

TAMK

TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU



KARI KALLIOHARJU
MARTTI HONKINIEMI
JUSSI-PEKKA JUVELA
ERKKI LIPSANEN
SAKARI UUSITALO

Vuoreksen olosuhde- ja energiaseurantahanke

Loppuraportti

JULKAISIJA TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
© TAMK JA TEKIJÄT
ISBN 978-952-5903-79-9 (PDF)
2015

KANNEN KUVA: ARKKITEHTITOIMISTO AARNE VON BOEHM OY

VUOREKSEN OLOSUHDE- JA
ENERGIASEURANTAHANKE
LOPPURAPORTTI 9.12.2015

KARI KALLIOHARJU, MARTTI HONKINIEMI,
JUSSI-PEKKA JUVELA, ERKKI LIPSANEN &
SAKARI UUSITALO

SISÄLLYS

1	Hankkeen esittely ja tutkimuskysymykset.....	5
2	Kohde-esittelyt.....	7
3	Kohteiden ostoenergiankulutus ja kulutuslukemat suhteessa E-lukuun ja laskelmiin.....	9
4	Kohteiden lämmitysenergian kulutus ja kustannukset	15
4.1	Kohteissa suoritettut reaaliaikaiset energiamittaukset ja olosuhdeseurannat	15
4.2	Laskemalla ja muilla arviointimenetelmillä tehdyt selvitykset.....	16
4.3	Mallinnuksiin ja vertailuihin perustuvat selvitykset	20
5	Aurinkoenergiajärjestelmien toiminta ja tuottavuus muutamissa kohteissa	23
6	Asukashaastattelut liittyen talotekniikan ratkaisuihin ja käytettävyyteen	27
7	Talotekninen dokumentointi, opastukset ja kunnossapitotarkastukset.....	31
7.1	Sähköisen talotekniikan dokumentointi kohteissa	31
7.2	LVI-talotekniikan dokumentointi kohteissa	32
7.3	Yhteenveto kunnossapitotarkastuksista	33
7.3.1	Sähköisen talotekniikan tila kohteissa	34
7.3.2	LVI-talotekniikan tila kohteissa	39
8	Johtopäätökset.....	45
	LIITTEET	47
	LIITE 1: Selvitys käyttöveden lämmityksen säätövian aiheuttamasta energiankulutuksesta kohteessa M	47
	LIITE 2: Kohteiden U-arvot.....	50
	LIITE 3: IDA-ICE-mallinnuksien lähtöarvot	51

1 Hankkeen esittely ja tutkimuskysymykset

Mitä on tämän päivän energiatehokas rakentaminen ja asuminen, miten talotekniset laitteet ja laitteistot toimivat, miten niitä osataan huoltaa ja käyttää? Muun muassa näihin kysymyksiin lähdettiin etsimään vastauksia Vuoreksen olosuhde- ja energiaseuranta-hankkeen puitteissa. Hankkeessa tutkijaosapuolina olivat mukana Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK), Tampereen kaupungin Vuores-hanke, Ekokumppanit Oy ja ECO2-hanke. Päävastuu hankkeen tutkimus- ja selvitystyöstä oli Tampereen ammattikorkeakoululla ja hanketta tehtiin sekä henkilökunta- että opiskelijatyönä. Hankkeeseen tehtiin erillisen projektityöskentelyn rinnalla selvityksiä useilla eri opintojaksoilla ja opiskelijaprojekteina. Opinnäytetöitä hankkeelle tehtiin yhteensä kahdeksan kappaletta.

Hankkeen tutkimuskohteiksi valikoitui 15 kappaletta vuonna 2012 valmistunutta pientaloa Tampereen Vuoreksen kaupunginosasta. Kohteet olivat esillä myös vuoden 2012 asuntomessuilla. Vuores on suurimpia ja mielenkiintoisimpia kaupunkirakentamisen hankkeita Suomessa ja alueen suunnittelussa ja toteutuksessa yhdistyy laadukas arkkitehtuuri, ekologisuus, huipputekniikka ja luonnonläheisyys.

Hanke käynnistyi vuoden 2012 syksyllä, mutta varsinainen tutkimus- ja selvitystyö aloitettiin syksyllä 2013. Hanke päättyi toukokuussa 2015, mutta siitä saatujen tulosten perusteella on jo aloitettu nZEB-tasoiseen pientalorakentamiseen liittyvä jatkohanke, joka käynnistyy virallisesti syksyllä 2015. Uudessa hankkeessa on mukana samoja toimijoita kuin tässä hankkeessa, mutta lisäksi mukana on merkittävä määrä rakennus- ja talotekniikka-alan yrityksiä.

Tässä loppuraportissa on käyty läpi Vuoreksen olosuhde- ja energiaseurantahankkeen keskeisten tutkimuskysymysten tulokset. Keskeiset tutkimuskysymykset on esitetty seuraavalla sivulla, ja niiden tuloksia käsitellään omilla luvuissaan.

Hankkeen keskeiset tutkimuskysymykset:

- 1) millainen on seurantakohteiden energian ja veden kulutus ja miten kulutus jakaantuu
 - miten todellinen kulutus vastaa tehtyjä laskelmia ja mistä eroavaisuudet johtuvat
 - mitkä tekijät vaikuttavat energiankulutukseen
 - toimivatko valitut laitteet ja järjestelmät suunnitellulla ja tarkoituksenmukaisella tavalla ja miten niiden avulla voidaan vaikuttaa energiakulutukseen
 - onko kohteissa omaa energiantuotantoa, ja jos on, niin mitä ja miten järjestelmät toimivat suhteessa odotuksiin
 - millaisilla ratkaisuilla energiankulutusta voidaan seurata tarkoituksenmukaisesti ja miten dataa voidaan hyödyntää käyttäjän toiminnassa?

- 2) miten asukkaat kokevat eri ratkaisut, niiden toimivuuden ja tarkoituksenmukaisuuden, mitkä ovat ratkaisujen kustannukset
 - miten ratkaisuja voitaisiin kehittää energiatehokkuuden, olosuhteiden ja toimivuuden parantamiseksi?

- 3) onko kohteissa tavoitellut sisäilmaolosuhteet (lämpötila, kosteus, CO₂, pintalämpötilat, valaistus) ja mitkä ovat mahdollisten järjestelmämuutosten (esim. ohjausten) vaikutus olosuhteisiin?

- 4) miten kohteet on dokumentoitu ja millaiset luovutus- ja tarkastusdokumentit, käyttöohjeet ja ohjeistukset asukkaat ovat saaneet järjestelmiin, millaisia hoito- ja ylläpitotoimia järjestelmät edellyttävät?
 - millaiset talotekniset huolto- ja kunnossapito-ohjelmat järjestelmille on luotu ja miten niitä noudatetaan?

Osaan tutkimuskysymyksistä löytyy taustaa ja syventävää lisätietoa hankkeeseen tehdyistä opinnäytetöistä, joiden verkkojulkaisuihin viitataan aina ko. luvun lopussa. Tämän loppuraportin ja samalla hankkeen tuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon, että analyysit perustuvat hankkeen viiteentoista kohteeseen. Tulokset eivät välttämättä ole yleistettävissä koko rakennuskantaan.

2 Kohde-esittelyt

Vuoreksen asuntomessukohteita oli hankkeessa mukana 15 kappaletta. Mukana olevat asukkaat ovat ilmoittautuneet hankkeeseen mukaan vapaaehtoisesti. Kohteet olivat hyvin erityyppisiä niin järjestelmien, käyttäjien kuin rakenteidenkin osalta. Yhdistävänä tekijänä kaikissa oli energiatehokkuus. Kohteet nimettiin hankkeeseen anonymiteetin säilyttämiseksi kirjaintunnuksin. Kohteiden kirjaintunnuksien ja kohteiden perustiedot löytyvät taulukosta 1. Kohteiden U-arvot on esitetty liitteessä 2. Kaikkia kohteita ei kaikissa tutkimuskysymyksissä välttämättä hyödynnetty, vaan niitä saatettiin valikoida selvitettävien asioiden perusteella.

Taulukko 1. Kohteiden perustiedot ja kirjaintunnuksien.

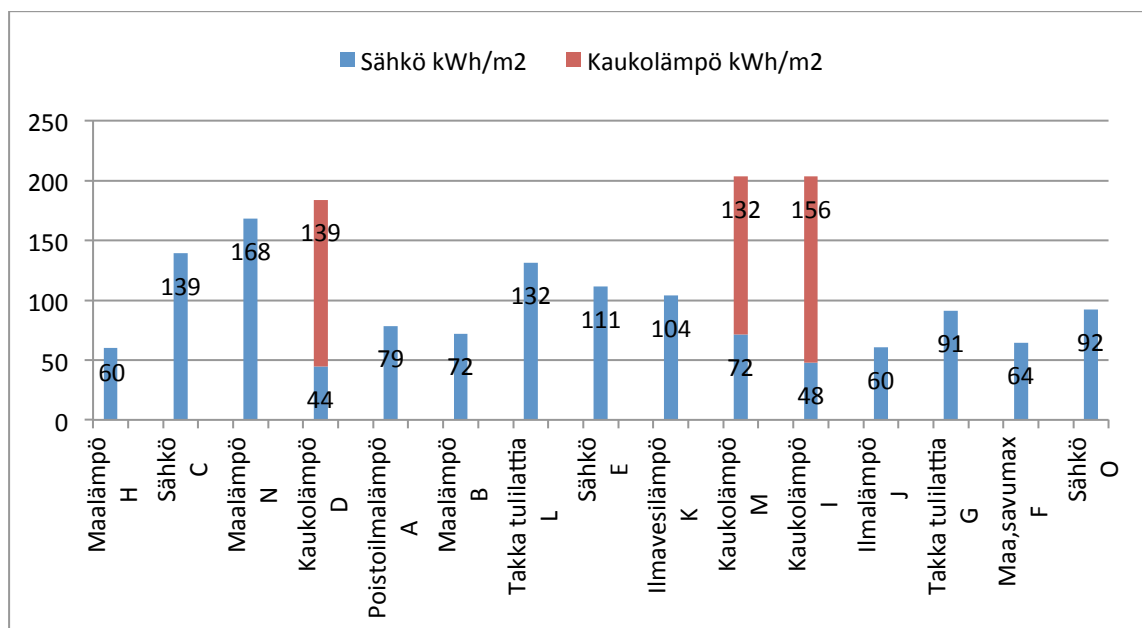
Kohde	A	B	C	D	E	F	G	H
Lämmitystapa	Poistoilmalämpö	Maalämpö	Sähkö	Kaukolämpö	Sähkö	Takka	Takka	Maalämpö
Koko (m²)	150,0	215,1	136,0	147,0	119,0	173,4	242,0	390,2
Runkomat.	Puu	Puu	Puu	Kivi	Puu	Puu	Kivi	Kivi
Tiiveys q50, mitattu	0,60	0,36	1,10	2,3 (ei mitattu, lähde ET-tod)	0,60	0,21	0,60	0,80
Energiatavoite	Nollaenergia	Energialuokka A	Matalaenergia	Energialuokka B	Passiivenergia	Passiivenergia	Passiivenergia	Energialuokka A
LTO η	90	70	83	74	78	90	90	70
Henkilöt	4	3	4	2	2	Ei tietoa	3+1	4
Kiuas/ käyttö	Puu/Ei tietoa	Sähkö/3-4 krt/vk, 1,1h/krt	Sähkö/1-2 krt/vk	Sähkö/Ei tietoa	Sähkö/Ei tietoa	Puu/Ei tietoa	Puu/1-2 krt/vk, 2h/krt	Sähkö/alle 1 krt/vk, 2h/krt
Takka/ käyttö	Ei tietoa käytöstä	Ei juurikaan	1-2 krt/vk	Ei juurikaan	3-4 krt/vk	Ei tietoa käytöstä	3-4 krt/vk	alle 1 krt/vk
Muu lämmitys	Paneelit ja keräimet, Härmä-aiir: kiuas ja takka		Ilmanvaihtoon integroitu ILP		ILP	Savumax:kiuas, takka, keräimet,	Tullilattia Oy:Takka ja Aurinkokeräimet	
Suuritehoiset laitteet		6 kW vastus tuloilman esilämmityksessä		Rännilämmitykset			Sisäporeamme; kerran kuussa, autonläm.; sisätilanläm. lähes joka päivä	Aina lämmin ulkoporeamme: 1krt/2vk, autonläm.; sisätilanläm. 4-5 krt/vk
Huomiot	Alussa ainakin ollut säätöongelmia	Jäähdytys maapiiristä		Autotalli ollut tarpeettoman lämmin.	Päivällä 17-18 astetta, IVK:een vuorokausiohj. Pienentää ilmanvaihtoa arkipäiviksi	Tuloilman esilämmitys maapiirillä		Jäähdytys maapiiristä. Lämmityksen säädössä ollut ongelmia.

Kohde	I	J	K	L	M	N	O
Lämmitystapa	Kaukolämpö	Ilmalämpö	Ilmavesilämpö	Takka	Kaukolämpö	Maalämpö	Sähkö
Koko (m²)	147,0	164,0	163,6	183,0	147,0	136,0	232,0
Runkomat.	Kivi	Kivi	Kivi	Kivi	Kivi	Kivi	Puu
Tiiveys	2,3 (ei mitattu, lähde ET-tod)	0,50	0,29	0,40	2,3 (ei mitattu, lähde ET-tod)	0,60	0,60
Energiatavoite	Energialuokka B	Passiivenergia	Passiivenergia	Passiivenergia	Energialuokka B	Energialuokka A	Passiivenergia
LTO η	74	75	84	88	74	81	Ei tiedossa
Henkilöt	3	8	2	4	4	2	2
Kiuas/ käyttö	Sähkö/1-2 krt/vk., 2h/krt	Sähkö/alle 1 krt/vk., 1h/krt	Sähkö/1-2 krt/vk., 0,4h/krt	Sähkö/2-3 krt/vk	Sähkö/alle 1 krt/vk., 1,5h/krt	Sähkö/3-4 krt/vk., 2,5h/krt	Sähkö/alle 1 krt/vk., 2h/krt
Takka/ käyttö	1-2 krt/vk	1-2 krt/vk	Kerran kuussa	3m ³ puita/vuosi	Kerran kuussa	Ei ole	alle 1 krt/vk
Muu lämmitys		Aurinkokeräimet+ 3kW vastus LVV:ssa	PILP	Tuliattia Oy: Takka ja Aurinkokeräimet	PILP		Aurinkokeräimet
Suuritehoiset laitteet	Rännilämmitykset, autonläm.; alle 1krt/vk	Autonläm.; alle 1krt/vk	Rännilämmitys 1,25kW	Ulkoporeamme, terassilämmitimet 3x1kW	Rännilämmitykset, autonläm.; sisätilanläm. alle 1krt/vk	Sulanapitoja n.3,4kW, Autonläm.; sisätilan läm. alle 1krt/vk	Sisäporeamme; kerran kuussa, autonläm.; sisätilanläm. 4-5 krt/vk
Huomiot	Autotalli ollut tarpeettoman lämmin. Rännilämmitysten säädöissä ollut ongelmia	Säädöissä ollut ongelmia	Jäähdytys PILP, lämmityksen säädöissä ollut ongelmia	Tuloilman esilämmitys maapiirillä. Lämmityksen säädöissä ollut ongelmia	Jäähdytys PILP, lämmityksen ja rännilämmitysten säädöissä ollut ongelmia, talli tarpeettoman lämmin, ikkunoihin kertyy jäätä	Jäähdytys maapiiristä, lämmönjako epätasainen	säätöjä tekemättä

3 Kohteiden ostoenergiankulutus ja kulutuslukemat suhteessa E-lukuun ja laskelmiin

Kohteiden ostoenergiankulutusta selvitetiin pääosin energiankulutus- ja E-lukulaskelmien ja vuoden 2013 tuntikohtaisten sähkö- ja kaukolämpöenergian kulutus-tietojen perusteella. Laskennallisesti kohteissa tavoiteltiin pääosin passiivi (n. 60 - 86 kWh/m²), matalaenergia (n. 78 - 115 kWh/m²) tai vanhan (ennen vuotta 2012 olleen) energialuokka A:n (max. 150 kWh/m²) vuosittaisia ostoenergian kulutuksia. Kaukolämpökohteiden D, I ja M laskennallinen energialuokka on todellisuudessa B, vaikka mes-suoppaaseen on kirjattu energialuokaksi A.

Kohteista neljä ei vuoden 2013 todellisen kulutuksen perusteella ylittäisi laskennalliseen energialuokkaansa, vaan jäisi vanhan luokituksen mukaiseen luokkaan B, C tai D (max. 170, 190 tai 230 kWh/m²) (kuva 1).



Kuva 1. Kohteiden ostoenergiankulutus vuonna 2013 (kWh/m²).

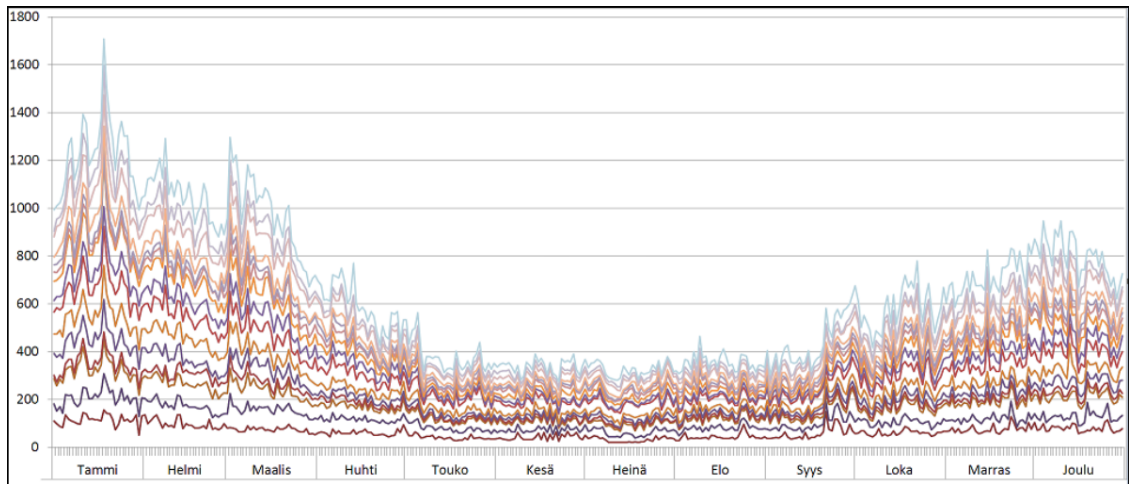
Eniten ostoenergiaa kuluttivat kaukolämpökohteet, joiden korkeahkon kulutuksen syyt selittyvät muun muassa huonoilla rakenneratkaisuilla ja säätöongelmilla. Toisaalta esimerkiksi kohteen M sähkönkulutusta tarkasteltaessa ja vertailtaessa muihin kohteisiin herää kysymys siitä, ovatko myös kaukolämpökohteissa asuvien asukkaiden kulutustotumukset olleet merkittävästi erilaisia verrattuna standardikäyttöön. Kaukolämpökohteen M energiankulutusta on simuloitu ja vertailtu tarkemmin luvussa 4.3. Lämpöpumppukohteista kohteen N korkeahko sähköenergiankulutus vuonna 2013 selittyy ole-

tettavasti osittain viallisella lämpöpumpulla, mutta kohteessa oli myös suhteellisen huonot rakenteet, joka näkyy energiankulutuksessa (liite 2). Myös kohdetta N on tarkasteltu paremmin luvussa 4.3. Lisähuomiona kulutuksiin ja laitteistojen luotettavuuteen liittyen voidaan vielä mainita, että vuonna 2014 kohteisiin N ja B vaihdettiin maalämpöpumput vikaantuneiden tilalle. Myös kaikkiin kaukolämpökohteisiin vaihdettiin kaukolämmönvaihdinpaketit keväällä 2015. Taustaa jälkimmäiselle toimenpiteelle on esitetty luvussa 7.3.2 ja liitteessä 1.

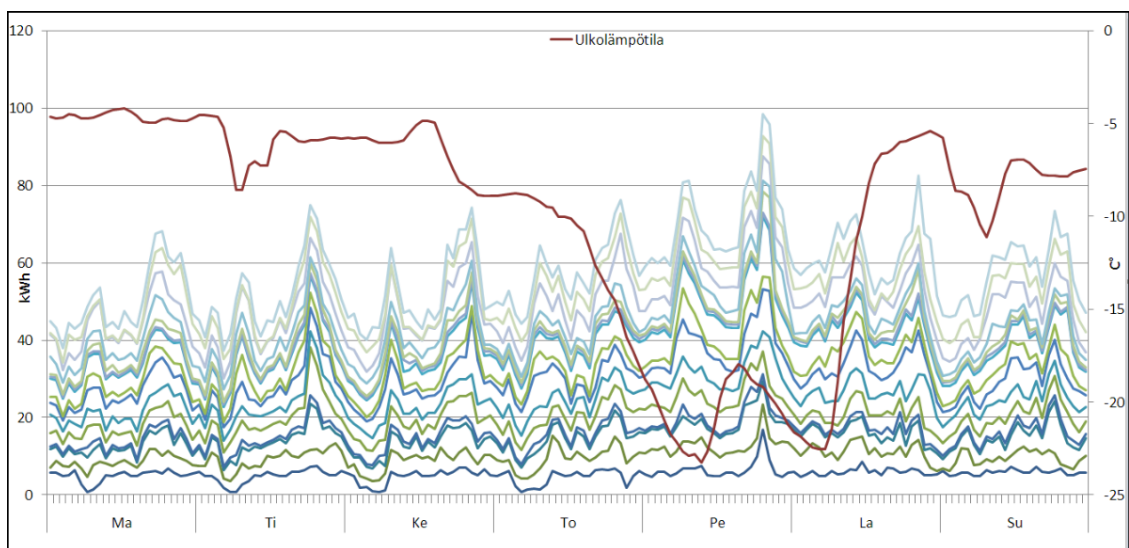
3.1 Sähköenergia kulutus ja sähkötehot

Vuositasolla kohteiden yhteiskulutus mukaili melko hyvin lämmöntarpeen kanssa, mutta yksittäisten kohteiden sähköenergian huippukulutuksia tarkasteltaessa ei vuoden absoluuttisen huippukulutuksen yhteyttä kylmään säähän voitu osoittaa kuin yhdessä kohteessa. Yksittäisen kohteen tuntitason huippukulutus saattoi olla missä kohtaa vuotta tahansa, erään kohteen jopa elokuussa. Viikkotasolla kohteiden kulutushuiput asettuivat usein aamuihin tai viikonloppuihin. Voidaankin todeta, että asuinrakennuksien sähköjärjestelmissä ilmenevät kulutus- ja tehohuiput eivät ole niinkään sidoksissa lämmitysenergiantarpeeseen tai lämmitysjärjestelmiin, vaan ennemminkin käyttötottumuksiin, vaikkakin kylmä sää ja valittu lämmitysjärjestelmä saattavat joissain tilanteissa vaikuttaa tehohuippuihin.

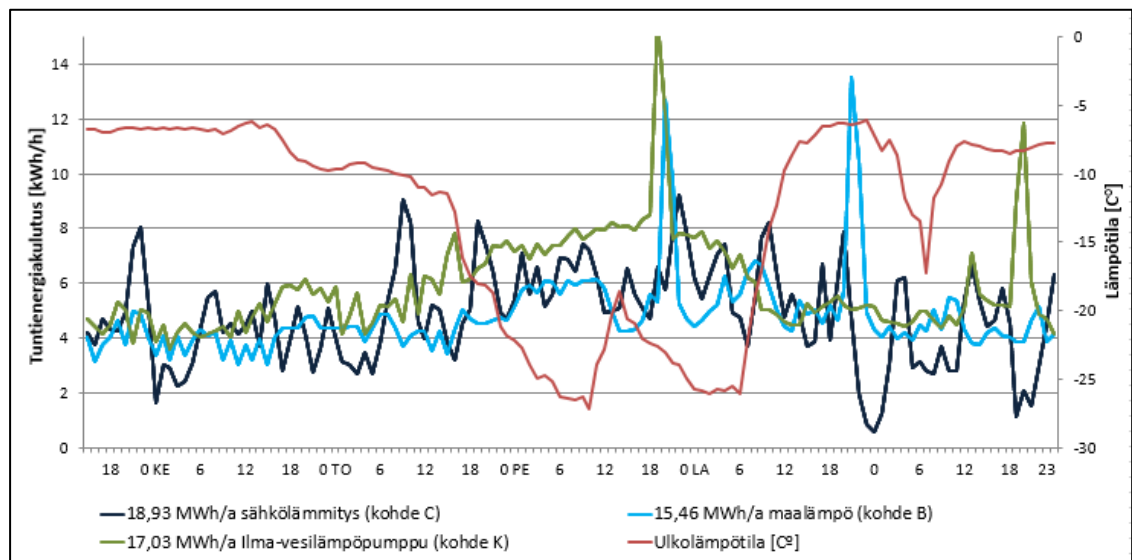
Kuvassa 2 on esitetty tutkimuskohteiden yhteiskulutus vuorokausitasolla vuodelta 2013 ja kuvassa 3 tuntitason yhteiskulutus vuoden kylmimmältä viikolta (14–20.1.2013). Kuvassa 4 on esitetty kolmen eri lämmitysjärjestelmällä varustetun kohteen tuntitason kulutus samaisen, vuoden kylmimmän viikon loppupäästä. Yksittäisenä huomioitavana seikkana on se, että koko valtakunnan tasolla vuoden 2013 korkein sähköenergian kulutuspiikki syntyi juuri kyseisen viikon perjantai-iltana.



Kuva 2. Kohteiden yhteiskulutus (kWh) vuorokausitasolla vuonna 2013.



Kuva 3. Kohteiden yhteiskulutus tuntitasolla (kWh) vuoden 2013 kylmimmältä viikolta (14–20.1.2013).

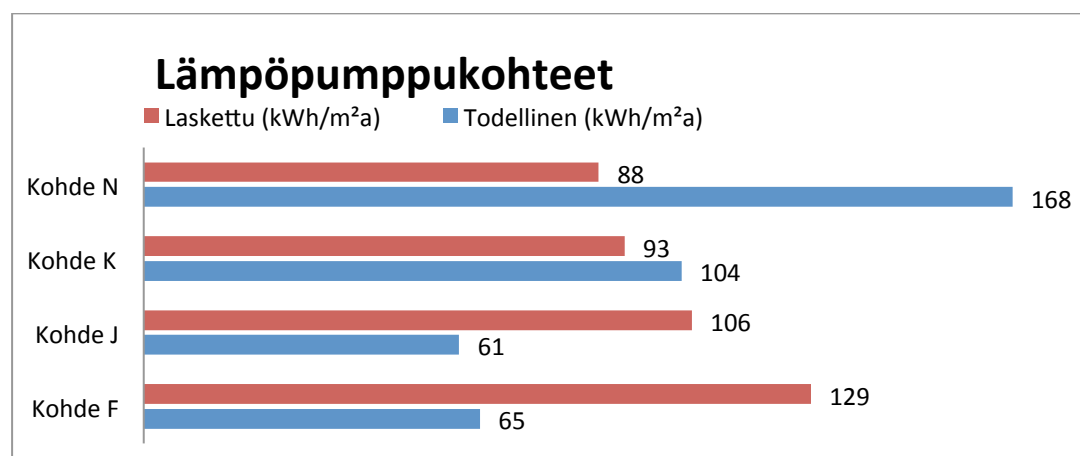


Kuva 4. Kolmen eri lämmitysjärjestelmällä varustetun kohteen kulutuskäyttäytyminen vuoden 2013 kylmimmän viikon (14–20.1.2013). loppupuolella.

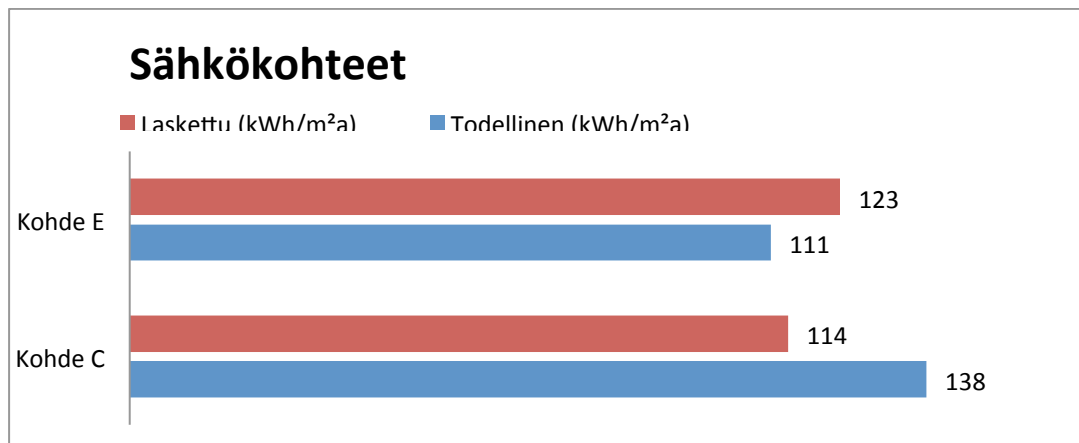
Kuvasta 4 voidaan havaita, että vaikka eri lämmitysjärjestelmillä varustettujen kohteiden vuosikulutuksissa ei ole suuria eroja, ovat lämpöpumpputalojen kulutushuiput merkittävästi suurempia muun muassa saunomisen aikaan verrattuna sähkölämmitteiseen kohteeseen. Syy kulutuspiikkeihin löytyy sähköasennuksista; sähkölämmitystaloon verrattuna lämpöpumppukohteisiin ei ole sähkökiukaiden ja lämpöpumppujen välille rakennettu minkäänlaisia vuorottelukytkentöjä. Kun saunotaan ja lämmintä vettä tarvitaan lisää, ovat sekä sähkökuuas, lämpöpumppu ja pahimmillaan jopa mahdolliset lämpöpumpun lisävastukset päällä, jolloin hetkellinen kulutus lisääntyy ja sitä kautta tehopiikit kasvavat. Pahimmillaan tällaisessa tilanteessa kiinteistön pääsulakkeet saattavat palaa kesken saunomisen, ja aiheuttaa näin turvallisuusriskin. Tulevaisuutta ajatellen vuorottelukytkennän puute saattaa myös kasvattaa sähkölaskua, jos ja kun tehopohjaiseen energialaskutukseen siirrytään. Vuorottelukytkennällä tehopiikeiltä voitaisiin välttyä, jonka vuoksi sen rakentaminen näihinkin kohteisiin saattaa tulla jossain kohtaa tarpeelliseksi.

3.2 Kulutuksen ja laskennallisen kulutuksen vertailu

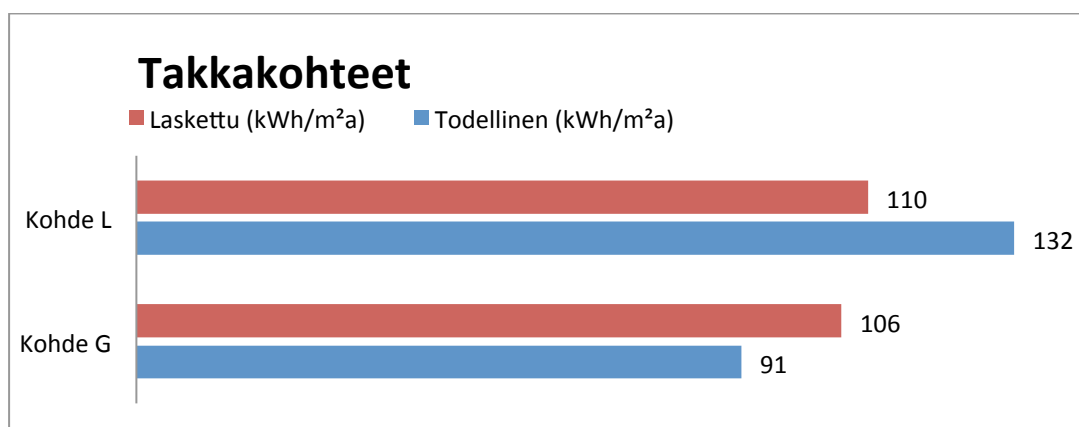
Kohteiden energiankulutuslaskelmiin ja -mallinnoiksiin verrattuna todelliset ostoenergiankulutukset olivat suunnilleen puolessa kohteista enemmän ja puolessa vähemmän kuin mitä standardilaskelmilla arvioitiin. Selvityksien perusteella erot johtuvat jo aiemmin mainituista käyttötottumuksista. Kuvissa 5, 6 ja 7 on esitetty lämmitysratkaisuiltaan erityyppisten kohteiden laskennallisten ja todellisten energiankulutuksen välisiä eroja vuositasolla ($\text{kWh/m}^2\text{a}$).



Kuva 5. Joidenkin hankkeen lämpöpumppukohteiden neliöllisiä vuosikulutuksia vuonna 2013 ($\text{kWh/m}^2\text{a}$).

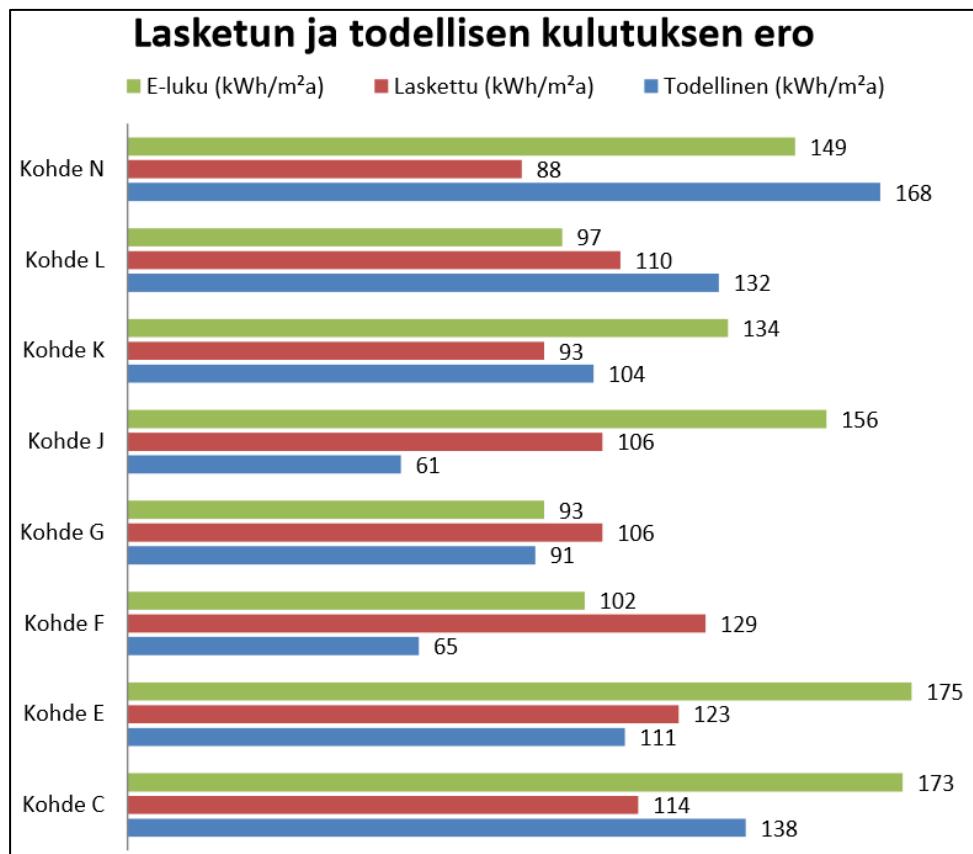


Kuva 6. Joidenkin hankkeen sähkölämmityskohteiden neliöllisiä vuosikulutuksia vuonna 2013 (kWh/m²a).



Kuva 7. Joidenkin hankkeen takkalämmityskohteiden neliöllisiä vuosikulutuksia vuonna 2013 (kWh/m²a).

Osana hanketta tarkasteltiin myös muutamien kohteiden laskennallisen kulutuksen, E-luvun ja todellisen kulutuksen suhdetta (kuva 8). Vertailu ei suoranaisesti ole energiankulutusvertailua, mutta sen avulla voidaan esimerkiksi pohtia, ohjaavatko E-luvun laskennassa käytettävät energiamuotokertoimet rakentajia kokonaisuuden kannalta oikeantyyppisiin valintoihin ja vaikuttavatko ratkaisut toisaalta myös asukkaiden kulutustottumuksiin.



Kuva 8. Joidenkin kohteiden lasketut ja todelliset vuosikulutukset ja laskennallinen E-luku (kWh/m²a).

Lisätietoa ja analyysia kohteiden kulutuksista löytyy Samu-Pekka Jokitalon opinnäytetyöstä:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74794/Jokitalo_Samu-Pekka.pdf?sequence=1

Lisää pohdintaa ja vertailua E-luvusta ja kohteiden kulutuksista löytyy Arvo Lukkosen opinnäytetyöstä:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73665/Lukkonen_Arvo.pdf?sequence=1

4 Kohteiden lämmitysenergian kulutus ja kustannukset

Hankkeen yhtenä oleellisena tutkimuskysymyksenä oli arvioida ja selvittää kohteiden lämmitysjärjestelmien toimintaa ja niiden energiankulutusta ja kustannuksia. Selvityksiä tehtiin kohteisiin mahdollisuuksien mukaan mittauksin, laskennoin ja olosuhdemallinnusohjelmalla. Tässä luvussa on esitelty perustietoa mittauksista, laskennoista ja mallinuksista.

4.1 Kohteissa suoritettavat reaaliaikaiset energiamittaukset ja olosuhdeseurannat

Oleellinen osa hanketta oli reaaliaikaisten olosuhde- ja energiankulutusseurantojen tekeminen osassa kohteita. Myös todellisen lämmitysenergiankulutuksen määrittämiseen tarvittiin kohdekohtaista lämmitysjärjestelmien mittausta. Mittalaitehankintojen kanssa koettiin hankkeen alkuvaiheessa suuria haasteita, mutta mittaukset päästiin aloittamaan helmikuussa 2014. Mittaroiduista kohteista kaksi oli maalämpökohteita, yksi sähkölämmityskohde ja yhdessä päälämmitysjärjestelmänä toimi vesi-ilmalämpöpumppu.

Kohteissa mitattiin pääsääntöisesti lämmitys- ja IV-järjestelmien sähköenergiankulutusta sisältäen lämpimän käyttöveden lämmityksen. Lisäksi kohteissa mitattiin kiukaan sähköenergiankulutusta. Olosuhteista mitattiin kosteutta ja lämpötilaa pesutiloista, hiilidioksidipitoisuutta ja lämpötilaa päämakuuhuoneesta ja lämpötilaa yleisistä tiloista.

Mittausdataa kerättiin kohteista helmikuun 2014 ja toukokuun 2015 välisenä aikana. Dataa hyödynnettiin muun muassa kohteiden tarkemman toiminnan analysoinnissa ja olosuhteiden arvioinnissa sekä kohteiden taloteknisten kunnossapitotarkastusten apuna. Datan perusteella tehtiin myös vertailua kohteiden lämmitysjärjestelmien toiminnasta ja hyötysuhteesta. Hankittu mittausdata on tallennettu hankkeen projektipankkiin, ja sitä tullaan hyödyntämään vielä tulevien hankkeiden yhteydessä.

Esimerkkinä datan käytöstä on alla esitetty lämmitysjärjestelmävertailujen yhteydessä tehty taulukko 2, jossa on mittausten perusteella määritetty kohteiden lämmitysjärjestelmien sähköiset keskitehot yhden talviviikon ajalta (viikko 8/2014). Kohteiden vertailtavuuden vuoksi tulokset on normeerattu kaikkien kohteiden osalta 21 °C sisälämpötilaa vastaaviksi. Huomioitavaa taulukossa on, että kohteessa K ei ole oltu paikalla mittausjakson aikana, joten todellinen sähköinen neliöteho asettuisi todennäköisesti jonkin maalämpöpumppukohteiden ja sähkölämmityskohteen väliin.

Taulukko 2. Mitattujen kohteiden korjatut lämmityksen sähköiset keskitehot ja keskitehot neliömetrille viikolla 8/2014.

Kohde	K	H	E	B
Lämmitysjärjestelmä	PILP+VILP	MLP	SÄHKÖ + ILP	MLP
Keskiteho, W	692	1 533	1 937	1 594
Keskiteho, W/m ²	4,0	3,9	15,4	6,5

Taulukosta voidaan päätellä, että mitatuissa kohteissa järjestelmät toimivat toisiinsa verrattuna melko hyvin, ja keskimäärin lämpöpumpuilla voidaan ainakin näissä vertailuissa kohteissa säästää vähintään 50 % lämmitykseen kuluvaa sähköenergiaa verrattuna suoraan sähkölämmitykseen.

Lisätietoa lämmitystehoihin ja mittauksiin liittyen löytyy Ville Savolaisen opinnäytetyöstä:

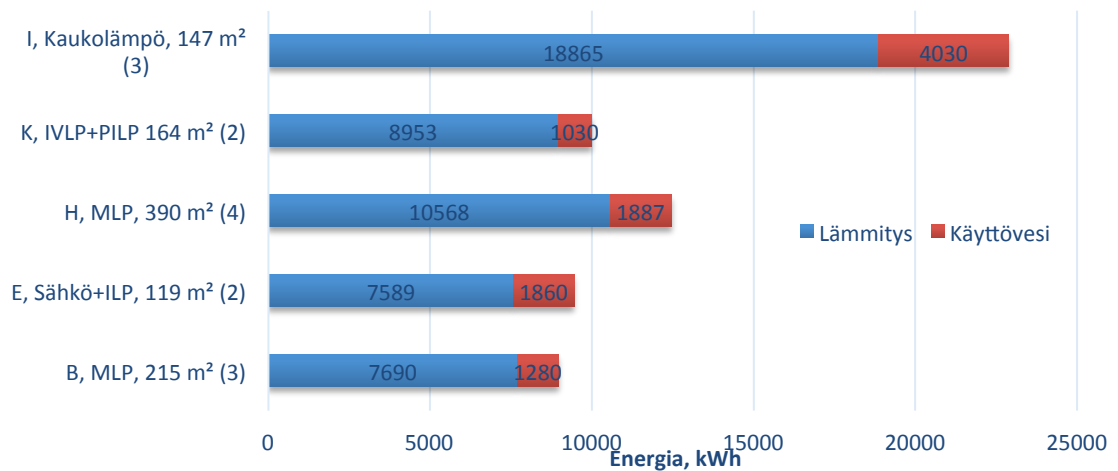
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/78574/Savolainen_Ville.pdf?sequence=2

4.2 Laskemalla ja muilla arviointimenetelmillä tehdyt selvitykset

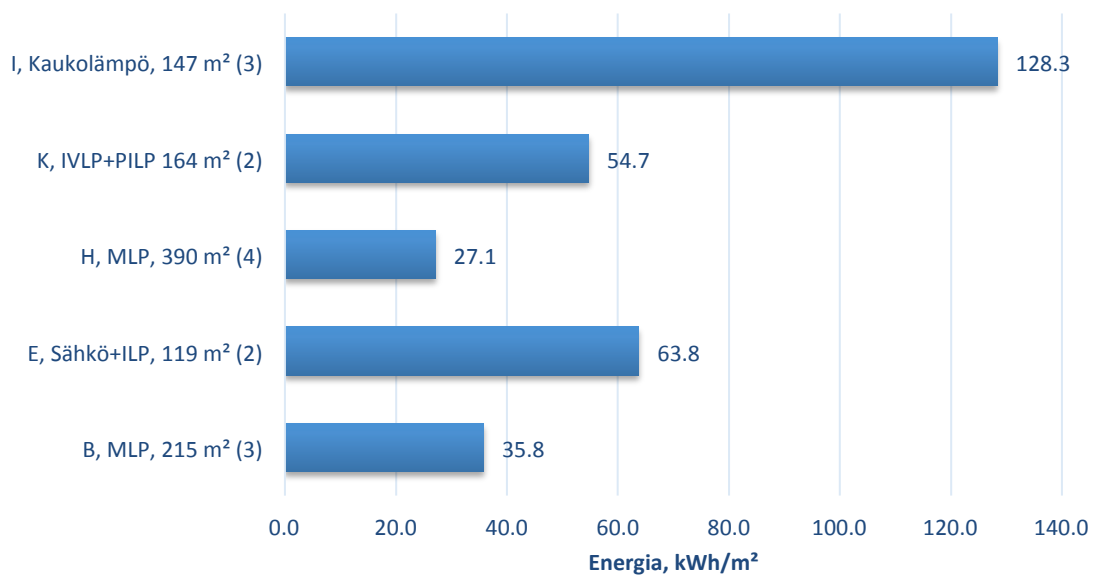
Hankkeen aikana arvioitiin kohteiden vuosittaista lämmitysenergian tarvetta ja lämmöntarpeen jakautumista ja kustannusvaikutuksia myös laskentoihin ja muihin arviointimenetelmiin perustuen. Arviointia tehtiin muun muassa energiayhtiöiden kulutustietojen, olemassa olevien tutkimusten ja laskentamenetelmien sekä kohdetietojen perusteella. Teoriatietoihin pohjautuen arvioiden voidaan olettaa olevan hyvin lähellä todellisia kulutuksia.

Esimerkkinä arviolaskelmista on seuraavaksi esitetty muutaman kohteen laskelmia. Kohteen perässä sulkeissa näkyy kohteen ilmoitettu asukasmäärä. Kuvassa 9 on esitetty kohteiden vuoden 2013 arvioitu lämmitysenergian kokonaiskulutus. Kuvassa 10 on esitetty kohteiden arvioitu lämmitysenergian kulutus neliometriä kohden ilman lämpimän käyttöveden lämmitystä. Kuvassa 11 on esitetty arvio kohteiden vuoden 2013 lämmitysenergiankulutuksesta kuukausitasolla sisältäen lämpimän käyttöveden lämmityksen. Huomioitavaa tutkimuskohteiden arvioissa on, että varsinkin kaukolämpökohteiden todellinen kulutus on huomattavan suurta. Kaukolämpökohteiden laskelmissa ei ole otettu huomioon muun muassa lämmitysverkon epätavallisista kytkennöistä johtuvaa käyttöveden lämmitysenergian noin 4 % kasvua. Lämpöpumppukohteiden laskennoissa käytetyt pumppujen COP-kertoimet on määritetty olemassa olevan tutkimustiedon ja

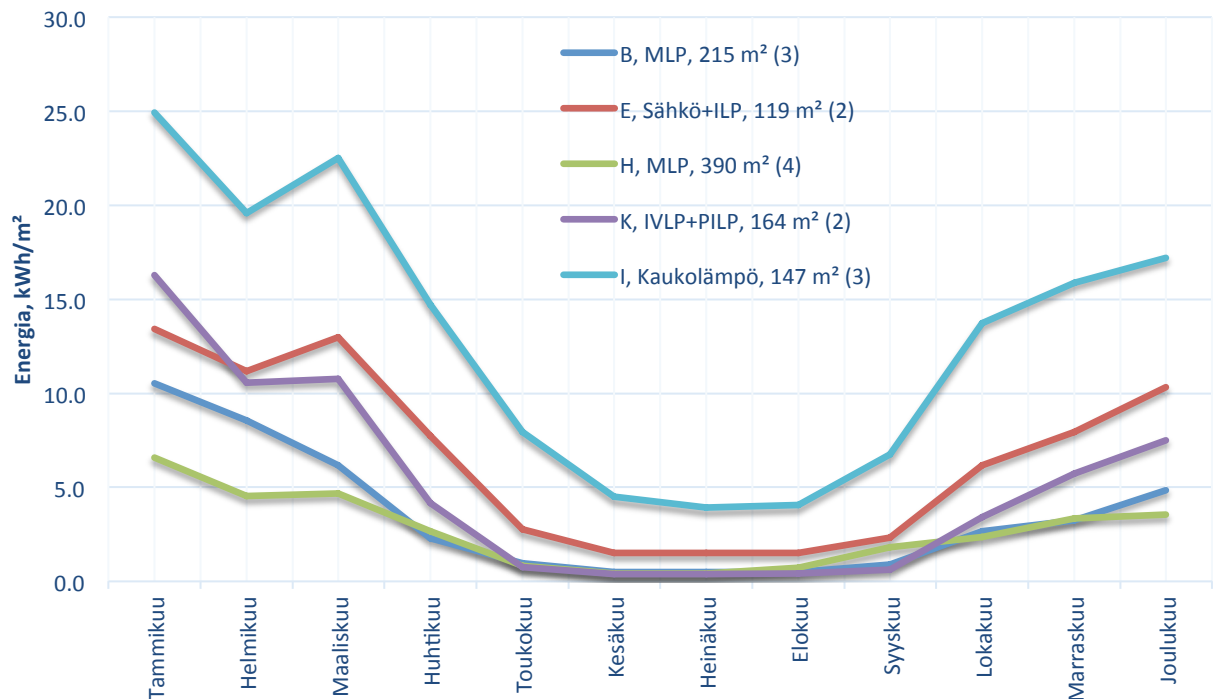
valmistajien materiaalien perusteella maalämpöpumpuille COP = 2,3 ja ilma-vesilämpöpumpulle COP = 2,0.



Kuva 9. Lämmitysenergian arvioitu kulutus muutamassa kohteessa vuonna 2013 (kWh).

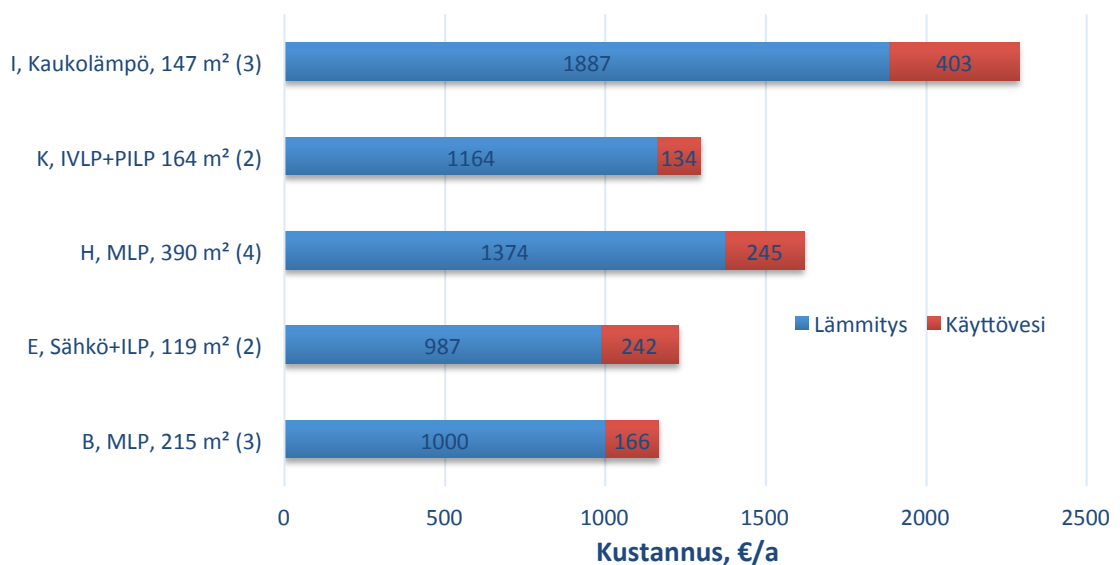


Kuva 10. Lämmitysenergian arvioitu kulutus muutamassa kohteessa vuonna 2013 neliometriä kohden ilman lämpimän käyttöveden lämmitystä (kWh/m²).

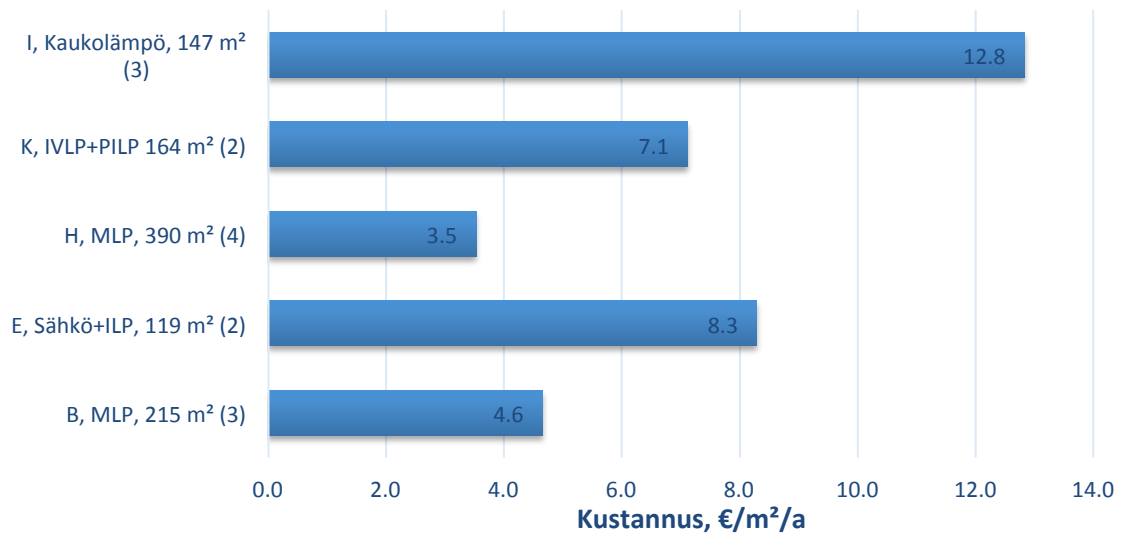


Kuva 11. Lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden arvioitu kulutus muutamassa kohteessa vuonna 2013 neliometriä kohden (kWh/m²).

Edellisissä arvioissa käsiteltyjen kohteiden osalta arvioitiin myös lämmitysenergian kustannuksia. Vuoden 2013 lämmitysenergian ja käyttöveden kustannuksia kohteissa on esitetty kuvassa 12 ja neliöllisiä kustannuksia kuvassa 13. Sähköenergian hintana on käytetty 13 snt/kWh ja kaukolämmön hintana 10 snt/kWh.



Kuva 12. Arvioidun lämmitysenergian ja käyttöveden kulutuksen tuotantokustannukset muutamassa kohteessa vuonna 2013 (€/a).



Kuva 13. Arvioidun lämmitysenergian ja käyttöveden kulutuksen tuotantokustannukset muutamassa kohteessa neliömetriä kohden vuonna 2013 (€/m²/a).

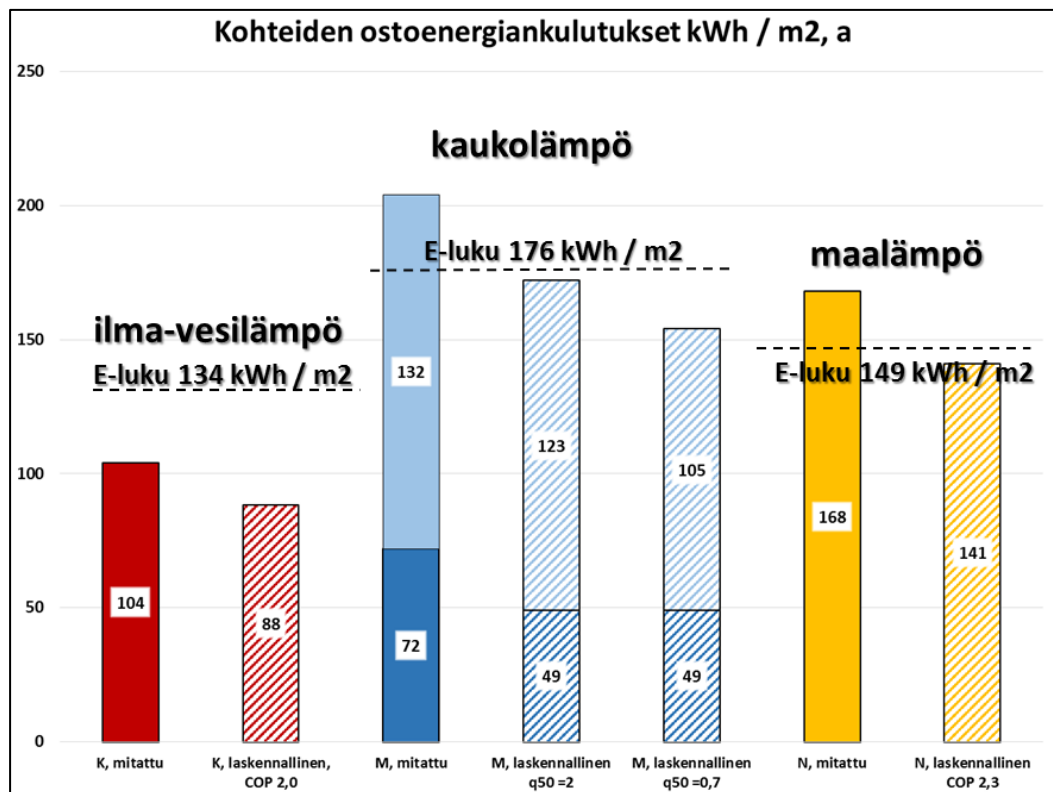
Hankkeen aikana eri lämmitysjärjestelmille tehtiin kulutus- ja kustannusarvioita ja -vertailuja myös pidemmille ajanjaksoille. Arvioituihin lämpöenergiankulutuksiin ja -kustannuksiin sekä erilaisiin vertailuihin löytyy lisää laskelmia ja taustatietoa Matias Kosusen opinnäytetyöstä:

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/78156/Kosunen_Matias.pdf?sequence=1

4.3 Mallinnuksiin ja vertailuihin perustuvat selvitykset

Osana hanketta tehtiin kolmesta kohteesta energiamallinnukset IDA ICE -ohjelmalla ja vertailtiin mallinnoista saatuja teoreettisia tavoite-energiankulutuksia todellisiin ostoenergiankulutuksiin. Vertailujen yhteydessä yritettiin selvittää myös syitä mahdollisiin eroavaisuuksiin. Kohteista kaksi on omakotitaloja (kohteet K ja N) ja yksi paritalon puolikas (kohde M). Kaikki kohteet ovat kivirakenteisia ja samaa kokoluokkaa (~150 m²). Kohteissa M ja K on puolilämmin autotalli, joka sisältyy neliöihin. Lämmitysratkaisuina ovat kaukolämpö (M), ilmavesilämpöpumppu (K) ja maalämpöpumppu (N). Kaikissa kolmessa kohteessa lämmönjakotapana on vesikiertoinen lattialämmitys.

Lähtötietoina käytettiin kohteiden todellisia arvoja ja vedenkulutuksia sillä tasolla, kun niitä oli saatavilla, ja loput arvot olivat nykyisen rakentamismääräyskokoelman D3 mukaisia (lähtöarvot esitetty liitteessä 3). Kohteiden M ja N rakenteiden lämmönläpäisykertoimet ovat RakMk C3 2010 vertailuarvoja ja kohteen K arvot ovat vertailuarvoja parempia. Kohde M on laskettu sekä energiatodistuksessa käytetyllä vuotoilmaluvulla $q_{50} = 2$ ja verrokkiarvona luvulla $q_{50} = 0,7$. Kohteiden mallinnoissa kattojen muoto ei vastaa todellisuutta, mutta sen vaikutus ei ole merkittävän suuri. Vertailuarvoina mallinnoille käytettiin vuoden 2013 ostoenergiankulutuksia. Kohteiden simuloinnin tulokset ja todelliset mitatut ostoenergiankulutukset neliömetriä kohden vuonna 2013 on esitetty kuvassa 14. Kuvassa on esitetty myös esimerkin vuoksi kohteiden laskennalliset E-luvut.



Kuva 14. Kohteiden mitattu ja simuloitu ostoenergiankulutus vuonna 2013 (kWh/m², a).

Kuten kuvasta 14 voidaan havaita, on kaikkien kohteiden todellinen ostoenergiankulutus mallinnettua suurempi, siitäkin huolimatta, että esimerkiksi lämpöpumppukohteiden COP-luvut on pidetty vuoden 2011 pumppumallien mukaisina eli hyvin maltillisina. Kysymys siis herää, vaikuttaako esimerkiksi lämmitysmuodon valinta kuluttajien kulutustottumuksiin. Yleisesti ottaen kohteen K ostoenergiankulutus on mallinnusta suuremmasta kulutuksesta huolimatta hyvin maltillista, kohteen M kulutus on korkea ja kohteen N on myös korkeahko. Prosentuaalisesti kaikissa kohteissa kulutettiin noin 19 % mallinnettua ostoenergiankulutusta enemmän.

Kohteessa K asukkaat kokivat, että järjestelmien toiminta ei ollut vielä optimaalisella tasolla ja he opettelivat vielä järjestelmien käyttöä ja säätöä. Tämä näkyy myös energiankulutuksessa. Kohteessa M oli myös ollut haasteita lämmityksien säädön kanssa, ja siihen jouduttiin vaihtamaan kaukolämmönvaihdinpaketti vuoden 2015 keväällä. Kuitenkin muihin kohteisiin verrattuna suuri sähkönkulutus herättää kysymyksen siitä, ovatko myös asukkaiden kulutustottumukset erilaisia kuin muilla.

Kohde N on siitä mielenkiintoinen, että alusta saakka asukas on ollut todella pettynyt maalämpöpumpun toimintaan ja moittinut sekä maalämpöpumpun maahantuojan ja asennuksen tehneen urakoitsijan useaan kertaan. Pumppua käytiin kohteessa tutkimassa

ja säätämässä monesti ja lopulta vuonna 2014 pumppu vaihdettiin kokonaan. Simulointejamme tarkasteltaessa näyttäisi kuitenkin siltä, että ei kohde nyt niin huonosti olekaan toiminut - rakenteet ovat vain eristävyydeltään heikkoja ja ehkä huonompia kuin naapureilla. Kysymys herääkin, onko tässä asiakkaalle myyty jotain energiatehokkaampaa ja hienompaa, kuin mitä hän on saanut tai odottanut. Asukas ei ole myöskään ehkä mahdollisesti ymmärtänyt, että huonoilla rakenteilla energiaa kuluu, tuotetaan se millä tavalla vaan. Lisäksi olisi mielenkiintoista tietää, miten lämpöpumppua on kohteeseen markkinoitu - mainoksissa esimerkiksi COP-arvot ovat usein aivan jotain muuta, kuin mitä käytännössä voidaan saavuttaa.

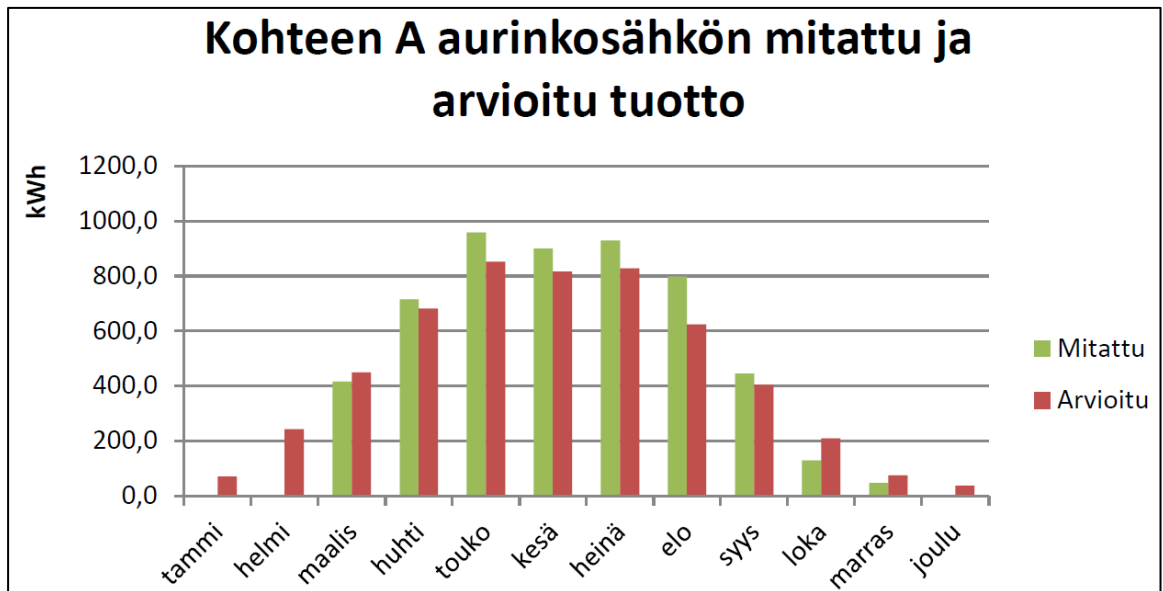
Saatujen tulosten perusteella huomataan, että vaipan eristyksellä on vaikutusta rakennusten energiatehokkuuteen. Varustamalla vaatimuksen mukaisesti eristetty talo vähemmän ostoenergiaa kuluttavalla ratkaisulla ei saada nostettua rakennuksen energiatehokkuutta samaan luokkaan kuin energiatehokkaalla erityksellä. Tämä huomataan vertaillaessa kohteita M ja N sekä simuloituja että mitattuja energiakulutuksia

5 Aurinkoenergiajärjestelmien toiminta ja tuottavuus muutamissa kohteissa

Hankkeen aikana selvitettiin aurinkoenergian hyödyntämistä ja tuottoa kolmessa kohteessa. Kahdessa kohteessa hyödynnetään aurinkolämpöä ja yhdessä aurinkosähköä. Kohteet valikoituivat perustuen kohteista saatavilla oleviin aurinkoenergian energiantuotantolukemiin. Kohteiden energiantuottoa arvioitiin ja mallinnettiin PVGIS-laskurin ja muiden olemassa olevien laskentamenetelmien avulla ja laskennallista tuottoa verrattiin toteutuneisiin arvoihin. Oleellista on huomata, että PVGIS-laskurin määrittämät auringon säteilymäärä- ja tuotantoarviot eivät perustu vuoden 2013 tai 2014 arvoihin, vaan vuosien 1981 - 1990 välillä tilastoituihin keskimääräisiin säteilyarvoihin. Vuosittaisten vaihtelujen vaikutus saattaa siis näkyä todellisissa energiantuotantolukemissa laskennallista korkeampina tai matalampina arvoina.

Kohde A:

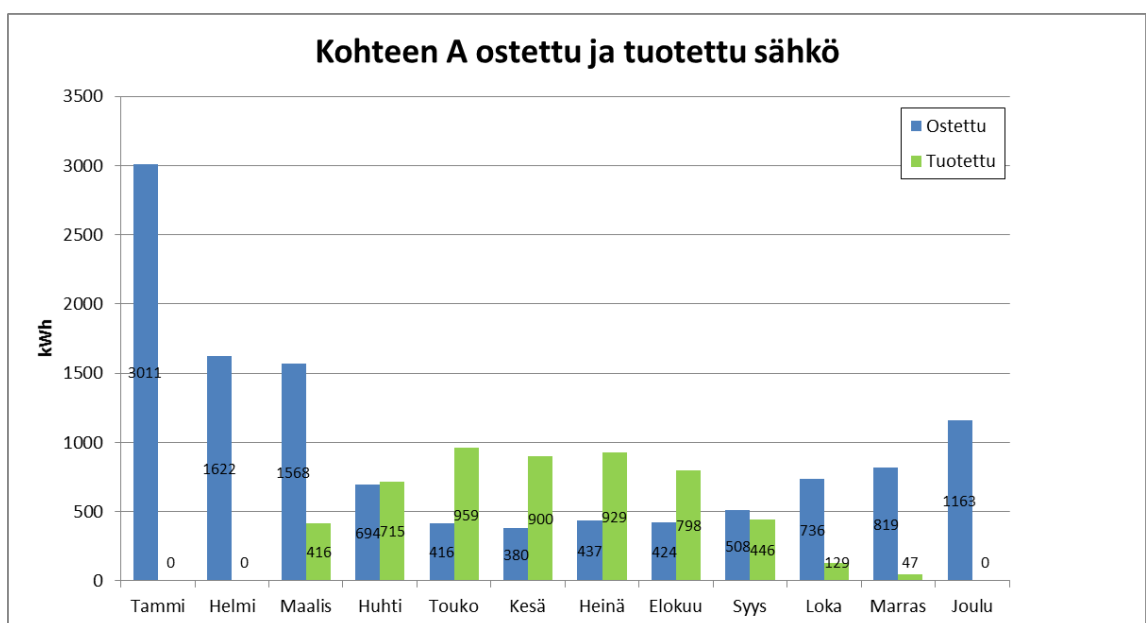
Kohde A on neljän asukkaan lähes nollaenergiatalo, jonka lämmitetty nettoala on 150 m². Kohteen päälämmitysjärjestelmänä toimii poistoilmalämpöpumppu, ja lämmönjako tapahtuu vesikiertoisella lattialämmitysjärjestelmällä. Kohteen eteläkaakon suuntaisella katolla on aurinkosähköpaneeleita, joiden yhteenlaskettu nimellisteho on 6,6 kW_p ja kallistuskulma 22 astetta. Järjestelmä on yhdistetty sähköverkkoon 8 kW:n kolmivaiheinvertterillä. Ryhmäkeskuksen mittarit mittaavat aurinkosähköjärjestelmän tuottaman ja jakeluverkkoon syötetyn tehon. Kohteen A aurinkosähköjärjestelmä on selkeästi ylimitoitettu, jotta kiinteistön E-luku on saatu mahdollisimman pieneksi. Kesän huipputunteina suurin osa tuotetusta sähköstä syötetään yleiseen sähköverkkoon, sillä erillistä akustoa kohteessa ei ole. Kohteen laskennallisen ja todellisen aurinkosähkön tuottoa vuonna 2013 on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Kohteen A mitattu ja arvioitu aurinkosähkön tuotto vuonna 2013.

Kuvasta 15 huomataan, että aurinkosähkön laskettu ja mitattu kokonaistuotanto ovat suurin piirtein samoja. Kokonaissummana vuoden 2013 yhteenlaskettu mitattu tuotto on 5339 kWh ja laskennallinen tuotto 5296 kWh. Vuoden aikana sähköenergiaa ostettiin 11 778 kWh. Talvikuukausina paneelien tuotto on ollut nollassa lumen vuoksi, mutta muuten järjestelmän voidaan todeta toimineen todella hyvin.

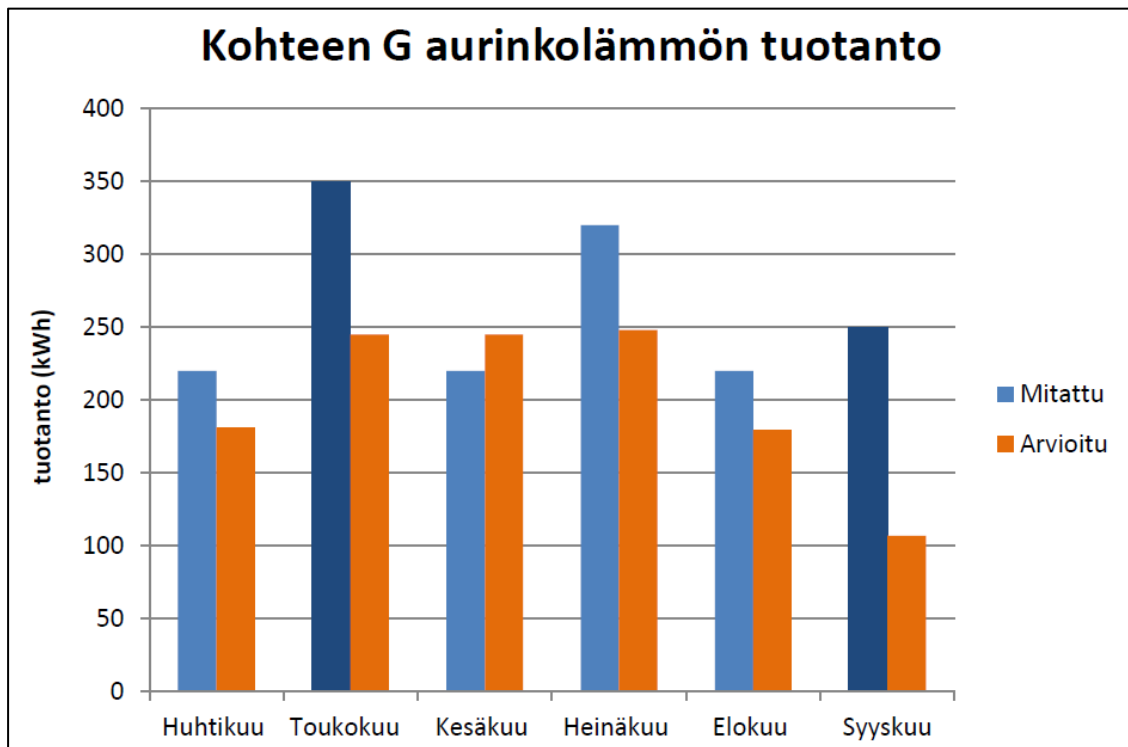
Ostetun sähköenergian määrä kesäaikaan on vähäistä johtuen aurinkosähköjärjestelmän suuresta mitoitustehosta. Kulutustietojen perusteella kesäkuukausina ostettu sähkö onkin suurilta osin hankittu aamuyöllä ja illalla, kun aurinkosähköä ei saada. Kuvassa 16 on esitetty kohteen ostetun ja tuotetun sähköenergian määrä kuukausittain vuonna 2013.



Kuva 16. Kohteen A ostetun ja tuotetun sähköenergian määrä vuonna 2013.

Kohde G:

Kohteessa G asuu neljä henkilöä, joista yksi on vuokralla yläkerrassa. Kohteen päälämmitysmuotona toimii takka ja lämmönjakona Tulilattia Oy:n ilmakiertoinen lattia-lämmitys. Lämmitettyä nettoalaa on 242 m². Käyttöveden lämmitykseen on asennettu sähkövastukset ja aurinkolämpökeräimet. Kohteen katolle on sijoitettu kolme kappaletta nestekiertoisia tasokeräimiä. Yhteinen pinta-ala keräimistölle on 6 m² ja apertuuripinta-ala 5,37 m². Keräimet on asennettu kattokulman mukaisesti noin 13 asteeseen etelän suuntaiselle katolle. Kohteen tarkkaa aurinkoenergian tuoton arviointia hankaloittaa savupiippukeräin, jonka tuotto mitataan samalla mittarilla aurinkolämmön kanssa. Eräs maininnan arvoinen seikka on myös se, että kohteen aurinkokeräinjärjestelmän toimitanut yritys ei enää toimi aurinkoenergiamarkkinoilla, joten tuotetukea järjestelmälle ei ole saatavilla. Kohteen laskennallisen ja todellisen aurinkolämmön tuottoa vuonna 2014 on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Kohteen G mitatun ja laskennallisen aurinkolämmön tuotto vuonna 2014.

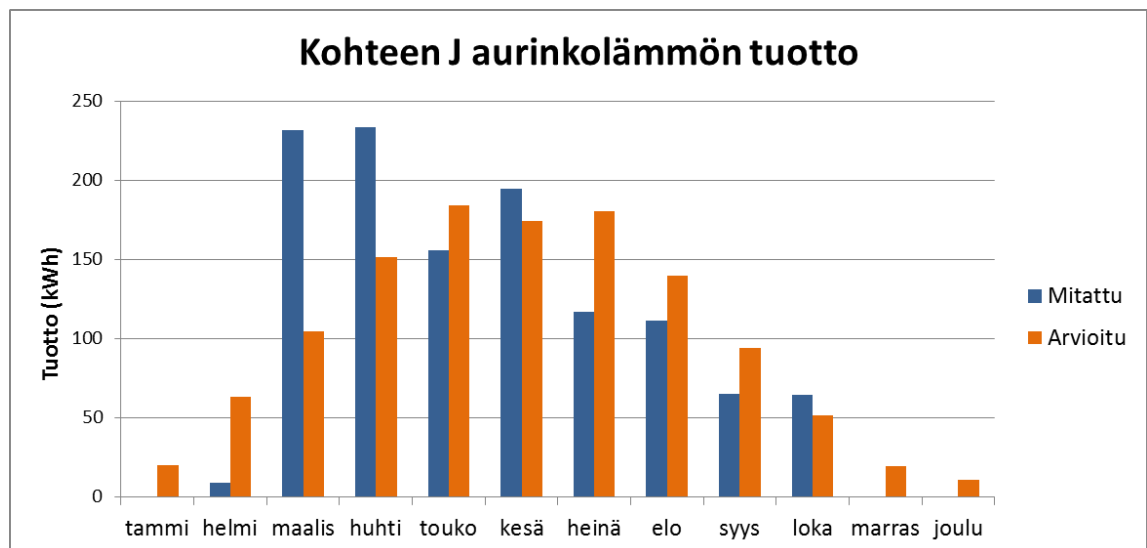
Kohteen G vuoden 2014 mitattu aurinkoenergian tuotto huhtikuusta syyskuuhun oli yhteensä noin 1580 kWh. Laskemalla saatu aurinkolämmön tuotto samalta aikaväliltä ylittää noin 1200 kilowattituntiin. Yksi suurimmista syistä mitatun ja arvioidun tuoton eroihin on todennäköisesti aurinkolämpöjärjestelmän kanssa saman mittarin taakse kytetty savupiippukeräin. Asukkaan mukaan takkaa on käytetty toukokuussa merkittävästi ja syyskuussa arviolta pari kertaa viikossa. Huhti-, kesä-, heinä- ja elokuussa takkaa ei

ole asukkaan mukaan käytetty. Takasta huolimatta voidaan tuloksista päätellä, että kohteen aurinkolämpöjärjestelmä toimii odotusten mukaisesti.

Kohde J:

Kohteessa J asuu kahdeksan henkilöä. Kohteessa toimii päälämmitysjärjestelmänä ilmalämpöpumppu, jolloin lämmönjakona toimii ilmanvaihto. Lämmitettävää alaa on 164 m². Päälämmityksen tukena toimii 1,8 kW lattialämmityskaapeli ja ilmanvaihtojärjestelmään asennettu 3 kW:n sähkövastus. Aurinkolämpöä käytetään käyttöveden lämmitämiseen

6 kW sähkövastusten rinnalla. Tasokeräinten pinta-ala on yhteensä 4,36 m² ja apertuuriala 4 m². Keräimet on asennettu etelän suuntaan 45 asteen kulmaan katolle. Kohteen laskennallisen ja mitatun aurinkolämmön tuotto on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Kohteen J mitatun ja laskennallisen aurinkolämmön tuotto vuonna 2013.

Kohteen J yhteenlaskettu laskennallinen aurinkoenergian tuotto vuonna 2013 oli yhteensä noin 1190 kWh ja vuoden 2013 mitattu tuotto oli 1180 kWh. Suhteessa laskennallinen ja mitattu tuotto ovat melko hyvin suhteessa muutamia kuukausia lukuun ottamatta. Maaliskuun ja huhtikuun suurta tuottoa on vaikea selittää muutoin kuin vuoden 2013 poikkeuksellisen lämpimillä olosuhteilla. Tammikuun, marraskuun ja joulukuun nollatuotto selittynee keräimien päälle kertyneellä lumella. Yhteenvetona tämänkin kohteen aurinkolämpöjärjestelmä kuitenkin toimii hyvin.

Lisätietoa aurinkoenergiasta ja kohteiden aurinkoenergiajärjestelmistä löytyy Jarno Sarjomaa opinnäytetyöstä:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/94600/Sarjomaa_Jarno.pdf?sequence=1

6 Asukashaastattelut liittyen talotekniikan ratkaisuihin ja käytettävyyteen

Keväällä 2014 Ekokumppanit Oy teki osalle asuntomessualueen asukkaille hankkeeseen liittyvän kyselytutkimuksen. Kyselytutkimus perustui haastatteluihin, ja ensisijaisesti selvitettiin asiakkaiden näkemyksiä ja kokemuksia kohteiden taloteknisistä ratkaisuista, energiankulutuksesta ja taloteknisten ratkaisujen käytettävyydestä. Selvityksessä tarkasteltiin 13 asuntomessutalon energiankulutusta ja kulutuksen taustalla vaikuttavia tekijöitä.

Tässä luvussa on kiteytetty ja vedetty yhteen haastattelujen tulokset pääkohdittain. Kyselytutkimuksesta tehtyä erillistä raporttia ei ole julkaistu yleiseen jakeluun. Yhteenvetoa lukiessa on hyvä huomata, että kerrotut asiat perustuvat pitkälti asukkaiden kertomaan, eikä kaikkia seikkoja ole erikseen todennettu tämän hankkeen yhteydessä. Haastatteluja ja kohteita ei ole myöskään lähdetty yksityiskohtaisesti identifioimaan kirjaintunnuksin, koska haastattelututkimuksessa oli myös useita kohteita, jotka eivät osallistuneet muuten tähän hankkeeseen.

Haastattelut kestivät puolesta tunnista reiluun tuntiin. Haastattelutilanteissa kyseltiin mm. kohteiden energiankulutuksesta, LVI- ja sähkölaitteiden toiminnasta, sisäolosuhteista, lämmitysmuodoista ja asiakkaiden talotekniikkaan liittyneistä odotuksista ja kokemuksista. Haastattelut äänitettiin ja aineisto litteroitiin. Raportointivaiheessa aineistosta etsittiin paitsi samankaltaisuuksia, myös poikkeavuuksia eri kohteiden välillä ja lisäksi tuloksia peilattiin muuhun hankkeen aikana hankittuun dataan.

Lämmitysjärjestelmiä haastatelluissa kohteissa oli laidasta laitaan. Kaikkien kohteiden lämmitysjärjestelmissä, pois lukien suorasähkölämmitteiset, oli esiintynyt paljon erilaisia ongelmia joiden ratkaiseminen oli vaatinut asukailta aktiivista otetta. Monissa tapauksissa kysymys oli ollut puhtaista virheistä, jotka olivat tapahtuneet joko tehtaalla tai asennustöissä. Useissa tapauksissa näiden taustalla piili oletettavasti huolimattomuus ja kiire. Monessa kohteessa asukkaat olivat kuitenkin huomanneet pystyvänsä vaikuttamaan omalla säätämällä laitteiden optimaalisempaan toimintaan. Myös suorasähkölämmitteisissä kohteissa ongelmia oli ollut lisälämmönlähteiden, kuten ilmakiertoisten takkojen tai ilmalämpöpumppujen kanssa.

Suosituimpina lisälämmönlähteinä toimivat erilaiset takka- ja piippulämmitykset sekä aurinkokeräimet. Muita lisälämmitysjärjestelmiä olivat mm. IV-koneen poistoilmalämpöpumppu, ilmakiertoinen lattialämmitys ja tuloilman lämmitys maapiirillä. Kahdessa kohteessa oli myös ilmalämpöpumppu, joista toisessa pumppua käytettiin lähinnä jäähdyttämiseen ja toisessa sen käyttö oli lähes mahdotonta huonon asennuspaikan vuoksi.

Haastatteluissa lämmitysjärjestelmien kohdalla nousi esiin haasteet erilaisten järjestelmien yhteensovittamisessa. Koska monessa kohteessa järjestelmät eivät toimi riittävän hyvin yhteen, vaaditaan asukkailta jatkuvaa ennakkointia ja aktiivista otetta järjestelmien säätämiseen liittyen, jotta sisäolosuhteet pysyisivät edes kohtuullisina. Isossa osassa lämmitysjärjestelmiä on myös edelleen ongelmia, joita ei ole pystytty ratkaisemaan.

Takkakohteissa takkaa käytettiin säännöllisen epäsäännöllisesti. Aktiivisimmin puuta poltettiin kohteissa, joiden päälämmitysjärjestelmänä oli ilmakiertoinen lattialämmitys takalla. Lämmitystahti oli noin kolme-neljä kertaa viikossa lämmityskaudella. Samaan lämmitystahtiin ylsi myös yksi sähkölämmityskohde, jonka asukas piti puilla lämmittämisestä ja teki itse polttopuut. Kaiken kaikkiaan asukkaat eivät olleet juuri kiinnostuneita päivittäisestä puun poltosta. Suurin osa heistä piti puun polttoa mielekkäänä, jos sitä ei ollut pakko tehdä jatkuvasti. Toisen ilmakiertoisella lattialämmityksellä varustetun kohteen asukas kertoikin olevansa pettynyt erityisesti markkinoijien lämmitysjärjestelmästä antamaan käsitykseen. Puuta olisi pitänyt polttaa useammin kuin aluksi annettiin ymmärtää.

Aurinkolämpökeräimiä löytyi kuudesta haastattelukohteesta. Kaikissa kohteissa aurinkoenergiaa käytettiin käyttöveden lämmittämiseen. Kohteiden tuoton seuranta poikkesi paljon toisistaan ja yleisesti ottaen tuoton seuranta pidettiin hankalana, sillä kohteissa ei ollut tallentavia mittauksia ja mittarit sijaitsivat teknisessä tilassa - tähän asukkaat olisivat kaivanneet parannuksia. Muutamissa kohteissa tuottoa oli kuitenkin seurattu ja kirjattu ylös, ja kuten luvusta 5 selviää, ainakin osa kohteiden aurinkoenergiajärjestelmistä toimii kohtuullisen hyvin. Myös asukkaat olivat järjestelmiin tyytyväisiä. Yhden kohteen järjestelmätoimittaja oli jo lopettanut aurinkoenergiajärjestelmiin liittyvän liiketoiminnan, jonka vuoksi järjestelmän tuotetukea ei enää ole saatavilla.

Kuten jo aiemmin mainittiin, useista osakokonaisuuksista muodostuvat lämmitysjärjestelmät vaativat kohteissa edes kohtuullisesti toimiakseen jatkuvaa säätämistä, aktiivista

otetta ja ennakointia. Monessa kohteessa asukkaat olivatkin hyvin kiinnostuneita säätämään ja seuraamaan järjestelmien toimintaa. Ainoastaan yhdessä kohteessa aktiivinen säätö oli automatisoitu siten, että vuorokauden- ja viikonpäivien mukaan säädettiin kello-ohjauksella sekä lämpötilaa että ilmanvaihtoa. Useissa kohteissa oli perussäätömahdollisuuksien lisäksi lämpötilanpudotusmahdollisuus tai kotona-poissa-kytkin. Jostain syystä kaikki asukkaat kuitenkin yleisesti ottaen kokivat lämpötilanpudotustoiminnon turhaksi, ja esimerkiksi yhdessäkään maalämpökohteessa ei lämpötilanpudotusta käytetty. Asukkaat kokivat, että jopa kahden viikon mittaisten poissaolojen aikana ei olosuhteita ole järkevää muuttaa.

Kahdeksassa kohteessa oli käytössä jäähdytysjärjestelmä, vaikka asunomessujen rakennustapaohjeissa suositeltiin, että käytössä ei olisi koneellista jäähdytystä. Messutaloihin oli asukkaiden mukaan suositeltu muita keinoja jäähdytykseen, mutta siitä ei ollut tietoa mitä ne voisivat olla. Energiatohokkaimmaksi jäähdytystavaksi keuhuttiin maalämmityksen paluupiiriin liitettyjä konvektoreita, mutta osa oli kuitenkin valinnut jäähdytysjärjestelmäksi ilmalämpöpumpun. Haastattelujen perusteella suurin osa kohteista vaikutti jäähdyttävän vain lähinnä todelliseen tarpeeseen esimerkiksi kuumuuden vaikutuksessa nukkumiseen.

Ilmanvaihtolaitteistoja asukkaat kokivat osaavansa käyttää kohtuullisen hyvin, vaikka monessa kohtaa käytönopastusta ei oltu annettu tai se koettiin riittämättömäksi. Pääsääntöisesti asukkaat olivat oppineet laitteistojen toiminnan ja käytön kokemuksen kautta. Myös huollon tarpeeseen oli havahduttu monessa kohteessa vasta sitten, kun ilmanvaihto ei enää toiminutkaan säätöjen ja asetusten mukaisesti.

Yhteenvedon kohteiden haastatteluista voitaisiin todeta, että asukkaat ovat kaiken kaikkiaan tyytyväisiä koteihinsa nyt, kun he ovat oppineet niitä kantapään kautta käyttämään. Monessa kohteessa pettymyksiä ovat kuitenkin aiheuttaneet eri järjestelmien toimimattomuus itsenäisesti tai viimeistään osana kokonaisuutta, ja edelleen kohteissa on ratkaisemattomia ongelmia ja virheitä. Lisäksi kohteiden toiminnan seuranta vaikeuttavat puutteelliset tai hankalat olosuhde- ja energiaseurantalaitteistot. Kohteiden energiankulutukseen liittyen toiset olivat tyytyväisiä ja jopa positiivisesti yllättyneitä, mutta toiset olivat joutuneet pettymään. Osa asukkaista ymmärsi oman toimintansa nostavan merkittävästi energiankulutusta. Pääsääntöisesti kuitenkin kohteiden energiankulutukseen pettyneet asukkaat epäilivät edelleen järjestelmien säätöjen oikeellisuutta ja pe-

räänkuuluttivat alan toimijoilta asiakasnäkökulmaa ja vastuunottoa järjestelmien toiminnan optimoinnissa ja käytön opastuksessa.

Asuntomessuprosessia monet kuvasivat raskaaksi ja liian kiireiseksi. Toisaalta kiireessä nähtiin hyviäkin puolia, kun talot valmistuivat ajallaan. Tämän hankkeen selvityksien perusteella kiire näkyy myös taloteknisissä järjestelmissä ja niiden dokumentoinnissa vielä normaaliakin puutteellisempana ja virheellisempänä kokonaisuutena (luku 7). Tulevia rakentajia vastaajat halusivat ohjeistaa etenkin suunnitteluvaiheeseen panostamisessa. Tällä nähtiin olevan suuri merkitys käyttökustannuksiin. Erityisesti lämmitysjärjestelmiä ohjeistettiin miettimään erityisen huolellisesti. Tyytyväisimpiä vaikuttivatkin olleen he, jotka olivat tehneet ja teettäneet suunnitelmat huolella. Aukkaat neuvoivat myös tulevia rakentajia ottamaan mahdollisuuksien mukaan suunnittelun avuksi puolueettomia asiantuntijoita ja varomaan joutumista markkinamiesten kohteeksi.

7 Talotekninen dokumentointi, opastukset ja kunnossapitotarkastukset

Hankkeen aikana selvitettiin kohteiden taloteknisen dokumentoinnin tila ja verrattiin sitä yleisiin käytäntöihin ja rakentamisen aikaisten standardien ja määräysten mukaisiin dokumentointivaatimuksiin. Lisäksi kuuteen kohteeseen tehtiin taloteknisten järjestelmien kunnossapitotarkastus, jossa selvitettiin tarkemmin kohteen dokumentointia, järjestelmiä, järjestelmien toimintaa ja niiden käyttöä, huoltoa ja kunnossapitoa.

7.1 Sähköisen talotekniikan dokumentointi kohteissa

Sähköisen talotekniikan dokumentoinnin taso kohteissa vaihteli suuresti. Lähes kaikista kohteista asukkailta löytyi tärkeimmät sähkötekniset dokumentit jossain formaatissa, mutta lähes kaikissa dokumentoinneissa on myös puutteita tai niitä ei ole päivitetty vastaamaan todellisia asennuksia. Joistain kohteista puuttui jopa ohjausjärjestelmien dokumentointi kokonaan; ilman kohteiden tuntemusta dokumenteista ei voisi edes päätellä järjestelmän olemassaoloa. Dokumenttien puutteellisuus tai päivittämättä jättäminen on pientalorakentajien kohdalla valitettavan yleinen ongelma läpi Suomen. Hankkeen kohteissa dokumenttien merkitys vielä korostuu, sillä niistä löytyy merkittävä määrä kehittyneitä taloteknisiä järjestelmiä, joiden oikeanlainen käyttö, huolto ja hallinta vaativat kattavaa dokumentointia. Alla on esitetty kootusti kohteiden tärkeimpien dokumenttien tilanne (ei sisällä taloteknisiä ohjausjärjestelmiä):

- Sähköselostus 5/15 kohteesta
- Tasopiirustus 15/15 kohteesta
 - puutteita: ryhmänumerot puuttuvat, nimiö puuttuu tai huonosti täytetty
- Keskuskaavio 11/15 kohteesta
 - puutteita: johdintiedot puuttuvat, nimiötä ei täytetty
- Asemapiirustus 6/15 kohteesta
 - puutteita: maadoituselektrodi puuttuu, nimiötä ei ole
- Maadoituskaavio 8/15 kohteesta, joista kahdessa kohteesta se on omana dokumenttinaan ja kuudessa kohteessa yhdistettynä keskuskaavioon.
- Valaisinluettelo 6/15 kohteesta

Dokumentointien selvityksen yhteydessä käyttäjiltä kysyttiin, ovatko he saaneet sähköisen talotekniikan järjestelmiin liittyen käytönopastuksen, onko heillä kohteen loppukuvat olemassa ja ovatko he saaneet kohteen käyttöönottotarkastuspöytäkirjan itselleen.

Kyselyn perusteella lain vaatiman käytönopastuksen on saanut 80 %, loppukuvat 45 % ja käyttöönottotarkastuspöytäkirjan 90 % vastaajista. Loppukuvien osalta vastausprosentti ei liene todellinen, vaan hankkeen omiin selvityksiin perustuen vielä huonompi. Ero loppukuvien tulkinnassa johtunee siitä, että asiakkaille on saatettu toimittaa puutteellista tai päivittämätöntä materiaalia, joka on esitelty heille loppudokumentointina.

Lisätietoa sähköisen talotekniikan dokumentoinnin tilasta kohteissa löytyy Tomi Luotonen opinnäytetyöstä. Lisäksi työssä on dokumentoinnin kehittämisehdotuksia:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74949/Luotonen_Tomi.pdf?sequence=1

7.2 LVI-talotekniikan dokumentointi kohteissa

Tarkastelun perusteella saatiin selville, että LVI-dokumentoinnin taso vaihtelee eri kohteiden välillä melko paljon. Parhaimmillaan huomautettavaa ei juuri löytynyt, mutta joissakin kohteissa oli useita puutteita. Lisäksi havaittiin, että joitakin vaadittuja dokumentteja puuttui lähes systemaattisesti. Esimerkiksi käyttö- ja huolto-ohjetta ei löytynyt yhdestäkään kohteesta. Lisäksi olemassa olevissa dokumenteissa oli joissakin tapauksissa havaittavissa eriasteisia puutteita. Oleellisimpien dokumenttien tilanne kohteissa oli seuraavanlainen:

- LVI-selostus 0/15 kohteessa
 - Puutteita: ei löytynyt yhdestäkään kohteesta.
- Energiaselvitys 3/15 kohteessa
 - Puutteita: löytyi harvasta kohteesta
- Tasopiirustukset
 - LVI-asemapiirustus 10/15 kohteessa
 - Puutteita: ei loppupiirustusmerkintää
 - KVV-piirustus (käyttövesi- ja viemärikuva) 15/15 kohteessa
 - Puutteita: ei loppupiirustusmerkintää
 - IV-piirustus 14/15 kohteessa
 - Puutteita: ei loppupiirustusmerkintää
 - Lämmityspiirustus 7/15 kohteessa
 - Puutteita: ei loppupiirustusmerkintää
- Käyttö- ja huolto-ohje 0/15 kohteessa
 - Puutteita: ei löytynyt yhdestäkään kohteesta.

LVI-selostus ja käyttö- ja huolto-ohjeet puuttuivat kaikista kohteista, mikä on melko yllättävää. Käyttö- ja huolto-ohjeet tulisi maankäyttö- ja rakennuslain perusteella toimittaa aina kaikissa rakennusprojekteissa asiakkaalle. Lisäksi muun muassa energiaselvitys puuttui monesta kohteesta. Energiaselvityksen pitäisi olla laadittuna sekä rakennusluvan hakemisvaiheessa että uudestaan rakennuksen valmistuttua ja myös se tulisi luovuttaa tilaajalle. Kolmesta tarkastellusta energiaselvityksestä kaksi vaikutti rakennuksen valmistumisen jälkeen päivitettyltä ja yksi rakennusluvan liitteeksi laaditulta versiolta.

Tasopiirustukset vaikuttivat pääosin asianmukaisilta ja toteutuskelpoisilta. Jokaisesta kohteesta löytyi KVV-piirustukset ja IV-piirustukset yhden kohteen puuttuvaa IV-piirustusta lukuun ottamatta. Yksittäisissä tapauksissa piirustusten selkeydessä oli toivomisen varaa. Lämmityspiirustus löytyi vain noin puolesta kohteista ja niiden laatu vaikutti varsin kirjavalta. Osassa oli esitetty kaikki lattialämmityspiirien johdot, mutta osasta löytyi vain pelkät jakojohdot eikä edes jakotukkeja. Useissa tasopiirustuksissa oli vaillinaisesti täytettyjä nimiöitä, eikä loppupiirustusmerkintää löytynyt yhdestäkään kuvasta, vaikka muutoksista löytyikin merkintöjä. Pelkistä päivämääristä ei voi päätellä mitään, ellei ole hyvin perillä rakennusprojektin käytännön toteutuksesta ja aikataulusta. Tiedostojen nimeämistapa oli kirjava. Joissakin tapauksissa tiedostonimet olivat loogisia ja selkeitä, kun taas toisissa hyvin vaikeaselkoisia. Pahimmillaan pdf-tiedostot oli nimetty juoksevin numeroin yhdestä kuuteen, eikä numerosta voinut mitenkään päätellä mikä dokumentti oli kyseessä.

Lisätietoa LVI-talotekniikan dokumentoinnin tilasta kohteissa löytyy Matti Rantasen opinnäytetyöstä. Lisäksi työssä on dokumentoinnin kehittämisehdotuksia:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87771/Rantanen_Matti.pdf?sequence=1

7.3 Yhteenveto kunnossapitotarkastuksista

Hankkeen aikana tehtiin kuuteen kohteeseen taloteknisten järjestelmien kunnossapitotarkastus, ja yhteen kohteeseen vielä asukkaan erillispyynnöstä opiskelijaprojektina ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotus ja säätö. Tarkastettujen kohteiden talotekniset järjestelmät olivat pääsääntöisesti kunnossa, mutta samanlainen kiire ja loppuviimeistelyn puuttuminen kuin dokumenttien kohdalla näkyi myös asennuksissa. Kohteiden sähköisen talotekniikan kunnossapitotarkastuksista on kirjoitettu asukkaille raportit, joissa on sanallisesti ja valokuvin esitetty sähköisen talotekniikan järjestelmien ongelmakohdat ja korjausehdotukset. Tässä luvussa käydään läpi neljän keväällä 2015 kunnossapitotarkas-

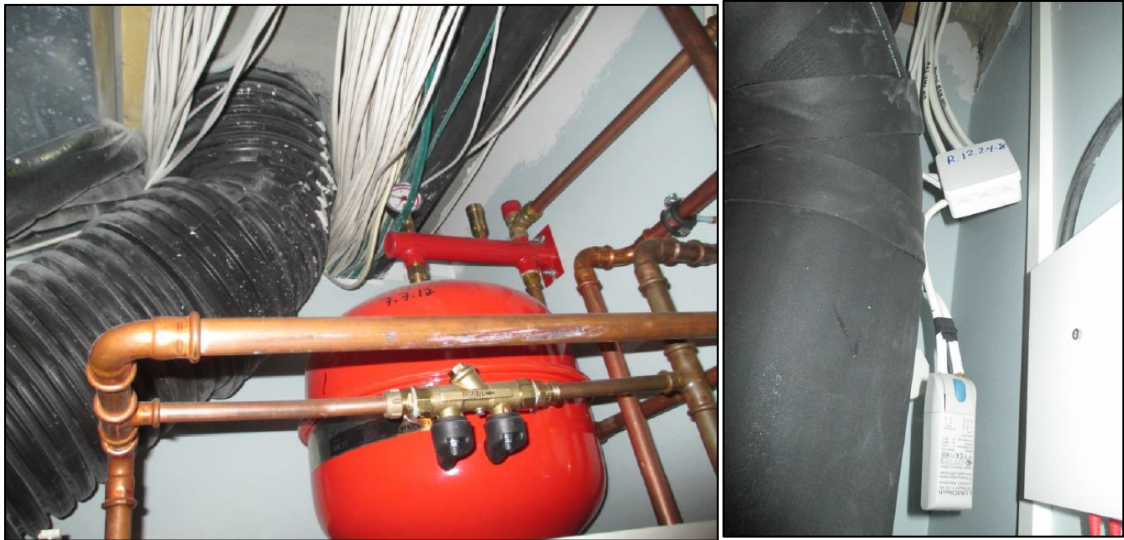
tetun kohteen taloteknisten järjestelmien tilaa ja taloteknisen dokumentoinnin tasoa käytön- ja ylläpidon näkökulmasta. Kunnossapitotarkastetut kohteet ovat hyvin tyypillisiä asuntomessukohteita, joten esimerkit kuvaavat melko hyvin hankkeen kohteiden taloteknisten järjestelmien ja dokumentoinnin yleistä tilannetta.

7.3.1 Sähköisen talotekniikan tila kohteissa

Sähköisen talotekniikan osalta kunnossapitotarkastuksissa selvitettiin sähköjärjestelmien ja sähköisen talotekniikan dokumentoinnin nykytila ja kirjattiin havaitut puutteet ja toimenpidesuosituksien. Tarkastus oli pienjännitesähköasennustandardi SFS 6000:2012 -mukainen. Ensisijaisena tarkastuskohteena olivat henkilöturvallisuuden vaikuttavat puutteet, joiden lisäksi arvioitiin järjestelmien luotettavuutta ja käytettävyyttä. Sähköisen talotekniikan osalta kohteiden kunnossapitotarkastuksien havaintoja on esitelty kohdeittain alla.

Kohde L:

Asukkaalle oli toimitettu sähköjärjestelmiin liittyvät piirustukset, mutta käyttöönotto-tarkastuspöytäkirja puuttui luovutusdokumenteista. Asukkaan haastattelun perusteella urakoitsija oli suorittanut käyttöönotto-tarkastuksen ja toimenpidesuosituksena asukasta ohjeistettiin vaatimaan puuttuvat dokumentit urakoitsijalta. Myöskään antenni- tai yleiskaapelointijärjestelmän käyttöönotto-tarkastuspöytäkirjoja tai muita dokumentointeja ei asukkaalle ollut luovutettu. Silmämääräisessä tarkastuksessa ei havaittu varsinaisia sähköturvallisuuden liittyviä puutteita. Toimenpidesuosituksena annettiin ohjeistus teknisessä tilassa olevien kaapeleiden ja rasiointien paremmasta kiinnittämisestä (kuva 19). Pistokokein tehdyissä oikosulkuvirtojen mittauksissa havaittiin yksi pistorasia, jossa oikosulkuvirta ei ylittänyt vaadittua raja-arvoa. Tarkastuksen yhteydessä ei tutkittu tarkemmin mistä tämä johtui. Vaihevirtojen mittauksissa havaittiin lievää epäsymmetrisyyttä vaiheiden välisissä kuormituksissa. Asukkaan haastattelun perusteella asiaa oli jo aiemmin käyty kertaalleen korjaamassa muuttamalla ryhmittelyä.

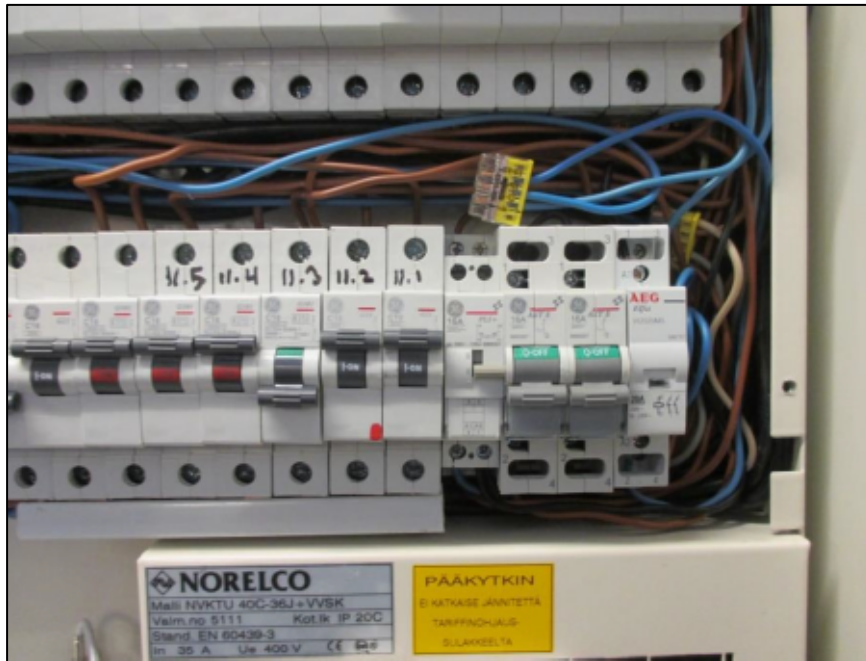


Kuva 19. Kunnossapitotarkastuksessa kohteen L teknisen tilan kaapelointien ja rasioiden kiinnityksessä havaittiin merkittäviä puutteita.

Käytettävyyden osalta todettiin, että taloon asennettua KNX-automaatiojärjestelmää ei hyödynnetä täysimääräisesti talotekniikan ohjauksessa, vaan järjestelmä on käytössä pääasiassa ainoastaan valaistuksen ohjauksessa. Talon lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmillä oli omat erilliset säätö- ja ohjausjärjestelmät, joita ei ollut liitetty KNX-järjestelmään. Asukkaan haastattelun perusteella KNX-järjestelmän toimintaa ei ollut suunniteltu riittävän hyvin suunnitteluvaiheessa, vaan siihen liittyvien toimintojen kuvaus ja suunnittelu tapahtui vasta järjestelmän asentamisen jälkeen. Mitään kirjallista dokumentaatiota KNX-järjestelmän toiminnasta tai rakenteesta ei löytynyt, eli asukkaan näkökulmasta se oli täysin dokumentoimaton.

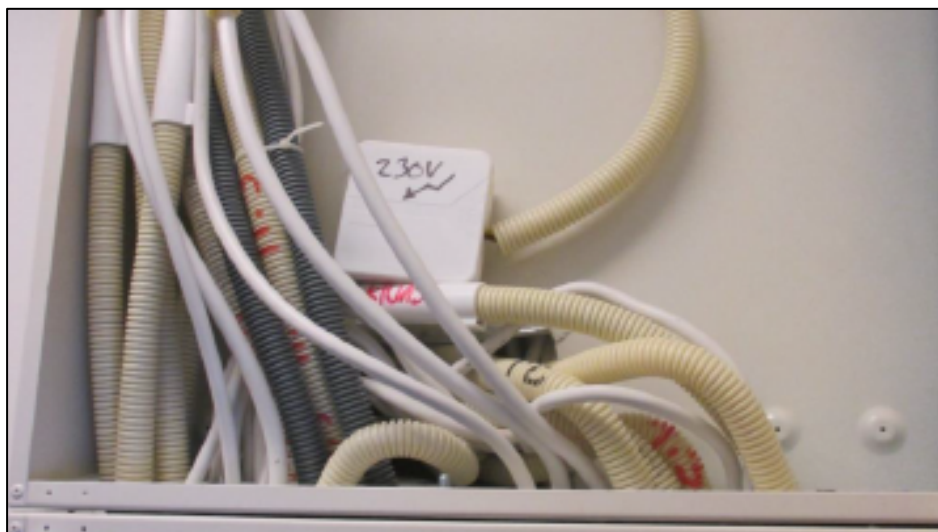
Kohde M:

Asukkaalle oli toimitettu kohteen sähköpiirustukset ja käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Kohteen ryhmäkeskuksen osalta silmämääräisessä tarkastuksessa todettiin, että nykyinen keskus on liian pieni kohteen sähköjärjestelmän kokoon nähden. Nykyisellä kaapeli- ja johdinmäärällä keskus on niin täysi, että muutosten ja korjausten tekeminen keskuksen on erittäin vaikeaa ilman laajempaa purkamista. Tarkastuksen yhteydessä todettiin myös, että kunnossapitotarkastukseen liittyvien virtamittausten tekeminen turvallisesti nykyisestä ryhmäkeskuksesta on mahdotonta. Selkeitä turvallisuuteen liittyviä puutteita olivat lisäksi kosketussuojauksen puutteellisuus johtuen liian pitkästi kuorituista johtimista sekä irrallisten liittimien käyttö johdinten jatkamisessa keskuksessa (kuva 20).



***Kuva 20.** Kunnossapitotarkastuksen yhteydessä havaittiin, että kohteen M keskuksen sisällä johtojen jatkamiseen on käytetty irrallisia liittimiä.*

Asennusten yleisessä siisteydessä havaittiin puutteita teknisenä tilana toimivan autotalin osalta. Autotallista löytyi kerällä oleva irrallinen MMJ-kaapeli, josta ei selvinnyt minne kaapelin toinen pää oli kytkettynä. Tarkastuksen yhteydessä varmistettiin, että kaapeli oli jännitteetön. Lisäksi tarkastuksessa havaittiin autotallissa irrallinen pintajakorasia, jonka kanteen oli kirjoitettu 230V. Jakorasiaan asennetut ML-johtimet tulivat suoraan taipuisasta suojaputkesta, jota ei ollut kiinnitetty mihinkään (kuva 21). Autotallissa tehtyjen pinta-asennusten yleiskuva oli epäsiisti ja viimeistelemätön.

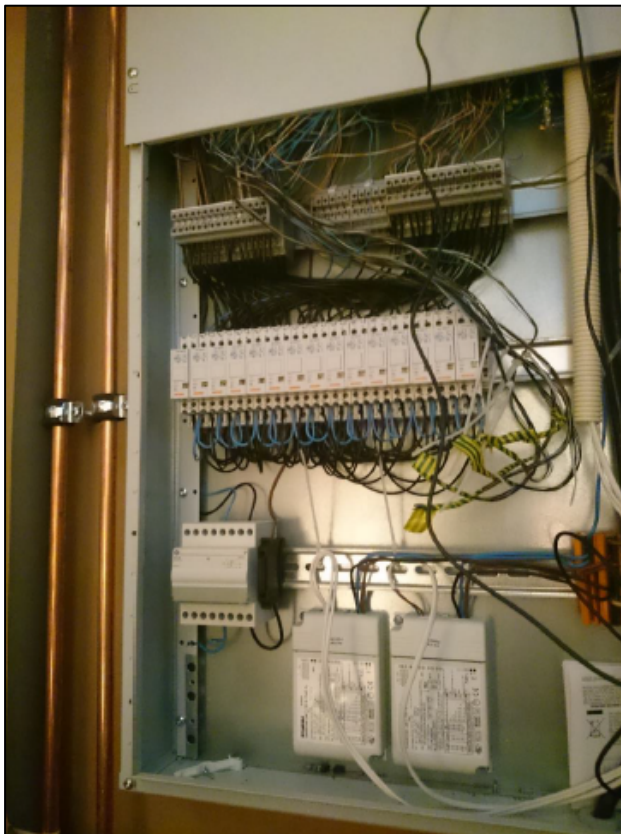


***Kuva 21.** Kohteen M autotallissa havaittiin kiinnittämätön pintajakorasia, johon tuli sisään ML-johtimet kiinnittämättömästä putkesta.*

Käytettävyyden kannalta todettiin, että keittiön pistorasiaryhmissä ja ulkopistorasioissa oli käytetty samaa vikavirtasuojakytöntä, joka oli aiheuttanut ongelmia. Ongelmia oli selvitetty urakoitsijan toimesta, mutta niistä ei ollut saatavilla kirjallisia selvityksiä. Keskuksen ahtaudesta johtuen todettiin, että ryhmien erotteleminen eri vikavirtasuojakytöimille ei ole mahdollista nykyisessä keskuksessa. Kunnossapitotarkastuksen yhteydessä tehdyistä havainnoista johtuen suositeltiin muun muassa selvittämään nykyisen keskuksen ja ryhmittelyjen käytettävyyttä ja muutos- ja laajennusvaihtoehtoja sekä käyttöönottotarkastuksen uusimista kohteeseen.

Kohde O:

Asukkaalle oli toimitettu kohteesta osittaiset sähköpiirustukset ja sähköurakoitsija on luovuttanut asukkaille sähkölaitteiston käyttöönottopöytäkirjan. Piirustuksia puuttui esimerkiksi erillisen valaistuksenohjauskeskuksen osalta, josta ei löydetty minkäänlaista dokumentointia. Myöskään pääkeskuksen osalta ei päivitettyjä keskuskaavioita ollut olemassa. Toimenpide-ehdotuksena suositeltiin keskuksien päivitettyjen luovutuspiirustuksien hankkimista. Valaistuksenohjauskeskus oli myös asennuksen osalta epäsiisti ja keskuksessa oli irrallisia johtimia (kuva 22).



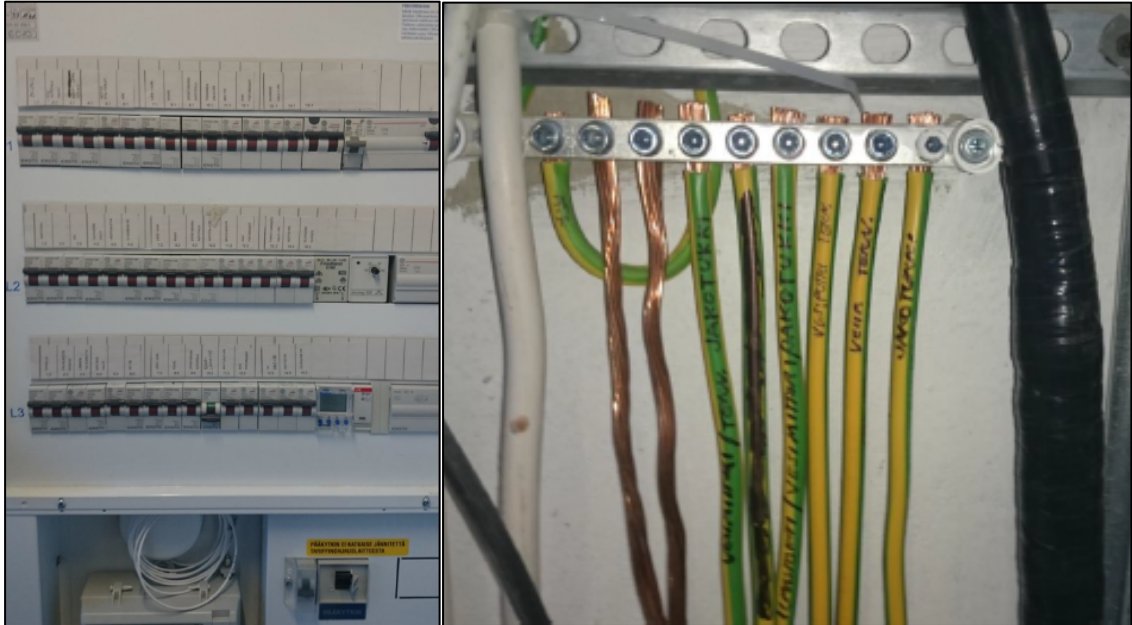
***Kuva 22.** Kohteen O erillinen valaistuksenohjauskeskus oli asennusten osalta epäsiisti ja keskuksessa oli irrallisia johtimia.*

Silmämääräisessä tarkastuksessa ja mittauksissa ei havaittu varsinaisia sähköturvallisuuden liittyviä puutteita. Asukkaiden mukaan sähkölaitteistojen toiminnassa ei myöskään ole ollut ongelmia. Teknisen tilan sähköasennukset olivat vielä keskeneräiset. Lisäksi teknisessä tilassa olevalta turvakytkimeltä lähtevä kaapeli oli irrallaan. Toimenpidesuosituksena annettiin ohjeistus teknisessä tilassa olevien kaapeleiden ja rasiointien paremmasta kiinnittämisestä ja irrallisen kaapelin suojauksesta vähintään jakorasiolla.

Rakennukseen on asennettu suuren suomalaisen toimijan kodinohjausjärjestelmä, jolla on mahdollisuus ohjata eri kuormia relelähtöjen avulla. Lisäksi järjestelmässä on mahdollisuus sähkönkulutuksen ja lämpötilan seurantaan. Suunnitteluvaiheessa tavoitteena on ollut, että järjestelmän kotona-poissa-toiminnolla voidaan ohjata sähköistä lattialämmitystä, joka on kohteen päälämmitysjärjestelmä. Kodinohjausjärjestelmän relelähtöihin ei kuitenkaan ole tällä hetkellä kytketty mitään, ja järjestelmällä pystytään tällä hetkellä ainoastaan seuraamaan kohteen sisälämpötilaa ja sähkönkulutusta. Mikäli huonekohtaisten termostaattien lämpötilanpudotustoiminto halutaan kytkeä kotona-poissa-toiminnon perään, tulisi termostaattien lämpötilanpudotuksille menevät johtimet kytkeä releyksikköön. Lisäksi, mikäli kodinohjausjärjestelmän toiminnallisuuksia haluttaisiin täysimääräisesti hyödyntää, tulisi selvittää, voidaanko rakennuksen kahta IV-konetta ohjata kyseisen järjestelmän kautta. Haasteena järjestelmän laajemmalle käyttöönotolle asettaa kuitenkin se, että laitteisto oli asuntomessujen aikaan prototyypitasolla, eikä se ikinä päätenyt markkinoille. Tuotetuen saanti järjestelmälle on siis hankalaa tai mahdollonta.

Kohde K:

Asukkaalle oli toimitettu kohteen sähköisen talotekniikan dokumentointi ja käyttöönottotarkastuspöytäkirja, joka oli kunnossa. Silmämääräisten tarkastusten ja mittausten perusteella sähköjärjestelmät ja niiden merkinnät olivat asiallisessa kunnossa ja keskuk- sen asennukset olivat siistit (kuva 23).



Kuva 23. Kohteen K keskuksen ja sähköasennuksien yleisasu oli siisti ja merkinnät olivat kunnossa. Vasemmalla kohteen pääkeskus ja oikealla päämaadoituskisko.

Dokumentointia tarkasteltaessa havaittiin, että keskuskaavio ei vastannut täysin todellisuutta. Lisäksi tasopiirustuksessa oli joitain merkitsemättömiä ryhmiä. Toimenpide ehdotuksena suositeltiin nykyisten sähködokumenttien päivittämistä vastaamaan toteutusta.

7.3.2 LVI-talotekniikan tila kohteissa

LVI-tekniikan osalta kunnossapitotarkastuksissa selvitettiin LVI-järjestelmien nykytila ja kirjattiin havaitut puutteet ja toimenpidesuosituksat. Ensisijaisena tarkastuskohteena olivat LVI-järjestelmien toteutusten suunnitelmien mukaisuuden tarkastelut, joiden lisäksi arvioitiin järjestelmien luotettavuutta ja käytettävyyttä. LVI-talotekniikan osalta kohteiden kunnossapitotarkastuksien havaintoja on esitelty kohteittain alla..

Kohde L:

Asukkaalle oli toimitettu järjestelmiin liittyvät suunnitelmat, mutta niihin ei ollut päivitetty rakentamisen aikaisia muutoksia. LVI-järjestelmien mittauspöytäkirjat puuttuivat kokonaan luovutusdokumenteista. Myös urakoitsijoiden toimittamissa laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeissa havaittiin puutteita. Toimenpidesuosituksena asukasta ohjeistettiin vaatimaan puuttuvat dokumentit urakoitsijalta.

Kohteen päälämmitysjärjestelmänä on ensimmäisen kerroksen pohjalaattaan asennettu ilmakiertoinen lattialämmitys. Järjestelmän lämmönlähteinä toimivat vaihtoehtoisesti joko kiertoilmataikka tai sähköinen lämmityspatteri. Järjestelmän toiminnasta on asukkaalle toimitettu hyvin niukasti dokumentaatiota. Asukkaan mukaan järjestelmän lämpötilan säädössä on alkuun ollut ongelmia, jotka ovat korjaantuneet lattialaattaan asennetun termostaatin lisäämisen myötä. Toisen kerroksen lämmittämiseen käytetään siirtoilmaa, tuloilmalämmitystä ja sähköistä lattialämmitystä (kosteat tilat). Näiden lisäksi kohteessa on porrashuoneeseen asennettu ilmalämpöpumppu. Nämä kaikki erilliset lämmitysjärjestelmät on varustettu omilla säätöjärjestelmillä, jotka eivät kommunikoi keskenään. Yksittäisten laitteiden asetusarvoja muuttamalla on haastavaa varmistua siitä, että lämmitysjärjestelmiä käytetään optimaalisesti.

Vesipisteiden osalta tarkastuksessa havaittiin virtaamien ylittävän selkeästi suunnitelmiin mukaiset arvot. Virtaamien suuruudella on suora vaikutus kiinteistön vedenkulutukseen. Tarkastelun perusteella kuviin on piirretty vakiopaineventtiili, mutta katselmuksen havaintojen perusteella sitä ei ole kohteeseen asennettu. Toimenpidesuosituksena annettiin ohjeistus lisätä käyttövesiverkostoon vakiopaineventtiili.

Käytettävyyden osalta todettiin, että taloon asennettua KNX-automaatiojärjestelmää ei hyödynnetty täysimääräisesti talotekniikan ohjauksessa, vaan järjestelmä oli käytössä pääasiassa valaistuksen ohjauksessa. Talon lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmillä oli omat erilliset säätö- ja ohjausjärjestelmät, joita ei ollut liitetty KNX-järjestelmään. Näistä syistä talotekniikkaa ei voida hyödyntää optimaalisesti tai optimaalisen energiatehokkaasti ja esim. ilmanvaihdon määrää ei nyt voida pienentää poissaolotilanteessa. Lisäksi tilojen lämmittäminen ja jäähdyttämien samanaikaisesti on nykyisellä järjestelmärakenteella mahdollista.

Kohde M:

Asukkaalle oli toimitettu järjestelmiin liittyvät suunnitelmat, mutta niihin ei ollut päivitetty rakentamisen aikaisia muutoksia. LVI-järjestelmien mittauspöytäkirjat löytyivät luovutusdokumenteista. Myös urakoitsijoiden toimittamat laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet löytyivät pääosin asukkaalta.

Tarkastuksessa havaittiin lämpimän käyttöveden lämpötilan olevan vaarallisen korkea, noin 80 °C kaukolämmön lämmönvaihtimen jälkeen. Rakennuksen valmistumisen jäl-

keen ongelmaa oli korjattu asentamalla omavoimainen säätöventtiili, jolla liian kuumaan käyttövedeen on sekoitettu kylmää vettä, jotta lämpötila laskisi turvalliselle tasolle. Ongelman juurisyitä ei kuitenkaan tällä korjaustoimenpiteellä ole poistettu. Vastava korjaustoimenpide oli tehty myös alueen muihin saman rakennuttajan samanlaisiin kohteisiin (8 kpl). Toimenpidesuosituksena annettiin ohjeistus vaatia rakennuttajalta tarkempi tutkimus juurisyyn selvittämiseksi ja oikeiden korjaustoimenpiteiden tekeminen ongelman ratkaisemiseksi. Myös jatkuvan korkean käyttölämpötilan vaikutus PEX-putkien elinkaareen ja muihin järjestelmän osiin on tarpeen selvittää. Nykyinen käyttöveden säätökytkentä lisää myös ainakin jollain tasolla kohteen järjestelmähäviöitä, joka kasvattaa asukkaiden kaukolämmön energiankulutusta vuodessa laskennallisesti noin 4 %. Järjestelmävaikutuksia ja häviöiden määrää on arvioitu tarkemmin liitteessä 1.

Päivitys 25.11.2015: Kunnossapitotarkastusten jälkeen keväällä 2015 lämpimään käyttövedeen liittyvä ongelma otettiin tarkempaan käsittelyyn, ja lopputulemana urakoitsija joutui vaihtamaan kaikkiin kahdeksaan urakoimaansa kohteeseen kaukolämmönvaihtinipaketit, sillä niiden säätöpiiri ei toiminut. Ensisijaisesti säätöpiirin toimimattomuus aiheutti turvallisuusriskin liian kuumen käyttöveden vuoksi, mutta myös energiaa arviointiin hukkuvan jonkin verran (liite 1). Syyt, jotka johtivat tapahtumaketjuun, olivat ensisijaisesti vialliset kaukolämmönvaihtimien säätöpiirit, tekemätön lämmönvaihtimien käyttöönottotarkastus ja sitä seurannut vääränlainen korjaustoimenpide.

Kohteen lämmönjakoratkaisuna on vesikiertoinen lattialämmitys. Asukkaan mukaan järjestelmä on toimiva, mutta huonelämpötilojen säädössä on ollut ongelmia. Ongelmana on ollut lattialämmityksen ja ilmanvaihdon asetusarvojen yhteensovittaminen varsinkin keväisin. Asukas uskoo kuitenkin nyt löytäneensä oikeat asetusarvot.

Ilmanvaihtokoneena kohteessa on poistoilmalämpöpumpulla varustettu laite. Koska laitteessa ei ole erillistä lämmityspatteria, koneen täytyy pudottaa kylmimpinä vuodenaikoina tuloilman määrää, jotta tuloilman lämpötila pysyy riittävän korkeana. Parannusehdotuksena asukkaalle annettiin ehdotus jälkilämmityspatterin lisäämisestä tuloilmakoneelle. Tämän avulla mahdollistettaisiin tuloilman lämpötilan pysyminen asetusarvossaan ilman tuloilman määrän pudottamista.

Kohteessa ei ollut lainkaan asennettuna taloteknisten järjestelmien yhteiskäyttöä mahdollistavaa kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Automaation avulla taloteknisten järjes-

telmien käytettävyyttä ja luotettavuutta voitaisiin parantaa. Tällä hetkellä esimerkiksi rakennuksen samanaikainen lämmittäminen ja jäähdyttäminen on mahdollista, mikäli asukas ei ole tarkkana järjestelmien asetusarvojen suhteen.

Kohde O:

Asukkaalle oli toimitettu järjestelmiin liittyvät suunnitelmat, mutta niihin ei ollut päivitetty rakentamisen aikaisia muutoksia. LVI-järjestelmien mittauspöytäkirjat puuttuivat kokonaan luovutusdokumenteista. Myös urakoitsijoiden toimittamissa laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeissa havaittiin puutteita. Toimenpidesuosituksena asukasta ohjeistettiin vaatimaan puuttuvat dokumentit urakoitsijalta

Tarkastuksessa tehdyissä ilmamäärämittauksissa havaittiin poikkeamia mitattujen ja suunniteltujen ilmavirtojen välillä. Toimenpidesuosituksena asukasta ohjeistettiin teettämään ilmanvaihtoverkoston mittaus ja tasapainotus sekä ilmanvaihtokoneen tehoasetuksien optimointi. Tehoasetuksien kohdalla ensisijainen tarve on hakea oikeat tehoarvot kotona-, poissa- ja tehostusasetuksille.

Ilmanvaihdon maapiirin kohdalla tarkastuksessa havaittiin, että maapiirin toteutuksesta puuttuu sen toiminnan kannalta olennaisia komponentteja. Tästä syystä maapiiriä ei voida nykyisellä kytkennällä käyttää ilmanvaihdon esilämmitykseen tai viilennykseen. Toimenpidesuosituksena asukasta ohjeistettiin pysäyttämään välittömästi keruupiirin pumppu ja päivittämään esilämmitys/viilennyspiirin kytkentä vastaamaan annetun esimerkkikuvan mukaista kytkentää ennen uutta käyttöönottoa.

Asukkaan mukaan kohteessa on ollut ongelmia lämpimän käyttöveden riittävyyden kanssa erityisesti poreammeen käytön yhteydessä. Tehtyjen laskelmien perusteella lämmintä käyttövettä jää varaajaan hyvin rajallisesti, varsinkin jos lämpötilakerrostuma varaajassa ei toimi ja kylmä vesi pääsee sekoittumaan varaajassa lämpimään veteen. Ongelmaa voidaan pienentää kohteessa olevan vesitakan käyttöönotolla. Takan lämmitys tehostaisi lämpimän käyttöveden tuottoa ja lyhentäisi osaltaan myös varaajan uudelleenlämmitykseen kuluvaa aikaa. Vesitakan käyttöönotto vähentäisi myös lämpimän käyttöveden valmistukseen tarvittavan sähköenergian kulutusta. Vesikiertotakkaa ei ole otettu käyttöön järjestelmästä puuttuneen lämpötila-anturin takia, jonka vuoksi toimenpide-ehdotuksena annettiin suositus saattaa vesikiertoisen takan asennukset loppuun.

Käytettävyyden osalta todettiin, että taloon asennettua kodinohjausjärjestelmää ei hyödynnetä täysimääräisesti talotekniikan ohjauksessa. Mikäli kodinohjausjärjestelmää halutaan hyödyntää kokonaisvaltaisemmin, tulee selvittää voidaanko järjestelmän kautta tulevaisuudessa ohjata esimerkiksi rakennuksen kahta IV-konetta.

Kohde K:

Asukkaalle oli toimitettu järjestelmiin liittyvät suunnitelmat, mutta niihin ei ollut päivitetty rakentamisen aikaisia muutoksia. LVI-järjestelmien mittauspöytäkirjat löytyivät luovutusdokumenteista ja muutenkin luovutusasiakirjojen tilanne oli hyvä.

Kohteen lämmitysmuotona toimii vesi-ilmalämpöpumppu ja lämmönjakotapana vesikiertoinen lattialämmitys. Asukkaan mukaan kohteessa on ollut ongelmia huoneilojen lämpötilojen säädössä. Tarkastelujen perusteella ongelma vaikuttaisi johtuneen siitä, että tiloja on yritetty ensisijaisesti lämmittää ilmanvaihdolla lattialämmityksen sijaan. Jatkossa lattialämmitystä tulisi käyttää päälämmitysjärjestelmänä tasaisten lämpöolojen takaamiseksi. Toimenpidesuosituksena asukasta ohjeistettiin tarkistuttamaan lattialämmitysjärjestelmän virtaamien tasapainotus, jotta voidaan varmistua siitä, ettei lämpötilojen säätöyritysten yhteydessä ole muutettu lattialämmityksen suunniteltuja virtaamia. Lisäksi lämpöpumpun ja lattialämmityksen säädöstä tulisi urakoitsijalta vaatia käyttöohjeet.

Tarkastuksen yhteydessä kohteessa havaittiin kaksi asennuspaikkaansa soveltumatonta ilmanvaihdon päätelaitetta. Ne tulisi korvata seinäasennukseen soveltuvilla suunnitelman mukaisilla päätelaitteilla. Ilmamäärien pistokokein toteutetuissa mittauksissa havaittiin myös suuria poikkeamia suunniteltujen ja mitattujen ilmavirtojen välillä. Luovutusdokumenttien mittauspöytäkirjassa mitatut ja suunnitellut ilmamäärät kuitenkin vastasivat kaikissa tiloissa täsmällisesti toisiaan. Toimenpidesuosituksena asukasta ohjeistettiin ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotuksen ja mittauksien teettämiseen. Samalla tuloilmakoneelle olisi hyvä teettää toimintakokeet. Näin toimimalla varmistuttaisiin, ettei ilmanvaihtokonetta käytetä tarpeettoman suurella teholla.

Kohteessa ei ollut lainkaan asennettuna järjestelmien yhteiskäyttöä mahdollistavaa kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Automaation avulla taloteknisten järjestelmien käytettävyyttä ja luotettavuutta voitaisiin parantaa. Tällä hetkellä esimerkiksi rakennuksen sa-

manaikainen lämmittäminen ja jäähdyttäminen on mahdollista, mikäli asukas ei ole tarkkana järjestelmien asetusarvojen suhteen.

8 Johtopäätökset

Vuosien 2012 - 2015 välillä toteutettu Vuoreksen olosuhde- ja energiaseurantahanke eteni alkuhaasteiden jälkeen suunnitellusti ja hankkeen aikana saatiin paljon uutta ja arvokasta tietoa modernien, energiatehokkaiden pientalojen energiankulutuksesta, toiminnasta ja käytettävyydestä. Vaikka viidentoista kohteen otos ei ole kovin suuri, antavat tulokset ja havainnot suuntaa sille, miten modernit pientalot Suomessa toimivat ja kuluttavat energiaa. Lisäksi kunnossapitotarkastuksien ja haastattelujen perusteella voidaan tehdä joitain johtopäätöksiä taloteknisten järjestelmien toimivuudesta, käytettävyydestä ja dokumentoinnin tasosta.

Energiankulutus kohteissa vaihtelee laskennalliseen kulutukseen verrattuna molempiin suuntiin. Merkittävimmät erot laskennallisen ja todellisen energiankulutuksen välillä aiheutuvat kulutuskäyrien perusteella käyttäjätottumuksista - siitäkin huolimatta, etteivät isossa osassa kohteita järjestelmät edelleenkaan toimi optimaalisesti.

Kunnossapitotarkastusten ja muiden kohdekäyntien sekä selvitysten perusteella voidaan todeta, että taloteknisten järjestelmien asennuksissa ja dokumentoinnissa on lähes joka kohteessa jonkintasoisia puutteita tai asennukset ovat osittain kesken. Lisäksi käyttöönottotarkastuksia oli laiminlyöty osassa järjestelmiä. Havainnoista on tämän hankkeen yhteydessä raportoitu asukkaille, ja erilaisia toimenpidesuosituksia on annettu järjestelmien ja dokumentointien kuntoon saattamiseksi.

Yhteenvedona voitaisiin todeta, että kohteet toimivat melko hyvin ja asukkaat ovat niihin pääosin tyytyväisiä. Monessa kohteessa asukkaiden on kuitenkin pitänyt opetella järjestelmien käyttö ja säätö kantapään kautta, eivätkä urakoitsijat ja järjestelmätoimittajat ole halunneet ottaa heille kuuluvaa vastuuta järjestelmien toiminnasta. Järjestelmien huoltoa ja käyttöä on monessa kohteessa hankaloittanut taloteknisten dokumenttien puutteellisuus ja käyttö- ja huolto-ohjeistuksien puuttuminen. Isossa osassa kohteita asukkaat myös edelleen epäilevät järjestelmien nykyisten säätöjen ja asetusarvojen oikeellisuutta optimaalisten olosuhteiden ja energiatehokkuuden kannalta. Yksi suuri haaste kohteiden toiminnalle on myös se, että eri järjestelmiä ei ole integroitu toimiin keskenään, vaan järjestelmät on asennettu kohteisiin ilman sen parempaa kokonaisuuden suunnittelua.

Pääsyy hankkeen kohteissa ilmenneisiin ongelmiin löytyy perinteisestä suunnittelu- ja toteutusprosessista, joka ei enää nykyaikaisten pientalojen kohdalla ole toimiva. Lisäksi vaikuttaa siltä, että alalla ei tällä hetkellä yleisesti vallitse riittävä ammattitaito omaa tekemistä kohtaan. Moderneja ja energiatehokkaita pientaloja, joissa talotekniikkaa on merkittävässä roolissa, ei saada enää toimiviksi perinteisen suunnittelu- ja toteutusprosessin avulla.

Tämän hankkeen jatkohankkeena käynnistyi syksyllä 2015 nZEB-pientalohanke, joka pureutuu tulevaisuuden energiatehokkaiden pientalojen suunnittelu- ja toteutusprosessin kehittämiseen. Mukana hankkeessa on hankkeen tutkijaosapuolten lisäksi Vuoreksen tulevia pientalorakentajia, suunnittelijoita ja urakoitsijoita. Päävastuu hankkeesta on Tampereen ammattikorkeakoululla. Lisäksi tämän loppuraportin ja muiden hankkeen aikana tehtyjen dokumenttien perusteella tullaan laatimaan loppuvuodesta 2015 erillinen selvitys, johon kirjataan ratkaisuehdotuksia ja muita ohjeistuksia, joilla hankkeen yhteydessä ilmenneisiin ongelmiin voitaisiin puuttua nykyisissä kohteissa ja joilla ongelmilta voitaisiin tulevissa pientalohankkeissa välttyä.

LIITTEET

LIITE 1: Selvitys käyttöveden lämmityksen säätövian aiheuttamasta energiankulutuksesta kohteessa M

KOHDE M: SELVITYS KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYKSEN SÄÄTÖVIAN AIHEUTTAMASTA ENERGIANKULUTUKSESTA. JUVELA, J-P. 21.5.2015.

TAMK:n neljännen vuosikurssin talotekniikan opiskelijat tekivät keväällä 2015 LVIA-kunnossapitotarkastuksia Vuoreksen asuntomessualueen valikoituihin kohteisiin. Kunnossapitotarkastukset liittyivät kurssiin ”TT-4103-3003 Käyttö ja kunnossapito, korjausrakentaminen”. Hankkeen kohde M kuului tarkastusten piiriin.

YLEISTÄ

Kohteessa lämmöntuottomuotona on kaukolämpö. Tehtyjen katselmusten perusteella havaittiin, että käyttövesipiirissä oli jälkiasenteinen omatoiminen sekoitusventtiili, joka sekoittaa käyttövesisiirtimen jälkeen siirtimeltä tulevaa lämmitettyä vettä ja kylmää käyttövettä. Kytkeä ei ole tavallinen kaukolämpökohteessa, koska normaalisti lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö tehdään kaukolämpöpiirissä olevalla säätöventtiilillä, joka tässäkin kohteessa on.

Tarkemman haastattelun ja mittaustulosten perusteella saatiin selville, että omavoimainen venttiili on asennettu, koska lämpimän käyttöveden lämpötila oli noussut huomattavasti yli turvallisen arvon 65 °C. Kohdekäynnin yhteydessä saatiin järjestelmästä mitattua seuraavat arvot:

Ulkolämpötila =	2 °C
Kaukolämpö, ensiöpuoli (meno/paluu) =	85/64 °C
Lattialämmitys (meno/paluu) =	31/27 °C
Lämmin käyttövesi siirtimen jälkeen =	81 °C

Kaukolämmön paluulämpötila on mitattu kohdassa, jossa käyttöveden ja lämmityksen paluuedet ovat sekoittuneet. Lämmin käyttövesi on mitattu ennen sekoitusventtiiliä. Jälkiasennetulla sekoitusventtiilillä on saatu veden lämpötila laskemaan käyttäjälle turvallisiin arvoihin. Tosin tämäkin tapahtuu vain silloin, kun vettä juoksetaan. Hanojen ollessa kiinni toimii lämmin käyttövesiverkosto suljettuna kiertopiirinä, eikä omatoiminen venttiili pysty tällöin säätämään veden lämpötilaa jolloin piirin lämpötila nousee.

Kunnossapitotarkastuksen puitteissa alkuperäinen syy veden liialliseen lämpenemiseen ei selvinnyt. Sekoitusventtiilin asennus ei ole korjannut alkuperäistä vikaa, vaan se ainoastaan jollain tasolla puuttuu oireeseen.

ENERGIANKULUTUS

Tässä raportissa arvioidaan tarkastuksessa huomattun käyttövesipiirin yllilämpenemisen vaikutusta kokonaisenergiankulutukseen. Kohteen lämpöenergian kulutus on korkeampi, kuin alueen muiden rakennusten.

Lämpimän käyttöveden liika lämpeneminen vaikuttaa pääasiassa käyttövesipiirin järjestelmähäviöihin. Kun putket ja siirtimet ovat normaalia lämpimämpiä, siirtyy niistä ympäristöön enemmän lämpövirtaa kuin on tarkoitettu. Ilman pitkäaikaista seurantamittausta ei voida tarkkoja energiamääriä kuitenkaan laskea. Seuraavassa on arvioitu suuruusluokkaa ylimääräisestä energiankulutuksesta.

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan laskettuna kohteen lämpimän käyttöveden valmistuksen synnyttämät järjestelmähäviöt ovat normaaleilla käyttöveden lämpötiloilla (58-55 °C) noin 1050 kWh / vuosi. Yllilämpeneminen nostaa johtumishäviöitä noin 60 %, jolloin järjestelmähäviöiksi muodostuu noin 1680 kWh / vuosi. Tällöin nykyisestä kytkennästä ylimääräistä energiankulutusta aiheutuu laskennallisesti noin 700 kWh / vuosi. Suora vaikutus lämmitysenergian kasvuun vuodessa on siis esimerkiksi vuonna 2013 noin 4 % (esimerkiksi vuonna 2013 kaukolämmön kokonaisenergiankulutus kohteessa oli noin 19 366 kWh). On kuitenkin huomioitava, että osa häviöistä tulee vielä hyödyksi tilojen lämmittämiseen, jolloin lämmityksen säätöjärjestelmä kompensoi häviöt hyödyksi. Häviöihin vaikuttaa myös putkien ja laitteiden eristys sekä niiden sijoitus.

LOPPUPÄÄTELMÄ

Käyttöveden yllilämpeneminen on käyttäjälle ensisijaisesti turvallisuusriski ja se lyhentää käyttövesijärjestelmän teknistä käyttöikää. Kohteen suuri energiakulutus ei kuitenkaan yksin selity käyttöveden säätöjärjestelmän toimintahäiriöillä.

LÄHTEET

Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet K1/2013. Energiateollisuus Oy
Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D1
Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D5

LIITE 2: Kohteiden U-arvot

Osassa kohteita laskentapinta-alojen esitys epäselvää, joten niitä ei ole esitetty U-arvojen yhteydessä.						
Kohdetunnus	Ulkoseinät U-arvo / W/m ² K	Yläpohja U-arvo / W/m ² K	Alapohja, U-arvo / W/m ² K	Ovet U-arvo / W/m ² K	Ikkunat Suunta	Ikkunat U-arvo / W/m ² K
A	0,11	0,07 (78 % alasta) 0,06 (22 % alasta)	0,09	0,7	Pohjoinen	0,76
					Itä	0,76
B	0,13	0,08	0,16	0,9	Pohjoinen	0,74
					Itä	0,74
					Etelä	0,74
					Länsi	
C	0,16	0,08	0,12	1	Pohjoinen	1
					Itä	1
					Etelä	1
					Länsi	1
D	0,21	0,09	0,15 (72 % alasta) 0,21 (28 % alasta)	1	Pohjoinen	0,88
					Itä	0,88
					Etelä	0,88
					Länsi	0,88
E	0,11	0,07	0,15	0,76	Pohjoinen	0,75
					Itä	
					Etelä	
					Länsi	
F	0,11	0,06	0,12	1	Koillinen	0,74
					Kaakko	0,74
					Lounas	0,74
					Luode	0,74
G	0,1	0,07	0,09	0,74	Pohjoinen	0,77
					Itä	0,77
					Etelä	0,77
					Länsi	0,77
H	0,17	0,08	0,15	0,7	Koillinen	0,76
					Kaakko	0,76
					Lounas	0,76
					Luode	0,76
I	0,21	0,09	0,15 (72 % alasta) 0,21 (28 % alasta)	1	Koillinen	0,88
					Kaakko	0,88
					Lounas	0,88
					Luode	0,88
J	0,1	0,07	0,09	0,53	Pohjoinen	0,74
					Itä	0,74
					Etelä	0,84
					Länsi	0,74
K	0,1	0,08	0,1	0,68	Pohjoinen	0,77
					Itä	0,77
					Etelä	0,77
					Länsi	0,77
L	0,09	0,08	0,08	0,9	Pohjoinen	0,8
					Itä	0,8
					Etelä	
					Länsi	0,8
M	0,21	0,09	0,15 (72 % alasta) 0,21 (28 % alasta)	1	Pohjoinen	0,88
					Itä	0,88
					Etelä	0,88
					Länsi	0,88
N	0,17	0,09	0,15	0,8	Koillinen	0,96
					Kaakko	0,85
					Lounas	0,85
					Luode	0,85
O	0,11	0,09	0,09	0,79	Pohjoinen	0,76
					Itä	0,76
					Etelä	0,76
					Länsi	0,76

LIITE 3: IDA-ICE-mallinnuksien lähtöarvot

	LTO hyötysuhd.	tiivuus, q50	vedenkäyttö [l/d,hiö]	Lämpöpumpun COP	valaistus + käyttöaika	henkilökuormat + aika	laittekuorma + aika
kohde K	84	0,29	45	2	RakMK D3	RakMK D3	RakMK D3
Kohde N	74	0,6	61	2,3	RakMK D3	RakMK D3	RakMK D3
Kohde M	74	2	35	-	RakMK D3	RakMK D3	RakMK D3
Kohde M, vertailu	74	0,7	35	-	RakMK D3	RakMK D3	RakMK D3