

Touko Mäkelä

ENERGIATEHOKKUUSTUTKIMUS KOHTEESSA

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2017

ENERGIATEHOKKUUSTUTKIMUS KOHTEESSA

Mäkelä, Touko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2017
Sivumäärä: 25
Liitteitä: 0

Asiasanat: energiatehokkuus, energiansäästö, tutkimus

Energiatehokkuus on tärkeä asia energiakulujen minimoimiseksi. Lisäksi energiatehokkuuden parantamiselle on myös ekologiset perusteet, jotta energian jättämä hiilijalanjälki olisi mahdollisimman pieni. Opinnäytetyön tärkeimmät lähtötiedot olivat kiinteistöjen kulutustietojen erot. Tarkoitus oli selvittää, miksi kahdessa samanlaisessa kiinteistössä kuluu täysin eri määrä energiaa.

Tutkimuksessa todettiin, että pieniltä vaikuttavat yksityiskohdat voivatkin olla energiatehokkuuden kannalta massiivisen suuria. Opinnäytetyö aloitettiin tekemällä tutustumiskäynnit molempiin kohteisiin. Vierailuilla tehtiin virtamittaukset keskusten jokaiseen ryhmään, tavoitteena kohdentaa mihin energiaa kuluu. Lisäksi paikan päällä etsittiin mahdollisia eroja kiinteistöjen energiatehokkuudessa ja haastateltiin paikan päällä työskentelevää henkilöstöä. Jo ennen vierailuja arveltiin, että lämmitys saattaisi olla syynä suuriin eroihin energiankulutuksessa.

Minulle toimitettiin toimeksiantajan toimesta kiinteistöjen energiankulutustiedot vuoden 2016 alusta lähtien. Tiedoissa oli tuntikohtainen erittely, joten siitä oli mahdollista selvittää, minkälaiseen aikaan energiankulutus painottuu. Hyvin helposti huomattiin, että energiankulutus painottuu yöaikaan, jolloin kiinteistöjen lämmitykset kytkeytyvät päälle. Lavian kiinteistössä kulutettiin huomattavasti enemmän energiaa. Mitä korkeampi ulkolämpötila oli, sitä isompi suhteellinen energiankulutusero oli. Jo tästä tiedosta pääteltiin, että Lavian kiinteistössä lämmitykseen kuluu ylimääräistä hukkaenergiaa. Lämmitys teki hukkakuormaa ympäri vuoden, joten sen ohjauksessa tai termostaateissa uskottiin olevan vikaa. Myöhemmin huomattiin, että Lavialla tulee säännöllisesti kuormaa, joka ei liity yösähköön. Lavian pääkeskuksen tutkimisen jälkeen ei löydetty mitään syytä, joka aiheuttaisi edellä mainitun kuorman. Tutkimuksessa todettiin pääkeskuksen vaativan huolellisen selvityksen, jotta selviää miksi lämmityksen ohjaus ei toimi toivotulla tavalla.

Työssä käsiteltiin myös energiatehokkuutta käsitteenä ja mietittiin muita keinoja parantaa energiatehokkuutta. Toimeksiantaja oli allekirjoittanut energiatehokkuussopimuksen, joka velvoitti heidät etsimään keinoja energiansäästöön ja yrityksen energiatehokkuuden parantamiseen. Suurin yksittäinen energiansäästökeino lämmityksen hostamisen lisäksi oli valaistuksen uusiminen.

Mikäli Lavian energiankulutus laskisi samalle tasolle Karvian kanssa, saataisiin aikaan 63% säästö. Tämä olisi huima säästö ja kyseisten rakennusten osalta energiatehokkuussopimuksen ehdot täyttyisivät helposti.

ENERGY EFFICIENCY RESEARCH IN REAL ESTATES

Mäkelä, Touko

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical and automation engineering

November 2017

Number of pages: 25

Appendices: 0

Keywords: energy efficiency, energy saving, research

Energy efficiency is important part of minimizing energy costs. There is also ecological reasons to make energy efficiency better so carbon emissions would be lower. The most important data at the beginning of research were energy consumption data of real estates. Goal of the research was to find out why two similar buildings consumes different amount of energy.

The research found that small looking details could be massive for energy efficiency. Thesis was started by visiting in both buildings. During these visits were made current measurements on every group to find out which groups consumes energy. In addition, on the spot were searched possible differences in energy efficiency between real estates and on site personnel were interviewed. Before visits was already thought that heating could cause major differences in energy consumption.

I was delivered energy consumption data of real estates since 2016 by employer. Data was hourly so it was possible to clarify at what time energy has consumed. It was found easily that energy consumption is highest at the night-time when heating goes on. In Lavia building was consumed much more energy. At higher outdoor temperature there was bigger difference on energy consumption. By this information were thought that Lavia real estate consumes waste energy for heating. Heating caused waste energy during whole year so it was believed that there was problem in control of heating. Later it was mentioned that there was cyclic load of power which is not in touch with off-peak electricity. Switchboard of Lavia building was checked and no errors found. In the research was diagnosed that switchboard needs complete checking why control of heating is not working normally.

In the thesis was dealt energy efficiency in general. Also ways to upgrade energy efficiency were thought. Employer had signed energy efficiency agreement. Agreement was obliged them to find ways to upgrade energy efficiency. The biggest way to save energy is to make heating more efficient. Second best way is to invest on modern lightning.

If energy consumption of Lavia real estate would go as low as in Karvia there will be 63% energy saving. This improvement would be massive and terms of energy efficiency agreement will fulfill easily.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ENERGIATEHOKKUUS	5
2.1	Energiatehokkuus käsitteenä.....	5
2.2	Energiatehokkuussopimus	8
3	TUTKIMUKSET KOHTEESSA	9
3.1	Mittaukset	9
3.2	Lämpökuvaus.....	12
3.3	Käyttjähaastattelut.....	14
4	SÄHKÖENERGIAN ETÄLUENTA	15
4.1	Kulutuskäyrät	15
4.1.1	Vuosikulutus	15
4.1.2	Vuorokausikulutus.....	17
4.2	Kohteiden sähkönjakelu.....	20
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	21
5.1	Energiankulutuksen erot	21
5.2	Parannusehdotukset Lavialle	21
5.3	Parannusehdotukset Karviaan.....	23
5.4	Opinnäytetyön onnistumisen arviointi.....	23
	LÄHTEET.....	25

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilasi Vatajankosken sähkö Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kahta yrityksen kiinteistöä ja vertailla niiden sähkönkulutuksia. Kiinteistöt oli rakennettu identtisiä suunnitelmia käyttäen. Toinen tutkittavista kiinteistöistä sijaitsee Lavialla ja toinen Karvialla. Lavialla sijaitsevassa kiinteistössä sähkönkulutus oli ollut merkittävästi isompi. Kiinteistöjen käyttötarkoitus on toimia yhtiön sivutoimipisteinä. Molemmassa kiinteistöissä työskenteli muutaman työntekijän suuruinen asennusryhmä. Lisäksi Lavialla sijaitsevassa toimipisteessä työskenteli yksi suunnittelija.

Opinnäytetyö tehtiin osana Vatajankosken sähkö Oy:n allekirjoittamaa energiatehokkuussopimusta, jossa heidät veloitettiin tutkimaan mahdollisia energiansäästökohteita. Työ aloitettiin käymällä fyysisesti kohteissa ja tekemällä tarvittavat mittaukset energiankulutuksen selvittämiseksi. Samoilla käynneillä tehtiin myös yleisiä havaintoja ja lämpökuvauksia kiinteistöjen kunnosta energiatehokkuuden kannalta. Tutkimukset oli tarkoitus suorittaa näillä käynneillä, mutta tarvittaessa kohteisiin tehtäisiin uusia vierailuja.

Työn tarkoitus oli käsitellä energiatehokkuutta käsitteenä ja miettiä sitä energiatehokkuussopimuksen kannalta. Tärkein motiivi työlle kuitenkin oli Lavialla sijaitsevan kiinteistön energiankulutuksen syiden selvittäminen ja mahdollisten energiasäästökohteiden miettiminen.

2 ENERGIATEHOKKUUS

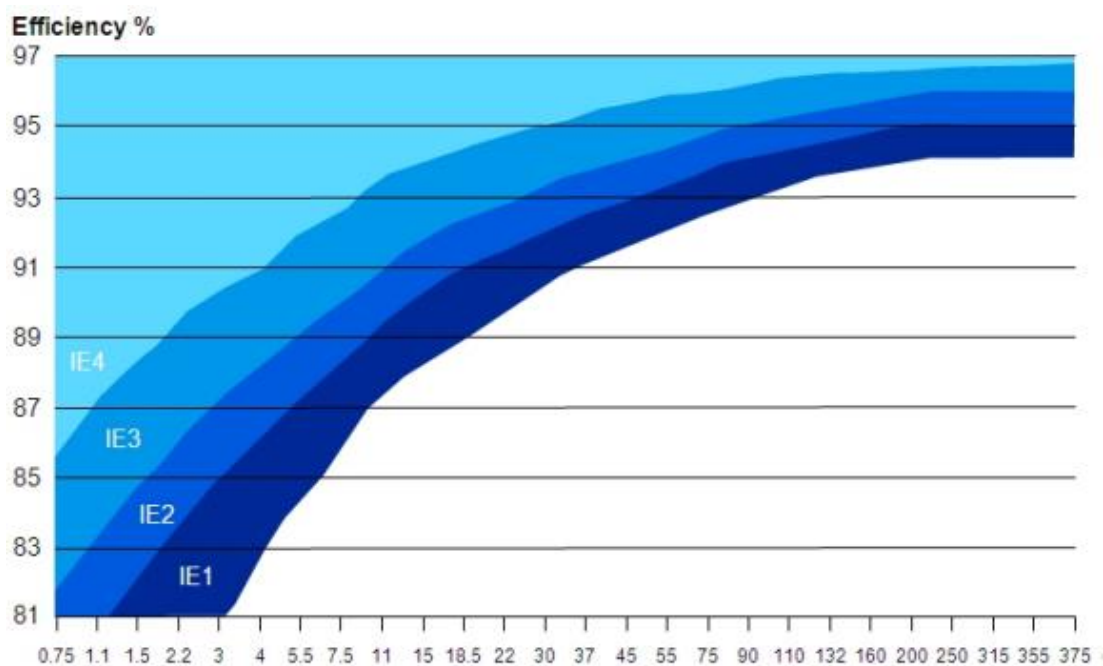
2.1 Energiatehokkuus käsitteenä

”Energiatehokkuus tarkoittaa energian tehokasta käyttöä ja kasvihuonepäästöjen vähentämistä kustannustehokkaalla tavalla. Energiavirasto vastaa energiatehokkuuden edistämisestä, kuten energiatehokkuussopimuksista, energiakatselmuksista, kuluttajien energianeuvonnasta ja viestinnästä sekä tuotteiden ekologisesta suunnittelusta ja

energiamerkinnoistä. Energiavirasto seuraa, arvioi kansallisia energiatehokkuustoimia sekä raportoi niistä” (Energiaviraston www-sivut 2017.)

Helpoin keino energiatehokkuuden parantamiseen on vähentää turhan energian kulu-
tusta. Yksi suurimmista energiankulutuksen kohteista on lämmitys. Siksi on tärkeää
varmistaa, ettei lämpö häviä mihinkään, mihin sen ei ole tarkoitus hävitä. Myös kaikki
turha lämmittäminen on viisasta minimoida. Huonoimmassa tapauksessa kiinteistöissä
saattaa samaan aikaan kulua energiaa sekä lämmittämiseen, että viilentämiseen. Uu-
siutuvan energian käyttö on osa energiatehokkuussopimusta ja siksi suositeltavaa. Sen
piiriin kuuluvat muun muassa aurinko-, vesi-, ja tuulienergia. Uusiutuvilla energioilla
tuotettu sähkö voidaan myös ajatella lähes ilmaiseksi ja päästöttömäksi, sillä alkupää-
oman ja elinkaaren loppumisen välisenä aikana, siitä ei pitäisi tulla kuluja tai päästöjä.

Pienjännitteisiä (<1000V) oikosulkumoottoreja varten on EU:n alueella kehitetty oma
energiatehokkuusluokitus. Luokitus perustuu standardiin 60034-2-1:2007 ja se koskee
usia 2-, 4- ja 6-napaisia 0,75-375kW moottoreita. IE-luokka (International Effi-
ciency) jakaa moottorit neljään eri hyötysuhdeluokkaan; IE1, IE2, IE3, IE4. Kuvassa
1 esitettyä hyötysuhdeluokkien tehokkuus eri teholuokissa. Hyötysuhdeluokista IE3
on tullut pakolliseksi uusille moottoreille 1.1.2017 alkaen (Kinnunen 2014, 2.)



Kuva 1. Oikosulkumoottoreiden IE-hyötysuhdeluokat (Kinnunen 2014, 10).

Moottorikäytöissä käynnistysvirta on yleensä suurin kuormitus. Käynnistysvirran pienentämiseen on erilaisiakeinoja, joita hyödyntämällä voi säästää energiaa. Moottorissa voi käyttää niin sanottua tähti-kolmiokytkentää. Siinä moottori käynnistetään vaihejohtinten ollessa kytkettyinä yhteen, tähtipisteeseen, johon on kytketty nollajohdin. Tästä johtuen yhden vaiheen resistanssi on suurempi, eli virrantarve on pienempi. Kun moottori on saavuttanut nimellisnopeutensa, voidaan vaiheet kytkeä kolmioon kytkimen avulla. Kolmiokytkennässä vaihejohtimet kytketään kukin omaan staattoriinsa, jolloin moottori saavuttaa nimellistehonsa huomattavasti pienemmällä virralla. Kuitenkin huomattavasti nykyaikaisempi tapa säätää moottorin käynnistämistä ja käyttöä on kytkeä moottoriin taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttaja säätää moottorin vääntömomenttia sekä pyörimisnopeutta nimensä mukaisesti taajuutta ja jännitettä muuttamalla. Taajuusmuuttajan suurin etu energiansäästön lisäksi on portaaton pyörimisnopeuden säätö. Taajuusmuuttaja soveltuu kaikkein parhaiten korvaamaan moottoriin kytketyn kuristimen (Nopeussäädettyjen käyttöjen opas 2001.)

Euroopan Unionin alueella on käytössä energiamerkki kotikäyttöisiin sähkölaitteisiin. Energiamerkki helpottaa kuluttajan vertailua tuotteiden energiatehokkuudesta ja ekologisuudesta. Yleisin asteikko energiankulutukseen on A-G, jossa A-luokan saavat energiatehokkaimmat tuotteet. Usein energiatehokkaimmat sähkölaitteet ovat myös kestävyydeltään parhaimpia, sillä niissä ei kulu ylimääräistä hukkaenergiaa. Ylimääräinen energia synnyttää lämpöenergiaa, joka saattaa vaurioittaa sähkölaitteita ja lyhentää niiden elinkaarta (Energiamerkintäasetus (EU) 2017/1369.)

Myös valaisimissa on käytössä energiamerkki ja valaistus onkin yksi suurimmista ja energiatehokkuudeltaan vaihtelevimmista energiankulutuksen synnyttäjästä. Erityyppisissä valaisimissa on todella suuria eroja niiden energiatehokkuudessa. Valaisimien energiatehokkuutta mitataan valotehokkuudella (lm/W). Lisäksi valaisimien käyttöikä on osa energiamerkintää. Energiansäästölamput ja LED-lamput kuuluvat energialuokkaan A, osa LED-lampuista jopa luokkaan A+. Myös nykyaikaisilla T5-loisteputkivalaisimilla on hyvä valotehokkuus, mutta ne eivät sovellu jokaiseen käyttökohteeseen. Sen sijaan halogeenilamput ja hehkulamput ovat hiljalleen poistumassa markkinoilta, johtuen niiden huonosta energiatehokkuudesta ja muita valaisintyyppejä lyhyemmästä elinkaaresta (Lampputiedon www-sivut 2017). Luonnollisesti helpoin keino pienentää valaistukseen kuluvaa energiaa on välttää turhaa valojen käyttöä, joka onnistuu

sammuttamalla valot, kun niitä ei tarvita. Tähän tarkoitukseen on myös olemassa lukuisia apuvälineitä, joista yleisimpiä ovat kellokytkimet ja hämäräkytkimet. Niiden avulla valo ei tarvitse pitää päällä turhaan ja ne voidaan kytkeä päälle silloin, kun havaitaan tilassa olevan toimintaa tai halutaan valaistus päälle muusta syystä. Havaitsemiseen tarkoitettuja komponentteja on nykyisin paljon erilaisia ja niiden älykkyys lisääntyy koko ajan.

Sähköisten komponenttien älykkyys tarkoittaa sitä, että ne kykenevät lähettämään ja vastaanottamaan tietoa, sekä toimimaan määräävän laitteen käskyjen mukaisesti. Kiinteistöautomaatiojärjestelmiä on monia erilaisia, mutta lähes kaikki niitä yhdistää kommunikoiminen havaitsevien kenttälaitteiden ja tietoa käsittelevän keskusyksikön välillä. Siten järjestelmä osaa toimia eri tilanteissa, kun esimerkiksi lämmityksen, ilmanvaihdon tai valaistuksen tarve muuttuu. Kiinteistöautomaatiolla on siis mukavuustoimintojen lisäksi mahdollisuus vähentää energiankulutusta.

2.2 Energiatehokkuussopimus

Vatajankosken Sähkö Oy on sitoutunut noudattamaan energiateollisuuden yritysten Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimusta. Sopimuksesta ja yrityksen velvoitteista kertoi toimeksiantajan yhteyshenkilö Aki Ojala. (henkilökohtainen tiedonanto 13.3.2017). Energiateollisuuden sopimuksen piiriin kuuluvat kaukolämpöä ja -jäähdytystä asiakkailleen toimittavat sekä sähköä myyvät ja siirtävät yritykset. Sopimuskausi kestää 2017-2025 välisen ajan. Se tarkoituksena on mahdollistaa taloudellisesti kilpailukykyiset ja kehittyvät palvelut (Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimus, Energiaviraston www-sivut 2016.)

Sopimuksen allekirjoittaneiden yritysten tavoitteena on yritysten sisäisen energiankäytön tehostaminen ja yhdessä heidän asiakkaittensa kanssa, kuluttajien energiatehokkuuden parantaminen. Tässä opinnäytetyössä keskitytään yrityksen sisäisen energiatehokkuuden parantamiseen, erityisesti sähkön tehokkaaseen käyttöön. Yritys arvioi itse tavoitteensa energiansäästöön energiamääränä (MWh). Yritys asettaa tavoitteen sopimuksen loppuun vuodelle 2025 ja välitavoitteen vuodelle 2020. Koko toimialakohtai-

sen tavoitteen saavuttamiseksi, kunkin yrityksen tehostamistavoitteen tulisi olla vähintään 6%. Tehostamistavoite asetetaan yrityksen sopimuksen allekirjoittamisvuoden energiatiedoista. Energiankulutuksen ei välttämättä ole vähennyttävä, sillä yrityksen investoidessa, energiantarve saattaa olla suurempi kuin lähtötilanteessa. Energiatehokkuussopimuksen ehdot on määritelty energiapalveluiden toimenpideohjelmassa.

3 TUTKIMUKSET KOHTEESSA

3.1 Mittaukset

Kohteiden energiatehokkuutta tutkiessa haluttiin tehdä mittaukset energiakulutuksesta kohteissa paikan päällä, jotta olisi mahdollista päätellä, mihin energiaa kuluu. Haasteena toimenpiteessä oli se, että vaikka sähkösuunnitelmat olivat samat, oli pääkeskukset kuitenkin hankittu eri aikoihin ja ne olivat kokoonpanoltaan hieman erilaiset. Lisäksi myöhemmin lisättyjen ryhmien käyttökohteet tuli selvittää. Keskuksien kanssa oli kuitenkin nimikoitu lähes jokainen ryhmä jollain tavalla. Ainoastaan Karvian pääkeskuksessa oli yksi merkkaamaton kolmivaihe-ryhmä, jonka käyttökohde ei selvinnyt.

Kulutusmittaukset tehtiin paikan päällä kohteissa peräkkäisiä päivinä, jolloin lämpötila olisi oletettavasti hyvin samanlainen. Lavian kohteessa vierailin 20.2.2017 ja Karvian kohteessa 21.2.2017. Lämpötila olikin molempina päivinä noin nolla astetta. Mittaukset tehtiin aamupäivän aikana, kesken työpäivän. Kummankin toimipisteen asentajat olivat poissa tukikohdasta. Molemmissa kohteissa oli mittausten aikana kuormana valaistus, sekä Lavialla työskenteli suunnittelija, jonka tietokone ja näyttö kuormittivat keskusta. Sähkönkäytön olosuhteet olivat siis varsin tavalliset työpäivän aikaiset.

Kiinteistöissä oli ainoastaan yksi keskus, josta mittaukset tehtiin käyttämällä pihtivirtamittaria. Pihtivirtamittari soveltuu keskuksessa tehtäviin mittauksiin parhaiten, koska se mahdollistaa mittauksen keskuksen sisäisiä liitoksia irrottamatta. Tämä no-

peuttaa itse työtä huomattavasti, eikä työstä aiheudu jännitekatkoksia. Mittaukset aloitettiin mittaamalla päävarokkeiden virrat. Seuraavaksi mitattiin jokaisen johdonsuoja-automaatin läpi kulkeva virta, jotta kuorman aiheuttaja olisi mahdollista selvittää.

Lavian keskuksen pääsulakkeiden vaihevirrat olivat:

L1: 6,9 A

L2: 2,9 A

L3: 7,7 A

Kun vaihevirta kerrotaan vaihejännitteellä, saadaan selville vaihekohtainen teho:

$$L_1: I * U = 6,9A * 230VAC = 1587W$$

Kaava 1 Vaihekohtainen teho (Momentti 2 2012).

L1: 1587 W

L2: 667W

L3: 1771 W

Kun vaihekohtaiset tehot summataan yhteen, saadaan kolmivaiheinen kokonaisteho:

$$P: P_1 + P_2 + P_3 = 1587W + 667W + 1771W = 4025W$$

Kaava 2 Kokonaistehoteho (Momentti 2 2012).

Vaihejohtimien kuormitus ei siis ollut mittaushetkellä kovin symmetrinen, vaikka kuormitus olikin normaalia. Autotallin pistorasiaryhmä oli suurin yksittäinen kuormitettava ryhmä 7,1A virralla (1633W, Kaava 1). Lähes koko loppukuormitus muodostui valaistuksesta ja lattialämmityksestä. Myös lämminvesivaraajan ottama kokonaisvirta oli 2,3A (529W, Kaava 1).

Karvian keskuksen pääsulakkeiden vaihevirrat olivat:

L1: 1,7 A

L2: 3,1 A

L3: 1,1 A

Laskettu vaihekohtainen teho, Kaava 1:

L1: 391 W

L2: 713 W

L3: 253 W

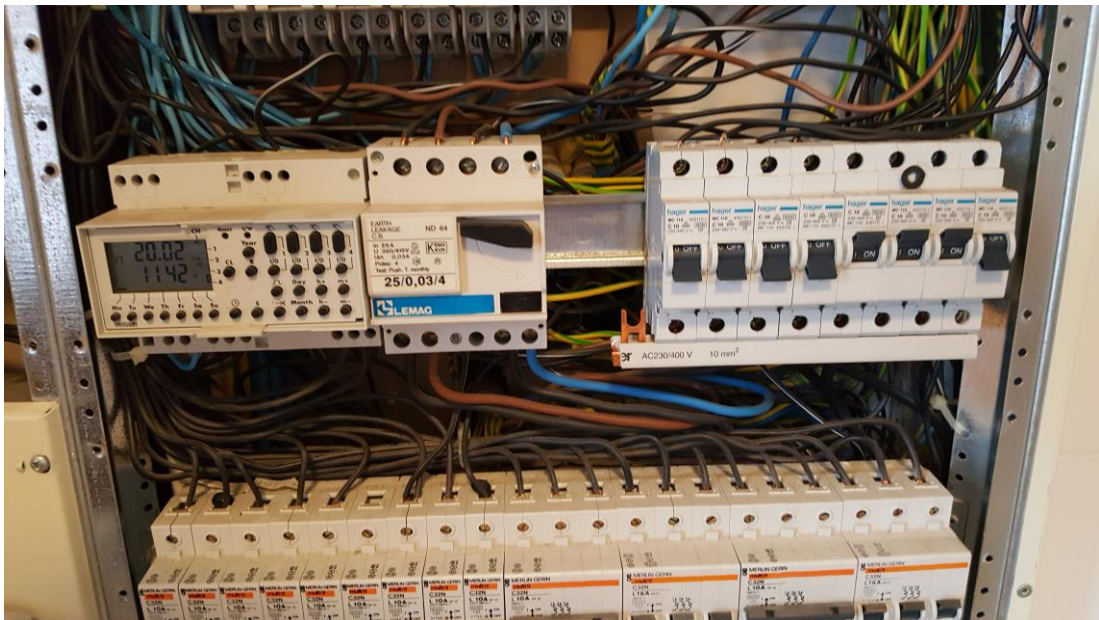
Kokonaisteho, Kaava 2: 1,357 kW

Karvian kiinteistön kuorma oli siis noin yksi kolmasosa Lavian kiinteistön kuormasta. Suurimman kuorman Karvian kiinteistössä tekivät valaistusryhmät, joista mitattiin kokonaisuudessaan 2,7A virta (621W, Kaava 1).

Myöhemmin tutkimusta varten kiinteistön lämmitys kytkettiin pois, lukuun ottamatta pukuhuoneiden lattialämmitystä ja ilmalämpöpumppu. Edellä mainitut lämmitysryhmät olivat kytkettyinä, jotta kiinteistössä työskentelevälle henkilöstölle ei aiheituisi haittaa. Kiinteistön etäluettavasta kWh-laskutusmittarista selvisi, että tehonkulutus pieneni noin kahdella kilowatilla, mutta noin neljä kilowattia kuormaa kytkeytyi kello 18 ja 05 välillä. Tämän kuorman kytkeytyminen ei vaikuttanut olevan yhteydessä yö-sähköön, sillä sen kytkeytyminen oli havaittavissa normaaliin aikaan. Yhdessä Vatajankosken sähkön työntekijöiden kanssa, menimme Lavialle 15.9.2017 tekemään lisätutkimuksia. Kuorman poikkeuksellisesta ajankohdasta päätelimme keskuksessa olevan kellokytkimen kytkevän kuorman päälle kello 18. Vatajankosken sähkön mittarointiasentaja etsi kellokytkimen perässä olevan kontaktorin ja tutki, mitä se ohjaa. Ainostaan autonlämmityspistorasiat olivat kellokytkimen kytkettävissä. Lisäksi kellokytkimeen ei oltu asetettu aikarajoja, joilla se olisi kytkenyt kontaktorin. Muita kellonajan mukaan ohjattuja kojeita ei keskukselta havaittu. Keskuskaavioissa oli kuitenkin puutteita, kun aikaisemmista muutoksista ei oltu tehty muutoksia vanhoihin kaavioihin. Pukuhuonetiloissa oli lisäksi ilmanvaihdon ohjauskeskus, jossa oli mekaaninen kytkinkello. Kytkinkellon tarkoitus oli sammuttaa ilmanvaihto yön ajaksi.

Koska kytkinkellon ohjaamista lähdoista ei löytynyt syytä kuormitukselle, oli seuraava tutkinnan kohde laskutusmittari. Keskus ja kytkinkello esitetty kuvassa 2. Epäilimme

mittarin olevan epäkunnossa ja kytkevän yösähkön väärään kellonaikaan. Toimeksiantajan henkilöstö tutki mittaria ja totesi mittarin toimivan epäilysten vastaisesti aivan normaalisti. Heidän tutkimustensa kuitenkin vahvistivat kuorman syntyvän lämmityksestä. Jäljelle ei tästä syystä jäänyt muita vaihtoehtoja kuin lämmityksen ohjauksen väärinkytkentä. Koska keskuksia on aikojen saatossa muokattu ja ryhmiä on lisätty ilman päivitettyjä dokumentteja, on todennäköistä, että ohjattavat ryhmät ovat menneet sekaisin. Tästä syystä lämmityksen ohjaus ei toimi loogisesti ja varsinkin korkean ulkolämpötila aikaan kiinteistössä lämmitys on kytkettynä turhaan. On myös mahdollista, että samanaikaisesti lattialämmitys lämmittää ja ilmalämpöpumppu jäädyttää kiinteistöä. Tarkkaa toimintojen analysointia varten kiinteistön sähköjakelujärjestelmä tulisi läpikäydä perusteellisesti.



Kuva 2. Lavian pääkeskus kannet aukaistuna. Kuvassa vasemmalla näkyy kytinkello (Mäkelä, 2017).

3.2 Lämpökuvaus

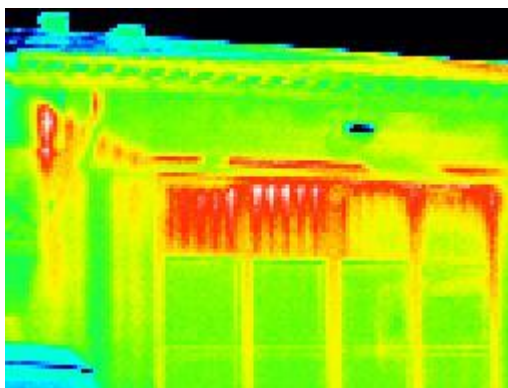
Lämpökuvauksen tarkoituksena on selvittää mahdolliset lämpötilaerot ympäristössä. Se paljastaa esimerkiksi, jos rakennuksen rakenteissa on rakoja, joista lämpö pääsee karkaamaan. Rakennusten tiiveys on iso osa energiatehokkuutta ja näkyy energiankulutuksessa lämmitykseen käytetyn energian muodossa.

”Lämpökuvaus tarkoittaa tutkittavan kohteen, esimerkiksi rakennuksen tai sen osan, pintalämpötilajakauman mittaamista kohteen lähettämään IR (infrapuna)-säteilyyn perustuen. Lämpöjakaumaa mittaavia laitteita sanotaan lämpökameroiksi (Infrared Camera, Thermal Imager)” (Kauppinen, 2012).

Molemmat rakennukset kuvattiin lämpökameralla radikaalien lämpövuotojen varalta. Karvian kohteessa lämpimän autohallin nosto-ovi vuosi lämpöä normaalia enemmän ja toimipisteen työntekijöitä haastatellessa tuli ilmi, että oven vaihtaminen oli jo suunnitteilla. Lämpökamerakuva vuotavasta ovesta on nähtävissä kuvassa 4. Muut ovet, katto ja sokkeli näyttivät lämpökamerakuvissa lämpötiiviltä molemmissa kohteissa, mikä osoittaa, että turhaa energiankulutusta ei synny lämpövuotojen takia. Esimerkki näkyvillä kuvassa 3, jossa näkyy Lavian rakennuksen seinusta ja katto.



Kuva 3. Lavian kiinteistön lämpökuva (Mäkelä 2017).



Kuva 4. Lämpökuva Karvian kiinteistön autohallin ovi, jossa esiintyy lämpövuotoa (Mäkelä 2017).

3.3 Käyttäjahaastattelut

Koska tietoa kiinteistöjen arjesta ja yleisistä asioista ei ollut, haastattelin kiinteistöissä työskenteleviä henkilöitä vertaillakseni rakennusten energiankulutusta. Kiinteistöjen käytön eroista tehtiin johtopäätöksiä ja keksittiin keinoja pienentää energiankulutusta pääasiassa Lavialla, mutta myös Karvialla.

Karvialla toimipisteessä työskentelevä henkilöstö oli toiminut aktiivisesti lämmityksen käsikäyttöisessä säätämisessä. Termostaattien säädöissä oli huomattavissa selkeitä eroja ja kohteissa vieraillessa tunsikin pienen eron sisälämpötiloissa. Karvialla termostaatit oli säädetty keskimäärin hieman alle 20 celsiusen lämpötilaan. Lavialla sisälämpötila oli korkeampi. Siellä termostaatit oli säädetty hieman korkeampaan lämpötilaan, reiluun 20 celsiuseseen. Jo muutaman lämpötila-asteen muutos sisäilman lämpötilassa vaikuttaa energiankulutukseen melko suuresti. Karvian matalampi sisälämpötila on mahdollinen, koska toimipisteessä ei Lavian tavoin työskentele suunnittelija. Kiinteistön käyttö painottuu lyhyisiin ajanjaksoihin, kuten kahvi- ja ruokataukojen pitämiseen ja varastosta tavaroiden hakemiseen. Karvialla lämmitys oli katkaistu kesän ajaksi keväällä ulkoilman lämmettyä tarpeeksi. Lavian kiinteistössä kiinteistön lämmitys on ollut kytkettynä ympäri vuoden, joten se oletettavasti on kesän viileinä ajanjaksoina tehnyt kuormaa pääkeskukseen.

Kaiken kaikkiaan kiinteistöjen rutiinit ja käytössä olleet sähkölaitteet vaikuttivat hyvin samantlaisilta. Lavialla työskentelevä suunnittelija teki tähän suurimman eron, sillä kiinteistön työhuoneessa oli käytössä tietokone, näyttö ja valaistus. Karvian kiinteistössä työhuone oli käytännössä ilman käyttöä ja sen loisteputkivalaisimistakin noin puolet olivat palaneet. Jos käyttää sähkölaitteiden keskimääräisen energiakulutuksen taulukkoa (Vattenfallin [www-sivut](http://www.vattenfall.fi) 2017), pystyy laskemaan karkean arvion, kuinka paljon suunnittelija kuluttaa energiaa työpäivän aikana. Tietokone kuluttaa 150W, kaksi näyttöä 200W (2x100W) ja kahdeksan loisteputkivalaisinta 320W (8x40W). Jos

työpäivän pituudeksi oletetaan kahdeksan tuntia, suunnittelijan päätyövälineet kuluttavat energiaa 2,91kW päivässä. Määrä on itsessään melko pieni, joten voi ajatella, ettei suunnittelijalla ole suurta merkitystä kiinteistön energiankulutuksessa.

4 SÄHKÖENERGIAN ETÄLUENTA

4.1 Kulutuskäyrät

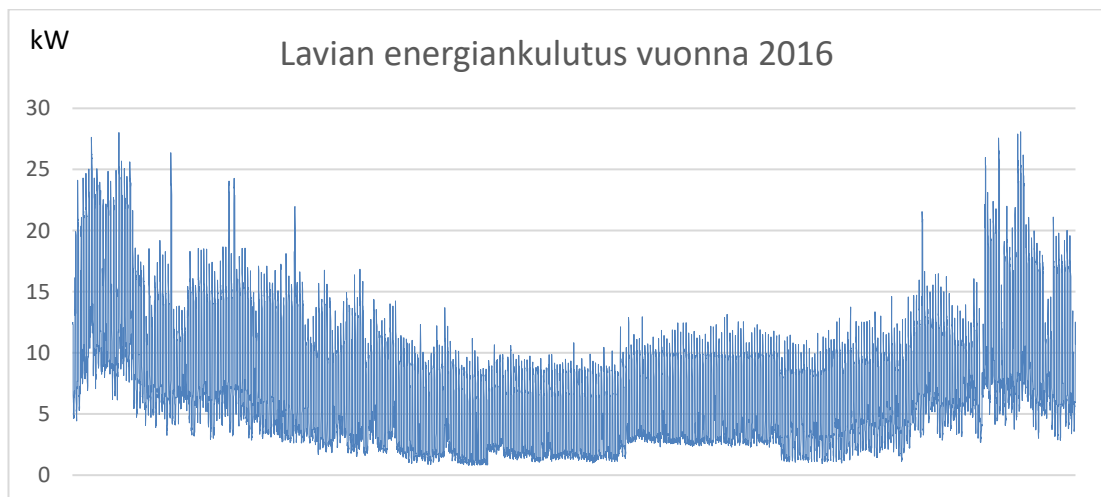
Opinnäytetyön toimeksiantaja toimitti kohteiden tuntikohtaiset energiankulutuslukeumat, jotta niistä voisi löytää eroavaisuuksia ja syitä, mistä suuri ero energiankulutuksessa voisi johtua. Aikahaarukaksi valikoitui vuosi 2016 ja sen jälkeinen aika, koska sinä aikana kulutuksessa on ollut suuria eroja. Kokonaisen vuoden aikajakson tutkiminen myös näyttää, onko kulutuksessa vuodenaikaan sidonnaisia eroja. Vuodenaikaan sidonnaiset tehonkulutuserot voivat johtua esimerkiksi lämmityksen tai viilennyksen aiheuttamasta kausittaisesta kuormasta.

4.1.1 Vuosikulutus

Vähemmän sähköenergiaa vuonna 2016 kulutti Karvian toimipiste, jossa energiaa kului 37 854,7 kWh. Karvian sähkönkulutus on nähtävissä kuvaajassa 1. Lavian toimipisteessä energiankulutus samaisena ajanjaksona oli 61 693,1 kWh. Karvian toimipisteessä energiankulutus oli siis 63% suurempi. Lavian toimipisteen energiankulutusikäyrä on nähtävissä kuvaajassa 2. Lavian toimipisteen energian hinta vuonna 2016 oli 2152,6€ suurempi kuin Karvian toimipisteen, käyttäen hintoina Vatajankosken sähkön yleissähkön kuluttajahintoja 17.7.2017. Sähköenergian hintana käytettiin 5,15 snt/kWh ja siirron hintana 3,88 snt/kWh.



Kuvaaja 1. Karvian toimipisteen energiankulutus vuonna 2016 (Vatajankosken sähkö Oy:n etäluentajärjestelmä 2017).



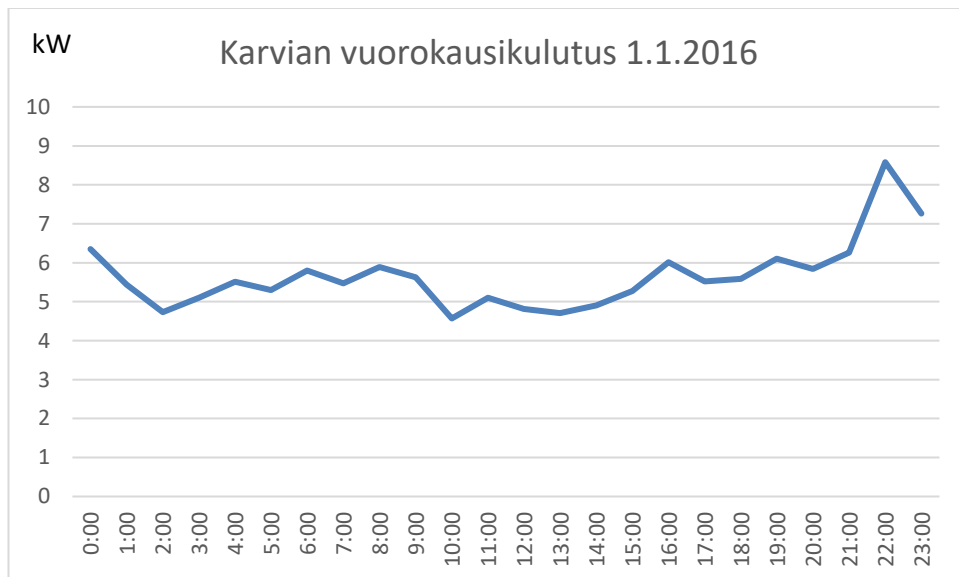
Kuvaaja 2. Lavian toimipisteen energiankulutus vuonna 2016 (Vatajakosken sähkö Oy:n etäluentajärjestelmä 2017).

Kuvaajat mukailevat selvästi toisiaan ja jo ensisilmäyksellä näkee, että Lavian toimipiste kuluttaa käytännössä koko ajan hieman enemmän energiaa. Koko vuoden kattava kuvaaja on kuitenkin laajuudessaan liian epätarkka, jotta siitä voisi tehdä tarkkoja johtopäätöksiä. Karvian toimipisteessä lämmitykset kytkettiin pois manuaalisesti keväällä ulkoilman lämmentyessä. Toimenpide on helppo huomata vuosikulutuskäyrästä kuorman radikaalina putoamisena. Lämmitykset kytkettiin pois 30.3.2016. Hieman tämän päivämäärän jälkeen kuvaajassa näkyy vielä yksi piikki 27.4.2016 ja 28.4.2016 välisenä yönä. Sen syystä ei voida olla varmoja, mutta todennäköisesti silloin kiinteistössä ollut

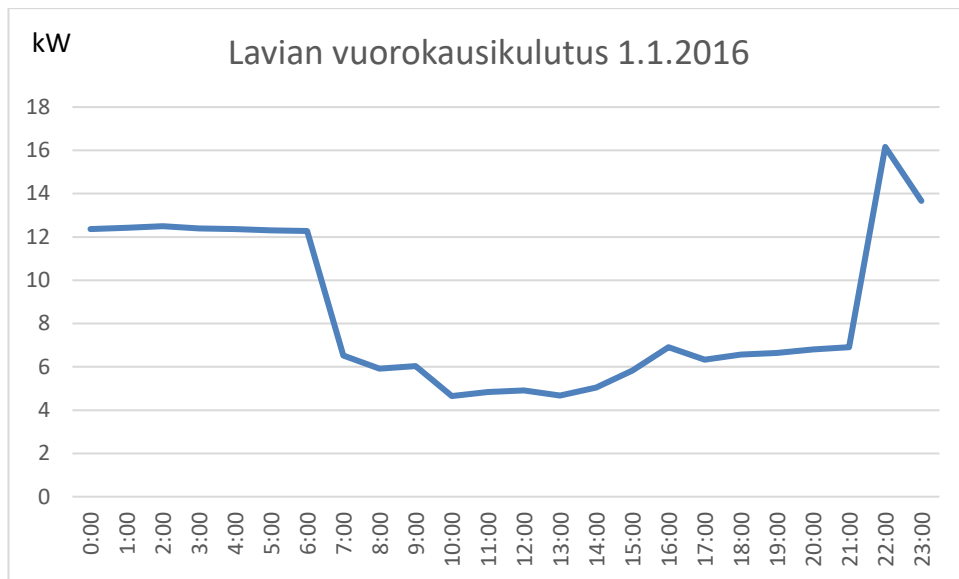
tarve lämmittää, jolloin lämmitykset on jouduttu kytkemään päälle yhden vuorokauden ajaksi.

4.1.2 Vuorokausikulutus

Tuntikohtaisen kulutuksen mittaustulosten perusteella näkee, mihin aikaan kiinteistössä sähköenergiaa kuluu. Mittausten perusteella on myös mahdollista päätellä, mikä voisi olla kulutuksen kohde. Vertailemalla vuorokausikulutuksia eri vuodenaikoina, on mahdollista nähdä, miten kulutus muodostuu esimerkiksi talvella, kun lämmityksen tarve on suurempi verrattuna lämpimiin kesäkeleihin.



Kuvaaja 3. Karvian toimipisteen tuntikohtainen vuorokausikulutus 1.1.2016 (Vatajan-
kosken sähkö Oy:n etäluentajärjestelmä 2017).



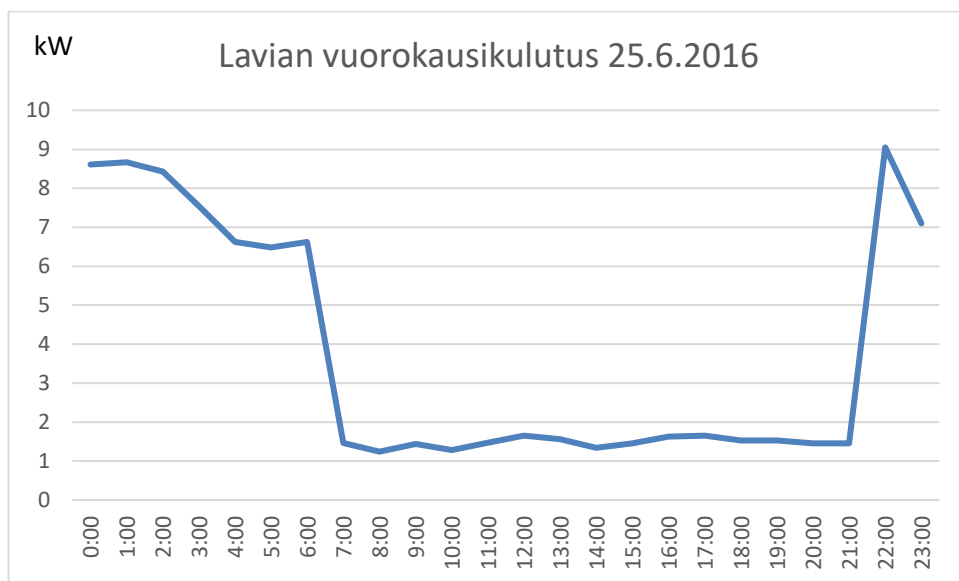
Kuvaaja 4. Lavian toimipisteen tuntikohtainen vuorokausikulutus 1.1.2016 (Vatajankosken sähkö Oy:n etäluentajärjestelmä 2017).

Karvian toimipisteen kulutuskäyrä näkyy kuvaajassa 3. Se on melko tasainen. Siinä kuitenkin näkyy merkittävä piikki illalla kello kymmeneltä. Tällöin tariffi vaihtuu yö-sähkölle ja kiinteistön lämmitykset kytkeytyvät päälle, aiheuttaen tehopiikin. Kun lämpötila on noussut termostaatin asettamaan lämpötilaan, teho laskee hieman, sillä lattialämmityksen ja lämminvesivaraajan ei tarvitse enää lämmittää koko ajan täydellä teholla. Lämmityksen kytkeytymisestä aiheutuneen tehopiikin tasoittuessa, teho on koko ajan hyvin lähellä kuutta kilowattia.

Lavian kiinteistön kulutuskäyrä on nähtävissä kuvaajassa 4. Lavian kiinteistössä kulutus on päivällä hyvin samanlaisia kuin Karviassa, mutta lämmityksen kytkeytyessä piikki on isompi ja lähes kaksinkertainen kulutus jatkuu koko yön (22-06). Päiväsähkön aikaan tehoa kuluu kuitenkin lähes saman verran, joten voi olettaa yön aikaisen lämmityksen aiheuttavan suurimman osan toimipisteiden kulutuseroista.



Kuvaaja 5. Karviaan toimipisteen tuntikohtainen vuorokausikulutus 25.6.2016 (Vatajankosken sähkö Oy:n etäluentajärjestelmä 2017).



Kuvaaja 6. Lavian toimipisteen tuntikohtainen vuorokausikulutus 25.6.2016 (Vatajankosken sähkö Oy:n etäluentajärjestelmä 2017).

Lämpimänä kesäpäivänä kiinteistöjen tehonkulutuksessa on jo todella huomattavia eroja. Karviaan toimipisteen kulutuskäyrä näkyy kuvaajassa 6. Kuorma on päiväsähköllä puolen kilowatin paikkeilla ja Lavian toimipisteen käyrä hieman korkeammalla, noin puolentoista kilowatin arvossa. Lavian toimipisteen kulutuskäyrä on näkyvissä kuvaajassa 5.

Yösähkön kytkeytyessä Karviolla kuormitus nousee noin kolmella kilowatilla. Kolme kilowattia onkin yksi yleisimmistä lämminvesivaraajien vastusten kuormista. Tehopiikin tasoittumisen jälkeen teho on puolentoista kilowatin alapuolella koko loppuyön ajan. Laviolla yösähkön kytkeytyminen aiheuttaa yhdeksän kilowatin tehonkulutuksen, eikä se laske kuuden kilowatin alle koko yön aikana. Kuormituksen lisäys ennen ja jälkeen yösähkön kytkeytymisen on noin 7,5 kilowattia. Jos tästä määrästä jättää huomioimatta 3 kilowatin lämminvesivaraajan, lisääntyy kuormitus silti 4,5 kilowattia. Tästä syystä onkin varsin helppo päätellä, että Lavian kiinteistössä lattialämmitys saa myös lämpimillä ulkolämpötiloilla varsin suuren kuorman aikaan.

4.2 Kohteiden sähkönjakelu

Kohteet on rakennettu 1980- ja 90-lukujen taitteessa, käyttäen samoja suunnitelmia. Rakennukset ovat yksikerroksisia. Osa pinta-alasta on kylmää varastotilaa, joka on tarkoitettu autojen säilyttämiseen. Muu pinta-ala koostuu lämpimästä pesuhallista ja varastosta, toimistotilasta, keittiötilasta ja muista sosiaalityiloista. (Aki Ojala, henkilökohtainen tiedonanto 13.3.2017.)

Kummassakin kiinteistössä on yksi ainoa pääkeskus ja sen syöttö tulee Vatajankosken sähkö Oy:n verkosta. Keskukset ovat rakennusten yhtenäisestä sähkösuunnitelmasta johtuen samatapaista. Ne on kuitenkin teetetty eri aikoihin, joten niiden kokoonpanot eivät ole täysin samanlaisia. Keskusten pääsulakkeet ovat 3x63A tulppasulakkeet ja muut suojakojeet ovat johdonsuojakatkaisijoita sekä vikavirtasuojia. Niitä on ajan kuluessa lisätty tai vaihdettu uusiin, mutta muutoksista ei ole dokumentteja. Keskukset sijaitsevat eteisessä, ulko-oven vieressä.

Lämmitysmuotona rakennuksissa on lattialämmitys suoralla sähkölämmityksellä. Kiinteistöt hyödyntävät myös ilmalämpöpumppua lämmityksessä ja viilennyksessä. Sähkökäytössä hyödynnetään niin sanottua ”yösähköä”, eli kaksoistariffia siten, että sähkökäyttöä pyritään keskittämään kello 22 ja 7 välillä. Sähkön kuluttaminen yöaikaan on kannattavampaa, sillä päivällä verkon kulutus on huomattavasti suurempaa ja reserviä on käytössä enemmän. Esimerkiksi lämmittäminen yöaikaan tasaa tehonku-

lutusta siis huomattavasti ja siksi se onkin hinnaltaan halvempaa, jos käytössä on yö-sähkösopimus. Kaksoistariffia ohjaa laskutusmittari, joka vaihtaa tariffin yösähkölle kello 22. Myös sähkönjakeluyhtiön on kannattavaa painottaa sähkökulutusta yöaikaan verkon tehopiikin tasoittamiseksi.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Energiankulutuksen erot

Tutkimusten mukaan suurin osa kiinteistöjen välisistä eroista energiankulutuksessa johtui lämmityksen aiheuttamista kuormista. Mitä korkeampi ulkolämpötila ympäristössä oli, sitä suuremmaksi erot muodostuivat. Tämä johtui selkeästi siitä, että Lavian kiinteistössä lämmitys pysyi kytkettynä, vaikka sen tarve väheni tai oli olematon. Lämmityskuormat ajoittuivat pääasiallisesti iltaja yöaikaan. Muista kuin lämmitysryhmistä ei jatkuvia eroja löydetty ja niiden osuudet energiankulutuksesta olivatkin varsin pieniä.

5.2 Parannusehdotukset Lavialle

Lavian kiinteistön lämmityksen ohjaukset toimivat väärin. Keskuksen pää- ja piirikaa- viot ovat vanhentuneita, joten keskuksen läpikäynnin ja kuvien päivittämien tulisi olla ensimmäinen toimenpide. Myös kytkinkellon ja termostaattien toimintaa pitäisi tarkastella lähemmin ja mahdollisesti uusia viollisia tai tuotekehityksessä jälkeenjääneitä komponentteja. Esimerkiksi kytkinkelloksi on markkinoilla saatavilla vuorokauden- ja vuodenajan mukaan ohjaavia komponentteja, jollaisella muun muassa lämmityksen tai valaistuksen ohjaaminen muodostuisi helpoksi ja kustannustehokkaaksi vaihtoehtoksi. Keskuksessa oli myös jäljellä varatilaa, joten sinne olisi mahdollista asentaa esimerkiksi kiinteistöautomaatiojärjestelmä kiinteistön älykkääseen ohjaamiseen. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä olisi kuitenkin kiinteistön vähäisen käyttöasteen takia hinta-hyöty-suhteeltaan huomattavasti kalliimpi kuin komponentit ilman älyä.

Yksi vaihtoehto olisi myös suunnitella täysin uudet piirustukset sähköjakelujärjestelmään ja toteuttaa keskus täysin uusiksi. Kokonaan uusitun järjestelmän hyötyjä olisivat uuden tekniikan lisäksi helppous; ei kuluisi ylimääräistä aikaa vanhojen asennusten virheiden korjaamiseen. Tämä vaihtoehto on kuitenkin jonkin verran kalliimpi vaihtoehto kuin vanhan järjestelmän muokkaaminen.

Kiinteistössä on myös mahdollista hyödyntää uusiutuvaa energiaa, jonka käytön lisääminen on yksi energiatehokkuussopimuksen osa-alueista. Rakennus sijaitsee tontilla, jossa ei ole juurikaan puita haittaamassa auringonvalon säteilyä. Lisäksi rakennuksen katon toinen harja osoittaa suoraan etelää kohti. Etelän suunta onkin aurinkoenergian tuottamisen kannalta edullisin suunta, sillä keskimäärin auringonsäteitä osuu eniten etelää kohti osoittavalle pinnalle. Kiinteistön energiantarve kohdistuu yösähkön hyödyntämisen takia pääosin pimeään aikaan. Aurinkoenergiaa tuotetaan luonnollisesti valoisaan aikaan, mutta sen voisi käyttää silloin suoraan esimerkiksi lämmitykseen tai viilennykseen, joka pienentäisi alkuyöstä muodostuvaa yösähkön tehopiikkiä.

Hyviä vaihtoehtoja aurinkoenergian hyödyntämiseen olisivat aurinkopaneelit tai aurinkokeräin. Aurinkopaneeleilla voi tuottaa sähköä, joka tulisi syöttää heti järjestelmään, ellei kiinteistöön tehtäisi akullista järjestelmää. Jonkin verran kalliimmassa, akullisessa järjestelmässä päivällä tuotettua energiaa olisi mahdollista varastoida akkuihin päivän aikana ja käyttää sitä yöllä lämmitysten kytkeydyttyä päälle. On kuitenkin mahdollista, että kiinteistön nykyisessä keskuksessa ei olisi tarpeeksi tilaa aurinkopaneelien vaatimille suojaus- ja mittauskomponenteille. Silloin aurinkopaneelien käyttöönotto vaatisi keskuksen uusimisen. Aurinkokeräimellä tuotetaan lämmintä käyttövoimaa. Sen avulla olisi mahdollista pienentää lämminvesivaraajaan kuluva energia. Aurinkoenergian huono puoli on, että sen parhaimmat tuottokaudet ovat kesäkesällä, jolloin aurinko paistaa lähes koko vuorokauden. Kesäkuukausina kiinteistön energiantarve on keskimääräisesti lämpimän ulkolämpötilan takia vähäinen, sillä lämmittämiseen ei tarvitse käyttää energiaa. Talvikuukausina aurinkoenergian tuottamiseen soveltuva aika on pienimmillään ja taas energiantarve on isoimmillaan.

Lämmityksen jälkeen kiinteistön toiseksi suurin energiaa kuluttava asia on valaistus. Kiinteistön valaisimet ovat pääasiassa vanhanaikaisia loisteputkivalaisimia. Valaisimet on mahdollista korvata energiatehokkaammilla ja pitkäikäisemmillä LED-

valaisimilla. Halvempi vaihtoehto on korvata vanhat loisteputket vastaavilla, mutta energiatehokkaammilla. LED-valaisimien eduksi voidaan toki laskea niiden nopea sytyminen. Loisteputkien syttymisessä kestää hieman kauemmin ja ne eivät sovellu kovin hyvin tilanteeseen, jossa valot käytetään lyhytaikaisesti päällä. Luonnollisesti turhaa tilojen valaisua on syytä välttää. Tiloihin, joissa ei oleskella kuin lyhyitä aikoja kannattaa asentaa liiketunnistin valoja varten. Sen voi asentaa normaalin kytkimen rinnalle, jolloin valot saa halutessaan pitää kytkettyä. Liiketunnistin eliminoi vaihtoehdon, että valot jäävät palamaan, kun niitä ei muista sammuttaa. Liiketunnistimelle hyvä tila olisi esimerkiksi eteinen, koska siellä ei yleensä oleskella pidempiaikaisesti.

5.3 Parannusehdotukset Karviaan

Vaikka Karvian kiinteistössä energiaa kuluu huomattavasti vähemmän kuin Lavialla, on energiatehokkuutta silti mahdollista parantaa. Lämmitys tekee kiinteistössä suurimman osan kuormasta, mutta se toimii kWh-kulutuskäyristä saatavan datan mukaan hyvin. Lämmityksen manuaalisen poiskytkennän takia kesäaikaista hukkalämmitystä ei esiinny. Pääkeskuksessa oleva vanhanaikainen mekaanisesti toimiva kytkinkello on mahdollista vaihtaa vuosikelloon, jolloin lämmityksen voisi ohjata pois kesän ajaksi. Vuosikello ei toki huomioi mahdollisia kylmiä ajanjaksoja kesäkuukausina, jolloin on tarve kytkeä lämmitykset. Tutkimusten aikana rakennuksessa oli pimeitä valaisimia ja myös osa loisteputkien sytyttimistä oli rikki. Koska valaisimia joutuu joka tapauksessa uusimaan, olisi nyt hyvä aika päivittää ne jo edellä mainittuihin nykyaikaisempiin valaisimiin. Lisäksi jo suunnitteilla ollut huonosti lämpöä pitävän autohallin oven vaihtaminen olisi syytä toteuttaa.

5.4 Opinnäytetyön onnistumisen arviointi

Lavian ongelmat suuresta energiankulutuksesta eivät täysin ratkenneet tutkimuksen aikana. Voi kuitenkin lähes varmasti sanoa syiden eroon energiankulutuksissa löytyneen. Tutkimuksessa pohdittiin jatkotoimenpiteitä, joilla ongelma pystytään lopullisesti poistamaan. Opinnäytetyön valmistuminen viivästyi alun perin suunnitellusta aikataulusta ajankäyttöongelmien vuoksi. Tutkimus aloitettiin helmikuussa 2017, jolloin tehtiin mittaukset ja suurin osa kohteissa tehtävästä työstä. Opinnäytetyö viimeisteltiin

saman vuoden marraskuussa. Työ eteni tasaisesti lukuun ottamatta kesän aikana ollutta yli kuukauden taukoa opinnäytetyön kirjoittamisessa. Kokonaisuudessa työ onnistui mielestäni hyvin, sillä siitä saatiin konkreettisia keinoja, joilla ongelma saadaan poistettua. Toimeksiantaja saa työstä materiaalia koskien energiatehokkuussopimusta ja sen eteen tehdystä työstä.

LÄHTEET

Energiamerkintäasetus (EU) 2017/1369. Viitattu 13.11.2017.

<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/49151917-7365-11e7-b2f2-01aa75ed71a1/language-fi/format-PDFA1A>

Energiaviraston www-sivut 2017. Viitattu 26.4.2017.

<https://www.energiavirasto.fi/energiatehokkuus>

Kaava 1, 2. Momentti 2. Inkinen, P , Tuohi, J & Manninen, R. Otava. 2012.

Kauppinen, VTT, 2012. Rakennusten lämpökuvauus, Lämpökuvauksen perusteita. Viitattu 1.7.2017. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120604.pdf>

Kinnunen, J. ABB Oy, 2014. Moottoreiden hyötysuhteet. Viitattu 26.4.2017.

https://www.lut.fi/documents/10633/333534/Moottoreiden+Hy%C3%B6tysuhteet_yleinen_Jarno_Kinnunen.pdf/1f7fb3af-2475-4b2d-98bf-af4d1580d4dc/

Kuva 2, 3, 4. Mäkelä, T. 2017.

Kuvaaja 1, 2, 3, 4, 5, 6. Vatajankosken sähkö Oy:n etäluentajärjestelmä. 2016.

Lampputiedon www-sivut. Viitattu 13.11.2017. <https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-pakkausmerkinnat/lampun-ja-valaisimen-energiamerkki/>

Nopeussäädettyjen käyttöjen opas, ABB Industry Oy. 2001. Viitattu 13.11.2017.

https://library.e.abb.com/public/32f0404329db7689c1256d2800411f0a/Tekninen_opas_nro4.pdf

Ojala, A. 2017. Suunnittelija, Vatajankosken sähkö Oy. Kankaanpää. Henkilökohtainen tiedonanto 13.3.2017.

Vattenfallin www-sivut. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus. Viitattu 20.9.2017. <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/sahkolaitteiden-energiankulutus/>