakentaa huoneistokohtainen mittauskeskus, jossa energian ja veden kulutusta voidaan mitata esimerkiksi eri kulutus pisteiden osalta. Kehittyneiden tiedonsiirtotekniikoiden avulla kulutusinformaatio voidaan toimittaa suoraan käyttäjän hallitsemaan seurantapalveluun. Tämäntapaisessa mittauksessa kaikki energian ja veden kulutukseen liittyvä laskutus voidaan järjestää toteutuneen kulutuksen mukaan huoneistokohtaisesti. (Blom et al. 2010; Kester et al. 2010)

Mittausjärjestelmä on kuitenkin vain yksi osa-alue kokonaisvaltaista energiankulutuksen hallintaa. Hallintaan liittyy järjestelmien ja laitteiden käytön automaattista optimointia, jonka tuloksena energiaa säästyy manuaaliseen ohjaukseen verrattuna. Energian säästön lisäksi eri hallintaan liittyvät toiminnot lisäävät kodin turvallisuutta, helppokäyttöisyyttä ja asumismukavuutta. (Blom et al. 2010; Kester et al. 2010)

2.2 Kulutuksen seuranta ja vertailu

Asuinrakennukseen voidaan toimittaa tai siellä voidaan tuottaa eri energiamuotoja, joiden tehtävänä on ylläpitää rakennuksen palveluita. Tarkastelun lähtökohdasta riippuen kulutusta voidaan tarkastella eri näkökulmista: kulutuspäätöksen syntymisen ajankohdan perusteella, energiamuodon perusteella tai laskutuksen perusteella. Energiankulutukseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kahteen eri luokkaan kulutuspäätöksen muodostumisen ajankohdan perusteella. Rakennuksen dimensioihin, vaipan ominaisuuksiin ja taloteknisiin järjestelmiin vaikutetaan suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa, kun taas kuluttaja vaikuttaa kulutustottumuksillaan ja henkilökohtaisilla laitevalinnoillaan rakennuksen käyttövaiheen energiankulutukseen. Suunnittelu- ja rakentamisvaiheen kulutuspäätöksiä arvioidaan standardikäytön mukaisen energiankulutuksen eli teoreettisen laskelman avulla. Yksittäisen kuluttajan käyttötottumuksia ei kuitenkaan tiedetä etukäteen, joten asukkaiden kulutuspäätökset syntyvät vasta käyttövaiheessa. Hyvin energiatehokkaassa rakennuksessa kuluttaja voi tottumuksillaan aiheuttaa standardikäyttöä suuremman kulutuksen. Energiatehottomassa rakennuksessa kuluttajan toiminnot taas korostuvat: pienillä muutoksilla absoluuttinen kulutus voi vaihdella. Suunnittelu- ja rakennusaikana tehtyjä kulutuspäätöksiä on helppo verrata eri rakennusten välillä. Käytönaikaisessa kulutusvertailussa on otettava huomioon rakennusten erilaiset lähtökohdat. (Forsström et al. 2011)

Energiankulutusta voidaan tarkastella myös rakennukseen tuotavien energiamuotojen perusteella. Energiamuodot voidaan jakaa neljään pääryhmään: sähköenergia, kaukolämpö- ja kaukokylmäenergia sekä eri polttoaineista saatava energia. Eri energiamuotoja voidaan tuottaa myös kiinteistön omavaraistuotantona, kuten aurinkosähköä tai aurinkolämpöä. Energiamuotojen vertailussa ei suoraan nähdä, mikä osuus kuuluu rakennuksen lämmityksessä, jäähdytyksessä tai sähkölaitteiden käyttämisessä, koska esimerkiksi sähköenergiaa voidaan käyttää myös tukilämmitykseen. Energiankulutuksen tarkastelu energiamuodoittain sopii kiinteistöjen väliseen tarkasteluun, kun tiedetään, mikä on ostoenergian osuus kokonaiskulutuksesta.

Asunto-osakeyhtiön energiankulutus voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan myös laskutuksen perusteella. Kiinteistöenergiankulutukseen sisältyy osakkeenomistajien yhteiseksi katsottavien tilojen ja laitteiden energiankulutus. Yhtiöjärjestyksessä määrättyjen perusteiden mukaan osakkaat kattavat nämä yhteiset energiakustannukset yhtiövastikkeessa eri jyvitys-laskelmien perusteella. Jokaisella osakkeenomistajalla on myös huoneistokohtaisia energiankulutuksen mittauspisteitä, joiden perusteella osakas maksaa subjektiivisen energiankäytön mukaisesti. Tätä kutsutaan huoneistoenergiankulutukseksi.

si. Kiinteistö- ja huoneistoenergiankulutuksen välisten mittauspisteiden rajapinta ei ole yksiselitteinen. Tavanomaisesti kiinteistöenergiaan kuuluu asuinkerrostalon yleislämmitys sekä yleistilojen, taloautomaatiojärjestelmien ja pihavalaistuksen sähkönkulutus kun taas huoneistoenergian mittaukseen kuuluu huoneiston sisällä oleva valaistus ja kuluttajalaitteet. Mittauspisteiden yksiselitteistä jakoa ei voida määritellä, koska rajapinta riippuu esimerkiksi taloteknisten järjestelmien toteutusperiaatteista. (Motiva 2011; Virta et al. 2011)

Seinä kiinteistö- että huoneistoenergiankulutus voidaan jakaa vielä kulutuspaikakohtaisiin mittauspaikoihin. Kulutuspaikakohtaisessa mittauksessa mitataan eri järjestelmäkokonaisuuksien energiankulutusta. Kiinteistöenergian puolella tämä tarkoittaa esimerkiksi eri taloautomaatiojärjestelmien yksityiskohtaista energiannmittausta ja huoneiston puolella energiaa voidaan mitata esimerkiksi eri kotitalouslaitteiden välillä. Kulutuspaikakohtaisessa mittauksessa energiankulutusta voidaan verrata kiinteistön sisällä eri kuluttajien välillä. Yksityiskohtaisella mittauksella voidaan nopeammin havaita esimerkiksi järjestelmävirheet tai vioittuneet laitteet. Suuren informaatiovirran vuoksi yksityiskohtaisen mittauksen kulutusdatan analysointi on kuitenkin haastavaa.

Kulutusta voidaan seurata näiden eri kulutusten jakotapojen perusteella. Kulutusseurannan informaation muoto riippuu kulutusseurannan tekijästä. Seuranta voidaan tehdä Suomessa koko valtakunnan, läänin, kunnan tai sen osan, yksittäisen kiinteistön tai kuluttajan näkökulmasta. Kunnan tai siitä laajemmin kokonaisuuden näkökulmasta kulutusinformaatiota yleensä hyödynnetään tilastoinnissa, vertailussa sekä kansallisten tavoitteiden visualisoinnin lähtötietoina.

Kiinteistötasolla energiankulutusta voidaan verrata kahdella eri tavalla. Ennen rakennuksen käyttööntöä laaditaan kiinteistön energiatodistus, jonka laskenta perustuu rakennustyyppin standardikäyttöön. Rakennuksen normitettua kokonaisenergiankulutusta voidaan suoraan verrata energiatodistuksen laskennalliseen kulutukseen. Kiinteistöjä voidaan myös verrata keskenään todellisten kulutuslukemien perusteella. Vertailukelpoisuus edellyttää kulutuksen normitusta tietyn sijainnin ja säätiöjen mukaan. Näin myös kiinteistön itsenäinen energiankulutuksen vertailu eri vuosina on mahdollista. (Motiva 2011)

Yksittäisen kiinteistön kulutusseuranta ovat perinteisesti hoitaneet kiinteistöhoitoyhtiöt tai isännöitsijät, jolloin kulutuslukemia on voitu vertailla kiinteistökohtaisesti. Isännöinti- ja kiinteistöhoitoyhtiöt usein keräävät kulutuslukemat ja raportoivat niistä taloyhtiölle. Taloyhtiön vastuulle jää kulutusdatan analysointi. Taloyhtiöt voivat myös ostaa erillisiä palveluita, esimerkiksi energiakatselmuksia, jossa ulkopuolinen energia-asiantuntija analysoi kulutusdatan ja raportoi toimitusneuvotukset taloyhtiölle. (Virta et al. 2011)

Huoneistokohtaista energian- ja vedenkulutuksen mittausta on voimakkaasti painotettu energiansäästöpotentiaalini sekä oikeudenmukaisen laskutusperiaatteen vuoksi. Seuranta- ja analysointivastuu on siirtynyt yhä enemmän asukkaille. Asukkaat pystyvät vaikuttamaan juuri huoneistoenergiankulutukseen jokapäiväisellä käyttäytymisellään ja muutokset konkretisoituvat suoraan energian säästöönä. Nykytekniikalla huoneistoener-

gianskulutus on jaettu energiamuodoittain, josta selviää kulutuksen muodostumisen yksityiskohtia. Yhtiötasolla seurattavaa kiinteistöenergian osuutta halutaan siirtää yhä enemmän huoneiston puolelle, jotta energianskulutusta olisi helpompi hallita ja laskutusperusteet olisivat oikeudenmukaisia. Vaikka kiinteistöenergiakulutuksessa kulutuslukeumat ovat suuria ja euromääräinen säästö olisi suurempi yksittäiseen talouteen verrattuna, edellyttäisi se jokaisen asukkaan sitoutumista säästötavoitteisiin. Intuitiivinen sitoutuminen jää usein toteutumatta, koska tavoitteita ei ole yksityiskohtaisesti osoitettu kuluttajille. (Motiva 2011; Virta et al. 2011)

Kuluttajille on myös tarjolla pelkästään kulutusseurantaan liittyviä web-pohjaisia palvelusivustoja, joissa kuluttaja voi asettaa esimerkiksi henkilökohtaisia kulutustavoitteita. Palveluiden tarkoituksena on auttaa kuluttajaa säästämään energiaa kulutuspalautteen avulla. Palautteen on tarkoitus auttaa kuluttajaa ymmärtämään kulutustaan, jolloin kuluttaja voi halutessaan muuttaa tottumustapoja. Web-pohjaisilla portaaleilla pystytään vain seuraamaan kulutusta, eikä muita hallintapalveluja ole tarjolla kuluttajalle. Kulutustieto tarjotaan usein energiamuodoittain, eikä kulutuksen muodostumisesta ole saatavilla tarkempaa tietoa. Sähköyhtiöiden tarjoamaan seurantapalveluun liittyy usein myös uudenlainen energian hinnoitteluperuste. Näissä sopimuksissa hinnoittelu perustuu dynaamiseen eli tunneittain vaihtuvaan hintaan. (Fortum 2012; Helsingin Energia 2012; Hierzinger et al. 2012)

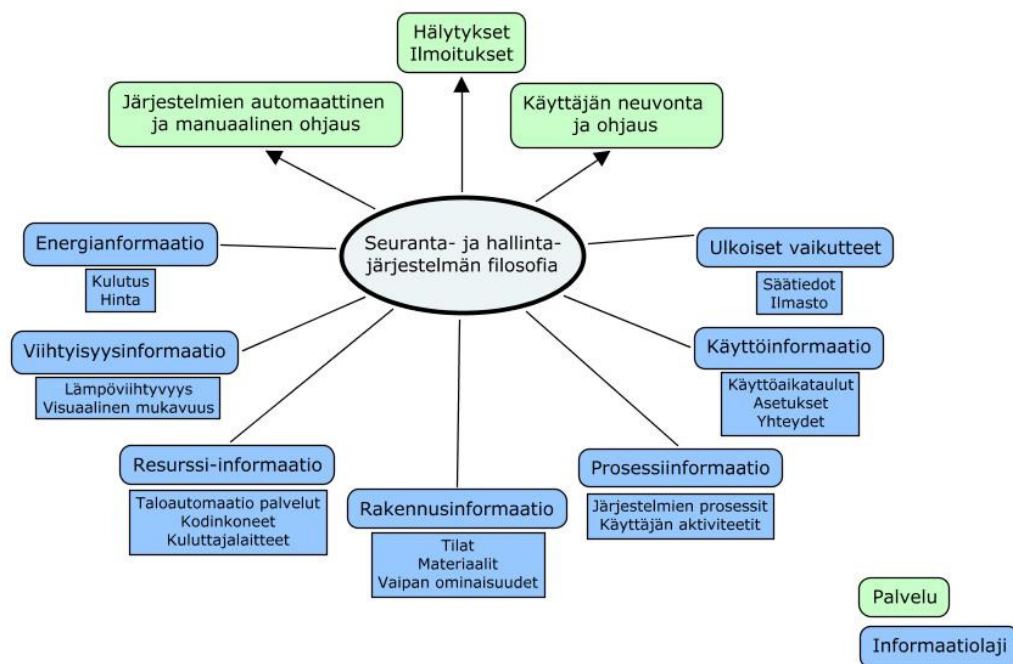
2.3 Älykäs seuranta- ja hallintajärjestelmä

Kodin energiatehokasta käyttöä voidaan edistää älykkäiden seuranta- ja hallintapalveluiden avulla. Älykään järjestelmän tarkoituksena on ikään kuin helpottaa kuluttajan päätöksentekoa, jolloin energian säästäminen on helpompaa ja tehokkaampaa. Älykkäitä seuranta- ja hallintajärjestelmäratkaisuja on hyvin eritasoisia – yksinkertaisesta kulutusseurantajärjestelmästä automaattisiin, koko kodin hallintajärjestelmiin. Oleellista olisi rakentaa kuluttajalähtöinen joustava järjestelmä, jossa kuluttajalla on mahdollisuus syöttää käyttäjäkohtaiset asetukset. (Al-Ali et al. 2011; Ahmad 2011; Kester et al. 2010; Cook et al. 2004;)

Seuranta- ja hallintajärjestelmät voidaan jakaa kuluttajatarpeiden mukaan eri kategorioihin järjestelmän käyttötarkoituksen perusteella. Järjestelmäkategoriat jaetaan turvallisuuteen, energianmittaukseen, mukavuuden hallintaan sekä audiovisuaaliseen viihtyvyyteen. Järjestelmä rakennetaan usein näiden kategorioiden yhdistelmänä kuluttajan tarpeista riippuen. Energiatehokkuuden kannalta kaikki kategoriat ovat tärkeitä, sillä ne vaikuttavat osaltaan energianskulutuksen muodostumiseen. Esimerkiksi turvallisuuteen liittyvä sähkönsyötön katkaisu vähentää laitteiden valmiustilasta syntyvää kulutusta. Energianmittaus luo käyttäjälle mahdollisuuden seurata kulutuksen muodostumista ja mukavuuden hallinnalla sekä audiovisuaalisella viihtyvyydellä voidaan optimoida sisäilmasto-olosuhteet ja valaistustaso energiatehokkaasti. (Reinisch et al. 2010; Kester et al. 2010)

Älykkään seuranta- ja hallintajärjestelmän tehtävä energiatehokkuuden näkökulmasta on oikeastaan olosuhteiden optimointi, jossa on otettu huomioon kuluttajakohtaiset asetukset. Optimointitehtävän ratkaisemiseksi tarvitaan suuri määrä olosuhteinformaatiota energian kulutuksesta, viihtyisyydestä, resursseista, rakennuksesta, prosesseista, käytöstä, käyttäjistä sekä ulkoisista olosuhteista (kuva 2.2). Informaatio voi olla ennusteeseen, nykyhetkeen tai historiaan perustuvaa tietoa. Informaation analysoinnin ja kuluttajakohtaisten asetusten perusteella järjestelmä ohjaa automaattisesti kodin toimintoja. (Reinisch et al. 2010; Kester et al. 2010)

Järjestelmä ohjaa esimerkiksi sisäilmaston rakentumiseen tarvittavia laitteita ja järjestelmiä historia-, nyky- ja ennustetietoon perustuvan optimointituloksen avulla, jonka seurauksena toivottu sisäilmasto on luotu juuri ennen käyttäjän saapumista tilaan. Järjestelmä myös palauttaa olosuhteet perustasolle, kun käyttäjä poistuu tilasta. Tämä järjestelmätoiminto lisää tilan käyttömukavuutta ja lisäksi säästyy myös energiaa. (Reinisch et al. 2010)



Kuva 2.2 Energiahallintajärjestelmän filosofia. Hallintapalveluiden rakentamiseen tarvittava informatiomäärä on suuri. Teknisesti lähes kaikkia kodin järjestelmiä ja laitteita voidaan ohjata automatisoidusti, mutta niiden hallittu käyttö edellyttää sellaisen teknisen ratkaisun löytämistä, missä kaikki kodin järjestelmät ovat ohjattavissa yhden portaalin välityksellä. (Reinisch et al. 2010)

Älykästä seuranta- ja hallintajärjestelmää ohjataan asukasportaalien avulla, joka voi olla web-pohjainen käyttöliittymä tai asennettuna erilliseen huoneistonäyttöön. Portaali toimii kodin ohjaus- ja seurantatyökaluna, sillä sen avulla voidaan ohjata taloteknisten järjestelmien ja kodin laitteiden käyttöä sekä seurata energiankulutusta. (Golzar et al. 2010; Reinich et al. 2010)

Energiankulutuksen seurantapalvelun avulla kodin energiankulutusta voidaan seurata reaaliaikaisesti. Kulutusta voidaan analysoida automaattisesti historia- tai muuhun vertailevaan tietoon perustuen ja antaa näin käyttäjälle ohjeita tai vinkkejä tehokkaaseen energiankäyttöön. Kulutuksen esittämistapaa voidaan havainnollistaa erilaisin visuaalisin keinoin kuten yksityiskohtaisilla kulutuspalauteraporteilla tai liikennevalo-ohjauksella. (Golzar et al. 2010; Reinich et al. 2010)

Energianhallintapalveluihin voidaan kytkeä kulutukseen liittyviä hälytysrajoja käyttäjän kannalta mielenkiintoisista kohdista. Raja-arvoja voidaan asettaa esimerkiksi energian hinnasta, eri kulutustasoista tai huonelämpötiloista. Mikäli energianhinta on korkea tai esimerkiksi vedenkulutus on ylittänyt tavoiterajan, niin järjestelmä ilmoittaa raja-arvon ylityksestä. Raja-arvojen avulla kuluttaja pystyy reagoimaan kulutuspoikkeamiin nopeasti, vaikka arkipäiväinen kulutusseuranta ei olisi intensiivistä. Hälytykset tai ilmoitukset voivat liittyä myös toimintojen valmiusasteeseen. Esimerkiksi järjestelmä ilmoittaa käyttäjälle saunan olevan käyttövalmiina tietyn ajan päästä sen asettamisesta päälle. (Golzar et al. 2010; Reinich et al. 2010)

Hallintapalveluiden avulla voidaan ohjata kodin laitteita ja taloteknisiä järjestelmiä, kuten esimerkiksi sisäilmaston olosuhteita ja viihtyisyyttä. Ohjaus voidaan kytkeä suoraan sääennusteeseen, jolloin palvelu automaattisesti säätää lämmityksen ja ilmanvaihdon huonekohtaisesti nyky- ja ennustetiedon perusteella. Huoneen sisäilmasto-olosuhteiden automaattiseen ohjaamiseen vaikuttaa ulkoilman lämpötilan ja tuulenpaineen lisäksi myös rakenteiden lämpödynaamiset ominaisuudet, henkilömäärä, laitteista aiheutuva lämpökuorma sekä muiden huoneiden olosuhteet. Huoneen lämpötekninen energiatehokkuus perustuu siihen, että huoneen viihtyisä sisäilmasto rakennetaan juuri ennen kuin käyttäjä astuu tilaan. Lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmä reagoivat automaattisesti olosuhdemuutoksiin tilan käytön perusteella. (Golzar et al. 2010)

Subjektiiivinen viihtyvyys on myös tärkeä osa-alue viihtyisän ympäristön rakentamisessa. Valaistuksen ohjaukseen liittyy valonlähteiden teho-ohjaus sekä ääritapauksissa markiisien ohjaus. Järjestelmä automaattisesti tunnistaa tilan käytön, säätää auringon suojauksen oikeaan asentoon, ja mikäli luonnonvalo ei vielä riitä vaadittuun valaistustarpeeseen, niin valaisimet kytkeytyvät päälle sillä tehomäärällä, että riittävä valaistustaso saavutetaan. (Reinisch et al. 2010; Golzar et al. 2010)

Energianhallintapalvelut ovat kytkeytymässä yhä tiiviimmin kodin laitteisiin. Uusi kodinkonetekniikka mahdollistaa jo yksittäisen kodinkoneen mahdollisuuden lukea portaaliin syötettyä informaatiota. Informaation perusteella kodinkoneet pystyvät esimerkiksi ajoittamaan käytön ajankohdalle, jolloin energian hinta on halvimmillaan. Kodinkoneiden kyky tehdä itsenäisiä päätöksiä ei rajoitu ainoastaan energian hinnan tarkkailuun. Vettä käyttävät kodinkoneet pystyvät automaattisesti optimoimaan sähkön- ja vedenkulutuksen veden haaleuden perusteella. Kuivauslaitteissa voidaan käyttää lämpöpumpputekniikkaa, jolloin se auttaa kuivauslämpötilan optimoinnissa, samalla kun sähkönkulutus vähenee merkittävästi. Kodinkoneisiin voidaan ladata päivityksiä, jolloin uudet energiansäästöohjelmat saadaan käyttöön ja laitteiden käyttöikä pidentyy. Kaikki

kodin laitteet voidaan kytkeä kodin energianhallintajärjestelmään. (Miele 2012; Indesit 2012; Reinisch et al. 2010; Golzar et al. 2010)

Myös viihde-elektroniikkaan liittyviä kuluttajalaitteita voidaan ohjata vastaavin keinoin. Kun huoneen laitteilla ei ole käyttöä, ne voidaan automaattisesti siirtää aluksi valmiustilaan ja tietyn ajan jälkeen katkaista virransyöttö kokonaan. Laitteet olisivat päällä vain silloin, kun niitä todellisuudessa käytetään. Esimerkiksi tulostin kytkeytyy ainoastaan silloin päälle, kun sille on lähetetty tulostustehtävä. (Reinisch et al. 2010)

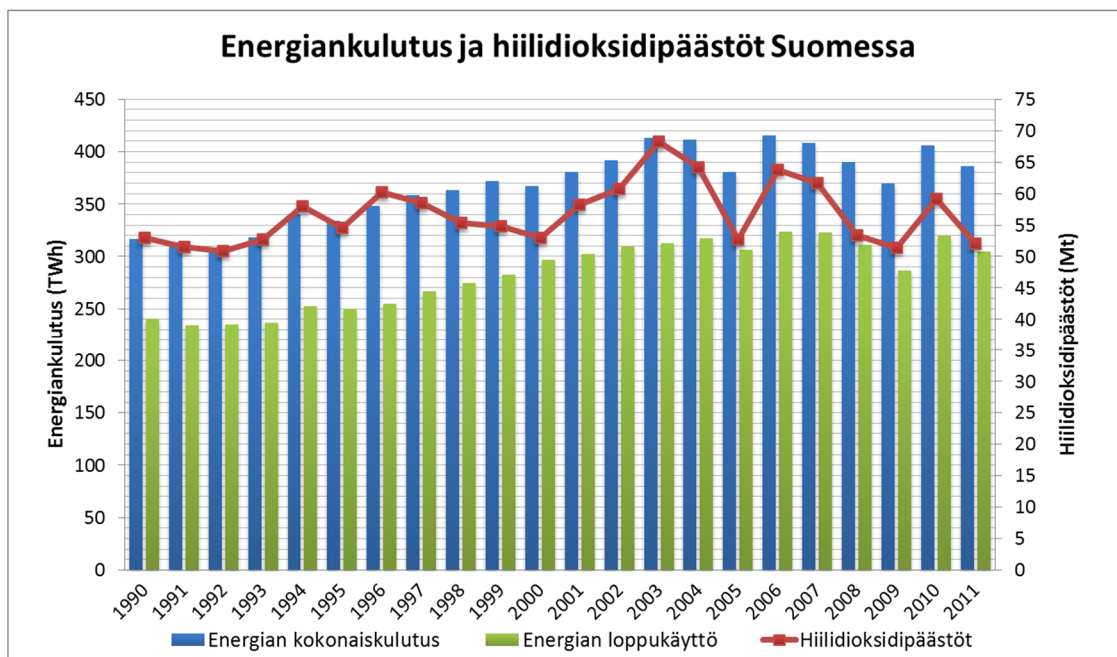
Kotitalouden energianhallintajärjestelmän kehitystä rajoittaa eri laitetoimittajien tuotebrändit. Kotitaloudessa voi olla kymmeniä eri tuotemerkkejä, joista jokainen käyttää omaa protokollaa. Haasteena nähdään näiden tiedonsiirtoliittymien yhdistäminen yhteen järjestelmään. Toimivuuden kannalta pitää ratkaista myös tietoturvallisuuteen ja huoltoon liittyvät seikat. (Kikuchi et al. 2012; Veleva et al. 2012)

Vaikka kodin älykkäät seuranta- ja hallintajärjestelmät ovat osoittautuneet energiaa säästäviksi järjestelmiksi, niin osassa tutkimuksia on havaittu järjestelmän vaikuttavan negatiivisesti energiatehokkuuteen. Kuluttajat näyttävät olevan enemmän kiinnostuneita ratkaisusta, jotka helpottavat heidän elämäänsä. Teknologiasta itsestään ei välttämättä olla kiinnostuneita, vaan teknologian tuomista hyödyistä. Kuluttajat kuitenkin haluavat hallita omaa tekemistään sekä päättää kotona tehtävistä toiminnoista, eikä järjestelmä voi dominoida kuluttajan arkipäiväisiä toimintoja. Kuluttaja uskoo hyötyvänsä järjestelmästä, mikäli järjestelmä on kuluttajan kannalta käytännöllinen, tarpeellinen, helppokäyttöinen, elämän arkitoimintoja helpottava, mukavuutta edistävä sekä mahdollisimman automaattinen. (Kester et al. 2010; Chan et al. 2009; Peltonen et al. 2009)

3 ENERGIANKULUTUS JA ENERGIAN HINTA

Energiankulutus on kasvussa teollistumisen ja yhdyskuntarakenteen muutoksen johdosta. Energiankulutuksen kasvua on hidastanut finanssikriisi, mutta perusuran mukaisen energiankulutuksen ennustetaan kasvavan koko maailmassa 47 % vuoteen 2035 mennessä. Perusuran mukaisella kehityksellä maapallon energiaturvallisuus vaarantuu ja ilmaston uskotaan lämpenevän suurien kasvihuonekaasupäästöjen seurauksena. (International Energy Agency 2012) Euroopan unionin jäsenmaiden energiankulutus vuonna 2010 oli noin 14 % koko maailman energiankulutuksesta, josta Suomen osuus jäsenmaiden loppukulutuksesta oli 2,3 % vuonna 2010 (Euroopan komissio 2012).

Energian kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2011 oli noin 387 terawattituntia (TWh), josta energian loppukäytön osuus oli 305 TWh. Kokonaiskulutus pieneni noin 5 % ja energian loppukäyttö noin 3 % aikaisempaan vuoteen nähden. Uusituvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta oli 28 %. Energian kulutus väheni eniten teollisuudessa ja rakennusten lämmityksessä, mikä johtui teollisuuden tuotannon alenemisesta ja lämpimästä loppuvuodesta 2011. Hiilidioksidipäästöt olivat Suomessa noin 52 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Kokonaiskulutuksen pienentymisen seurauksena myös polttoaineiden käytöstä johtuneet hiilidioksidipäästöt vähenivät yli 11 % vuodesta 2010. (Tilastokeskus 2011d)



Kuva. 3.1 Energian kokonaiskulutus, loppukäyttö ja hiilidioksidipäästöt Suomessa. (Tilastokeskus 2012d)

Energiankulutuksen kehittymiseen vaikuttaa teollisuuden lisäksi yhdyskuntarakenteen muutos, sillä liikenteen ja rakennusten osuus energian loppukäytöstä on noin 55 %. Pelkästään rakennus- ja kotitaloussektorin osuus energiankäytöstä on noin 40 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. (Tilastokeskus 2012d)

Asuinkerrostaloissa asuu yli kolmannes väestöstä ja asuinkerrostalohuoneistot muodostavat lähes puolet maan asuntokunnista. Kerrostaloasuminen on pääsääntöisesti sijoittunut kaupunkialueisiin tai sen läheisyyteen. Kappaleen alussa käsitellään asuinkerrostalokannan muodostumista sekä sen osuutta koko rakennuskannasta. Suosittuna asuimuotona asuinkerrostaloissa kulutetaan myös merkittävä määrä energiaa. Kappaleessa 3.1 arvioidaan myös kerrostaloasuntojen osuutta kokonaisenergiankulutuksesta.

Asuinkerrostalo kuluttaa lämpöenergiaa suoraan lämmityksessä ja jäähdytyksessä sekä sähköenergiaa epäsuoraan järjestelmissä, koneissa ja laitteissa. Järjestelmät, koneet ja laitteet muuttavat hankitun energian hyödylliseksi palveluksi. Asuinkerrostalon energiankulutus riippuu osittain varustelutasosta. Kappaleessa 3.2 energiankulutuksen muodostuminen on jaettu kahteen osa-alueeseen: lämpöenergia, jossa käsitellään tilalämmityksen ja käyttöveden lämmityksen energiankulutuksen muodostumista sekä sähköenergia, jossa käsitellään järjestelmien, koneiden, laitteiden sekä tukilämmitysjärjestelmien energiankulutuksen muodostumista.

Energian hintaan on voimakkaasti vaikuttanut poliittinen päätöksenteko, joka on osa ympäristöystävällisen tulevaisuuden kehitystyötä. Näin ollen energian hinnan merkitys asuinkerrostalon energiankulutuksessa kasvaa. Tämän kappaleen lopussa käsitellään energian hinnan muodostumista ja kehittymistä sähkö- ja kaukolämpöenergian osalta. Näiden energiamuotojen yhteydessä käsitellään myös talousveden yksikköhinnan kehitystä.

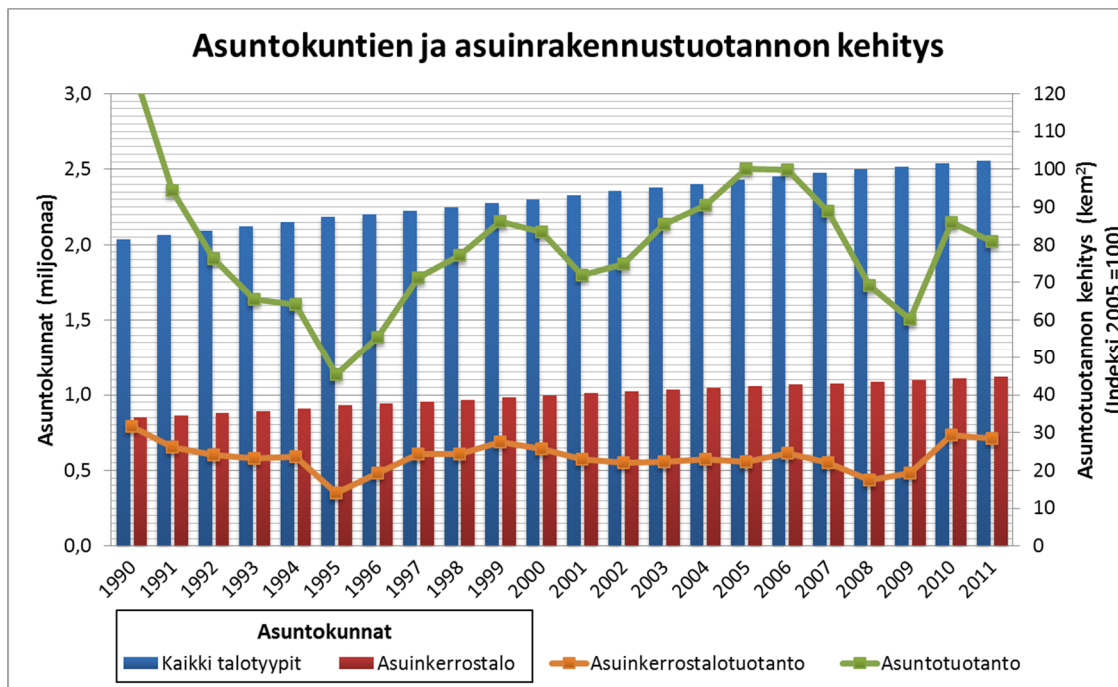
3.1 Asuntokanta sekä energiankulutus Suomessa

Suomen asuntokanta on suhteellisen nuorta. Pääosa väestöstä, noin kaksi kolmasosaa asuu rakennuksissa, jotka on rakennettu viimeisen neljänkymmenen vuoden aikana, eikä yli satavuotiaita asuinrakennuksia ole juuri asuinkäytössä. Suomen rakennuskannan määrä vuonna 2011 oli noin 1,46 miljoonaa rakennusta, joista asuinrakennusten osuus oli noin 85 % (Tilastokeskus 2012a). Asuinkerrostalojen osuus oli 3,6 % kaikista rakennuksista ja kerrosala 21 % koko rakennuskannasta vuonna 2011. Vielä vuonna 1990 pientaloasuntoja ja kerrostaloasuntoja oli yhtä paljon, mutta vuoden 2011 lopussa Suomen noin 2,8 miljoonasta asunnosta kerrostaloasuntojen osuus oli noin 44 %, joka on noin 8 % enemmän kuin pientaloasuntojen osuus (Tilastokeskus 2012a).

Asuinrakennusten rakennuskanta uusiutuu melko hitaasti. Parin viime vuoden aikana uutta asuinrakennuskantaa on tullut noin prosenttien vuosivauhdilla, kun taas poistuma on ollut talotyyppistä ja iästä riippuen 0,2-1 % vuodessa. Talouden finanssikriisi vähensi asuinrakennusten kokonaistuotantoa noin 33 % vuoden 2006 huippulukemiin verrattuna. Asuinkerrostalotuotantoon suhdannevaihteluilla ei ole ollut näin suurta vaikutusta, sillä samana ajankohtana asuinkerrostalotuotanto väheni noin 21 %. Asuinkerrostalotuo-

tannon osuus vuoden 2011 asuintuotannon kerrosneliömetreistä oli noin 35 %. (Tilastokeskus 2012c)

Kaupungistumisen kehitys korostaa kerrostaloasumisen osuutta kokonaisenergiankulutuksesta. Vuonna 2011 noin 34 % väestöstä asui kerrostaloissa ja ne muodostavat yhteensä 1,1 miljoonaa eli noin 44 % maan kaikista asutokunnista. Yksistään kerrostalohuoneistoissa asuu 38 % kaikista yksi- tai kaksihenkisistä asutokunnista. Tilastokeskuksen tietojen mukaan lähes neljännes väestöstä asuu vuokra-asunnoissa, joista suurin osa on kerrostaloasuntoja. (Tilastokeskus 2012c)

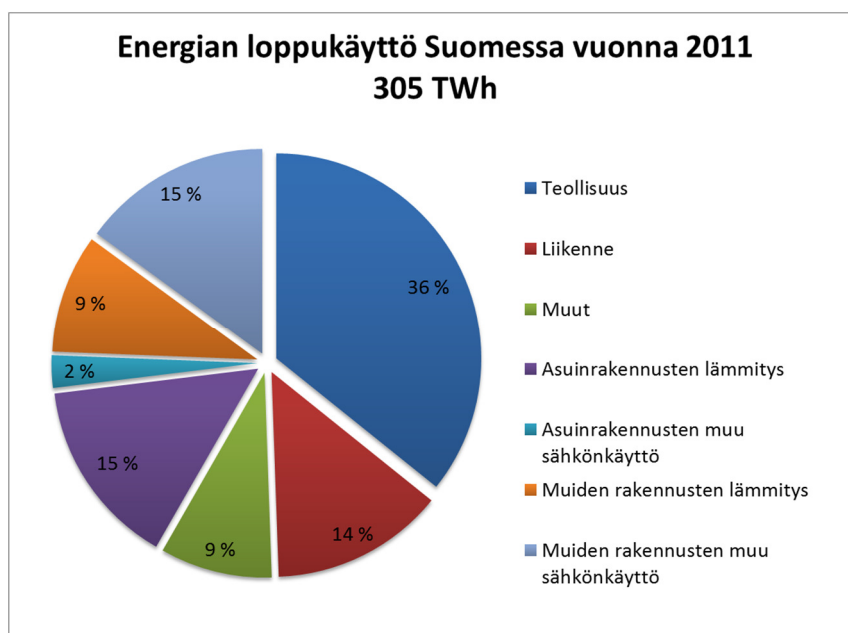


Kuva 3.2 Vajaa puolet maan asutokunnista asuu kerrostaloissa. Suurin osa asuinkestoalojen asutokunnista on yksi- tai kaksihenkisiä. Asuntojen kokonaistuotannon dilatioon vaikuttaa muun muassa markkinatalouden tila. Asuinkestoaloituotanto on ollut tasaisempaa talouden vaihteluista huolimatta. Vuonna 2011 asuinkestoaloituotannon osuus oli noin 35 % koko asuintuotannon kerrosneliömetreistä. (Tilastokeskus 2012a; Tilastokeskus 2012c)

Koko rakennus- ja kotitaloussektorin osuus energiankäytöstä on noin 40 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. Rakennussektorin kulutus muodostuu rakennusten lämmitysenergiasta, kiinteistö- ja huoneistosähköstä sekä rakennustarvikkeiden valmistuksen ja rakentamisen energiakulutuksesta. Asuinrakennusten osuus energian loppukäytöstä vuonna 2011 oli noin 17 %, josta asuinrakennusten lämmityksen osuus oli 15 % ja muun sähkönkäytön eli kotitaloussähkön osuus 2 %. Asuinrakennusten yleisin lämmitysmuoto oli kaukolämpö, jonka osuus asuinrakennusten lämmitysenergian kulutuksesta oli noin kolmannes. (Tilastokeskus 2012d; Tilastokeskus 2012e)

Kotitalouslaitteiden energiankulutus vuonna 2011 oli noin 6,1 TWh, joka on 3 % vähemmän kuin vuonna 2010. Tilastokeskuksen energiaselvityksessä 2012 kotitalouksien sähkölaitteiden energiankulutus jaoteltiin sen mukaan, mikä kului valaistuksessa, ruu-

anlaitossa ja kotitalouksien muissa sähkölaitteissa. Kotitalouksien valaistukseen kului 36 %, ruuanlaittoon 7 % ja muihin sähkölaitteisiin 57 % kotitaloussähköstä. (Tilastokeskus 2012e)

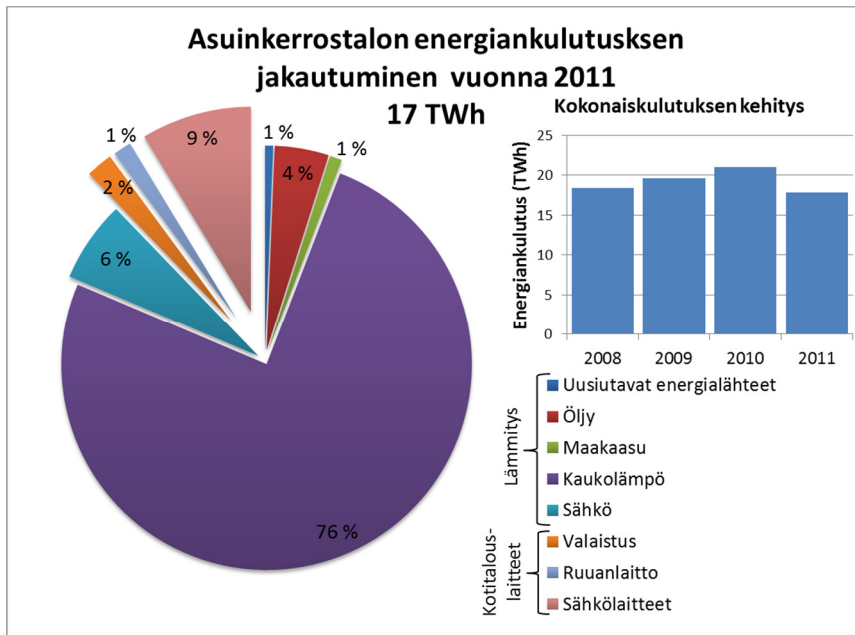


Kuva 3.3 Energian loppukäyttö Suomessa klustereittain. Asuinrakennukset kuluttavat yhteensä 17 % energian loppukäytöstä. Asuinrakennusten lämmityksen osuus on noin 15 % ja muun sähkönkäytön osuus noin 2 %. (Tilastokeskus 2012d)

Vaikka asuinkerrostalojen asuntokanta kattaa lähes puolet koko maan asuntokannasta, niin kerrostalojen lämmitykseen kului noin 30 % asuinrakennusten lämmitykseen tarvittavasta energiasta, eli noin 5 % energian loppukäytöstä vuonna 2011. Asuinkerrostalojen muun kuin lämmityksen sähkönkäytön osuus oli noin 33 % kaikista asuinrakennuksista. Tämä vastaa noin 0,7 % osuutta energian loppukäytöstä vuonna 2011. (Adato Oy 2013; Tilastokeskus 2012d)

Asuinkerrostalojen yleisin lämmityksen energiamuoto oli kaukolämpö. Muiden energiamuotojen osuus asuinkerrostalojen lämmityksessä oli yhteensä noin 14 %, josta sähkölämmityksen osuus on suurin. Uusiutuvia energialähteitä kuten orgaanisia polttoaineita, aurinko- ja tuulienergiaa sekä lämpöpumppuenergiää, ei juuri hyödynnetä asuinkerrostalojen lämmityksessä. Asuinkerrostalon kokonaisenergiankulutuksesta kiinteistö- ja huoneistosähkön osuus oli noin 12 %, josta valaistukseen osuus oli 2 %, ruuanlaiton 1 % ja muiden sähkölaitteiden 9 %. (Adato Oy 2013; Tilastokeskus 2012d)

Asuinkerrostalon lämmitysenergiatarpeeseen vaikuttaa ulkolämpötila. Vuosi 2011 oli lämpimämpi kuin vuosi 2010, joka oli kylmän alkun- ja loppuvuoden vuoksi kylmin vuosi pitkään aikaan. Tästä syystä lämmitysenergian kulutus laski asuinkerrostaloissa noin 16 %, joka pienensi kokonaisenergiankulutusta noin 15 % aikaisempaan vuoteen verrattuna. Asuinkerrostalojen muu sähkönkäyttö on noussut muutaman prosentin vuosivauhdilla. (Adato Oy 2013; Tilastokeskus 2012d)



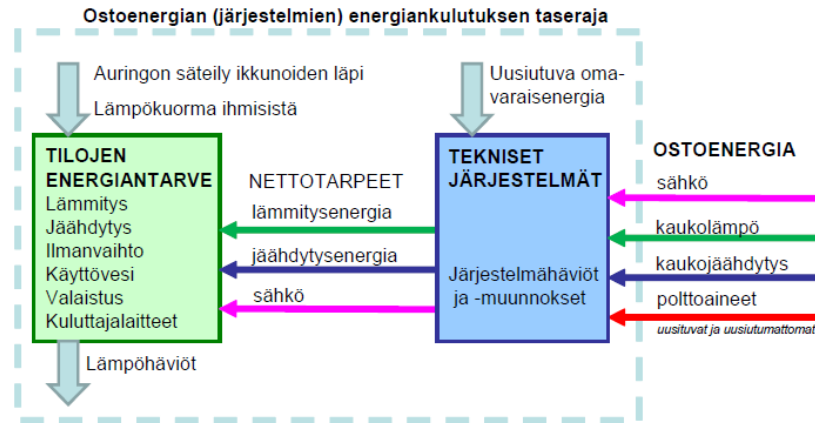
Kuva 3.4 Asuinkerrostalon energiankulutuksen jakautuminen. Lämmityksen osuus asuinkerrostalon kokonaisenergiankulutuksesta oli noin 88 % vuonna 2011. Kiinteistö- ja huoneistosähkön osuus oli noin 12 %. Sähkön osuus asuinkerrostalon kokonaisenergian kulutuksesta oli 18 %, mutta siitä lämmitykseen kului 6 %. (Adato Oy 2013; Tilastokeskus 2012d)

3.2 Energiankulutuksen muodostuminen

Asuinkerrostalon energiankulutukseen vaikuttavat rakennuksen sijainti ja suuntaus, pinta-alat ja tilavuus, rakenteiden lämpödynaamiset ominaisuudet, talotekniset laitteet, henkilömäärä sekä kuluttajalaitteet ja niiden käyttötavat. Asuinkerrostalojen asuntokuntien koolla on merkittävä vaikutus kerrostalon kokonaiskulutukseen; yksinasuva kuluttaa noin puolet vähemmän, mutta suhteessa henkilömäärään noin puolitoistakertaa enemmän kuin kolmen hengen kotitalous (Adato Oy 2013). Asuinkerrostalon rakenne sopii energiatehokkuuden näkökulmasta erinomaisesti pienille kotitalouksille, koska esimerkiksi lämpöhäviöistä aiheutuva energiankulutus voidaan jakaa usean asukkaan kesken.

Asuinrakennuksen energiankulutus voidaan arvioida energiatasemenetelmän avulla, jossa rakennuksen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Poistuvalla energialla tarkoitetaan energiankulutusta, jota tarvitaan viihtyisän ja turvallisen sisäilmaston ylläpitämiseen sekä laitteiden ja järjestelmien toiminnan ylläpitämiseen. Oleellista on asettaa taseen rajapinnat sellaisiin kohtiin, jotka kuvaavat mahdollisimman hyvin tarkastelunäkökulmaa. Kuvassa 3.5 on esitetty yksi energiatase, jota käytetään energiatodistuksen mukaisessa laskennassa. Rajapinta on asetettu ostoenergiankulutuksen kohdalle. Ostoenergiolla kuvataan energiaa, joka hankitaan rakennukseen esimerkiksi sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta, uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä energiana. Ostoenergia koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen

energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä, missä on otettu huomioon vähennykset uusiutuvasta omavaraisenergiasta. Uusituvalle omavaraisenergialla tarkoitetaan tässä tapauksessa esimerkiksi aurinkolämpöä, tuuli- tai aurinkosähköä. (Ympäristöministeriö 2012a)



Kuva 3.5 Energiatase, jossa rajapinta on asetettu ostoenergian kohdalle. (Ympäristöministeriö 2012a)

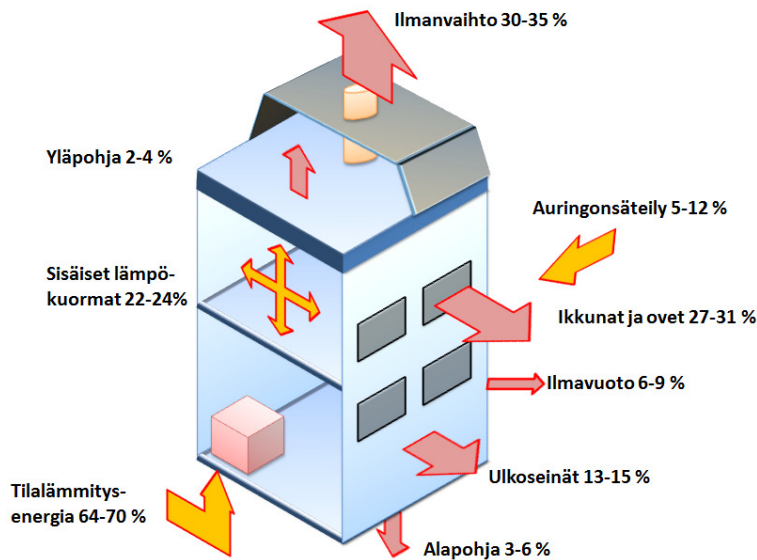
Kuvan 3.5 mukaan tilojen energiatarve määritetään lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon, lämpimän käyttöveden, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden osalta. Nettotarpeet koostuvat energiatarpeista, joista on vähennetty tai lisätty energiankulutukseen vaikuttavat tekijät, kuten lämmitysenergian kulutukseen vaikuttavat sisäiset lämpökuormat ja lämpöhäviöt. Nettoenergiatarpeet ovat jaoteltu lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergian suhteen. Tämän jälkeen nettoenergiatarpeisiin lisätään järjestelmähäviöt ja -muunnokset sekä vähennetään uusiutuvan omavaraisenergian osuus. Ennen ostoenergian määrittämistä energiatarve on vielä jaoteltava energiamuodoittain. (Ympäristöministeriö 2012a)

3.2.1 Lämpöenergia

Tasemenetelmää voidaan käyttää myös lämmitysenergiatarpeen määrittämiseen. Lämpötasemenetelmä on energiatasetta yksiselitteisempi, sillä siinä ratkaistaan lämpödynaaminen yhtälöryhmä. Taseessa määritetään tilojen viihtyisän sisäilmaston ylläpitämiseen tarvittava lämpöenergia yhtä suureksi kuin rakennukseen tuotava lämpöenergia. Lämpötasemenetelmiä on laadultaan eritasoisia. Täydellisessä menetelmässä otetaan huomioon esimerkiksi vaipan lämpödynaamisten ominaisuuksien lisäksi lämpöenergian tuotanto-, siirto- ja jakeluhäviöt, huoneisto- ja kiinteistölaiteista sekä ihmisistä aiheutuvat sisäiset lämpökuormat ja auringon säteily. Osa lämpöenergian tuotantoon ja siirtoon liittyvistä häviöistä voidaan hyödyntää tilan lämmitystarpeen määrittämisessä. Lämpöenergiatarpeen määrittäminen vaatii tarkan mallin tekemistä sekä dynaamista laskentaohjelmaa, jossa taseyhtälöt ratkaistaan tietyillä säätiedoilla.

Lämpötasemenetelmää voidaan yksinkertaistaa lämmitystarpeen arvioimiseksi. Rakenteiden ja järjestelmien aiheuttamaa lämpöenergiatarvetta voidaan arvioida esimer-

kiksi lämpöhäviölaskelman avulla. Lämpöhäviölaskelmassa määritetään ulkovaipan ja järjestelmien aiheuttama lämpöhäviöt. Laskelman lisäksi tulee ottaa huomioon sisäiset lämpökuormat sekä ulkoilmasto. (Virta et al. 2011) Kuvassa 3.6 on esitetty 2012-luvun asuinkerrostalon lämpöhäviöiden jakautuminen, josta vaipan osuus on noin 65 % ja ilmanvaihdon 35 %. Sisäisten lämpökuormien ja auringonsäteilystä saadun lämpöenergian jälkeen hankittavan lämmitysenergian osuudeksi jää noin 60 % tilalämmityksen kokonaisenergiatarpeesta. (Mäki 2012)

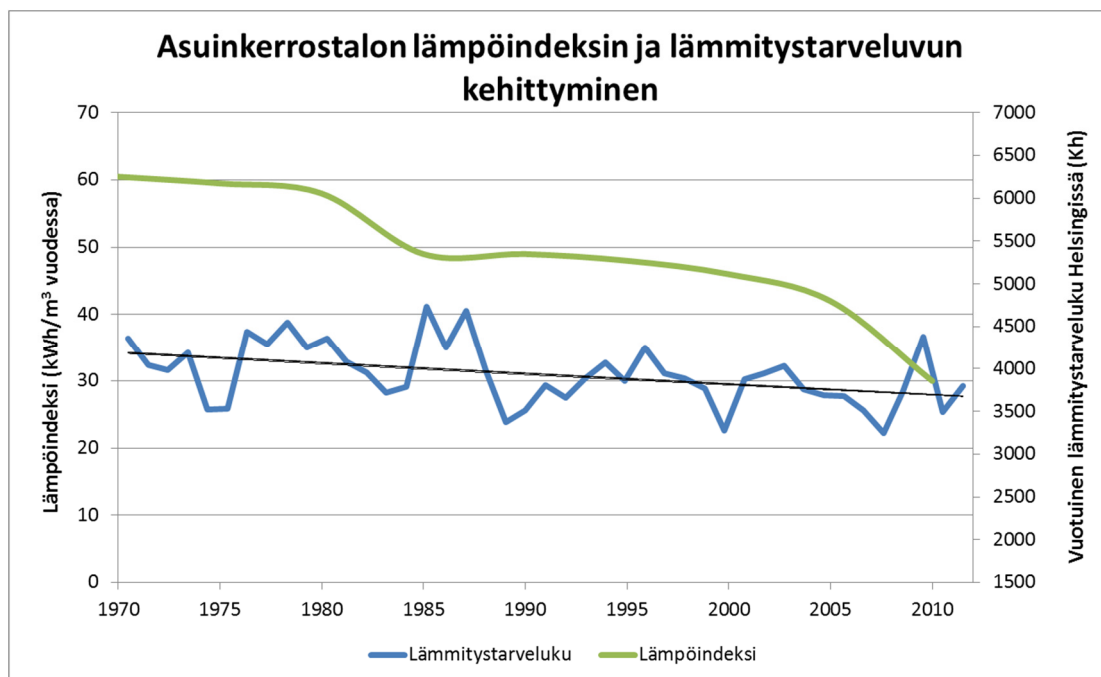


Kuva 3.6 Lämpöhäviöiden jakautuminen. 2012-luvun asuinkerrostalon keskimääräiset lämpöhäviöt on arvioitu yhdeksän eri kohteen keskiarvona. Lämmitysenergiatarvetta voidaan pienentää parantamalla vaipan lämpödynaamisia ominaisuuksia tai varustamalla talotekniset järjestelmät tehokkailla lämmöntalteenottimilla. (Mäki 2012)

Henkilöistä ja laitteista sekä järjestelmien tuotanto- ja siirtohäviöistä aiheutuvat lämpökuormat voidaan käyttää hyödyksi tilalämmityksen osalta lämmityskaudella. Mikäli vielä vaipan lämpödynaamisia ominaisuuksia parannetaan, rakennukseen tuotavan lämmitysenergian osuus pienenee huomattavasti. Usein tämä aiheuttaa ongelmia kesäajan sisäilmaston viihtyvyyden hallinnassa, jolloin rakennus on usein varustettava tuloilman viilennys- tai jäähdytysjärjestelmällä. Jäähdytys- tai tuloilman viilennysjärjestelmän energiankulutus riippuu järjestelmästä, tavoite olosuhteista sekä jäähdytyskauden aikaisesta lämpökuormasta. Myös jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen määrittämiseen voidaan soveltaa lämpötasemenetelmää: tietyn sisäilmaston ylläpitämiseen tarvitaan yhtä suuri määrä jäähdytysenergiaa, mitä rakennukseen tuodaan jäähdytysenergiaa. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen osuus asuinkerrostalojen kokonaisenergiakulutuksesta on noin 2 %, mutta osuus kokonaisenergiakulutuksesta tulee nousemaan noin 4 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Jäähdytysenergiatarpeen uskotaan kasvavan johtuen osittain rakentamistavasta, jossa lämpöhäviöt pyritään minimoimaan. (Vuolle 2012).

Lämpötasemenetelmä huomioi vain tilalämmitykseen lämmitysenergiatarpeen. Lämmitysenergiaa tarvitaan myös lämpimän käyttöveden valmistamiseen. Tavanomaisesti asuinkerrostalon lämmitysenergiasta käytetään noin viidennes käyttöveden lämmitämiseen, mistä noin 65 % kulutetaan vesipisteissä ja loput 35 % kuluu vedenkulutuksesta riippumattomiin lämpöhäviöihin. Keskimäärin käyttövettä kulutetaan asuinkerrostalossa 155 litraa päivässä asukasta kohden, josta lämpimän käyttöveden osuus on noin 40 %. Käyttövedestä noin 37 % kuluu peseytymisessä, 23 % keittiössä, 13 % pyykinpesussa ja 27 % WC-laitteissa. Käyttöveden lämmitysenergiankulutukseen vaikuttavat muun muassa asukasrakenteen ja -määrä, varustelutaso, vesikalusteet, kulutustottumukset sekä kulutuksen mittaus. Vesikalusteet ovat kehittyneet viime vuosikymmenien aikana huomattavasti. Esimerkiksi WC-laitteet kuluttavat noin 50 % ja vesihanat noin 10-25 % vähemmän käyttövettä 90-luvun alun kalusteisiin verrattuna. (Virta et al. 2011; Motiva Oy 2011; Ympäristöministeriö 2009)

Asuinkerrostalon tilalämmitykseen tarvittava lämmitysenergia on pienentynyt 60-luvulta lähtien lähinnä kiristyvän määräystason seurauksena. Asuinkerrostalon lämpöindeksi eli lämmitysenergian suhde rakennuksen tilavuuteen on puolittunut viimeisen 50 vuoden aikana. Rakennuksen ominaisuuksien lisäksi tilalämmitysenergiankulutukseen vaikuttaa myös ilmasto. Ilmaston vaikutusta kulutukseen voidaan arvioida vuotuisten lämmitystarvelukujen avulla. 70-luvun alusta lähtien tilalämmitykseen liittyvät Helsingin lämmitystarveluvut ovat keskimäärin pienentyneet, joka osaltaan on pienentänyt lämmitysenergiankulutusta. Myös vedenkulutus on keskimäärin pienentynyt noin viidenneksellä viimeisen 40-vuoden aikana, joka on vaikuttanut lämmitysenergiankulutukseen. (Energiateollisuus 2012b; Virta et al. 2011; Tilastokeskus 2011)



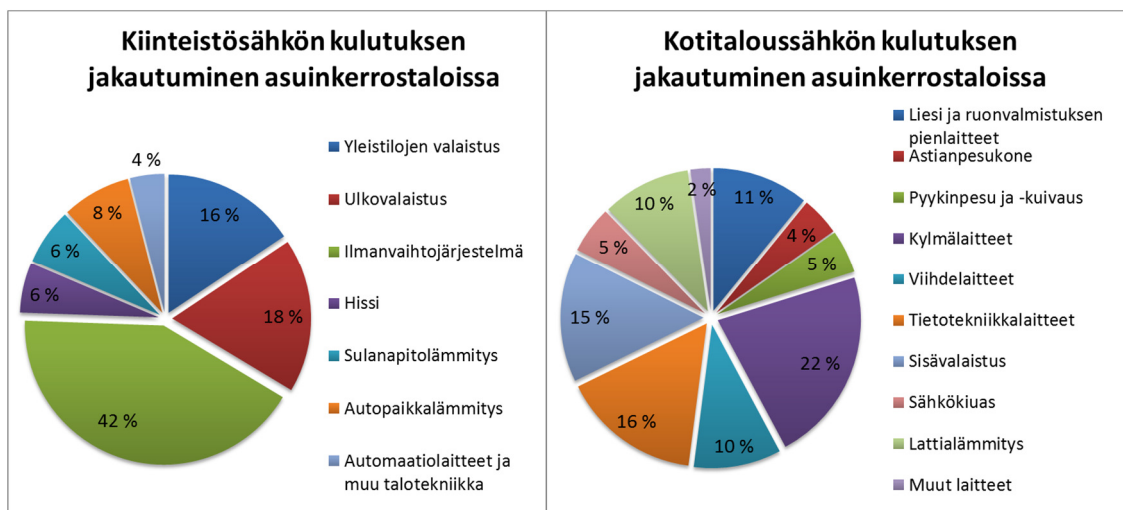
Kuva 3.5 Asuinkerrostalon lämpöindeksin (Mukaihen Virta et al. 2011) ja Helsingin lämmitystarveluvun kehittyminen. Vuotuinen lämmitystarve on keskimäärin pienentynyt luvuista lasketun trendiviivan perusteella. (Tilastokeskus 2011)

3.2.2 Sähköenergia

Asuinkerrostalojen kiinteistösähkönkulutuksen osuus sähkön kokonaiskulutuksesta riippuu kiinteistö- ja huoneistosähkön mittauspisteiden rajapinnasta. Kiinteistösähkönkulutus oli keskimäärin noin 7 kWh/m³ vuodessa vuonna 2011 ja se on kaksinkertaistunut vuosituhannen alkuun nähden. Taloteknisten järjestelmien lisääntyminen on nostanut kiinteistösähkön kulutusta 60-luvun alusta lähtien. Kulutuksen kasvuun on merkittävimmin vaikuttanut ilmanvaihtojärjestelmien murrosaika. 1960-luvulla siirryttiin painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään ja vuoden 2003 jälkeen siirryttiin koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään uudisrakentamisessa. (Virta et al. 2011)

Kuvassa 3.6 on esitetty kiinteistösähkön ja kotitaloussähkön jakautuminen eri kulu- tuspisteisiin. Kiinteistösähkön jakautumista on arvioitu yhdeksän eri kohteen energia- laskelmien avulla. Kuvasta nähdään, että rakennuksen sisällä kulutetaan noin 67 % kiin- teistösähköstä. Loppuosa kuluu kiinteistön ulkopuolella olevien järjestelmien ylläpitoon kuten ulkovalaistukseen sekä autopaikka- ja sulanapitolämmitykseen.

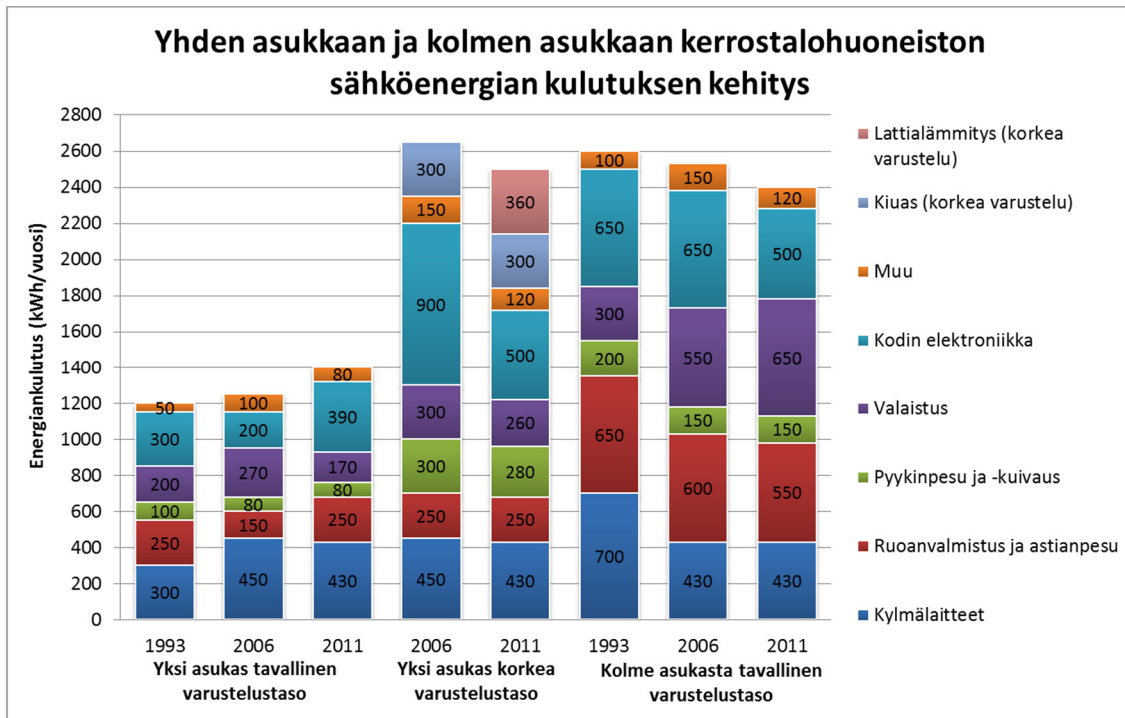
Kerrostalo- ja huoneiston sähkönkäyttö vastaa ehkä parhaiten kotitaloussähkösäätettä sähköenergian käyttötarkoituksen vuoksi. Huoneiston sähkölaitteet on jaoteltu Kotitalo- uksien Sähkönkäyttö 2011 -tutkimusraportissa kymmeneen eri ryhmään, joista kylmä- laitteet vievät noin neljänneksen, viihde- ja tietotekniikkalaitteet neljänneksen ja sisäva- laistus kuudenneksen kerrostalo- ja huoneiston sähkönkulutuksesta. Kodin laitteiden, ruoan- laitton ja valaistuksen kasvu asuinkerrostaloissa on ollut maltillista. Verrattaessa vuoteen 2006 tämän ryhmän osuus asuinkerrostalojen sähkönkäytöstä on laskenut noin 8 prosenttiyksikköä. Kodin elektroniikka on ohittanut kylmälaitteet kulutukseltaan suurimpa- na laiteryhmänä. Vaikka viihde- ja elektroniikan osuus kulutuksesta on laskenut 4 prosent- tiyksikköä, niin samalla tietotekniikkalaitteiden osuus on noussut 6 prosenttiyksikköä vuoteen 2006 verrattuna. Nopeimmin kulutusta kerrostaloasunnoissa kasvattaa sähköi- nen lattialämmitys, jonka osuus on noussut 5 prosenttiyksikköä vuoteen 2006 verrattu- na. (Adato Oy 2013)



Kuva 3.6 Kiinteistö- ja kotitaloussähkön jakautuminen asuinkerrostalossa. Kiinteistö- ja kotitaloussähkön kulutusjakauma on arvioitu yhdeksän vuoden 2012 asuinkerrostalokohteen laskennallisten kiinteistö- ja kotitaloussähkön kulutuksen keskiarvona. (Mäki 2012) Kuvassa oikealla puolella on keskimääräinen kotitaloussähkön jakautuminen kerrostaloissa. Sähkölämmityksen osuus on viime vuosina ollut kasvussa huoneistokohtaisten ilmanvaihtokojien ja sähköisen lattialämmityksen vuoksi. (Adato Oy 2013)

Asutokunnilla on erilaisia tarpeita riippuen henkilöiden sukupuolesta, iästä, taloudesta, koulutuksesta, työstä, harrastuksista sekä muista elämäntilanteeseen vaikuttavista tekijöistä. Eri tarpeiden johdosta asuntojen kotitaloussähkön kulutus ei ole samanlaista edes samankokoisilla asutokunnilla. Kuvasta 3.7 nähdään kerrostalohuoneiston sähköenergian kulutuksen kehittyminen yhden hengen asutokunnassa sekä kolmen hengen asutokunnassa. Kuvaajan keskellä on esitetty kulutuksen taso yhden hengen asutokunnan huoneistossa, jolla on korkea varustelutaso.

Yhden hengen asutokunnan kulutus on lievässä kasvussa kodin elektroniikkalaitteiden määrän lisääntymisen johdosta. Laitteiden energiatehokkuuden kehittyminen näkyy paremmin kolmen hengen asutokunnassa, jossa kokonaiskulutus on pienentynyt. Yhden hengen asutokunnan kokonaiskulutus on kasvanut huomattavasti kolmen hengen asutokuntaan verrattuna, sillä vuonna 2011 kolme henkeä kulutti vain noin 1,7 kertaa enemmän sähköenergiaa, mitä yksi henkilö. Korkean varustelutason omaava huoneisto kuluttaa merkittävästi enemmän sähköenergiaa tavallisen varustelutason omaavaan huoneistoon verrattuna. Toisaalta korkeamman varustelutason kodin elektroniikka voi olla energiatehokkuudeltaan kehittyneempää, mikä saattaa vaikuttaa kulutusta pienentävästi. Parempaan varustelutasoon oletetaan liittyvän esimerkiksi asutokunnan pienempi henkilötiheys, huoneistokohtainen sauna tai suurempi määrä kuluttajalaitteita. (Adato Oy 2013; Adato Oy 2008)



Kuva 3.7 Yhden ja kolmen asukkaan kerrostalohuoneiston sähköenergian kulutuksen kehittyminen. LVI-laitteiden kulutus katsottiin kuuluvan kiinteistöenergiankulutuksen alaisuuteen. (Adato Oy 2013; Adato Oy 2008)

Kotitalouslaitteiden kulutukseen vaikuttaa laitteen tyyppi, ikä, kunto sekä sen käyttöintensiteetti. Myös kuluttajan laitevalinnat vaikuttavat oleellisesti energiankulutukseen. Vaikka laitteen käyttötarkoitus olisi sama, niin se voi sisältää erilaisia laiteominaisuuksia, jotka lisäävät laiteryhmän ominaisenergiakulutusta. Kulutukseen vaikuttavat tekijät vaikuttavat usein eritasoisina eri laiteryhmissä. Esimerkiksi kylmälaitteiden energiankulutukseen vaikuttaa merkittävimmin laitteen tyyppi, ikä ja kunto, kun taas televisioiden kulutukseen vaikuttaa eniten sen käyttöintensiteetti.

Kylmäsäilytyslaitteiden energiankulutukseen voidaan vaikuttaa uusimalla laitekan-
taa sekä huoltamalla sitä säännöllisesti. Tyypillisesti nykyajan kylmäsäilytyslaitteet kuluttavat yli 50 % vähemmän energiaa 70-luvun laitteisiin verrattuna. Tavanomaisesti kylmäsäilytyslaitteiden käyttöikä on 10-15 vuotta. Teknologia mahdollistaa energiankulutuksen pienentämisen noin 35 % kehittämällä eristystä ja sähköohjausta, kasvattamalla lämmönluovutus-pinta-alaa sekä kompressorin hyötysuhdetta. (VTT 2009)

Viihde-elektronikkalaitteiden kuten tietokoneiden, televisioiden, stereoiden ja näiden oheislaitteiden keskimääräinen käyttöikä on vain 5-10 vuotta. Tietokoneiden yleistymisen on voimakkaasti nostanut viihde-elektronikan sähkönkulutuksen osuutta. Pöytä-tietokoneista on kuitenkin siirrytty kannettaviin malleihin, mutta silti kulutus on nous-
nut, koska tietotekniikkalaitteet ovat yleistyneet nopeasti. Televisioteknologia on kehitty-
nyt nopeasti vuoden 2008 jälkeen kun Suomi siirtyi digitaalisiin TV-lähetyksiin. Vaikka uudentyyppiset LED- ja LCD-televisiot ovat energiatehokkaampia kuin PDP- ja kuvaputkitelevisiot, niin niiden kasvaneet koot ja digisovittimien käyttöönotto on ositain lisännyt televisioiden ja siihen liittyvien oheislaitteiden kulutusta. Televisioit ovat

olleet jo pitkään lähes jokaisessa taloudessa, joten lyhyehkö käyttöikä pääsääntöisesti uudistaa laitekantaa. Uuden laitekannan kehittyneempi energiatehokkuus lopulta pienentää laiteryhmän kokonaiskulutusta. (VTT 2009; Adato Oy 2013)

Viihde-elektronikkalaitteiden lukumäärä on jatkuvassa kasvussa suomalaisissa kotitalouksissa. Huomattava osuus näistä laitteista on kytketty valmiustilaan, eivätkä ne ole päätarkoituksen mukaisessa käytössä suurena osana vuorokaudesta. Osa laitteista kuten DVD-laite voi kuluttaa ajallisesti enemmän valmiustilassa kuin operatiivisessa tilassa. Näin ollen Suomessa viihde-elektronikan sähköenergiankulutuksesta noin puolet kuluu valmiustilassa oleviin laitteisiin. (VTT 2009)

Valaistuksen osuus kotitaloussähköenergiasta on noin 15 %. Valonlähteiden kehitystä on vauhdittanut EU:n energiansäästötavoitteet. Markkinoilta on poistettu energiaa tuhlaavia valonlähteitä poliittisin keinoin ja tilalle on tullut muun muassa halogeeni-, pienloiste-, ja LED-valaisimia, joiden valaistusteho on moninkertainen perinteiseen hehkuvalaisimeen verrattuna. Valaistuksen suunnitteluun on myös kiinnitetty huomiota: huoneen pinta-alat, pintojen värit, sisustus ja käyttäjäkohtaiset tarpeet otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Valaistuksen suunnittelulähtökohtaisuus on vaikuttanut valaistuksen kokonaisenergiakulutuksen pienentymiseen. (VTT 2009; Adato Oy 2013)

Asuinkerrostalohuoneistoissa on voimakkaasti yleistynyt sähkön käyttö lisä- ja tukilämmityksenä. Pesuhuoneiden sähköiset mukavuuslattialämmitykset ovat yleistyneet voimakkaasti ja näin lisänneet asuinkerrostalohuoneistojen kokonaiskulutusta. Samoin myös huoneistokohtaiset saunat ovat yleistyneet merkittävästi uudessa rakennuskannassa. Tukilämmityksen energiamuoto tulee todennäköisesti siirtymään sähköstä muihin energiamuotoihin lähinnä sähkön epäsuotuisan energiamuotokertoimen vuoksi, mikä heikentää rakennuksen energialuokitusta. (Adato 2013 Oy; Ympäristöministeriö 2012a)

3.3 Energian hinnan muodostuminen

Tavanomaisesti asuinkerrostalossa energiakustannukset muodostuvat energiamuotojen perusteella sähkö- ja kaukolämpöenergian kustannuksista. Tässä työssä energiakustannusten yhteydessä käsitellään myös veden hankinnasta ja käytöstä aiheutuvia kustannuksia. Energiakustannukset sekä vesimaksu muodostuu pääpiireteissään kulutetun energian ja veden kustannuksista, siirtokustannuksista sekä veroista. Energia- ja vesikustannuksiin liittyy myös kiinteitä maksuja, jotka käsittävät energiamuotojen sekä veden liittymismaksut sekä mittauslaitteiston vuokran.

Kiinteistön käyttämän sähkön hinta muodostuu kahdesta eri hyödykkeestä, siirtopalvelusta ja sähköenergiasta. Siirtopalvelu on paikallisen jakeluverkonhaltijan yksinoikeus eli asiakas ei voi ostaa siirtopalvelua muualta kuin paikalliselta jakeluverkonhaltijalta. Sähköenergian osuuden voi asiakas halutessaan kilpailuttaa. Siirtopalvelu muodostuu sähkön siirrosta, kulutuksen mittauksesta ja taseselvityksestä. Sähkön siirrolla tarkoitetaan sähkön toimittamista sähköverkon kautta kuluttajalle. Taseselvityksellä tarkoitetaan eri sähkönmyyjien sähköenergian määrän selvittämistä. Siirtopalvelun hinta, eli siirtohintaa muodostuu sähköverkon pääoma-, käyttö- ja ylläpitokustannuksista. Siirto-

palvelun hinnoittelua valvoo Energiamarkkinavirasto kohtuullisuusvalvonnan menettelyllä, jossa Energiamarkkinavirasto vahvistaa etukäteen sähköverkkotoiminnan sallitun tuoton ja sähkön siirrosta perittävien maksujen laskentamenetelmät valvontajaksolle. (Energiamarkkinavirasto 2013)

Sähköenergian hinnasta käytetään nimitystä myyntihinta, johon vaikuttavat sähkön tuotantoon käytettävien polttoaineiden hinnat, päästöoikeuksien hinta, sähkön kysynnän määrä sekä pohjoismaissa vesitilanne. Sähköenergian myyntihinta sisältää sähkön tukumarkkinahinnan lisäksi myös myyntikustannukset. Sähkön myyjä voi tuottaa itse myymänsä sähkön tai sähkön voi hankkia esimerkiksi pohjoismaisesta sähköpörssistä. Sähköenergian hinnoittelu on vapaata, jolloin sähkönmyyjä voi käyttää hinnoittelussa haluamaansa hintarakennetta ja -tasoa. (Energiamarkkinavirasto 2013)

Sähköenergian ja siirtopalvelun hinnat eli tariffit muodostuvat tavallisesti kahdesta osatekijästä: kiinteästä perusmaksusta ja kulutetun energiamäärän mukaan määräytyvästä kulutusmaksusta. Sekä sähköenergialle että siirtopalvelulle on olemassa yleis-, aika- ja tehotariffeja. Yleistariffi eli yleissähkö on ollut käytetyin hinnoitteluperuste pienasiakkaille. Yleissähkön maksut muodostuvat kiinteästä perusmaksusta ja kulutusmaksusta. Aikatariffeista yleisimmät ovat yö sähkö ja kausisähkö, joissa maksut muodostuvat kiinteästä perusmaksusta sekä kahdesta eri kulutusmaksusta. Kulutusmaksujen hinnoittelussa käytetään joko yö-päiväsähkö -hinnoittelua tai talviarkipäivä-muupäivä -hinnoittelua. Myös pienkäyttäjät voivat valita dynaamisen eli tuntiperusteisen aikatariffimuodon, joka perustuu sähkön pörssihinnan tuntimuutokseen. (Energiamarkkinavirasto 2013)

Vastaavasti kiinteistön kaukolämpökustannukset muodostuvat kahdesta osasta, energiamaksusta ja perusmaksusta. Toisin kuin sähköntoimituksessa kaukolämpölaitokset ovat itsenäisiä toimijoita, joilta asiakkaan on ostettava kaukolämmityksen kokonaispalvelu. Lämpöenergiasta maksettavan energiamaksun suuruuteen vaikuttavat kaukolämmön tuotantotapa, käytetyt polttoaineet sekä lämmönhankinnan muuttuvat kustannukset. Tehomaksu eli perusmaksu perustuu sopimuksessa määritettyyn tehoon tai vesivirtaan. Perusmaksulla katetaan pääosin kiinteitä kustannuksia, jotka muodostuvat lämmön tuotantolaitosten ja kaukolämpövesiverkoston rakentamisesta, ylläpidosta sekä hallinnon kustannuksista. Kaukolämmön hintaan tulee vaikuttamaan myös päästökauppa, sillä ilmaisten päästöoikeuksien saantia rajoitetaan asteittain. Myös kaukolämmön hinnoittelu voi perustua aikatariffiin. Kaukolämmön aikatariffi on kausiluonteinen, jossa lämpöenergian hinta vaihtelee talvikauden ja muun ajan välillä. (Energiateollisuus 2011)

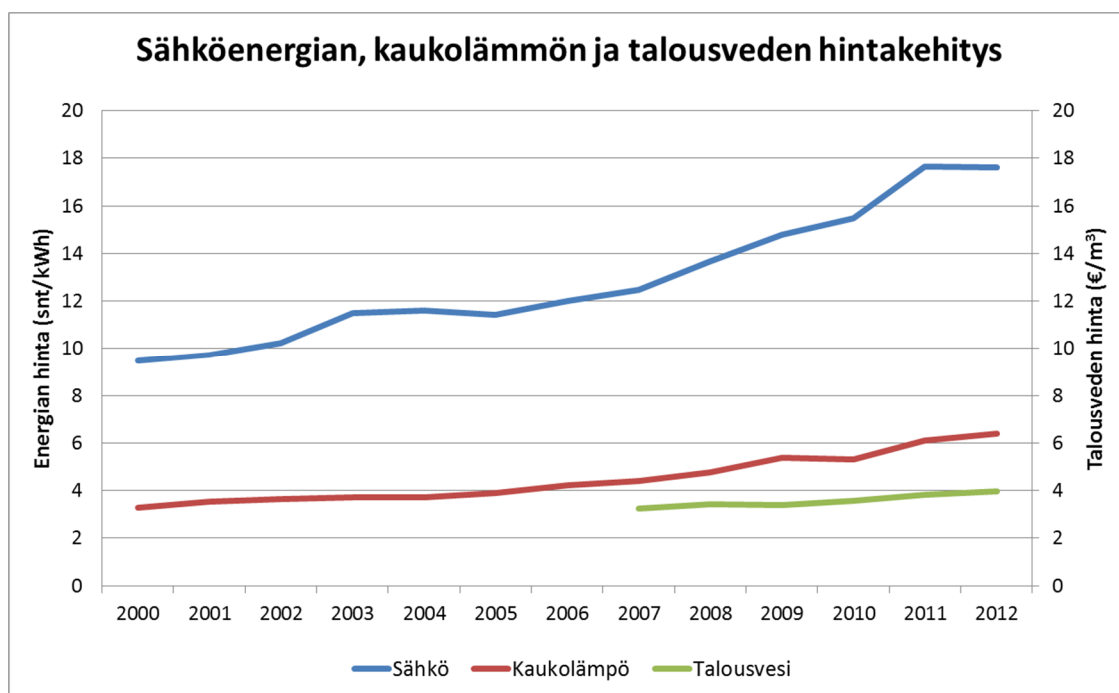
Puhtaan käyttöveden kustannukset muodostuvat perusmaksusta ja käytönmukaisesta vesimaksusta. Puhtaan käyttöveden laskutuksen yhteyteen liitetään usein myös jäte- ja huleveteen liittyvät maksut. Tätä kokonaisuutta kutsutaan vesihuollon maksuksi. Vesilaskutuksen perusmaksu kattaa veden otosta, käsittelystä, siirrosta, jäte- ja hulevesien käsittelystä sekä laitosten ja verkostojen ylläpidosta aiheutuvat kustannukset. Veden käyttökustannukset muodostuvat suoraan käytetyn veden mukaan. Paikalliset vesilaitok-

set ovat myös itsenäisiä yhtiöitä, joilta asiakas hankkii kokonaispalvelun. (Vesilaitosyhdistys 2013)

Sähkömarkkinalain myötä sähkön kokonaishinta on eritelty sähköenergian myynnin ja siirron välillä, koska sähkön myyntiosuuden voi kilpailuttaa. Kuvasta 3.8 nähdään eräiden tyyppikäyttäjien sähkön kokonaishinta kerrostalohuoneistossa. Kuluttajahinnat ovat nousseet voimakkaasti 2000-luvun aikana, sillä sähkön hinta on yli kaksinkertaistunut vuosituhannen alun hintatasoon verrattuna. Kaukolämmön ja talousveden hinnan kehittyminen on ollut maltillisempaa. Kustannusten nousuun on vaikuttanut esimerkiksi kasvaneet käyttö-, ylläpito- ja investointikustannukset.

Kiristynyt energiaverotus on osaltaan nostanut energian kustannuksia. Energiavero koostuu valmisteverosta, joka jaetaan energiansisältö ja hiilidioksidiveroon. Valmisteveron lisäksi peritään myös huoltovarmuusveroa, jolla turvataan huoltovarmuudesta aiheutuvat kustannukset. Tämän lisäksi energiatuotteista peritään myös arvonlisäveroa.

Erityisesti sähköenergian osalta valmisteverotus on kiristynyt merkittävästi. Vuoden 2011 alusta astui voimaan uusi energiaverotusta koskeva lainsäädäntö, jonka seurauksena sähköenergian valmistevero lähes kaksinkertaistui 0,88 sentistä 1,7 senttiin kilowattitunnilta. Valmistevero on siis riippumaton sähkön kokonaishinnasta. Sähköenergian kokonaisverotusasteeksi muodostuu noin 30-35 % riippuen sähkön kokonaishinnasta. Vastaavasti uusi lainsäädäntö vaikutti myös kaukolämmön verotukseen, riippuen siitä, millä polttoaineella kaukolämpöä tuotetaan. (Suomen Tulli 2013)



Kuva 3.8 Energia- ja vesihuollon kokonaiskustannusten kehittyminen 2000-luvulla tyyppikäyttäjän kerrostalohuoneistossa. Hinnat ovat koko maan keskiarvoja. Alueelliset erot voivat olla suuria. Talousveden kustannuksissa ei ole huomioitu lämpimän käyttöveden lämmityksestä aiheutuvaa kustannusta. (Energiateollisuus 2011; Energiamarkkinavirasto 2013; Vesilaitosyhdistys 2013)

4 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuudelle terminä ei ole yksiselitteistä käsitettä. Teknisestä näkökulmasta katsoen energiatehokkuus tarkoittaa, että jonkin tavoitteen saavuttamiseksi on käytetty tietty määrä energiaa ja tämä sama tavoite saavutetaan pienemmällä energiamäärällä. Tällöin voidaan olettaa, että energiatehokkuus on parantunut. (Forsström et al. 2011) Energiatehokkuutta voidaan mitata eri mittareiden avulla riippuen tarkasteltavasta näkökulmasta. Yleisin ja tunnetuin rakennusten energiatehokkuutta kuvaava mittari on rakennuksen ominaisenergiankulutus, joka kuvaa rakennuksen energiankulutusta tietyissä olosuhteissa esimerkiksi pinta-ala yksikköä kohden. Tämän kappaleen alussa käsitellään energiatehokkuuden mittareiden muodostamista sekä energiansäästöpotentiaalilin muodostumista.

Energiatehokkuuden parantaminen aiheuttaa usein energian säästöä. Energian säästö on myös usein käytetty termi, mutta siihen liittyy laajempi kokonaisuus. Energian säästämällä pyritään vaikuttamaan globaalisti todettuun ilmasto-ongelmaan. Ilmaston lämpenemistä vastaan ja siihen sopeutumiseen on käynnistetty maailmanlaajuisia poliittisia toimia. Tätä kutsutaan ilmastopoliitikaksi. Ilmastopoliittiset sopimukset velvoittavat sopijaosapuolia vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä, jotta ihmisen aiheuttama ilmastomuutos hidastuisi. Ilmastopoliitikka on osaltaan luonut uuden politiikan haaran, jota kutsutaan energiapolitiikaksi. Energiapolitiikassa määritetään energian käytön ja tuotannon tavoitteista sekä varmistetaan energian saanti. Energiapolitiikalla ohjataan myös energian hallintaa, tuotantoa, jakelua ja kulutusta siihen suuntaan, jotta ilmastopoliittiset tavoitteet saavutettaisiin.

Energiapolitiikalla ei ainoastaan hillitä ilmastomuutosta, vaan sen tavoitteena on myös varmistaa, että energiaa on saatavilla häiriötilanteissa. Näin ollen yhteiseurooppalaisen energiapolitiikan tavoitteena on kolme tavoitetta: kestävä kehitys, kilpailukyvyyn ylläpitäminen ja energiavarmuudesta huolehtiminen. Näihin kolmeen tavoitteeseen pyritään parantamalla energiatehokkuutta, edistämällä uuden teknologian käyttöönottoa sekä hyödyntämällä uusiutuvia energialähteitä. (Energiatehokkuussuunnitelma 2011)

Euroopan unionin energiapolitiikkaa ohjaa Euroopan komission ilmasto- ja energia-paketti, jossa on määritelty jäsenmaakohtaiset velvoitteet energiankäytön tehostamiseksi. Paketti sisältää lukuisia asetuksia, direktiivejä ja päätöksiä, joiden avulla säästötaavoitteisiin uskotaan päästävän. Suomessa yhteiseurooppalaisia säädöksiä toimeenpanevat lait ja asetukset. Rakennuksiin ja asumiseen liittyvää lainsäädäntöä valmistelelee pääpiirteisesti Työ- ja elinkeinoministeriö sekä Ympäristöministeriö. Tämän kappaleen toisessa osuudessa käsitellään ilmastopoliittisia toimia sekä niiden vaikutuksia asumiseen ja rakentamiseen.

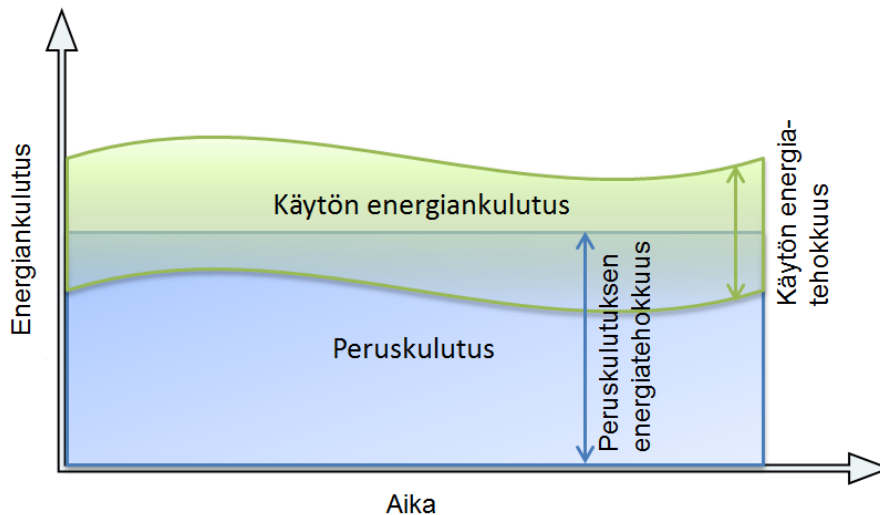
4.1 Energiatehokkuuden mittaaminen

Energiatehokkuutta mitataan usein energian tuotoksen ja energiapanoksen välisen suhteen avulla. Energiatehokkuuden mittaaminen komplisoituu, mikäli tuotos ei ole helposti mitattavaa. Tällöin tuotos on asetettava kuvaamaan mahdollisimman hyvin palvelua, prosessia, hyötyä tai tarvetta, joka aiheuttaa energian kysyntää. Toisin sanoen on muodostettava indikaattoreita, jolloin energiaintensiteetti kuvataan panoksen ja indikaattorin suhteena. Energiaintensiteetti onkin käänteisesti verrannollinen energiatehokkuuden käsitteeseen, sillä mitä suurempi on energiatehokkuus, sitä pienempi on energiaintensiteetti. Energiaintensiteetti kuvaa hyvin energiankulutuksen tasoa, sillä se vastaa suoraan kysymykseen, kuinka paljon energiaa tulisi säästää, jotta suunnitellut tavoitteet saavutetaan. (Forsström et al. 2011)

Energiaintensiteettiä määrittäessä voidaan käyttää erilaisia indikaattoreita ja niiden yhdistelmiä. Termodynaamiset indikaattorit pohjautuvat ainoastaan termodynaamisiin ominaisuuksiin sekä tuoton että panoksen suhteen. Laskentaa voidaan käyttää esimerkiksi lämmitysjärjestelmän lämpöhyötysuhdetta laskettaessa. Indikaattorien panospuolella voi olla myös fysikaalinen yksikkö, jolloin voidaan määrittää esimerkiksi energian kulutus rakennuksen pinta-alayksikköä kohden. Suhteen panospuolella voi olla myös ekonominen yksikkö, kuten markkinahinta, jota verrataan termodynaamiseen yksikköön. Indikaattorit voivat pohjautua myös pelkästään ekonomisiin ominaisuuksiin, jolloin tuloksena saadaan pelkästään taloudellisia arvoja. (Forsström et al. 2011)

Energiatehokkuutta voidaan mitata myös asuinrakennuksessa eri indikaattorien avulla. Energiatehokkuuden indikaattorit valitaan tarkasteltavan näkökulman perusteella. Asuinrakennusten energiatehokkuutta yleisimmin kuvataan energian ominaiskulutuksella, joka saadaan rakennuksen energiatarpeen ja sen pinta-alan tai tilavuuden suhteella. Ominaisenergiankulutus on helposti ymmärrettävissä sekä lukua voidaan vertailla eri kiinteistöjen välillä. Rakennuksen ominaisenergiankulutus on hyvä jakaa eri osiin esimerkiksi tilalämmityksen, ilmanvaihdon, vedenkäytön sekä sähkölaitteiden ominaiskulutuksen suhteen ymmärtämisen helpottamiseksi. Näin ollen eri rakennusten vertailu on helpompaa ja poikkeamia pystytään helpommin tarkastelemaan. (Forsström et al. 2011)

Rakennuksen ominaisenergiankulutus koostuu peruskulutuksesta, jota tapahtuu riippumatta rakennuksen käytöstä sekä käyttäjien energiankulutuksesta. Peruskulutuksen ajatellaan koostuvan lämmityksestä, ilmanvaihdon minimitasosta, pumppujen ja tiettyjen valaistusjärjestelmien energiankulutuksesta sekä muiden vastaavasti jatkuvasti käynnissä olevien energiapalveluiden ylläpitämisestä. Käytön energiankulutuksen aiheuttaa käyttäjien toiminta rakennuksessa, kuten käyttäjäkohtaiset valaistukset, koneet ja laitteet sekä muutokset automatisoidussa ilmanvaihdossa ja lämmityksessä ja näiden käyttöaikataulussa. Peruskulutuksen ja käyttäjäkulutuksen lisäksi myös huoltotoimenpiteillä on suuri merkitys kokonaisenergiakulutuksen kannalta. (Kashif et al. 2012; Forsström et al. 2011)



Kuva 4.1 Ominaisenergiankulutus koostuu peruskulutuksesta ja käytönaikaisesta kulu-
tuksesta. Käytön energiankulutus ei ole lineaarista vaan se vaihtelee olosuhteiden mu-
kaan. (Kuva mukaillen: Forsström et al. 2011)

Energiankulutuksen kuormilla on vaikutusta energiatehokkuuteen. Sekä peruskulutuk-
sen että käytön energiankulutuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa nostamalla
käyttöastetta ja -intensiteettiä. Tämä voidaan huomioida energiatehokkuuden mittareissa
käyttöasteella ja -intensiteetillä korjatulla kertoimella. Käyttöasteella kuvataan tilojen,
koneiden ja laitteiden sekä järjestelmien käyttöaikataulua eli toimintojen käyttöastetta.
Käyttöasteen tarkastelussa ei kuitenkaan huomioida käytön intensiteettiä, jota voidaan
kuvailla esimerkiksi tilojen järjestelystä tai sisustuksesta syntyvänä tehokkuutena.
(Forsström et al. 2011)

Energiatehokkuuden mittaamiseen voidaan liittää myös talouteen liittyviä element-
tejä, jotka voivat olla kiinnostavia rakennusten tai asuntojen omistajien näkökulmasta.
Taloudellista energiaintensiteettiä määriteltäessä on varmistettava, että onko rakennuk-
sen omistajalleen tuottamaa arvoa mahdollista mitata rahassa. Asuinkerrostalojen osak-
keenomistajien kannalta arvonnäytystä voidaan tehdä vertaamalla samankaltaisten
rakennusten myyntihintoja ja vuokria. Myös energiankulutusta voidaan mitata rahalli-
sesti asettamalla kulutuksen tilalle energian hinta. Näin voidaan arvioida energiankulu-
tuksen kokonaistaloudellisuuden järkevyyttä, verrattuna rakennuksesta saatuun taloudel-
liseen hyötyyn. (Forsström et al. 2011)

Asuinrakennusten toteutunutta energiankulutusta voidaan verrata suoraan samanlai-
sen rakennuksen kulutukseen, joka on varustettu parhaalla saatavissa olevalla teknologi-
alla sekä sen huolto ja käyttö on optimoitu (best practice -mentelmä). Tällä vertailuana-
lyysillä havainnollistetaan säästöpotentiaali, joka ei muista mittaustavoista ilmene tai
joiden energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksen arvioiminen on vaikeaa.

Tunnetusti asuinrakennusten energiatehokkuutta kuvataan energialuvun (E-luku)
avulla. E-luku on energiamuotokertoimilla painotetun kokonaisenergiakulutuksen suhde
rakennuksen lämmitettyyn nettopinta-alaan. Energiatehokkuuden määrittämiseen käyte-
tään kullekin rakennustyyppille ominaisia referenssiarvoja. Asuinrakennukset jaetaan

kahteen eri rakennusluokkaan: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot ja asuinkerrostalot. Asuinrakennuksen energiankulutuksen laskennassa lasketaan eri energiamuotojen ostoenergiämäärä, joka painotetaan kunkin energiamuodon energiamuotokertoimella. Ostoenergiasta tulisi vähentää omavaraistuotannon määrä ennen kertoimilla painotusta. (Ympäristöministeriö 2010c)

E-luvun laskennassa lämpöenergiankulutus määritetään vaipan lämpöhäviöiden, ilmanvaihdon ja sisäisten lämpökuormien perusteella Etelä-Suomen säätietojen avulla. Kaikilla eri käyttötarkoituksiluokilla on omat standardikäyttöön perustuvat ominaisarvot, eikä omalla käytöksellä voi vaikuttaa E-luvun suuruuteen. Tämä mahdollistaa eri kohteiden kohtuullisen luotettavan energiansäästötoimenpiteiden vaikutusten vertailun. Toisaalta standardikäytön mukainen E-lukulaskenta mahdollistaa rajallisen määrän energiatehokkuustoimenpiteitä. Esimerkiksi yksityiskohtaisen energiamittauksen aiheuttamaa energiankulutuksen vähentymistä ei voida ottaa standardikäyttöön perustuvassa laskennassa huomioon, jolloin tilanne voi vääristyä. (Ympäristöministeriö 2010c)

4.2 Energiansäästöpotentiaalin määrittäminen

Energiatehokkuuspotentiaali tarkoittaa jonkin hyödyn saavuttamiseksi käytetyn energiamäärän ja saman hyödyn saavuttamiseksi riittävän pienimmän mahdollisen energiamäärän erotusta. Tällöin ei kuitenkaan oteta huomioon tavoitteen ulkopuolisia vaikutuksia, jolloin esimerkiksi energiankulutus voi muualla kotitaloudessa kasvaa tai muut tavoitellut hyödyt vähetä. Ajatellaan esimerkiksi asuinkerrostalohuoneiston tilojen lämmitysenergian minimointia. Liiallisuusiin vietynä lopputulos saattaa olla, että ulkovaipparakenteessa käytetään energiaintensiivisiä materiaaleja, jotka kumoavat lämpöenergian säästön vaikutukset tai rakenteesta tulee niin kallis, että sen ostajat joutuvat tinkimään muusta kulutuksestaan. (Forsström et al. 2011)

Energiatehokkuuspotentiaalin arviointi riippuu tarkasteltavan kohteen mittakaavasta ja tarkasteltavasta aikavälistä. Pieniä muutoksia arvioitaessa riittää kun huomioidaan merkittävimmät energiavirrat. Harkituille energiatehokkuustoimenpiteille tulee tehdä kannattavuusanalyysi, jossa on huomioitu toimenpiteen suorat ja epäsuorat kustannukset sekä energian hinta ja sen kehitys. Laajemmassa mittakaavassa tulee lisäksi arvioida muutoksia ja vaikutuksia järjestelmätasolla. Pitkällä aikavälillä tarkastelussa tulee huomioida myös sopeutuminen uuteen tilanteeseen. (Forsström et al. 2011)

Energiatehokkuustoimien kannattavuutta ja hyötyä arvioidessa on otettava huomioon myös ulkopuoliset vaikutukset. Ulkoisvaikutuksia on sekä negatiivisia että positiivisia. Negatiivisia vaikutuksia ovat esimerkiksi ulkoiskustannukset, jotka koituvat energiakäytöstä muille kuin siitä hyötyvälle kohderyhmälle. Positiiviset ulkoisvaikutukset voivat näkyä esimerkiksi pilottihankkeiden kokemusperäisen oppimishyödyn jakamisena muiden kanssa. Ulkoisvaikutukset voivat ilmetä myös niin sanottuna rebound-efektinä, jossa energiankulutus kasvaa tehostustoimista huolimatta. Energiatehokkuus voi pienentää energiaintensiivisten tuotteiden hintaa, mikä kasvattaa niiden kysyntää ja

energiankulutus kasvaa. Rebound-efekti voi olla suurempi tai pienempi kuin alun perin saavutettu energiansäästö. (Forsström et al. 2011)

Energiatehokkuus voidaan nähdä myös suojautumiskeinona hintariskiä vastaan. Energiatehokkuusinvestointia voidaan pitää kertamaksuna, jolla energiakustannusten osuutta pienennetään tulevissa menoissa. Samalla pienenee tulevan menorakenteen herkkyyks muutoksille energian hinnoissa. Toisin sanoen energiatehokkuusinvestoinnit muistuttavat eräänlaisia vakuutuksia, joilla turvaututaan hintariskiltä. Tämä vakuutusarvo usein jätetään huomioimatta energiatehokkuusinvestointien kannattavuuslaskennassa. (Forsström et al. 2011)

4.3 Poliittinen tausta

Euroopan unionin komissio julkisti vuonna 2009 ilmastonmuutokseen sopeutumisen valkoisen kirjan, jossa esitetään toimintakehys ilmastonmuutokseen liittyvien toimintojen sopeutumiselle (Euroopan komissio 2009). Komissio julkaisi myös tiekartan kohti vähähiilistä taloutta vuonna 2050, jossa määritellään kustannustehokas polku päästöjen vähennystavoitteiden saavuttamiseen. Tiekartassa komissio kuvaa näkemyksiä siitä, miten EU voi saavuttaa tavoitteet kasvihuonekaasujen päästöjen leikkaamisesta 80 %:lla vuoteen 2050 mennessä. Tiekartassa painotetaan erityisesti teknologian investointeja, tuotekehitystä, innovaatiota, koulutusta sekä energiatehokkuuden merkitystä. (Euroopan komissio 2011)

Kansallisen ilmastopolitiikan keskeiset tavoitteet määritellään pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa, jonka valtioneuvosto hyväksyi vuonna 2008 ilmasto- ja energiapolitiikan ministeriötyöryhmän esittelystä. Strategia esittelee toimia tavoitteiden saavuttamiseksi muun muassa energiankäytön tehostamisen ja uusiutuvan energian käytön lisäämisen suhteen. Strategia ulottuu vuoteen 2020 saakka ja lisäksi siinä esitetään visioita vuoteen 2050 saakka. (Ympäristöministeriö 2012b) Energia- ja ilmastostrategian päivitystyö aloitettiin vuonna 2011, ja sen on tarkoitus valmistua alkuvuonna 2013. Päivityksen tavoitteena on varmistaa, että Suomi saavuttaa sille asetetut tavoitteet määräajassa sekä valmistella tietä kohti EU:n pitkä aikavälin energia- ja ilmastotavoitteita. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013)

Suomen ilmastopolitiikka sisältää myös muita strategisia toimia, kuten Finder-osto-ohjelman, jonka avulla hankitaan valtioneuvoston päätöksen mukaisia päästövähennysyksiköitä. Ilmastopolitiikka sisältää myös ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategian, jossa kuvataan Suomen sopeutumiskykyä ilmastonmuutokseen ja määritellään toimia, joilla sopeutumista voidaan parantaa. Kasvihuonekaasujen päästöt raportoidaan vuosittain YK:n ilmastosopimukselle ja EU-komissiolle. Suomessa kansallisesta kasvihuonekaasupäästöjen seurannasta vastaa Tilastokeskus. (Ympäristöministeriö 2012b)

Suomen ilmastopolitiikan tärkeimmistä päätöksistä vastaa valtioneuvosto ja eduskunta. Ilmastopolitiikan tärkeimmät ministeriöt ovat Ympäristöministeriö sekä Työ- ja elinkeinoministeriö, joiden tehtävänä on koordinoida ilmastopolitiikan valmistelua ja aluehallintokeskuksien toimia. (Ympäristöministeriö 2012b)

4.3.1 Euroopan unionin ilmasto ja energiapaketti

Tammikuussa 2008 Euroopan unionin komissio julkaisi laajan ilmasto- ja energiapaketin. Paketti sisältää laajan lainsäädäntökokonaisuuden, jonka avulla EU pyrkii uudistamaan energiapolitiikkaansa vastaamaan ilmastopoliittisia tavoitteita sekä parantamaan energiavarmuutta ja kilpailukykyä. (Ympäristöministeriö 2008) Euroopan unionin jäsenmaat ovat sopineet kaikkia maita koskevista sitovista velvoitteista vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä vuoteen 2020 mennessä 20 % vuoteen 1990 verrattuna. Tavoitteena on myös lisätä uusiutuvien energiamuotojen osuutta noin 20 % energian loppukulutuksesta. Lisäksi energiatehokkuutta lisätään sopimuksen mukaan keskimäärin 20 %:lla perusuran mukaiseen kehitykseen verrattuna vuoteen 2020 mennessä. EU:n ilmasto- ja energiapaketin tavoitteita kutsutaan usein ”20-20-20” -tavoitteiksi.

Ilmasto- ja energiapaketin keskeiset osat ovat uudistettu päästökauppadirektiivi, päästökauppasektorin ulkopuolelle jäävien päästövähennysten jakaminen jäsenmaiden kesken, uusiutuvan energian puitedirektiivi sekä hiilen talteenottoa ja varastointia koskeva direktiivi. Päästökauppajärjestelmä on yksi tärkeimmistä yhteisön sisäisistä ilmastopoliittisista toimista. Järjestelmällä tavoitellaan mahdollisimman kustannustehokasta päästöjen vähentämistä, sillä sen avulla päästöjä voidaan markkinoiden ohjaamana vähentää siellä, missä se on edullisinta. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/87/EY) Päästökauppalakia uudistettiin EU:n ilmasto- ja energiapaketin tavoitteita vastaavaksi. Uudistukset koskevat päästökauppalain kolmatta eli vuoden 2012 jälkeistä aikaa. Uusitun direktiivin mukaan kansallisista jakosuunnitelmista luovutaan ja jatkossa päästöoikeuksien kokonaisuus päätetään yhteisötasolla. Päästöoikeuksien ilmaisjako tulee poistumaan vaiheittain siirtymäajan aikana, jolloin pääasiallinen jakomenetelmä tulee olemaan oikeuksien huutokauppa. Samalla päästöoikeuksien kokonaisuus laskee kohti vuotta 2020 mentäessä, jotta saavutetaan ilmasto- ja energiapaketin 20 %:n vähennystavoitteet. Uuteen päästökauppalakiin lisättiin myös uusia toimialoja, kuten kemian- ja metalliteollisuus, ilmailusektori sekä hiilen varastointia ja talteenottoa harjoittavat laitokset. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/29/EC)

Ilmasto- ja energiapaketin keskeisin osa on EU:n päästökauppasektorin ulkopuolelle jäävien päästöjen vähentäminen, sillä noin 40 % EU:n kasvihuonekaasupäästöistä syntyy päästökaupan ulkopuolella olevista toimialoista. Asuminen, rakentaminen, rakennusten lämmitys, maatalous, liikenne ja jätehuolto kuuluvat päästökauppalain ulkopuolisiin toimialoihin. Niihin kohdistuvia toimia kutsutaan taakanjakoiksi tai ponnistustenjakoiksi. EU:n tavoitteena on, että näiden toimialojen päästöjä vähennetään noin 10 % vuoteen 2020 mennessä vuoden 2005 päästömääriin verrattuna.

Kullekin jäsenmaalle on asetettu määrälliset vähennysvelvoitteet päästökauppalain ulkopuolisten toimialojen osalta. Jäsenmaakohtaisissa vähennysvelvoitteissa otetaan huomioon maiden väliset erilaiset lähtökohdat ja tarpeet talouden kasvuun ja kehitykseen. Taakanjakopäätös perustuu kunkin jäsenmaan asukasta kohden laskettuun bruttokansantuotteeseen. Komission taakanjakoesityksen mukaan vanhojen jäsenmaiden velvoitteena on vähentää päästöjään 20 % vuoden 2005 päästöihin verrattuna, kun taas

uusien jäsenmaiden päästöt saavat kasvaa enintään 20 % vuoden 2005 tasoon verrattuna. Jäsenmaat voivat pääosin itse päättää, miten ne pyrkivät saavuttamaan niille asetetut vähennystavoitteet. Jäsenmaiden tavoitteiden saavuttamisen tukemiseksi on laadittu myös EU-tason säädöksiä, jotka liittyvät muun muassa liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen sekä energiatehokkuuden edistämiseen. Taakanjakoa ei ole koskaan aikaisemmin käytetty kasvihuonekaasujen vähentämiseen. (Ympäristöministeriö 2008)

Euroopan komission ilmasto- ja energiapaketin mukaan Suomen on vähennettävä päästökaupan ulkopuolella olevien toimialojen päästöjä 16 %:lla vuoden 2005 päästömääristä. Vastaavasti energiatehokkuutta on lisättävä 20 % perustason mukaiseen kehitykseen verrattuna sekä uusiutuvien energialähteiden osuutta on lisättävä 38 %:iin nykyisestä 28 %:sta. (Ympäristöministeriö 2008)

4.3.2 Energiatehokkuusdirektiivi

Eurooppaneuvoston päätelmissä osoitettiin vuoden 2011 alussa, että unionin energiatehokkuustavoitteen saavuttaminen ei etene suunnitellusti. Tämän tilanteen korjaamiseksi laadittiin energiatehokkuussuunnitelma, jossa esitetään eri energiatehokkuustoimenpiteitä, jotka kattavat koko energiaketjun, tuotanto, siirto ja jakelu mukaan luettuina. Energiatehokkuussuunnitelmassa käsitellään myös rakennusten ja laitteiden energiatehokkuutta, teollisuuden energiatehokkuutta sekä tarvetta tarjota loppukäyttäjille keinoja säädellä omaa energiankulutustaan. Tämän seurauksena energiatehokkuusdirektiiviä päivitettiin syksyllä vuonna 2012. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU)

Direktiivissä painotetaan yhtenä osa-alueena kulutusinformaation jakamista kuluttajille, jotta kotitalouksien energiankäyttö olisi tehokkaampaa. Direktiivin 9. artikla Kulutuksen mittaaminen velvoittaa jäsenvaltiota varmistamaan eri energiamuotojen mittaustien, että loppukäyttäjä saa todellisen tiedon energiankulutuksesta ja sen ajoittumisesta. Kulutustiedot voitaisiin loppukäyttäjän halutessa luovuttaa kolmannelle osapuolelle helposti ymmärrettävässä muodossa, jota loppukäyttäjä voi halutessaan käyttää esimerkiksi sopimusten vertailuun. Mittareiden käyttöönoton myötä käyttäjälle tulisi antaa asianmukaista neuvontaa ja tietoa mittarin lukemisen hallinnan ja energiankulutuksen osalta. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU)

Saman artiklan mukaan moniasuntoisiin rakennuksiin on asennettava myös käyttäjäkohtaiset mittarit kaukolämmön osalta viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2016, mikäli se on teknisesti mahdollista ja kustannustehokasta. Muissa tapauksissa tulisi käyttää käyttäjäkohtaisia lämmityskustannusten jakolaitteita mittaamaan lämmönkulutusta kuskakin lämpöpatterissa. Tarvittaessa lämpöenergiankulutus voidaan jakaa myös kustannusperusteisesti, jossa on eriteltävä kotitalouksien käyttämä lämmin vesi, yhteistilojen lämmitys sekä asuntojen lämmitys. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU)

Direktiivissä on artikla, joka koskee laskutustietojen esittämistä loppukäyttäjälle. Uusien mittarien on mahdollistettava tosiasialliseen kulutukseen perustuvat täsmälliset laskutustiedot. Laskutuksen yhteydessä on mahdollistettava kulutuksen historiatiedon

toimittaminen loppukäyttäjälle, jonka avulla he voivat itse tehdä yksityiskohtaisia tarkasteluja. Täydentävien tietojen on sisällytettävä yksityiskohtaiset tiedot kultakin päivältä, viikolta ja vuodelta. Näiden tietojen tulee olla loppukäyttäjän saatavilla internetin tai mittariliittymän välityksellä viimeisen vuoden ajalta. Kulutus- ja laskutusinformaation tulee olla maksutonta loppukäyttäjälle, mutta hänellä on oltava mahdollisuus myös ostaa kohtuullisin kustannuksin kolmannen osapuolen tarjoaman seurantalopalvelun, johon sisältyisi käyttäjäkohtainen todellinen kulutuksen mittaaminen sekä kulutuksen neuvontapalveluita. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU)

4.3.3 Rakentamiseen ja kotitalouksiin kohdistuvat toimenpiteet

Kansallisesti on käynnissä lukuisia toimenpiteitä ja ohjelmia rakennusten ja asumisen energiatehokkuuden parantamiseksi. Rakennussektoriin ja kotitalouksiin kohdistuvilla ohjaustoimenpiteillä pyritään sekä energiatehokkuuden parantamiseen että päästöjen vähentämiseen ja uusiutuvan energian käytön lisäämiseen. Nämä keinot vaikuttavat sekä päästökauppaan kuuluviin sekä sen ulkopuolelle jääviin rakennussektorin toimialoihin. Rakennussektorin säästötavoitteet kohdistuvat pääpiirteissään ympäristöhallinnon toimialaan, kun taas kotitalouksiin sekä energiantuotantoon ja -toimittamiseen liittyvät toimenpiteet ovat Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnan alla.

Työ- ja elinkeinoministeriö asetti laaja-alaisen toimikunnan valmistelemaan uusia energiasäästötoimia kansallisten energiasäästötavoitteiden toteuttamiseksi. Energiategohokkuustoimikunta tarkasteli kaikkia yhteiskunnan osa-alueita. Toimikunnan työ tuloksena saatiin 125 energiatehokkuuteen liittyvää toimenpidekorttia, jotka ajoittuvat vuosien 2009-2020 väliselle ajalle. Toimikunnan ehdottamat toimenpiteet edellyttivät jatkovalmisteluja, joissa arvioitiin toimeenpanotapa ja otettiin huomioon energiatehokkuuden lisäksi muut kuten terveyteen, kustannuksiin ja toteutettavuuteen liittyvät vaikutukset. (Valtioneuvoston periaatepäätös 2010; Energiategohokkuustoimikunta 2009)

Toimenpidekorteista 52 on suunnattu rakentamiseen ja 22 kotitalouksiin. Rakentamiseen liittyvät toimenpiteet kohdistuvat neljään temaattiseen ryhmään: uudisrakentaminen, korjausrakentaminen, yhdyskuntarakentaminen ja kaavoitus sekä käyttö ja ylläpito, joiden toimenpidekortit painottuvat säädös-, talous- sekä toiminnalliseen menetelmä- ja informaatio-ohjaukseen. Kotitalouksiin liittyvät toimenpidekortit liittyvät kuluttajaperusteiseen ohjaukseen säädösohjauksen sijasta. (Energiategohokkuustoimikunta 2009)

Vuonna 2010 Ympäristöministeriö kutsui Sitran ja Tekesin kanssa laajan asiantuntijajoukon kartoittamaan parhaat keinot energiaviisauden edistämiseksi rakennetun ympäristön kannalta. Työn tuloksena syntyi toimintaohjelma ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017, jonka päätavoitteena on saavuttaa Suomelle asetetut energiatehokkuustavoitteet kolme vuotta etuajassa eli vuonna 2017. Toimintaohjelma kannustaa olemaan energiatehokkuuden ja vähäpäästöisyyden kärkimää. Toimintaohjelma sisältää 31 toimenpide-ehdotusta, jotka jakautuvat viiteen eri ryhmään: maankäyttöön, hajautettuun energiantuotantoon, rakentamisen ohjaukseen, kiinteistöjen käyttöön ja omistukseen sekä osaamiseen. (Ympäristöministeriö 2010a)

Rakentamisen ohjaus

Rakentamisen ohjaus sisältää seitsemän toimenpide-ehdotusta, joista merkittävin on rakentamismääräysten portaittainen kiristäminen. Rakentamismääräysten asteittaista kiristymistä kuvataan ”tiekartalla”, joka mahdollistaa säännösten ja määräysten ennakoinnin toimintaympäristössä. Rakentamismääräykset perustuvat yhteiseurooppalaiseen rakennusten energiatehokkuutta koskevaan säätelyyn. Lähtökohtana on rakennusten energiatehokkuusdirektiivin kansallinen toimeenpano sekä kokonaisenergiatarkastelun ja eri lämmitysmuotojen ympäristövaikutusten sisällyttäminen rakentamismääräyksiin.

Uudisrakentamisen energiatehokkuutta on ohjattu lämpöhäviöihin liittyvillä vähimmäisvaatimuksilla. Vuonna 2010 uudisrakentamisen energiatehokkuutta parannettiin 30 % kiristämällä lämpöhäviövaatimuksia. Vuonna 2012 parannettiin uudisrakennusten energiatehokkuutta 20 % aikaisempaan määräystasoon verrattuna. Samalla uudisrakentamiselle asetettiin vaatimuksia kokonaisenergiatehokkuudesta, jossa eri energiamuodot on painotettu poliittisesti päätetyillä energiamuotokertoimilla. Kokonaisenergiatarkastelun tavoitteena on asettaa parempi vertailumahdollisuus eri rakennusten välille. Vuonna 2014 on odotettavissa vaatimuksia omavaraistuotannon vähimmäistasoon, joka tarkoittaa uusiutuvien energialähteiden tai lämpöpumppujärjestelmien käyttöä. Vähimmäistaso voidaan saavuttaa esimerkiksi kaukolämmöllä ja -kylmällä, joka on tuotettu käyttämällä uusiutuvia energialähteitä. Myös uusi energiatehokkuusdirektiivi on tarkoitus saattaa voimaan. Vuonna 2015 todennäköisesti esitetään nollaenergiarakentamista koskevat tekniset kuvaukset lähinnä suosituksina sekä malli rakennusten ympäristövaikutusten ohjauksesta. Elinkaarilaskentamalli, johon on sisällytetty myös rakennusmateriaalien ja -tuotteiden valmistuksen ympäristövaikutukset, on tarkoitus ottaa käyttöön vuonna 2016. Tavoitteena on myös, että nollaenergiarakentaminen on todettu turvallisesti mahdolliseksi. (Ympäristöministeriö 2010a)

Rakentamismääräyksissä osoitetaan vain energiatehokkuuden vähimmäisvaatimus. Uudisrakentamisen ohjaukseen liittyy myös muita elementtejä. Rakentamisen ja kiinteistönpidon palvelutuottajien pätevyys uusissa matala- ja nollaenergiarakentamisessa varmistetaan eri laatujärjestelmillä, joista vastaa FISE Oy ja RALA ry. Rakennusvalvonnassa toteutetaan ennakoivaa laadunohjausta, jonka tavoitteena on kehittää rakennusvalvonta selkeäksi palveluorganisaatioksi. (Ympäristöministeriö 2010a)

Toimintaohjelma sisältää myös erilaisia kannustimia energiatehokkaaseen rakentamiseen ja käyttöön. Energia-avustusten lisäksi muutoksia on tulossa muun muassa kaukolämmön ja sähkön hinnoitteluun. Tarkoituksena on kehittää hinnoittelumalleja siihen suuntaan, että kuluttaja hyötyisi nykyistä enemmän säästäessään energiaa. Kannustimien yhtenä työkaluna on ESCO-toimintatavan (Energy service company) jalkauttaminen teollisuuden ja palvelualojen lisäksi myös asunto-osaakeyhtiöihin. Toimintatavassa ESCO-yritys toteuttaa ja rahoittaa kohdeyritykseen tehtävän energiatehokkuutta parantavan investoinnin, antaa kohdeyritykselle säästötakuun ja todentaa syntyvän säästön sopimuskauden ajan. Kohdeyritys maksaa sopimusaikana ESCO-yritykselle sopimuk-

senmukaisen maksun. Sopimuskauden jälkeen investointi siirtyy kohdeyritykselle. (Motiva 2011; (Ympäristöministeriö 2010a)

Uudisrakentamista ohjataan myös veromuutosten avulla. Rakennuksen kiinteistövero tullaan todennäköisesti porrastamaan rakennuksen energiamuodolla painotetun kokonaisenergiatehokkuuden ja lämmitystavan perusteella. Toteutusvaihtoehtoja nähdään toistaiseksi useita: porrastus voi perustua energiatehokkuusluokkaan, ja se voidaan toteuttaa yhdellä tai useammalla tasolla tai porrastus voidaan toteuttaa vapauttamalla uusi energiatehokas tai korjattu rakennus kiinteistöverosta määrääjäksi. (Ympäristöministeriö 2010a)

Kotitalouksien ohjaus

Asumiseen liittyvää energiankäyttöä on pääsääntöisesti ohjattu valistus- ja tiedotusohjelmien kautta. Yksi merkittävä ohjauskeino on energiatehokkuussopimusjärjestelmä, joka on laajentunut myös kiinteistöalalle. Kiinteistöalan energiatehokkuussopimuksen tavoitteena on edesauttaa energian loppukäytön tehokkuutta ja energiapalveluja koskevan direktiivin vuodelle 2016 asettaman 9 % ohjeellisen energiansäästö tavoitteen saavuttamista kiinteistöalalla verrattuna kehitykseen ilman toimia. Kiinteistöalan energiatehokkuussopimus koskee asuin- ja toimitilarakennuksia ja sopimuksen osapuolia ovat Ympäristöministeriö, Työ- ja elinkeinoministeriö sekä Asunto-, toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry. (Motiva 2012)

Asuinkiinteistöalalle on laadittu myös oma energiansäästösopimus, jonka tavoitteena oli pienentää asuinkiinteistökannan energiankulutusta eri keinoilla 15 % vuoteen 2012 mennessä. Tärkeimmät työkalut koostuvat energiakatselmuksista sekä kulutusseurannan hyödyntämisestä. Sopimukseen liittyneet asuinkiinteistöalan yhteisöt sitoutuvat teettämään energiakatselmuksia kiinteistöissään. Energiakatselmuksessa selvitetään kiinteistön energiankulutusjakauma, jota voidaan verrata saman ikäiseen kiinteistöön. Vertailun perusteella voidaan arvioida eri kiinteistöjen energiansäästömahdollisuuksia. Vuoden 2009 energiansäästösopimuksen vuosiraportista selviää, että vuonna 2008 energiansäästöä kertyi noin prosentti sopimuksen piirissä olevasta vuotuisesta energiankäytöstä. Tällä hetkellä asuinkiinteistöalalla ei ole voimassa olevaa energiansäästösopimusta. (Motiva 2012)

Kotitalouksien sähkönkäyttöä ohjataan uusien palvelujen avulla kuten esimerkiksi uusilla energian hinnoittelumenetelmillä. Kotitalouksien kulutuksen joustolla on osaltaan tarkoitus pienentää kotitaloussektorin kulutusta sekä energiayhtiöiden tarvitsemää tuotantokapasiteettia. Energiatehokkuusdirektiivin ja kansallisten toimintaohjelmien mukaan kulutuksen jousto saavutetaan energian reaaliaikaisella mittauksella, jonka yhteydessä energiayhtiöt tarjoavat asiakkailleen tuntipohjaisia tariffeja. Dynaaminen hinnoittelumenetelmä kannustaa tehon leikkauksiin ja energian varastointiin myös asuinrakennuksissa. (Ympäristöministeriö 2010a)

Työ- ja elinkeinoministeriön esittelystä Valtioneuvosto hyväksyi muutoksen sähkömarkkinalakiin sähköntoimituksen selvityksestä ja mittauksesta, joka edellyttää etäluetavien tuntimittareiden asentamista kaikkiin sähkönkäyttöpisteisiin vuoden 2013 lop-

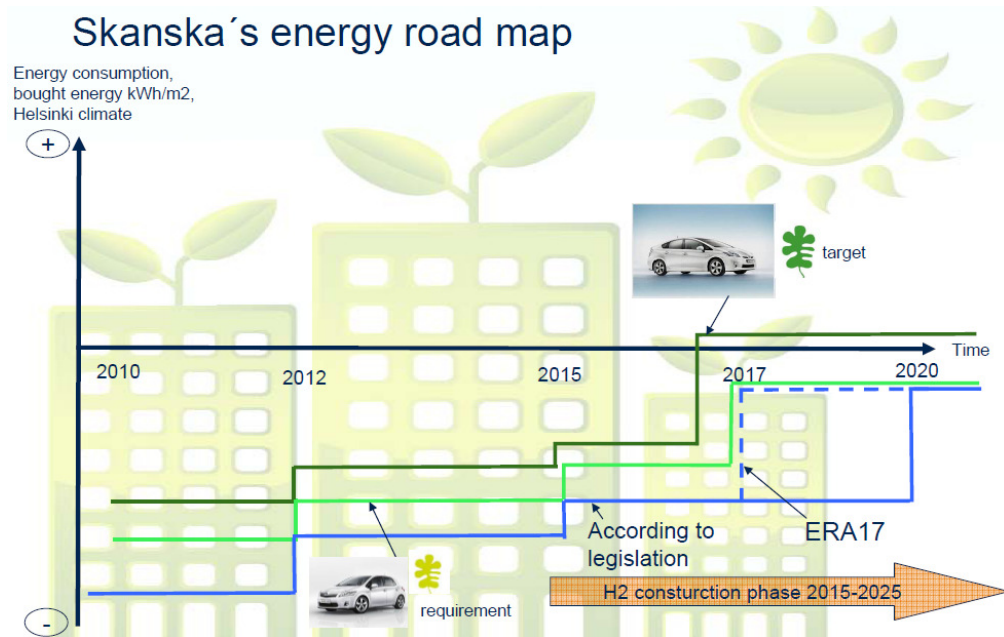
puun mennessä. Asetuksen tavoitteena on myös, että tuntilukemien tulee olla asiakkaiden hyödynnettävissä vuoden 2012 alusta lukien ja tuntihinnoiteltuja tuotteita tulisi olla heti hyödynnettävissä mittariasennuksen jälkeen. Asiakkaalla olisi oikeus hyödyntää kulutustietoa ilman erillistä korvausta. Kulutustietoja voitaisiin hyödyntää muiden palvelutarjoajien välillä täsmällisen laskutuksen perusteena tai kulutustietojen seurannan järjestämiseksi. (Pekkarinen 2009; Työ- ja elinkeinoministeriö 2009).

Reaaliaikaisen sähkön hinnoittelun odotetaan syntyvän markkinaehtoisesti edellä mainitun asetusmuutoksen seurauksena. Dynaamisessa hinnoittelussa sähkön loppukäyttäjä voi kulutuksen suuruudesta riippumatta ohjata tai antaa ohjata kulutustaan välttääkseen korkeita hintoja. Yksinkertaisimmillaan kysyntäjousto toimii ilman erityisiä sopimuksia eri osapuolten välillä tariffien ja rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaamana. (Ympäristöministeriö 2010a)

Kotitalouslaitteiden energiatehokkuutta ohjataan ekologisella suunnittelulla, jossa pyritään parantamaan kotitalouslaitteiden energiatehokkuutta jo sen suunnitteluvaiheessa. Suunnittelun vaatimukset koskevat usein laitteen käytönaikaista energiankulutusta. Euroopan komission ecodesign-direktiiviä (2009/125/EY) ja energiamerkintädirektiiviä (2010/30/EU) toimeenpanee Suomessa ekosuunnittelulaki. Ekosuunnittelulaki sisältää tuoteryhmäkohtaisen ekologisen suunnittelun ja energiamerkinnän säännösten lisäksi niihin liittyvää tarkastustoimintaa ja valvontaa koskevat säännökset. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012)

4.4 Paikalliset energiatehokkuustavoitteet

Rakennusliike Skanska Oy:n tavoitteena on olla johtava ympäristötehokas rakentaja ja projektikehittäjä. Ympäristöperiaatteissa painotetaan energian kulutuksen merkitystä, ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja energiatehokkaita materiaaleja. Kuvassa 4.2 on esitetty Skanskan energiankäytön tiekartta vuoteen 2020 asti. Kuvassa pystyakselilla kuvataan ostoenergian määrää ja vaaka-akselilla aikaa. Sinisellä viivoituksella kuvataan portaittain kiristyvien määräysten ja säädösten tasoa. Sinisellä katkoviivalla osoitetaan ERA17-toimintaohjelman mukaista tasoa. Vaaleanvihreällä viivalla kuvataan Skanskan sisäistä vaatimustasoa ja tummanvihreällä viivalla sisäistä tavoitetasoa.



Kuva 4.2 Skanskan ostoenergian käytön tiekartta, jossa näkyy myös lainsäädännön ja ERA-17 -toimintaohjelman ura. (Skanska 2012)

Skanskan ympäristötehokasta suunnittelua ja rakentamista kuvataan osittain Skanskan väripaletin avulla. Väripaletin eri väreillä kuvataan energiatehokkuuden astetta neljässä eri energiatehokkuutta kuvaavassa osa-alueessa: energia, hiilijalanjälki, materiaalit sekä vesi. Vaniljan väri kuvaa voimassa olevien määräysten säädösten mukaista rakentamista, vihreä väri kuvaa määräystasoa parempaa ja syvävihreä väri kuvaa ratkaisua, jossa on huomioitu tulevaisuuden kiristyviä ympäristötehokkuustavoitteita ja -määräyksiä.

	Määräysten mukainen Vanilja	Määräykset ylittävä Vihreä	Tulevaisuutta ennakoiva Syvävihreä
Energia	Energiatehokkuus 25 % paikallisia määräyksiä parempi.	Energiatehokkuus 50 % paikallisia määräyksiä parempi.	Energiatehokkuus 75 % paikallisia määräyksiä parempi ja uusiutuvat energialähteet käytössä.
Hiilijalanjälki	Projektille laskettu hiilijalanjälki, jota käytetään vaihtoehtojen etsimiseen.	Materiaalien, logistiikan ja rakentamisen hiilijalanjälki pienentynyt yli 25 % perustasosta.	Materiaalien, logistiikan ja rakentamisen hiilijalanjälki pienentynyt yli 50 % perustasosta.
Materiaalit	Ympäristötehokkaiden materiaalien käyttö maksimoitu. Alle 10 % rakennusjätteestä loppusijoitukseen.	Ympäristötehokkaiden materiaalien käyttö maksimoitu. Alle 5 % rakennusjätteestä loppusijoitukseen.	Ympäristötehokkaiden materiaalien käyttö maksimoitu. Alle 2,5 % rakennusjätteestä loppusijoitukseen.
Vesi	Rakennuksen käytön aikaiselle puhtaan veden kulutukselle laskettu perustaso. Kulutusta vähennetty 10 %.	Käytön aikaista puhtaan veden kulutusta vähennetty yli 25 %.	Käytön aikaista puhtaan veden kulutusta vähennetty yli 50 %.
	Noudattaa paikallisia määräyksiä ja standardeja		Primäärienergian nettokulutus nolla Rakentamisen hiilijalanjälki lähes nolla Vain ympäristötehokkaita materiaaleja Vain turvallisia materiaaleja Nolla kiloa rakennusjätettä Puhtaan veden käyttö minimoitu

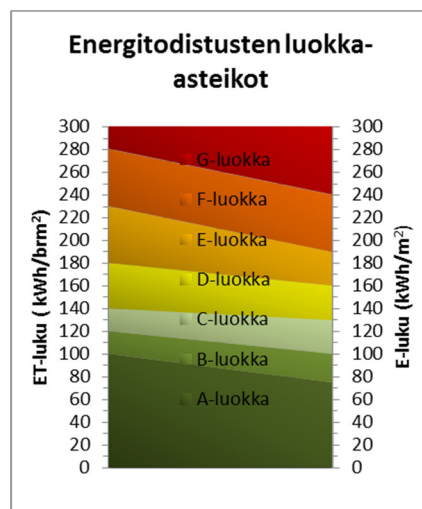
Kuva 4.3 Skanskan ympäristötehokkuuden väripaletti. (Skanska 2012)

Talonrakennusprojekti on paletin asteikolla vihreä, kun kaksi osa-aluetta neljästä on määräyksiä parempia, joista toinen on energiatehokkuus. Projekti on syvävihreä, kun kolme osa-aluetta neljästä on syvävihreiden määritysten mukaisia, joista edelleen yhden on oltava energiatehokkuus. Väripalettiä voidaan käyttää strategisten päämäärien ja

tavoitteiden asettamiseen, yksittäisen hankkeen ympäristötavoitteiden määrittelyssä yhdessä asiakkaan kanssa sekä ympäristötehokkuuden kehittymisen seurantaan.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatodistuksesta astuu voimaan kesäkuun ensimmäinen päivä vuonna 2013. Uuden asetuksen voimaantulon myötä energiatehokkuusluokkien asteikko tiukentuu aikaisempaan lainsäädäntöön verrattuna. Energiatehokkuudelle on asetettu minimiraja, joka on ehto rakennusluvan myöntämiselle. Asuinkerrostalojen luokka-asteikko muuttui kuvan 4.4 mukaisesti, jossa vasemmalla puolella on vanha luokka-asteikko ja oikealla voimaan tuleva asteikko. Asuinkerrostalon E-luku saa olla enintään 130 kWh/m² eli vähintään C-luokka, jotta rakennuslupa voidaan myöntää. Uuden asetuksen mukaista asteikkoa ei voida suoraan verrata vanhaan. E-luvun laskenta perustuu energiamuotokertoimilla painotettuun ostoenergiankulutukseen lämmitettyä nettoalaa kohden, kun ET-lukulaskenta perustuu suunnitteluratkaisun mukaisen käytön energiankulutukseen bruttopinta-alaa kohden. Asuinkerrostalon ET-luokan ollessa lähellä A-luokan rajapintaa, saa se E-luvun luokitteluasteikossa C-luokan (Mäki, 2012).

Vanhassa luokitteluasteikossa Skanskan omaperustaisessa asuintuotannossa tavoiteltiin 100 kWh/brm², joka vastaa A-luokkaa. Uudessa E-luvun mukaisessa luokitteluasteikossa tavoitellaan 110 kWh/m², joka vastaa C-luokkaa. Toisin sanoen Skanskan tavoitteena on saavuttaa määräystasoa 15 % parempi energiatehokkuus omaperusteisessa asuintuotannossa. (Skanska 2012)



Kuva 4.4 Energiatodistusmenettelyiden asuinkerrostalon luokka-asteikko.

Uudessa luokitteluasteikossa A-luokka tarkoittaa lähes nollaenergiarakentamista. Lähes nollaenergiarakennuksessa primäärienergiankulutus on noin 30-60 kWh/m², riippuen rakennuksen sijainnista. Kansallisesti Suomessa ei ole vielä vahvistettu, mitä tarkoitetaan lähes nollaenergiarakentamisella. Rakennus voidaan luokitella lähes nollaenergiarakennukseksi, vaikka sen ostoenergiankulutus ei olisikaan nolla. Rakennus voi siis myös ostaa uusiutuvaa energiaa. (Airaksinen 2013)

A-luokkaan pääseminen edellyttää omavaraistuotantoa, sillä jo pelkästään primäärienergiakertoimilla painotettu standardikäytön mukainen sähköenergiankulutus ja käyt-

töveden lämmitysenergiakulutus aiheuttaa A-luokkaa suuremman energiankulutuksen. Voimaan tuleva luokitteluasteikko tulee todennäköisesti säilymään pidempään kireiden raja-arvojen johdosta. Tulevaisuudessa luokitteluasteikkoa on mahdollista porrastaa, jakamalla A-luokka useampaan osaan. (Kurnitski 2012; Airaksinen 2013)

E-lukulaskenta perustuu standardikäyttöön, jolloin käytönaikaisia energiatehokkuustoimenpiteitä ei voida ottaa huomioon. Näin ollen energiamittauksen aiheuttamaa epäsuoraa energiatehokkuutta ei voida huomioida E-lukulaskennassa. E-luvun mukaista laskennallista kulutusta ei siis voida käyttää rakennuksen kulutuksen arviointiin, vaan arviokulutus tulee määrittää oikeilla suunnitteluparametreilla ja laskennan tulee perustua sijaintipaikkakunnan säätietoihin. Tämän jälkeen tavoitekulutusta tulisi seurata kalibroimalla laskentaa todellisilla säätiedoilla ja käytöllä. (Kurnitski, 2012; Airaksinen 2013)

5 KULUTUSTOTTUMUKSET

Kappaleessa 2.1 rakennuksen energiankulutus jaettiin kahteen eri vaiheeseen kulutus päätöksen ajanhetken perusteella. Suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa päätetään kiinteistön tekniset ominaisuudet, joiden perusteella voidaan arvioida kokonaisenergiankulutusta standardikäytön perusteella. Kun rakennus siirtyy käyttövaiheeseen, kuluttajan toiminnot konkretisoituvat. Kuluttaja ei enää pysty vaikuttamaan esimerkiksi vaipan lämpöhäviöihin, koska tämä kulutus päätös on tehty jo aikaisemmassa vaiheessa. Kuluttajalla on kuitenkin useita energiankulutukseen liittyviä valintoja tehtävänä, jotka voivat poiketa aikaisemman vaiheen standardikäytöstä. Toisin sanoen kuluttajat ovat vastuussa rakennuksen käytönaikaisesta energian kulutuksesta.

Rakennuksen energiatehokkuustoimenpiteiden seurausten arvioimisessa tulisi ottaa huomioon myös kuluttajista riippuva kulutus. Raskaat kulutustottumukset heikentävät energiatehokkaan rakennuksen tehostustoimenpiteiden merkitystä, jolloin kuva vääristyy. Vastaavasti energiatehokkaassa asuinkerrostalossa, jossa myös asukkaiden toiminta on energiatehokasta saadaan tehostustoimenpiteestä liian hyvä kuva. Kuluttajat voivat muuttaa käyttäytymistään parannustoimenpiteiden käyttöönoton jälkeen riippuen siitä, miten he kokevat sen.

Kuluttajan yksittäisen kulutus päätöksen tekemiseen vaikuttaa usein monia seikkoja, joita on teknisesti vaikea arvioida. Kuluttajan päätöksentekoon vaikuttaa voimakkaasti kulutustottumukset, jotka usein ovat seurausta kuluttajan luonteenpiirteistä, ajatusmaailmasta sekä elämäntilanteesta (Jackson 2005). Toisaalta yksittäisen päätöksen tekemiseen voivat vaikuttaa kuluttajasta riippumattomat asiat, kuten esimerkiksi tilanteen vakavuuden aiheuttamat toiminnot, jolloin kuluttaja joutuu tekemään päätöksen omasta tahtotilasta poiketen. Yksittäisen kulutus päätöksen tekeminen on todellisuudessa kompleksinen prosessi, jonka lopputulosta ei pystytä määrittelemään.

Kulutustottumukset ovat kuitenkin merkittävässä asemassa päätöksen tekemisessä, jolloin kuluttajien luonteiden analysointi on tarpeellista. Tässä kappaleessa arvioidaan kuluttajien energiankulutukseen vaikuttavia luonteenpiirteitä sosiokulttuurisessa arvo verkossa. Tarkastelu on rajattu ainoastaan kuluttajaominaisuuksiin, sillä tilanteeseen vaikuttavia ulkoisia tekijöitä on vaikea arvioida. Kulutusluonteisiin voidaan pyrkiä vaikuttamaan eri ohjauskeinojen avulla. Tässä kappaleessa esitetään eri kulutus palautekeinoja, jotka ovat osoittautuneet tehokkaiksi energiaa säästäviksi toimenpiteiksi eri tutkimuksissa. (Pyrko et al. 2011)

Energiatehokkaan kulutus päätöksen tekeminen ei ole yksiselitteistä, koska kuluttajilla on erilaiset lähtökohdat. Näin ollen energian tuhlausta ei voida yleispätevästi määrittellä. Oleellista olisi ymmärtää kuluttajan kannalta, mikä toiminto muodostaa lisäarvoa.

Mikäli kulutus päätös ei tuota lisäarvoa, tehty päätös kuluttaa energiaa turhaan. Kappaleen lopussa käsitellään kuluttajalähtöisesti arvon muodostumista sekä arvioidaan energian turhaa kuluttamista eli hukkaa.

5.1 Kulutus päätökseen vaikuttavat tekijät

Kulutus päätöksen tekemiseen vaikuttaa ensisijaisesti kuluttajan persoona, mielikuvat, ikä, sukupuoli, tulot, elämäntilanne ja harrastukset sekä tilanne, jossa päätös tehdään. Persoonallisuuteen liittyvät kuluttajaominaisuudet voidaan ajatella eräänlaisiksi kulutusluonteiksi. Luonteen ja muiden kuluttajaominaisuuksien lisäksi kulutus päätökseen voidaan yrittää vaikuttaa erilaisin ohjauskeinoin. Ohjauskeinojen tavoitteena on vaikuttaa kuluttajien ajattelutapaan, ja luoda uudenlaisia mielikuvia energiankäytöstä ja siitä aiheutuvista seurauksista. Tarkoituksena on siis muuttaa ihmisten kulutusluonteita energiatehokkaampaan suuntaan. (Martiskainen 2007; Jackson 2005)

Ohjauskeinojen energiansäästöpotentiaalin yleispätevyyttä ei voida kovin helposti osoittaa, sillä kulutusluonteet vaikuttavat ohjauskeinon vaikuttavuuteen. Kaikki kuluttajat eivät hyväksy esimerkiksi valtiovallan velvoittavaa säädosohjausta, jolloin negatiivinen muutosvastarinta voi johtaa entistä energiatehottomaan käyttäytymiseen. Tämän vuoksi kulutusluonteet on pyrittävä tunnistamaan, jotta jokaiselle kuluttajasegmentille voidaan tarjota heille sopivia ohjauskeinoja. Ohjauskeinot on siis rakennettava kuluttajalähtöisesti. (Jackson 2005)

Kulutusluonteiden segmentointi perustuu kuluttajien arvoihin, asenteisiin ja intresseihin. Segmentoinnissa ei pystytä huomioimaan kuluttajan ikää, sukupuolta, elämäntilannetta ja tuloja. Kuluttajan ikä vaikuttaa kulutuksen määrään, sillä esimerkiksi vanhempi väestö ei välttämättä tarvitse vastaavia laitteita, mitä nuorempi väestö pitää jokapäiväisten toimintojen tekemisen edellytyksenä. Vastaavasti eri sukupuolet voivat tarvita eri laitteita, mikä tekee kulutuksen jäsentämisestä vaikeaa. Taloudellisesti paremmin menestyvien henkilöiden ei tarvitse kiinnittää huomiota energiankulutukseen taloudellisessa mielessä, kun taas vähätuloinen voi kohentaa suoraan hyvinvointia energian kulutuksen säästöistä aiheutuvilla tuloilla. Näistä piirteistä tulisi tehdä erillisiä analyysejä, joita voitaisiin soveltaa yhdessä kulutusluonteiden kanssa. (Bonino 2011; International Energy Agency 2003)

Ohjauskeinot muodostuvat eri energiansäästöön liittyvistä strategioista. Strategiat voidaan jakaa karkeasti kahteen eri alueeseen: ennakoiva- ja seuraamusstrategia. Ennakoivien strategioiden avulla pyritään indusoimaan tai välttämään kuluttajan käyttäytymistä etukäteen, kun taas seuraamusstrategioissa kuluttajaa informoidaan vasta käyttäytymisen muutoksen jälkeen. Ennakoiviin strategioihin kuuluvassa informaatiostrategiasa kuluttajalle tarjotaan kulutustietoa ja ohjeita energiatehokkaaseen toimintaan. Tavoitestrategiassa hyödynnetään ihmisten luonnollista kilpailukykyä, joka kannustaa saavuttamaan omaehtoiset tai suositellut energiansäästötavoitteet. Sitoutumisstrategiassa kulutustavoitteet asetetaan psykologisen lähtökohdan mukaan, minkä avulla kuluttaja sitoutuu energiansäästötoimenpiteisiin. Tavoitestrategiassa tavoitteet ohjaavat kuluttajaa pa-

rempiin kulutustottumuksiin omaehtoisesti ilman vapaaehtoistoimia, kun taas sitoutumisstrategia edellyttää käyttäjiä eksplisiittisesti ja rationaalisesti noudattamaan kuluttajan energiansäästöpolitiikkaa. Näistä strategioista tavoitestrategioilla on suhteellisen suuri potentiaali energiankulutuksen säästön kannalta. (Bonino 2011, Fraqui et al. 2009)

Seuraamusstrategioita on myös kolmea eri päätyyppiä: palautekeinot, palkitsemiskeinot ja kriittisyyskeinot. Eri palautekeinojen avulla voidaan osoittaa kuluttajalle energiankulutuksen muodostuminen. Reaaliaikainen kulutuspalautte on oleellista esittää kuluttajan kannalta ymmärrettävässä muodossa eri visuaalisten keinojen avulla. Palkitsemiskeinot perustuvat kuluttajan kulutustapamuutoksen motivointiin palkitsemalla. Taloudellisten hyödykkeiden lisäksi kuluttajalle voidaan tarjota myös sosiaalisia palkintoja. Kriittisyyskeinot perustuvat ajatukseen, jossa yksittäinen kuluttaja kohtaa ympärillä olevia kuluttajia. Kuluttajien on tarkoitus kritisoida energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksia lähiympäristössä. Seuraamusstrategioista kulutuspalauttekeinot ovat osoittautuneet potentiaalisiksi ratkaisuksi. Kriittisyyskeinoja on myös tutkittu laajalti, mutta tulosten perusteella ne ovat osoittautuneet epävakaisiksi keinoiksi. Palkitsemiskeinoja on tutkittu suhteellisen vähän koska, kuluttajan kulutustapamuutoksien palkitsemista ei ole nähty kannattavana eri tahoilla. (Bonino 2011)

5.1.1 Kulutusluonteet

Kuluttajien käyttäytymiseen liittyvässä tutkimuksessa on oleellista jakaa kuluttajat eri segmentteihin niiden arvojen, käyttäytymisen ja intressien perusteella. Kuluttajien lokeroinnin perusteena on ymmärtää eri ryhmien käyttäytymistä sekä etsiä asioita, joilla käyttäytymiseen voidaan vaikuttaa. Eri ryhmät voivat tarvita erilaisia kannustimia ja ohjauskeinoja kulutustottumusten muuttamiseen. Mikäli ohjauskeinot ovat kaikille samanlaisia, se voi tietyllä kuluttajaryhmällä vaikuttaa negatiivisesti.

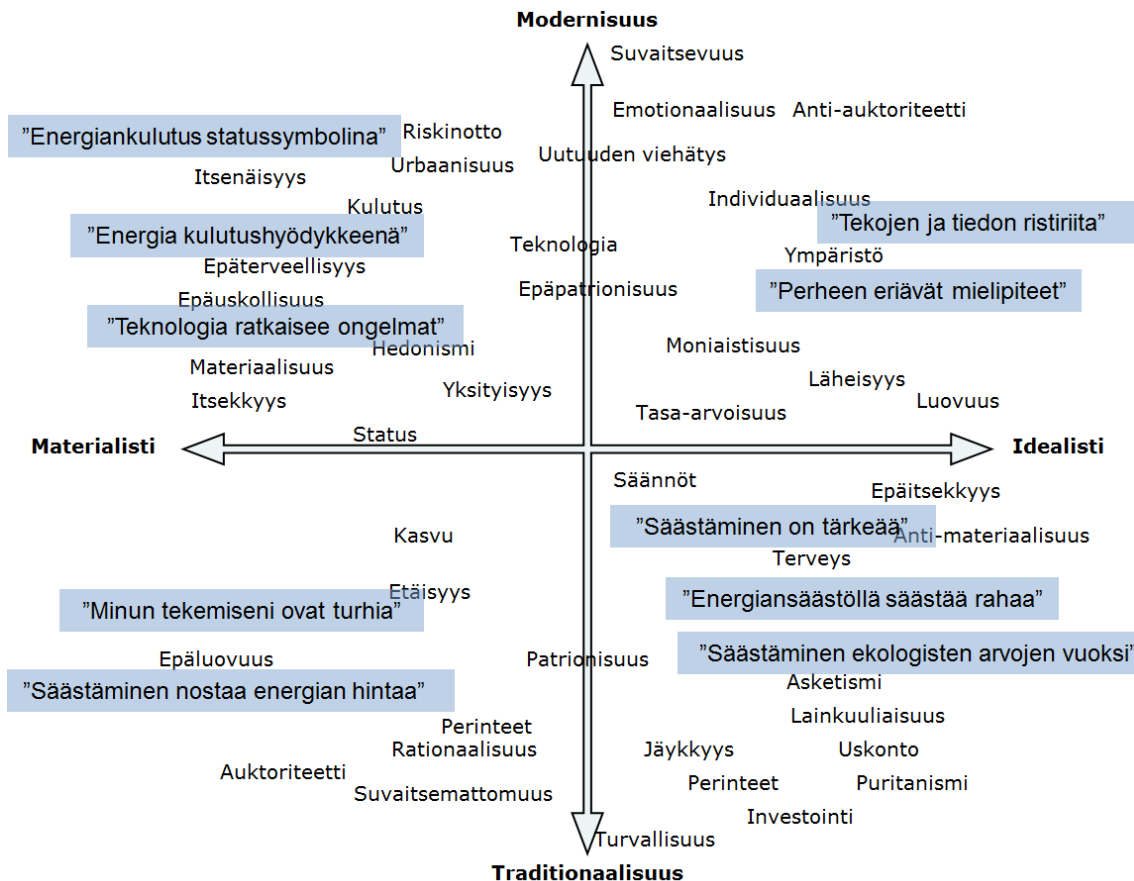
Kulutusluonteita voidaan jakaa useiden eri tekijöiden perusteella eri kategorioihin. Energiankulutukseen liittyvää käyttäytymistä voidaan tarkastella sosiokulttuurisen analyysin avulla, joka tässä näkökulmassa kuvaa hyvin kuluttajien motiiveja. Analyysi havainnollistaa hyvin kuluttajien mieltymyksien vaikutusta asenteisiin ja käyttäytymiseen. Vuonna 2003 Kansainvälinen energiajärjestö (International Energy Agency) teki monikansallisen kuluttajakäyttäytymiseen liittyvän tutkimuksen, jossa kuluttajat segmentoitiin sosiokulttuurisen analyysin avulla. Tutkimuksessa kuluttajien segmentointia etsittiin energiankulutukseen liittyvän käyttäytymisen perusteella. Kuluttajatyyppit lokeroitiin kahdessa eri dimensiossa, jotka riippuivat kuluttajien mieltymyksestä uuteen teknologiaan, riskinotto-kykyyn, spontaanisuuteen sekä urbaaneihin elämäntapoihin kuten traditioihin, uskomuksiin, auktoriteettiin, mukautumiseen ja kunnioitukseen. Ensimmäisen dimension arvoja kuvailtiin modernin ja traditionalisen välillä, kun taas toista dimensiota kuvailtiin materialistin ja idealistin välillä. Kuvasta 5.1 nähdään, että pystysuoran akselin vasemmalla puolella sijaitsee arvoja, kuten talouskasvu, materiaallinen omaisuus, kulutus ja itsekkyyden, kun oikealla puolella ovat henkisyys, luovuus, sisäinen elämä, tiiviit henkilösuhteet, terveys sekä huoli ympäristöstä. (International Energy Agency 2003)

Kulutusluonteet jaoteltiin siis moderniin materialistiin, moderniin idealistiin, traditionaaliseen idealistiin sekä traditionaaliseen materialistiin. Moderni materialisti kuvailtiin luonteeksi, joka ei juuri välitä energiankulutuksen suuruudesta, käytöstavasta eikä kulutuksesta aiheutuvista ympäristöhaitoista. Modernin materialistin henkilökohtaiset tarpeet asettuvat kaiken muun edelle, eivätkä he ota muita huomioon. He kilpailevat vaikutusvallasta ja arvokkuudesta muiden edessä esittelemällä heidän näennäistä statussaan ja omaisuuttaan. Vaikuttaakseen heidän tottumuksiin on ymmärrettävä statuksen ja imagon tärkeys – on siis tuettava heidän laite- ja kulutustarvetta. (International Energy Agency 2003)

Traditionaalinen materialisti kuvailtaan persoonaksi, jolla on heikko ymmärrys energiatehokkuudesta ja päästöjen vaikutuksista. Kun esimerkiksi jokin toimivalta määrää heidät olemaan energiatehokkaampia, he reagoivat negatiivisesti, koska eivät tiedä miksi energiaa pitäisi säästää, eivätkä ymmärrä tuhlauksesta aiheutuvia seuraamuksia. He suhtautuvat teknologiaan varauksellisesti, koska omia rutiininomaisia tottumuksia ei haluta muuttaa. He kuitenkin hyväksyvät tavan ajatella energiansäästöä taloudellisesta näkökulmasta kuitenkin mukavuudesta tinkimättä. Usein traditionaaliset materialistit ovat kiinnostuneita taloudellisesta kasvusta, jolloin energian säästöstä pitäisi löytyä taloutta edistäviä elementtejä. (International Energy Agency 2003)

Moderni idealisti on perehtynyt energia-asioihin ja heillä on korkea ympäristötietoisuus. Sosiaalisesti orientoituneiden modernien idealistien energiatehokkuuteen liittyvä käyttäytyminen ei aina heijastu heidän pätevyYTEensä ja sitoutumisasteeseensa. He reagoivat mainoskampanjoihin positiivisesti, mutta kampanjoilla on vaikea vaikuttaa heidän käyttäytymiseensä, sillä modernin idealistin itsetunto suhtautuu skeptisesti julkiseen toimivaltaan. Heidän ajattelutavassaan energiansäästö nähdään empaattisena ja eettisenä elementtinä, joka lisää hyvinvointia koko yhteiskunnassa. (International Energy Agency 2003)

Traditionaalinen idealisti on taas huolissaan kaikesta julkishallinnon ja median esittämistä ongelmista. He suhtautuvat tunnollisesti julkisen toimivallan asettamaan säännöstelyyn ja ohjeistukseen, sillä he ovat jo hankkineet esimerkiksi energiansäästölamput ja vettä säästävät vesikalusteet. Traditionaaliset idealistit kartoittavat omatoimisesti energiatehokkuuteen liittyvää informaatiota, eikä tätä ryhmää tarvitse erikseen ohjata. Säästöpotentiaali tulee olemaan pieni, koska he ovat jo toteuttaneet energiansäästötoimenpiteet.



Kuva 5.1 Eri kulutusluonteita sosiokulttuurisessa arvokartassa. Kuluttajakohtaisen energiankulutuksen kannalta on tärkeää tehdä tarkempi tarkastelu, jossa alkuperäinen segmentointi jaetaan eri alaryhmiin. Tarkemmassa tarkastelussa huomataan, että segmentin sisällä olevat alaryhmytyypit voivat tarvita erilaisia toimenpiteitä energiatehokkuuden edistämiseksi. (Kuva mukailten: International Energy Agency 2003; Peltonen et al. 2009)

Kulutusluonteiden perusteella kodin energianhallintajärjestelmästä pystytään rakentamaan joustava järjestelmä, joka sopii monelle erityyppiselle kuluttajalle. Oleellista on keskittyä kuluttajanäkökulmaan ja selvittää kuluttajan tarpeet. Esimerkiksi kuluttaja ei hanki puhelinta pelkän laitteen takia vaan täyttääkseen oman tarpeensa. Tässä tapauksessa kuluttajalla on tarve kommunikoida ja puhelin toimii laitteena, jolla kuluttaja saavuttaa tarpeensa.

Kuluttajien segmentointi näiden neljän osa-alueen mukaan kuvaa enemmän kuluttajan aikomuksia kuin toimia kulutuspäätösten suhteen. Kuluttajien tarkempi analysointi on siis tarpeellista, kun tavoitellaan kuluttajalähtöisiä energiansäästökonsepteja. Vuonna 2009 Suomessa tehdyssä tutkimuksessa Peltonen et al. (2009) löysi kymmenen alaryhmää näiden neljän alkuperäisen segmentoinnin rinnalle. Kuvassa 5.1 nähdään alaryhmien sijoittuminen sosiokulttuurisessa arvokartassa.

Moderniin materialistiin liittyy kolme eri alaryhmää, jotka olivat ”Energiankulutus status symbolina”, ”Teknologia ratkaisee ongelmat” sekä ”Energia kulutushyödykkeenä”. Kuluttajat ”Energiankulutus statussymbolina” -ryhmässä käyttävät energiaa kuten

haluavat. He arvostavat sähkölaitteita, eivätkä ymmärrä miksi muut kuluttajat eivät käytä hyväksi tarjolla olevia materialistisia mukavuusmahdollisuuksia. ”Teknologia ratkaisee ongelmat” -ryhmässä ihmiset ajattelevat energian olevan tarpeellista, koska se ratkaisee huolettoman arkielämän. He ajattelevat energian elinehdoksi, eikä ilman sitä pysty selviytymään. He eivät usko energiansäästämiseen, koska uudet energialähteet ja tekniikka ratkaisevat tulevaisuuden ongelmat. ”Energiankulutus statussymbolina” -ryhmän kuluttajat eivät kritisoi omaa energiankäyttöään, sillä he käyttävät energiaa juuri sen verran, mitä jokapäiväinen elämä tarvitsee. Pääsääntöisesti he eivät yritä säästää energiankulutuksessa, mutta he yrittävät välttää tarpeetonta kulutusta. He saavat vaikutteita lapsuusaikaisesta tarpeettomasta energian kulutuksesta ja toisaalta sen säästämistä. Moderni materialisti uskoo teknologian ratkaisevan ongelman. Hän arvostaa helppokäyttöisyyttä, eivätkä energiansäästötoimenpiteet saa vaikeuttaa päivittäisiä rutiineja. Jokaisella toimenpiteellä pitäisi olla myös sosiaalinen näkökulma. Uusilla laitteilla pitäisi siis olla toimintoja, joita voi esitellä myös lähipiirille. (Peltonen et al. 2009)

Traditionaalisin materialisteihin liittyi kaksi alaryhmää, jotka ovat ”Minun tekemiseni ovat turhia” sekä ”Säästäminen nostaa energianhintaa”. Ensimmäisessä alaryhmässä ihmiset eivät ole kiinnostuneita energiasta. He kuitenkin tietävät, että heidän energiankulutuksessaan tehostamisen varaa. He eivät halua muuttaa tapojaan, koska eivät usko yksilön muutoksen aiheuttavan hyötyä yhteiskunnan näkökulmasta. Toisessa alaryhmässä kuluttajat eivät halua säästää energiaa, koska pelkäävät energianhinnan nousua. He eivät ole kiinnostuneita energiankulutuksen säästöstä vaan energiakustannusten säästöstä. He voivat suunnitella toimintonsa yö- ja päivätariffien välille, koska haluavat säästää energiakustannuksissa. Traditionaaliset materialistit todennäköisesti arvostavat ratkaisuja, jotka kohdistuvat totuttuihin rutiineihin ja tapan tehdä asioita kotona. Hekin tarvitsevat helppokäyttöisiä ja yksinkertaisia ratkaisuja, koska he suhtautuvat epäileväisesti uuteen teknologiaan. Traditionaalisille materialisteille olisi oleellista selvittää energiankulutuksen muodostuminen sekä osoittaa säästötoimenpiteiden tarpeellisuus. (Peltonen et al. 2009)

Moderneihin idealisteihin liittyi myös kaksi alaryhmää: ”Tekojen ja tiedon ristiriita” sekä ”Perheen eriävät mielipiteet”. Kuluttajilla, jotka kuuluvat ”Tekojen ja tiedon ristiriita” -ryhmään on hyvä tietämys energia-asioista ja he yrittävät toimia energiaa ja luontoa säästävillä tavoilla. Heidän tekemänsä toiminnot eivät kuitenkaan aina kohtaa tietämystä. He ovat valmiita säästämään energiaa ympäristösyiden vuoksi, mutta heillä ei välttämättä ole aikaa tai asemaa lisäsäästöjen saavuttamiseen. Myös toisella alaryhmällä on korkea näkemys energia-asioista, ja he tunnistavat ongelmakohdat toiminnoissa. Perheen sisäiset mielipiteet voivat aiheuttaa negatiivista säästöpotentiaalin hälvenemistä. Perheen yksi jäsen voi kokea energiansäästön turhauttavaksi, jos toinen jäsen arvostaa enemmän mukavuutta. Moderni idealisti tarvitsee jatkuvaa kulutusinformaatiota, jotta hän muistaisi energiansäästöön liittyvät toimenpiteet jokapäiväisessä elämässä. Reaaliaikainen kulutusinformaatio perustelee myös perheen kaikille jäsenille kulutuksen muodostumisen ja mahdollisen säästöpotentiaalin. (Peltonen et al. 2009)

Traditionaalisista idealisteista löytyi kolme eri alaryhmää: ”Säästäminen on tärkeää”, ”Energiansäästöllä säästää rahaa” sekä ”Säästäminen ekologisten arvojen vuoksi”. Ensimmäisessä alaryhmässä olevat kuluttajat omaavat muutamia energiansäästötoimia. He ovat erittäin kiinnostuneita energia-asioista, ja uskovat energiansäästön olevan tärkeää ilman erityistä syytä. He ovat säästeliäitä kuluttajia myös muista näkökulmista kuin energiatehokkuuden näkökulmasta tarkasteltuna. Toisessa alaryhmässä kuluttajilla on tarkka tietämys omasta energiankulutuksesta, ja he ovat jo tehneet useita energiatehokkuustoimia. Energiansäästön motiivina ovat kuitenkin eri toimenpiteiden aiheuttamat taloudelliset säästöt. He ajattelevat oman talouden kohentuvan energiaa säästämällä. Kolmannen alaryhmän kuluttajat ovat luonteeltaan eko-persoonia tai luonnonsuojelijoita. He ajattelevat, että ihmiset eivät tarvitse kaikkia teknologiakehityksen tuomia uusia laitteita. Heillä on useita ympäristösuojelua edistäviä toimintoja ja ajatuksia. Traditionaaliset idealistit tarvitsevat yhä tarkempaa tietoa energiankulutuksen muodostumisesta. (Peltonen et al. 2009)

5.1.2 Kulutustottumusten ohjaus – palautekeinot

Kulutusluonteen muutokseen ennen kulutuspäätöksen syntymistä voidaan yrittää vaikuttaa hetkellisesti tai pidemmällä aikavälillä eri ohjauskeinojen avulla. Kuluttajia voidaan ohjata tekemään kulutuspäätöksiä suoralla ohjauksella tai epäsuoralla ohjauksella. Suorassa ohjauksessa kulutussäästö on välitön, kun taas epäsuorassa ohjauksessa energiansäästö muodostuu välillisesti pidemmällä aikavälillä. Esimerkiksi valtiiovallan ohjaama säädösohjaus, joka asuinkerrostalojen uudisrakentamisessa perustuu tiukentuviin rakentamismääräyksiin, ja taloudellinen ohjaus, joka perustuu energiatehokkaiden investointien tukitoimintaan, ovat suoraa ohjausta, sillä vaikutukset näkyvät usein välittömästi.

Velvoittavalla säädösohjauksella saadaan aikaan energiatehokas ympäristö, mutta sillä ei voida suoraan vaikuttaa kuluttajan kulutustottumuksiin. Energiatehokkaan ympäristön lisäksi kuluttaja tarvitsee kulutuspalautetta käyttämästään energiasta, eli epäsuoraa ohjausta, jossa energiansäästö muodostuu pidemmällä aikavälillä kulutustottumusten muutoksen seurauksesta. Kulutuspalautteen avulla pystytään lisäämään yksilöiden motivaatiota, jolloin kulutuskäyttäytyminen vahvistuu. Palaute on työkalu erityisesti passiivisille kuluttajille, joita on motivoitu pakonomaisesti palkitsemalla tai painostamalla. Palautteen antaminen on vain osa oppimisprosessia, jossa kuluttaja käsittelee informaatiovirtaa. Lopuksi kuluttaja tekee palautteeseen perustuvan intuitiivisen päätöksen, joka usein johtaa positiiviseen kulutuskäyttäytymisen kehittymiseen. (Jackson 2005; Ellis et al. 1978)

Kulutuspalautekeinot voidaan jaotella suoraan palautteeseen, epäsuoraan palautteeseen sekä muuhun palautteeseen. Suorassa palautteessa kulutusinformaatio esitetään kuluttajalle reaaliaikaisesti, jolloin kuluttaja pystyy heti vaikuttamaan kulutukseen. Suoraa palautetta voidaan esittää esimerkiksi huoneistonäytöllä tai web-pohjaisella asukasportaalilla. Epäsuorassa palautteessa kulutuspalautetta on jo käsitelty ennen sen esittämistä kuluttajalle. Tämänlaista palautetta annetaan esimerkiksi informatiivisen laskutuksen yhteydessä tai energiaraporttien välityksellä tietyin määräajoin. Epäsuoralla ku-

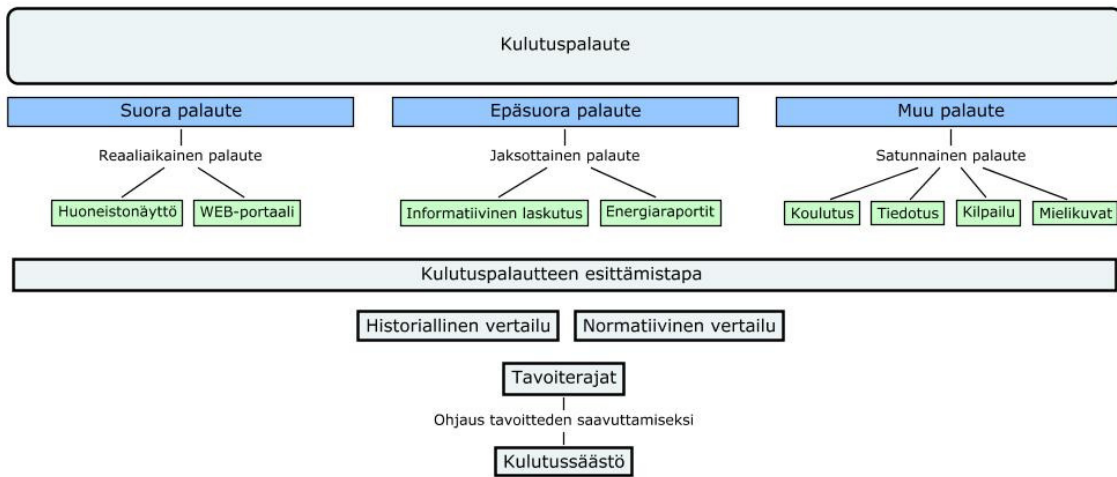
lutuspalautteella pystytään helpommin osoittamaan muutokset esimerkiksi tilälämmityksessä sekä energiatehokkaiden investointien aiheuttamissa energiankulutuksen muutoksissa. Muuta kulutuspalautetta voidaan antaa eri tiedotustilaisuuksissa tai osoittaa esimerkiksi sisäisen kilpailun ja energia-auditoinnin avulla. (Fraqui et al. 2009; Darby 2006; Cook et al. 2004)

Kaikki palautekeinot ovat tarpeellisia ja niitä on käytettävä oikeassa ajankohdassa oikeassa muodossa. Suorassa palautteessa on oleellista esittää kulutusinformaatio sellaisessa muodossa, että kuluttaja pystyy sen ymmärtämään. Ihmiset eivät välttämättä ymmärrä kulutuksen määrää, jos se esitetään tieteellisillä yksiköillä. Tieteellisten yksiköiden sijaan kuluttajille pitäisi esittää mieluummin rahallisia yksiköitä. Jos energiansäästön päätavoite on säästää kustannuksissa, silloin kulutus pitäisi esittää myös rahallisessa muodossa, jotta tavoitteen seuraaminen on mahdollista. Kustannusten esittämisellä ei välttämättä ole suurta vaikutusta, jos päiväkulutus on jo pientä ja sen jaottamien eri ajankohdille on vaikeaa. Kustannussäästön merkitys korostuu entisestään, mikäli energian hinta perustuu dynaamiseen hinnoitteluun. Tällöin on oleellista ilmoittaa hinta eri ajankohtina. (Bonino 2011; Karjalainen 2010)

Energiankulutus voidaan ilmaista myös ympäristövaikutuksina. Kuluttajalle voidaan esittää oman energiankulutuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt. Ihmiset eivät kuitenkaan ole tottuneet käsittelemään energiankulutusta ympäristövaikutuksina, joten päästöihin perustuvan informaation esittämiseen tarvitaan suhteellinen vertailupohja ymmärtämisen helpottamiseksi. (Karjalainen 2010)

Pelkkä kulutuspalaute ei ole kovinkaan tehokas keino vaikuttaa kulutustottumuksiin. Kuluttaja tarvitsee vertailuarvoja, johon palautetta voidaan verrata. Vertailupohja toimii usein yhtenä motivaatiotekijänä kulutustapamuutoksessa. Historiatietoon perustuvassa vertailussa kuluttaja vertaa omia kulutuslukemiaan toteutuneeseen kulutukseen. Historiatiedon vertailupohjana ovat usein juuri kuluttajan omat kulutustiedot. Omasta historiatiedosta kuluttaja ei kuitenkaan pysty päättelemään oman energiatehokkuustason lähtötilannetta. Normatiivisessa vertailussa kuluttajat vertailevat keskenään kulutuslukemia, jolloin kuluttajat pystyvät erottamaan eri lähtötilanteet. Riskinä nähdään, että jo entuudestaan energiaa säästävästi käyttävät kuluttajat huomaavat olevansa keskiarvoa edellä, eikä vertailu aiheuta säästöpotentiaalia tässä ryhmässä. (Karjalainen 2010; Poor-tinga 2003)

Pitkällä tähtäimellä vertailu omaan tai muiden kuluttajien kulutukseen ei sellaisenaan motivoi kuluttajaa muuttamaan toimintatapoja. Oleellista on asettaa realistiset kulutustavoitteet. Tavoitteen ei tulisi olla liian alhainen, sillä se ei motivoi kulutussäästöön, mutta ei myöskään liian korkea. Tavoiterajat tulisi määrittää kuluttajakohtaisesti. Tavoitteiden saavuttamiseen avuksi tulisi tarjota myös ohjausta ja neuvontaa.



Kuva 5.2 Kulutuspalautetta voidaan antaa monilla eri muodoilla. Palaute voi olla myös vertailevaa ja siihen voidaan asettaa tavoiterajoja. Tehokkaan kulutuspalautteen avulla pyritään vaikuttamaan kuluttajan käyttäytymiseen, jolloin energiaa säästyy.

Kulutuspalautekeinoja on tutkittu useissa eri tutkimuksissa ja pääasiassa tulokset ovat olleet positiivisia. Vuonna 2006 Darby selvitti eri palautekeinojen vaikutuksia energiankulutukseen vertailemalla aiheesta tehtyjä tutkimuksia. Kirjallisuustutkimuksesta selviää, että suorilla palaute menetelmillä sähkönkulutus vähenee 5-15 % kun taas epäsuoralla palautteella kulutus vähenee 0-10 %. Tutkimukset osoittivat, että selkeä kulutuspalautte on välttämätöntä energiankulutuksen ymmärtämiseksi sekä lyhyellä että pitkällä tähtäimellä. Myös Faruqui et al. (2009) osoitti, että huoneistonäytöllä, joka tarjoaa suoraa kulutuspalautetta voidaan saavuttaa 7 % energiansäästön. Mikäli kulutuspalautteeseen on yhdistetty dynaaminen hinnoittelu, niin energiansäästö voi ulottua jopa 14 %:iin.

5.2 Energiatehokas kulutuspäätös

Kuluttajakohtaisten kulutusluonteiden selvittämisen lisäksi oleellista on myös tunnistaa energian tarpeeton käyttö. Kuluttajilla on luonteenpiirteistä johtuen erilaisia tarpeita, eikä energian tarpeeton käyttö ole aina yksiselitteistä. Esimerkiksi yksi kuluttaja pitää mielekkäänä 95 asteen saunan lämpötilaa, kun toiselle 80 astetta on riittävä. Korkeammasta lämpötilasta pitävä kuluttaja ei kuitenkaan omasta mielestään hukkaa energiaa. Tämänlaisella ajattelulla sellainen energiankäyttö, joka tuottaa arvoa kuluttajan näkökulmasta ei voida suoraan luokitella energian tarpeettomaksi kulutukseksi – tuhlaukseksi.

Kulutustottumusten ohjauksen ei tulisi olla määräävää tai pakottavaa vaan sen pitäisi tukea ihmisten erilaisia tarpeita. Tarkoituksena on ohjata kuluttajaa tekemään energiatehokkaampia kulutuspäätöksiä rikkomatta kuluttajan yksilöllistä arvokenttää. Mikäli ihmisten arvokenttää muokataan, ei energiansäästöä usein saavuteta.

5.2.1 Arvon muodostuminen

Arvo käsitteenä on muodostunut kansantaloustieteistä. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi vastaavan hyödyn, palvelun tai rahan saamista vaihtokaupan seurauksena. Hyötyä, palvelua ja rahaa on helppo mitata yksinkertaisten indikaattorien avulla. Näitä arvoja usein kutsutaan koviksi arvoiksi. Arvo voi olla myös relatiivista hyötyä, eli pehmeä arvo, jota ei voida suoraan mitata. Relatiivista hyötyä voidaan kuvata emotionaalisilla elementeillä kuten palvelun tärkeydellä tai sen hyödyllisyydellä. Pehmeiden arvojen indikaattoreille tulisi asettaa painoarvoja esimerkiksi sen tärkeydestä riippuen.

Energiankäytön kannalta arvon muodostumista pitää tarkastella ainoastaan kuluttajan näkökulmasta. Esimerkiksi kuluttaja pitää kahvista, jolloin kuluttaja on valmis maksamaan sähköenergiasta saadakseen kahvin valmistettua. Kahvin nauttimiseen voidaan liittää kovia arvoja: sähköenergian kustannus tai toimituksen laatu. Kuluttaja voi harkita kahvin keittämisen ajankohtaa, mikäli energiakustannus on juuri sillä hetkellä korkea tai energiantoimitus on epävakaa. Todennäköisesti kahvin nauttiminen sisältää enemmän pehmeitä kuin kovia arvoja, koska kyseessä on osittain emotionaalinen toiminto. Kuluttaja muodostaa itse painoarvon kahvin nauttimiselle indikointia varten. Mikäli hän pitää erityisen tärkeänä kahvin nauttimista, hän valmistaa sen energiakustannuksista riippumatta ja valmistaa sen silloin, kun kokee sen tarpeelliseksi.

Ongelmaksi voi muodostua kuluttajan tarpeiden määrittäminen. Usein kuluttaja ei ole itsekään tietoinen omista tarpeistaan, eikä ymmärrä tarpeen merkitystä (Liker 2004). Tällöin kuluttajaa on opastettava valinnan tekemisessä. Kuluttaja voi esimerkiksi työskennellä pöytätietokoneella vaikka saman työn voisi tehdä yhtä tehokkaasti vieressä olevalla kannettavalla tietokoneella. Toiminnoista riippuen molemmilla vaihtoehdoilla voi olla täysin sama arvo kuluttajan näkökulmasta, mutta energiankulutuksen kannalta pöytätietokoneen kulutus voi olla kaksinkertainen kannettavaan tietokoneeseen verrattuna.

5.2.2 Hukan eliminointi

Liiketoiminnassa hukalla tarkoitetaan sellaista työtä tai toimintoa, joka ei tuota arvoa asiakkaan näkökulmasta. Hukan eliminoinnissa on tarkoitus erottaa toiminnot, jotka tuottavat lisäarvoa tai vähentävät sitä. Arvoa tuottamattomat toiminnot jakautuvat liiketoiminnassa kahteen osaan: arvoa tuottamaton, mutta välttämätön sekä arvoa tuottamaton toiminto. Oleellista on erottaa näiden kahden arvoa tuottamattomien toimintojen eroavaisuus. Arvoa tuottamaton, mutta välttämättömien toimintojen eliminointi aiheuttaa ongelmia perustoimintojen tekemisen laadussa ja muuntojoustavuudessa. Ainoastaan täysin lisäarvoa tuottamattomat toiminnot on eliminointi kokonaan. (Liker 2004)

Vastaavaa hukan määritelmää voidaan soveltaa energian käytössä. Energian tuhlaus, eli sellainen energian käyttö, joka ei luo kuluttajalle lisäarvoa, on hukkaa. Vastaavasti energiankulutus voi olla kuluttajalle arvoa tuottamatonta, mutta välttämätöntä. Esimerkiksi energian siirtäminen ei tuota lisäarvoa kuluttajan näkökulmasta, mutta se on välttämätön toiminto energian toimittamiseksi kuluttajalle. Vastaavasti kulutuksen mittaus

ei suoraan tuota lisäarvoa kuluttajan näkökulmasta, mutta mikäli kuluttaja haluaa muuttaa kulutustottumuksia, ja säästää energiakustannuksissa, niin kulutuksen ymmärtämistä voidaan pitää tapojen muuttamisen edellytyksenä.

Lisäarvoa täysin tuottamattomia toimintoja voidaan kutsua energiaa tuhlaaviksi toimintoiksi. Kotitalouden laitteiden ja koneiden kannalta lisäarvoa tuottamattomat toiminnot on helppo ymmärtää. Esimerkiksi rikkoutuneet tai huonosti huolletut kodinkoneet voivat kuluttaa energiaa normaalia enemmän kuluttajan tiedostamatta. Kuluttajan kannalta täysin lisäarvoa tuottamaton toiminto on vaikeampi osoittaa. Toinen kuluttaja voi kokea viiden minuutin suihkun riittäväksi, kun taas toinen arvostaa 15 minuutin suihkua. Tällöin ei voida suoraan ajatella pidemmästä suihkusta nauttivan kuluttajan hukkaavan energiaa. Toisaalta kuluttaja voi esimerkiksi hampaita harjatessaan juoksuttaa samalla vettä, jolloin tämä voidaan ajatella tuhlaukseksi, koska se ei tuota hampaiden pesun kannalta lisäarvoa.

6 ENERGIANKULUTUKSEN HALLINTA ASUKASPORTAALIN AVULLA

Tämä tutkimus liittyy laajempaan Cleen Oy:n (Cluster for Energy and Environment) Älykkäät sähköverkot ja energiamarkkinat -tutkimusohjelmaan (Developing smart grids and energy markets). Cleen Oy on ympäristöalan yritysten sekä tutkimuslaitosten vuonna 2008 yhdessä perustama Strategisen huippuosaamisen keskittymä (SHOK). Cleen Oy:n tehtävänä on koota suomalaisista energia- ja ympäristöalan huippuosaamista entistä kilpailukykyisemmäksi kokonaisuudeksi. Tähän toimintaa kytkeytyy myös kansainvälisiä yrityksiä, jotka harjoittavat Suomessa huomattavaa energia- ja ympäristöalan kehitystoimintaa.

Tutkimusohjelmaan kuuluu kaksi demonstraatiota. Helsingin Kalasatamaan liittyvässä demonstraatioissa integroidaan paikallisia sekä kiinteistökohtaisia energiaratkaisuja ja niiden hallintaan liittyviä toimintoja osaksi laajempaa yhteisjärjestelmää. Toinen demonstraatio energiatehokkaasta kaupunkiasumisesta on toteutettu Espoon Mäkkylässä sijaitsevassa As. Oy Espoon Adjutantissa. Kestävän kaupunkiasumisen demonstraatioissa on etsitty matala- ja nollaenergiaratkaisuja tulevaisuuden kaupunkiasumiseen. Tavoitteena oli minimoida asuinkerrostalon nettoenergiankulutus erilaisten energiatehokkuusratkaisujen avulla.

Adjutantissa on toteutettu kestävän kehityksen mukaisia elementtejä monesta eri näkökulmasta. Asuinrakennuksen sijainnissa on otettu huomioon palveluiden ja kulkuyhteyksien läheisyys ja helppous. Osa kiinteistöenergiankulutuksesta katetaan oman hajautetun tuotannon – aurinkopaneelien avulla. Rakennuksen eri osat on toteutettu energiatehokkaasti esimerkiksi lämpöhäviötä on pyritty estämään hyvällä tiiviystasolla, ilmanvaihtojärjestelmän on varustettu korkealla vuosihyötysuhteella omaavalla lämmöntalteenottojärjestelmällä sekä ulkovalaistuksen järjestämisessä on käytetty energiaa säästäviä led-valaisimia. Rakennuksen hissi ottaa talteen jarrutuksesta syntyvää energiaa ja palauttaa sen sähköverkkoon. Demonstraation yhteistyökumppanit ovat myös tarjonneet vuodeksi asukkaiden käyttöön sähköauton, jonka lataamisessa voidaan hyödyntää aurinkosähköä. Asumisen energiatehokkuutta yritetään parantaa energian seuranta- ja hallintapalvelulla, jonka avulla asukkaat pääsevät tutustumaan oman energiankulutuksen muodostumiseen.

6.1 Pilotointiympäristö

As. Oy Adjutanti on keväällä vuonna 2012 valmistunut kahdeksankerroksinen asuinkerrostalo, jossa on 42 huoneistoa ja kaikkiaan 74 asukasta. Adjutantissa on erikokoisia

huoneistoja kaksioista neljän huoneen huoneistoihin. Kuudessa ensimmäisessä kerroksessa asuntoja on pääsääntöisesti kuusi kerrosta kohden, kun taas kahdessa ylimmässä kerroksessa on neljä asuntoa kerrosta kohden. Porrashuone on varustettu yhdellä hissillä. Rakennuksen yleistilat sijaitsevat rakennuksen ensimmäisessä maantasokerroksessa sekä kahdessa kellarikerroksessa. Pysäköintipaikat sijaitsevat erillisessä pysäköintiyhtiössä.

Tutkimuksen pilotointiympäristö muodostuu kuudesta erilaisesta huoneistosta. Huoneistojen koot vaihtelevat taulukon 6.1 mukaan. Jokaisessa huoneistossa on keittiö, olohuone, pesuhuone, sauna, vähintään yksi makuuhuone ja lasitettu parveke. Suuremmissa huoneistoissa voi olla useampia makuuhuoneita, erillinen vaatehuone sekä wc. Huoneistot sijaitsevat eri kerroksissa ja ilmansuunnissa, jolloin huoneistoilla on erilaiset lämmitystarpeet. Huoneiston asukasprofiileja ei tunnettu huoneistojen valintahetkellä. Huoneistot valittiin asukkaiden tutkimukseen kohdistuvan osallistumishalukkuuden perusteella. Yksityisyyden suojaamiseksi huoneistoista käytetään ”Mallihuoneisto” -nimityksiä.

Taulukko 6.1 Mallihuoneistojen ominaisuuksia.

		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Nettoala	m ²	60,3	88,5	65,3	88,2	60,3	121,2
Ilmatilavuus	m ³	186,9	238,95	176,31	238,14	162,81	327,24
Suuntaus		SE-SW	SW-NW	NW	NW-NE	SE-SW	SW-NW
Henkilömäärä	hlö	1	2	2	2	1	4

Mallihuoneistojen huoneistoenergianmittaukseen kuuluu huoneiston sisäinen sähkö- ja lämmitysenergia. Muu energiankulutus kuten yleistilojen lämmityksen, valaistuksen, laitteiden sekä talotekniikan kulutus kuuluu yhtiön kiinteistöenergianmittaukseen. Huoneisto- ja kiinteistöenergian mittauspisteiden rajapinta jakautuu aikaisemmin esitettyjen kuvien 3.6 ja 3.7 mukaan lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta. Lämmitysenergian osalta huoneisto- ja kiinteistöenergian mittauksen rajapinta ei ole yksiselitteinen. Ensimmäisen kerroksen huoneistojen pesuhuoneissa ja erillisissä wc-tiloissa on sähköinen mukavuuslattialämmitys, jonka käyttämä sähköenergia liittyy kiinteistöenergianmittaukseen. Vastaavasti kahdeksannen kerroksen erillisen wc-tilan mukavuuslattialämmitys kuuluu kiinteistösähköenergiaan. Muissa pesutiloissa on vesikiertoinen mukavuuslattialämmitys, joka myös kuuluu kiinteistöenergian mittaukseen. Myös ilmanvaihdon energiankulutus sekä lämmityksen että sähkön osalta kuuluu kiinteistöenergianmittaukseen. Muutoin tilalämmitysenergia mitataan huoneistokohtaisesti.

Kaikilla Adjutantien asukkailla on ollut käytävissä seuranta- ja hallintajärjestelmän ensimmäinen versio rakennuksen valmistumishetkestä lähtien. Energian seuranta- ja hallintajärjestelmän käyttö on ollut maksutonta ensimmäisen käyttövuoden aikana. Alkuvuodesta 2013 web-portaaliin tehtiin rinnakkaisversio, joka otettiin käyttöön pilotointiympäristöön kuuluvissa huoneistoissa. Uusien toimintojen avulla huoneistojen asukkaat saivat mahdollisuuden seurata kulutuksen kertymistä asetettuun tavoitetasoon näh-

den sekä kulutuspistekohtaista kulutusta. Käyttöön otettiin myös parannettuja helppo-käyttötoimintoja ja uusia kulutuspalautemuotoja.

6.1.1 Järjestelmäkuvaus

Web-palvelusivuston asukasportaalin energiaseuranta jakautuu kahteen eri osaan: huoneiston kulutusseurantaan sekä kiinteistön kulutusseurantaan. Portaalin aloitussivulla asukas näkee lähes reaaliaikaisen huoneistokulutuksen sähkön, lämmityksen ja veden osalta. Huoneiston sähkö- ja lämpöenergiamittarit sekä vedenkulutusmittari perustuvat 1-2 minuutin välein huoneistosta tehtyihin mittauksiin. Kulutus on esitetty nopeusmittareiden avulla, jossa mittareiden värit osoittavat hetkellisen kulutuksen tason. Mikäli viisari on punaisella alueella, kulutus on asetettuun raja-arvoon nähden suurempaa. Mittareiden kalibrointi on tehty kokeilumenetelmällä, jossa esimerkiksi sähkönkulutus ajautuu mittariston punaiselle alueelle, mikäli huoneiston kiuas on päällä. Hetkellinen vedenkulutus on myös punaisella alueella, mikäli huoneiston kaikki vesihanat ovat yhtä aikaa käytössä. Nopeusmittareissa kulutus esitetään tehomuodossa, virtaamana tai suoraan kulutuslukemana. Mittariston alapuolella on myös esitetty vuorokausikulutus ja keskimääräinen kulutus.

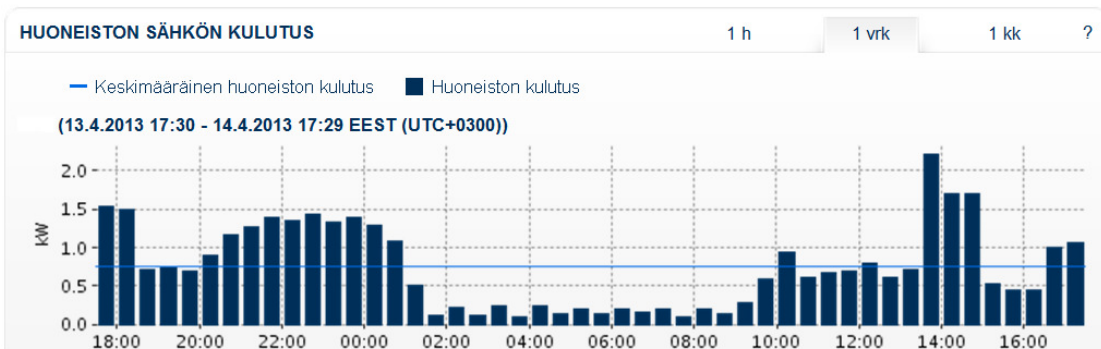
Huoneiston kulutus



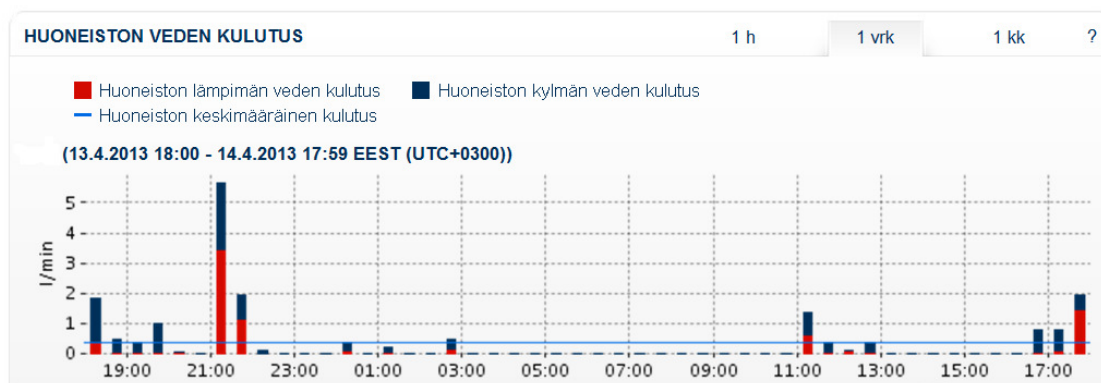
Kuva 6.1 Nopeusmittarit kertovat hetkellisen kulutuksen. Nopeusmittarit esitetään sekä huoneistonäytössä että web-sivuston asukasportaalissa.

Eri energiamuotojen kulutuksen kertymistä voidaan seurata eri ajanjaksoilla. Kulutuksen kertymistä voidaan seurata tunti-, vuorokausi- ja kuukausikulutuksen tarkkuudella. Kulutusta voidaan seurata myös kumulatiivisen kertymänä. Kolmen eri aikajakson diagrammeja voidaan halutessaan valitulla ajankohdalla. Tarkennusta voidaan tehdä aina minuuttitaso kulutusseurannaksi. Kulutusinformaatio tallentuu järjestelmään, joten esimerkiksi vuodentakaisia historiatietoja pystytään edelleen tarkastelemaan.

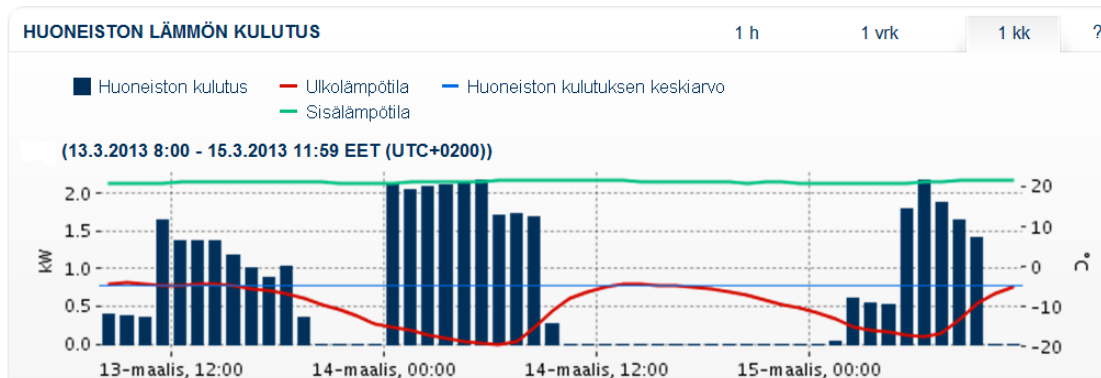
Huoneiston sähkön kulutus



Huoneiston veden kulutus



Huoneiston lämmön kulutus



Kuva 6.2 Sähkö- ja lämpöenergiakulutusta sekä käyttövedenkulutusta voidaan seurata eri aikajaksolla sekä hetkellisenä että kumulatiivisena.

Huoneistosähkön mittarilla mitataan huoneistolaitteiden kokonaiskulutusta. Kodin sähkölaitteisiin lasketaan kotitalouslaitteet, viihde-elektroniikkalaitteet ja valaistus. Vedenkulutuksen mittauksessa mitataan sekä lämpimän että kylmän veden määrää. Huoneistovedenkulutus muodostuu ruoanlaitto-, pesu-, kylpy- ja siivousvedestä. Lämpöenergiakulutusmittari mittaa huoneiston radiaattoreiden luovuttamaa lämpöenergiaa. Lämpöenergiamittari mittaa huoneiston sisälle tulevaa lämpöenergiaa virtaaman sekä meno- ja paluuvien lämpötilaeron avulla.

Asukasportaalista voidaan seurata myös kiinteistöenergiankulutusta kokonaiskulutustasolla. Kulutusseurantaa voidaan vastaavasti tehdä tunti-, vuorokausi- tai kuukausitason tarkkuudella. Diagrammia voidaan myös suurentaa siten, että nähdään minuuttitasoisen kulutustiedot. Kiinteistöenergiamittarit mittaavat vain kiinteistöenergian osuutta, sillä siinä ei ole huomioitu esimerkiksi huoneistojen sähkönkulutusta. Taloyhtiön mittaristossa voidaan tarkastella erikoiskulutuksia hissien ja sähköauton osalta. Myös aurinkopaneelien energiantuottoa pystytään seuraamaan.

Energian seurantajärjestelmään liittyy myös hallintapalveluita, joita asukas voi tehdä esimerkiksi poistuessaan kodista. Asukas voi kytkeä huoneistossa sijaitsevasta katkaisimesta kodin poissaolo-tilaan, jolloin valaistusryhmät ja muut ohjattavat kulutusryhmät ohjautuvat pois päältä sekä huonetermostaatit laskevat huoneiden lämpötilaa asukkaan asettamasta asetusravosta kaksi astetta. Poissaolotilan voi asettaa myös lyhytaikaiseksi nopealla painalluksella, jolloin kulutusryhmät ohjautuvat pois päältä, mutta huonelämpötila ei laske. Huonetermostaateja ohjataan myös paikallisesti yöaikana (22.00-4.00), jolloin lämpötila laskee automaattisesti yhden asteen asetetusta asetusravosta. Huonetermostaateista asukas voi asettaa huonelämpötilan 20 asteen 24 asteen välille.

Adjutanttien jokaisessa huoneistossa on kiinteä, seinälle asennettu 4,3 tuuman kosketusnäyttö, jonka avulla voidaan seurata energiankulutusta. Huoneistonäytössä esitetty informaatio poikkeaa web-portaalin informaatiosta. Näytöstä voidaan seurata sähkön-, lämmön- ja vedenkulutusta hetkellisesti sekä tuntitarkkuudella viimeisen vuorokauden ajalta. Huoneistonäytössä näkyy myös viimeisen seitsemän vuorokauden keskikulutus. Muuta historiatietoa sekä kiinteistöenergiankulutusta huoneistonäytöstä ei voitu tarkastella.



Kuva 6.3 Huoneiston seinälle asennettu huoneistonäyttö. Huoneistonäytöstä nähdään vain reaaliaikainen nopeusmittareilla kuvattu kulutus (vasen kuva) sekä diagrammeina viimeisen seitsemän vuorokauden kulutus (oikea kuva). Oikeanpuoleisessa kuvassa nähdään yksityiskohtaisempi kulutus. (Kuva vasemmalla: Skanska; kuva oikealla: Vesa Pietilä)

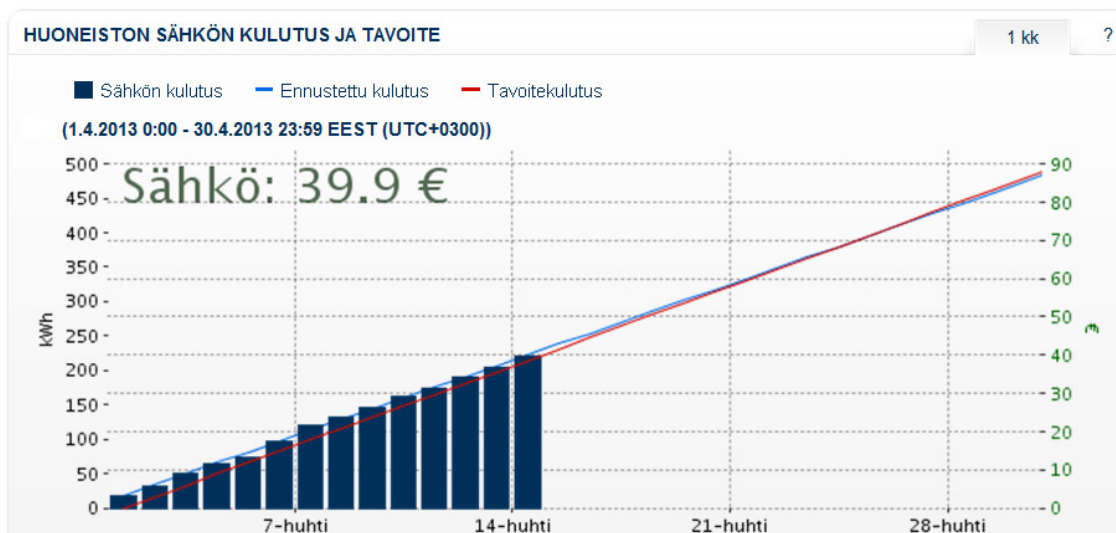
6.1.2 Rinnakkaisversio

Asukkaiden käytössä olevaan web-portaaliin lisättiin uusia toimintoja tutkimuksen toisessa vaiheessa. Laajennetun palvelun avulla asukkaalla on käytössään yhä tarkempaa

tietoa kulutuksen muodostumisesta. Uusien toimintojen suunnittelussa on käytetty asukashaastattelussa ilmenneitä puutteita ja toivomuksia, joita tiedusteltiin haastatteluiden ensimmäisessä vaiheessa. Asukashaastatteluiden tuloksia on listattu kappaleen 6.5 alussa.

Asukasportaaliin lisättiin asetetun tavoitteen seurantamahdollisuus. Tavoitetta oli mahdollisuus seurata ainoastaan kuukausitasolla kumulatiivisena käyränä. Tavoiteura näkyy alla olevassa kuvassa punaisena viivana. Sininen viiva ennustaa tavoiteurassa pysymistä toteutuneen kulutuksen perusteella. Tavoitteen asettamista käsitellään tarkemmin kappaleessa 6.4.1.

Tavoiteseuranta

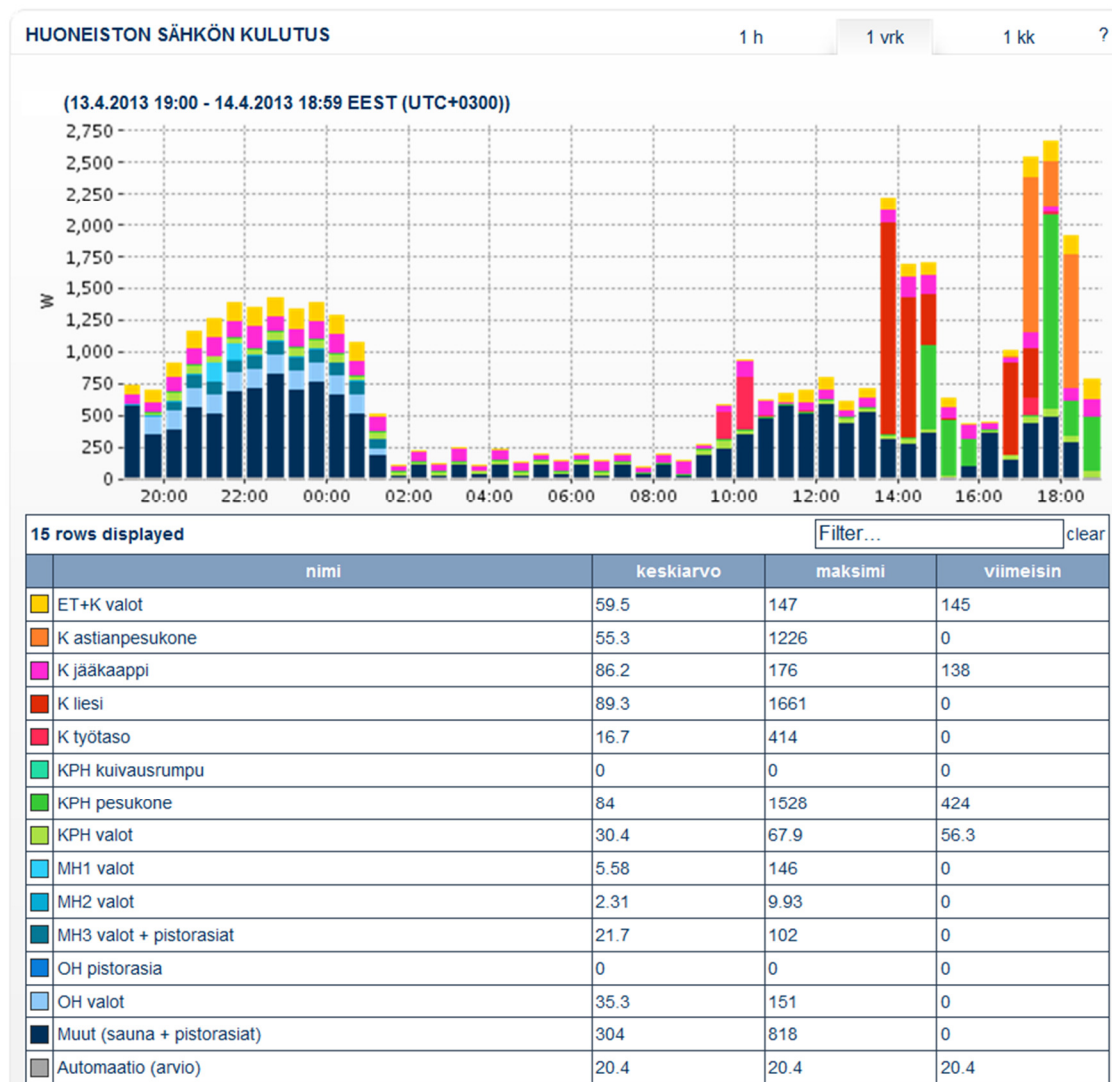


Kuva 6.4 Tavoiteseurannan ulkoasu web-sivuston asukasportaaliissa.

Asukasportaaliin lisättiin myös mahdollisuus seurata sähkönkulutusta kulutuspistekohdaisesti. Kulutus pisteet on jaoteltu kuvan 6.5 mukaisesti. Huoneiston kaikki pistorasiat eivät ole kytkettyinä alamittauspisteisiin. Esimerkiksi olohuoneen mittauspiste sisältää vain yhden olohuoneen pistorasioista. Muut olohuoneen pistorasiat kuitenkin kuuluvat mittauspisteeseen "Muut". Tekninen toteutus on ollut riippuvainen esimerkiksi kulutus-pisteohjauksen halutusta vaikutusalueesta. Olohuoneen mitattava pistorasia on kytketty poissaolokytkimen vaikutusalueeseen, jolloin siitä saadaan erillinen mittaus-tieto. Muita rasioita ei kytketty, koska asukkaalla voi olla laitteita, joita hän ei halua kytkeä pois päältä poissaolokytkimellä.

Yksityiskohtainen kulutus esitetään kuvan 6.5 mukaisessa diagrammissa. Kulutusta voidaan tarkentaa kuukausitasosta minuuttitaso seurataan saakka. Diagrammiin voidaan halutessa valita vain tietyt kulutus-pisteet, mikä helpottaa esimerkiksi eri pisteiden kulutusvertailua.

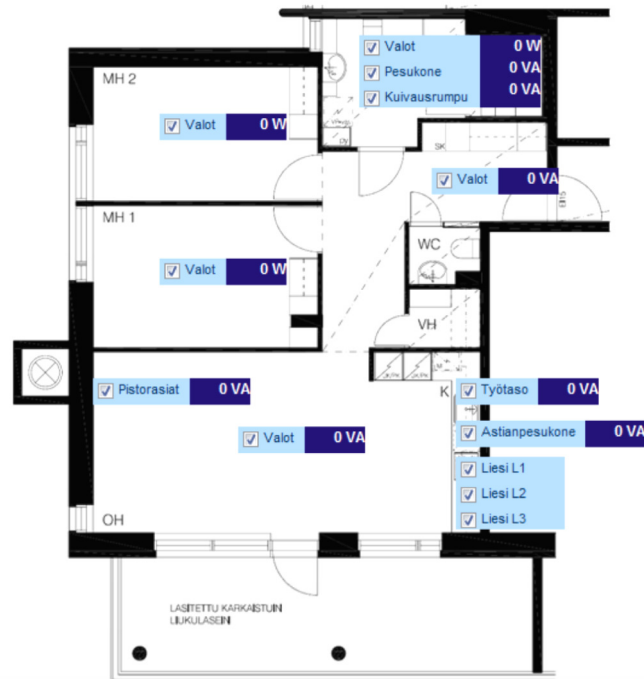
Sähkön yksityiskohtainen kulutus



Kuva 6.5 Sähkön kulutuspistekohtaisen seurannan ulkoasu. Yksittäisiä kulutuspisteitä voidaan valita kuvasta, jolloin diagrammi esittää vain valittujen pisteiden tiedot.

Asukasportaalin ohjauspaneelitaustalle tuotiin huoneiston pohjakuva, johon sijoitettiin eri seuranta- ja aktivointi-ikonit. Aktivointi-ikoneista asukas voi hallita eri pisteiden tilaa: kytkeä niitä pois päältä tai päälle. Eri pisteitä on enintään 14 kappaletta. Ohjauspaneelin avulla asukas voi hallita pisteiden tilaa myös etäyhteyden avulla. Asukkaalla on mahdollisuus ohjata myös poissaolokytken tilaa ohjauspaneelista.

Asunnon ohjauspaneeli



Kuva 6.6 Esimerkki asunnon ohjauspaneelin ulkoasusta, jossa seuranta- ja aktivointi-ikonit on sijoitettu paikoilleen.

Laajennetussa palvelussa otettiin käyttöön huoneistoautomaation mittaukseen liittyvä hälytys. Hälytys luotiin vedenkulutuksen seurantaan varten, joka hälyttää kuluttajaa automaattisesti, mikäli asetetusta raja-arvosta poiketaan. Mikäli vedenkulutus on jatkuvaa kolmen tunnin ajan, ilmoitetaan siitä tekstiviestillä sekä sähköpostilla kuluttajalle. Vedenkulutus katsotaan jatkuvaksi, mikäli tämän kolmen tunnin jokaisen kymmenen minuutin jakson aikana vettä on kulutettu.

Asukasportaalissa esitetään myös sähkön laatutietoa jännitteen ja taajuuden osalta. Jännitteen vaihtelua esitetään kolmessa eri vaiheessa. Tehokertoimen avulla voidaan arvioida sähkökuorman tyyppiä. Tämä palvelu on tarkoitettu lähinnä energiayhtiön tarpeisiin, mutta se on myös asukkaiden käytettävissä.

6.2 Kokonaisenergiakulutus

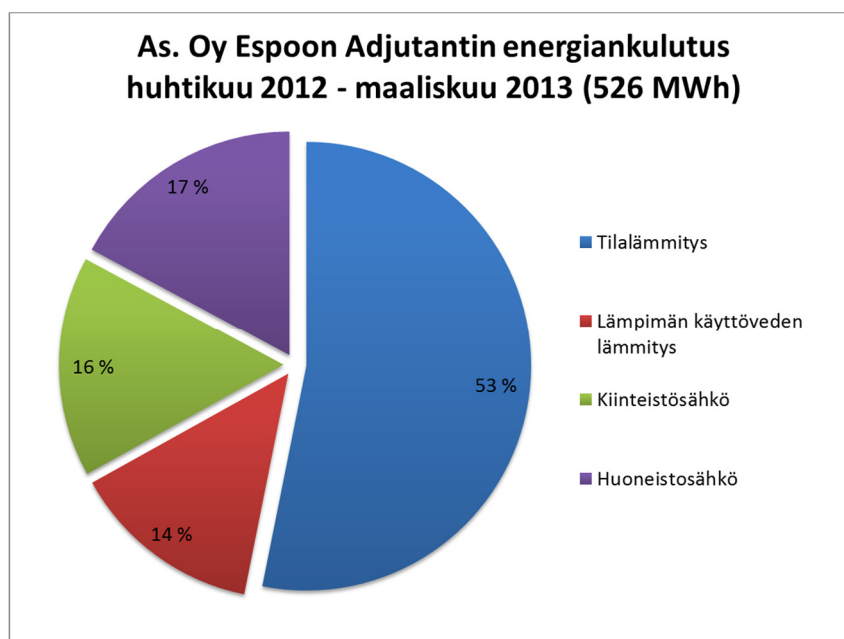
Kokonaisenergiatarkastelussa tutkitaan rakennuksen laskennallista ja toteutunutta energiankulutusta käyttöönotosta lähtien. Laskennallista energiankulutusta tarkastellaan kahden eri laskentajärjestelmän avulla. Adjutantin rakennuslupamenettelyn yhteydessä tehty energiaselvitys laadittiin vuoden 2010 määräyksillä ET-lukulaskennan mukaan. Tärkeää on myös nähdä, minkä energialuokan Adjutantti saa uudessa E-luvun mukaisessa laskentajärjestelmässä. ET-luvun mukaista energialaskentaa tarkasteltiin DOF-Energia -ohjelmistolla. E-lukulaskentaa varten Adjutantista rakennettiin energiamalli

IDA Indoor Climate and Energy -ohjelmistolla. Tätä mallia hyödynnettiin myös huoneisto-kohtaisessa tarkastelussa.

Adjutantin laskennalliseksi vuotuiseksi energiankulutukseksi saatiin 88 kWh/brm², joka ET-luvun mukaisessa luokka-asteikossa vastaa A-luokkaa. ET-lukulaskennassa Adjutantin laskennallinen energiankulutus sijaintipaikkakunnalla oli 79 kWh/brm². Uuden E-lukulaskentatavan perusteella Adjutantin vuotuinen energiankulutus on 112 kWh_E/m², joka vastaa E-luvun mukaisessa luokka-asteikossa C-luokkaa. B-luokkaa tavoiteltaessa tulisi energiatehokkuutta parantaa vielä 16 kWh/m².

Adjutantin toteutunut kokonaisenergiankulutus huhtikuusta 2012 maaliskuuhun 2013 oli 880 MWh, joka vastaa yhtä bruttoneliometriä kohden 103 kWh ja E-luvun mukaista nettoneliötä kohden 114 kWh. Kuvassa 6.7 on esitetty Adjutantin energiankulutusjakauma, josta 67 % kuluu tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen. Loppu osuus kuuluu kiinteistö- ja huoneistosähköön. Kiinteistösähkön osuudesta on vähennetty aurinkopaneelien sähköntuoton osuus. Vuotuiseksi sähköntuotoksi arvioitiin 15 MWh, mutta toteutunut tuotto oli hieman arviota korkeampi eli noin 15,6 MWh.

Toteutunutta energiankulutusta ei voida suoraan verrata laskennallisiin. Toteutuneesta kulutuksesta tulee eritellä tai poistaa osuuksia, jotta kiinteistöenergian- ja huoneistoenergian kulutuksen rajapinta laskennallisen ja toteutuneen välillä vastaavat toisiinsa. Tilalämmityksen osalta kulutusta on lisäksi painotettava tietyillä kertoimella, jotta kulutus saadaan vertailukelpoiseksi. Kerroin huomioi eri ilmasto-olosuhteet toteutuneen ja laskennallisen välillä.



Kuva 6.7 Adjutantin toteutunut energiankulutus huhtikuusta 2012 maaliskuuhun 2013. Kiinteistösähkön suuri osuus voi johtua esimerkiksi sähköisistä lattialämmityksistä, sähköauton latauksesta sekä perusvesipumppaamoista.

6.2.1 Laskennallinen energiankulutus

Rakennuslupamenettelyn yhteydessä arvioitiin Adjutantien laskennallinen energiankulutus. Energiaselvitys tehtiin silloin voimassa olevan laskentajärjestelmän mukaisesti vuonna 2011. Energiaselvityksessä lasketaan rakennuksen energiankulutus sijaintipaikkakunnalla sekä energiatodistuksen mukainen energiankulutus vertailupaikkakunnalla. Energiankulutus määritetään molemmissa laskennoissa samanlaisesti energiatasemennelmällä, sillä ainoastaan säätiedot muuttuvat.

Vanhassa energialaskentamallissa arvioidaan vain kiinteistöenergiankulutus, johon sisältyy tilojen ja käyttöveden lämmitysenergia, kiinteistösähkö sekä jäähdytysenergia. Näiden eri osa-alueiden energiatarve perustuu suunnitelmien mukaisen viihtyisän ja turvallisen sisäilmaston ylläpitämiseen. Kiinteistön sähköenergiankulutuksen laskennassa käytetään eri järjestelmien suunnitteluparametreja tai niiden puuttuessa käytetään ominaisarvoja.

Tilojen lämmitysenergiatarve voidaan määrittää lämpöhäviöiden lämpötaselaskelman avulla. Energiaselvityksessä lämpötaselaskelma tehdään tasauslaskelman avulla, minkä ideologia perustuu siihen, että vaipan, ilmanvaihdon ja vuotoilman yhteenlaskettu lämpöhäviö on enintään rakentamismääräysten mukaisen vertailuarvon suuruinen. Tasauslaskelman tuloksella voidaan arvioida lämmitysenergian nettotarvetta ja -tehoa tiettyjen säätietojen avulla. Tasauslaskelma ei kuitenkaan ota huomioon lämpimän käyttöveden valmistamiseen kuluva lämmitysenergiaa, rakennuksen sisäisiä lämpökuormia ja lämmitysjärjestelmistä aiheutuvia häviöitä.

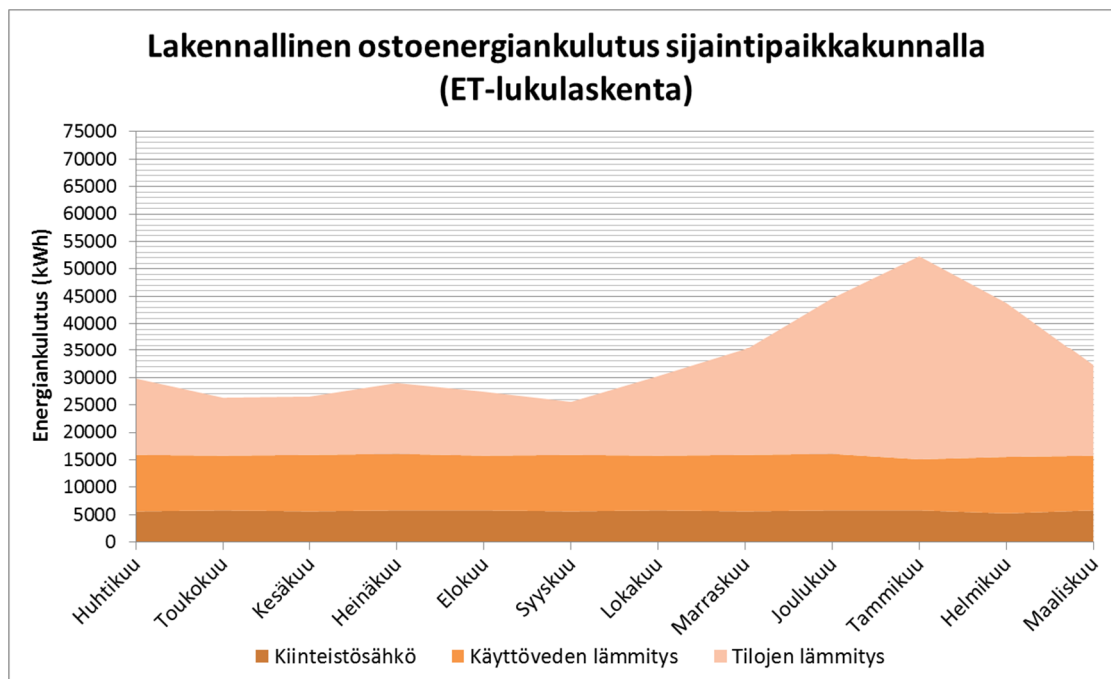
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergiatarve arvioidaan lämpimän käyttöveden kulutuksen perusteella, joka määräytyy rakennuksen arvioidun henkilömäärän mukaan. Yksittäisen henkilön tarvitsema lämpimän käyttöveden määrä perustuu tilastollisiin arvioihin, joka ET-lukulaskennassa on 50 dm³ vuorokaudessa yhtä asukasta kohden.

Lämmitysenergiatarpeen laskemissa otetaan huomioon myös sisäiset lämpökuormat sekä järjestelmähäviöt. Henkilöistä, auringosta, järjestelmistä ja sähkölaitteista kuten valaistuksesta, ilmanvaihdosta ja huoneistolaitteista syntyy lämpökuormaa, mikä pienentää tilalämmityksen energiatarvetta. Auringosta aiheutuvaa lämpökuormaa arvioidaan kuukausittaisten säätietojen perusteella. Henkilöistä ja laitteista aiheutuvat lämpökuormat arvioidaan ominaiskuormien perusteella tai järjestelmän energiankulutuksen perusteella. Vastaavasti järjestelmähäviöille on annettu ominaisarvoja, jotka lisäävät ostoenergiatarvetta.

Vuoden 2010 laskentamalliin sisältyvä kiinteistön sähköenergiankulutus sisältää yleistilojen valaistusjärjestelmän kulutuksen, ilmanvaihtojärjestelmän ja muiden järjestelmien kulutuksen sekä yleistiloista aiheutuvan kulutuksen. Kiinteistösähköön ei siis lasketa huoneistojen sisällä olevien laitteiden aiheuttamaa kulutusta. Järjestelmien kulutustiedot, kuten esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus määritetään suunnitelmien mukaisen ilmamäärän ja ilmastointilaitteen ominaissähkötehon mukaan.

Vuoden 2010 määrätason mukaisen laskentatavan mukaan rakennuksen vuotuisiksi energiankulutukseksi Helsinki-Vantaa -säätietojen perusteella saatiin 79

kWh/bm², josta lämmitysenergian osuus oli 65,2 kWh/bm² ja kiinteistösähkön osuus 13,8 kWh/bm². Lämmitysenergiasta 33,5 kWh/bm² kuluu tilojen lämmitykseen ja 31,7 kWh/bm² käyttöveden lämmitykseen. Kuvassa 6.8 on esitetty energiankulutus kuukausittain.

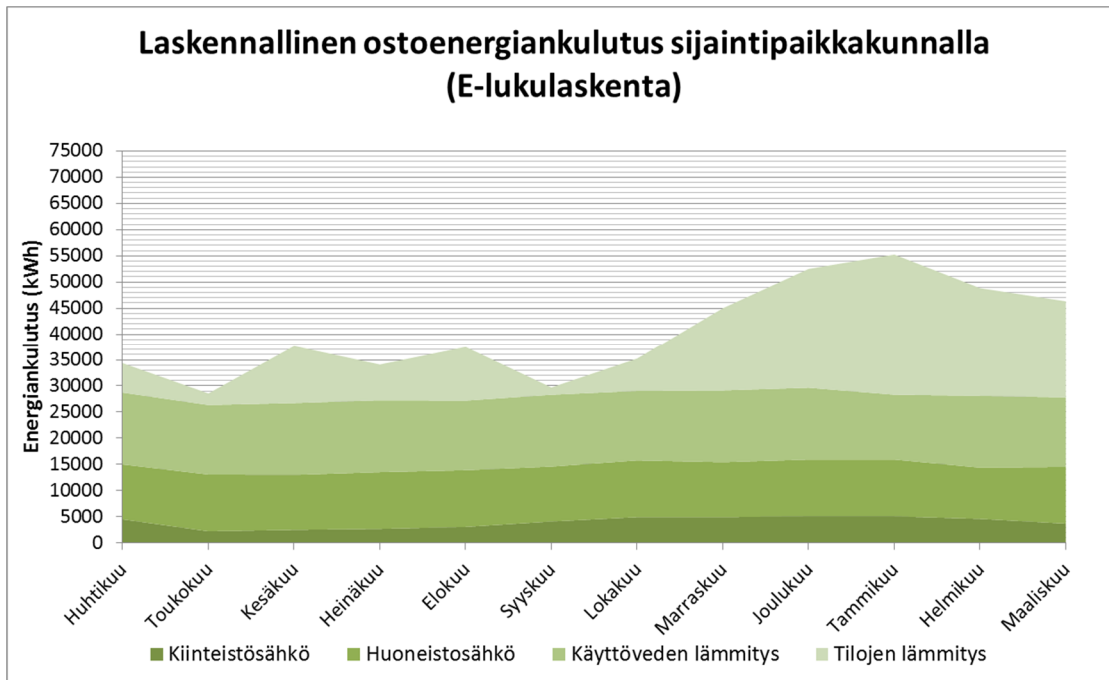


Kuva 6.8 ET-lukulaskennan mukainen energiankulutus huhtikuusta maaliskuuhun sijaintipaikkakunnalla. ET-lukulaskennassa Adjutantien kokonaisenergiakulutus vertailupaikkakunnalla on 88 kWh/bm², joka vastaa A-luokkaa.

Vertailun vuoksi on myös järkevää määrittää Adjutantien laskennallinen energiankulutus vuoden 2012 laskentatavan mukaan. Voimassaolevien määräysten mukaan laskenta perustuu energiamuotokertoimilla painotettuun kokonaisenergiatarkasteluun, johon sisältyy kiinteistöenergian lisäksi myös huoneistoenergian osuus.

Uudessa laskentatavassa energiatasemenetelmä poikkeaa aikaisemmasta tavasta. Rakennuksen energiataseessa määritetään ostoenergiankulutus, jossa otetaan huomioon myös rakennuksen uusiutuva omavaraisenergia. Ostoenergian määrittämisessä otetaan huomioon myös huoneistoenergiankulutus. Huoneistoenergiankulutusta arvioidaan kulluttajalaitteiden ja valaistuksen osalta kiinteistön käyttötarkoituksen mukaisen standardikäytön perusteella. Uuden laskentajärjestelmän mukaan voidaan energiankulutusta tarkastella myös huoneistoenergiankulutuksen osalta.

Ostoenergiankulutusta voidaan pienentää myös uusituvalla omavaraisenergiatuotannolla. Adjutantien aurinkopaneeleista arvioitiin vuotuisesti saatavan 15 MWh sähköenergia, joka käytetään muun muassa kiinteistövalaistukseen ja sähköauton akun lataamiseen. Hajautetusta energiatuotannosta mahdollisesti tuleva ylijäämäenergia syötetään sähköverkkoon ja taloyhtiö saa syötetystä energiasta korvauksen.



Kuva 6.9 E-lukulaskennan mukainen energiankulutus sijaintipaikkakunnalla. Kokonaisenergiankulutus laskettiin dynaamisen laskentaohjelman avulla (IDA ICE), johon asuinrakennus mallinnettiin. Energiamuotokertoimilla painotettu kokonaiskulutus on 112 kWh/m^2 vuodessa, joka vastaa C-luokkaa.

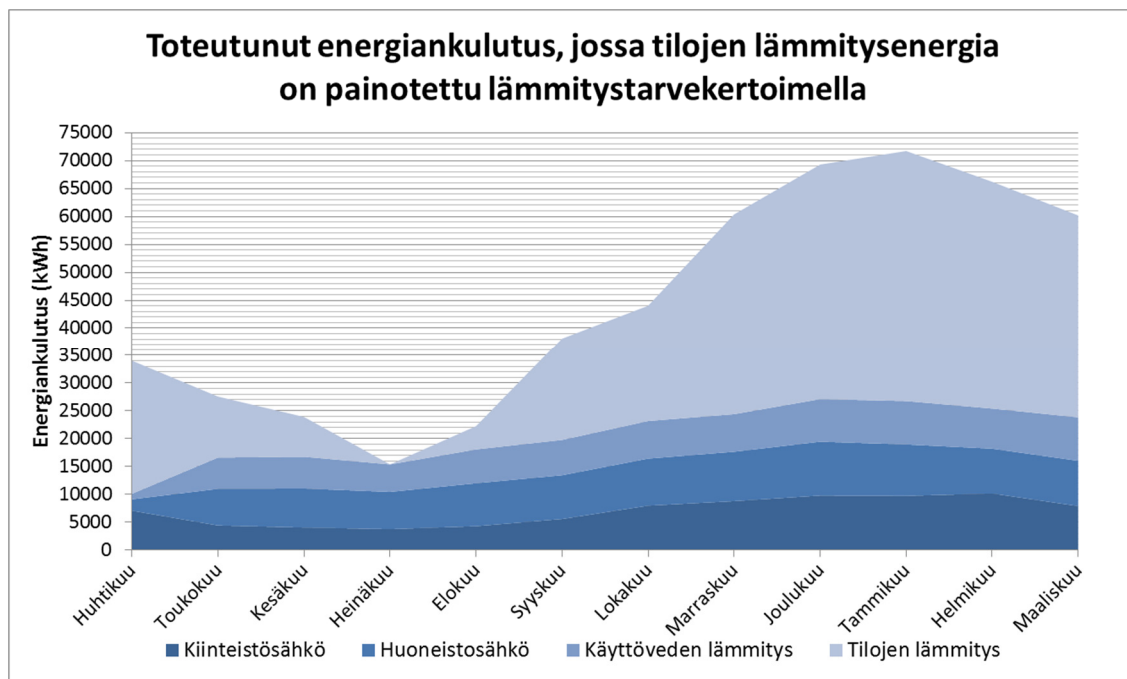
Vuoden 2012 määräystason mukaisen laskentatavan mukaan rakennuksen vuotuiseksi ostoenergiankulutukseksi ennen energiamuotojen kertoimilla painotusta Helsinki-Vantaa -säätietojen perusteella saatiin 105 kWh/m^2 , josta lämmitysenergian osuus oli $59,8 \text{ kWh/m}^2$, kiinteistösähkön osuus $10,3 \text{ kWh/m}^2$ ja huoneistosähkön osuus $27,6 \text{ kWh/m}^2$. Tilalämmitykseen kului $35,2 \text{ kWh/m}^2$ ja käyttöveden lämmitykseen 35 kWh/m^2 . Kuvassa 6.9 on esitetty energiankulutus kuukausittain.

6.2.2 Toteutunut kokonaisenergiankulutus ja sen vertailu

Toteutunutta energiankulutusta ei voida suoraan verrata laskennalliseen energiankulutukseen ilman lämpötilakorjausta. Laskennallisen energiankulutuksen määrittämisessä on käytetty Helsinki-Vantaan säähavaintoaseman testivuoden 1979 Ilmatieteen laitoksen mittauksiin perustuvia säätietoja, kun taas toteutunut kulutus muodostuu vallitsevan ilmaston mukaan. Mikäli laskennassa käytetyn testivuoden lämmitystarvetta halutaan verrata muiden vuosien lämmitystarpeeseen, on energiankulutus normitettava. Energiantarpeen normitus voidaan tehdä vain lämmitysenergian osalta ja siitäkin vain tilojen lämmitysenergian osalta.

Tilojen lämmitysenergiankulutus saatetaan vertailukelpoiseksi lämmitystarvelukujen avulla. Lämmitystarveluvun käyttö rakennuksen lämmitystarpeen arvioinnissa perustuu siihen, että rakennuksen energiankulutus on likipitään verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Kuukausittainen lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen kunkin vuorokauden sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Yleisimmin käytetään lämmitystarvelukua S17, joka lasketaan 17 asteen oletetun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan vuo-

rokausikeskiarvon erotuksen perusteella. Lämmitystarveluvun määrittämisessä oletetaan, että sisäiset lämpökuormat lämmittävät tilan 17 asteesta 21 asteeseen. Vertailuarvona eli normaalivuoden lämmitystarvelukuna käytetään vuosien 1971-2000 keskimääristä lämmitystarvelukua.



Kuva 6.10 Toteutunut energiankulutus, jossa tilojen lämmitysenergiankulutus on painotettu lämmitystarveluvulla.

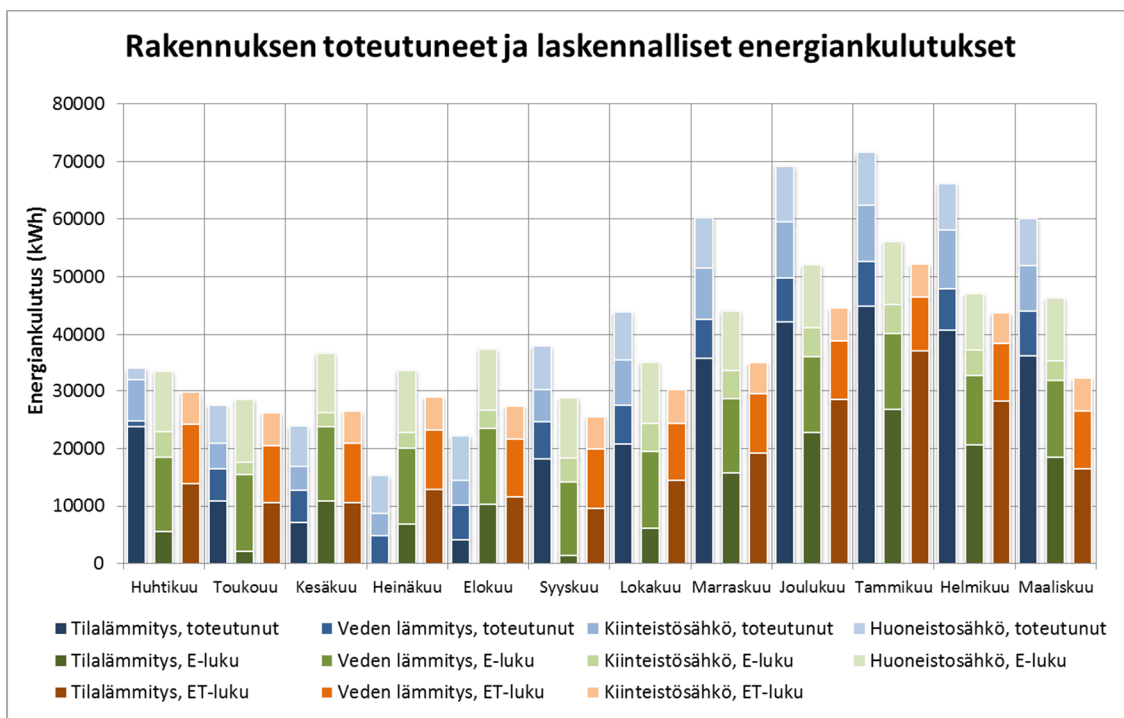
Kahdella eri laskennallisella tavalla määritetty energiankulutus voidaan asettaa samaan kuvaan toteutuneen energiankulutuksen kanssa. On helposti havaittavissa, että laskennallisten ja toteutuneiden kulutusten välillä on eroa. Kuvasta 6.11 nähdään selvästi, että toteutunut kulutus on suurempi kuin laskennalliset kulutukset. Erityisesti lämmitysenergiaa kuluu pääsääntöisesti enemmän. Tämän poikkeaman ymmärtämiseksi tulisi lämmitysenergian osalta tarkastella rakennuksen toteutuneet sisälämpötilaolosuhteet.

Lämpimän käyttöveden valmistamiseen kuluu todellisuudessa vähemmän lämmitysenergiaa laskennallisiin verrattuna. Koko tarkastelujakson aikana käyttöveden lämmitykseen energiaa kuluu noin puolet vähemmän molempiin laskentatapoihin verrattuna. Poikkeamien ymmärtämiseksi tulisi laatia yksityiskohtaisempi tarkastelu. Rakennustasolla voidaan määrittää henkilöperusteinen vedenkulutus kaikkien asukkaiden kesken. Adjutantissa on asukkaita yhteensä 74 henkilöä, jolloin koko tarkastelujakson aikana käyttöveden lämmitysenergiaa kuluu 2,7 kWh henkilöä kohden vuorokaudessa. Tämä tarkoittaa noin 47 dm³ lämmintä käyttövettä henkilöä kohden vuorokaudessa, joka vastaa hyvin lähelle laskennallista ominaisarvoa. Näin ollen laskennassa henkilömääräarvio on todellista suurempi.

Koko tarkastelujakson aikana kiinteistösähkön kulutus ei vastaa laskennallisia tuloksia. ET-lukulaskentaan nähden toteutunut kulutus vastaa huomattavasti paremmin, mutta tässäkin toteutunut kulutus on noin 18 % korkeampi. E-lukulaskentaan nähden sähköä

kuluu noin kaksi kertaa enemmän. Huomionarvoista on, että ET-lukulaskennan kiinteistösähköstä ei ole vähennetty omavaraistuotannon osuutta. Kiinteistösähkön osalta tulisi selvittää kiinteistösähkön mittauksen rajapinnat. Esimerkiksi ET-lukulaskennassa ei oteta huomioon sähköisiä mukavuuslattialämmityksiä eikä sähköauton latausta ja muita kulutusposteita, joiden kulutus kuitenkin vaikuttaa toteutuneeseen kulutukseen. Sähköisten mukavuuslattialämmitysten yhteenlaskettu enimmäisteho on 4 kW. Mikäli lattialämmitystä käytettäisiin 60 % teholla ympäri vuoden, lisää lattialämmitys kiinteistösähkön vuosikulutusta noin 21 MWh:lla. Mikäli tähän vielä lisätään sähköauton lataamiseen kuuluva energia, saadaan lisäykseksi yhteensä 23,5 MWh. Tämän jälkeen ET-lukulaskennan ja toteutuneen kiinteistösähkönkulutuksen ero enää noin 7 %, kun ET-lukulaskennan kiinteistösähköstä on myös vähennetty aurinkopaneelien tuotto-osuus. Tätä eroa voi selittää vielä esimerkiksi kiinteistön ulkopuoliset perusvesipumppaamo, jota ei ole huomioitu ET-lukulaskennassa.

Huoneistosähköä kului noin neljänneksen vähemmän E-lukulaskentaan verrattuna. E-lukulaskennassa käytetään pinta-alaperusteisia ominaisarvoja huoneistosähkön arvioimiseen. Huoneistosähkön kulutukseen vaikuttaa muun muassa laitteiden määrä, ikä ja käyttöaste. Myös tässä tapauksessa yksityiskohtaisempi kulutustarkastelu on perusteltua. Huoneistokohtaista tarkastelua käsitellään seuraavassa kappaleessa.

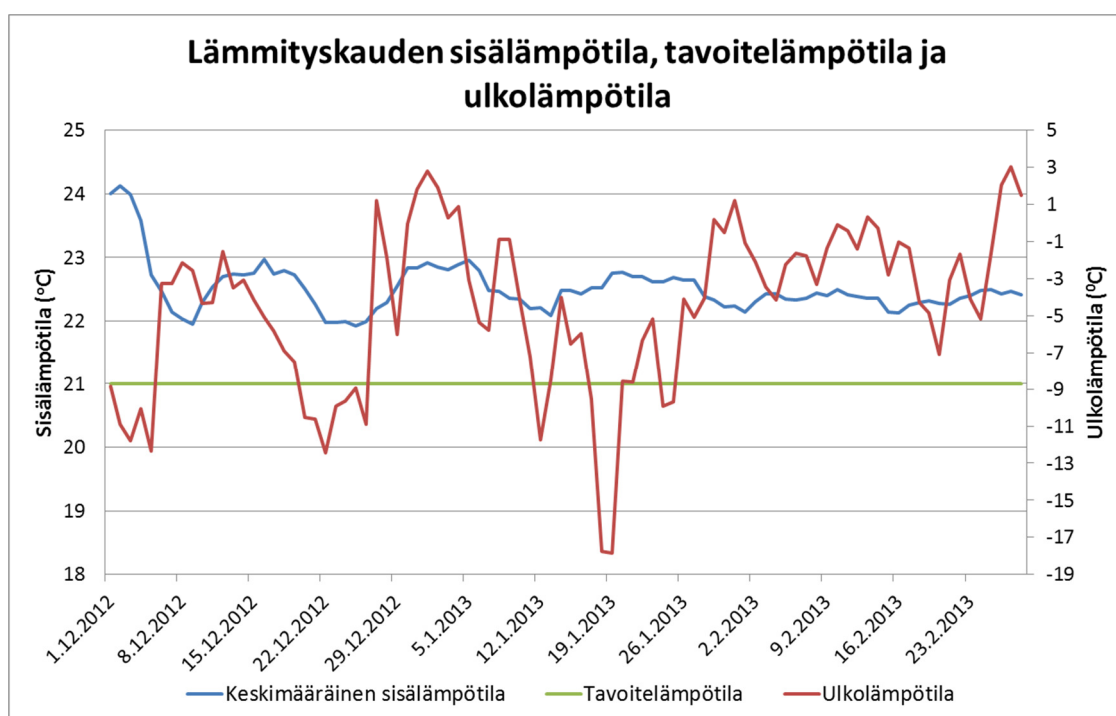


Kuva 6.11 Kiinteistön toteutuneet ja laskennalliset energiankulutukset. Kulutuksessa on selvästi poikkeamia erityisesti tilojen lämmitysenergian kohdalla.

Rakennustason tarkastelussa tilalämmityksen lämmitysenergiankulutuksen pitäisi vastata laskennallista melko tarkasti, kun toteutunut kulutus on painotettu lämmitystarvelukujen suhteella. Mikäli tilojen lämmitysenergiankulutus poikkeaa laskennallisesti, on siihen tavanomaisesti enintään kaksi syytä. Ensinnäkin korkeat sisälämpötilat voivat

aiheuttaa laskennallista suuremman kulutuksen. Korkeat sisälämpötilat voivat johtaa myös asukkaiden kasvavaan tuuletustarpeeseen, joka edelleen lisää tilalämmityksen energiankulutusta. Toiseksi tilojen lämmitysenergiankulutukseen voi vaikuttaa järjestelmän esisäädöt. Tässä tapauksessa rakennuksen toteutunut sisälämpötila sekä tilalämmitykseen kuluva kokonaisenergia tulisivat tarkastaa.

Tarkastellaan lämmitysenergiankulutusta lämmityskauden ajalta joulukuusta helmikuuhun. Kuvasta 6.12 nähdään, että lämmityskauden keskimääräinen sisälämpötila on noin 22,5 astetta koko lämmityskauden aikana. Kuvan 6.12 mukaan tarkastelujakson keskimääräinen ulkolämpötila on -4,9 astetta, joten lämpöenergiaa voitaisiin säästää noin 6 prosenttia, mikäli sisälämpötila olisi ollut laskennassa käytetty 21 astetta.



Kuva 6.12 Lämmityskauden sisälämpötila, sisälämpötilan tavoitelämpötila ja ulkolämpötila. Rakennuksen toteutunut sisälämpötila on keskimäärin puolitoista astetta tavoitelämpötilaa suurempi.

Lämmitystarkastelussa voidaan olettaa, että rakennuksen sisällä kulutettu sähköenergia muodostuu lähes kokonaisuudessaan tilaa lämmittäväksi lämmitysenergiaksi tarkastelujakson aikana. Mikäli sähköenergiankulutus on laskennalliseen verrattuna pienempää, pienentää se myös laitteista hyödynnettävää lämpökuormaa ja lämmitysenergiankulutuksen tulisi kasvaa. Kiinteistösähkön aiheuttamasta lämpökuormasta tulee kuitenkin jättää huomioimatta ulkovalaistus, sulanapitolämmitys ja muita kiinteistön ulkopuolisia järjestelmiä, koska nämä kulutuspisteet eivät aiheuta lämpökuormaa rakennuksen sisäpuolella. Näin ollen arvioidaan energiaselvityksen perusteella, että 62 % kiinteistösähköstä voidaan ottaa huomioon lämpökuormia laskettaessa. Tästä kiinteistösähköstä voidaan hyödyntää lämpökuormana Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta) perusteella

ilmastoinnin osalta 50 %, valaistuksen osalta 100 % ja muiden laitteiden osalta 60 %. Näitä osuuksia ei pystytä suoraan erittelemään, joten arvioidaan keskimääräiseksi lämpökuormaksi 60 % edellä mainituista osa-alueista. Näin ollen 62 %:sta kiinteistösähköä voidaan hyödyntää 60 % lämpökuormana, minkä tulona saadaan 37 %. Huoneistosähkö voidaan olettaa muuttuvan tilaa lämmittäväksi energiaksi kokonaisuudessaan.

Vastaavaa ajattelutapaa tulee soveltaa myös käyttöveden lämmityksestä ja siirrosta aiheutuvien lämpökuormien arvioimiseen. D5:n perusteella lämpimän käyttöveden valmistukseen tarvittavasta lämpöenergiasta 30 % ja käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöenergiasta 50 % hyödynnetään lämpökuormana. Myös asukkaiden aiheuttama lämpökuorma on otettava huomioon. Henkilökuormana käytetään 70 W asukasta kohden, joka Adjutantissa tarkoittaa noin 5,2 kW jatkuvaa tehoa. Ihmisen aiheuttama lämpökuorma kerrotaan luvulla 0,6, joka kuvaa käyttöastetta. Tämä tarkoittaa, että 60 % ajasta asukkaat ovat rakennuksessa.

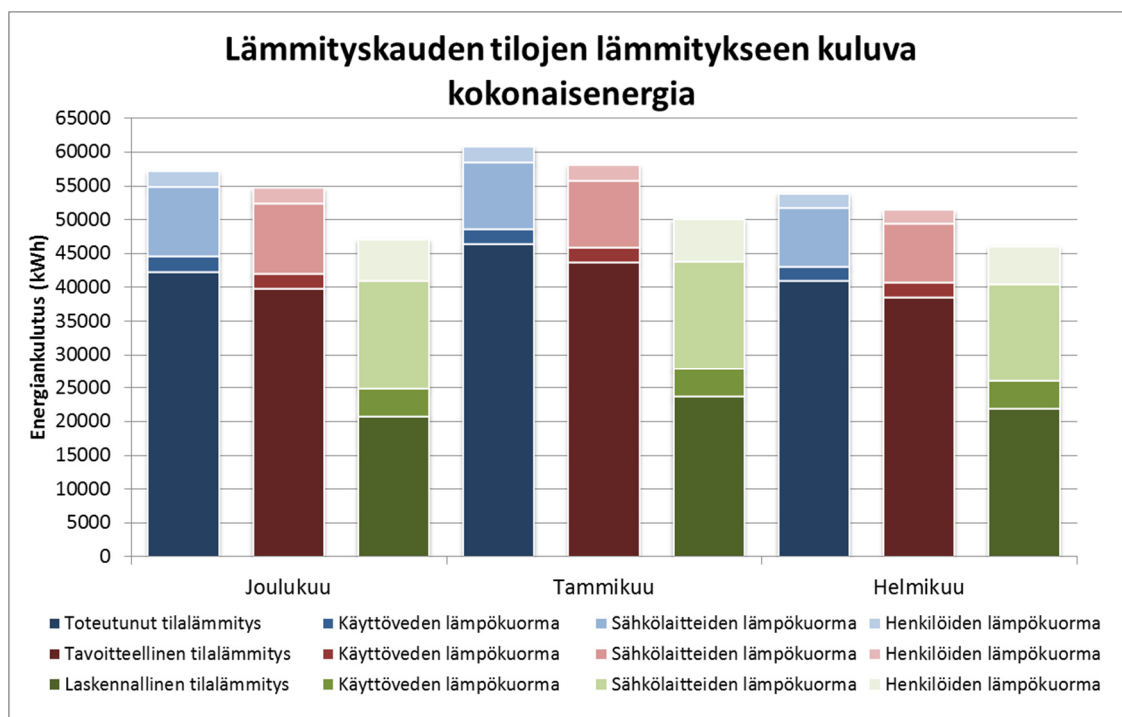
Toteutuneen ja tavoitellun sisälämpötilan erotuksen suhteesta ulkolämpötilaan voidaan arvioida, kuinka paljon lämpöenergiaa voitaisiin kuluttaa vähemmän tietyllä ajanhetkellä, kun sisälämpötila olisi lämmitetty enintään 21 asteeseen. Tämän määritelmän mukaan voidaan arvioida tilalämmityksen tavoitteellista energiankulutusta, kun ainoastaan lämpötilaa on laskettu toteutuneesta lämpötilasta tavoitelämpötilaan. Muutoin tavoitteellisessa tarkastelussa käytetään arvioituja lämpökuormia.

Kuvassa 6.13 on esitetty tilojen lämmitykseen kuluvan kokonaisenergian osuus toteutuneen, tavoitteellisen ja laskennallisen välillä. Kuvaajan sininen palkisto osoittaa toteutunutta energiankulutusta, jossa myös tilaa lämmittävän sähköenergian, lämpimän käyttöveden sekä henkilöiden aiheuttamat osuudet on huomioitu. Punainen palkisto osoittaa niin sanottua tavoitetasoa, jossa tilalämmityksen energiankulutuksesta on vähennetty lämpötilakorjauksen osuus. Vihreä palkisto kuvaa laskennallista tasoa. Kuvasta 6.13 nähdään, että laskennallisessa tarkastelussa tiloja lämmitetään huomattavasti enemmän lämpökuormien avulla, kun taas todellisuudessa sisäiset lämpökuormat ovat pienemmät ja tilaa lämmitetään tilalämmitykseen tarkoitetulla lämpöenergialla. Vaikka tilalämmitykseen kuluva energiaa korjattiin sisälämpötilojen suhteen, silti tilalämmitykseen kuluu noin 20 % enemmän energiaa lämmityskaudella. Mikäli sisälämpötilat eivät olisi nousseet yli 21 asteen, lämpöenergiaa olisi voitu säästää noin 6,2 %.

Vaikka yksityiskohtaisemman tarkastelun perusteella toteutunut tilalämmitykseen kuluva kokonaisenergiankulutus vastaa huomattavasti paremmin laskennallista, niin korkea sisälämpötila ei yksin selitä lämmitysenergiankulutuksen poikkeamaa. Korkeaan kulutukseen voi osaltaan vaikuttaa lämmitysjärjestelmän esisäätöarvot, mutta näin suurta kulutuspoikkeamaa se ei todennäköisesti aiheuta. Korkea sisälämpötila voi aiheuttaa tuuletustarvetta huoneistoissa, mikä voi lisätä tilojen lämmitysenergiankulutusta. Tuuletuksen vaikutusta tarkastellaan tarkemmin huoneistokohtaisessa tarkastelussa.

On myös mahdollista, että S17-mentelmällä laskettu lämmitystarveluku ei vastaa todellista tilannetta. Nykyrakennukset ovat huomattavasti tiiviimpiä ja tiloja lämmitetään enemmän sisäisillä lämpökuormilla, jolloin tilaan tuotava lämmitysenergia normittuu liian suureksi. Tarkastelujakso osoittautui myös tavanomaista kylmemmäksi helmikuuta

lukuun ottamatta, mikä osaltaan nostaa normitettua lämmitysenergiaa. Mikäli tiloja lämmitettäisiin vain 15 asteeseen lämmitysenergialla ja loppuosuus lämpökuormilla, niin alla olevan kuvan mukainen tavoitteellisen ja laskennallisen tilojen lämmityksen kokonaisenergian ero kaventuisi vain yhdellä prosentilla. Voidaan siis olettaa, että painotus käytetyillä lämmitystarveluvuilla toimii myös tässä tapauksessa melko luotettavasti.



Kuva 6.13 Tarkastelujakson tilalämmitykseen kuluva energia toteutuneen, tavoitteellisen ja laskennallisen välillä. Tilojen lämmitykseen kulunut kokonaisenergia on enää noin viidennes suurempi, vaikka lämmitysenergiaa kului kaksi kertaa enemmän. Laskennallisessa versiossa tiloja lämmitetään huomattavasti enemmän sisäisten lämpökuormien avulla.

6.3 Huoneistojen energiankulutus ensimmäisessä vaiheessa

Pilotointiympäristöön kuuluvien huoneistojen energiankulutusta tarkastellaan rakennuksen käyttöönottovaiheesta lähtien. Kokonaisenergiankulutuksen tarkastelussa ilmeni, että ensimmäisenä kuukautena huhtikuussa vuonna 2012 huoneistosähkön ja lämpimän käyttöveden kulutus olivat pieniä, joten tämä kuukausi jätetään tarkastelussa huomioimatta. Mallihuoneistojen energiankulutusta verrataan laskennallisen ja toteutuneen kulutuksen välillä, missä on huomioitu vastaavat toimenpiteet vertailukelpoisuuden suhteen kuin rakennustason tarkastelussa. Huoneistoja on vertaillaan myös keskenään suhteellisen kulutuksen näkökulmasta.

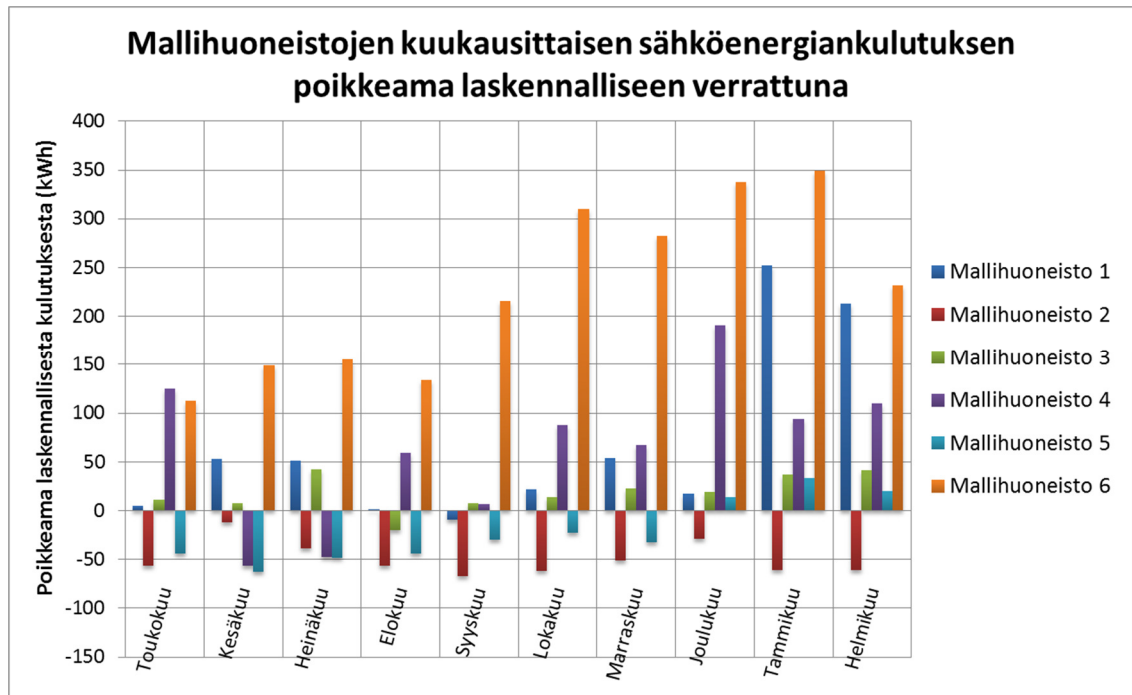
Energiamallia voidaan hyödyntää huoneistotason tarkastelussa. Energiamallin avulla jokaiselle huoneistolle voidaan määrittää huoneistokohtainen energiantarve. Energiatarpeen määrittämisessä on käytetty E-lukulaskennan mukaista menetelmää. Standardiku-

lutusta voidaan verrata suoraan kunkin huoneiston toteutuneeseen kulutukseen. Energiamallin avulla voidaan tehdä tarkistussimulointeja esimerkiksi tilojen lämmitykseen käytettävän lämmitysenergiankulutuksen poikkeamien ymmärtämiseksi.

6.3.1 Absoluuttinen kulutus

Mallihuoneistojen energiankulutusta on järkevää tarkastella ainoastaan E-lukulaskentatavan mukaan, sillä vanhassa ET-lukulaskennassa ei huomioida huoneiston sähköenergiankulutusta. Dynaamiseen laskentaohjelmaan voidaan rakennus mallintaa huoneistokohtaisesti, jolloin energiataarkastelussa päästään huoneistokohtaiselle tasolle. Huoneistokohtaisessa simuloinnissa kiinnostaa erityisesti tilojen lämmitysenergiankulutus, joka vaihtelee huoneiston ominaisuuksien mukaisesti. Lämmitysenergiankulutusta voidaan vähentää kasvattamalla sähkölaitteiden energiankulutusta, koska suurin osa huoneiston sisällä käytetystä sähköenergiasta muodostuu tilaa lämmittäväksi lämmöksi. Tilalämmityksen kannalta oleellista on siis tarkastella huoneiston kokonaisenergiankulutusta. Lämpimän käyttöveden kulutus, sähkölaitteiden sekä valaistuksen kulutus ovat standardikäytön mukaisia vakiokulutuksia, mikä ei siis ota huomioon esimerkiksi vuorokaudenajasta riippuvaa kulutuksen vaihtelua.

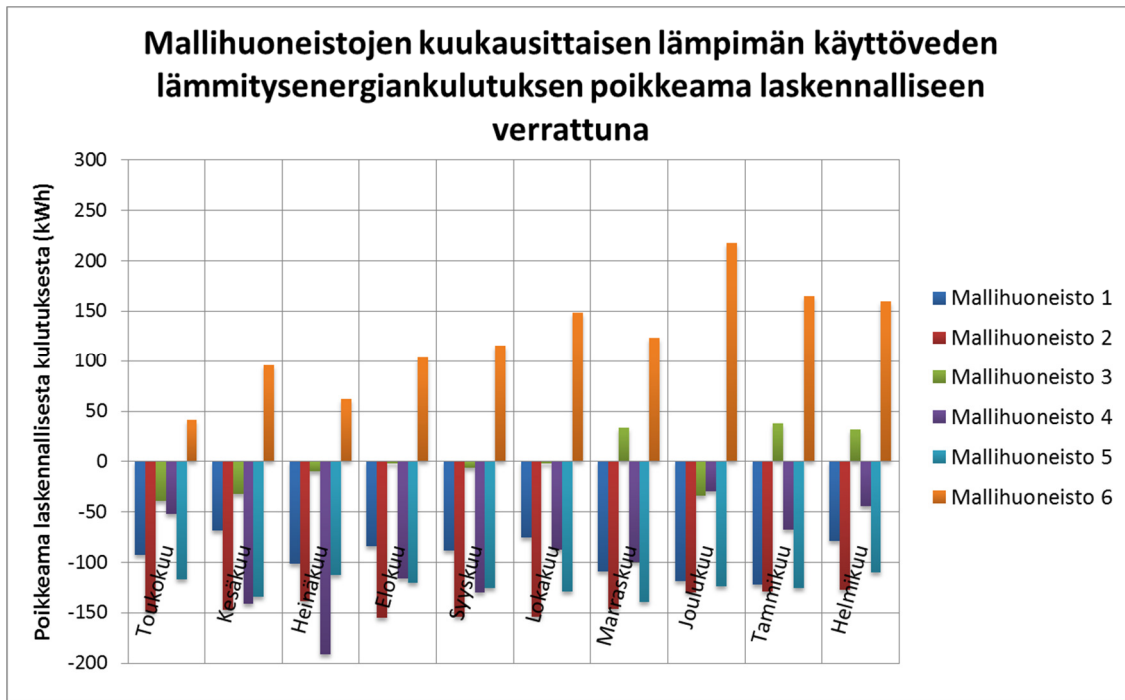
Kuvassa 6.14 on esitetty kuuden mallihuoneiston toteutuneen sähköenergiankulutuksen poikkeamat laskennalliseen verrattuna. Mikäli kuvaajassa palkisto on vaak akselin positiivisella puolella, huoneisto kuluttaa palkin arvon verran enemmän sähköenergiaa laskennalliseen nähden kyseisen kuukauden aikana. Käyttöasteella painotetun standardikäytön mukaan sähköenergiaa kuluu $2,4 \text{ Wh/m}^2$ tunnissa, joka vastaa noin $1,7 \text{ kWh/m}^2$ kuukausikulutusta. Kuvasta nähdään, että sähkönkulutus on noin puolessa huoneistoista pääsääntöisesti suurempaa kuin laskennallinen. Vuoden 2012 loppua kohden sähköenergiankulutus on kasvanut kaikkien huoneistojen osalta ja vuoden vaihteessa kulutus on suurimmillaan. Esimerkiksi Mallihuoneisto 6:ssa sähköenergiaa on kulunut kesäkuukausina kesimäärin 150 kWh enemmän kuukautta kohden ja loppuvuodesta kesimäärin 300 kWh enemmän kuukautta kohden. Mallihuoneisto 2:ssa ja 5:ssa sähköenergiaa on kulunut pääsääntöisesti vähemmän laskennalliseen verrattuna. Mallihuoneisto 3:n kulutus vastaa parhaiten standardikäyttöä.



Kuva 6.14 Mallihuoneistojen kuukausittainen sähköenergiankulutuksen poikkeama laskennalliseen verrattuna. Sähköenergiankulutus vaihtelee kuukausittain standardikäyttöön verrattuna. Puolet mallihuoneistoista ylittää laskennallisen kulutuksen, kun taas puolet huoneistoista vastaavat laskennallista kulutusta tai alittavat sen.

Toteutunut sähköenergiankulutus ei vastaa laskennallista johtuen osittain laskennallisista epävarmuustekijöistä. Laskennallisessa standardikäytössä arvioidaan vuotuista energiankulutusta, jolloin kulutus on kuukausittain sama riippuen ainoastaan kuukauden pituudesta. Standardikäytön neliöperusteinen ominaiskulutus näyttää vastaavan paremmin pinta-alaltaan pienemmissä asunnoissa. Kulutuspoikkeamia ei voida yleistää tarkemmin arvioida, koska kulutuksen muodostumista ei tässä vaiheessa tunneta. Kulutus- pistekohtaisesta tarkastelusta voidaan arvioida laitteiden ja järjestelmien aiheuttamaa kulutusta.

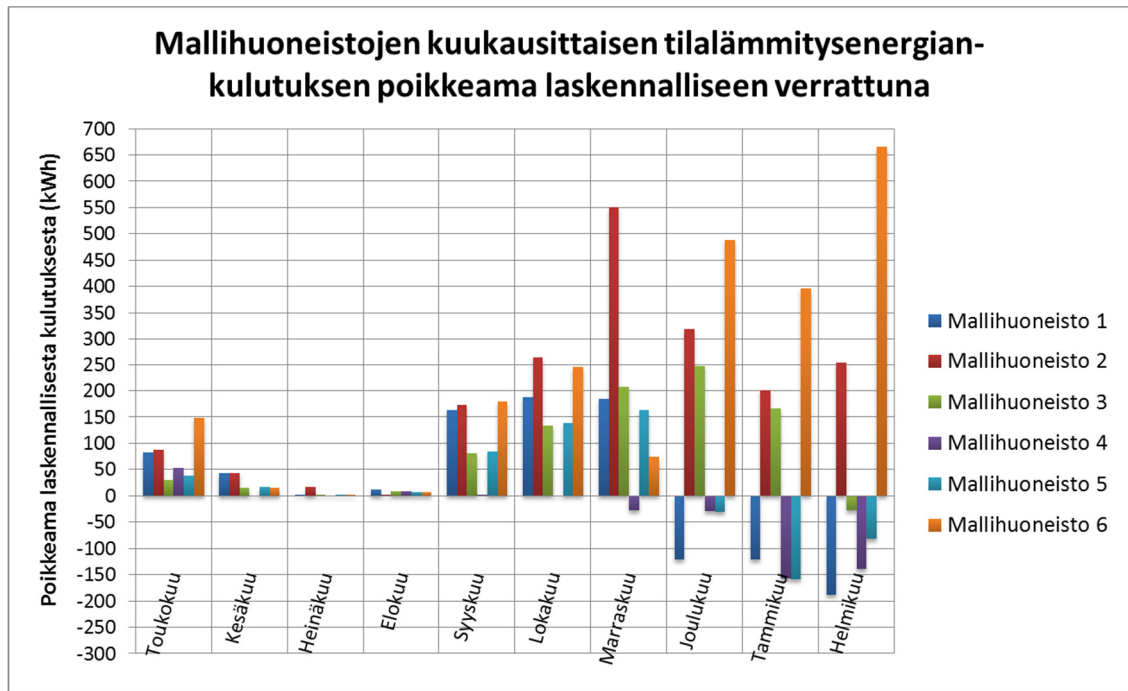
Vastaava tarkastelu voidaan tehdä myös lämpimän käyttöveden kulutuksen osalta. Kuvassa 6.15 on esitetty mallihuoneistojen kuukausittainen lämpimän käyttöveden kulutus lämmitysenergiana. E-lukulaskennan standardikäytön mukaan käyttöveden lämmittämiseen kuluu 35 kWh/m^2 vuodessa, joka vastaa noin $2,9 \text{ kWh/m}^2$ kuukausikulutusta. Mallihuoneisto 6:n lämpimän käyttövedenkulutus on suurempaa laskennalliseen nähden. Mallihuoneisto 3:n kulutus on melko lähellä laskennallista ja muiden huoneistojen osalta kulutus on alhaisempaa. Kuvista 6.14 ja 6.15 voidaan havaita, että niissä huoneistoissa, missä sähköenergiankulutus on pientä, myös lämpimän käyttövedenkulutus on pientä.



Kuva 6.15 Mallihuoneistojen kuukausittainen lämmitysenergiankulutus lämpimän käyttöveden valmistamiseen. Energiankulutuksen määrittämisessä on käytetty lämmitykseen kuluva nettoenergiaosuutta, joka ei sisällä esimerkiksi tuotanto- ja muita lämpöhäviöitä. Pääsääntöisesti energiaa kuluu vähemmän laskennalliseen verrattuna lukuun ottamatta yhtä huoneistoa.

Kuvassa 6.16 on esitetty huoneistokohtainen tilojen lämmitykseen kuluva energia. Koko rakennustason tarkastelussa huomattiin, että tilojen lämmitykseen on kulunut enemmän energiaa laskennalliseen verrattuna. Vastaava ilmiö nähdään myös huoneistotarkastelun osalta. Kesäkuukausina toteutunut kulutus vastaa lähes laskennallista. Syys-, loka- ja marraskuussa lämmitysenergiankulutus ylittää laskennallisen melko tasaisesti. Joulukuussa on havaittavissa käännekohta, jossa kulutus pääsääntöisesti pienenee lukuun ottamatta yhtä huoneistoa. Tammikuussa kulutus edelleen pienenee, kun taas helmikuussa se nousee. Kaikkien huoneistojen poikkeamat laskennallisesta muodostavat hyvin samannäköisen kuvion.

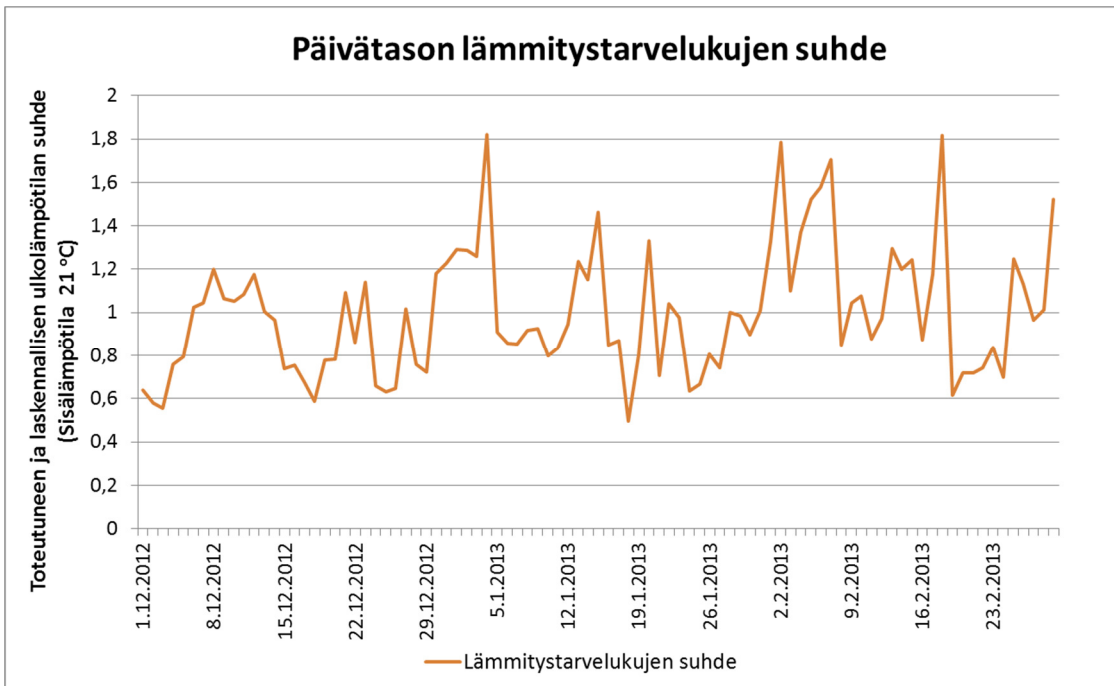
Lämmitysenergiankulutuksen poikkeamaa voidaan tarkastella eri muutostekijöiden kautta. Mikäli lämmitysenergian kulutus on suurta, tulisivat kunkin huoneiston sisälämpötilat, sähkölaitteiden energiankulutus, henkilömäärä, tuuletusintensiiteetti sekä naapurihuoneistojen olosuhteet tarkistaa. Vastaavasti myös pieni lämmitysenergiankulutus voi johtua esimerkiksi sähkölaitteiden suuresta energiankulutuksesta tai johtuvasta lämmöstä.



Kuva 6.16 Mallihuoneistojen tilalämmityksen kuukausittainen lämpöenergiankulutus. Vaikka toteutuneessa lämmitysenergiankulutuksessa on huomioitu lämmitystarveluvut, on kulutus syyskuukausina korkeampaa laskennalliseen verrattuna.

Kuvasta 6.14 nähtiin, että Mallihuoneisto 6:ssa sähköenergiankulutus on suurempi laskennalliseen verrattuna. Peruseriaatteena voitaisiin olettaa, että mikäli sähköenergiankulutus on laskennallista suurempaa, niin lämmitystarveluvuilla painotettu tilan lämpöenergiankulutus tulisi olla vähäisempää suurempien lämpökuormien johdosta. Mallihuoneisto 6:ssa näin ei kuitenkaan tapahdu – sekä lämmitys- että sähköenergiaa kuluu laskennalliseen nähden enemmän. Näin ollen yksityiskohtaisempi tarkastelu on perusteltua.

Rakennustason tarkastelussa käytettiin kuukausittaisia lämmitystarvelukuja. Lämmitystarvelukujen suhde voidaan määrittää myös dynaamisessa laskentaohjelmassa käytetyn vertailuvuoden ulkolämpötilojen ja toteutuneiden ulkolämpötilojen suhteesta. Tällöin lämmitystarveluvut voidaan laskea esimerkiksi tunnin tarkkuustasolla. Kuvassa 6.17 on määritetty tarkastelujakson aikainen lämmitystarvelukujen suhde. Lämmitystarvelukujen suhde laskettiin sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksen suhteena, jossa sisälämpötila oli vakioitu 21 asteeseen. Esimerkiksi laskennassa käytetyn lämpötilan ollessa -20 astetta ja samana ajankohtana toteutuneen ulkolämpötilan ollessa -10 astetta, saadaan tämän hetken lämmitystarvelukujen suhteeksi 1,32, kun sisälämpötila on vakioitu 21 asteeseen. Tämä tarkoittaa, että edellä mainitulla ajanhetkellä lämmitysenergiaa tarvittaisiin 1,32 kertaa laskennalliseen verrattuna enemmän, mikäli toteutunut ulkolämpötila olisi ollut myös -20 astetta. Jos toteutunut kulutus ylittää laskennallisen kulutuksen tämän tulon jälkeen, tulisi tutkia häiriötekijät, jotka ovat aiheuttaneet suhteessa korkean kulutuksen, kuten esimerkiksi korkeat sisälämpötilat.



Kuva 6.17 Päivätason lämmitystarvelukujen suhde. Luvut määritettiin laskennallisen ja toteutuneen ulkolämpötilan suhteesta kun sisälämpötila oli vakioitu 21 asteeseen.

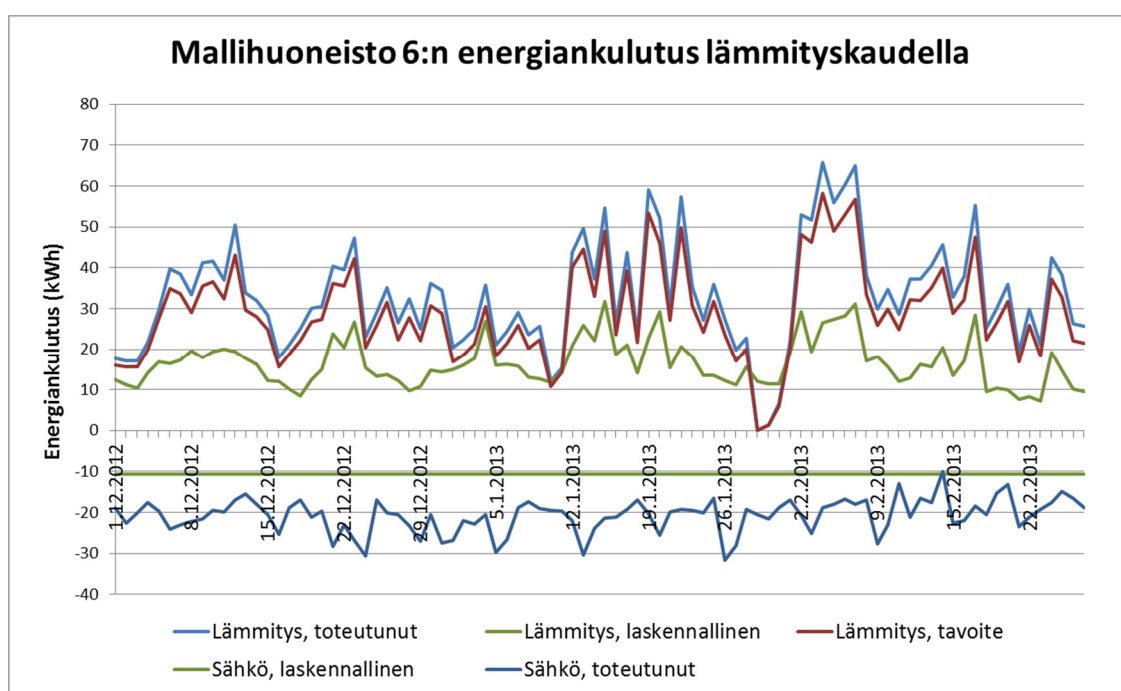
Mallihuoneisto 6:n energiankulutusta voidaan tarkastella menetelmällä, jota käytettiin rakennustason tarkastelussa. Huoneistokohtaisessa tarkastelussa voidaan olettaa, että kaikki huoneistossa käytetty sähköenergia muodostuu tilaa lämmittäväksi lämmöksi. Huoneistokohtaisessa tarkastelussa ei oteta huomioon muista sähkölaitteista aiheutuvia lämpökuormia, kuten taloteknisten järjestelmien, sillä ne eivät sijaitse huoneiston sisällä. Myös lämpimän käyttöveden lämpökuorman osuus huoneiston lämmityksestä oletetaan merkityksettömäksi.

Mallihuoneisto 6:een voidaan määrittää myös lämmityksen tavoitetaso, jossa huoneiston lämpöenergiankulutuksesta on vähennetty sisälämpötilojen erotuksen osuus suhteessa ulkoilmaan. Korjataan lämmitysenergiankulutusta siis vastaavasti, mitä rakennustason tarkastelussa tehtiin, mutta huoneistotasolla tarkastelua voidaan vielä tarkentaa, sillä aikaohjelman mukaan automaation tulisi ohjata sisälämpötila alhaisemmaksi yöaikana. Tavoiteuraa määritettäessä asetetaan päivän sisälämpötilatavoite 21 asteeseen ja yöajan tavoite 20 asteeseen. Yöaikana pidetään ohjauksen mukaista kuutta tuntia vuorokaudessa.

Kuvaan 6.18 on kerätty Mallihuoneisto 6:n lämmitystarveluvuilla painotettu toteutunut kulutus, tavoitekulutus sekä laskennallinen kulutus. Kuvaajan negatiivisella puolella on esitetty toteutunut sähköenergiankulutus sekä laskennallinen kulutus. Kuvasta 6.18 nähdään, että, tilalämmityksen lämpöenergiankulutus on suurempaa laskennalliseen verrattuna myös tavoiteuran osalta. Toisin sanoen, mikäli huoneistossa päivän sisälämpötila olisi ollut 21 astetta ja yön 20 astetta, niin silti lämpöenergiaa olisi kulunut enemmän. Myös sähköenergiaa kuluu enemmän, joten tilaa lämmittävä kokonaisenergiankulutus poikkeaa laskennallisesta.

Kuvien 6.17 ja 6.18 avulla voidaan arvioida ongelmakohtia, jotka voivat selittää kulutuspoikkeamaa. Esimerkiksi helmikuun 2. päivänä lämmitysenergiaa kuluu yhtä paljon, vaikka laskennassa ulkolämpötila on -9 astetta ja toteutunut lämpötila vain -1 astetta ja näin ollen lämmitystarvelukujen suhde on noin 1,4. Kyseisenä ajankohtana myös sähköenergiankulutuksessa on tehopiikki. Tätä kulutusta ei siis voida selittää fysikaalisesti, vaan poikkeama voi aiheutua esimerkiksi huoneiston voimakkaasta tuuletuksesta.

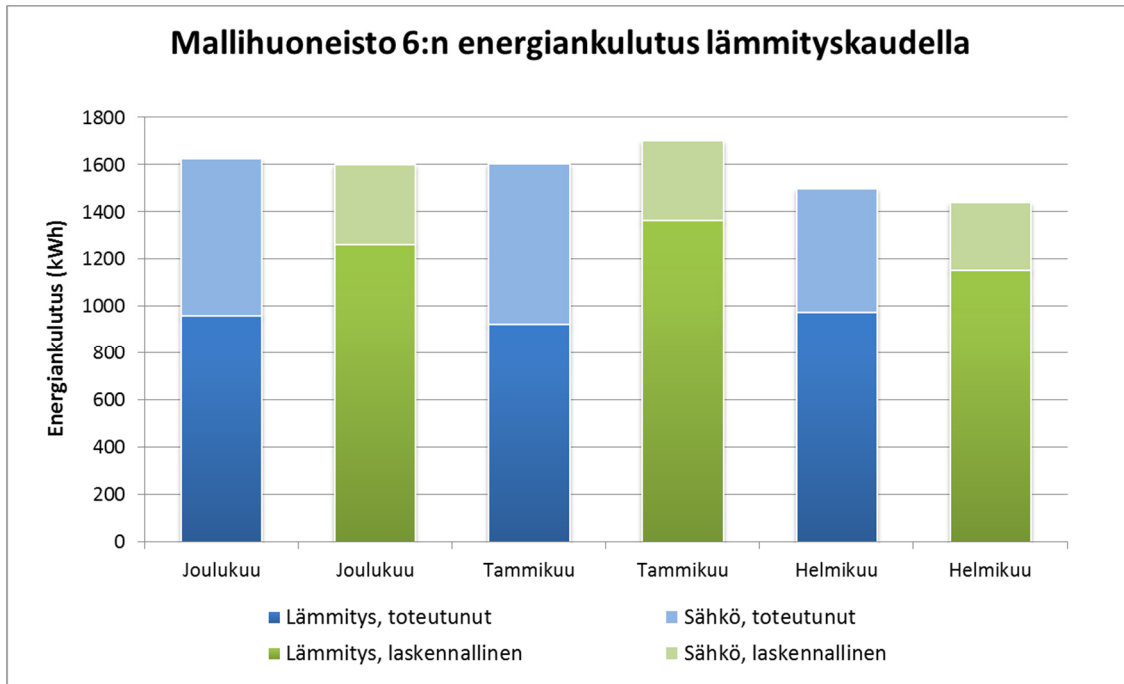
Kuvan 6.18 mukaisesta tavoiteurasta voidaan suoraan arvioida lämmitysenergian säästöpotentiaalia, mikäli sisälämpötilat olisivat tavoitetason mukaisia. Mallihuoneisto 6:n osalta lämpöenergiankulutus voisi olla 12-14 % vähemmän kuukaudesta riippuen. Tarkastelua voidaan käyttää apuna kaikkien mallihuoneistojen säästöpotentiaalini arvioimisessa.



Kuva 6.18 Mallihuoneisto 6:n energiankulutus lämmityskaudella. Kuvasta nähdään, että lämmitysjärjestelmä toimii pääsääntöisesti järkevästi. Kun huoneiston sähkölaitteita käytetään ja sähköenergiankulutus on korkealla, niin tästä syntyvä lämpökuorma pienentää lämmitysenergian tarvetta ja kulutus pienenee. Silti tilaa lämmittävä toteutunut kokonaiskulutus ylittää laskennallisen. Kuvasta nähdään myös tilanteita, jossa sekä sähkön että lämmitysenergian kulutuksessa on yhtäaikainen kulutuspiikki. Sähkölaitteiden suuri lämpökuorma voi aiheuttaa tuuletustarvetta, mikä osaltaan voi nostaa lämmitysenergiankulutusta.

Lämpöenergian suuren kulutuksen kannalta voidaan vielä tarkastella muutamaa tekijää: lämpöenergiaa voi kulua muuhun tarkoitukseen tai asunnossa tuuletetaan paljon. Tarkastelun yhteydessä voidaan tutkia minne muualle lämpöenergiaa kuluu. Mikäli naapuritilassa on tiettyä ajankohtana alhaisempi sisälämpötila Mallihuoneisto 6:n sisälämpötilaan verrattuna, niin silloin lämpöenergiaa siirtyy naapuritilaan väliseinän lämmönläpäisevyydestä riippuvalla lämpövirran tiheydellä. Lämpövirran tiheys tulisi laskea jokaiseen naapuritilaan, joilla on yhteistä vaippapinta-alaa Mallihuoneisto 6:n kanssa.

Mallihuoneisto 6:n naapurihuoneistot kuluttivat lämmitysenergiaa lämmitysjaksolla noin 10-25 % vähemmän laskennalliseen verrattuna. Naapurihuoneistojen keskimääräinen sisälämpötila koko tarkastelujakson aikana oli noin 1,5-2,7 celsiusastetta matalampi. Lämmitysenergian kulutuksen analysoinnin tueksi rakennettiin uusi energiamalli, jossa Mallihuoneisto 6:een sekä sen naapurihuoneistoihin asetettiin lämmityskauden keskimääräiset toteutuneet sisälämpötilat. Simuloinnin tulokset nähdään kuvassa 6.19, jossa toteutunut kokonaisenergiankulutus on hyvin lähellä lämpötilakorjatun laskentamallin kulutusta.



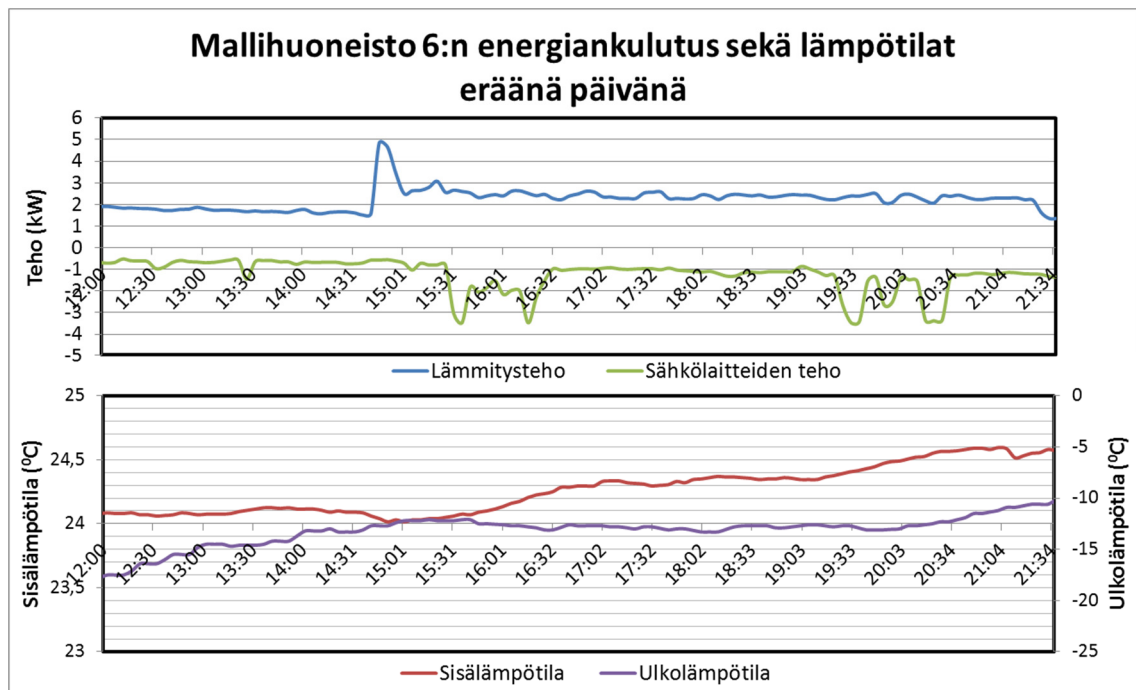
Kuva 6.19 Mallihuoneiston 6 toteutunut energiankulutus vastaa melko tarkasti laskennallista kulutusta, kun energiamalli on lämpötilakorjattu toteutuneiden sisäilmasto-olosuhteiden mukaisiksi.

Kuvasta 6.19 nähdään, että lämpötilakorjattu laskennallinen kulutus on nyt noin 20 % suurempi kuvan 6.18 laskennalliseen verrattuna. Simuloitujen tulosten perusteella kulutus voitaisiin pienentää laskennalliseen tasoon, mikäli naapuritilojen sisälämpötilat olisivat lähellä tavoitetasoa.

Tarkastelussa ei otettu huomioon mahdollista tuuletusta. Korkeat sisälämpötilat aiheuttavat tavanomaisesti tuuletustarvetta huoneistossa. Tuuletus ei välttämättä pienennä sisäilman lämpötilaa tehokkaasti, koska lämmityspatterit reagoivat kylmään tuuletusilmaan lämmittämällä tilaa entistä tehokkaammin. Tuuletusta voitaisiin arvioida hetkellisen lämmitysenergiakulutuksen ja sisäilman lämpötilan samanaikaisella seurannalla. Luotettavan tiedon aikaansaamiseksi myös asukashaastatteluissa tulee selvittää tuuletuksen käyttö.

Kuvassa 6.20 on esitetty Mallihuoneisto 6:n lämmitysteho, huoneistosähkön teho sekä keskimääräinen sisälämpötila ja ulkolämpötila eräänä päivänä. Kuvasta nähdään selvästi tilalämmityksen tehon kasvavan nopeasti kello 14:45. Lämmitysteho nousee

lähes kolminkertaiseksi lyhyessä ajassa. Kuvasta 6.20 huomataan myös, että sisä- ja ulkolämpötilat sekä huoneistosähkön teho eivät juurikaan muutu edellä mainitun ajan-kohtana eikä heti sen jälkeen. Lämmitystehon kohdalta tilanne näyttää normalisoituvan noin kello 15:30. Tämä lämmitysenergiankulutuksen voidaan olettaa aiheutuvan huoneiston kevyestä tuuleuksesta. Tuuletuksen aikana lämmitysenergiaa kuluu siis noin 2,5 kWh, kun perusuran mukaan energiaa olisi voinut kulua noin 1 kWh. Tämä tuuletusker- ta lisäsi kyseisen päivän kulutusta noin 3 %.



Kuva 6.20 Mallihuoneisto 6:n energiankulutus sekä lämpötilat eräänä päivänä. Kuvasta nähdään, että huoneistossa tuuletetaan iltapäivällä, joka aiheuttaa lämmitystehon hetkellisen kolminkertaistumisen.

Tuuletuksen vaikutusta testattiin Adjutantien yhdessä huoneistossa luotettavamman arvi- on saamiseksi. Testissä kaikki tuuletusikkunat sekä parvekkeen ovi avattiin. Ovi oli auki enintään 10 minuuttia ja tuuletusikkunat jäivät raolleen noin kolmeksi tunniksi. Tämä toimenpide nosti testihuoneiston kulutusta noin 5 kWh, joka tarkoitti päiväkulutukseen noin 12 % lisäystä. Näin ollen tuuletuksen luotettavassa arvioinnissa tulisi tietää tuule- tuksen ajankohta sekä sen kesto, sillä tuuletuskohtia voi olla vaikea havaita pelkän kulu- tustarkastelun perusteella

6.3.2 Suhteellinen kulutus

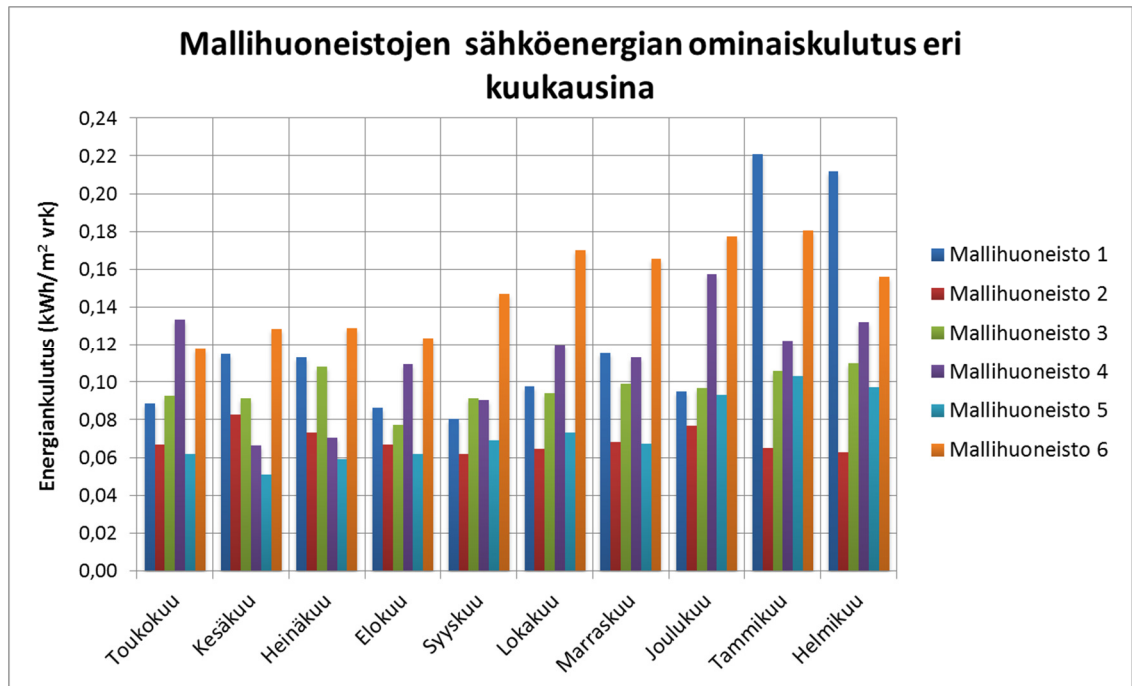
Edellä energiankulutusta käsiteltiin absoluuttisilla arvoilla. Mikäli mallihuoneistoja ver- taitaisiin keskenään, tulisi määrittää indikaattorit energiankulutuksen normitukseen. Tässä tapauksessa indikaattoreina voidaan käyttää esimerkiksi huoneiston tilavuutta, pinta-alaa tai henkilömäärää. Sähkönkulutuksen normitukseen sopii todennäköisesti paremmin pinta-alaperusteinen indikointi henkilöperusteista paremmin, sillä vaikka

kuluttaja asuisi yksin suurehkossa huoneistossa, niin hänellä voi olla yhtä paljon kuluttajalaitteita kuin kahden hengen taloudessa. Toisaalta pienessä asunnossa voi asua useampia henkilöitä, jolloin pinta-alaperusteinen indikointi voi aiheuttaa suuren ominaiskulutuksen. Käyttöveden normitukseen tulisi käyttää henkilöperusteista indikaattoria, sillä yksin asuvan kulutus ei todennäköisesti ole yhtä suurta kahden hengen talouteen verrattuna, vaikka yksinasuvalla olisi suuri huoneisto.

Lämmitysenergiankulutusta on vaikea verrata huoneistojen välillä, sillä huoneistoilla on hyvin erilaiset lämmitystarpeet. Indikaattoreina ei voida suoraan käyttää esimerkiksi huoneiston lämpöhäviöitä, koska myös ilmansuunta vaikuttaa lämmitysenergiatarpeeseen. Lämmitysenergiankulutuksen vertailun kompleksisuutta lisäävät vielä sisäiset lämpökuormat, joita voi olla eri määrä eri huoneistoissa. Tilalämmitysenergian normituksen apuna voisi käyttää huoneistojen sisälämpötiloja, jossa vertailutaso on asetettu optimilämpötilaan.

Kuvassa 6.21 on esitetty mallihuoneistojen sähköenergian vuorokauden ominaiskulutus huoneiston pinta-alaan suhteutettuna. Pienimmillään vuorokausikulutus on noin $0,05 \text{ kWh/m}^2$ ja suurimmillaan yli $0,2 \text{ kWh/m}^2$. Laskennallinen kulutus on noin $0,05 \text{ kWh/m}^2$ vuorokaudessa. Kuvasta 6.21 nähdään, että eri huoneistojen ominaiskulutus eri kuukausien välillä ei ole sama. Talvikuukausina sähköenergiaa käytetään suhteessa enemmän kesäkuukausiin verrattuna. Huoneistojen välillä ominaiskulutukset vaihtelevat, sillä esimerkiksi Mallihuoneisto 6:n ominaiskulutus lähes jokaisena kuukautena on lähes kaksinkertainen Mallihuoneisto 2:n kulutukseen verrattuna. Vaikka ominaiskulutukset vaihtelevat eri huoneistojen välillä, ominaiskulutuksen vaihtelu huoneistojen sisällä eri kuukausina muodostuu melko samanlaiseksi.

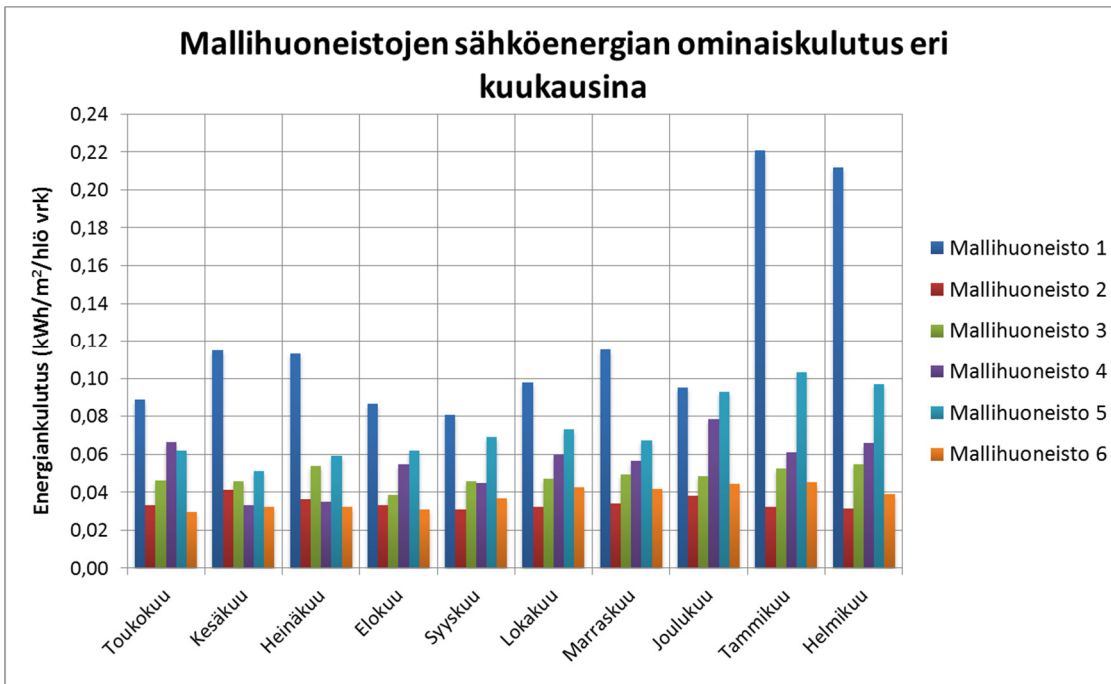
Sähköenergian pinta-alaperusteisesta vertailusta ei voida päätellä muuta kuin, mikä huoneisto kuluttaa suhteessa pinta-alaan eniten, mikä vähiten ja mikä on keskimääräinen kulutustaso. Kuvasta 6.21 ei pystytä arvioimaan esimerkiksi kotitalouslaitteiden määrää ja niiden käyttöintensiiteettiä. Sähköenergiakulutus tulisi jaotella kulutuspisteittäin, jotta pystytään ymmärtämään kokonaisenergiankulutuksen muodostumista. Mikäli energiankulutus esitettäisiin kulutuspisteittäin, voitaisiin nähdä esimerkiksi epäkuntoisen laitteen aiheuttama ylimääräinen energiankulutus.



Kuva 6.21 Mallihuoneistojen vuorokausittainen sähköenergiankulutus huoneiston pinta-alaa kohden eri kuukausina. Pinta-alaperusteinen indikointi hahmottaa mallihuoneistojen sähkönkulutusten eroja. Käytännössä voitaisiin olettaa pienempien asuntojen kuluttavan sähköenergiaa suhteessa enemmän, mutta näin aina tapahdu.

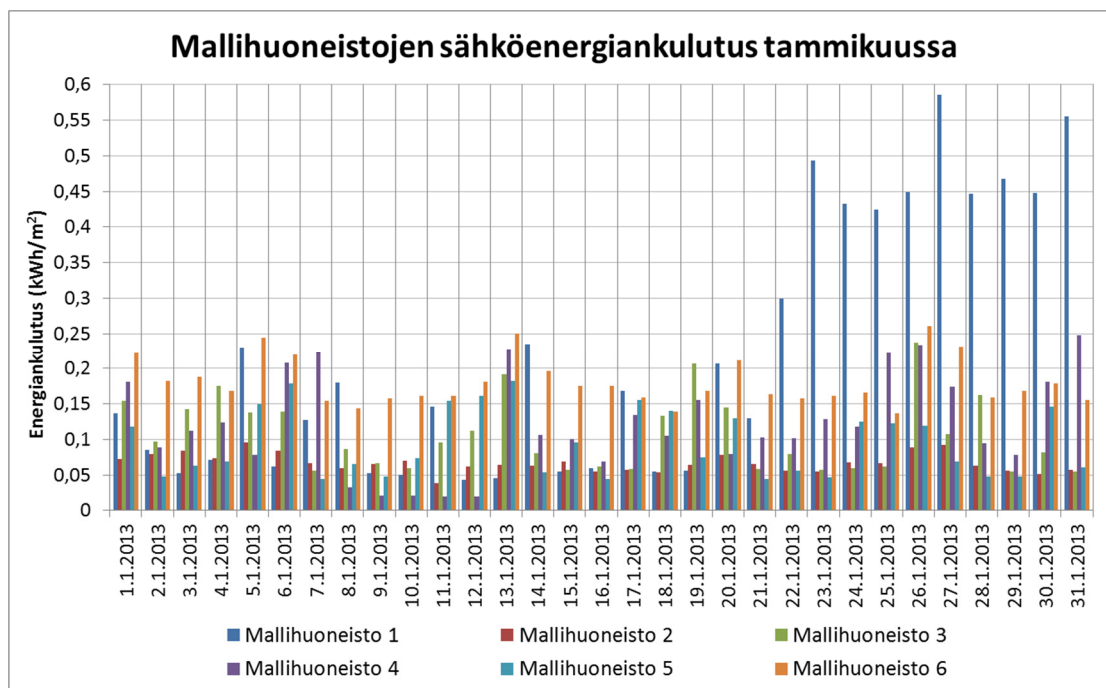
Kuvassa 6.21 ominaiskulutuksessa ei huomioitu henkilömäärää. Esimerkiksi Mallihuoneisto 6:ssa asuu neljä henkilöä, jolloin asunnon henkilötiheys on 0,033 henkilöä pinta-alayksikköä kohden. Mallihuoneisto 1:ssä ja 5:ssä asuu vain yksi henkilö, jolloin näiden huoneistojen henkilötiheys on vain noin puolet Mallihuoneisto 6 verrattuna. Näin ollen huoneistoissa, joissa on pienempi henkilötiheys, on suurempi ominaiskulutus. Kuvaa 6.21 voidaan siis muokata siten, että kuukauden vuorokautinen kulutus jaetaan vielä huoneiston henkilömäärällä. Tällä tavoin voidaan ottaa huomioon myös henkilömäärästä riippuvaa kulutusta. Tulokset on esitetty kuvassa 6.22.

Kuvasta nähdään, että huoneistot, joissa asuu yksi henkilö, saavat suurimman ominaiskulutuksen. Mallihuoneisto 2:ssa, 3:ssa, 5:ssä ja 6:ssa asuu useampi kuin yksi henkilö, jolloin näiden asuntojen suhteen ominaiskulutus on lähempänä toisiaan ja näin ollen vertailukelpoisempi. Kuvista 6.21 ja 6.22 huomataan, että ensimmäisessä kuvassa suhteessa suurimmaksi kuluttajaksi osoittautui Mallihuoneisto 6, mutta jälkimmäisessä kuvassa tilanne muuttuu ja suurimman ominaiskulutuksen saa Mallihuoneisto 1.



Kuva 6.22 Mallihuoneistojen ominaisenergiankulutus eri kuukausina, kun indikaattorissa huomioidaan myös huoneiston asukasmäärä. Huoneistot, joissa on vähemmän asukkaita saavat suuremman ominaiskulutuksen.

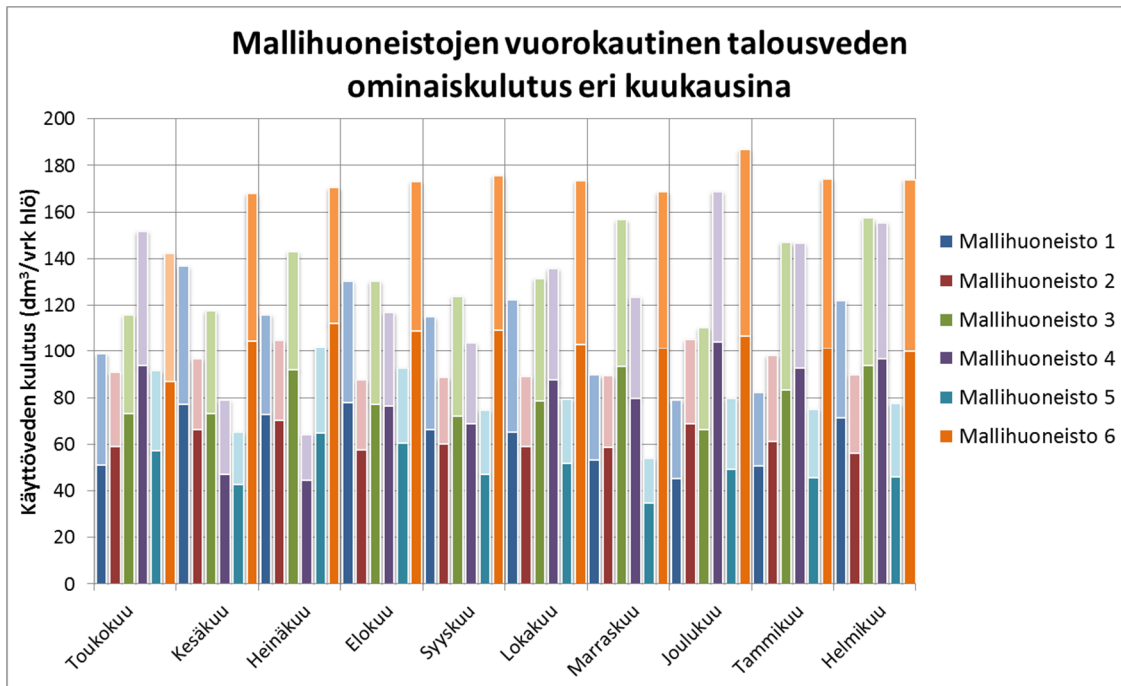
Sähköenergiankulutusta voidaan tarkastella myös kuukausitasoa tarkemmassa tasossa. Kuvasta 6.23 nähdään mallihuoneistojen sähköenergian ominaiskulutus päivittäin tammikuun aikana. Pääsääntöisesti viikonloppuisin sähköenergian kulutus on suurempaa arkipäiviin verrattuna, jolloin viikonloppuna syntyneellä kulutuksella on suurempi merkitys kuukauden ominaiskulutuksen muodostumiseen. Kuvasta huomataan, että Mallihuoneisto 1:ssä otetaan tammikuun loppupuolella jokin laite käyttöön, joka nostaa ominaiskulutusta. Vastaavasti Mallihuoneisto 4:n ominaisenergiankulutus laskee niin pieneksi tammikuun 9. päivästä 12. päivään, että huoneistossa ei todennäköisesti olla paikalla. Sähköenergiankulutusta on vaikea hahmottaa ilman energiankulutuksen jakamista kulutusasteittain. Mikäli sähköenergiankulutus jaettaisiin esimerkiksi valaistuksen, kotitalouslaitteiden sekä muiden eri laiteryhmiä kesken, olisi kulutuksen muodostumista helpompi ymmärtää.



Kuva 6.23 Mallihuoneistojen sähköenergiankulutus päivittäin tammikuussa. Kulutus vaihtelee vuorokausittain. Kulutus kasvaa erityisesti viikonloppuisin. Mallihuoneisto 1:n kulutus nousee suureksi kuukauden loppupuolella, mikä saattaa johtua esimerkiksi parvekelämmittämisestä.

Vastaava huoneistojen ominaiskulutustarkastelu voidaan tehdä myös vedenkulutuksen osalta. Kuvassa 6.24 nähdään käyttöveden kuukausittainen kulutus suhteessa mallihuoneiston henkilömäärään. Palkiston tummempi osuus kuvaa kylmän käyttöveden kulutusta ja vaaleampi osuus lämpimän käyttöveden kulutusta. Kappaleen 3.2.1 mukaan vuorokautinen vedenkulutus huoneistokohtaisilla vesimittareilla varustetuissa asunnoissa on tavanomaisesti 130 litraa henkilöä kohden, josta lämpimän käyttöveden osuus on noin 40 %. Puolet mallihuoneistoista alitti laskennallisen ominaiskulutuksen tarkastelujakson aikana. Mallihuoneistossa 2 ja 5 vedenkulutus pysyi alle laskennallisen koko tarkastelujakson ajan. Kuvasta 6.24 nähdään, että lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta vaihtelee 32 % ja 48 % välillä. Keskimäärin käyttövettä kuluu vuorokaudessa 118 litraa asukasta kohden.

Vastaavasti, kuten sähköenergian ominaiskulutuksessa, myös käyttöveden henkilöperusteinen kulutus vaihtelee eri huoneistojen välillä. Esimerkiksi Mallihuoneisto 6:ssa käyttövettä käytetään ajoittain kaksi kertaa enemmän Mallihuoneisto 5:n ominaiskulutukseen verrattuna. Osassa huoneistoista pelkästään lämpimän käyttöveden kulutus vastaa toisen huoneiston kokonaiskulutusta. Kuukausitasoa tarkempi tarkastelu ei tässä vaiheessa ole perusteltua käyttöveden kulutuksen osalta, sillä yksityiskohtaista kulutusta ei tunneta.



Kuva 6.24 Mallihuoneistojen kuukausittainen kylmän ja lämpimän käyttöveden kulutus. Tummempi väri osoittaa kylmän ja vaaleampi lämpimän käyttöveden kulutusta. Pääsääntöisesti käyttövettä kuluu laskennallista vähemmän lukuun ottamatta muutamaa mallihuoneistoa.

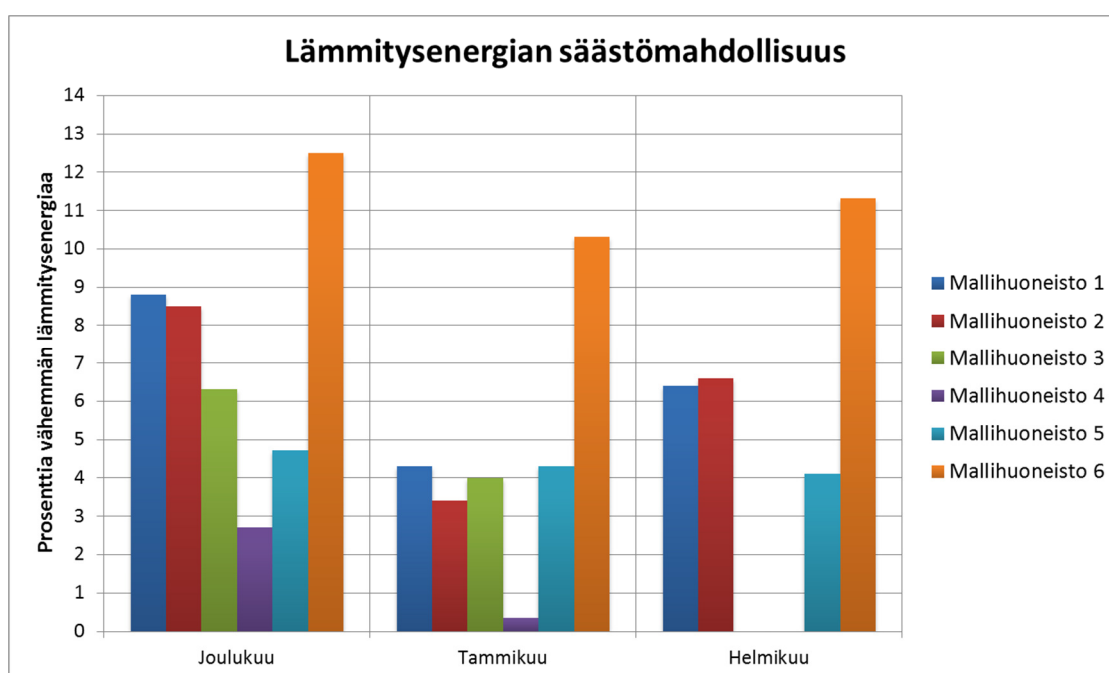
Mallihuoneistojen energian- ja vedenkäytön tehokkuutta kuvaavista kuvista nähdään kulutuksen suurehko hajonta. Kuvaajat saataisiin näyttämään paremmilta, mikäli vertailu tehtäisiin ainoastaan huoneiston sisällä ja vertailuarvo olisi edellisen kuukauden ominaiskulutus. Koska vertailutaso on huoneiston sisällä, huoneiston energiatehokkuutta ei pystytä näin arvioimaan. Esimerkiksi Mallihuoneisto 6:n lämpimän käyttöveden kulutus tammikuussa näyttää pienentyneen joulukuuhun verrattuna, mutta verrattaessa Mallihuoneisto 5:n kulutukseen, on Mallihuoneisto 6:n veden ominaiskulutus lähes kaksinkertainen.

Kuukausitason ominaiskulutustarkastelua voidaan hyödyntää huoneistojen vertailun sijasta esimerkiksi pitkän tähtäimen kulutustavoitteiden asettamisen apuna. Tarkempaa tarkastelua tulisi käyttää, jotta poikkeamia pystytään ymmärtämään. Kuukausitason tarkastelusta ei nähdä kulutuksen muodostumista kuukauden aikana, jolloin kulutuspoikkeamia on vaikea yrittää selittää.

Lämmitysenergiakulutusta ei ole järkevää suhteuttaa esimerkiksi asunnon tilavuuteen, sillä siinä tulisi huomioida myös eri huoneistojen erilaiset lähtökohdat esimerkiksi lämpöhäviöiden ja lämpökuormien suhteen. Lämmitysenergiakulutuksen vertailussa voidaan käyttää edellisessä kappaleessa käytettyä sisälämpötiloihin perustuvaa laskentatapaa: silloin, kun sisälämpötila on yli 21 astetta ja lämpöenergiaa kuluu, se voidaan katsoa säästettäväksi. Tätä sisälämpötiloihin perustuvaa lämpöenergiatarkastelua voidaan käyttää huoneistojen keskinäisessä vertailussa, koska huoneiston lämmitystarpeella ei laskentatavassa ole merkitystä. Tarkastelu kertoo myös huoneiston säästömahdolli-

suuden tilojen lämmitysenergian suhteen, mikäli sisälämpötila pidettäisiin lähellä tavoitelämpötilaa.

Kuvassa 6.18 esitetty Mallihuoneisto 6:lle tehty sisälämpötilatarkastelu voidaan suorittaa myös muiden huoneistojen osalta. Kuvassa 6.25 on esitetty suhteellinen lämpöenergiaosuus, joka on kulunut huoneiston lämmittämiseen yli 21 asteeseen. Mikäli huoneiston huoneiden keskimääräinen lämpötila olisi ollut alle tavoiterajan, niin kuvaajan palkisto olisi piirtynyt negatiiviselle puolelle. Tässä tapauksessa kaikissa pilotointiympäristön huoneistoissa tilaa lämmitettiin yli tavoiterajojen. Mallihuoneisto 6:ssa kului tilan lämmittämiseen tavoitelämpötilan yläpuolelle suhteessa yli kaksi kertaa enemmän lämmitysenergiaa, mitä Mallihuoneisto 3:ssa, 4:ssä ja 5:ssä. Mallihuoneisto 4:ssä lämmitysenergiaa ei juurikaan käytetty huoneiston lämmittämiseen yli 21 asteen.



Kuva 6.25 Mallihuoneistojen tilalämmitysenergian säästömahdollisuus. Säästömahdollisuus on laskettu sisälämpötiloihin perustuvalla laskentamenetelmällä.

Sisälämpötiloihin perustuvaa tarkastelua voidaan käyttää myös suoraan lämmitysenergian säästöpotentiaalin arvioimiseen. Kuvan 6.25 palkiston prosenttiosuudella kuvataan, missä suhteessa lämmitysenergiaa kyseisenä kuukautena voitaisiin kuluttaa vähemmän, mikäli tavoitelämpötila olisi asetettu aikaisemmin määritetyn tavan mukaan. Tässä tapauksessa tavoiteraja on asetettu yhteen mahdolliseen kohtaan. On kuitenkin huomiotava, että asukkailla on mahdollisuus itse säätää sisälämpötila asetettujen raja-arvojen puitteissa. Kuvassa 6.25 esitetty lämmitysenergian säästöpotentiaali voidaan siis saavuttaa asukkaiden sisälämpötilojen asetuservojen muutoksella.

6.4 Huoneistojen energiankulutus toisessa vaiheessa

Tutkimuksen toisessa analysointivaiheessa tarkastellaan kulutuksen muodostumista rinnakkaisversion käyttöönoton yhteydessä tuotujen uusien toimintojen käyttöönoton jälkeen. Rinnakkaisversioon liittyvät uudet toiminnot saatiin käyttöön maaliskuun alkupuolella vuonna 2013 ja niiden käyttöä seurattiin 30 päivän ajan. Asukkaille ilmoitettiin uusien toimintojen käyttöönotosta ja niiden käyttöä opastettiin. Uusien palveluiden rakentamisessa hyödynnettiin ensimmäisen analysointivaiheen tietoja. Esimerkiksi pilotointiympäristön huoneistojen kulutustavoite-rajat sähkön ja käyttöveden osalta määritettiin aikaisemman kappaleen suhteellisen kulutustarkastelun mukaan.

Uusien toimintojen käyttöönoton jälkeen voidaan toteutunutta energiankulutusta verrata kulutukseen, joka oli kertynyt ennen toimintojen käyttöönottoa. Tällä tavalla voidaan arvioida uusien toimintojen vaikutusta asukkaiden energiankäyttöön. Sähkön kulutus pistekohtaisesta mittaustiedosta voidaan arvioida edelleen energian turhaa käyttöä. Kulutus pistekohtaisen mittauksen avulla voidaan kulutusta siirtää osittain eri ajankohdille, mitä voidaan hyödyntää kannattavuuden analysoinnissa.

6.4.1 Kulutustavoitteiden asettaminen ja toteutumisen seuranta

Rinnakkaisversion käyttöönoton yhteydessä pilotointiympäristön huoneistoille asetettiin kulutustavoitteet sähköenergian ja käyttöveden kulutuksen osalta. Lämmitysenergian osalta kulutustavoitteen asettamista ei nähdä tarpeelliseksi, koska ilmasto-olosuhteet määräävät kulutustason. Lämmitysenergiaa voidaan tarkastella toteutuneiden sisä- ja ulkolämpötilojen, asetettujen lämpötilarajojen ja kulutetun lämpöenergian kannalta.

Tavoitteet esitettiin kuluttajille kuukausitasolla kumulatiivisena kertymänä. Pitkän tähtäimen tavoitteen etuna nähtiin kulutuksen joustavuus. Mikäli kulutus kuukauden loppupuoliskolla olisi yli tavoite-ajan, kuluttaja ehtii vielä muuttamaan kulutuskäyttäytymistä tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteiden seuraaminen lyhyemmällä aikajaksolla voi aiheuttaa kuluttajassa turhautumista, koska kulutuspoikkeamat voivat olla suuria, eikä näin ollen tavoite-ajaa voi enää saavuttaa.

Tavoitteiden asettelussa käytettiin huoneistojen aikaisempia energian kulutuslukuja. Keskimääräisiä ja yleisiä kerrostaloasuntojen kulutuslukuja ei ole viisasta käyttää, koska ominaiskulutusten poikkeamat näistä lukemista olivat paikoittain suuria. Osassa huoneistoissa oltiin keskimääräistä kulutusta korkeammalla tasolla, jolloin tavoitteen saavuttaminen olisi ollut mahdotonta, kun taas osassa huoneistoissa oltiin keskimääräisiä kulutustasoja alemmalla tasolla, jolloin tavoite olisi saavutettu jo etukäteen.

Kuvasta 6.21 huomattiin, että huoneistojen ominaiskulutukset poikkeavat toisistaan. Esimerkiksi Mallihuoneisto 6:n sähköenergian ominaiskulutus tammikuun osalta on yli kolminkertainen Mallihuoneiston 2:n sähköenergian ominaiskulutukseen verrattuna. Huoneistojen välillä ominaiskulutusvaihtelu johtuvat todennäköisesti erilaisista kuluttajista, huoneistojen varustelutasosta ja laitteiden käyttöasteesta. Vastaava ilmiö nähdään myös huoneistojen sisällä eri kuukausina: Mallihuoneisto 6:n ominaiskulutus on tammikuun osalta noin puolet suurempi elokuun kulutukseen verrattuna. Kulutuksen vaihtelu

voi aiheutua esimerkiksi eri vuodenaajoista riippuvista lomista ja juhlapyhistä. Näin ollen tavoitetta ei voida asettaa kaikille mallihuoneistoille samanlaisiksi.

Mallihuoneistojen tavoiterajat määriteltiin kuvien 6.21 ja 6.24 kuukauden ominaiskulutusten perusteella. Keskimääräinen kulutus laskettiin kymmenen kuukauden keskiarvosta. Keskiarvon varianssin hallitsemiseksi, otoksesta poistettiin kuukaudet, joissa ominaiskulutus oli suurin sekä pienin. Varianssin pienentämisellä pyritään hallitsemaan vuodenaajoista riippuvien toimintojen kuten lomien vaikutusta keskiarvoon.

Kuvista 6.21 ja 6.24 etsittiin mallihuoneistot, joiden edellä mainittu keskiarvo oli pienin. Voidaan olettaa, että tässä huoneistossa energiankäyttö on tehokkainta. Mitä pienempi huoneiston ominaiskulutuksen keskiarvo on, sitä vähemmän energiaa pystytään suhteessa säästämään. Esimerkiksi Mallihuoneisto 6:n sähköenergian ominaiskulutuksen keskiarvo oli noin kaksi kertaa suurempi kuin pienimmän keskimääräisen ominaiskulutuksen omaavan huoneiston. Tällöin voidaan ajatella, että Mallihuoneisto 6:lla on kaksi kertaa enemmän mahdollisuuksia säästää energiaa. Tällä keinolla otetaan huomioon huoneistojen eri lähtökohdat.

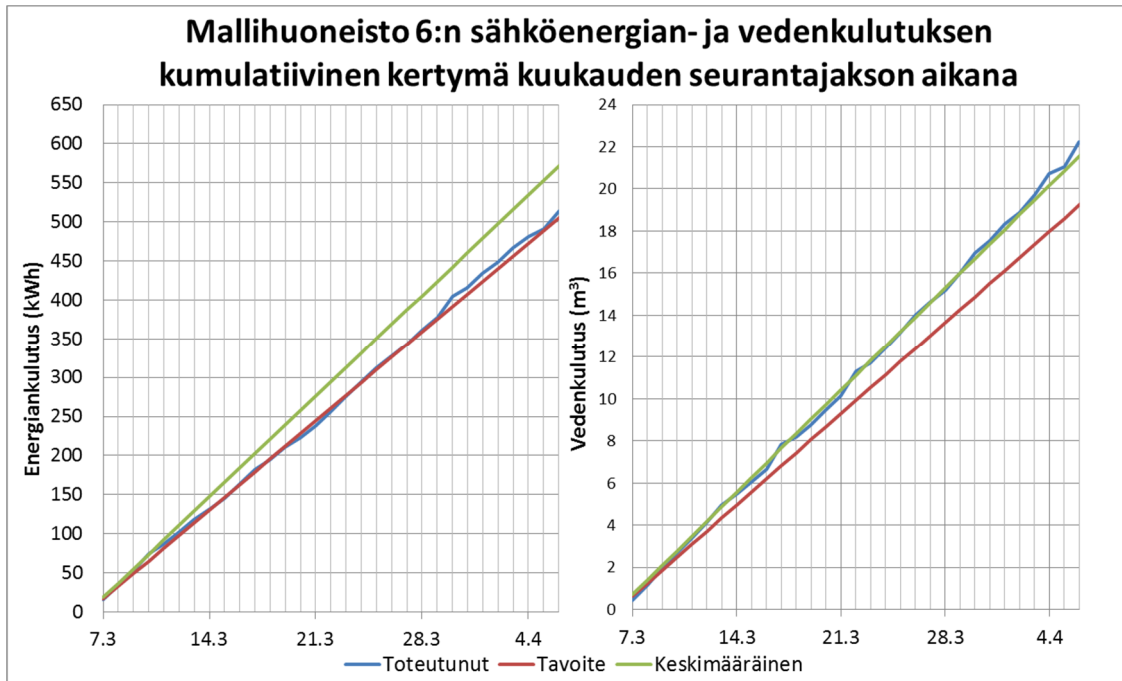
Tavoitetason määrittelemiseen käytetään siis best practice -mentelmää, jossa vertailutasona käytetään pienimmän keskimääräisen ominaiskulutuksen omaavaa huoneistoa sekä sille asetettua säästötavoitetta. Taulukossa 6.2 on vihreällä värillä eroteltu huoneistot, joiden ominaiskulutus oli pienin sähköenergian ja käyttöveden osalta. Näiden huoneistojen säästötavoitteeksi asetettiin viisi prosenttiyksikköä. Muiden huoneistojen säästöprosentit saadaan ominaiskulutuksien suhteesta.

Taulukko 6.2 Mallihuoneistojen säästötavoitteet sähköenergian- ja käyttöveden kulutuksen osalta.

		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Sähköenergia							
Ominaiskulutuksen keskiarvo	kWh/m ² vrk	0,12	0,07	0,10	0,12	0,08	0,15
Ominaiskulutuksen suhde huoneistoon, jolla pienin ominaiskulutus	%	171 %	100 %	143 %	171 %	114 %	214 %
Säästötavoite	%	9 %	5 %	7 %	9 %	6 %	11 %
Käyttövesi							
Ominaiskulutuksen keskiarvo	dm ³ /hlö vrk	111	94	136	134	80	173
Ominaiskulutuksen suhde huoneistoon, jolla pienin ominaiskulutus	%	139 %	118 %	170 %	168 %	100 %	216 %
Säästötavoite	%	7 %	6 %	9 %	8 %	5 %	11 %

Huoneistokohtaiset kulustavoitteet asetettiin kullekin huoneistolle ja sen toteutumista seurattiin 30 päivän ajan. Tavoitetta voidaan seurata esimerkiksi päivätason ominaiskulutuksen mukaan, mutta se ei ole kovin merkityksellistä, koska päivittäinen kulutusvaihtelu voi olla ajoittain suurta. Tässä tutkimuksessa kulustavoitteen toteutumista seurattiin kuukausitasolla.

Mallihuoneisto 6:n toteutuneen, keskimääräisen sekä tavoitteellisen kulutuksen kumulatiiviset kertymät nähdään kuvassa 6.24. Kuvan vasemmalla puolella esitetään sähköenergiatiedot ja oikealla puolella vedenkulutuksen tiedot. Kuvasta 6.24 nähdään, että sähköenergian osalta Mallihuoneisto 6 saavutti sille asetetun tavoitteen seurantajakson aikana. Koko kuukauden aikana kertynyt kulutus seuraa melko tarkasti tavoitekertymää. Vedenkulutuksen osalta tilanne on toinen: toteutunut kulutus seuraa melko tarkasti huoneiston keskimääräistä ominaiskulutusta. Näin ollen kulutus pysyy lähes ennallaan keskimääräiseen kulutukseen nähden, eikä säästötavoitetta saavuteta.



Kuva 6.26 Mallihuoneisto 6:n sähköenergian- ja vedenkulutuksen kumulatiivinen kertymä 30 päivän seurantajakson aikana. Sähköenergian osalta kulutustavoite saavutetaan, mutta vedenkulutuksen osalta ei.

Tavoitteiden toteutumistarkastelu voidaan tehdä myös muille pilotointiympäristöön kuuluville huoneistoille. Taulukossa 6.3 on esitetty tavoitteen mukainen, keskimääräinen ja toteutunut kulutus. Solun eri väreillä kuvataan toteutuneen kulutuksen tasoa keskimääräiseen kulutukseen ja tavoitekulutukseen verrattuna. Vihreä väri osoittaa, että toteutunut kulutus alittaa tavoitekulutuksen, oranssi väri osoittaa, että toteutunut kulutus on tavoite ja keskimääräisen kulutuksen välissä ja punainen väri osoittaa, että myös keskimääräinen kulutus on ylitetty.

Taulukosta 6.3 nähdään että jokainen huoneisto saavutti tavoiterajan sähköenergiankulutuksen osalta lukuun ottamatta yhtä huoneistoa. Vedenkulutuksen osalta kulutustavoitteiden saavuttaminen vaikutti haastavammalta, sillä kaksi huoneisto alitti tavoitekulutuksen, kolme huoneisto alitti keskimääräisen kulutuksen ja yksi huoneistoa ylitti keskimääräisen kulutuksen.

Taulukko 6.3 Mallihuoneistojen tavoitekulutus, keskimääräinen kulutus sekä toteutunut kulutus. Eri väreillä osoitetaan toteutuneen kulutuksen suhde keskimääräiseen ja tavoitteeseen.

Sähkö		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Tavoite	kWh	211	189	195	310	144	522
Keskimääräinen	kWh	235	198	208	339	154	590
Toteutunut	kWh	256	170	191	258	121	513

Vesi							
Tavoite	dm ³	3296	5664	7968	7872	2432	19840
Keskimääräinen	dm ³	3584	6016	8704	8576	2624	22240
Toteutunut	dm ³	3335	6121	8552	6834	1841	22230

Yksinkertaistetusti voitaisiin olettaa, että aina kun huoneistossa alitetaan taulukon 6.3 mukainen keskimääräisen ominaiskulutuksen aiheuttama kertymä, syntynyt säästö on aiheutunut rinnakkaisversion uusien toimintojen seurauksesta. Näin karkea oletus ei kuitenkaan ole kovin luotettava, sillä huoneistojen kulutusten vertailussa jo nähtiin kulutuksen kertymisen erot eri kuukausien välillä. Myös seurantajakson osalta tämä on otettava huomioon. Eri kuukausista johtuvia häiriötekijöitä voidaan huomioida laskeamalla kunkin huoneiston uusi keskimääräinen ominaiskulutus, jossa on huomioitu myös seurantajakson kulutus. Mikäli tämä uusi ominaiskulutus muodostuu taulukon 6.3 keskimääräistä ominaiskulutusta pienemmäksi, voidaan olettaa, että säästöä on syntynyt järjestelmän toimintojen johdosta. Taulukkoon 6.4 on laskettu kunkin huoneiston uusi ominaiskulutus sekä sen suhde taulukossa 6.3 määritettyyn ominaiskulutukseen.

Taulukko 6.4 Mallihuoneistojen energiankäyttö maaliskuun osalta suhteutettuna alkuperäiseen ominaisenergiakulutukseen.

Sähkö		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Ominaiskulutus ennen	kWh/m ² vrk	0,120	0,070	0,100	0,120	0,080	0,150
Ominaiskulutus jälkeen	kWh/m ² vrk	0,122	0,069	0,099	0,117	0,078	0,149
Muutos alkuperäiseen	%	2 %	-1 %	-1 %	-2 %	-2 %	-1 %

Vesi							
Ominaiskulutus ennen	dm ³ /hlö vrk	111	94	136	134	80	173
Ominaiskulutus jälkeen	dm ³ /hlö vrk	111	95	136	131	78	174
Muutos alkuperäiseen	%	0 %	1 %	0 %	-2 %	-3 %	0 %

Taulukosta 6.4 nähdään, että sähköenergiankulutus pienentyi noin 1-2 % lukuun ottamatta yhtä huoneistoa, jossa sähköenergiankulutus nousi 2 %. Vedenkulutuksen osalta hajonta oli suurempaa. Mallihuoneisto 5:ssä käyttövedtä säästyivät eniten eli 3 %. Myös Mallihuoneisto 4:ssä säästöä kertyi 2 %. Muissa huoneistoissa kulutus ei pienentynyt. Ainoastaan Mallihuoneisto 2:ssä käyttövedenkulutus kasvoi.

6.4.2 Yksityiskohtainen tarkastelu

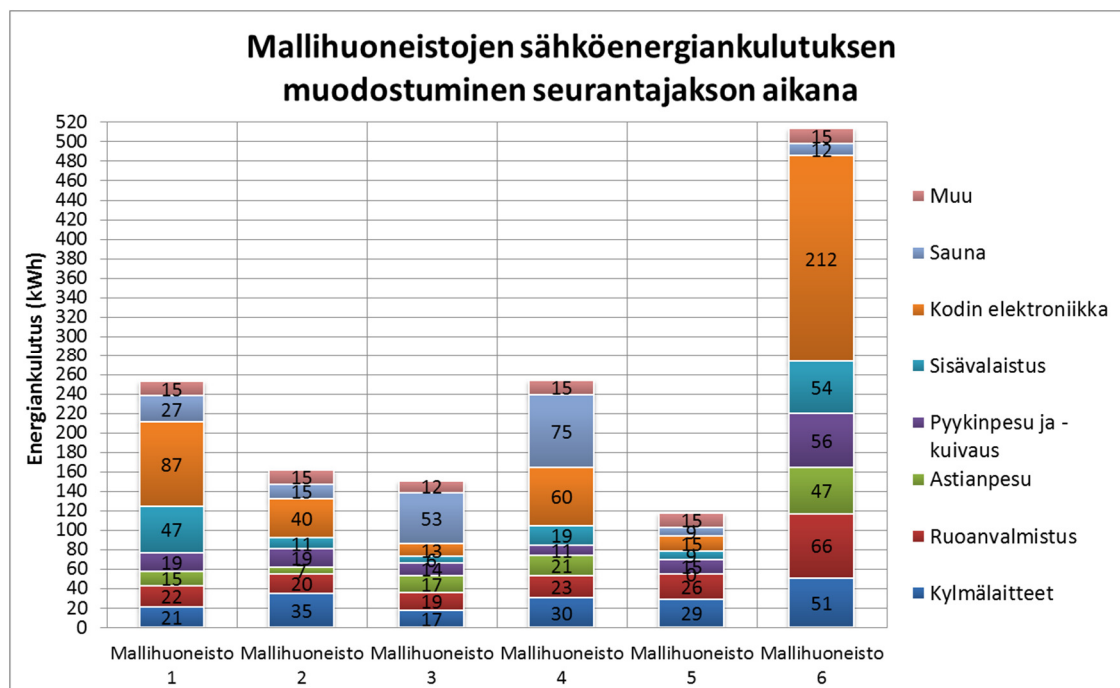
Sähköenergiankulutuksen osalta kulutuksen muodostumista voidaan tarkastella kulutus-
pistekohtaisesti. Kulutuspistekohtainen tarkastelu helpottaa kulutuksen muodostumisen
ymmärtämistä. Mikäli esimerkiksi jokin kodinkone kuluttaa merkittävästi enemmän
energiaa, tulisi sen kunto tarkistaa. Samalla myös nähdään, mitkä pisteet muodostavat
kotitalouden suurimman kulutuspiikin. Usein niissä laitteissa tai järjestelmissä, joissa
kulutus on suurta, muodostuu suurempi säästöpotentiaali, koska pienillä käytön muu-
toksilla voidaan saavuttaa jo suuria säästöjä. Kulutuspistekohtaisesta tarkastelusta voi-
daan arvioida sähköenergian säästömahdollisuutta esimerkiksi eliminoimalla laitteiden
valmiustilakulutusta sekä päivä- tai yöaikana valaistuksesta aiheutuvaa kulutusta. Kulu-
tuspistekohtaista mittausdataa voidaan hyödyntää myös kannattavuusanalyyseissä, sillä
esimerkiksi pesukoneiden aiheuttama kuorma voidaan suoraan siirtää ajankohtaan, jol-
loin energian hinta on halvempaa.

Mallihuoneistoissa kulutuspiikeet oli jaettu noin 15 eri mittauspisteeseen, riippuen
huoneiston huoneiden lukumäärästä. Valaistusta mitattiin kaikista makuuhuoneista, kyl-
pyhuoneesta, keittiöstä ja eteisestä sekä olohuoneesta. Kylpyhuoneissa mitattiin valais-
tuksen lisäksi myös pyykinpesukoneen sekä pyykinkuivaajan kulutusta. Keittiössä kulu-
tusta seurataan kylmälaitteiden, liedon sekä keittiön pistorasioiden osalta. Olohuonee-
seen on myös järjestetty yhden pistorasian mittaus, mutta tämä mittauspiste näyttää
useimmissa mallihuoneistoissa nolaa, koska pisteeseen ei ole kytketty laitteita. Loput
huoneiston sähköenergiankulutuksesta mitataan yhdestä mittauspisteestä, joka sisältää
huoneistosaunan sekä viihdelaitteiden kulutuksen.

Kuvasta 6.25 nähdään kulutuksen muodostuminen eri mallihuoneistoissa 30 päivän
seurantajakson aikana. Kuvassa 6.25 energiankulutus on jaoteltu kylmälaitteiden, ruo-
anvalmistuksen, astianpesun, pyykinpesun ja -kuivauksen, sisävalaistuksen, kodin elekt-
roniikan, saunan sekä muun kulutuksen välille. Vaikka kiukailla ei ollut erillistä mitta-
uspistettä, niin sen aiheuttama kulutus oli helppo nähdä kulutuksesta suurena kulutus-
piikkinä, jolloin myös sen osuus voidaan kirjata erikseen. Kuvasta 6.25 nähdään, että
mallihuoneistojen kulutuksen muodostuminen ei ole identtistä. Esimerkiksi Mallihuo-
neisto 4:n kulutusta nostaa aktiivinen saunan käyttö, kun taas Mallihuoneisto 2:n kulu-
tuksesta puolet muodostuu kodin elektroniikasta ja sisävalaistuksesta. Mallihuoneisto
5:n sähköenergiankulutus on melko pieni muihin huoneistoihin verrattuna. Todennäköi-
sesti Mallihuoneisto 5:n käyttöaste tarkastelujakson aikana on muita huoneistoja pie-
nempi.

Kuvasta 6.27 nähdään myös selvästi, että yhden hengen talouden kulutus voi olla
suurempi kahden hengen talouteen verrattuna. Esimerkiksi Mallihuoneisto 1:ssä asuu
vain yksi henkilö, mutta sen kulutus on suurempi verrattuna Mallihuoneisto 2:n ja 3:n
kulutukseen vaikka näissä huoneistoissa asuu kaksi henkilöä. Kuvasta 6.27 voidaan
myös suoraan päätellä suurimpien tekijöiden aiheuttavan suurimman säästöpotentiaal-
in. Esimerkiksi Mallihuoneisto 6:n kodin elektroniikkalaitteiden ja sisävalaistuksen käyttöä

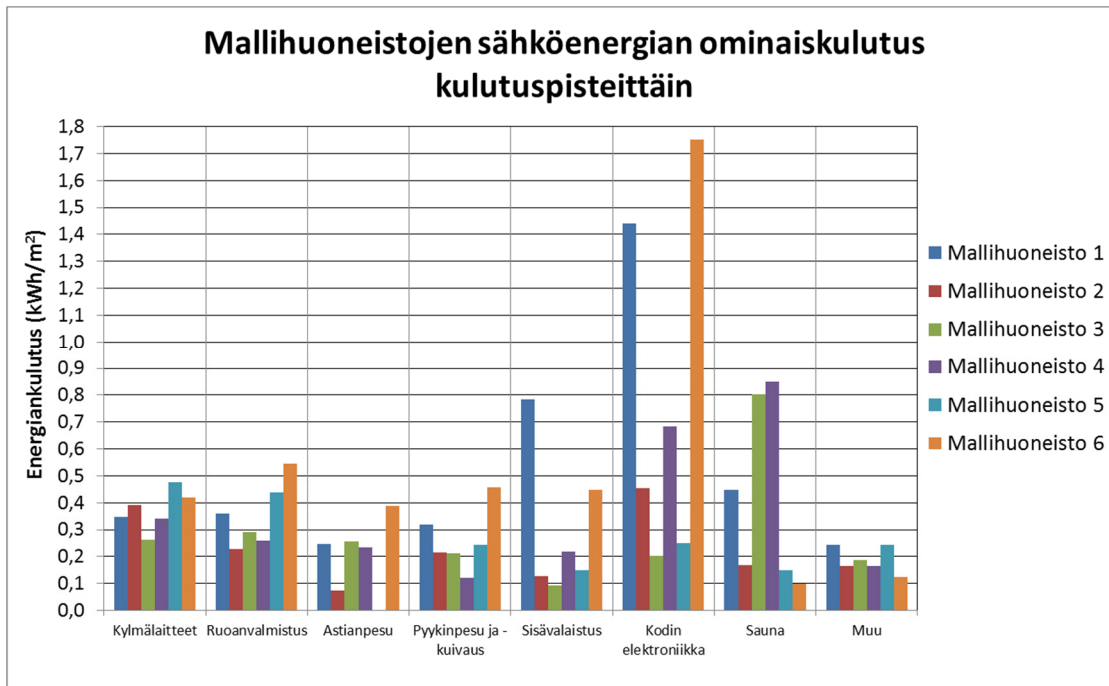
tulisi tarkastella yksityiskohtaisemmalla tasolla. Sisävalaistusta todennäköisesti käytetään myös päiväaikana.



Kuva 6.27 Mallihuoneistojen sähköenergiankulutuksen muodostuminen 30 päivän seurantajakson aikana. Kulutus vaihtelee erikokoisissa asuntokunnissa. Yhden hengen asuntokunnissa kulutus on suhteessa suurempaa.

Sähkön kokonaisenergiatarkastelussa huomattiin, että yhden sopivan indikaattorin löytäminen kuvaamaan sähkön kokonaiskulutusta voi olla hankalaa ja vertailu eri huoneistojen välillä ei ole luotettava. Kuitenkin yksityiskohtaisessa tarkastelussa voidaan eri kulutuspisteiden kulutus suhteuttaa vastaavilla indikointimenetelmillä, mitä aikaisemmin käytettiin. Kuvassa 6.28 on esitetty tarkastelujakson aikainen sähköenergian ominaisenergiankulutus kulutuspisteittäin. Kuvasta huomataan, että neliöperusteisessa indikoinnissa suurimmat erot ominaiskulutuksissa ovat sisävalaistuksen, kodin elektroniikan ja saunan välillä. Näin ollen ainakin näiden kulutuspisteiden suhteen kulutusta tulisi tarkastella tarkemmin.

Kuvasta huomataan myös, että neliöperusteinen indikointi ei sovellu kaikkien kulutuspistekohtien indikaattoriksi. Esimerkiksi ruuan valmistukseen käytettävä energia on enemmän henkilöriippuvaista, jolloin tämän kulutuksen suhteen tulisi käyttää henkilöperusteista indikaattoria. Vastaavasti saunan ominaiskulutuksen laskennassa tulisi mieluummin käyttää huoneistoperusteista indikaattoria, koska saunan käyttö ei välttämättä ole kovin riippuvaista huoneiston pinta-alasta tai henkilömäärästä.



Kuva 6.28 Mallihuoneistojen sähköenergian ominaiskulutus kulutuspiisteittäin. Neliöperusteinen indikointi ei sovellu kaikkiin kulutuspiisteisiin. Indikaattorit tulisi valita kulutuspiisteen luonteen perusteella.

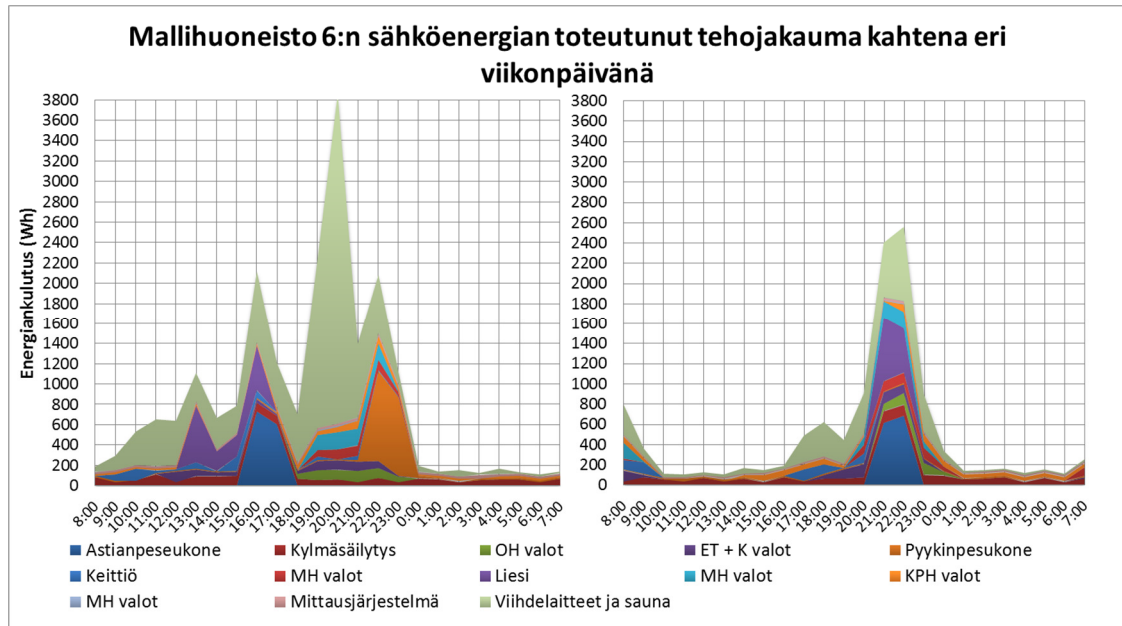
Sähköenergiankulutusta kulutuspiisteittäin tulisi tarkastella esimerkiksi tuntitason tarkkuudella. Mikäli tarkastelutasona käytettäisiin viikko tai kuukausitasoa, ei eri laitteiden kulutuspiikkejä pystyttäisi huomioimaan. Kotitaloudessa on laitteita, joiden kertaluonteinen käyttöaika on vain muutamia minuutteja. Tällöin tehopiikkien havainnollistamiseksi tulisi energian käyttöä tarkastella minuuttitasolla. Tehopiikkien avulla voidaan arvioida yksittäisen kulutuspiisteen käyttämää energiaa.

Kuvassa 6.29 on esitetty tuntitasolla sähköenergian kulutuspiistekohtainen tehojakauma Mallihuoneisto 6:ssa. Kuvan vasemmalla puolella esitetään tyypillinen jakauma eräänä lauantaina ja oikealla puolella eräänä keskiviikkona. Kuvasta 6.29 nähdään selvästi, että viikonloppuna jakauma muodostuu erilaiseksi arkipäivään verrattuna. Lauantaina kulutus kertyy koko päivän kestävästä toiminnoista, kun arkena kulutuksen muodostuminen painottuu aamuun ja iltapäivään. Kyseisenä lauantaina huoneistossa on lämmitetty myös sauna, joka ilmenee alkuillan tehopiikkinä. Merkittävimmät muut kulutuspiikit aiheutuvat pesukoneista, liedestä sekä viihde-elektronikasta.

Molemmissa kuvaajissa on myös yhtäläisyyksiä jatkuvien kulutuspiisteiden osalta. Sähköenergiaa kuluu Mallihuoneisto 6:ssa jatkuvasti laitteiden valmiustilasta ja kylmälaitteiden sekä mittausjärjestelmän johdosta. Nämä kulutukset voidaan helposti nähdä yöaikaisesta kulutuksesta, jonka jatkuva teho on noin 170 W. Kuvan 6.29 mukaan jatkuvaa kulutusta nähdään muodostuvan yöaikana myös kylpyhuoneen valaistuksen mittauspiisteessä.

Kuvaajista voidaan arvioida myös yksittäisen laitteen kulutuksen muodostumista. Esimerkiksi pesukoneet kuluttavat eri määrän energiaa riippuen ohjelman vaiheesta. Minuuttitason tarkastelusta pystyttäisiin erottelemaan pesuohjelman eri vaiheet kuten,

huuhtelu, pesu ja linkous. Mikäli kulutus olisi vakio koneen päälle kytkemisen jälkeen, kulutus muodostuisi symmetriseksi. Astianpesukoneen erilaisten pesuohjelmien käyttö näkyy myös kuvassa, sillä eri päivien tehojakauma ei ole samanlainen.



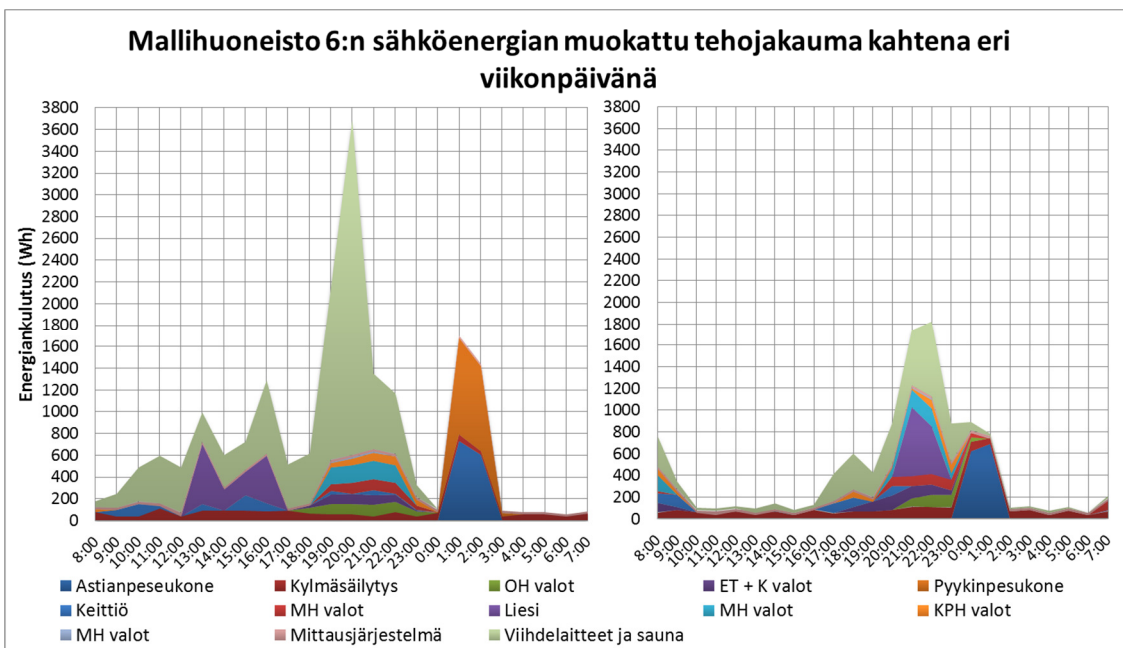
Kuva 6.29 Mallihuoneisto 6:n sähköenergian toteutunut tehojakauma. Kuvan vasemmallalla puolella on esitetty tyypillisen lauantain tehojakauma ja oikealla puolella tyypillisen keskiviikon.

Kulutus pistekohtaisessa tarkastelussa voidaan arvioida sähköenergiankulutuksen säästöpotentiaalia. Arvio voidaan muodostaa ainoastaan sellaisissa kohdissa, joissa selvästi nähdään, että huoneistossa ei ole kukaan paikalla tai kukaan huoneiston asukkaista ei käytä laitteita. Mikäli tällöin energiaa kuluu, voidaan se katsoa hukkaenergiaksi. Kuvan 6.29 tehojakauman yöaikainen laitteiden valmiuskulutus sekä kylpyhuoneen valaistuksen kulutus voidaan katsoa hukkaenergiaksi, joka voitaisiin säästää. Myös muu päiväaikainen valaistuskulutus voitaisiin eliminoida; esimerkiksi kuvan 6.29 vasemmanpuoleisesta kuvaajasta nähdään eteisen ja keittiön valaistuksen olevan päällä päiväsaikaan. Tarkastelun avulla ei voida vaikuttaa muuhun kulutukseen, koska asukkaiden toimintaa ei tunneta yksityiskohtaisesti. Kuvasta 6.29 ei nähdä esimerkiksi liedon todellista käyttöastetta, eli käytetäänkö lietta juuri silloin, kun se on päällä.

Selvästi erotetun hukkaenergian eliminoimisen lisäksi kuormitusta voidaan myös siirtää. Kuormituksen siirron hyöty konkretisoituu vasta kannattavuuden analysoinnissa, sillä energiaa pyritään käyttämään ajankohtina, jolloin se on halvempaa. Kuormituksen siirtoa voidaan tehdä pyykin- ja astianpesun kohdalla, sillä näiden toimintojen suorittamisen ajankohta voidaan olettaa merkityksettömäksi asukkaan kannalta. Näin ollen kulutuksen siirtoa ei voida tehdä esimerkiksi ruuanlaitossa käytetyn energian osalta, koska oletetaan, että asukkaan on valmistettava ruoka juuri haluttuna hetkenä. Mikäli ajankohdasta voimakkaasti riippuvia toimintoja halutaan siirtää, tulisi mahdollisuudet selvittää asuntokohtaisesti. Pyykin- ja astianpesun suhteen kaikkea kulutusta ei voi siirtää suo-

raan yöaikaan, jolloin energia on tavanomaisesti halvempaa. Kulutuksen siirrossa tulee huomioida pesukertojen määrä – asukkaiden ei voida olettaa tekevän useita toimintoja yöaikaan, joten pesukertoja voidaan siirtää vain yksi yöstä kohden.

Kuvaa 6.29 voidaan muokata siten, että aikaisemmin mainitut hukkaenergiat ovat eliminoitu sekä kulutusta on siirretty ajankohtaan, jolloin energiakustannus on edullisempaa. Kuvasta 6.30 nähdään, että yöaikainen jatkuva teho on noin puolittunut. Päiväaikainen valaistus on poistettu kokonaan. Pesukoneiden kulutus on siirretty yöaikaan. Kokonaisuudessaan tyypillisen lauontain osalta kulutus pienentyi reilun kilowattitunnin ja keskiviikon osalta vajaan kilowattitunnin. Vaikka kulutussäästöt absoluuttisilla arvoilla ovat pieniä, niin suhteessa toteutuneeseen päiväkulutukseen ne ovat noin 7-9 %.



Kuva 6.30 Mallihuoneisto 6:n sähköenergian muokattu kulutusjakauma. Kuvan vasemmalla puolella on esitetty lauontain kulutusjakauma ja oikealla puolella keskiviikon jakauma. Molemmista kuvaajista on eliminoitu hukkaenergiankulutusta sekä siirretty kulutusta energian halvemmille käyttötunneille.

Edellä kuvattua kulutuksen siirtoa sekä hukkaenergian eliminoimista voidaan käyttää sähköenergian säästöpotentiaalin arvioimisessa. Toisaalta kulutuksen siirto eli kulutusjousto ei aiheuta konkreettista energiansäästöä, mutta vähentää päiväaikaista tehontarvetta ja pienentää kotitalouksien energiakustannuksia. Taulukkoon 6.5 on kirjattu eri sähköenergiankulutus uusien toimintojen käyttöönoton jälkeen sekä sähköenergiankulutus, josta on eliminoitu hukkaenergia. Taulukosta 6.5 nähdään, että sähköenergiankulutusta voitaisiin pienentää 2-11 % kiinnittämällä huomioita valaistuksen käyttöaikoihin ja laitteiden valmiuskulutukseen.

Mallihuoneisto 1:ssä suhteellinen säästömahdollisuus on suurempi johtuen erilaisista lähtöasetelmistä. Mallihuoneisto 1:ssä tarkastelujakson aikana pyykinpesun kokonaiskulutus oli 19,8 kWh. Pyykinpesukertoja oli vain yhdeksän ja tästä kertyi noin 10,5 kWh kulutus ja loput 9,3 kWh syntyi pesukoneen noin 18 W:n valmiuskulutuksesta.

Mallihuoneisto 1:n olohuoneen valaistuksessa oli myös ajoittain noin 20 W teho yöaikana. Valaistusta käytettiin myös päiväaikana. Näin ollen valaistuksen yö- ja päiväaikainen kulutus vastasi 37 kWh kokonaiskulutuksesta peräti 16 kWh. Tarkastelussa yöaikana on pidetty 1:00-5:00 välistä aikaa ja päiväaikana 11:00-16:00 välistä aikaa. Vastaava ilmiö havaittiin myös Mallihuoneisto 3:ssa. Muissa huoneistoissa valmiuslaitteiden kulutus ja ylimääräinen valaistuskulutus olivat suhteessa pienempiä.

Taulukko 6.5 Mallihuoneistojen toteutunut sähköenergiankulutus seurantajakson aikana sekä muokattu kulutus, josta on eliminoitu hukkaenergia osuus.

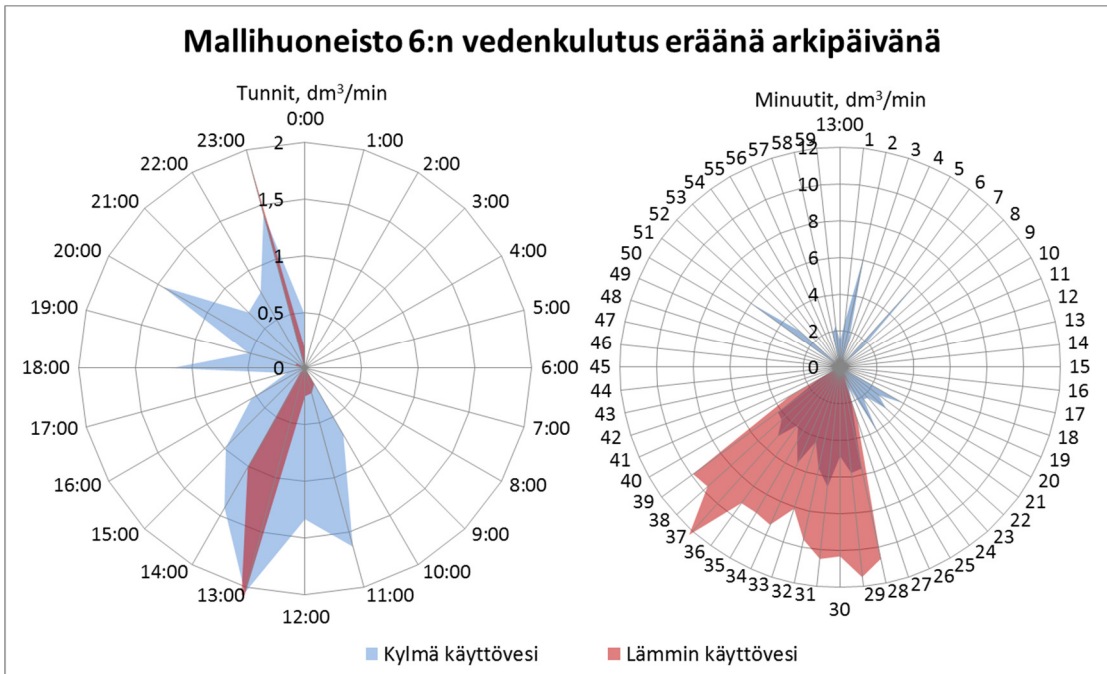
Sähkö		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Toteutunut	kWh	256	170	191	258	121	513
Muokattu	kWh	231	164	169	254	117	492
Muutos alkuperäiseen	%	-10 %	-4 %	-11 %	-2 %	-3 %	-4 %

Sähköenergian yksityiskohtaisen kulutusseurannan avulla voidaan arvioida karkeasti myös poissaolokytkimellä saavutettavaa energiansäästöä, mikäli sitä käytettäisiin päivittäin. Yksityiskohtaisessa mittauksessa kaikkien huoneistojen keskimääräiseksi laitteiden valmiustehoksi saatiin noin 40 W. Poissaolokytkin vaikuttaa myös tilalämmitysenergian kulutukseen, sillä kytkimen ollessa päällä sisälämpötila alenee noin kaksi astetta. Huoneiston poissaolokytkintä voitaisiin hyödyntää myös yöaikana, siten että tietyt valmiuskulutukset eliminoituvat ja lämpötila laskee. Arvioidaan siis kytkimen olevan päällä noin 14 tuntia vuorokaudessa. Näin ollen sähköenergiaa voitaisiin säästää 204 kWh vuodessa asuntoa kohden. Tämä tarkoittaa Adjutantien kokoisessa asuinkerrostalossa noin 9 MWh vuosisäästöä. Tilojen lämmityksessä olisi voitu säästää toteutuneiden säästötietojen perusteella noin 6 %, mikäli sisälämpötila olisi asetettu 21 asteeseen ja lämpötilaa ohjattu kytkimen avulla. Laskennalliseen tilalämmitysenergian kulutukseen verrattuna Adjutantissa olisi voitu säästää noin 6 MWh. Tämä voidaan olettaa minimihyödyksi, mitä poissaolokytkimellä voidaan saavuttaa, mikäli sitä käytettäisiin oikein päivittäin. Huomioimatta jää vielä tilanteet, jossa esimerkiksi valaistus unohtuu huoneistoon päälle, mikäli poissaolokytkintä ei olisi.

Veden- ja lämpöenergiankulutuksesta ei voida tehdä kulutuspistekohtaista tarkastelua, koska lämmityspattereille ja vesikalusteille ei ole asennettu erillisiä mittauspisteitä. Lämmitysenergian säästöpotentiaalia arvioitiin jo aikaisemmin sisälämpötiloihin perustuvalla menetelmällä, jota voidaan suoraan hyödyntää kustannusten analysoinnissa. Vedenkulutuksesta voidaan tehdä yksityiskohtainen tarkastelu veden virtaaman perusteella. Vesikalusteiden käyttöaika voidaan olettaa hetkelliseksi, jolloin pitkäaikaiseen kulutukseen tulisi kiinnittää huomiota.

Kuvasta 6.31 nähdään Mallihuoneisto 6:n käyttövedenkulutus eräänä arkipäivänä. Sinisellä on osoitettu kylmän ja punaisella lämpimän käyttöveden kulutus. Kuvan vasemmalla puolella nähdään kulutuksen muodostuminen yhden vuorokauden aikana. Kuvan 6.31 mukaan vedenkulutuksen voisi olettaa olevan jatkuvaa esimerkiksi aikavälillä 11.00-16.00. Tätä ajankohtaa voidaan tarkastella tarkemmin minuuttitasolla. Kuvan

oikealla puolella nähdään vedenkulutus minuuttitasolla suurimman kulutuksen tunnin aikana kello 13.00-14.00. Oikeanpuoleisesta kuvasta nähdään, että vedenkulutus ei ole jatkuvaa koko tunnin aikana, vaan kulutus muodostuu lyhytaikaisista virtauspiikeistä. Pisimmillään käyttövettä kuluu noin 11 minuutin ajan keskimäärin yhdeksän litraa minuuttia kohden.



Kuva 6.31 Mallihuoneisto 6:n vedenkulutus eräänä arkipäivänä. Kuvan vasemmalla puolella veden virtaama yhden arkipäivän aikana. Kuvan oikealla puolella veden virtaama suurimman kulutuksen aikana kello 13:00-14:00. Vaikka karkeammassa tarkastelussa nähdään vedenkulutuksen olevan jatkuvaa kello 11-16 välisenä aikana, niin tarkemmassa tarkastelussa vedenkulutus todellisuudessa koostuu erittäin lyhyistä jaksoista.

Kuvasta 6.31 nähtiin, että vedenkulutusta tulee tarkastella minuuttitasolla jatkuvan kulutuksen löytämiseksi. Vesikalusteista pesukoneet todennäköisesti käyttävät käyttövettä muita vesikalusteita pitempiä aikaisesti. Esimerkiksi vesihanojen ja wc-laitteiden vedenkäyttö on hyvin lyhytaikaista, eikä käyttö usein kestä muutamaa minuuttia kauempaa. Tässä yhteydessä vedenkulutusta, joka on jatkuvaa yli 20 minuuttia, tulisi tarkastella tarkemmin. Tarkastelu tulee tehdä minuuttitasolla, jotta selviää todellinen kulutuksen jatkuvuus.

Tarkastelujakson aikana Mallihuoneisto 6:sta havaittiin yhteensä 97 kappaletta yli 20 minuutin mittaista vedenkulutusjaksoa. Yli 20 minuutin jatkuvan kulutuksen keskimääräinen pituus oli 29 minuuttia, jonka aikana kulutettiin keskimäärin 108 litraa käyttövettä. Yhteensä 50 jakson aikana käytettiin pesukoneita, joten 47 jakson aikana jatkuvan vedenkulutuksen aiheuttivat muut vesikalusteet. Muiden kuin pesukoneiden aiheuttama kulutus oli keskimäärin 116 litraa yhtä jaksoa kohden, jonka keskimääräinen pituus oli 28 minuuttia. Tämän tarkastelun perusteella ei kuitenkaan ole kovin luotettavaa arvioida käyttövedenkulutuksen säästöpotentiaalia. Vaikka yli 20 minuutin jaksoja, jois-

sa ei käytetty pesukoneita, kertyi tarkastelujakson aikana melko paljon, ei niiden muodostumista pystytä tarkemmin tarkastelemaan, koska vesikalustekohtaista mittausta ei ollut saatavilla. Asukkaiden käyttötapoja ei myöskään tunneta, joten vedenkäytön suhteen ei voida luotettavasti arvioida säästöpotentiaalia.

6.5 Energiatehokkuus asukkaiden näkökulmasta

Adjutantien asukkaiden kokemuksia energiatehokkaasta rakennuksesta kerättiin haastatteleamalla. Haastatteluiden ensimmäinen vaihe suoritettiin asiakasymmärrystoimisto Kopla Oy:n toimesta syksyllä vuonna 2012. Ensimmäinen haastattelukierros suoritettiin siis ennen uusien toimintojen käyttöönottoa. Haastatteluissa kerättiin näkemyksiä asukkaiden energiatehokkaiden ratkaisujen vaikutuksesta ostopäätökseen ja jälleenmyyntiarvoon, odotusarvoista, mielekkyydestä sekä käyttökokemuksista. Ensimmäisen vaiheen haastatteluihin osallistui 75 % Adjutantien kotitalouksista.

Asukkaat olivat määrittäneen energiatehokkuuden kohtuullisen merkittäväksi vaikutukseksi ostopäätöksen tekemiseen. Yli puolet asukkaista luokitteli ekotehokkuuden kannalta tärkeimmäksi ostokriteeriksi energiatehokkuuden kustannussäästön, asunnon arvon nousemisen tai energiatehokkaiden järjestelmien käytön. Kotitaloudet kokivat silloisen seuranta- ja hallintapalvelun yksittäisenä energiatehokkuustoimenpiteenä hyödyllisimmäksi. Lähes kaikki kotitaloudet kokivat järjestelmän yksittäisistä osista huoneistotermostaatit ja poissaolokytkimen hyödyllisimmäksi, kun taas energianseurantaan liittyvät palvelut olivat kolmen neljäsosan mielestä hyödyllisiä.

Seuranta- ja hallintapalvelusta saatiin pääasiassa positiivisia käyttökokemuksia. Palvelu koettiin helppokäyttöiseksi sekä hyödylliseksi energiansäästön kannalta. Noin 70 % haastatelluista käytti pääasiallisesti huoneistonäyttöä. Lähes puolet vastanneista käytti näyttöä päivittäin, mutta päivittäinen käyttö saattoi olla esimerkiksi lämpötilan tai kellon tarkistamista. Sähkönkulutuksen seurantamahdollisuutta pidettiin tärkeimpänä ominaisuutena. Huoneistonäyttöön toivottiin samaa informaatiota, mitä web-portaalissa voi nähdä. Noin viidesosa suosi web-portaalin käyttöä, mutta sen käyttöintensiiviteetti oli matalampi – kirjautumisia tehtiin noin kerran viikossa. Web-portaalin edut nähtiin pidemmän aikavälin seuranta- ja vertailumahdollisuutena. Kiinteistöenergiankulutuksesta ei juurikaan oltu kiinnostuneita. Kymmenesosa haastatelluista ei ollut käyttänyt seurantajärjestelmää tutustumisen jälkeen.

Yleensä seurantajärjestelmää käytettiin aktiivisesti heti rakennuksen käyttöönoton jälkeen. Monet asukkaat olivat testanneet tiettyjen sähkölaitteiden kuten kiukaan ja kuivausrummun sähkönkulutusta. Alkuinnostuksen jälkeen seurantaintensiiviteetti oli usealla asukkaalla pienentynyt. Perusteluina pienentyneelle seurannalle oli oman sähkönkäytön tiedostaminen. Muutama haastatelluista oli huomannut sähkölaskun pienentyneen. Osa haastatelluista oli muuttanut käyttäytymistä esimerkiksi vedenkulutuksen suhteen. Suurimmalla osalla haastatelluista järjestelmä ei aiheuttanut muutoksia, koska omat kuluttotottumukset nähtiin jo energiaa säästäviksi.

Seurantapalvelusta silloisilla toiminnoilla ei oltu valmiita maksamaan käyttömaksua, koska järjestelmän todellista hyötyä tai sen aiheuttamaa energiansäästöä ei pystytty arvioimaan. Maksuhalukkuus voisi muuttua, mikäli palvelu tarjoaisi konkreettisempaa informaatiota. Haastateltujen mielestä palvelujen tulisi olla sellaisia, jotka tarjoavat hyötyä ja hyödynnettävää pidemmällä aikavälillä. Asukkaiden oli vaikea määritellä maksuhalukkuutta, koska he eivät olleet täysin tietoisia, mihin palvelua voisi hyödyntää. Haastateltujen mielestä palveluilla tulisi säästää enemmän, mitä niiden käyttö tulisi maksamaan.

Haastatelluilta tiedusteltiin myös energian mittaus- ja hallintajärjestelmään liittyviä kehitysehdotuksia. Haastatteluissa ilmeni, että noin kolmasosa käyttäjistä olisi kiinnostunut laitekohtaisesta kulutusseurannasta erityisesti, kun laitekohtainen kulutus voitaisiin ilmoittaa rahallisessa muodossa. Palvelun uskottaisiin helpottavan kulutuksen muodostumisen ymmärtämistä sekä laiteiden kunnan arvioimista lyhyellä tähtäimellä. Reaaliaikaisen hintatiedon esittämiseen suhtauduttiin varovaisesti. Asuinkerrostalon energiankäytön kannalta sitä ei koettu kovin tarpeelliseksi, vaikka asukkaiden kiinnostus rahan säästämiseen oli korkea. Hiilijalanjäljen esittämistä ei koettu kovin kiinnostavaksi, koska kodin energiankulutus on vain osa kokonaisuutta.

Energiansäästöä tukevista toiminnoista poissaolokytkin koettiin tärkeäksi ominaisuudeksi. Haastatellut eivät olleet täysin varmoja sen vaikutusalueesta, jolloin käyttö ei voinut olla säännöllistä esimerkiksi tv-ohjelmien nauhoituksen vuoksi. Asukkaat toivoivat selkeämpää esitystä kytkimen vaikutusalueesta ja kytkimen taakse kaivattiin lisää ohjattavia kulutuspisteitä. Huonetermostaatit koettiin myös hyödylliseksi helppokäyttötoiminnoksi, vaikka niiden käytöstä ei ollut kokemuksia kesäajan vuoksi.

6.5.1 Energia-asenteet ja käyttökokemukset

Pilotointiympäristöön kuuluvien huoneistojen asukkaiden energia-asenteita arvioitiin haastattelujen toisessa vaiheessa. Haastattelut suoritettiin tämän tutkimuksen loppuvaiheessa huhtikuussa vuonna 2013, missä yhteydessä tiedusteltiin myös uusien toimintojen käyttökokemuksia sekä kehitysehdotuksia. Energia-asenteisiin liittyvien kysymysten laadinnassa hyödynnettiin Peltosen et al. (2009) *Designing Smart Energy* -tutkimusraportin narratiivista tutkimusosuutta sekä IEA:n (International Energy Agency) tutkimusraporttia energia-asenteista ja kulutustottumuksista.

Haastatteluvastausten perusteella mallihuoneiston huoneistot voidaan sijoittaa sosiokulttuuriseen arvokarttaan. Energia-asenteisiin liittyvät kysymykset oli tarkoitettu asukaskohtaisiksi, jolla pyrittiin selvittämään huoneistojen sisäisiä eroja. Kaikkiaan vastauksia saatiin kuusi kappaletta viidestä eri huoneistosta. Ainoastaan yhdestä huoneistosta saatiin asukaskohtaiset vastaukset ja muista huoneista saatiin huoneistokohtaiset. Yhden huoneiston osalta vastaukset osoittautuivat hyvin samanlaisiksi, joten niitä voidaan käsitellä yhtenä.

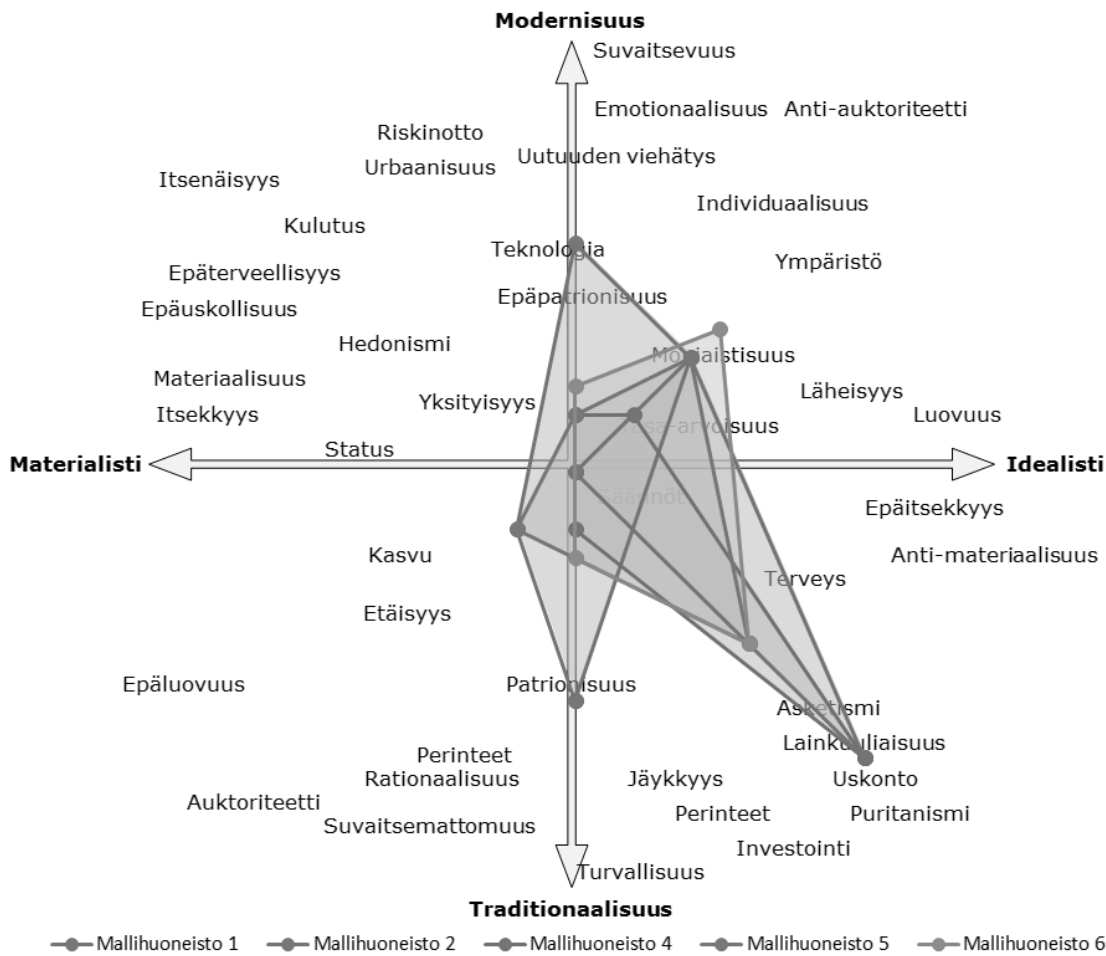
Haastatteluiden vastausten perusteella huoneistot voidaan sijoittaa sosiokulttuuriin arvokarttaan. Kysymykset oli jaoteltu kuvaamaan eri kulutusluonteita. Mikäli asukas valitsi vastausvaihtoehdoista valinnan, joka kuvaa modernin materialistin asenteita,

hänen kulutustyyppiä kuvaava alueensa arvoverkossa painottuu tähän suuntaa kysymyksen painoarvon verran. Toisin sanoen, mitä enemmän vastaukset liittyvät tiettyyn kulutusluonteeseen, sitä voimakkaammin huoneistoa kuvaava täyteväri painottuu siihen suuntaan. Vaikka energia-asenteisiin liittyi suoraan tietty määrä kysymyksiä, niin myös haastattelun muita kysymyksiä voitiin hyödyntää energia-asenteiden ymmärtämisessä.

Mallihuoneistojen arvioidut kulutusluonteet on sijoitettu kuvan 6.32 mukaiseen sosiokulttuuriseen arvokarttaan. Kuvasta 6.32 nähdään, että suurin osa mallihuoneistoista painottuu arvoverkon oikean alakulman suuntaan. Näin ollen huoneistojen kulutusluonteet vaikuttavat melko samantapaisilta. Yhtäkään huoneistoa ei voitu suoraan yhdistää tiettyyn kulutusluonteeseen, vaan huoneistoissa asiat nähtiin usean eri luonteenpiirteen kannalta.

Vastausten perusteella voidaan ajatella yhden huoneiston noudattavan pääsääntöisesti ”Säästäminen on tärkeää” -luonteeseen liittyviä periaatteita, koska huoneiston mielestä säästäminen on tärkeää muun kuin rahallisten hyödykkeen vuoksi. Tällä huoneistolla ei kuitenkaan ole kattavaa käsitystä energiankulutuksen muodostumisesta ja teot eivät aina kohtaa tietoa. Näin ollen tässä huoneistossa on myös moderniin idealistiin liittyviä luonteenpiirteitä. Seuraavan huoneiston nähdään sijoittuvan pystyakselin suuntaisesti. Parhaiten tätä huoneistoa kuvaa ”Minun tekemiseni ovat turhia” -luonne, sillä säästämisen ei uskota vaikuttavan riittävästi esimerkiksi kustannussäästöön. Vaikka säästäminen nähtiin positiiviseksi ja tärkeäksi, niin yksittäisellä kuluttajalla ei nähty olevan suurta vaikutusta kokonaisuuden kannalta. Huoneistossa käytettiin jo kokonaisuudessaan energiansäästölamppuja, minkä vuoksi huoneistossa on myös moderniin materialistiin viittaavia luonteenpiirteitä.

Seuraava huoneisto sijoittuu sosiokulttuurisessa arvokartassa myös traditionaalisen materialistin suuntaan. Myös tämän huoneiston osalta energian säästö osoittautui tärkeäksi elementiksi, eikä sitä pidä tehdä pelkästään rahallisin perustein. Tämän huoneiston energia-asenteet vastaavat enemmän ”Säästän ekologisten arvojen vuoksi” -kulutusluonetta. Energian tehokkaasta käytöstä oltiin selvästi kiinnostuneita ja se konkretisoituu osittain myös toiminnassa. Ainoastaan yksi huoneisto saa ainoana huoneistona arvoja lähes kaikissa eri kategorioissa. Tämä huoneisto on kuitenkin painottunut traditionaalisen materialistin suuntaan, sillä huoneistossa säästäminen koetaan tärkeäksi esimerkiksi turvallisen ilmaston saavuttamisen suhteen, vaikka paikalliset vaikutukset suuressa mittakaavassa ovat pieniä. Huoneistossa ei nähdä säästämisen lisätarvetta, sillä suurempiin säästömahdollisuuksiin ei uskota. Huoneistossa uskotaan vahvasti myös teknologiaan, mutta sen ei nähdä ratkaisevan ongelmaa. Seuraava huoneisto nähdään sijoittuvan arvokartan oikealle puolelle. Tässä huoneistossa energia-asenteet vastaavat parhaiten luonteita ”Energiansäästöllä säästää rahaa” sekä ”Tekojen ja tiedon ristiriita”. Tämän huoneiston osalta energian säästäminen nähtiin tärkeäksi lähinnä rahan säästön vuoksi. Huoneistossa tiedetään, millä keinoilla energiaa voidaan säästää, mutta niitä toteutetaan vaihtelevasti mahdollisuuksien mukaan. Huoneistossa on myös osittain eriäviä mielipiteitä energiankäytön suhteen.



Kuva 6.32 Mallihuoneistojen sijoittuminen sosiokulttuurisessa arvoverkossa. Huoneistot sijoittuvat arvoverkossa melko lähelle toisiaan. Pilotointiympäristön huoneistot pitävät säästämistä pääsääntöisesti tärkeänä, jolloin sijoittuminen painottuu traditionaalisen idealistin eri osa-alueisiin.

Asukashaastattelussa tiedusteltiin myös portaalin käyttöintensiteettiä sekä käytön vaikutuksia energiankulutukseen. Pääsääntöisesti portaaliin kirjaututtiin joko kannettavalla tietokoneella tai pöytätietokoneella kerran tai kaksi kertaa viikossa. Yksi huoneisto käytti tablet-tietokonetta, jolla kirjautumisia tehtiin noin kolme kertaa viikossa. Yksi huoneisto kirjautui portaaliin vain kerran koko tutkimusjakson aikana. Suurin osa asukkaista koki käyttöintensiteetin hieman kasvaneen uusien toimintojen seurauksesta. Käyttöintensiteettiä arvioitiin pienentävän ajan puute, monimutkainen järjestelmä sekä kirjautumisen hankaluus. Kaikkien haastateltujen mielestä järjestelmä koettiin ajoittain vaikeakäyttöiseksi, mikä johti tältä osittain kirjautumatta jättämiseen. Asukkaiden mielestä portaali tulisi olla rakennettu myös mobiililaitteille soveltuvaan ympäristöön.

Uusista toiminnoista kiinnostavimmaksi koettiin tavoitteiden ja kulutuspiletkohtainen seuranta. Sähköenergian kulutuspiletkohtaista kulutusta seurattiin lähinnä kokeilumielessä, mikä auttoi kulutuksen muodostumisen hahmottamisessa. Kulutuspiletkohtaista seuranta hyödynnettiin siten, että osa asukkaista kytki kulutuspileteitä pois päältä, kun huomasivat tietyn pisteen kulutuksen olevan melko suuri. Yksittäisten kulutuspileteiden ohjauspaneelia käytettiin vastaavasti kokeilumielessä, mutta sen käyttöä heiken-

sivät paneelin hieman epävarma toimivuus. Vesivuotohälytys koettiin myös mielekkääksi toiminnoksi, vaikka kukaan mallihuoneiston asukkaista ei saanut yhtäkään hälytystä tarkastelujakson aikana. Hälytyksiä toivottiin myös tilanteisiin, joissa huoneiston kulutus poikkeaa tavanomaisesta kulutustasosta. Myös turvallisuutta lisääviä hälytyksiä voisi toteuttaa kuten esimerkiksi liedon aikahälytys. Sähkön laatua ei missään huoneistossa seurattu lukuun ottamatta yhtä huoneistoa. Kyseisessä huoneistossa myös laadun tarkkailu osoittautui mielenkiintoiseksi. Muissa huoneistoissa sähkön laadun esittämistä ei ymmärretty.

Kulutuspalautteen esittämistapa koettiin pääsääntöisesti ymmärrettäväksi, vaikka asukkaiden mielestä palaute voisi olla vieläkin yksinkertaisempaa. Diagrammit koettiin osittain vaikeasti ymmärrettäviksi, koska asukkaat eivät kokeneet pystyvänsä muuttamaan esimerkiksi diagrammissa ilmoitettua tehoa energiaksi. Osa asukkaista kaipasi tehon ja energiamäärän lisäksi rahallisiin yksiköihin perustuvaa palautetta. Tavoiteseurannassa rahallisia yksiköitä pääsi seuraamaan, mutta asukkaat haluaisivat itse asettaa omaan sopimukseen perustuvat hintatiedot, jotta hintatiedot olisivat todellisia. Asukkaat haluaisivat asettaa myös tavoiteuran henkilökohtaisesti, jolloin huomioon pystyisi ottamaan esimerkiksi poissaoloajat. Tavoiteseurantaan toivottiin myös ennustetta, jossa tavoiteuran ja toteutuneen uran kulutus ja kustannukset nähtäisiin esimerkiksi vuosiraporttina. Huoneistoissa, jossa kulutus oli muutenkin pientä, tavoitteiden asettelua ei nähty kovin merkityksellisenä, eikä näin ollen tavoitteen asettelun uskottu vaikuttavan kulutustapojen muutokseen. Kulutuksen vertailusta naapurihuoneistojen kanssa oltiin kiinnostuneita. Mikäli huoneiston kulutus olisi keskimäärin korkeampaa, kaikki haastatellut huoneistot selvittäisivät korkean kulutuksen aiheuttavia syitä. Asukkaiden mielestä kulutuksen indikointiin tulisi kiinnittää huomiota, jotta huoneistot olisivat vertailukelpoisia keskenään.

Asukkaat pyrkivät säästämään energiaa ja käyttövettä päivittäisissä toiminnoissa. Pääsääntöiset energiansäästötoimenpiteet muodostuvat peseytymisaikojen tarkkailusta, valojen kytkemisestä pois päältä sekä toimintojen tehostamisesta, sillä esimerkiksi ruokaa valmistetaan suurempi määrä yhdellä kerralla. Asukkaiden mielestä sopiva sisälämpötila on keskimäärin 21-23 astetta ja pesuhuoneen lattian pitää olla jatkuvasti lämmin. Saunomistottumukset vaihtelevat huoneistojen välillä: osa asukkaista ei käytä saunaa, osa saunoo nopeasti noin puolessa tunnissa melko matalassa lämmössä ja osa asukkaista pitää yli 85 asteisesta saunasta, jossa he viihtyvät pitempään. Lähes kaikissa huoneistoissa joudutaan pesemään pyykkiä puolikoneellisina, koska asukkaat kokevat tarvitsevänsä pesussa olevia vaatteita. Mikäli astianpesukoneen sijaan tiskit pestään lavuaarissa, pestään ne juoksevan veden alla. Kaikki asukkaat käyttävät osittain energiansäästölapuja. Kahdessa huoneistossa lähes kaikki valaisimet olivat energiansäästö- tai LED-valaisimia. Huoneistot, jotka omistavat pöytäietokoneen, käyttävät sitä mieluummin kuin kannettavaa, koska asukkaat kokevat työskentelyn helpommaksi ja vaivattomammaksi pöytäietokoneella. Huoneistoissa myös tuuletetaan vaihtelevasti lukuun ottamatta yhtä huoneistoa. Osa huoneistoista tuulettaa muutaman kerran viikossa kun taas osa päivittäin. Tuuletuskerran kesto vaihtelee kymmenestä minuutista kahteen tuntiin.

Pääsääntöisesti asukkaat kokivat energiansäästön tärkeimmäksi motivaatiotekijäksi rahan säästämisen. Yhdessä huoneistossa tärkeimmäksi tekijäksi valittiin päästöjen pienentyminen ja toisessa huoneistossa energian säästön muihin tarpeisiin. Asukkaiden mielestä säästöpotentiaalin tulisi olla noin 20 % vuotuisista sähköenergiakustannuksista, jotta järjestelmä olisi kannattava. Lähes kaikilla huoneistoilla oli sähköenergian kiinteähintainen sopimus. Kahdella huoneistolla oli pörssihintaan perustuva sopimus, mutta toisessa huoneistossa sähköyhtiö ei pysty tarjoamaan tuntimittaukseen perustuvaa hintaa, jolloin sopimusta ei pysty hyödyntämään. Pääsääntöisesti asukasportaalista ei oltu halukkaita maksamaan käyttömaksua. Maksuhalukkuus kuitenkin lisääntyisi, mikäli portaalin toimintoja kehitettäisiin lisää.

Kaikki haastatellut asukkaat kokivat järjestelmän osittain tarpeelliseksi sekä he esittelivät järjestelmää sukulaisille ja ystäville. Tärkeimmiksi järjestelmän aiheuttamiksi hyödykkeiksi koettiin mahdollisuus säästää energiakustannuksissa. Asukkaiden mielestä järjestelmä lisää myös mukavuuden tunnetta ja kodin toimintavarmuutta. Myös turvallisuuden tunteen lisääntyminen koettiin osassa asunnoista tärkeäksi. Osa asukkaista kokee kiinnostuksen energiankulutukseen lisääntyneen järjestelmän käytön myötä. Järjestelmän ei pääsääntöisesti uskota nostavan asunnon lisäarvoa, mikäli ostaja ei ole kiinnostunut energia-asioista. Asukkaat kuitenkin haluaisivat myös seuraavaan asuntoon vastaavanlaisen järjestelmän, mikäli järjestelmän toimintavarmuus olisi varmistettu ja kustannukset olisivat kohtuulliset.

6.6 Kannattavuuden analysointi

Energian seuranta- ja hallintajärjestelmän kannattavuusanalyysia on perusteltua arvioida tarkasteluna, jossa on huomioitu kokonaiskustannuksiin vaikuttavat tekijät. Kannattavuuden analysoinnissa huomioidaan vain kustannusteknisiä asioita, joten esimerkiksi ympäristöön liittyvät elementit jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Kannattavuuden analysoinnilla arvioidaan järjestelmän todellista tuottoa sekä muiden arvotekijöiden hintaa.

Kannattavuusanalyysin kustannukset muodostuvat kahdesta toisistaan poikkeavasta osa-alueesta, jotka voidaan erotella investoinnin ajankohdan perusteella. Järjestelmäkustannukset aiheutuvat rakentamisvaiheessa kertaluontoisina kustannuksina. Järjestelmäkustannukset voivat sisältää myös käyttö- ja ylläpitokustannuksia, jotka realisoituvat vasta alkuinvestointivaiheen jälkeen. Toinen kustannuserä, joka realisoituu rakennuksen käyttövaiheessa, ovat energiakustannukset. Energiakustannusten laskennassa voidaan käyttää apuna todellisia sopimusvaihtoehtoja. Vaikka käyttöveden ja kaukolämmön osalta sopimukset ovat taloyhtiökohtaisia, otetaan myös niistä kertyvät kustannukset huomioon. Energiakustannuksia arvioidaan toteutuneen kulutuksen avulla sekä yksityiskohtaisen kulutustarkastelun perusteella.

Kannattavuusanalyysissa arvioidaan järjestelmän kannattavuutta sisäisen korkokannan menetelmällä, jossa otetaan huomioon myös energian reaalihinnan vuotuinen kehitys. Kannattavuutta mitataan järjestelmäkustannusten ja kuukausittaisen energiankulutuksen kustannussäästön perusteella. Kannattavuuden arvioimisessa voidaan ottaa huo-

mioon myös järjestelmän tuomaa emotionaalista arvoa. Tätä arvoa on vaikea muuttaa rahalliseksi yksiköiksi. Pilotointiympäristön asukkaiden haastatteluiden perusteella voidaan kuitenkin pohtia järjestelmän emotionaalisten ja muiden arvojen merkitystä kokonaisuuden kannalta. Emotionaalisia arvoja ovat esimerkiksi järjestelmän aiheuttama lisääntynyt turvallisuuden- tai mukavuudentunne.

6.6.1 Järjestelmäkustannukset

Seuranta- ja hallintapalvelun kustannukset muodostuvat kertaluontoisista kustannuksista sekä toistuvista kustannuksista. Kertaluontoiset kustannukset voidaan vielä jakaa välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Välittömät kustannukset kohdistuvat pelkästään järjestelmään ja sen komponentteihin eli järjestelmän suunnittelu- ja rakentamiskustannuksiin. Järjestelmästä aiheutuu myös välillisiä kustannuksia – kerrannaiskustannuksia, jotka ilmenevät esimerkiksi ylimääräisinä tilavarauksina ja lisätöinä. Välittömistä kustannuksista voidaan melko helposti määrittää luotettava arvio, mutta välillisiä kustannuksia on vaikeampi arvioida. Mikäli järjestelmä otetaan pysyvään käyttöön, syntyy siitä myös toistuvia kustannuksia esimerkiksi tiedonsiirron sekä huollon tai järjestelmäpäivitysten osalta.

Palvelun tai tuotteen pilotointivaiheessa demonstroidaan prototyyppiä, tutkitaan käytettävyyttä sekä kehitetään toiminnallisuutta. Tällöin kustannukset eivät vastaa valmiin tuotteen tai palvelun todellisia perustamis- ja ylläpitokustannuksia. Pilotointivaiheessa on pyrittävä arvioimaan valmiin järjestelmäkonseptin kustannusten kehityssuuntaa. Seuranta- ja hallintapalvelun kustannuksia tulee todennäköisesti pienentämään muun muassa järjestelmän infrastruktuurin yksinkertaistuminen, sekä testauksen ja asennuksen nopeutuminen.

Kustannuksiin vaikuttaa myös järjestelmän varustelutaso, esimerkiksi mittauspisteiden lukumäärä. Mitä yksityiskohtaisemmin mitataan, sitä enemmän tarvitaan mittauspisteitä, suurempaa tiedonsiirtokapasiteettia sekä monimutkaisempaa käyttöliittymää. Portaalin proaktiivisuus lisää vastaavasti kustannuksia ohjelmoinnin osalta. Mitä enemmän kulutusdataa analysoidaan automaattisesti ja tarjotaan helppokäyttötoimintoja asukkaalle, sitä korkeammaksi järjestelmäkustannukset nousevat. Portaalin kehittäminen yhä käyttäjälähtöisemmäksi kasvattaa kustannuksia erityisesti demonstroitivaiheessa.

Järjestelmään liittyy useita komponentteja, jotka voidaan osittain jättää kustannusarviossa huomioimatta. Esimerkiksi huoneistokohtaiset sähkö- ja vesimittarit tulevat joka tapauksessa asennettavaksi, vaikka erillistä energian seuranta- ja hallintajärjestelmää ei rakennettaisi. Oleellista olisi erotella esimerkiksi mittarikustannuksista ne kustannukset, jotka aiheutuvat energian seuranta- ja hallintajärjestelmän rakentamisesta.

Yksittäisen järjestelmän kustannuksia on osittain vaikea erotella kokonaisuudesta, koska järjestelmän rakentaminen vaikuttaa moneen eri tekijään. Taulukossa 6.6 on arvioitu Adjutantien järjestelmäkustannukset siltä osin, mitkä liittyvät energian seuranta- ja hallintajärjestelmään. Vaikka Adjutantien asukkailta ei peritty toistuvia kustannuksia ensimmäisen vuoden aikana, on niiden arviointi kuitenkin oleellista kokonaiskustannus-

ten hahmottamiseksi. Taulukon kustannukset ovat siis arvio valmiin konseptin kustannuksista, joista on eliminoitu demonstrointiin liittyvät kehityskustannukset.

Taulukko 6.6 *As. Oy Espoon Adjutantin energian seuranta- ja hallintajärjestelmän verkolliset kustannukset, joista on vähennetty demonstrointiin liittyvät kehityskustannukset.*

		Kertaluontoiset kustannukset	€	€/huoneisto-m ²
Laitteet ja rakenteet	Mittaristo		13800	4
	Säätö- ja valvontalaitteet		24900	8
	Kerrannaiskustannukset		3500	1
Työ	Suunnittelu		5000	2
	Asennus		18000	6
	Yhteensä		65200	21
		Toistuvat kustannukset	€/kk	€/kk/huoneisto
Ylläpito	Tiedonsiirto, -tallennus ja -esittäminen		322	8
	Yhteensä		322	8

Järjestelmän rakentamiskustannukset voivat tulla pienemmään vielä taulukon 6.6 mukaisesta arviosta vakiodun toteutusratkaisun seurauksena. Järjestelmän suunnitteluratkaisua voidaan vielä kehittää ja infrastruktuuria yksinkertaistaa, jolloin järjestelmän asennus on yksinkertaisempaa ja helpompaa. Kerrannaiskustannuksiin voidaan myös vaikuttaa kehittämällä vakioratkaisu järjestelmän sijoittamiselle. Myös toistuvat kustannukset tulevat BaseN:n tietojen mukaan pienemmään noin kolmannekseen volyymin kasvamisen seurauksesta.

6.6.2 Energiakustannukset

Järjestelmän kannattavuuden analysoinnissa on otettava huomioon kaikki osatekijät, jotka vaikuttavat säästöpotentiaalin suuruuteen. Ainoastaan energian tehokkaalla käytöllä ei saavuteta maksimaalista rahallista säästöä, vaan myös esimerkiksi energian hankintasopimuksen on valittava oikein maksimaalisen säästön saavuttamiseksi. Oleellista on siis tutkia energiasopimusten erilaisten hinnoitteluperusteiden vaikutuksia kokonaiskustannuksiin.

Sähköenergian osalta voidaan käyttää kolmea eri hinnoitteluperustetta: yleistariffia eli kiinteähintaista sopimusta sekä kahta eri aikatariffia eli yö- ja päiväsaikkosopimusta sekä tuntihinnoitteluun perustuvaa sopimusta. Kaukolämpöyhtiöt eivät toistaiseksi tarjoa muuta, kuin kiinteähintaista tai kausihintaan perustuvaa sopimusta. Talusveden osalta eri sopimusten kustannusvertailua ei voi tehdä, koska tarjolla on vain yksikköhintaan perustuvia kiinteitä sopimuksia.

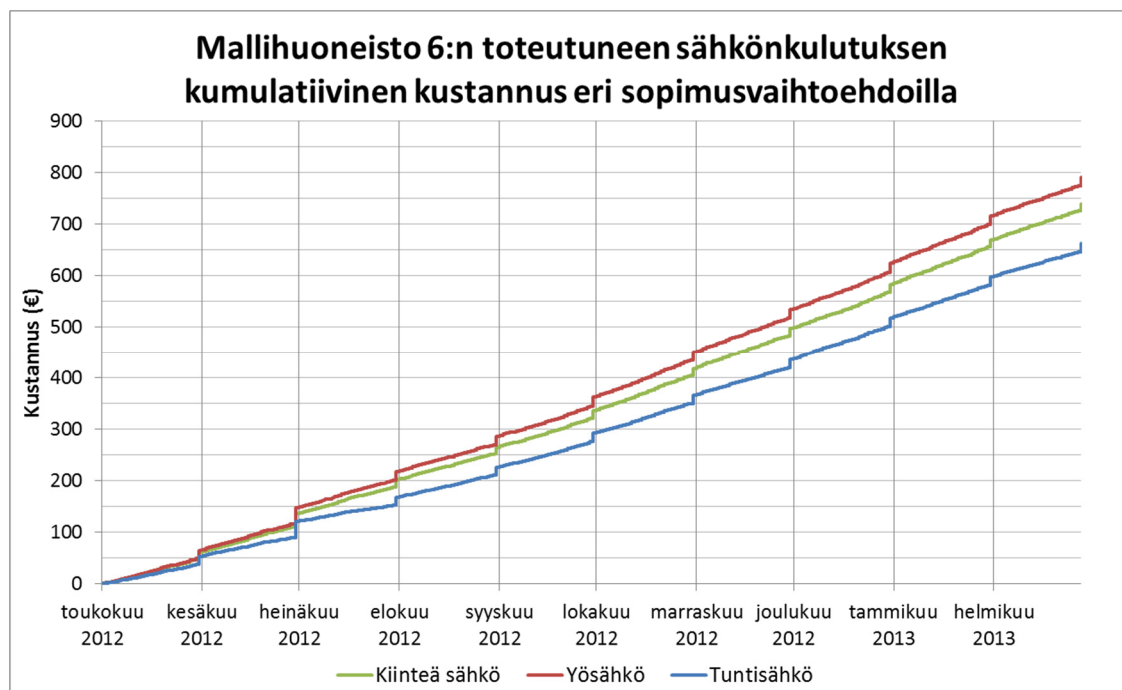
Eri sopimusten vertailussa pyritään käyttämään reaalisia esimerkkisopimuksia, jotta vertailu olisi mahdollisimman konkreettista. Taulukkoon 6.7 on kerätty sähköenergian hintaan vaikuttavat tekijät, jotka muodostavat eri sopimusvaihtoehtojen yksikköhinnan. Taulukon kiinteähintaisessa ja yösähköön perustuvassa sopimuksissa sähköenergian myyntihinta säilyy vakiona koko tarkastelujakson ajan eli myyntihinnassa ei oteta huo-

mioon kausivaihtelua. Tuntihinnoittelussa sähkön myyntihinta muodostuu sähkön pörssihinnasta sekä sähköyhtiön veloittamasta kiinteästä maksusta. Siirtopalvelun hinnat voivat vaihdella eri sopimusten välillä riippuen sähköenergian käytön ajankohdasta.

Taulukko 6.7 Sähkösopimusten hintojen muodostuminen. Esimerkkisopimuksissa käytetty Fortum-palveluhinnastoa 1.1.2013. Taulukossa pörssihinnalla tarkoitetaan Nord Pool Spot -markkinahintaa.

Sähkösopimus	Siirtopalvelu		Energian myyntihinta		Sähkövero snt/kWh	Kiinteät maksut €/kk
	Päivä snt/kWh	Yö snt/kWh	Päivä snt/kWh	Yö snt/kWh		
Kiinteä	2,95	-	6,43	-	2,12	11,88
Yö	2,95	1,93	6,84	5,89	2,12	12,00
Tunti	2,95	-	Pörssihinta + 0,29		2,12	12,00

Eri sähkösopimusten hinnoittelua voidaan suoraan verrata mallihuoneistojen toteutuneisiin kulutuksiin. Kuvasta 6.33 nähdään esimerkki eri sopimusten kustannusten kertymisestä Mallihuoneisto 6:ssa. Tässä tapauksessa yö sähkö osoittautui kalleimmaksi vaihtoehdoksi ja edukkaimmaksi tuntisähkö. Esimerkin mukaisella tuntihinnoitteluun perustuvalla sopimuksella voitaisiin säästää enintään noin 129 euroa kymmenen kuukauden sähköenergiakustannuksista.



Kuva 6.33 Mallihuoneisto 6:n sähköenergian kustannusten kertyminen eri sopimusvaihtoehdoilla. Jokaisen kuukauden loppuun on lisätty kunkin sopimuksen kiinteä kuukausimaksu. Laskennassa käytetty tuntitason tarkastelua. Tuntihintainen sopimus osoittautui halvimmaksi vaihtoehdoksi myös nykyisillä käyttötottumuksilla.

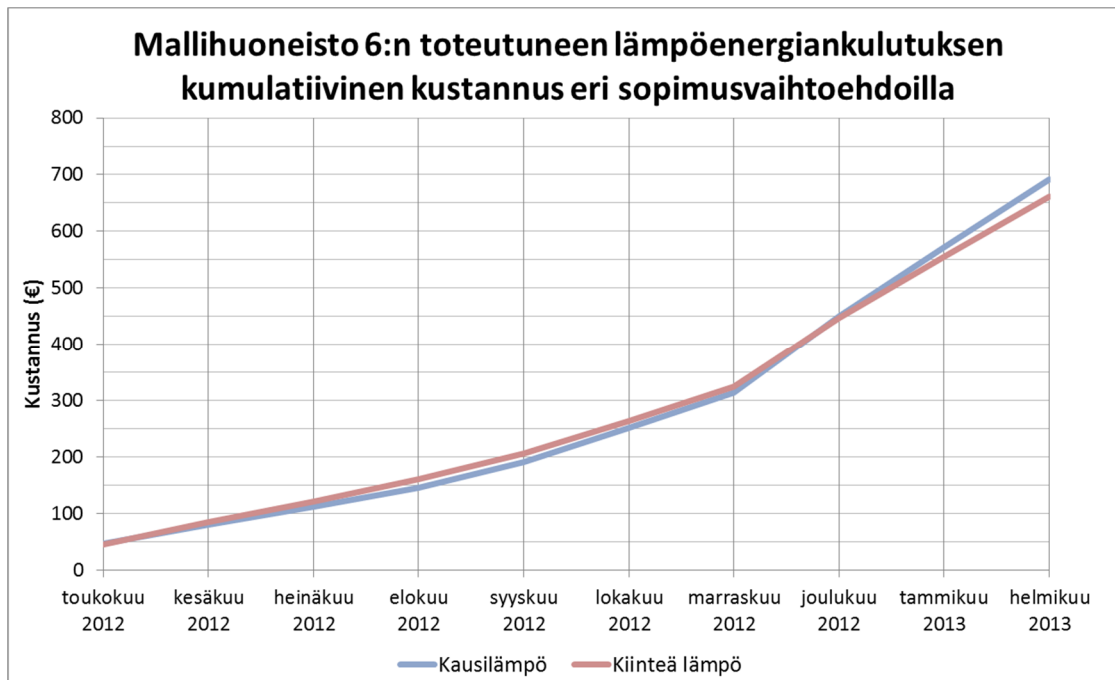
Vastaavanlainen eri hinnoitteluperusteisten sopimusten vertailu voidaan tehdä myös lämmitysenergian osalta. Energiasopimuksina käytetään kiinteähintaista sopimusta sekä

kausihintaista sopimusta. Kausihintaisessa sopimuksessa energiamaksu vaihtelee kuukausittain siten, että kesäkuukausina energiamaksu on 20 prosenttia normaalihintaa pienempi, syys- ja kevätkuukausina normaalihintainen ja talvikuukausina 10 prosenttia normaalihintaa korkeampi. Taulukossa 6.8 on esitetty sopimusten hintatiedot.

Taulukko 6.8 Kaukolämpösopimusten hintojen muodostuminen. Esimerkkisopimuksissa kiinteähintainen on Fortumin palveluhinnastoon (1.1.2013) perustuva sopimus. Kausisopimus perustuu Tampereen sähkölaitoksen hinnoitteluun (1.1.2013). Taulukon oikealla puolella esitetään energiamaksun suuruus eri kuukausina eri sopimuksissa.

Sopimus	Energiamaksu snt/kWh	Perusmaksu €/kk	Kuukausi			
			12-1-2	3-4-5	6-7-8	9-10-11
Kiinteä	6,75	8,00	100 %	100 %	100 %	100 %
Kausi	6,93	8,00	110 %	100 %	80 %	100 %

Kuvasta 6.34 nähdään Mallihuoneisto 6:n lämpöenergiakustannus eri sopimusmuodoissa. Lämpöenergiaan on laskettu sekä tilalämmitykseen että lämpimän käyttöveden valmistamiseen kuluva lämpöenergia. Tarkastelujakson aikana kausilämpösopimus osoitautui hieman kalliimmaksi. Kausilämmön hyöty korostuu tilanteissa, jossa tilalämmitykseen kuluva energia on pientä. Mitä enemmän lämmitysenergian tarve muodostuu lämpimän käyttöveden lämmitystarpeesta, sitä halvemiksi lämpöenergiakustannukset muodostuvat, koska ainoastaan lämpimän käyttöveden valmistuksessa pystytään hyödyntämään kausisopimuksen halvempia kuukausia.



Kuva 6.34 Mallihuoneisto 6:n kaukolämpöenergian kustannusten kertyminen eri sopimustyypeillä. Laskennassa käytetty kuukausitason tarkastelua.

Talousveden osalta ei voida käyttää muuta kuin kiinteähintaista hinnoitteluperustetta. Talousvesi joudutaan usein hankkimaan paikalliselta vesihuoltolaitokselta, joten erihin-

taisten kiinteiden sopimusten vertailu tässä yhteydessä ei ole perusteltua. Taulukkoon 6.9 on listattu kokonaiskustannuksia määriteltäessä käytettävät talousveden taksat vesimaksun, jätevesimaksun sekä perusmaksujen osalta. Perusmaksu oletetaan samansuuriseksi kaikkien huoneistojen kesken.

Taulukko 6.9 Vesihuollon verolliset kustannukset. Hintatietoina käytetty Helsingin seudun ympäristöpalvelun vesihuollon hinnasto 1.1.2013.

Sopimus	Vesimaksu €/m ³	Jätevesimaksu €/m ³	Perusmaksu €/kk
Kiinteä	1,25	1,56	5,81

Kymmenen kuukauden kokonaisenergiatarkastelu, johon on lisätty myös talousvesikustannukset, voidaan tehdä kaikille mallihuoneistolle. Taulukossa 6.9 nähdään mallihuoneistojen absoluuttiset kustannukset kussakin sopimusvaihtoehdossa. Taulukon vihreät solut osoittavat halvimmän sopimusvaihtoehdon kyseisessä huoneistossa, oranssit solut seuraavaksi halvimmän ja punaiset solut kalleimman sopimusvaihtoehdon. Kaikissa huoneistoissa sähkön tuntiperusteinen sopimus tulisi nykyisillä käyttötottumuksilla halvimmaksi lukuun ottamatta Mallihuoneisto 5:n osalta, jossa kiinteähintainen sopimus osoittautui edukkaimmaksi. Mallihuoneisto 5:n kiinteähintaisen sopimuksen edullisuus johtuu kulutuksen ajoittumisesta muiden sopimusten kannalta kalliimmille ajankohdille. Absoluuttiset säästöt kalleimmasta halvimpaan sopimusvaihtoehtoon vaihtelivat noin 36-129 euron välillä. Mitä suurempaa sähkönkulutus on, sitä suurempaa on rahallinen säästö. Suhteessa edullisin sopimus oli noin 12-16 % halvempi kalliimpaan verrattuna.

Kaukolämmön osalta halvimmaksi vaihtoehdoksi muodostui kiinteähintainen sopimus kaikkien huoneistojen osalta. Vaikka tarkastelujakson aikana oli kesäkuukausia suhteessa enemmän, niin se ei silti pienentänyt kausisopimuksen kustannuksia alle kiinteähintaisen sopimuksen. Mikäli tarkastelussa olisi voitu käyttää yhden kalenterivuoden kulutustietoja, kiinteähintainen sopimus olisi todennäköisesti osoittautunut vieläkin halvemmaksi.

Taulukko 6.10 Mallihuoneistojen energiakustannukset eri sopimusmuodoilla toukuusta 2012 helmikuuhun 2013. Vihreä solu osoittaa halvimmän vaihtoehdon, oranssi seuraavaksi ja punainen kalleimman vaihtoehdon.

		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Sähkö							
Kiinteä	€/10kk	390	334	343	461	277	740
Yö	€/10kk	417	371	379	509	313	791
Tunti	€/10kk	362	326	330	439	282	662

Kaukolämpö

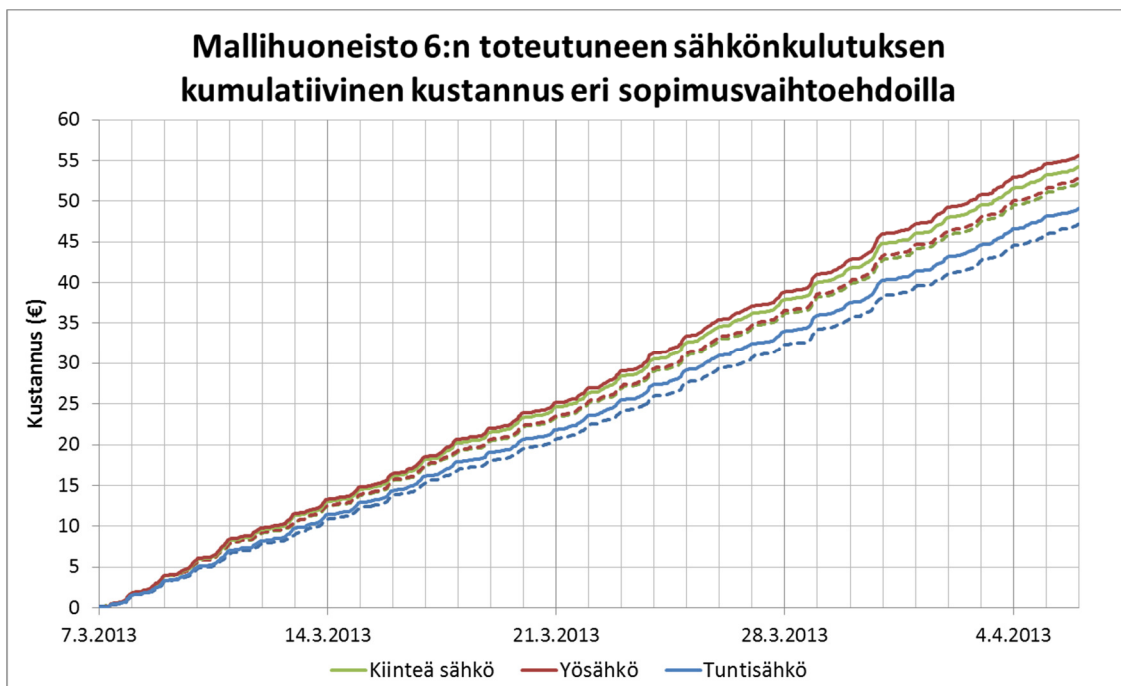
Kiinteä	€/10kk	259	305	270	209	158	662
Kausi	€/10kk	267	317	275	213	160	691

Talousvesi

Kiinteä	€/10kk	151	219	286	271	126	641
---------	--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Edellä olevassa tarkastelussa ei vaikutettu mallihuoneistojen kulutuksen kertymiseen, vaan laskennassa käytettiin suoraan toteutuneita kulutustietoja kymmenen kuukauden ajalta eli kulutusanalyysin ensimmäisen vaiheen ajalta. Kannattavuusanalyysissä voidaan myös hyödyntää kappaleessa 6.4.2 käsiteltyä yksityiskohtaista kulutusta. Kappaleessa sähköenergian kulutuksesta eliminointiin osittain hukkaenergiankulutusta poistamalla pesukoneiden valmiuskulutus ja valaistuksen päivä- ja yöaikaiset kulutukset sekä siirrettiin pesukoneiden käyttö ajankohtaan, jolloin energiakustannus on halvempaa. Kuvassa 6.35 on esitetty Mallihuoneisto 6:n sähköenergian kustannukset 30 päivän tarkastelujakson aikana. Eheät viivat osoittavat kumulatiivisen kustannusten kertymän toteutuneen kulutuksen mukaan. Katkoviivat osoittavat kustannusten kertymän, jossa kulutuksesta on eliminoitu hukkaenergiaa ja sitä on siirretty ajankohtaan, jolloin energian hinta on halvempaa.

Kuvasta 6.35 nähdään, että Mallihuoneisto 6:n sähköenergiakustannuksissa olisi voitu säästää noin kymmenen euroa kalleimpaan sopimusvaihtoehtoon nähden tarkastelujakson aikana siirtämällä kulutusta halvempaan ajankohtaan sekä vähentämällä laitteiden valmiuskulutusta ja yö- ja päiväaikaista valaistuskulutusta. Kulutuksen jouston avulla myös yösähkö sopimus on vertailukelpoinen vaihtoehto kiinteän sähkö sopimuksen kanssa. Tuntihintaan perustuva sähkö sopimus osoittautuu edelleen edukkaimmaksi vaihtoehdoksi.



Kuva 6.35 Mallihuoneisto 6:n sähköenergiakustannus eri sopimusvaihtoehdoilla 30 päivän seurantajakson aikana. Eheillä viivalla osoitetaan energiakustannusten kertyminen toteutuneen kulutuksen mukaan. Katkoviivalla osoitetaan energiakustannusten kertyminen, jossa kulutusta on siirretty halvempaan ajankohtaan ja siitä on eliminoitu hukkaenergiankulutusta.

Vastaava tarkastelu sähköenergiankulutuksesta voidaan tehdä myös muiden huoneistojen osalta. Sähköenergiankulutuksen lisäksi myös lämmitysenergiankulutuksesta voidaan tehdä kappaleen 6.3.1 mukainen sisälämpötiloihin perustuva tarkastelu ja arvioida lämmitysenergiankulutuksen säästämahdollisuutta uusien toimintojen käyttöönoton jälkeen. Vedenkulutuksen suhteen ei pystytä luotettavasti arvioimaan säästämahdollisuutta, joten vedenkulutuksen kustannusten arvioinnissa käytetään ainoastaan toteutunutta kulutusta. Kaikki tulokset ovat esitetty taulukossa 6.11. Taulukosta nähdään, että Mallihuoneisto 6:n energiakustannuksissa olisi voitu säästää enintään 19 euroa kallemman ja halvimman sopimusvaihtoehtojen välillä, mikäli kulutusta olisi siirretty kustannuksiltaan suotuisammalle ajankohdalle ja hukkaenergiaa olisi eliminoitu. Muissa huoneistoissa säästämahdollisuus olisi ollut noin 3-7 euroa. Kaikkien huoneistojen edukkaimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui sähköenergian osalta tuntihinnoitteluun perustuva sähkösopimus. Lämmitysenergiasopimuksista kiinteähintainen osoittautui halvimmaksi vaihtoehdoksi. Lämmitysenergian säästämahdollisuus jäi pieneksi, koska lämpimän käyttöveden valmistus muodostaa suurimman osan energiatarpeesta tarkastelujakson aikana.

Taulukko 6.11 Mallihuoneistojen energia- ja vesikustannukset seurantajakson aikana. Vasemmanpuoleinen taulukko osoittaa kustannukset toteutuneen kulutuksen mukaan. Oikeanpuoleisessa taulukossa osoitetaan kustannukset, jossa kulutuksesta on eliminoitu hukkaenergia sekä kulutusta on siirretty yöaikaan.

Sähkö		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Kiinteä	€	40	31	33	40	26	69
Yö	€	41	32	34	42	27	70
Tunti	€	38	29	31	40	25	63

Sähkö		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Kiinteä	€	37	30	31	40	25	66
Yö	€	38	31	31	41	25	67
Tunti	€	35	28	29	37	24	61

Kaukolämpö		Mallihuoneisto					
Kiinteä	€	22	31	24	19	13	117
Kausi	€	23	32	24	19	13	120

Kaukolämpö		Mallihuoneisto					
Kiinteä	€	22	30	24	19	13	110
Kausi	€	22	31	24	19	13	113

Talousvesi		Mallihuoneisto					
Kiinteä	€	15	23	30	25	11	68

Talousvesi		Mallihuoneisto					
Kiinteä	€	15	23	30	25	11	68

6.7 Kannattavuus

Järjestelmän kannattavuutta voidaan arvioida sisäisen korkokannan menetelmällä, jossa energiansäästötoimenpiteen avulla saavutettua vuosittaista energiankulutuksen kustannussäästöä verrataan energiansäästöinvestointiin tuomalla investoinnin pitoajan vuotuiset kustannussäästöt investointihetkeen. Tarkasteltavan menetelmän periaatteena on verrata investoinnin ja siitä saatavien vuotuisten säästöjen sisäistä korkokantaa siihen korkokantaan, joka kuvaa investoinnin todellista tuotto-odotusta. (Abel 2010)

Laskennan tuottovaatimusta voidaan pitää melko pienenä muutamasta syystä. Järjestelmän investointikustannus on yksittäisen huoneiston kohdalla melko pieni ja riskitön. Investoinnin pitoaika eli toisin sanoen järjestelmän käyttöikä on melko lyhyt noin 10-15

vuotta, mikä usein toteutuu rakennusten teknisten järjestelmien osalta. Tässä tapauksessa myös investoinnin eli järjestelmän jäännösarvo oletetaan nollassa. Tuottovaatimusta arvioitaessa voidaan hyödyntää myös asukashaastatteluissa tiedusteltuja säästövaatimuksia.

Yksinkertaistamisen vuoksi energiakustannusten hintakehitys oletetaan kiinteäksi riippumatta siitä, millä energiaa tuotetaan. Epävakaan talustilanteen sekä ilmasto- ja energiapolitiikan vaikutusten seurauksena energiakustannusten hintakehitys voidaan olettaa tavanomaista inflaatiota suuremmaksi. Tarkastelussa käytetään siis reaalisia korkokantoja, jolloin energian hintakehityksessä otetaan huomioon vain se osuus, joka ylittää tavanomaisen inflaation. Energiakustannuksissa oletetaan myös, että huoneistoissa käytetty energia on ostoenergiaa koko tarkastelujakson aikana.

Kappaleen 3.3 kuvassa 3.8 esitettiin energian nimellishinnan kehitystä 2000-luvun aikana. Kuvasta voidaan arvioida, että sähkön ja kaukolämmön hintakehitys on ollut noin 5,5 % vuodessa tyyppikäyttäjällä. Hintakehitys ei ole ollut kovin tasaista, sillä esimerkiksi sähköenergian kokonaishinta nousi noin 17 % vuonna 2011 veromuutosten seurauksena. Vuodesta 2000 lähtien yleinen inflaation kehitys on puolestaan ollut elinkustannusindeksin mukaan keskimäärin 1,5 % (Tilastokeskus 2013). Näin ollen energian hinnan reaalisenä vuosikorkona voidaan käyttää 4-6 %. Suuremmalla korkokannalla voidaan pyrkiä huomioimaan taloudellisen tilanteen muutosta sekä poliittisten toimenpiteiden vaikutusta.

Energiakustannuksissa otettiin huomioon kymmenen kuukauden energia- ja vedenkulutuksen aiheuttamat kustannukset ja niitä arvioitiin eri sopimusmalleilla. Taulukon 6.10 avulla voidaan arvioida kustannussäästöä kymmenen kuukauden aikana kalleimman ja halvimmän sopimusvaihtoehdon kokonaiskustannusten erotuksena. Kymmenen kuukauden kulutus voidaan yksinkertaisuuden vuoksi olettaa jakautuvan kuukausittaisiin tasaeriin. Kalleimman ja halvimmän vaihtoehdon erotus muodostuu käytännössä eri sähköenergisopimuksista, sillä eri kaukolämpösopimusten erotus on keskimäärin vain 12 % kokonaiserotuksesta. Taulukkoon 6.12 on kirjoitettu myös järjestelmäkustannukset taulukon 6.6 mukaisesti. Toistuvat kustannukset on kirjoitettu 15 vuoden pitoajalle.

Taulukko 6.12 Energia- ja talousvesikustannukset sekä järjestelmäkustannukset kulutuksen analysoinnin ensimmäisessä vaiheessa. Toistuvina kustannuksina on käytetty 15 vuoden aikana syntyviä kustannuksia.

Energia- ja vesikustannukset		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Kallein	€/kk	84	91	94	99	60	212
Halvin	€/kk	77	85	89	92	57	197
Erotus	€	6	6	5	7	3	16
Järjestelmäkustannukset							
Kertaluontoiset	€	1241	1821	1344	1815	1241	2494
Toistuvat	€	1440	1440	1440	1440	1440	1440

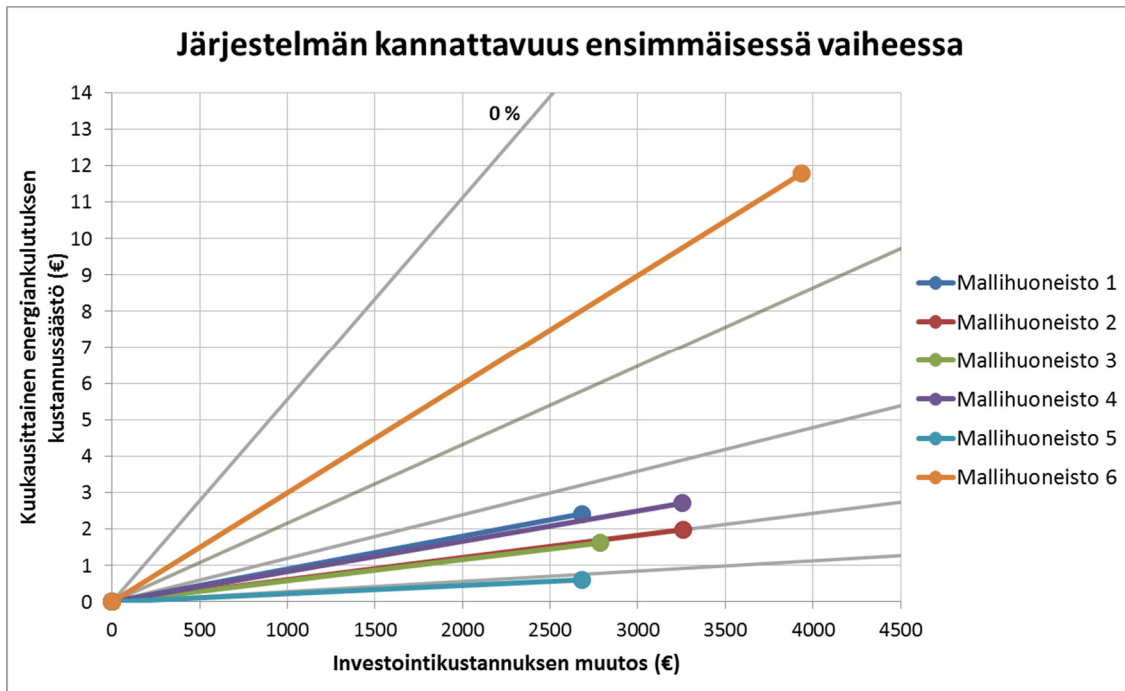
Erilaisten sisäisten korkojen vertailu voidaan tehdä havainnollisemmaksi esittämällä ne kuvaajassa. Kuvassa 6.33 on kuvattu järjestelmän kannattavuutta, jossa pystyakseli ku-

vaa kuukausittaista kustannussäästöä ja vaaka-akseli kuvaa investoinnin suuruutta. Tällöin funktion kulmakertoimeksi jää niin sanottu annuiteettitekijä, jonka muuttujista ainoastaan sisäinen korkokanta voi vaihdella, koska investoinnin pitoaika on lukittu. Annuiteettitekijän avulla investointi voidaan jakaa samansuuruisiksi investoinnin pitoajan kullekin vuodelle ja kuukaudelle. Tällä tavoin voidaan vertailla eri investointien sisäisiä korkokantoja keskenään samassa kuvaajassa kulmakertoimen jyrkkyyden perusteella. (Abel 2010)

Kun laskenta perustuu reaalisiiin korkokantoihin, voidaan tuottovaatimusta korjata energian hinnan reaalisella vuosikorkokannalla. Todellinen tuotto on siis tuottovaatimuksen ja energian hinnan reaalisen vuosikoron erotus. Mikäli tuottovaatimus olisi 5 % ja energian hinnan vuotuinen reaalinousu 5 %, näin ollen todellinen tuotto olisi 0 %. Tämän korjauksen perusteella laskentaan ei tarvitse ottaa mukaan muita korkokantoja, vaan kuvaajista voidaan suoraan arvioida esimerkiksi energian hinnan reaalinousun määriä, jotta järjestelmä olisi vielä kannattava. (Abel 2010)

Kuvassa 6.33 on esitetty järjestelmän kannattavuus käyttäen taulukon 6.6 kustannuksia. Kuvassa 6.36 Mallihuoneisto 6:n investointikustannus on 3934 euroa, joka sisältää 15 vuoden käyttöön liittyvät kuukausimaksut. Taulukon 6.13 mukaan kustannuksissa voidaan säästää noin 16 euroa kuukautta kohden kalliimman ja halvimmän sopimusvaihtoehdon välillä. Näiden tietojen avulla saadaan 15 vuoden investoinnin pitoajalla sisäiseksi korkokannaksi -6,9 %. Näin ollen Mallihuoneisto 6:n investoinnin takaisinmaksuaika on 17 vuotta, mikäli energiakustannuksissa säästettäisiin taulukon 6.12 mukaisesti, tuottovaatimus olisi 2 % ja energian reaalihiinan vuosikorko 6 %.

Kuvassa 6.36 nähdään, että järjestelmän kannattavuus Mallihuoneisto 6:n osalta osoittautuu kannattavimmaksi kaikista huoneistoista. Kuvan 6.36 perusteella muissa huoneistoissa todellinen tuotto on merkittävästi negatiivisella puolella, jolloin energian reaalihiinan vuosikoron tulisi olla yli 15 %, joka on epätodennäköistä. Toisaalta Mallihuoneisto 6:ssa kulutettiin suhteessa enemmän energiaa muihin huoneistoihin verrattuna. Tämä taas lisää suoraan eri sopimusvaihtoehtojen kustannusten erotusta, joka osaltaan nostaa järjestelmän kannattavuutta.



Kuva 6.36 Energian seuranta- ja hallintajärjestelmän kannattavuus eri mallihuoneistoissa kulutuksen analysoinnin ensimmäisessä vaiheessa. Kuvasta voidaan likipitäen arvioida todellista tuottoa investoinnin pitoajalle asetetun tuottovaatimuksen ja energian hinnan reaalikoron erotuksella.

Kuvan 6.36 perusteella järjestelmä ei ole kannattava kustannusten kannalta missään huoneistossa. Ainoastaan Mallihuoneisto 6:ssä päästään hyvin lähelle asetettua tuottovaatimusta. Ensimmäisessä kannattavuuslaskelmassa huomioitiin vain eri sopimusvalintojen perusteella syntyneet säästöt. Toisin sanoen kulutuksen muodostumiseen ei vielä tässä vaiheessa vaikutettu. Tutkimuksen toisen vaiheen kulutusanalyysissä arvioitiin uusien toimintojen aiheuttamaa säästöpotentiaalia. Toisessa vaiheessa analysointiin myös sähköenergian osalta kulutuspistekohtaista kulutusta, jonka perusteella säästöpotentiaalia voitaisiin yhä kasvattaa poistamalla hukkaenergiankulutusta sekä siirtämällä kulutusta ajankohdalle, jossa energiakustannukset ovat edullisemmat.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa saaduista tuloksista voidaan tehdä seuraava kannattavuuslaskelma. Taulukkoon 6.13 on listattu tutkimuksen toisen vaiheen energiakustannukset halvimmassa sopimusyhdistelmässä sekä kalleimmassa. Halvimmassa vaihtoehdossa käytetään taulukon 6.11 edukkainta sopimusvaihtoehtoa, jossa on huomioitu kulutuksen siirto sekä eliminoitu hukkaenergiaa kappaleen 6.4.2 mukaisesti. Kalleimmassa vaihtoehdossa käytetään taulukon 6.11 mukaisia toteutuneita seurantajakson kustannuksia, johon on tehty kustannuslisäys. Kustannuslisäyksellä huomioidaan uusien toimintojen aiheuttama säästöpotentiaali. Kulutustavoitteiden seurannassa määritettiin, että ominaiskulutus oli seurantajakson aikana pienentynyt 1-2 % huoneistosta riippuen. Toteutuneisiin kustannuksiin lisätään tämän suuruinen lisäys, jolla pyritään normalisoimaan tilanne. Näin ollen tarkastelussa luodaan tilanne, jossa on myös huomioitu uusien toimintojen aiheuttama säästöpotentiaali. Järjestelmäkustannuksina käytetään edelleen taulukon 6.6 mukaisia kustannuksia lukuun ottamatta yhtä poikkeusta. Toistuvat kus-

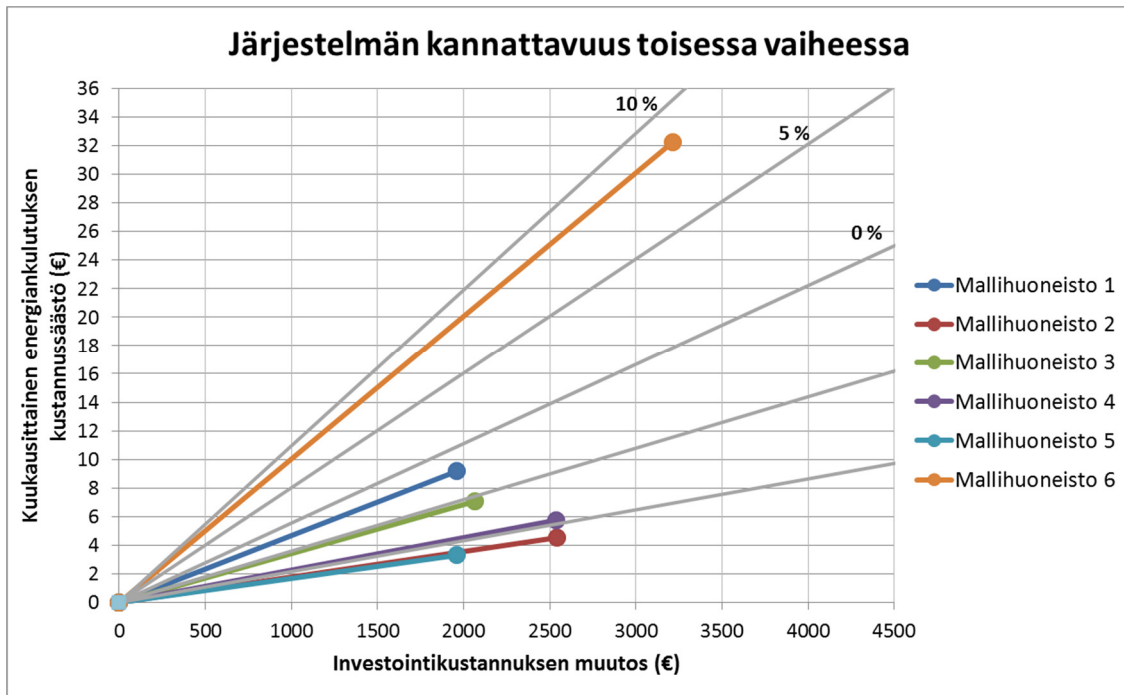
tannukset voidaan kuitenkin puolittaa, koska järjestelmäkustannuksissa arvioitiin, että kustannukset vähenevät noin kolmannekseen.

Taulukko 6.13 *Energia- ja talousvesikustannukset sekä järjestelmäkustannukset kulutuksen analysoinnin toisessa vaiheessa, jossa on huomioitu uusien toimintojen aiheuttama energiansäästöpotentiaali, eliminoitu hukkaenergia sekä siirretty energiankäyttöä ajankohtaan, jolloin energiakustannukset ovat edullisemmat.*

Energia- ja vesikustannukset		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Kallein	€/kk	82	89	91	89	53	263
Halvin	€/kk	72	81	82	80	47	239
Erotus	€/kk	10	8	9	9	6	24
Järjestelmäkustannukset							
Kertaluontoiset	€	1241	1821	1344	1815	1241	2494
Toistuvat	€	720	720	720	720	720	720

Taulukossa 6.13 nähdään, että kalleimman ja halvimman kustannusten erotus kasvaa suhteessa erilaisesti. Esimerkiksi Mallihuoneisto 3:ssa erotus lähes kaksinkertaistuu, mutta Mallihuoneisto 4:ssa erotus kasvaa vain viidenneksen ensimmäiseen vaiheeseen verrattuna. Taulukon 6.13 tuloksia voidaan jälleen tarkastella kuvaajan avulla. Kuvassa 6.37 on esitetty järjestelmän kannattavuus kulutuksen analysoinnin toisessa vaiheessa, jossa on huomioitu järjestelmästä aiheutuvien toistuvien kustannusten pienentyminen. Investoinnin pitoaikana pidetään edelleen 15 vuotta. Kuvasta 6.37 nähdään, että järjestelmän kannattavuus on noussut kaikissa huoneistoissa noin 8-15 prosenttiyksikköä huoneistosta riippuen. Mallihuoneisto 6:n järjestelmän sisäinen korkokanta on noussut +8,5 %:iin, mikä tarkoittaa, että energian reaalihinnan vuosikoron ollessa 6 %, todellinen tuotto on peräti 14,5 %.

Muiden huoneistojen osalta korkokantojen vaihtelu hieman tasoittuu ensimmäiseen analyysiin verrattuna, mutta korot ovat edelleen negatiivisella puolella. Vaikka tuottovaatimus olisi 2 % ja energian reaalihinnan vuosikorko olisi 6 %, niin ainoastaan Mallihuoneisto 1:n todellinen tuotto nousee positiiviselle puolelle. Muiden huoneistojen osalta jäädytään juuri negatiiviselle puolelle. Energian reaalihinnan vuosikoron tulisi olla noin 13 %, jotta kaikissa huoneistossa todellinen tuotto nousisi positiiviselle puolelle. Tämä korko voidaan katsoa edelleen liian korkeaksi. On kuitenkin huomioitava, että kustannuksia on verrattu ainoastaan energiakulutuksen kustannussäästöön eri sopimusvaihtoehtoisissa sekä eliminoimalla hukkaenergiaa ja siirtämällä kulutusta ajankohtaan, jossa energiakustannukset ovat edullisemmat. Kannattavuuden analysoinnissa ei siis huomioitu järjestelmän muita arvotekijöitä, koska niiden muuttaminen rahalliseksi arvoksi on hankalaa. Asukashaastatteluiden perusteella järjestelmä lisää esimerkiksi kodin helppokäyttöisyyttä ja lisää turvallisuudentunnetta. Haastateltujen mielestä järjestelmä lisää myös asunnon jälleenmyyntiarvoa.



Kuva 6.37 Energian seuranta- ja hallintajärjestelmän kannattavuus eri mallihuoneistoissa kulutuksen analysoinnin toisessa vaiheessa. Kannattavuus nousee huoneistosta riippuen noin 8-15 prosenttiyksikköä ensimmäisen vaiheen analyysiin verrattuna.

Arvotekijöiden suuruutta voidaan arvioida uudella kannattavuustarkastelulla, jossa arvioidaan kuinka paljon investointikustannuksen tulee olla pienempi, jotta järjestelmä olisi kannattava kaikissa huoneistoissa. Alkuperäisen ja uuden investointikustannuksen erotus voidaan katsoa arvotekijöiden suuruudeksi, joka asukkaan tulisi sijoittaa järjestelmään, jotta asetettu tuottovaatimus saavutettaisiin. Taulukkoon 6.14 on kerätty tarkastelun tulokset, josta nähdään investointikustannusten erotus, jotta todellinen tuotto olisi vähintään 2 %. Tarkastelussa energian reaalisen vuosikorkona on käytetty 6 % ja pitoaikana edelleen 15 vuotta. Taulukosta nähdään, että Mallihuoneisto 1:n ja 6:n osalta järjestelmäkustannusten erotus on nolla, joten näiden huoneistojen osalta arvotekijöitä ei ole tarvetta ottaa huomioon, sillä tuotto saadaan aikaiseksi pelkästään energian säästöstä syntyvillä tuloilla. Näissä huoneistossa tuotto on asetettua vaatimusta suurempi. Muiden huoneistojen osalta arvotekijöiden hinnan tulisi olla 51-752 euroa, jotta haluttu tuottovaatimus saavutettaisiin.

Taulukko 6.14 Arvotekijöiden kustannuksia arvioidaan alkuperäisen ja uuden investointikustannuksen erotuksella. Investointikustannusta on pienennetty siten, että tuottovaatimus täyttyy.

Järjestelmäkustannukset		Mallihuoneisto					
		1	2	3	4	5	6
Ennen	€	1961	2541	2064	2535	1961	3214
Jälkeen	€	1961	1790	2013	2013	1342	3214
Erotus	€	0	752	51	522	619	0
Todellinen tuotto	%	4 %	2 %	2 %	2 %	2 %	15 %

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Kulutuspoikkeamien syyt

Rakennustaso

Rakennustason tarkastelussa huomattiin hyvin nopeasti, että näin laajaa tarkastelunäkökulmaa on vaikea hyödyntää kulutuspoikkeamien ymmärtämiseksi. Ainoastaan tilalämmityksen lämpöenergiankulutusta voidaan arvioida rakennustasosta lähtien toteutuneiden sisälämpötilojen perusteella. Muun energiankulutuksen suhteen, kuten sähkön tai käyttöveden lämmityksen suhteen, ei voida tehdä kovin luotettavia arvioita, koska ei voida päätellä niitä syitä, jotka aiheuttavat kulutuspoikkeamia. Kulutusta tulisi tarkastella yksityiskohtaisemmalla tasolla, esimerkiksi huoneistotasolla. Toisin sanoen mitä pienempää energiankulutus on, sitä yksityiskohtaisempana energiatarkastelu tulee suorittaa, jotta arvioidun ja toteutuneen energiankulutuksen eroja pystytään selvittämään.

Koko rakennuksen energiatehokkuus ei muodostu pelkästään rakenne- tai järjestelmäratkaisujen seurauksena. Myös asukkaiden kulutus päätöksillä on suuri merkitys kokonaiskulutuksen muodostumiseen. Esimerkiksi korkea lämmitysenergiankulutus johtui osaltaan korkeista sisälämpötiloista ja voimakkaasta tuuletuksesta, joihin asukkailla on vaikutusmahdollisuus. Sähköenergiankulutus ylitti myös standardikäytöllä arvioidun kulutuksen, mihin asukkaat vaikuttivat kotitalouden laitevalinnoilla ja niiden käytöllä. Käyttäjien merkitystä asuinrakennuksen energiankulutuksessa usein vähätellään, mutta todellisuudessa käyttäjistä riippuvat toiminnot muodostavat merkittävän osan kokonaiskulutuksesta. Adjutantin laskennalliseksi E-luvuksi saatiin $112 \text{ kWh}_E/\text{m}^2$ vuodessa, joka vastaa C-luokkaa. Mikäli toteutunut energiankulutus muutettaisiin E-luvuksi, se tarkoittaisi noin $122 \text{ kWh}_E/\text{m}^2$ vuosikulutusta. Tämä 9 % suurempi kulutus johtuu osittain käyttäjien tekemien todellisten toimintojen ja standardikäytön eroavaisuuksista.

Lainsäädännön edellyttämä laskentamenetelmä ei sellaisenaan sovellu vertailuun toteutuneen kulutuksen kanssa. Energiatodistuksen mukaisen energialaskelman lisäksi tulisi laatia myös kiinteistön suunnitteluarvoilla rakennettu laskelma, jossa on pyritty ottamaan huomioon asukkaiden käyttäytymistavat, asukasmäärä sekä laitteiden ja koneiden todelliset käyttöasteet. Tämäntapaisen mallin rakentaminen voi olla haastavaa.

Huoneistotaso

Pilotointiympäristöön valittiin kuusi eri huoneistoa, joiden energiankulutusta tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin kahdessa eri vaiheessa: toteutunutta kulutusta rakennuksen käyttöönottovaiheesta lähtien sekä toteutunutta kulutusta rinnakkaisversion yhteydessä käyttöönotettujen uusien toimintojen jälkeen. Laskennallisen ja toteutuneen kulutuksen vertailussa havaittiin vastaavia poikkeamia, mitä rakennustason tarkastelussa, sillä to-

teutunut kulutus ei vastannut standardikäytön mukaista kulutusta. Eri mallihuoneistojen poikkeamia laskennallisesta kulutuksesta oli vaikea ymmärtää, sillä hajonta oli suuri. Esimerkiksi sähköenergian osalta osassa huoneistoista laskennallinen kulutus ylitettiin, osassa alitettiin ja osassa se vastasi melko tarkasti standardikäyttöä. Ainoastaan huoneistojen lämmitysenergiankulutuksen kulutuspoikkeamia pystyttiin osittain selvittämään, jolloin laskennalliset ja toteutuneet kulutukset vastasivat lähes toisiaan. Syiksi osoittautui eri huoneistojen korkeat ja epätasaiset sisälämpötilat sekä tuuletus.

Laskennallisen ja toteutuneen kulutuksen poikkeamat osoittautuivat vaikeasti selitettäviksi, joten vertailua tehtiin myös huoneistojen kesken. Huoneistojen keskinäinen ominaiskulutusten vertailu osoittautui hyödylliseksi. Eri indikaattoreiden avulla voidaan havainnollistaa huoneiston energiankäytön tehokkuutta muihin huoneistoihin verrattuna. Mikäli kulutusta olisi verrattu pelkästään huoneiston sisällä historiatietoon, se ei olisi kertonut huoneiston energiankäytön tehokkuudesta. Ominaiskulutusten määrittelyssä on oleellista valita tarkasteluun sopivat indikaattorit. Vaikka esimerkiksi huoneiston sähköenergiankulutus on riippuvainen asukkaiden käyttötottumuksista, niin sen indikointiin ei välttämättä sovellu pelkästään henkilöperusteinen indikaattori. Yhden hengen talouden sähkönkulutus voi olla lähes yhtä suurta kuin kahden hengen talouden, jolloin pienemmän asunnon ominaiskulutus asettuu liian suureksi, eikä vertailu ole välttämättä luotettavaa. Huoneistoja, joissa on sama henkilömäärä, voidaan verrata keskenään.

Indikaattorivalinta ei kaikissa kulutustapauksissa ole kovin yksiselitteinen. Sopivalla indikaattorivalinnalla huoneistojen energiatehokkuus voidaan asettaa haluttuun tai toivottuun suuntaan. Tilalämmityksen lämpöenergiankulutuksen osalta tilanne voidaan katsoa yksinkertaisimmaksi, koska se voidaan määrittää melko luotettavasti laskennallisesti. Tilalämmityksen lämpöenergiankulutusta voidaan tarkastella sisälämpötilojen perusteella, minkä avulla huoneistot saatetaan vertailukelpoiksi keskenään. Vedenkulutus voidaan myös melko luotettavasti indikoida henkilöperusteen mukaisesti, jolloin ominaiskulutus on havainnollinen sekä helppo ymmärtää. Sähköenergian osalta tilanne on hankalin. Sähköenergian ominaiskulutuksen laskennassa huomattiin, että lähes mistä huoneistosta tahansa saadaan energiatehokkain, kun indikaattori valitaan sopivaksi. Näin ollen suoraan henkilö- tai neliöperusteinen indikointi ei välttämättä sovellu sellaisenaan, vaan indikaattorina tulisi käyttää näiden yhdistelmiä. Sähköenergian ominaiskulutuksen luotettavaa vertailua voidaan parantaa jakamalla se eri kulutuspisteiden mukaan. Esimerkiksi huoneistojen kylmälaitteita, ruuanvalmistusta, valaistusta ja viihdelaitteiden kulutusta voitaisiin verrata huoneistojen kesken. Tämän jälkeen kullekin kulutuspisteelle tulisi asettaa vielä oma indikaattori. Tätä indikointia voidaan hyödyntää esimerkiksi kulutuspalautteen tukipalautemuodoissa.

Sopivan indikaattorivalinnan jälkeen ominaiskulutusten vertailussa nähdään selvästi, miten energiankäyttö vaihtelee huoneistojen välillä. Energiankäytön tehokkuus johtuu pääsääntöisesti muutamasta seikasta: laitteiden käyttöasteesta sekä asukkaiden käyttötottumuksista ja tietotasosta. Lyhyen aikavälin tarkastelussa käyttöasteen merkitys korostuu, eikä huoneistoja pystytä suoraan vertailemaan keskenään. Pidemmän aikavälin tarkastelussa, kuten vuositarkastelussa, käyttöasteet tasoittuvat ja kulutuspoikkeamia

selittävät osaltaan käyttäjän kulutustottumukset ja tietotaso. Näin ollen pitkän aikavälin tarkastelussa eri huoneistojen ominaiskulutuksien eroja voidaan selittää erilaisilla käytötottumuksilla.

7.2 Asuntokuntien toiminta

Asuntokuntien energiatehokkuus

Toisen vaiheen haastattelujen perusteella asukkaat pitivät energian seuranta- ja hallintajärjestelmää merkityksellisimpänä energiatehokkuustoimenpiteenä. Tämä todennäköisesti johtuu siitä, että yhtenä energiatehokkuustoimenpiteenä seuranta- ja hallintajärjestelmä konkretisoituu myös yksittäiselle asukkaalle. Tilanne on erilainen muiden energiatehokkuustoimenpiteiden osalta: ilmanvaihtokone, jonka lämmöntalteenoton hyötysuhde on 50 % näyttää asukkaan kannalta täysin samanlaiselta, vaikka ilmanvaihtokone olisi varustettu talteenotolla, jonka hyötysuhde on 70 %.

Haastattelujen perusteella huoneistot sijoitettiin sosioekonomiseen arvokarttaan, jossa kaikki huoneistot sijoittuivat melko lähelle toisiaan. Kaikkien haastateltujen mielestä tärkeää oli energian säästäminen, vaikka sitä ei aina pystytä toteuttamaan. Asukkaat pitivät myös energian tehokasta käyttöä tärkeänä, vaikka se ei aina konkretisoidu arkipäivän toiminnoissa. Tätä voitiin havainnoida esimerkiksi yksityiskohtaisesta kulutuksen mittauksesta, mistä ilmeni säästömahdollisuuksia. Näin ollen asenteet ja teot eivät aina kohdanneet kaikissa asunnoissa. Tähän voidaan nähdä ainakin kaksi syytä: asukkaat ehkä haluavat antaa paremman kuvan omasta energiankäytöstään tai teot eivät kohdtaa tietoa, koska asukkaat eivät ole tietoisia, miten energiankäyttöä voi vielä tehostaa. Näistä syistä jälkimmäiseen vaihtoehtoon voidaan vaikuttaa melko helposti energian seuranta- ja hallintapalvelun toimintojen avulla. Vaikka asukas ei usko pystyvänsä tehostamaan toimintaansa, niin esimerkiksi seurantapalvelulla voidaan esittää asukkaille kulutuspeitteitä, joista ilmenee hyödyntämätöntä säästöpotentiaalia.

Asukkailla ei ollut yksimielistä käsitystä energiatehokkuudesta ja sen muodostumisesta. Tällä on suuri vaikutus energian käyttöön. Osittain asukkaat ikään kuin oletivat energiatehokkaan rakennuksen kuluttavan energiaa automaattisesti vähemmän tavanomaiseen toteutusratkaisuun verrattuna. Tämä voidaan nähdä yhtenä syynä korkeaan energiankulutukseen. Oleellista olisi ymmärtää, että esimerkiksi asukasportaali ei säästä energiaa – se tarjoaa vain mahdollisuuden energian tehokkaampaan käyttämiseen. Vastaava ilmiö näkyi ajoittain myös rutiinitoiminnoissa; mikäli huoneisto on varustettu energiansäästölamppuilla, niitä ei välttämättä tarvitse sammuttaa, koska ne kuluttavat muutenkin vähemmän energiaa.

Asukasportaalin käyttöintensiteetin kasvattaminen

Huoneiston seinään asennetusta näytöstä seuranta koettiin helpommaksi, koska kirjautuminen asukasportaaliin tuntui vaivalloiselta. Asukasportaalin käyttöintensiteettiä voidaan yrittää lisätä esimerkiksi järjestämällä uusia helppokäyttötoimintoja, jotka edellyttävät kirjautumisen. Esimerkiksi ilmastonin tehostusta voitaisiin vastaavanlaisesti sää-

tää asukasportaalin ohjauspaneelistä. Asukas voisi kytkeä ilmanvaihdon tehostuksen päälle esimerkiksi työpaikalta lähtiessään ja näin parantaa sisäilman laatua ennen kotiin saapumista. Vastaavanlaisia helppokäyttötoimintoja on jo mahdollista käyttää asukasportaalien avulla, mutta asukkaat eivät näitä hyödyntäneet. Haastateltujen mukaan käyttöintensiteetti lisääntyisi, mikäli huoneistonäytössä näytettäisiin sama informaatio, mitä palvelimella sijaitsevassa asukasportaalissa. Tämä ei teknisen ratkaisun johdosta ollut Adjutantissa mahdollista. Seuraavassa vaiheessa kiinteän huoneistonäytön sijaan asukkaille voitaisiin tarjota tablet-tietokonetta, jonka avulla asukasportaaliiin kirjautuminen voisi tuntua vaivattomammalta. Kustannuksiltaan tablet-tietokone ei tulisi huoneistonäyttöä juuri kalliimmaksi.

Asukkaiden käyttöintensiteettiä tutkimuksen aikana vaikutti myös portaalien toimintavarmuus. Haastatteluiden perusteella kirjautumisia jäi osittain tekemättä portaalien lataussivun epävarman toimivuuden vuoksi. Toisaalta voidaan ajatella, että uuden järjestelmän pilotoinnissa järjestelmän ajoittainen epävarmuus on väistämätöntä, koska käytönotettu portaalit on ensimmäistä kertaa käytössä. Asukasportaalien ajoittainen epävarmuus otettiin huomioon, sillä portaalit päivitettiin kolmesti pilotointijakson aikana, jolloin luotettavuus kasvoi. Haastattelutulosten perusteella järjestelmän käyttöintensiteetti lisääntyisi kaikkien haastateltujen osalta, mikäli toimintavarmuus olisi ollut suurempaa. Toisin sanoen järjestelmän käyttöintensiteetti tulee todennäköisesti kasvamaan, kun järjestelmän pilotointivaihe saadaan päätökseen ja valmis palvelukokonaisuus käyttöön.

Käyttäjakohtaiset toiminnot

Pilotointiympäristön huoneistot olisivat selvästi tarvinneet erilaisia helppokäyttötoimintoja energiankulutuksen pienentämisen tueksi. Esimerkiksi huoneistoissa, joissa valaistusta käytettiin paljon, voitaisiin valaistusta ohjata paikallisesti liiketunnistimilla, jolloin energiaa säästyisi ikään kuin automaattisesti, eikä asukkaiden tarvitse kiinnittää valaistuksen käyttöön huomiota. Myös laitteiden valmiuskulutusta voitaisiin eliminoida kokonaan poissaolokytkimen jatkokehityksen avulla. Poissaolokytkimeen pitäisi saada myös esimerkiksi yö-tila, jossa kytkin ohjaa valitut kulutuspisteet pois päältä yöajaksi. Toisaalta tämä toiminto oli jo asukkaiden käytössä, sillä asukkaat pystyivät ohjaamaan yksittäisiä kulutuspisteitä kirjautumalla asukasportaaliiin.

Kaikissa kuluttajaa palvelevissa toiminnoissa tulisi olla automaation ohitusmahdollisuus. Toiminnot voidaan kokea raskaiksi sekä käyttökelvottomiksi, mikäli asukas ei itse pysty ohittamaan automatisoitua toimintoa. Mikäli esimerkiksi pesuhuoneen valaistuksen ohjaus toteutetaan liiketunnistimella, tulisi asukkaalla olla myös mahdollisuus ohjata valaistusta katkaisijasta. Valaistuksen ohjaus voidaan kokea rasittavaksi, mikäli asukas ei pysty kytkemään valaistusta päälle halutuksi ajankohdaksi.

Automaatiolla pystytään ohjaamaan järjestelmien käyttöä energiaa säästävämpään suuntaan. Automaattisesta ohjauksesta voi aiheutua myös haittavaikutuksia, jotka ilmenevät toiminnoissa, joita ei voida automaatio-ohjauksella järjestää. Automaatio-ohjauksen heikkoutena nähdään käyttäjän tekemien valintojen merkityksen pienentyminen. Kun käyttäjän ei tarvitse itse huolehtia esimerkiksi valaistuksen kytkemisestä, ei

asukkaan energiatehokas käyttäytyminen kehity. Automaatiolla voidaan helpottaa käyttäjän tekemiä valintoja, mutta sillä ei voida muuttaa käyttötottumuksia. Tarkoituksena on saada myös käyttäjä kiinnittämään huomiota oman toimintansa tehokkuuteen. Näin ollen energiatehokkuus ei pelkästään synny automaation seurauksesta vaan myös asukkaiden toiminnan tehostumisesta. Asenteiden muuttaminen jää lopulta aina käyttäjän vastuulle. Tätä voidaan kuitenkin edistää energian seurantalapalvelulla.

Kulutustavoitteiden tulee olla huoneistokohtaisia, jolloin tavoitteet perustuisivat huoneiston historiatietoon. Mikäli tavoitteet asetettaisiin parhaan käytännön -menetelmällä, tavoitteet asettuisivat aivan liian suuriksi huoneistoihin, joiden ominaiskulutus on perustasoa korkeampi. Tavoitteet tulisi asettaa myös riittävän pitkälle aikavälille ja niitä pitäisi pystyä korjaamaan ajan myötä. Tavoitteiden seuranta heikkenee, mikäli asukas huomaa tavoitteiden olevan saavuttamattomissa. Vastaava ilmiö tapahtuu myös, mikäli tavoitetaso on jo saavutettu etuajassa. Näissä tapauksissa tavoitteiden asettelu on turhaa. Tavoitteiden ei tulisi olla lukittuja, vaan niitä tulisi pystyä muokkaamaan muuttuvien olosuhteiden mukaisesti. Tällä keinolla käyttäjän kiinnostusta voidaan yrittää pitää jatkuvana.

Pääsääntöisesti asuntokunnat olivat valinneet kiinteähintaisen sähköenergiasopimuksen, eikä hintavertailua eri sopimusten välillä juurikaan oltu halukkaita tekemään. Tämä voi osaltaan johtua niin sanottujen transaktiomenojen suuruudesta. Transaktiomenoilla tarkoitetaan rahallisia kustannuksia, käytettyä aikaa sekä vaivaa, jotka aiheutuvat eri energiasopimusten vertailusta, valmistelusta ja täytäntöönpanosta. Sopimusten vertailua koettiin työlääksi toimenpiteeksi. Tämä voi olla yksi syy asukkaiden vähäiseen innokkuuteen valita sopimus, joka olisi kustannuksiltaan edullisin. Asukkailla on käytännössä mahdollisuus vaikuttaa ainoastaan sähkönsopimukseen, sillä kaukolämpö- ja talousvesisopimukset ovat taloyhtiökohtaisia. Järjestelmän palvelut kuitenkin vähentävät transaktiomenoja verrattuna tilanteeseen, jossa asukkaan tulisi itse pitää kuukausittaista kirjaa kulutuksestaan. Asukasportaalien monipuolisten kulutusraporttien avulla käyttäjä voi helposti poimia esimerkiksi tunnittaiset kulutustiedot ja hyödyntää tietoja kustannusten vertailussa. Näin ollen vertailu perustuu reaaliin kulutuslukemiin, eikä kuluttajan arvioihin.

7.3 Kulutuspalautte

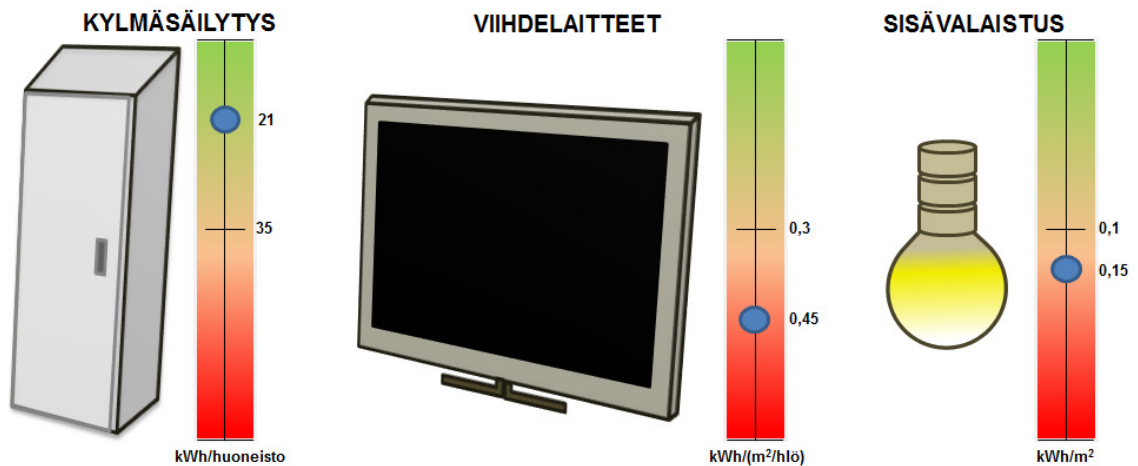
Kulutuspalautteen esittäminen

Kulutuspalautetta voidaan esittää kuluttajalle hyvin monessa eri muodossa. Palautteen tulisi olla luotettavaa ja ajankohtaista, jolloin kuluttaja kiinnittää siihen huomion. Esimerkiksi tilojen lämmitysenergiankulutuksen vertailussa kulutus tulisi normittaa lämmitystarveluvulla ennen sen esittämistä, jotta kulutus olisi vertailukelpoista historiatietoon verrattuna. Yksityiskohtainen kulutuspalautte monista eri mittauspisteistä ei ole kovin merkityksellistä kaikkien asukkaiden kannalta pitkällä tähtäimellä. Asukkaat voivat tarkistaa kulutuspistekohtaisesta mittauksesta tiettyjen laitteiden ominaiskulutuksia, mutta usein se myös jää tälle tasolle. Asukkaille ei ole kovin merkityksellistä esittää

sellaisia kulutuspisteitä, joihin heidän vaikutusmahdollisuutensa ovat pienet kuten kiinteistöenergiankulutukseen. Asukkailla ei usein ole myös kiinnostusta muuttaa käyttötottumuksia niiden toimintojen osalta, jotka vaikuttavat kiinteistöenergiankulutukseen, koska tehostettu toiminta ei näy heidän kannaltaan juuri missään. Toisaalta kiinteistöenergian kustannukset jaetaan osakkaiden kesken vastikkeen kautta, jolloin säästötoimenpiteet konkretisoituvat vastikkeen pienenemisenä. Ongelmana on kuitenkin, että yhden asukkaan tehokkaan toiminnan aiheuttamat säästöt jakaantuvat kaikkien osakkaiden kesken.

Pilotointiympäristön asukkaat toivovat yhä yksinkertaisempaa tietoa omasta energiankäytöstään. Tähän tutkimukseen osallistui yhteensä kuusi eri huoneistoa, joista vain hieman yli puolet tiesi täsmälleen, mitä eroa on energiaa ja tehoa kuvaavilla yksiköillä. Tämän perusteella energian määrän tai tehon esittäminen ei sellaisenaan ole kovin hyödyllistä asukkaille, koska he eivät tiedä mitä se tarkoittaa. Kulutus tulisi siis esittää konkreettisilla lukemilla, jonka avulla asukas saa heti käsityksen omasta kulutuksestaan. Yhtenä vaihtoehtona nähdään kulutuksen esittäminen käyttämällä rahallisia yksiköitä. Vaikka energiankäyttö hahmottuu kuluttajalle nopeasti rahallisen yksikön avulla, vaarana on kuitenkin energiakustannusten suuruus, joka saattaa heikentää kiinnostusta. Esimerkiksi kuukauden sähköenergia maksaa muutamia kymmeniä euroja riippuen huoneiston kulutuksesta ja sopimuksesta. Tyytyykö kuluttaja kuitenkin maksamaan laskun sijaan, että hän tehostaisi toimintaa ja säästäisi muutamia euroja kuukaudessa?

Huoneistokohtaisen kulutuksen esittämisen lisäksi tulisi asukkaille tarjota tukipalautemuotoja vertailutason hahmottamiseksi. Oman kulutuksen tavoiteseurannassa kokonaiskuva jää hahmottumatta. Hyödyllistä voisi olla esittää kuluttajalle hänen sijoittumisensa energiankäyttäjänä koko rakennuksessa. Kulutuksen vertailu rakennuksen sisällä muiden huoneistojen kesken voi asettaa huoneistot kilpailutilanteeseen, joka tutkimusten mukaan on tehokas keino vaikuttaa energiankulutuksen pienentymiseen. Kulutus voidaan esittää esimerkiksi yksinkertaisessa pystyakselissa, jossa akselin väri kuvaa energiatehokkuuden astetta. Mittaristo voitaisiin kalibroida keskimääräisen kulutuksen mukaan, joka on laskettu rakennuksen kaikkien huoneistojen keskiarvona. Vertailevaa kulutusta voidaan esittää sähköenergian, vedenkulutuksen sekä sisälämpötilojen osalta. Sähköenergiankulutus on vielä helposti jaettavissa osakokonaisuuksiin esimerkiksi kylmäsäilytyksen, ruuanvalmistuksen, viihdelaitteiden sekä sisävalaistuksen osalta. Tämä lisää vertailun luotettavuutta. Kuvassa 8.1 on esitetty esimerkki tukipalautteen esittämistävasta.



Kuva 8.1 Ehdotus energiankulutuksen tukipalautteen esitystavasta, jossa huoneistot voivat vertailla omaa ominaiskulutustaan rakennuksen huoneistojen keskimääräiseen kulutukseen. Sähköenergiankulutus on perusteltua jakaa kulutuspistekohtaiseen kulutukseen. Tällöin asukas saa selkeämmän kuvan tietyn laiteryhmän energiankulutuksen sijoittumisesta muihin huoneistoihin nähden. Indikointiin tulisi kiinnittää huomiota, jotta huoneistot saavat luotettavan tiedon omasta energiankäytöstään kokonaiskulutuksen kannalta.

Kulutuspalaute automaattinen analysointi

Asukasportaalin tulisi olla käytettävyydeltään hyvin yksinkertainen ja automatisoitu. Mitä raskaampi ulkoasu ja mitä enemmän asukas joutuu suoritteita tekemään, sitä pienemmäksi käyttöintensiteetti alenee. Esimerkiksi mallihuoneistojen asukkaat tekivät energiaseurantaan useimmiten huoneistonäytön avulla, koska portaaliin kirjautuminen katsottiin ajoittain vaivalloiseksi. Näin ollen kulutuksen seuranta tulisi olla mahdollisimman vaivatonta. Automaattisella kulutusseurannalla asukkaan toimintataakka kevenee. Myös tavoiteuriin voitaisiin asettaa hälytysrajoja, jolloin asukkaan ei tarvitse seurata kulutusta aktiivisesti. Asukkaalle lähetettäisiin hälytys, mikäli tavoitearaja ylittyy tai alittuu tietyn suuruiseksi. Poikkeamahälytyksen yhteydessä on myös tärkeää tarjota korjausvaihtoehtoja. Automaattinen viesti voisi olla esimerkiksi ”Vedenkulutuksen viikkotavoitteenne on ylittynyt 10 % – kiinnitä huomiota vedenkulutukseen ja tarkista tavoitearajat.”. Mikäli vesikalusteista olisi kulutuspistekohtaiset mittauspisteet, voitaisiin viestissä ilmoittaa, missä kulutuspisteessä on aiheutettu suurin kulutus tai mikä kulutuspisteistä on kuluttanut suhteessa enemmän aikaisempaan viikkoon verrattuna. Eri hälytyksiä voitaisiin asettaa lukuisiin eri tarkoituksiin, jotka ilmoittaisivat kulutuspoikkeamista, toimintojen valmiusasteesta ja energian hinnasta.

Asukasportaalia ei kuitenkaan tule rakentaa pelkästään passiivisten käyttäjien ehdoilla. Osa asukkaista muodostaa aktiivisen käyttäjäryhmän, joka on aidosti kiinnostunut yksityiskohtaisesta tarkastelusta ja oma-aloitteisesta analysoinnista. Tälle käyttäjäryhmälle tulisi tarjota työkaluja analysoinnin laatimiseen. Nämä lisätoiminnot voitaisiin kuitenkin esittää pääsivun jälkeen avautuvilla yksityiskohtaisemmillä alisivuilla. Pääsivuilla tulisi esittää vain yksinkertaisin kulutuspalautte, jota ei tarvitse analysoida ja sen ymmärtää jo pienestä vilkaisusta. Passiivinen käyttäjän käyttöintensiteetti laskee, mikäli

järjestelmän pääsivu on jo monimutkainen, mutta aktiivinen käyttäjä todennäköisesti jaksaa etsiä tarvitsemansa informaation seuraavilta välilehdiltä.

Järjestelmän kannattavuuden arvioimisessa hyödynnettiin kustannuseroja, jotka syntyvät erilaisista energian hinnoitteluperusteista. Mikäli asukkailla olisi tuntihintaan perustuva sähkösopimus, tarvitsisivat he ohjausta hintojen kehityksestä sekä kulutuksen ohjaamisesta. Näin ollen asukasportaalista tulisi pystyä seuraamaan myös reaaliaikaista hintatietoa. Hintaseurantaan tulisi kytkeä myös ennustuspalvelu ja mahdollinen hintahäilytys. Tuntihinnoittelusopimuksella saavutettava säästöpotentiaali häviää, mikäli asukkaalle kerrotaan päivän päätteeksi, mihin aikaan kukin toiminto olisi kannattanut tehdä. Mikäli asukas joutuisi asukasportaalin ulkopuolisesta palvelusta seuraamaan hinnan kehitystä, niin tuntihinnoittelun mahdollistamat hyödyt todennäköisesti pienenevät. Näin ollen asukkaalla tulisi olla mahdollisuus syöttää omaan sopimukseensa perustuvat yksityiskohtaiset hintatiedot portaaliin. Pelkästään uusi sopimusmuoto ei todennäköisesti tule ohjaamaan kulutusta. Hintatiedon lisäksi kuluttajia tulisi opastaa siirtämään toimintoja ajankohtaan, jossa energiakustannus muodostuu edukkaammaksi. Esimerkiksi pesukoneet voidaan ohjelmoida toimimaan ajankohtana, jolloin energian hinta on edullisempaa.

7.4 Säästöpotentiaali

Järjestelmän aiheuttama energiatehokkuus muodostuu hieman eri tavalla muihin toimenpiteisiin verrattuna. Esimerkiksi parantamalla ulkovaipan lämmöneristystä energiansäästö muodostuu suoraan lämmönläpäisevyyden muutoksen suhteessa ja toimenpiteen aiheuttama säästö voidaan määrittää melko luotettavasti jo laskennallisella arviolla. Energian seuranta- ja hallintajärjestelmän osalta tilanne on erilainen: energiansäästö muodostuu epäsuoraan ja se on riippuvainen asukkaista. Toisin sanoen järjestelmä ei säästä energiaa, vaan energiaa säästyy asukkaiden käyttäytymisen muutoksen seurauksesta, mitä on tarkoitus ohjata järjestelmän avulla. Tässä työssä energianmittauksen ja ohjauksen järjestämistä on pidetty ikään kuin edellytyksenä sille, että asukkaat voivat tehostaa energiankäyttöään.

Säästöpotentiaali

Tässä tutkimuksessa järjestelmästä saatiin positiivisia tuloksia energiatehokkuuden näkökulmasta. Pilotointiympäristön kuuden mallihuoneiston energian- ja vedenkulutus pienentyi keskimäärin kaksi prosenttia 30 päivän seurantajakson aikana, kun järjestelmään oli tuotu uusia toimintoja sekä kulutukselle asetettu tavoitteet. Pilotointiympäristön huoneistoista 83 % saavutti sähköenergian kulutukselle asetetun tavoiterajan. Vedenkulutuksen suhteen tavoitteet saavutettiin 33 % huoneistoista. Vedenkulutuksen tavoiteraja oli hankalampi saavuttaa, koska asetettu tavoite osoittautui liian suureksi. Näin ollen sähköenergian käytön tehostaminen koettiin helpommaksi. Tähän voi olla syynä esimerkiksi vedenkulutuksen seuranta, sillä sitä ei pystytty seuraamaan yksityiskohtaisesti, jolloin kulutuksen muodostumista on vaikeampi ymmärtää.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa arvioitiin säästöpotentiaalia tilojen lämmitysenergian osalta. Pilotointiympäristöön kuuluvien huoneistojen keskimääräinen sisälämpötila lämmityskaudella joulukuusta helmikuuhun oli noin 22,5 astetta. Tämä oli selvästi yksi syy lämmitysenergian laskennallista suurempaan kulutukseen. Myös korkea tuuletusintensiivisyys vaikutti tilojen lämmitysenergiankulutukseen. Mikäli mallihuoneistoissa olisi pidetty tavoitteiden mukainen sisälämpötila, energiaa olisi voitu säästää 2-10 % huoneistosta riippuen. Mikäli asukas asettaisi sisälämpötilan tavoitteen mukaisesti, myös tuuletustarve todennäköisesti pienentyisi. Jokapäiväisessä tuuletuksessa lämpöenergian kulutus kasvaa 3-12 % riippuen tuuletustavasta sekä tuuletuksen ajankohdasta.

Sähköenergian kulutuspienetarkastelun perusteella voidaan tehdä ainoastaan joitakin johtopäätöksiä, koska asukkaiden tekemiä toimintoja ei tunnettu. Kulutuspienetarkastelussa nähdään selvästi, mihin aikaan esimerkiksi kiuas on kytketty päälle ja kuinka kauan se on päällä, mutta tarkastelusta ei nähdä, onko asukas todella saunassa vai pidetäänkö kiuasta päällä, vaikka sille ei olisi tarvetta. Mikäli laitteiden ja järjestelmien käyttöasteeseen haluttaisiin vaikuttaa, tulisi yksityiskohtaisen kulutuksen lisäksi seurata asukkaiden arkipäivän toimintoja. Niitä tehostamalla saavutetaan todennäköisesti suuri säästöpotentiaali.

Kulutuspienetarkastelusta huomattiin kuitenkin nopeasti, että lähes jokaisella huoneistolla on tiettyjä vakiokulutuksia, jotka muodostuvat kylmälaitteiden kulutuksesta, laitteiden valmiuskulutuksesta sekä muusta kulutuksesta. Laitteiden valmiuskulutus oli helppo havaita esimerkiksi pesukoneiden osalta. Myös valaistuksen osalta oli helppo havaita sen unohtamista päälle. Näitä kulutuksia voidaan hyödyntää energiansäästöä arvioitaessa tuntematta asukkaiden toimintoja tarkemmin. Näiden kulutusten osalta sähköenergiaa olisi voitu vähentää pilotointiympäristön huoneistoissa keskimäärin kuusi prosenttia seurantajakson aikana.

Kulutuspienetarkastelussa osa energiankulutuksesta siirrettiin edullisempaan ajankohtaan, jotta kustannussäästöä saatiin kasvatettua. Pääsääntöisesti kaikki huoneistot käyttivät esimerkiksi pesukoneita päivä- tai ilta-aikana. Kaikista mallihuoneistojen pesukerroista noin 71 % suoritettiin kello 10-12 ja 17-20 välisenä aikana. Tämä oli perussy, joka aiheutti sähköenergian yösähköpöimöksen kaikkein kalliimmaksi sopimusvaihtoehtoksi kaikissa pilotointiympäristön huoneistoissa. Lähes kaikki pesukerrat voitaisiin siirtää ajankohtaan, jolloin energian hinta on halvempaa.

Yksityiskohtaisessa kulutuksessa hukkaenergiaa ja kulutuksen siirtömahdollisuutta arvioitiin melko varovaisesti. Hukkaenergiaa eliminoitiin ainoastaan kulutuspienetistä, joista selvästi nähtiin, että toiminto ei tuota lisäarvoa asukkaille. Täöntapaisia kulutuksia olivat esimerkiksi pesukoneiden valmiuskulutus sekä valaistuksen pitäminen päällä yö- ja päiväa aikana. Lopputulosten avulla pyritään esittämään säästöpotentiaalia, jota asukkaat eivät hyödyntäneet. Todennäköisesti tämä on vain osa asuntokunnan säästöpotentiaalista, koska asukkaiden tekemiä toimintoja ei tunnettu tarkemmin. Esimerkiksi viihdelaitteiden aiheuttamaa kulutusta ei pystytty analysoimaan, koska tutkimusmateria-

aalista ei selviä, onko viihdelaitteita todella käytetty kulutuksen muodostumisen aikana vai ovatko ne kytketty päälle, vaikka niitä ei käytettykään.

Kannattavuus

Energian seuranta- ja hallintajärjestelmän kannattavuutta tarkasteltiin järjestelmäkustannusten sekä energia- ja käyttövesikustannusten avulla. Analyysissä nähtiin oleelliseksi verrata eri energianhinnoitteluun liittyviä sopimusvaihtoehtoja, joiden avulla kustannussäästöt kasvavat. Kannattavuuden arvioimisessa oletettiin, että järjestelmä on edellytys suotuisimpien energiasopimusten valitsemiseksi. Huoneistot eivät välttämättä tarvitse seurantajärjestelmän informaatiota sopimusten vertailuun, mutta tällöin edukaimman sopimuksen löytäminen voi olla hankalampaa. Toisaalta myös kulutuksen seuranta ja kulutustavoitteiden asettelu voi olla vaikeaa ilman energian seurantapalvelua. Ilman seurantajärjestelmää tämän tutkimuksen todellisiin kulutuksiin perustuvaa sopimusvertailua ei olisi voitu edes tehdä.

Kannattavuuden arvioinnissa otettiin huomioon uusien toimintojen aiheuttama energiansäästö, eliminoitiin hukkaenergiaa, siirrettiin kulutusta halvempaan ajankohtaan ja huomioitiin järjestelmän toistuvien kustannusten pienentyminen. Tällöin kahden huoneiston osalta todellinen tuotto nousi asetettua 2 % paremmaksi, kun energian reaalihintaan vuosikorkona käytettiin 6 %. Huomioitavaa on myös, että kannattavuusanalyysissä ei arvioitu järjestelmän muita arvotekijöitä, kuten kodin helppokäyttöisyyttä, turvallisuudentunnetta tai jälleenmyyntiarvoa. Yhden huoneiston osalta näihin arvotekijöihin tulisi sijoittaa 50 euroa ja kolmen muun huoneiston osalta noin 600 euroa, jotta järjestelmällä saavutettaisiin 2 % tuotto, kun energian reaalihintaan vuosikorko olisi 6 %. On kuitenkin huomioitava, että mikäli asukkaat hyödyntävät enemmän säästöpotentiaalia, mitä tässä tutkimuksessa varovasti arvioitiin, niin tällöin arvotekijöihin sijoitettava summa pienenee ja järjestelmän investointi katetaan syntyvillä säästöillä.

Asukashaastatteluiden perusteella sähköenergian kustannuksissa tulisi säästää keskimäärin 20 % vuodessa, jotta asukkaan kiinnostus järjestelmän tuomiin mahdollisuuksiin kasvaisi. Kannattavuusanalyysin mukaan sähköenergian kustannuksissa olisi säästetty keskimäärin 23 %, joten järjestelmä on hyödyllinen myös asukkaan tuottovaatimuksen näkökulmasta. Energian kokonaiskustannuksissa olisi voitu säästää keskimäärin 10 %. Tässä tutkimuksessa suurin rahallinen säästöpotentiaali muodostuu juuri sähköenergian käytön tehostamisesta, sillä vedenkulutuksen säästöpotentiaalia ei luotettavasti pystytty määrittelemään ja tilojen lämmitysenergian säästöpotentiaaliosuus kokonaisuudesta oli keskimäärin 12 % huoneistosta riippuen. Toisaalta tilojen lämmitysenergian säästöpotentiaali kasvaa talvikuukausina. Esimerkiksi tutkimuksen toisen vaiheen tarkastelussa maaliskuussa lämmitysenergian säästöpotentiaaliosuus oli noin 20 % kokonaispotentiaalista. Kuitenkin asukkaiden voi olla vaikeaa hyödyntää tässä tutkimuksessa löydettyä säästöpotentiaalia, sillä haastatteluiden perusteella asukkaat olivat mielestään jo toteuttaneet energiansäästötoimenpiteet. Todellisuudessa säästöpotentiaali on vieläkin suurempi, koska tutkimuksessa pystyttiin luotettavasti analysoimaan vain osaa kokonaiskulutuksesta.

7.5 Tulosten luotettavuus

Tutkimuksen otanta oli melko pieni, sillä pilotointiin osallistui vain kuusi huoneistoa. On kuitenkin huomioitava, että otanta vaikuttaa tutkimustulosten yleistettävyyteen – ei tulosten luotettavuuteen.

Kulutuksen muodostumiseen vaikuttaa myös asukkaan toiminnan muuttuminen tutkimushankkeen tiedostamisen johdosta. Asukkaat olivat tietoisia tutkimushankkeesta ja sen tavoitteista, minkä perusteella asukkaat olisivat voineet tehostaa energiankäyttöä ilman muita vaikutteita. Asukkaita ei myöskään haluttu ohjata tai neuvoa energian tehokkaamman käytön suhteen, sillä tarkoituksena oli seurata uusien toimintojen vaikutusta asukkaiden energiakäyttäytymiseen. Uusien toimintojen käytönopastuksen yhteydessä asukkaille jaettiin energiansäästövinkejä sisältävä vihkonen. Muuta sosiaalista ohjausta asukkaille ei annettu.

Tutkimuksessa arvioitiin eri kulutustensysteemien säästöpotentiaalia hyvin varovaisesti. Mikäli säästömahdollisuutta ei pystytty luotettavasti arvioimaan, se jätettiin huomiomatta kokonaan. Tutkimustavan tarkoituksena on lisätä tulosten luotettavuutta. Toisin sanoen tutkimustulosten perusteella pyritään osoittamaan säästöpotentiaali, joka voidaan luotettavasti todistaa. Esimerkiksi sähköenergian osalta hukkaenergiaa eliminoitiin vain muutamasta kulutuspisteestä, lämmitysenergiaa pienennettiin sisälämpötilatarkastelun perusteella ja vedenkulutukseen ei puututtu lainkaan. Tämä lisää tutkimuksessa arvioitun säästöpotentiaalini luotettavuutta.

Tutkimuksessa toteutettu vertailujakso oli melko lyhyt, jolloin kehittyneiden käyttäytymistapojen säilyvyyttä ei pystytty arvioimaan. Jälkiseurannan avulla voitaisiin selvittää, kuinka hyvin asukkaiden kulutus seuraa tavoiteuraa pidemmällä aikavälillä. Vaikka pysyvyyssuranta ei tutkimuksessa pystytty tekemään, niin jo kuukauden seurannasta voidaan arvioida uusien toimintojen vaikutusta. Tarkoituksena ei ollut osoittaa, kuinka paljon kukin huoneisto voi säästää energiaa vuodessa, vaan minkälainen säästöpotentiaali järjestelmän avulla voidaan saada aikaan.

Järjestelmän kokonaispotentiaalia ei voitu arvioida, koska alkuperäinen järjestelmä oli ollut käytössä rakennuksen käyttöönottovaiheesta lähtien. Järjestelmästä aiheutuvaa kulutuksen muutosta voitaisiin arvioida sellaisessa rakennuksessa, jossa järjestelmää ei vielä ole, ja se asennettaisiin vasta käyttövaiheessa. Tällöin muodostuisi aito vertailupohja kulutuksen vertailuun ennen järjestelmän asennusta ja sen jälkeen. Useissa kulutuspalautteeseen liittyvissä tutkimuksissa vertailtiin kulutusta juuri edellä mainitulla tavalla ja lähes poikkeuksetta energiankulutus pienentyi. Todennäköisesti Adjutantissa energian seuranta- ja hallintajärjestelmä on vaikuttanut kulutuksen muodostumiseen ja asukkaiden käyttäytymiseen jo käyttöönottovaiheesta lähtien. Toisaalta myös tässä tutkimuksessa tehtiin energiankulutuksen vertailua ennen palveluiden käyttöönottoa ja sen jälkeen. Vertailu kuitenkin tehtiin järjestelmän muutaman toiminnon osalta, ei koko järjestelmän.

Huoneistojen tarkastelujakson aikaiset käyttöasteet vaikuttavat myös tulosten luotavuuteen. Asukashaastatteluiden perusteella huoneistojen käyttöasteet olivat välillä 0,63-0,83 seurantajakson aikana. Kahden huoneiston osalta käyttöasteet olivat seurantajakson aikana pienemmät pidemmän yhtäjaksoisen poissaolon johdosta. Näin ollen näissä huoneistoissa seurantajakson tavoitearajat alitettiin, joka osaltaan voi johtua tavanomaisesta pienemmästä käyttöasteesta. Tavoitteilla saavutettua kulutuksen pienentymistä kuitenkin korjattiin ominaisarvolaskennalla, mikä vähentää käyttöasteen vaikutusta lopputuloksiin. Toisaalta voidaan ajatella, että pieni käyttöaste voi myös pienentää säästöpotentiaalin arviota todellisesta. Molemmista mallihuoneistossa oli kytketty poissaolokytkin päälle poissaolon ajaksi. Poissaolokytkimen käyttö eliminoi esimerkiksi laitteiden valmiuskulutuksen. Mikäli näiden huoneistojen kohdalla käyttöaste olisi ollut tavanomainen, olisi se kasvattanut esimerkiksi laitteiden valmiuskulutusta ja säästöpotentiaalia olisi löytynyt enemmän.

Huoneiston energiamittauksesta puuttui yksi merkittävä kulutuspiste. Ilmanvaihdon energiankulutusta ei pystytty tutkimaan, koska ilmanvaihtoon ei oltu järjestetty erillistä mittauspistettä ja sen energiankulutus kuuluu kiinteistöenergianmittaukseen. Vaikka asukkailla oli ilmanvaihdon tehostuksen kolmiportainen ohjausmahdollisuus, niin tehostuksen käytön seurantaan ei ollut asennettu mittauslaitteita. Mikäli ilmanvaihdon energiankulutus kuuluisi huoneistöenergianmittaukseen, olisi asukkailla suuri vaikutus huoneiston kokonaisenergiankulutukseen, sillä tämä kulutuspiste voi osoittautua suureksi. Toisin sanoen merkittävä osa-alue huoneiston kokonaisenergiankulutuksesta, mihin asukas voi vaikuttaa jää Adjutantissa huomioimatta.

Kannattavuuden analysoinnissa arvioitiin myös energian vuotuista hinnannousua, jolla on oleellinen merkitys tulosten kannalta. Todellisuudessa energian hintaa on lähes mahdotonta ennustaa, sillä siihen vaikuttaa useita tekijöitä kuten erilaiset poliittiset toimet sekä markkinatalouden sen hetkinen tilanne. Toisaalta kannattavuutta esittävästä kuvaajista voidaan arvioida energian hinnan miniminousua, jolla järjestelmä osoittautuu vielä kannattavaksi. Tässä tutkimuksessa energian reaali-hinnan vuosikorkona käytettiin 6 %, jolla järjestelmä osoittautui kannattavaksi kaikissa huoneistoissa, kun huomioon otettiin myös arvotekijöiden osuus.

7.6 Suositukset

Tutkimustulosten perustella voidaan suositella kuvan 8.2 mukaisia toimenpiteitä tehtäväksi. Kuvassa toimenpidesuosituksia on jaettu kahteen osaan: asukasportaaliin liittyvät toimenpidesuosituksia sekä asukkaiden ohjaukseen liittyvät suositukset. Asukasportaalin toimenpiteet on jaettu kolmeen eri osakokonaisuuteen. Ensimmäisessä osassa suositellaan kulutuspalautteen kehittämistä yhä asukaslähtöisemmäksi sekä helposti ymmärrettäväksi. Palautteen tulee kuitenkin olla monipuolista, jotta se palvelisi myös aktiivisia käyttäjiä. Eri energiamuotojen ja yksittäisten kulutuspisteiden ominaiskulutusten vertailu rakennuksen kaikkien asukkaiden kesken voisi olla toimiva tukipalautemuoto. Toiseen osakokonaisuuteen on kirjoitettu hälytykset, joita tulisi rakentaa kulutuspoik-

keaman, toiminnan valmiusasteen sekä turvallisuuden kannalta. Hälytysten asettaminen tulisi olla avointa asukkaille, sillä hälytyksiä voisi asettaa yksittäisen kulutuspuitekohdalle ja sitä tulisi pystyä muuttamaan ja asettamaan pois päältä. Kolmas osakokonaisuus painottuu helppokäyttötoimintojen kehittämiseen. Yksittäisten pisteitä tulisi pystyä ohjaamaan tarkemmin, kuten esimerkiksi huonetermostaattien ohjaus voitaisiin järjestää portaalin kautta. Tavoitteiden asettelu tulisi olla täysin asukkaan ohjattavissa ja sitä pitäisi pystyä muokkaamaan. Energian hintatiedot tulisi perustua asukkaan todellisiin sopimuksiin. Myös yöajalle voitaisiin järjestää oma ohjauskokonaisuus, jonka avulla voidaan eliminoida muun muassa laitteiden valmiuskulutusta. Kehittyneessä palvelussa asukkaat voivat itse määrittää useampia ohjauskokonaisuuksia, joita voitaisiin vaihdella aina kun olosuhteet muuttuvat.

Asukkaiden ohjaukseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Opastuksessa ja ohjauksessa tulisi varmistaa, että järjestelmää osataan käyttää oikein. Opastusta ja ohjausta tulisi myös tarjota energiankäytön tehostamisen suhteen, jotta asukkaat tiedostaisivat todellisen säästöpotentiaalin. Vaikka tavoitteet olisivat asukkaiden hallinnassa, niin tulisi tavoitteiden asettelua opastaa, jotta tavoitteiden asettelu olisi hyödyllistä. Jälkiseurannan tarkoituksena on varmistaa, että asukkaat ovat omaksuneet tehokkaat käyttötavat ja menetelmät. Myös toimintojen, kuten poissaolokytkimen käyttöä voitaisiin seurata. Mikäli kytkintä ei käytettäisi, voitaisiin asukasta opastaa uudestaan.



Kuva 8.2 Tutkimustulosten perusteella esitettyjä toimenpidesuosituksia asukasportaalien jatkokehityksen sekä asukkaiden opastuksen suhteen.

LÄHTEET

Abel, E. 2010. BELOK Totalprojekt – Energieeffektivisering av befintliga lokalbyggnader. [WWW]. [Viitattu: 1.4.2013]. Saatavissa: <http://www.belok.se/docs/Kortrapporter/Lonsamhetsmodell.pdf>

Adato Oy. 2013. Kotitalouksien sähkökäyttö 2011 – tutkimusraportti. [WWW]. [Viitattu 1.3.2013]. Saatavissa: <http://www.adato.fi/Default.aspx?tabid=380>

Adato Oy. 2008. Kotitalouksien sähkökäyttö 2006 – tutkimusraportti. [WWW]. [Viitattu 10.12.2012]. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/20199/253_Kotitalouksien_sahkonkaytto_2006_raportti.pdf

Ahmad, S. 2011. Emerging Trends in Networks and Computer Communications. Smart Metering and Home Automation Solutions for the Next Decade. Intia, Secure meters Ltd. 200-204s.

Al-Ali, A., El-Hag, A., Bahadiri, M., Harbaji, M. & Ali El, Y. 2011. Smart Home Renewable Energy Management System. Sharjah, American University of Sharjah. Energy Procedia 12 (2011). 120 - 126 s.

Blom, I., Itard, L. & Meijer, A. 2010. Environmental impact of building-related and end-related energy consumption in dwellings. Buildin and Environment 46 2011, Elsevier B.V. 1657 – 1669.

Bonino, D., Corno, F. & Russis, L. 2011. Home energy consumption feedback: A user survey. Energy and Buildings 43 2011, Elsevier B.V. 383 – 393.

Chan, E., Sim, J. & Kwan, K. 2009. Singapore's Intelligen Energy System Pilot Project. [WWW]. [Viitattu 10.12.2012]. Saatavissa:

Cook, D., & Das, S. 2004. Smart environments: Technology, Protocols and Applications. Texas, University of Texas. 432 s. ISBN 978-0-471-54447-7.

Darby, S. 2006. The effectiveness of feedback on energy consumption. University of Oxford. Environmental Change Institute. 21 s.

Ellis, P. & Gaskell, G. 1978. A review of social research of the individual energy consumer. Lontoo, London School of Economics, Department of Social Psychology.

Energiamarkkinavirasto. 2013. Sähkömarkkinat [WWW]. [Viitattu: 18.1.2013]. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=201&pgid=39>

Energiatehokkuussuunnitelma 2011. 2011. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. 18 s.

Energiatehokkuustoimikunta. 2009. Ehdotus energiansäästön ja energiatehokkuuden toimenpiteiksi – Energiatehokkuustoimikunnan mietintö. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 52/2009. 200 s.

Energiateollisuus. 2012a. Sähkömarkkinat. [WWW]. [Viitattu: 6.1.2013]. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat>

Energiateollisuus. 2012b. Koti ja lämmitys. [WWW]. [Viitattu: 10.1.2013]. Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys>

Euroopan komissio. 2007. Strategic Research Agenda for Europe's Electricity Networks for Future. [WWW]. [Viitattu: 6.1.2013]. Saatavissa: http://www.smartgrids.eu/documents/sra/sra_finalversion.pdf

Euroopan komissio. 2009. Valkoinen kirja, Ilmastonmuutokseen sopeutuminen: Kohti eurooppalaista toimintakehystä. [WWW]. [Viitattu: 27.12.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=128313&lan=fi>

Euroopan komissio. 2011. Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. [WWW]. [Viitattu 27.12.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=128315&lan=fi>

Euroopan komissio. 2012. Consumption of energy. [WWW]. [Viitattu 2.1.2013]. Saatavissa: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Consumption_of_energy

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU, annettu 25 päivänä lokakuuta 2012, energiatehokkuudesta, direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EY muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/29/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, direktiivin 2003/87/EY muuttamisesta kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kauppaa koskevan yhteisön järjestelmän parantamiseksi ja laajentamiseksi.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/22/EY, annettu 31 päivänä maaliskuuta 2004, mittauslaitteista.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/87/EY, annettu 13 päivänä elokuuta 2003, kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta yhteisössä ja neuvoston direktiivin 96/61/EY muuttamisesta.

Forsström, J., Lahti, P., Pursiheimo, M., Rämä, M., Shemeikka, J., Sipilä, K., Tuominen, P. & Wahlgren, I. 2011. Measuring energy efficiency. Indicators and potentials buildings, communities and energy systems. VTT Tiedotteita 2581. Kuopio, Teknologian tutkimuskeskus. 112 s. ISBN 978-951-38-7707-1

Faruqi, A., Sergici, S. & Sharif, A. 2010. The impact of informational feedback on energy consumption – a survey of the experimental evidence. Energy 35 2010, Elsevier B.V. 1598 - 1608 s.

Fortum. 2012. Fortum Fiksu. [WWW]. [Viitattu 10.12.2012]. Saatavissa: <http://www.fortum.com/countries/fi/kampanjat/sahko/fiksu/Pages/default.aspx>

Golzar, M. & Tajozakerin, H. 2010. A New Intelligent Remote Control System for Home Automation and Reduce Energy Consumption. Tehar, AsanPardazan Co. 7 s.

Helsingin Energia. 2012. Sävel +. [WWW]. [Viitattu 10.12.2012]. Saatavissa: <http://www.helen.fi/energiansaasto/savelplus.html>

Hierzinger, R., Albu, M., Van Elburg, H., Scott, A., Lazicki, A., Penttinen, L., Puente, F. & Sæle, H. 2012. European Smart Metering Landscape Report 2012. [WWW]. [Viitattu 10.12.2012]. Saatavissa: <http://www.smartregions.net/default.asp?SivuID=26927>

International Energy Agency. 2012. World energy outlook 2012. [WWW]. [Viitattu 2.1.2013]. Saatavissa: <http://www.iea.org/publications/freepublications/#d.en.11747>

International Energy Agency. 2003. Report From A Multinational Study Of Knowledge And Attitudes Towards Efficient Use Of Energy In Private Households In 6 European Countries. [WWW]. [Viitattu: 15.1.2013]. Saatavissa: <http://www.ieadsm.org/Publications.aspx?ID=18>

Jackson, T. 2005. *Motivating Sustainable Consumption*. Surrey, University of Surrey. 154 s.

Karjalainen, S. 2010. Consumer preferences for feedback on household electricity consumption. *Energy and Buildings* 43 2011, Elsevier B.V. 458 - 467 s.

Kashif, A., Ploix, S., Dugdale, J. & Binh Le, X. 2012. Simulating the dynamic of occupant behaviour for power management in residential buildings. *Energy and Buildings* 56 2012, Elsevier B.V. 85 - 93 s.

Kester, J., Gonzáles, M. & Parsons, J. 2010. *Smart Metering Guide – Energy Saving and the Customer Edition*. Hollanti, Energy research Centre of the Netherlands. 152 s.

Kikuchi, K., Suetsugu, T., Satou, T. & Hamada, U. 2012. Efforts Aimed at HEMS solution. *NEC – Technical Journal* Vol. 7 No. 1/2012. 68-71 s.

Kurnitski, J. 2012. Kustannusoptimaalisuuden kautta lähes nollaenergiarakentamiseen – nZEB. [WWW]. [Viitattu: 8.1.2013]. Saatavissa: <http://www.slideshare.net/FIGBC/vrkki-energia-jarek-kurnitski-sitra>

Martiskainen, M. 2007. *Affecting consumer behaviour on energy demand*. University of Sussex. Sussex Energy Group. 80 s.

Miele .2012. Miele Projects. [WWW]. [Viitattu: 8.1.2013]. Saatavissa: <http://www.miele.co.uk/projects/brochure/>

Motiva Oy. 2012. *Energiatehokkuussopimukset*. [WWW]. [Viitattu: 17.12.2012]. Saatavissa: <http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/>

Motiva Oy. 2011. *Koti ja asuminen*. [WWW]. [Viitattu: 10.1.2013]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/

Mäki, J. 2012. *Asuinkerrostalojen E-luku määräysten valossa*. Tutkimusraportti. Tampere. Skanska Talonrakennus Oy.

Nissanen, A., Alku, P., Heine, P., Heiskanen, J., Korhonen, M., Koski, P., Laitila, P., Lappi, R., Laukkanen, P., Lehikoinen, S., Lehtonen, M. & Wings, S. 2008. *Kotien reaaliaikaisen sähkönkulutuksen mittaaminen ja havainnollistaminen*. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 7. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 97 s. ISBN 978-952-11-3051-9

Pekkarinen, M. 2009. Sähkönkulutuksen mittauksen uudistus. Tiedotustilaisuus 5.2.2009. [WWW]. [Viitattu 14.12.2012]. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/21782/sahkonkulutuksen_mittauksen_uudistus050209.pdf

Peltonen, S., Pakkanen, M., Pitkämä, S., Lauttamäki, S., Öhman, C., Bång, M., Peltola, T., Broms, L. & Gustafsson, M. 2009. Designing Smart Energy. Helsinki, Taideteollinen korkeakoulu. 114 s. ISBN 978-951-558-286-7

Poortinga, W., Steg, L., Vlek, C. & Wiersma, G. 2003. Household preference for energy-saving measures: A conjoint analysis. Groningen, Journal of Economic Psychology. 49-64 s.

Pyrko, J. & Darby, S. 2011. Conditions of energy efficient behaviour – a comparative study between Sweden and UK. Springer Science+Business Media B.V. 393 - 408 s.

Reinisch, C., Kofler, M., Iglesias, F. & Kastner, W. 2011. ThinkHome Energy Efficiency in Future Smart Homes. Vienna, University of Technology, Automation system Group. 18 s.

Skanska. 2011. Ympäristöperiaatteet. [WWW]. [Viitattu 10.12.2012]. Saatavissa: Skanska intra.

STEK – Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. 2012. Sähkön käyttö. [WWW]. [Viitattu 10.1.2013]. Saatavissa: http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/fi_FI/sahkon_kaytto_kotona/

Suomen Tulli. 2013. Energiavero. [WWW]. [Viitattu: 21.2.2013]. Saatavissa: <http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/verotus/valmisteverotettavat/energia/index.jsp>

Tilastokeskus. 2013. Kuluttajahintaindeksi. ISSN=1796-3524. [WWW]. [Viitattu: 15.4.2012]. Saatavissa: <http://www.tilastokeskus.fi/til/khi/index.html>

Tilastokeskus. 2012a. Rakennukset ja kesämökit. ISSN=1798-677X. [WWW]. [Viitattu: 30.12.2012]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/rakke/2011/rakke_2011_2012-05-25_kat_002_fi.html

Tilastokeskus. 2012b. Asunnot ja asuinolot. ISSN=1798-6745. [WWW]. [Viitattu 30.12.2012]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/asas/2011/01/asas_2011_01_2012-10-24_kat_001_fi.html

Tilastokeskus. 2012c. Rakennus- ja asuntokanta. ISSN=1796-3257. [WWW]. [Viitattu 30.12.2012]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ras/2012/10/ras_2012_10_2012-12-21_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2012d. Asumisen energiankulutus. ISSN=2323-3273. [WWW]. [Viitattu 30.12.2012]. Saatavissa: <http://www.tilastokeskus.fi/til/asen/index.html>

Tilastokeskus. 2012e. Energian hankinta ja kulutus. ISSN=1799-765X. [WWW]. [Viitattu 30.12.2012]. Saatavissa: <http://www.tilastokeskus.fi/til/ehk/index.html>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2013. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiat. [WWW]. [Viitattu: 19.2.2013]. Saatavissa: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=5039>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2012. Energia. [WWW]. [Viitattu 27.12.2012]. Saatavissa: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=2070>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Helsinki. 24 s.

United Nations. 2012. At UN Climate Conference in Doha, governments take next essential step in global response to climate change, Press Release. [WWW]. [Viitattu 19.12.2012]. Saatavissa: <http://unfccc.int/2860.php>

Valtioneuvoston periaatepäätös. 2010. Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä. 6 s.

Veleva, S. & Davcev, D. 2012. User-centric Quality Control System for Smart Home Energy Management.

Vesilaitosyhdistys. 2013. Julkaisusarja. [WWW]. [Viitattu: 20.2.2013]. Saatavissa: <http://www.vvy.fi/index.phtml?s=107>

Virta, J. & Pylsy P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki, Kiinteistöalan kustannus Oy. 192 s. ISBN 978-951-685-256-1

VTT. 2009. Energy visions 2050. Porvoo, WS Bookwell Oy. 380 s. ISBN 978-951-37-5595-9

Vuolle, M. 2012. Jäähdytysenergian tarve ja kulutusprofiili. [WWW]. [Viitattu: 5.1.2013]. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/ajankohtaista/Tapahtumat/2012/KL-paivat/esitys_vuolle.pdf

Ympäristöministeriö. 2012a. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki. 35 s.

Ympäristöministeriö. 2012b. Suomen ilmastopolitiikka. [WWW]. [Viitattu: 27.12.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=262100&lan=fi&clan=fi>

Ympäristöministeriö. 2010a. ERA17 Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. [WWW]. [Viitattu 10.12.2012]. Saatavissa: <http://era17.fi/>

Ympäristöministeriö. 2010b. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki. 14 s.

Ympäristöministeriö. 2010d. Suomen rakentamismääräyskokoelma D1. Kiinteistöjen vesi ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet, muutos 2010. Helsinki 1.s

Ympäristöministeriö. 2009. Huoneistokohtaisen vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen. Työryhmämuistio. Helsinki. 17 s.

Ympäristöministeriö. 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Sektoriselvitys. Ympäristöministeriön raportteja 19/2008. Helsinki. 134 s.

Ympäristöministeriö. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. Rakennuksen Energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskenta. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki. 76 s.