



Teemu Varonen

# Asuinkerrostalojen energiansäästötoimenpiteet ja energiajohtaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

30.03.2023

# Tiivistelmä

Tekijä:	Teemu Varonen
Otsikko:	Asuinkerrostalojen energiansäästötoimenpiteet ja energiajohtaminen
Sivumäärä:	72 sivua
Aika:	30.3.2023
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine:	Sähköinen talotekniikka
Ohjaajat:	Yliopettaja Rauno Holopainen Kiinteistöpäällikkö Hannu Rahkila

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia asuinrakennusten energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksia energiankulutukseen sekä parantaa asuinrakennusten energiankulutuksen seuranta. Tavoitteena oli myös tehostaa EnerKey-energianhallintajärjestelmän käyttöä energiankulutuksen seurannassa.

Opinnäytetyössä tutustuttiin EnerKey-energianhallintajärjestelmän energiansäästötoimenpiteiden kirjauksiin, hälytyksiin sekä kulutustietojen käsittelyyn. Työssä hyödynnettiin Power Query-editoria sekä pivot-taulukoita tiedon analysointiin. Opinnäytetyön aikana tutustuttiin asuinkiinteistöjen energiantehokkuustoimenpiteiden prosesseihin kirjauksen, raportoinnin ja energiansäästöjen näkökulmista.

Opinnäytetyön aikana käytiin läpi noin 300 kiinteistön energiankulutustietoja ja energiantehokkuustoimenpiteitä. EnerKey-järjestelmästä muodostui työn aikana näkemys, että tiedot on helppo tallentaa järjestelmään ja tiedot saa sieltä helposti pois, mutta tietojen käsittely ja analysointi järjestelmässä on hankalaa. Työn visualisointi tehtiin pääasiassa siirtämällä energiankulutustiedot pivot-taulukoihin, joista saatiin muodostettua kaaviot energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksista. Työssä havaittiin, että myös energiansäästötoimenpiteiden prosesseissa on kehitettävää. Jokaisen energiansäästötoimenpiteiden parissa työskentelevän pitäisi olla tietoinen, miten energiaa seurataan ja mitkä toimenpiteet olisi hyvä kirjata järjestelmään.

Opinnäytetyön aikana opittiin, että aktiivinen energianseuranta on olennainen osa kiinteistöjen tehokasta energiankäyttöä. Tietojen puuttuminen järjestelmästä voi vaikuttaa säästölaskelmien tarkkuuteen, ja kiinteistöjen poikkeamakulutukset voivat vaikuttaa myös tulosten tulkintaan. Tehokkaalla energiankulutuksen seurannalla voidaan havaita kulutuspoikkeamat ja tehostaa kiinteistöjen energiatehokkuutta puuttamalla poikkeuksellisen suuriin energiankulutuksiin.

Avainsanat: Asuinrakennukset, Energiatehokkuussopimus, Energiansäästö, Energiansäästötoimenpiteet, EnerKey-energianhallintajärjestelmä.

## Abstract

Author: Teemu Varonen  
Title: Energy Saving Methods for Apartment Buildings and Energy Leadership  
Number of Pages: 72 pages  
Date: 30 March 2023

Degree: Master of Engineering  
Degree Programme: Building Services Engineering  
Professional Major: Electrical Building Services Engineering  
Supervisors: Rauno Holopainen, Principal Lecturer  
Hannu Rahkila, Head of Real Estate

---

The goal of this Master's thesis was to study energy saving methods for apartment buildings and improve methods of following the energy consumption of the buildings. Another goal was to enhance the use EnerKey-cloud software to track energy spending of buildings.

The thesis discussed the process of data collection from an existing database, spread sheets with data and ways to visualize and analyze the data. Mostly this was done with EnerKey software, Power Query editor and pivot tables.

Data from approximately 300 apartment buildings were collected, analyzed and visualised in the thesis. It was seen that everyone working with energy saving should be aware of energy saving methods, and know how to document important changes that affect energy consumption. Not documenting things that affect energy consumption can result in wrong calculations and wrong interpretation of actual energy savings.

The thesis data show the utmost importance of documentation and active observation of the energy consumption data for the energy efficiency of buildings. Active observation of energy consumption can make it possible to identify buildings that are not functioning as intended and improve their energy efficiency.

Keywords: energy, energy savings, energy efficiency, apartment buildings, energy saving contracts.

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Energiankulutus asuinkerrostaloissa	1
3	Energiansäästötoimenpiteet	3
3.1	Energiatehokkuustoimien elinikä	3
3.1.1	Teknisten toimenpiteiden elinikä	4
3.1.2	Käyttötekniisten toimenpiteiden elinikä	4
3.2	Lähtötiedot rakennusten energiatehokkuustoimenpiteille	4
3.3	Ulkoseinärakenteet ja yläpohja	5
3.4	Ikkunat	6
3.5	Ilmanvaihto	7
3.6	Sähkömoottorit	8
3.7	Hissien uusiminen	10
3.8	Lämmitysjärjestelmät	10
3.9	Lämpöpumput	11
3.10	Älykäs lämmityksensäätö ja huoneilmaolosuhteet	12
4	EnerKey-palvelu energiajohtamisen työkaluna	12
4.1	Energiajohtamisen työkalut	13
4.1.1	Hälytykset	13
4.1.2	Toimenpiteet ja kommentit	14
4.1.3	Energiansäästötoimenpiteet EnerKey-palvelussa	15
5	Energiatoimenpiteiden kartoitus	15
5.1	Ikkunoiden uusiminen	15
5.2	Lämmönjakokeskuksen uusiminen	16
5.3	Lämmitysverkoston perussäätö	18
5.4	Huippuimurien uusiminen	18
5.5	Valaistuksen uusiminen	20
5.6	Hissien uusiminen	21
5.7	Älykäs lämmityksensäätö	21
5.8	Energiatoimenpiteiden kirjaus	21

5.9	Energiansäästötoimenpiteet EnerKey-järjestelmässä	22
5.10	Energiansäästötoimenpiteiden analysointi	27
5.11	Energiansäästöt toimenpiteiden mukaan	33
5.11.1	Sähkömoottorien uusiminen	33
5.11.2	Hissien uusinta	35
5.11.3	Valaistustehon muutos	37
5.11.4	Lämmitysverkoston perussäätö	39
5.11.5	Seinien lisäeristäminen	41
5.11.6	Ikkunoiden uusiminen	42
5.11.7	Älykäs lämmityksensäätö	44
5.12	Energianhallintajärjestelmän hälytykset	48
5.12.1	Hälytykset EnerKey-järjestelmässä	48
5.12.2	Hälytysten selvitystyö	49
5.12.3	Kaukolämmön hälytykset	51
5.12.4	Sähkön hälytykset	56
5.12.5	Vedenkulutuksen hälytykset	61
5.13	Energianhallintajärjestelmän hälytysten määrittely	65
5.14	Energiansäästötoimenpiteiden jatkokehitys	67
5.14.1	Rakennusautomaation tarkastus ja säästöt	67
5.14.2	Huoneolosuhteiden vaikutus energiankulutukseen	68
5.14.3	Lämpöpumput energiansäästöissä	69
5.15	Tulokset	70
	Lähteet	73

## Käsitelista

- EnerKey:** Pilvipalveluna toimiva energianhallintajärjestelmä. Tarjoaa työkaluja muun muassa energiajohtamiseen sekä energian- ja vedenkulutuksen seurantaan.
- ETJ+:** Energianhallintajärjestelmä.
- VAETS:** Vuokra-asuntoyhteisöjen energiatehokkuussopimus. Vapaaehtoinen energiatehokkuussopimus, jolla pyritään saavuttamaan asetetut energiatehokkuustavoitteet.
- Smartliving:** Fortumin tarjoama järjestelmä, jolla hyödynnetään kiinteistön huonelämpötilojen optimointia, kysyntäjoustoa sekä huipputehon leikkausta.
- Leanheat:** Lämmityksen optimointi- ja ylläpitojärjestelmä. Optimoii asuinkiinteistöjen lämmityksensäätöä tekoälyn, huonelämpötilojen ja sääennusteiden perusteella.
- SPF-luku:** Lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin, joka on lämpöpumpulla tuotetun vuotuisen energian suhde lämpöpumpun sekä apulaitteiden vuotuisen sähkönkulutukseen.
- COP:** Capacity of performance. Lämpökerroin, joka kertoo miten moninkertaisen määrän lämpöenergiaa lämpöpumppu tuottaa kuluttamaansa sähköenergiaan verrattuna tietyllä ajanhetkellä ja tietyissä olosuhteissa.
- SCOP:** Seasonal coefficient of performance. Vuosilämpökerroin, joka kertoo, mikä lämpökertoimen arvo on koko lämmityskauden ajalta.

PILP: Poistoilmalämpöpumppu. Ottaa talteen lämmitysenergian rakennuksen poistoilmasta ja luovuttaa sen joko tuloilmaan, käyttöveden tai lämmitysverkoston lämmitykseen.

U-arvo: Lämmönläpäisykerroin. Kuvaa rakennusosien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi lämmöneristyskyky.

EC-moottori: Electronically commutated D.C motor. Elektronisesti kommutoitu tasavirtamoottori.

PM-moottori: Permanent magnet motor. Vaihtovirralla toimiva moottori, jossa on kestopagneetit roottorissa. Ohjataan perinteisesti taajuusmuuttajalla.

## 1 Johdanto

Espoon Asunnot Oy on Espoossa toimiva vuokratyöyhtiö, jolla on noin 16 400 vuokra-asuntoa. Espoon Asunnot on mukana vuokra-asuntoyhteisöjen energiatehokkuussopimuksessa (VAETS) [1] ja käyttää myös ETJ+-järjestelmää energiatehokkuuden parantamiseksi [2]. Tässä työssä tarkastellaan energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksia asuinrakennusten energiankulutukseen. Opin näytetyön tavoitteena on parantaa Espoon asuntojen energiatehokkuustoimenpiteiden seuranta sekä kehittää samalla energianseurannan puutteiden havaitsemista.

Espoon Asunnoilla on tavoitteena parantaa peruskorjauksessa olevien kiinteistöjen energiatehokkuutta 30 % ja vuosittain parantaa kiinteistökannan yhteenlaskettua lämpöindeksiä [3]. Energiankulutuksen seurannassa on kuitenkin parannettavaa.

Espoon Asunnoilla on otettu käyttöön EnerKey-energianhallintajärjestelmä vuonna 2020. Järjestelmällä tarjoaa työkaluja energiaojohtamiseen, mutta tätä mahdollisuutta ei vielä ole otettu laajemmin käyttöön [4]. Sisäilmaolosuhteita seurataan huoneistoihin asennetuilla lämpötila- ja kosteusantureilla, joista mitaustiedot siirtyvät Fortumin Smartliving-järjestelmään [5]. Lämpötilatietoja hyödynnetään myös kaukolämmön huipputehon leikkauksessa sekä kysyntäjoustopissa.

## 2 Energiankulutus asuinkerrostaloissa

Energiansäästötoimenpiteitä suunnitellessa, on tärkeää ymmärtää, mihin energiaa kuluu kiinteistössä. Energiansäästötoimenpiteillä pyritään vähentämään kiinteistön energiankulutusta. Energiansäästöjä voidaan saada muun muassa vähentämällä lämpöhäviöitä, vaihtamalla vanhat laitteet uusiin energiatehokkaampiin laitteisiin tai ottamalla hukkalämpö talteen.



Asuinkerrostaloissa lämmitysenergiaa tarvitaan asuntojen sekä käyttöveden lämmitykseen. Lämmitysenergiaa voidaan tuoda rakennuksen ulkopuolelta muun muassa kaukolämmön tai maalämmön avulla. Sähkölaitteet, aurinko ja ihmiset tuottavat myös ylimääräistä lämpöenergiaa asuntoihin. Lämmitysenergiaa poistuu muun muassa ilmanvaihdon, seinien, ikkunoiden ja yläpohjan kautta. Lämpimän käyttöveden mukana poistuu myös lämmitysenergiaa, jota ei tyypillisesti oteta talteen asuinkerrostaloissa. [6] Lämpöhäviöt ja lämmönlähteet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Lämpöhäviöt ja lämmönlähteet 1960–1980-lukujen asuinkerrostaloissa. [6]

Kiinteistön yleisien tilojen ja laitteiden sähkönkulutusta kutsutaan kiinteistösähköksi. Kiinteistösähköä käytetään muun muassa hissien toimintaan, yleisten tilojen valaistukseen, pumppujen ja puhaltimien toimintaan, talosaunaan, pesutupaan ja kattokaivojen sulatuksiin. [6] Sähkönkäyttöä voidaan vähentää optimoimalla käyttöaikoja tai vaihtamalla laitteet energiatehokkaampiin laitteisiin.

### 3 Energiansäästötoimenpiteet

Energiansäästötoimenpiteet ovat toimenpiteitä, joilla pyritään vähentämään energiankäyttöä. Energiansäästötoimenpiteet voidaan jakaa teknisiin ja käyttöteknisiin toimenpiteisiin. [1]

Teknisillä toimenpiteillä tarkoitetaan konkreettisia toimenpiteitä, jolla saadaan vähennettyä energiankulutusta. Tekniset toimenpiteet voivat kohdistua esimerkiksi energiatehokkaampiin laitteisiin, hukkaenergian talteenottoon tai kiinteistön energiatehokkuuden parantamiseen. Teknisiä energiatehokkuustoimenpiteitä ovat esimerkiksi erityksen lisääminen yläpohjaan tai ikkunoiden uusiminen energiatehokkaampiin malleihin.

Käyttöteknisillä toimenpiteillä tarkoitetaan olemassa olevaan järjestelmään tehtyjä muutoksia, joilla saadaan vähennettyä energiankulutusta. Näillä toimenpiteillä energiansäästöjä voidaan saada esimerkiksi aikaohjelmia optimoimalla, lämpötila-asetusten muutoksilla sekä muilla asetusarvojen muutoksilla. Kertaluontoisena tehdyt käyttötekniset energiansäästötoimenpiteet ovat yleensä energiansäästönvaikutuksen eliniältään lyhyitä [1].

Kiinteistön energiatehokkuuden hallintaan käytetään usein automaatiojärjestelmää tai erillistä palvelua, jolla voidaan seurata kiinteistöjen energiankulutusta. Automaatio- tai kulutuksenseurajärjestelmät eivät automaattisesti säästä energiaa, vaan energiansäästö riippuu olennaisesti siitä, miten järjestelmiä osataan hyödyntää. Säästötoimenpiteiden arvioimiseksi pitää olla dokumentoitua dataa energiankulutuksista, joilla voidaan arvioida energiansäästötoimien vaikutukset.

#### 3.1 Energiatehokkuustoimien elinikä

Yleisesti kaikilla energiatehokkuustoimenpiteillä on elinikä, jonka ajan säästövaikutus on voimassa. Energiatehokkuustoimenpiteiden eliniät vaihtelevat 2–30

vuoteen energiansäästötoimenpiteen mukaan. Jos elinikää ei huomioitaisi ollenkaan, säästöt kasvaisivat huomattavasti suuremmaksi kuin todellinen säästö oikeasti on ollut. [1]

### 3.1.1 Teknisten toimenpiteiden elinikä

Energiatehokkuustoimen säästövaikutus saadaan seuraamalla aktiivisesti energiankulutusta toimenpiteen aikana ja sen jälkeen. Isojen investointien kohdalla tämä on perusteltua, mutta kaikkien toimenpiteiden kohdalla tämä ei ole teknisesti mahdollista. Kattavan seurannan kustannukset eivät olisi kohtuullisia verrattuna saatuun energiansäästöön. Vaihtoehtoinen tapa toimenpideseurannalle on määrittää yleisimmille toimenpiteille ohjeelliset eliniät ja laskennassa tehdä oletus, että säästövaikutus on voimassa tietyn ajan toimenpiteen toteuttamisen jälkeen. [1]

### 3.1.2 Käyttötekniisten toimenpiteiden elinikä

Euroopan komission energiapalveludirektiiviä varten tehdyissä suosituksissa on käytetty lähtökohtaisesti kahta vuotta käyttötekniisten toimenpiteiden elinikänä. Energiatehokkuussopimusten seurantajärjestelmässä ja energiaterhokkuussopimusten vaikutusten arvioinnissa käyttötekniisten toimenpiteiden elinikänä voidaan käyttää viittä vuotta. Mikäli käyttötekniisten toimenpiteiden rinnalla on järjestelmällinen seuranta säästövaikutusten arviointiin, voidaan säästövaikutuksena tällöin käyttää viittä vuotta. [1]

## 3.2 Lähtötiedot rakennusten energiaterhokkuustoimenpiteille

Oikeiden lähtötietojen hankkiminen on tärkeässä osassa, kun arvioidaan rakennusten energiaterhokkuutta. Varsinkin vanhoissa rakennuksissa rakenteiden lämmönläpäisykertoimista ei ole välttämättä tarkkaa tietoa. Myös muita asioita, kuten laitteiden energiaterhokkuutta, ei aina ole dokumentoitu huolella. Uusissa rakennuksissa lämmönläpäisykertoimet selvitetään jo suunnitteluvaiheessa.

Tarvittavat tiedot pyritään hankkimaan ajantasaisista asiakirjoista, kuten rakennushankkeen ohjeista, piirustuksista tai muista asiakirjoista. Ympäristöministeriö on laatinut ohjearvot, joita tulee käyttää laskennoissa, jos tarkkaa tietoa ei ole muilla tavoilla mahdollista saada. Taulukossa 1 on esitetty ohjeelliset lämmönläpäisykertoimet, joita tulee käyttää laskelmissa, jos lukemia ei ole saatavilla. [7]

Taulukko 1. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet, W/m<sup>2</sup>K. [7]

Rakennusosa	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-2018-
<b>Lämpimät tilat</b>									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17*	0,17*
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätillainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
<b>Puolilämpimät tilat</b>									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26*	0,26*
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätillainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

### 3.3 Ulkoseinärakenteet ja yläpohja

Ulkoseinärakenteiden lämmöneristävyttä on parannettava luvanvaraisten korjaus- ja muutostöiden yhteydessä. Jos energiatehokkuuden parantaminen tehdään rakennusosakohtaisesti, on ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen pienen-

nyttävä puolella, kuitenkin enintään uuden rakennuksen vertailuarvon suuruiseksi [8]. Mitä huonompi lämmöneristävyys kohteessa on ollut lähtötilanteessa, sitä parempia tuloksia on mahdollista saada korjauksilla [9].

Yläpohjan lisäeristäminen on usein kannattava energiatoimenpide varsinkin vanhoissa kerrostaloissa. Ennen 1985 vuotta rakennettujen talojen vaatimukset yläpohjan U-arvolla ovat olleet noin 0,35–0,47 W/m<sup>2</sup>K [7], joten eristeen, jonka lämmönjohtavuus on 0,035 W/m<sup>2</sup>Km, paksuus yläpohjassa on ollut noin 100 millimetriä. Nykyisin määräysten mukaan eristyskerrokset ovat noin 200–300 millimetriä, jolla saavutetaan yläpohjan lämmönläpäisykertoimeksi, U-arvo on 0,15 W/m<sup>2</sup>K. [9]

Lisälämmöneristäminen on helppo toteuttaa kohteissa, joissa on tuulettuva harjakattorakenne. Tällaisissa kohteissa lisäeristystä voidaan lisätä suoraan vanhan eristeen päälle, jos olemassa oleva eriste on kuivaa, tilaa on riittävästi uudelle eristeelle sekä vesikatto on kunnossa. [9]

### 3.4 Ikkunat

Ikkunoiden lämmöneristävyys on kehittynyt huomattavasti 1970-luvun kaksilasisista puuikkunoista, joiden U-arvo tyypillisesti on 3,1 W/m<sup>2</sup>K [7]. Nykyään käytetyillä perusikkunoilla U-arvo on noin 1,0 W/m<sup>2</sup>K, jolloin saavutetaan lähes kolme kertaa parempi lämmöneristävyys [9].

Ikkunoita vaihtaessa on myös tärkeää huomioida ilmanvaihto. Tiiviimmät ikkunat voivat muuttaa ilmanvaihdon toimintaa, jos poistoilman tilalle tuleva ulkoilma on aikaisemmin otettu vanhojen ikkunoiden ilmavuodoista. Sen vuoksi ikkunoiden vaihdon yhteydessä on tärkeää huomioida, että ulkoilman saanti tulee varmistettua. Oikeanlaisilla ulkoilmaventtiileillä saadaan suunnitelmien mukainen ilmanvaihto, kun taas käyttötarkoitukseen sopimattomat venttiilit voivat aiheuttaa vedontunnetta sekä heikentää ääneneristävyttä. Ilmanvaihdon ilmavirtojen säätö kannattaa tehdä samalla kun ikkunoita uusitaan. [9]

### 3.5 Ilmanvaihto

Asuinkerrostalossa ilmanvaihdon energiatehokkuus riippuu paljon ilmanvaihtotavasta. Tyypillisesti ennen 1960-lukua rakennettujen asuinkerrostalojen ilmanvaihtotapa oli painovoimainen ilmanvaihto. Myöhemmin 1970–1990 luvun kerrostaloissa yleistyivät koneellisen poiston ilmanvaihtojärjestelmät, joilla ilmanvaihtoa voitiin parantaa hyödyntämällä katolle asennettavaa poistoilmapuhallinta. Molemmissa vaihtoehdoissa lämmitysenergiaa poistuu poistoilman mukana ulos ilman lämmöntalteenottoa. [9]

Energiatehokkuusmääräysten kiristyessä 2000-luvulla lämmöntalteenotolla varustetut koneelliset tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmät yleistyvät uusissa asuinkerrostaloissa. Lämmöntalteenottoa hyödyntäessä saadaan energiaa talteen noin 55–70 % ulospuhallettavan ilman lämpöenergiasta. [10]

Ilmanvaihtotapa vaikuttaa myös huoneiston asumismukavuuteen. Tyypillisesti pelkällä poistoilmanvaihdolla on vaikea hallita huoneisto-olosuhteita, ja puhaltimen ohjaus toimii usein puoliteholla suurimman osan päivästä sekä muutaman tunnin tehostuksella kello-ohjauksen mukaan. Vakioilmavirtaisessa tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmässä puhaltimen pyörimisnopeutta ohjataan yleensä kello-ohjauksella. Ilmavirtasäätöisissä järjestelmissä puhaltimen pyörimisnopeutta ohjataan kanavapaineen mukaan, ja näin ilmanvaihdon laatu pysyy parempana. [10]

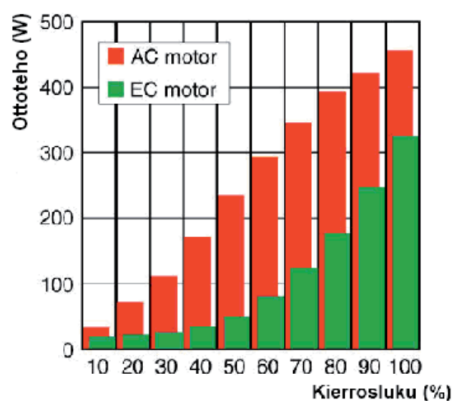
Ilmanvaihtoon kohdistuvilla energiansäästötoimenpiteillä voidaan saada suuria säästöjä, jos vanha ilmanvaihtojärjestelmä uusitaan energiatehokkaampaan järjestelmään. Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä voidaan esimerkiksi vaihtaa lämmöntalteenotolla varustettuun tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään tai hyödyntää poistoilmalämpöpumppua, jolla saadaan otettua talteen lämmitysenergia poistoilmasta. Nämä investoinnit voivat kuitenkin olla kalliita, eivätkä välttämättä sovellu kaikkiin kohteisiin pitkän takaisinmaksuajan takia.

Energiaa on myös mahdollista säästää muuttamalla poistopuhaltimien ohjaus portaattomaksi sekä tarpeen mukaiseksi esimerkiksi hiilidioksidimittausten avulla.

### 3.6 Sähkömoottorit

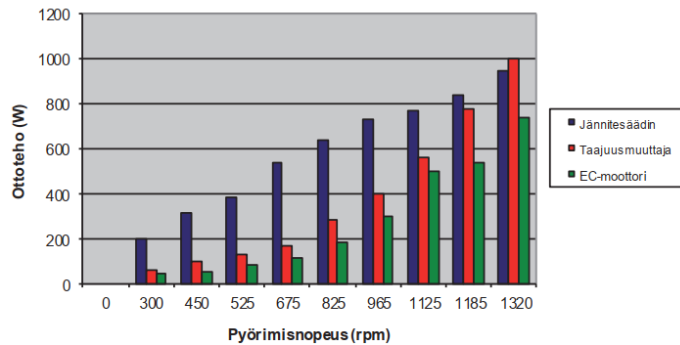
Sähkömoottoreita käytetään tyypillisesti ilmanvaihdon puhaltimissa sekä LVI-verkoston pumpuissa. Sähkömoottorikäyttöjen energiatehokkuuteen vaikuttaa oleellisesti, minkälaisella moottoriohjauksella prosessi on toteutettu. Tyypillisesti vanhoissa rakennuksissa on käytössä oikosulkumoottoreilla toteutettuja puhallinohjauksia, jotka käyvät joko puolella tai täydellä pyörimisnopeudella tehostusajkojen mukaan. Lämmönjakopakettien pumput ovat myös vanhoissa kiinteistöissä tyypillisesti jatkuvasti päällä vakiopyörimisnopeudella ilman virtauksen tai paineensäätöä.

Energiatehokkaana ratkaisuna markkinoille on tullut EC-moottoreita. EC-moottori on elektronisesti kommutoitu tasavirtamoottori, jonka pyörimisnopeutta voidaan muuttaa säätämällä moottorille tulevaa tehonsyötön jännitetasoa. EC-moottoreilla päästään parempaan hyötysuhteeseen kuin perinteisillä tai taajuusmuuttajaohjatuilla oikosulkumoottoreilla. Kuvassa 2 on esitetty EC-moottorien energiatehokkuutta vertailuna muihin moottoreihin. [11]



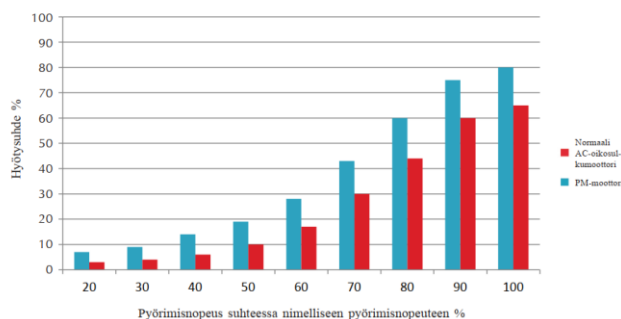
Kuva 2. AC- ja EC-moottorien ottotehon vertailu [11]

EC-moottorit suoriutuvat paljon paremmin kuin perinteiset oikosulkumoottorit varsinkin pienissä, alle 5 kW puhallinkäytöissä. EC-moottorit soveltuvat hyvin pieniin pakettikoneisiin sekä huippuimurikäyttöihin. Kuvassa 3 on esitetty EC-moottorien energiatehokkuutta vertailuna muihin säätötapoihin. [11]



Kuva 3. Säädettävien moottorien eri ohjaustapojen erot [11]

Vaihtovirtakäyttöön on myös tullut energiatehokkaita kestopagneettimoottoreita (PM-moottori). Kestomagneettimoottorin hyötysuhde on normaalisti parempi kuin tavallisen oikosulkumoottorin, koska kestopagneettien takia roottorissa ei tapahdu häviöitä. Kestomagneettimoottorien ominaisuudet eivät myöskään huoneone yhtä paljon kuin oikosulkumoottorilla kierrosnopeuden muuttuessa. Kestomagneettimoottorit soveltuvat hyvin muun muassa ilmanvaihtokoneiden moottoreiksi sekä säädettävien kiertovesipumppujen moottoreiksi. Kuvassa 4 on esitetty kestopagneettimoottorin hyötysuhde verrattuna perinteiseen oikosulkumoottoriin. [11]



Kuva 4. Normaalin AC-oikosulkumoottorin ja kestopagneettimoottorin hyötysuhteet eri pyörimisnopeuksilla. [11]



### 3.7 Hissien uusiminen

Suomessa ensimmäisiä hissejä asennettiin 1900-luvun alkupuolella. Tyypillisesti kiinteistöissä oli aluksi oma hissikonehuone, jossa hissien tekniikka sijaitsi. Hissitekniikassa tapahtui suuri muutos 1990-luvulla, kun markkinoille tulivat konehuoneettomat hissit. Kestomagneettimoottorien ansiosta myös hissien energiatehokkuus on parantunut huomattavasti. Moderneissa hisseissä voi olla myös automaattiset sammuva valaistus, kun hissi ei ole käytössä. Korvaamalla vanhat valaisimet LED-valaistuksella, voidaan myös hissien valaistuksessa saada säästöjä. Vanhan hissien korvaamisella uudemmalla konehuoneettomalla hissillä voidaan saada jopa 50–70 % energiansäästöjä aikaisempaan kulutukseen verrattuna. [9]

### 3.8 Lämmitysjärjestelmät

Asunkerrostaloissa on tyypillisesti käytetty lämmitysmuotona kaukolämpöä. Myös maalämpö ja hybridiratkaisut ovat yleistyneet, kun energiansäästötavoitteet ovat kasvaneet. [12]

Lämmitysjärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttaa oleellisesti verkoston tasapaino ja se, kuinka suuret lämpötilaerot ovat eri asuntojen välillä. Saavutetut säästöt riippuvat paljon kiinteistön lähtötilanteesta. Oikein toteutettuna perussäädöllä saavutetaan myös hyvät sisäilmaolosuhteet, kun asuntoja ei lämmitetä liian kuumiksi ja samalla päästään eroon kylmimmistä asunnoista. Hyvin toteutetulla lämmitysverkoston perussäädöllä voi saavuttaa arviolta 10–15 %:n säästöjä lämmityksen energiankulutuksessa. [13]

Tyypillisesti oleskelutiloissa hyvä huonelämpötila on 21°C. Lämpötilaa laske-  
malla 24°C:sta 21°C:seen voidaan vähentää koettujen sisäilmaolosuhteiden määrää [14]. Talvella varsinkin liian kuumat asuntolämpötilat voivat aiheuttaa epämukavuutta ja hengitysoireita kuivan ilman ja yllämmityksen seurauksena.

### 3.9 Lämpöpumput

Lämpöpumppu voi olla erinomainen ratkaisu energiansäästöön. Lämpöpumppujen lämpöenergiaa voidaan ottaa rakennusten ulkopuolelta vedestä, maasta tai ulkoilmasta, ja lämpöpumput siirtävät sen takaisin rakennukseen lämmitysenergiana esimerkiksi lämmitysverkoston tai ilman välityksellä. [15] Asuinkerrostoissa lämpöpumppuja käytetään muun muassa poistoilmalämpöpumpuissa ja maalämpöjärjestelmissä.

Vanhoissa kiinteistöissä, joissa on pelkkä koneellinen poistoilmanvaihto, poistuu paljon lämpöenergiaa ilmanvaihdon mukana. Rakentamismääräysten mukaan koko rakennuksen ulkoilmavirta on oltava vähintään  $0,35 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$  suunniteltuna käyttöaikana, jolloin sisäilman tulee vaihtua vähintään yhden kerran kahden tunnin aikana tilassa, jonka korkeus on 2,5 m [16]. Poistoilmalämpöpumpuilla voidaan säästää noin 40 % lämmityksen energiakuluissa. Poistoilmalämpöpumpun lämmitysenergiaa voidaan varata lämminvesivaraajaan ja käyttää käyttöveden lämmittämiseen tai siirtää lämpöenergia suoraan lämmitysverkostoon menoveden lämmittämiseen. [15].

Maasta otettavaa lämpöenergiaa voidaan hyödyntää lämpöpumppujen avulla. Maan lämpötila on routarajan alapuolella hieman yli  $0^\circ\text{C}$  myös talvella. Maalämpöjärjestelmissä on oleellista pitää lämmön keruu ja luovutuslämpötilat mahdollisimman matalana; tällä voidaan parantaa lämpöpumpun lämpökerrointa. Energiatehokkaassa ja hyvin eristetyssä rakennuksessa lattialämmitystä käytettäessä menoveden lämpötila voi olla noin  $30^\circ\text{C}$ , kun tavanomaiset radiaattorit vaativat  $50^\circ\text{C}$ :n menoveden lämpötilan. Maalämpöjärjestelmissä voidaan tuottaa myös käyttöveden lämmitys; tämä kuitenkin usein tarvitsee tulistinpiirin tai jonkin vastaavan menetelmän, jolla vesi lämmitetään vähintään  $58^\circ\text{C}$ :ksi. Lämmityksen menovesi pyritään kuitenkin pitämään yleensä matalana, jotta lämpökerroin pysyy hyvänä. [15]

Lämpöpumppuihin liittyy yleensä käsitteistä COP (lämpökerroin) ja SCOP (vuosilämpökerroin). Lämpökerroin kertoo missä suhteessa lämpöpumppu tuottaa

lämpöä suhteessa sähkönkulutukseen tietyissä olosuhteissa. Lämpöpumpun maksimilämpökertoimen voi laskea kaavalla Carnot-hyötysuhteesta, mutta todellisuudessa lämpöpumppujen tuotto on paljon pienempi. Lämpöpumput ja apulaitteet kuluttavat myös energiaa, eivätkä laitteet toimi 100 %:n hyötysuhteella, mikä alentaa lämpökerrointa. Vuosilämpökerroin kertoo lämpökertoimen koko lämmityskauden ajalta.

### 3.10 Älykäs lämmityksensäästö ja huoneilmaolosuhteet

Älykäs lämmityksensäästö on melko uusi järjestelmä Espoon Asuntojen asuin-kiinteistöjen lämmityksensäädössä. Espoon Asunnoilla ensimmäisiä kokeiluja älykkäästä lämmityksensäädöstä tehtiin 2016 aikana, testaamalla Leanheat -järjestelmän tarjoamaa älykästä lämmityksensäästöä. Perinteinen lämmityksensäästö säätää talon lämmitystä ulkolämpötilan mukaan. Älykkäässä lämmityksensäädössä huomioidaan huoneiden mitatut keskilämpötilat, sääennusteet, kysyntäjousto, tekoälyn hyödyntäminen sekä huipputehon leikkaus. [17]

Yksinkertaisimmillaan lämmitysprosessit ovat kuitenkin samat. Älykäs lämmityksensäästö ohjaa lämmitysverkoston toimilaitteita ja pyrkii optimoimaan lämmityksensäästöä muun muassa mittausdatan ja sääennusteiden perusteella, jolloin uusia laitteita ei välttämättä tarvita järjestelmän käyttöönottoa varten.

Espoon Asunnoilla on käytössä Fortum Smartliving-järjestelmä, jonka avulla pyritään parantamaan kustannustehokkaasti kiinteistöjen energiankulutusta. Smartliving-järjestelmä hyödyntää myös Leanheat-järjestelmän säädön optimointia. [5]

## 4 EnerKey-palvelu energiaohtamisen työkaluna

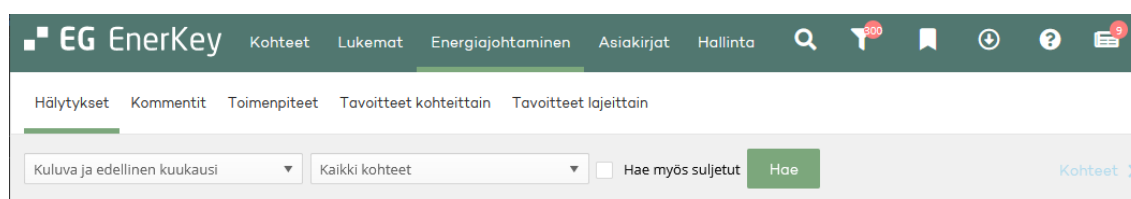
Espoon Asunnoilla otettiin 2020 käyttöön EnerKey-kulutuksenseuranta- ja energianhallintajärjestelmän. Järjestelmään saadaan automaattisesti tuntitasolla kulutustiedot kiinteistösähköstä sähkönsiirtoyhtiöltä sekä kaukolämmön kulutustieto kaukolämpöyhtiöltä. Vesimittareiden kulutustiedot kirjataan huoltoyhtiöiden

toimesta järjestelmään kuukausittain, kuten myös muut energiamittarit, joissa ei ole automaattiluentaa. Käsin luettavia mittareita ovat muun muassa maalämpöpumppujen sekä sähkökattiloiden energiamittarit.

EnerKey-järjestelmässä on myös työkaluja energiajohtamiseen työkaluja, joita ei aiemmin ole hyödynnetty. Aiemmin energiansäästötoimenpiteitä on kirjattu erillisiin taulukoihin ja muistoihin. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus perehtyä tarkemmin energianjohtamisen työkaluihin, parantaa energiansäästötoimenpiteiden seurantaan sekä muodostaa selkeämpi kokonaisuus energiasäästötoimenpiteiden vaikutuksista.

## 4.1 Energiajohtamisen työkalut

EnerKey-järjestelmän energiajohtamisvälilehti voidaan jakaa eri osioihin, joihin kaikkiin tutustuttiin opinnäytetyön aikana. Energiajohtamisen osa-alueet EnerKey-järjestelmässä on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. EnerKey-järjestelmän energiajohtamisen perusnäkökulma.

### 4.1.1 Hälytykset

Energiajärjestelmän hälytykset ovat olennainen osa energiajohtamisen toimintaa, jonka avulla muutoksiin pitäisi pystyä reagoimaan nopeasti. EnerKey-järjestelmän yksi havaittu ongelma oli huonosti asetetut hälytysrajat. Opinnäytetyön yksi tavoite oli löytää ratkaisuja paremmille hälytysrajoille. Hälytyksiä tulee nykyisin liian paljon, ja tärkeät hälytykset, jotka vaativat toimenpiteitä, on haastavaa erotella turhista hälytyksistä.

Hälytyksiä pystytään asettamaan muun muassa lämmitykselle, vedenkulutukselle sekä sähkölle. Hälytykset voidaan välittää huoltoyhtiölle, isännöitsijälle, kiinteistöjohtolle tai muulle halutulle henkilölle. Oleellista olisi, että turhia hälytyksiä ei menisi eteenpäin. Espoon Asunnoille on määritetty kulutuksen muutoksesta hälytysrajat sähkölle, vedelle sekä kaukolämmölle. Kuvassa 6 on esitetty tällä hetkellä järjestelmässä olevia aktiivisia hälytyksiä.

<input type="checkbox"/>	Hälytyksen tyyppi	Kohteen nimi	Mittarin nimi	Mittarin ID	Laji	Tila	Aktiivinen	Hälytysaika
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Kotikyliäntie 5	Sähkö kp. 39265	201439	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Päivänkakarantie 1-2	Sähkö PT2, kp. 46050	203296	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Isonjärvenpää 3 ja 4	Virtuaalinen kiinteistösähkö	202848	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Lansapurontie 1	Sähkö kp. 87497	201521	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Vallikavanto 1	Sähkö kp. 104311	201286	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Karakalliontie 1	Sähkö kp. 79428	201450	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.10
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Lehtikaskentie 9	Sähkö kp. 35819	201485	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.10
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Kirjanpitäjänkuja 7	Sähkö kiinteistö kp. 6780348	201328	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	26.9.2022 6.05
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Hyyjelähdentie 14	Sähkö kp. 45654	201550	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	19.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Lansapurontie 1	Sähkö kp. 87497	201521	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	19.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Kalastajankmäki 1	Sähkö kp. 50475	201540	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	19.9.2022 6.11
<input type="checkbox"/>	Kulutuksen muutos (vko)	Karakalliontie 1	Sähkö kp. 79428	201450	Sähkö	<span style="color:red">●</span> <span style="color:gray">○</span> <span style="color:gray">○</span>	✓	19.9.2022 6.11

Kuva 6. EnerKey-järjestelmässä olevat aktiiviset hälytykset.

#### 4.1.2 Toimenpiteet ja kommentit

Järjestelmään voidaan kirjata kiinteistökohtaisesti kommentteja (kuva 7, s. 14–15). Kommenttien kirjaus olisi viisasta tehdä esimerkiksi isojen korjausten alkaessa, jolloin kulutusmuutokset olisi helpompi yhdistää korjauksiin. Energiansäästötoimenpiteet on tarkoitus kirjata EnerKey -järjestelmään, jotta toimenpiteiden vaikutusta voidaan seurata paremmin.

LISÄÄ
✕

**Perustiedot**

Toimenpiteen kohde \*

Suorita valinta...

---

**Tyyppi \***

Kommentti, energiankulutus

Kommentti, muu

Kommentti, energiankulutus

Energiansäästö

Muu luon energiansäästö

Ympäristöinevointi

Muu toimenpide

Katselmuks

**Tila \***

Lisäselvitystä ei vaadita

**Vaikutus päättyy**

**Omistaja**

**Kuvaus**

Tallenna

Kuva 7. EnerKey-järjestelmään lisättäviä kommentteja ja toimenpiteitä.

#### 4.1.3 Energiasäästötoimenpiteet EnerKey-palvelussa

Energiasäästötoimenpiteiden kirjaus EnerKey-palveluun voidaan tehdä joko yksittäisinä lisäyksinä tai tuomalla tiedot suoraan Excel-tiedostosta. Energiasäästötoimenpiteitä varten tarvitaan perustiedot toimenpiteestä, toimenpideluokitus eli onko toimenpide käyttökenninen- vai tekninen, investointitiedot sekä raportointitiedot siitä, mille vuodelle toimenpide on kirjattu ja raportoitu.

## 5 Energiatoimenpiteiden kartoitus

Energiatoimenpiteiden kartoituksessa on tarkoitus selvittää, mitä energiantehokkuustoimenpiteitä on tehty Espoon Asuntojen kiinteistöille vuosien 2017–2021 aikana. Tehdyistä toimenpiteistä tehdään yhteinen listaus ja toimenpiteet kirjaan EnerKey-järjestelmään. Selvitys tehtiin selvittämällä projektipäälliköiden toteutustapoja, ylläpidon toimintaa, dokumentointia sekä tarkastelemalla vanhoja VAETS-raportteja. Energiasäästölaskennassa käytetään energiatehokkuussovimusten ohjeistuksen mukaisia laskentakaavoja [18].

### 5.1 Ikkunoiden uusiminen

Ikkunoiden uusimisella parannetaan ikkunoiden U-arvoa ja pienennetään lämpöhäviöitä. Säästön laskenta tehdään karkealla tavalla olettamalla, että sisälämpötila pysyy koko ajan samana, ja käyttämällä ulkolämpötilan vuoden keskiarvoa lämmityskaudelta. Sisäisiä lämpökuormia ja auringon säteilyä ei oteta laskennassa huomioon. Lopullinen säästö saadaan vähentämällä vanhojen ikkunoiden johtumishäviöt uusien ikkunoiden johtumishäviöistä. Samaa kaava hyödynnetään myös ulko-ovien uusinnan laskennassa. Kaavoissa 1–3 on esitetty ikkunoiden uusimisen säästön laskenta.

$$\text{Kulutus ennen (MWh/a)} = \left( U_e \cdot A_e \cdot (T_s - T_u) \cdot \frac{8760}{1000000} \right) \quad (1)$$

$$\text{Kulutus jälkeen (MWh/a)} = \left( U_j \cdot A_e \cdot (T_s - T_u) \cdot \frac{8760}{1000000} \right) \quad (2)$$

$$\text{Säästö (MWh/a)} = \text{Kulutus ennen} - \text{kulutus jälkeen} \quad (3)$$

$U_e$  on U-arvo ennen ikkunoiden uusintaa

$U_j$  on U-arvo ikkunoiden uusinnan jälkeen

$A_e$  on Ikkunoiden pinta-ala

$T_s$  on sisälämpötila

$T_u$  on ulkolämpötilan vuoden keskiarvo

Espoon Asunnoilla ikkunoiden uusiminen tehdään korjausohjelman mukaisena toimenpiteenä. Yleensä ei ole tarkkoja tietoja ikkunapinta-alasta eikä U-arvoista. Laskennassa käytetään tällöin oletusta, jossa ikkunoiden pinta-ala on 17 %. U-arvoina laskennassa käytetään tyypillisiä arvoja, mitä kyseisenä ajanjaksona on käytetty (taulukko 1, s. 5). Uusien ikkunoiden U-arvot ovat yleensä tiedossa. Laskennassa käytetyt arvot kirjataan myös energiansäästötoimenpiteisiin, jotta voidaan myöhemmin arvioida tarkemmin toimenpiteiden vaikutuksia. Myös parvekeovien uusinta lasketaan samalla tavalla johtumishäviöiden laskennalla.

## 5.2 Lämmönjakokeskuksen uusiminen

Kaukolämpölaitteiden uusinta tehdään tyypillisesti noin 20–25 vuoden välein, kun laitteiston tekninen käyttöikä tulee täyteen [9]. Kaukolämpölaitteet ja tilausvesivirrat ovat usein ylimitoitettuja, jolloin energiansäästöjä voidaan saada mitoittamalla laitteet oikein [19]. Myös usein uusimmissa lämmönjakokeskuksissa on energiatehokkaammat ja hyötysuhteeltaan paremmat kiertopumput kuin vanhoissa järjestelmissä.

Espoon Asunnoilla lämmönjakokeskuksen uusiminen on korjausohjelman mukainen toimenpide. Yleensä lämmönjakokeskuksen uusimiseen yhdistetään myös lämmitysverkoston perussäätö, jolloin järjestelmä saadaan toimimaan oikein. Lämmönjakokeskuksen uusimisessa tehdään uudet suunnitelmat, joissa

lämmitysjärjestelmistä mitatut lämpötilat ovat perusteena uusien lämpötilojen määrityksessä ja jotka hyväksytään lämmönmyyjällä. Suunnitelmien perusteella pyydetään urakoitsijoilta tarjoukset ja valitaan sopiva urakoitsija. Urakoitsija kilpailuttaa lämmönjakokeskuksen laitehankinnat ja hankkii uudet laitteet.

Osana lämmönjakokeskuksen uusimisesta saatavaa energiansäästöä, tutkittiin ylläpidon avulla lämmönjakokeskuksen uusimisprosessin dokumentointia. Useassa kohteessa havaittiin, ettei vanhoja tietoja ollut dokumentoitu ja myös uusia dokumentteja puuttui, vaikka suunnitelmien pitää olla hyväksytyt lämmönmyyjällä ennen toteutusta. Taulukossa 2 s. 17–18 on esitetty 2021 vuoden lämmönjakokeskuksen uusimistyöt. Kolmen kohteen kohdalla on vaadittu lisäselvityksiä loppudokumenttien puutteista. Näistä kohteista jäi epäselväksi, onko lämmönjakokeskusten uusiminen saatu toteutettua korjausohjelman mukaan vai olivatko työt vielä kesken. Perussäädöistä löytyi dokumentit, mutta kaukolämpöpaketin uusimisesta ei löytynyt. Energiatoimenpiteiden kannalta olisi tärkeää myös huomioida, milloin työt saadaan valmiiksi.

Taulukko 2. Lämmönjakokeskusten uusiminen vuonna 2021. Tyhjiä kohtia, ei löytynyt dokumenteista. (LKV=lämmin käyttövesiverkosto, PV=patteriverkosto, IV=ilmanvaihtoverkosto, PS=perussäätö, KL=kaukolämpökeskuksen uusiminen)

Osoite	Lämmönjakokeskuksen pumppujen teho [kW] (vanhat laitteet)			Lämmönjakokeskuksen pumppujen teho [kW] (uudet laitteet)			Työ
	LKV teho	PV teho	IV teho	LKV teho	PV teho	IV teho	
Auroranmäki 3	0,12	0,4		0,09	0,16		PS+KL
Huvilinnanpiha2/ Huvil.mäki 5							PS+(KL)
Lakiaukio 3	0,14	0,25		0,12	0,16		PS+KL
Löydösmäki 8				0,09	0,16		PS+KL
Numersinkatu 1				0,09	0,44	0,16	PS+KL



Postipuuntie 8	0,063	0,11					PS+(KL)
Ullanmäentie 11	0,14	0,13		0,09	0,16	0,16	PS+KL
Alaniitynmäki 1							PS+(KL)
Eestinmalmintie 40	0,22	0,25		0,09	0,44		PS+KL
Myntinsyrjä 10				0,09	0,16		PS+KL
Oxfotintie 3				0,09	0,09		PS+KL

### 5.3 Lämmitysverkoston perussäätö

Lämmitysverkoston perussäädössä on ajatuksena vähentää asuntojen yllämmitystä ja varmistaa, ettei verkoston lämpötiloja ole tarvetta asetella kylmimpien asuntojen mukaan. Säästöpotentiaali riippuu siis paljon myös lähtötilanteesta. Karkeasti voidaan arvioida, että 1,5°C:n lämpötilan aleneminen tarkoittaisi noin 7 %:n säästöä [18]. Espoon Asunnoilla on käytössä Smartliving-järjestelmä, jossa jokaiseen asuntoon on asennettu huonelämpötila-anturi. Mittauksilla voidaan myös hieman tarkemmin tarkastella tasapainotuksen onnistumista. Smartliving-järjestelmä pyrkii myös pitämään asuntojen keskilämpötilan halutussa asetusarvossaan.

Lämmitysverkoston perussäädön energiansäästöä tarkasteltiin 7 %:n säästöolettamalla. Lämmintä käyttövedtä ei ole erikseen mitattu Espoon Asunnoilla, joten lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutuksen arviointiin käytetään Motivan ohjeistusta: Jos lämmitys ei ole päällä kiinteistössä, lämpimän käyttöveden energiankulutuksen osuus, kiertohäviöt mukaan lukien, voidaan arvioida kesä-elokuun keskimääräisen kulutuksen perusteella [20].

### 5.4 Huippuimurien uusiminen

Huippuimurien eli poistopuhaltimien uusimisella voidaan saada sähköenergian säästö, kun vanha puhallin vaihdetaan uudempaan paremmalla hyötysuhteella toimivaan puhaltimeen.

Energiatehokkuussopimuksien mukaan laskentaan voidaan käyttää yksinkertaistettua kaavaa, jos moottorin ottoteho on mitattu ja moottorista otettu akseliteho ei muutu (kaava 4).

$$\text{Säästö} \left( \frac{\text{MWh}}{a} \right) = \left( \frac{P_{\text{otto}} - (P_{\text{otto}} \cdot \eta_{\text{vanha}})}{\eta_{\text{uusi}}} \right) \cdot \frac{\text{käyntiaika}}{1000} \quad (4)$$

$P_{\text{otto}}$  on vanhan moottorin ottama teho (kW)

$\eta_{\text{vanha}}$  on vanhan moottorin hyötysuhde (%)

$\eta_{\text{uusi}}$  on uuden moottorin hyötysuhde (%)

$\text{käyntiaika}$  on moottorin käyttöaika vuodessa tunteina (h)

Poistopuhaltimia käytetään asuinkerrostaloissa muun muassa saunan, pesulan, alustatilan, ulkovarastojen sekä asuntojen ilmanvaihdossa. Uudemmissa kerrostaloissa voi poistopuhaltimien tilalla olla lämmöntalteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmanvaihto. Käyttötunnit myös jakautuvat usein käyttötarkoituksen mukaan. Asuntojen poistopuhaltimien pyörimisnopeutta suurennetaan tyypillisesti 1–3 h:n ajanjaksoissa kolme kertaa päivässä. Saunan poistoilmapuhaltimet käyvät normaalisti puoliteholla ja näitä tehostetaan, kun saunat laitetaan päälle sekä saunomisen jälkeen jälkitechostukselle. Joissain tapauksissa voi olla myös tehostuskytkimiä, kuten keittiöiden liesituulettimissa, joilla asukkaat voivat tehostaa ilmanvaihtoa.

Poistoilmapuhaltimien energiansäästön kartoituksessa havaittiin, että tarkka laskenta on haastavaa puutteellisten lähtötietojen takia. Yleisesti vaihdettaessa puhaltimia, vanhojen sekä uusien puhaltimien verkosta ottamaa tehoa ei ole mitattu. Laskennassa joudutaan käyttämään vanhoja arvoja, jotka löytyivät vanhoista raporteista. Energiansäästöjä tarkastellaan opinnäytetyössä myöhemmin, jolloin voidaan arvioida laskentamenetelmien tarkkuutta paremmin. Laskentavaiheessa havaittiin kuitenkin jo, että STEC-3 poistopuhaltimen täysiteho on yllättävän korkea verrattuna muihin mikä on syytä huomioida myös tuloksia tarkastellessa. Taulukossa 3 s. 20 on esitetty arvot, joita käytetään energiansäästön laskemiseen.

Taulukko 3. Huippuimureiden verkosta ottamat tehot energiansäästölaskentaa varten

	STEC-1		STEC-2		STEC-3		STEC-4	
	1/1 [kW]	1/2 [kW]	1/1 [kW]	1/2 [kW]	1/1 [kW]	1/2 [kW]	1/1 [kW]	1/2 [kW]
Vanha puhallin	0,13	0,03	0,14	0,05	0,75	0,17	0,48	0,09
Uusi puhallin	0,02	0,01	0,09	0,02	0,26	0,05	0,40	0,06

### 5.5 Valaistuksen uusiminen

Ulkovalaistuksen käyttö on tyypillisesti rajoitettu asuinkerrostaloissa klo 09–15 välillä, ja muulloin valaistus toimii ulkovaloiskyttimeen tai anturin avulla. Vanhemmissa kiinteistöissä ulkovalo-ohjaukset voi olla toteutettu valoiskyttimeen avulla, tietoa ei viedä erikseen automaatioon. Uusissa kiinteistöissä on valoisuusanturi, jonka avulla voidaan muuttaa valojen sytytys- ja sammutusrajoja tarpeen mukaan automaatiosta. Valaistuksen energiansäästö saadaan vaihtamalla vanha valaistus energiatehokkaampaan LED valaistukseen. Kaavassa 5 on esitetty energiatehokkuussopimusten esimerkkilaskenta valaistuksen uusimisen energiansäästöistä.

$$\text{Säästö} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right) = (P_{\text{vanha}} - P_{\text{uusi}}) \cdot T_{p.\text{käyttöaika}} \cdot T_{\text{arkipäivät}} \quad (5)$$

$P_{\text{vanha}}$  on vanhan valaistuksen teho (kW)

$P_{\text{uusi}}$  on uuden valaistuksen teho (kW)

$T_{p.\text{käyttöaika}}$  on päivittäinen käyttöaika (h/vrk)

$T_{\text{arkipäivät}}$  on työpäivien määrä (vrk/a)

## 5.6 Hissien uusiminen

Hissien uusimisesta löytyi hyvin vähän dokumentaatiota laitteista ja energiansäästöstä. Espoon Asunnoilla ei myöskään ole aiemmin mitattu hissien energiankulutusta ennen ja jälkeen hissien uusinnan, joten tarkkaa tietoa ei ole saatavilla siitä, miten paljon energiaa näissä voidaan säästää laskennallisesti. KONE-yhtiön verkkosivuilla on esitetty, jopa 90 % energiatehokkaampia hissejä 1990-luvun hisseihin verrattuna, joten tarkempi tarkastelu tässä voisi olla aiheellista [21]. Hissien uusimisen energiansäästö lasketaan VAETS-tyyppitoimenpiteiden perusteella ja tarkempi tarkastelu tehdään vertaillen mitattuja säästöjä. Kaavassa 6 [22] on esitetty energiansäästön laskenta hissien uusimisesta.

$$\text{Säästö} \left( \frac{\text{MWh}}{a} \right) = \text{hissien määrä} \cdot (P_{\text{vanha}} - P_{\text{uusi}}) \quad (6)$$

$P_{\text{vanha}}$  on vanhan hissien kuluttama energia (MWh/a)

$P_{\text{uusi}}$  on uuden hissien kuluttama energia (MWh/a)

## 5.7 Älykäs lämmityksensäätö

Älykään lämmityksensäädön raportoidaan säästävän 7 % lämmitysenergiasta. Tämä perustuu palveluntarjoajan ilmoittamaan keskimääräiseen säästöön, joka älykkään lämmitysjärjestelmän käyttöönotolla on saatu pilotti-kohteissa. Lämmitysenergian säästö perustuu siihen, että rakennuksen menoveden lämmityskäyrää ei ole optimoitu riittävästi, jolloin kiinteistössä on yllämmitettyjä asuntoja. Älykäs lämmityksensäätö tarjoaa myös muita ominaisuuksia, mutta nämä eivät suoraan tarjoa energiansäästöä.

## 5.8 Energiatoimenpiteiden kirjaus

Energiansäästötoimenpiteitä kartoittaessa tuli vastaan useita haasteita. Osassa energiansäästötoimenpiteistä lähtötiedot olivat puutteellisia, ja laskelmia joutui osittain tekemään tietyillä oletuksilla. Laskentakaavat dokumentoitiin kuitenkin kirjauksia tehdessä, jotta voidaan tulosten analysoinnin jälkeen myös muokata

lukemia. Energiansäästötoimenpiteet kirjattiin aluksi Excel-taulukkoon, jotta energiansäästötoimenpiteet voidaan syöttää massasyöttönä EnerKey-järjestelmään.

Itse toimenpiteiden syöttäminen EnerKey-järjestelmään on melko mutkatonta, mutta vaati silti perehtymistä järjestelmän ohjeisiin. Järjestelmä vaatii oman Energia ID:n toimenpiteiden syöttämiselle, eikä sitä ollut valmiiksi tiedossa. Energia ID saatiin kuitenkin linkitettyä melko vaivattomasti kiinteistön osoitteisiin.

Tämän jälkeen järjestelmään piti vielä perehtyä lisää ja muokata myös ryhmitteilyt ja luokat EnerKey-järjestelmän ohjeiden mukaiseksi. Hieman hämmennystä aluksi aiheutti, että massasyöttölomake, johon syötetään energiansäästötoimenpiteet, on erilainen kuin taulukko, minkä järjestelmästä saa tulostaessa energiansäästötoimenpiteet Excel taulukkoon.

## 5.9 Energiansäästötoimenpiteet EnerKey-järjestelmässä

Energiansäästötoimenpiteiden kirjaamisen jälkeen. Energiansäästötoimenpiteitä pystytään katsomaan EnerKey palvelusta (kuva 8).

Toimenpiteen kohde	Otsikko	Kuvaus	Viloksi mu...	Lisätty	Tyyppi	Toteutusvaihe	Tila	Vaikutus alkua	Kategoria
Toimenpiteen kohde: Aallinkohina 1-3									
<input type="checkbox"/>	Aallinkohina 1-3	Sähkömoottorin uusiminen	Huippumureiden uusiminen. Käyttöajat lasketaan käyttötärkoit...	1.1.2019 2.00	8.11.2022 14.12	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2020
Toimenpiteen kohde: Aallontate 1 ja 4									
<input type="checkbox"/>	Aallontate 1 ja 4	Lämmitysverkoston perussäätö	Lasketaan oletuksena nyrkkisäännöllä 1,5C lämpötilan alenema...	1.1.2020 2.00	8.11.2022 14.11	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2021
<input type="checkbox"/>	Aallontate 1 ja 4	Sähkömoottorin uusiminen	Huippumureiden uusiminen. Käyttöajat lasketaan käyttötärkoit...	1.1.2020 2.00	8.11.2022 14.11	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2021
<input type="checkbox"/>	Aallontate 1 ja 4	Älykäs lämmityksensäätö	Leanheat käyttöön. 7% oletama lämmityskustannusten säästöL...	1.1.2019 2.00	8.11.2022 14.12	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2020
<input type="checkbox"/>	Aallontate 1 ja 4	Älykäs lämmityksensäätö	Leanheat käyttöön. 7% oletama lämmityskustannusten säästöL...	1.1.2019 2.00	8.11.2022 20.13	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2019
Toimenpiteen kohde: Aallontate 6									
<input type="checkbox"/>	Aallontate 6	Sähkömoottorin uusiminen	Huippumureiden uusiminen. Käyttöajat lasketaan käyttötärkoit...	1.1.2021 2.00	8.11.2022 14.09	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2022
<input type="checkbox"/>	Aallontate 6	Sähkömoottorin uusiminen	Huippumureiden uusiminen. Käyttöajat lasketaan käyttötärkoit...	1.1.2019 2.00	8.11.2022 14.12	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2020
<input type="checkbox"/>	Aallontate 6	Älykäs lämmityksensäätö	Leanheat käyttöön. 7% oletama lämmityskustannusten säästöL...	1.1.2019 2.00	8.11.2022 20.13	Energiansäästö	Toteutettu	🟢🟢🟢	1.1.2019
Toimenpiteen kohde: Adjutantinkatu 5									

Kuva 8. Energiansäästötoimenpiteet EnerKey-järjestelmässä.

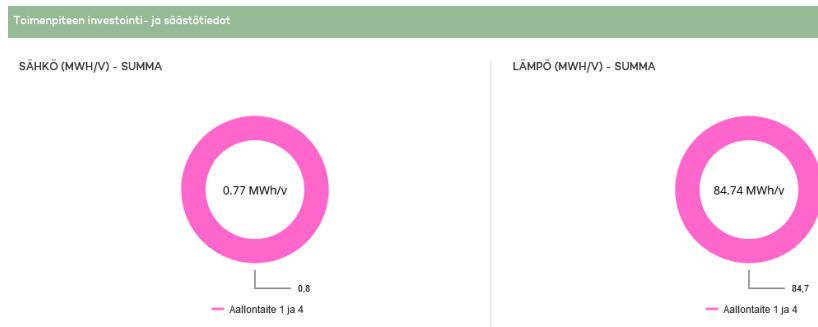
Energiansäästötoimenpiteiden tarkastelua voidaan tehdä usealla eri tavalla. Energiansäästötoimenpiteitä voidaan suodattaa muun muassa kohteen osoitteen tai toimenpiteen mukaan. Massasyöttölomakkeella ei ole mahdollista syöttää jokaista kenttää, joka toimenpiteelle on mahdollista laittaa, eli mahdolliset lisätiedot on syötettävä käsin järjestelmään. Myös yksi suuri ongelma havaittiin toimenpiteiden syöttämisen jälkeen. Järjestelmästä ei ole mahdollisuutta poistaa massana energiansäästötoimenpiteiden kirjauksia, vaan korjaukset on tehtävä yksitellen jokaiselle toimenpiteelle. Vaihtoehtona on muokata toimenpidettä tai sitten poistaa toimenpiteet yksitellen. Poistamisen jälkeen voidaan toimenpiteet lisätä järjestelmään oikeilla tiedoilla.

Energiansäästötoimenpiteitä on myös mahdollista tarkastella erilaisilla kaavioilla EnerKey-järjestelmässä (kuvat 9 ja 10 s. 23–24), mutta kaavioista ei saatu tarvittavia tietoja energiansäästötoimenpiteiden analysointia varten. Järjestelmä ei selkeästi kerro, mitä kyseiset kuvat esittävät ja missä yksiköissä. Myös energiamuotojen erittely on hieman epäselvää.



Kuva 9. Energiansäästötoimenpiteen visualisointi säästön mukaan.

EnerKey-järjestelmästä on mahdollista viedä energiansäästötoimenpiteet ja kiinteistöjen kulutustiedot Excel-tiedostoihin, joten opinnäytetyössä energiansäästötoimenpiteiden jatkoanalyysi on helpompi toteuttaa Excel-ohjelmistossa pivot-taulukkojen avulla.



Kuva 10. EnerKey-järjestelmän visualisointi sähkö- ja lämmitysenergian kulutukselle.

Tarkastellessa energiatoimenpiteiden vaikutusta kiinteistökohtaisesti, EnerKey-järjestelmän kaikki toiminnot eivät heti löytyneet järjestelmästä. Aluksi näytti siltä, että vain veden ja sähkönkulutukselle saadaan tavoitearvot toimenpiteistä (kuva 11). Katkoviivan on tarkoitus kuvata tavoiteltua energiansäästöä, joka on energiansäästötoimenpiteissä järjestelmään syötetty.



Kuva 11. EnerKey energiansäästötoimenpiteistä johdetut tavoitteet. Johdetut tavoitearvot ovat energiansäästötoimenpiteistä lasketut tavoitearvot.

EnerKey-järjestelmän teknisen tuen avulla saatiin selville, että lämmitysenergian tavoitearvot näkyvät vain omassa lämmitysosiassa (kuva 12 s. 25). Tavoitelukemat eivät silti näytä olevan oikein. Kohteessa Aallontaite 1–4 on tehty energiansäästötoimenpiteitä vuosina 2019–2021, joilla laskennallinen säästö on 64,7 MWh/v. EnerKey-järjestelmän mukaan tavoitetaso on laskettu vuodelle

2022 42 MWh/v ja vaikutus laskettu vain vuoden 2022 ensimmäisille kuukausille, vaikka toimenpide vaikuttaa pidemmälle ajalle, eli tavoitetasot eivät näytä oikein. Teknisen tuen kanssa asiaa käytiin läpi, ja mahdollisesti tämä johtuu siitä, miten tiedot on syötetty järjestelmään. Tähän ei kuitenkaan käytetty aikaa sen enempää, koska energiansäästötoimenpiteiden tärkeämpi tarkastelu tehdään Excel-taulukoiden avulla.



Kuva 12. EnerKey toimenpiteistä johdetut tavoitteet lämmitykselle.

EnerKey-järjestelmän avulla ei pystytty tekemään tarvittavan hyvin kiinteistöjen kulutustietojen analysointia, joten toimenpiteiden tarkasteltua varten päätettiin käyttää Excel-ohjelmistoa. EnerKey-järjestelmästä vietiin taulukkoihin kiinteistöjen energiankulutus sekä energiansäästötoimenpiteet. Excelin Power Query-editorilla taulukot saadaan muokattua helpommin analysoitavaan muotoon. Kiinteistöjen Energia ID:tä hyödynnettiin yhdistämään energiankulutus sekä energiansäästötoimenpiteiden taulukot (kuva 13).

Energia ID	Nimi	Sijainti	Viemäki muokattu	Ulkä	Tyyppi	Toteutusaika	
216661	Ulköhauteite 2	Ikkinuiden uusiminen	Talo A- ja Talo B. U-arvot uusille ikkunoille 0,99. Vanhat ikkunat oletus...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu
216663	Finnoonte 12	Ulkö-ovien uusiminen	Vanhä U-arvo 1,4. Uusi U-arvo 0,7. Ulkösämpöille ka 0, sisäämpöille 2...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu
216654	Aurorasäki 3	Lämmitysverkoston perussäätö	Lasketaan oletuksena nyrkkisäännöllä 1,5C lämpötilan alenemalla saad...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu
216709	Aurorasäki 1	Lämmitysverkoston perussäätö	Lasketaan oletuksena nyrkkisäännöllä 1,5C lämpötilan alenemalla saad...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu
216740	Estinlaakso 10	Lämmitysverkoston perussäätö	Lasketaan oletuksena nyrkkisäännöllä 1,5C lämpötilan alenemalla saad...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu
216560	Estinlaakso 20	Lämmitysverkoston perussäätö	Lasketaan oletuksena nyrkkisäännöllä 1,5C lämpötilan alenemalla saad...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu
216618	Huulinanpaha 2/Huulinmäki 5	Lämmitysverkoston perussäätö	Lasketaan oletuksena nyrkkisäännöllä 1,5C lämpötilan alenemalla saad...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu
216527	Isehällintote 4	Lämmitysverkoston perussäätö	Lasketaan oletuksena nyrkkisäännöllä 1,5C lämpötilan alenemalla saad...	2.1.2022 2.00.00	8.11.2022 14.09.42	Energiansästö	Toteutettu

Kuva 13. Yhdistetty taulukko Power Query-editorissa.



Yhdistetyn taulukon jälkeen muodostettiin pivot-taulukko, josta on nähtävissä muun muassa jokainen kiinteistö, johon on tehty energiansäästötoimenpiteitä, energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset sekä kiinteistöjen kulutus (kuva 14).

Rivotsikot	.T.Säästö.Lämpö (MWh/v)	Säästö.Sähkö (MWh/v)	Sähkö 2018 [kWh]	Sähkö 2019 [kWh]	Sähkö 2020 [kWh]	Sähkö 2021 [kWh]	Sähkö 2022 [kWh]	Norm.Kaukolämpö 2018 [MWh]	Norm.Kaukolämpö 2019 [MWh]	N
1.1.2018	2513,09	163,71	5445261,17	5287805,12	4885967,669	5039271,15	4146222,389	51072,75029	51147,90214	
Ikkunoiden uusiminen	121,97		147275,43	131553,23	123637,5719	119256,76	87568,12	942,1636227	1022,846067	
Maapallonkatu 3	85,74		57865,06	56361,9	44269,4919	48447,54	53488,94	786,7852895	829,8404201	
Soukanahde 6	38,23		89412,37	75191,33	79368,08	70809,22	34079,18	155,3773333	193,2056472	
Lämmitysverkoston perussäätö	520,9		1188072,23	1157876,64	1077422,775	1117549,03	936518,5476	10486,82968	10233,42007	
Seinien lisieristäminen	49,94		89412,37	75191,33	79368,08	70809,22	34079,18	155,3773333	193,2056472	
Sähkötönnön uusiminen		162,88	1480056,48	1452805,54	1349658,847	1393737,89	1170086,349	13823,52559	13683,00257	
Valaistuksen muutos		0,83	49200,45	52647,78	47506,62	55725,12	46431,07857	1360,748393	1278,891451	
Yläpohjan lisieristäminen	10,92		89412,37	75191,33	79368,08	70809,22	34079,18	155,3773333	193,2056472	
Älykäs lämmityksensäätö	1809,36		2401831,84	2342539,27	2129005,695	2211383,91	1837459,934	24149,22834	24543,3307	
1.1.2019	6505,340643	572,2667	15961103,46	15652284,51	14819174,96	15070974,83	12319212,65	129811,8408	128096,1024	
1.1.2020	419,736656	919,75	5694499,863	5432964,522	5014131,955	5015820,82	4304999,669	53824,44613	54133,17557	
1.1.2021	251,28	125,26	5178913,357	5067278,022	4793173,851	4853259,08	4053799,217	47567,89335	47105,71219	
1.1.2022	975	99,32	5146062,31	5072866,281	4777785,152	4701946,13	3892163,659	53504,01307	53765,86688	
Kaikki yhteensä	10664,4473	1880,3067	37425840,16	36513198,45	34290233,59	34681272,01	28716397,59	335778,9437	334248,7592	

Kuva 14. Energiansäästötoimenpiteiden ja energiankulutuksen pivot-taulukko.

Pivot taulukon avulla voidaan tarkastella tarkasti energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksia. Tässä työssä ei käydä läpi kaikkia mahdollisuuksia. Kulutuksia olisi kuitenkin mahdollista tarkastella muun muassa rakennusvuoden, lämmitysmuodon, ilmanvaihtotavan, tilavuuden mukaan tai eri ominaisuuksien yhdistelmänä.

Rakentamisluvan aikana voimassa olleet rakentamismääräykien vähimmäistosit ja kiinteistöllä oleva talotekniikka vaikuttavat molemmat oleellisesti kiinteistöjen energiatehokkuuteen, joten taulukosta pyrittiin tekemään mahdollisimman monipuolinen. Tässä työssä ei käydä kaikki mahdollisuuksia läpi. Kuvassa 15 s. 27 on esitetty yksi esimerkki, miten kohteita on mahdollista tarkastella.

Esimerkissä lämmitysmuodoksi on määritelty kaukolämpö. Ilmanvaihtojärjestelmä kiinteistöissä on koneellinen poisto. Rakennukset ovat rakennettu 1970-luvulla ja niiden bruttotilavuus on 9 000–10 000m<sup>3</sup>. Kuvassa on myös esitetty, mitä energiansäästötoimenpiteitä kiinteistöihin on tehty, ja milloin kyseisten energiansäästötoimenpiteiden vaikutus alkaa.

Rivotsäkö	Säästö lämpö [MWh/v]	Säästö sähkö [MWh/v]	Sum of Normitettu Kaukolämpö [MWh] 2017	Sum of Normitettu Kaukolämpö [MWh] 2018	Sum of Normitettu Kaukolämpö [MWh] 2019	Sum of Normitettu Kaukolämpö [MWh] 2020
☑ Kirstinharju 7	38,92	5,31075	1137,128936	1079,135866	1096,916442	997,9570128
☑ 1.1.2018	38,92		568,5644681	539,5679331	548,4582209	498,9785064
Älykäs lämmityksensäätö	38,92		568,5644681	539,5679331	548,4582209	498,9785064
☑ 1.1.2019		5,31075	568,5644681	539,5679331	548,4582209	498,9785064
Sähkömoottorin uusiminen		5,31075	568,5644681	539,5679331	548,4582209	498,9785064
☑ Kultileikku 2	31,78		463,3263498	451,8261974	430,6946272	440,8357538
☑ 1.1.2019	31,78		463,3263498	451,8261974	430,6946272	440,8357538
Älykäs lämmityksensäätö	31,78		463,3263498	451,8261974	430,6946272	440,8357538
☑ Kuunsäde 4	30,8	4,01	903,1767298	891,4296887	837,5788247	813,282597
☑ 1.1.2019	30,8		451,5883649	445,7103444	418,7894124	406,6412985
Älykäs lämmityksensäätö	30,8		451,5883649	445,7103444	418,7894124	406,6412985
☑ 1.1.2020		4,01	451,5883649	445,7103444	418,7894124	406,6412985
Sähkömoottorin uusiminen		4,01	451,5883649	445,7103444	418,7894124	406,6412985
☑ Käntöpiiri 4	30,73	37,4	898,7927606	905,5902745	878,3036073	888,9002446
☑ 1.1.2019	30,73		449,3963803	452,7991372	439,1518036	444,4501223
Älykäs lämmityksensäätö	30,73		449,3963803	452,7991372	439,1518036	444,4501223
☑ 1.1.2020		37,4	449,3963803	452,7991372	439,1518036	444,4501223
Sähkömoottorin uusiminen		37,4	449,3963803	452,7991372	439,1518036	444,4501223
<b>Käikki yhteensä</b>	<b>132,23</b>	<b>46,72075</b>	<b>3402,424776</b>	<b>3327,981027</b>	<b>3241,491501</b>	<b>3140,975608</b>

Kuva 15. Esimerkki lämmitys- ja sähköenergian säästöistä, kun tarkastelu tehdään lämmitysmuodon, ilmanvaihtojärjestelmän, rakennusvuoden sekä bruttolavuuden mukaan.

## 5.10 Energiansäästötoimenpiteiden analysointi

Energiansäästötoimenpiteistä tehdyllä pivot-taulukolla luotiin yhteenveto tehdyistä energiansäästötoimenpiteistä ja saaduista säästöistä (Taulukko 4 s. 27–28).

Taulukko 4. Energiansäästötoimenpiteet 2017–2021

Energiansäästötoimenpiteet 2017–2021				
Energiansäästötoimenpide	Vuosi	Määrä	Säästö Lämpö [MWh/v]	Säästö Sähkö [MWh/v]
Ikkunoiden uusiminen	2017	2	121,97	
Lämmitysverkoston perussäätö	2017	17	520,90	
Seinien lisäeristäminen	2017	1	49,94	
Sähkömoottorin uusiminen	2017	20		162,88
Valaistustehon muutos	2017	1		0,83
Yläpohjan lisäeristäminen	2017	1	10,92	
Älykäs lämmityksensäätö	2017	27	1809,4	

Ikkunoiden uusiminen	2018	1	10,74	
Lämmitysverkoston perussäätö	2018	5	110,6	
Sähkömoottorin uusiminen	2018	54		566,11
Valaistustehon muutos	2018	2		6,16
Älykäs lämmityksensäätö	2018	198	6384,0	
Ikkunoiden uusiminen	2019	1	108,32	
Lämmitysverkoston perussäätö	2019	10	280,90	
Sähkömoottorin uusiminen	2019	69		898,10
Valaistustehon muutos	2019	3		21,65
Älykäs lämmityksensäätö	2019	1	30,52	
Hissin uusiminen	2020	1		6,00
Ikkunoiden uusiminen	2020	1	77,18	
Lämmitysverkoston perussäätö	2020	5	110,30	
Lämmitysverkoston perussäätö (vanhat patteriventtiilit)	2020	2	42,30	
Sähkömoottorin uusiminen	2020	67		116,45
Ulko-ovien uusiminen	2020	1	6,80	
Valaistustehon muutos	2020	3		2,81
Yläpohjan lisäeristäminen	2020	1	14,70	
Hissin uusiminen	2021	5		30,00
Ikkunoiden uusiminen	2021	1	76,90	
Lämmitysverkoston perussäätö	2021	38	888,70	0,69
Sähkömoottorin uusiminen	2021	32		18,50
Ulko-ovien uusiminen	2021	1	9,40	
Valaistustehon muutos	2021	10		50,13
Yhteensä			10665	1880

Energiansäästötoimenpiteet järjesteltiin tämän jälkeen taulukoihin säästöjen vertailua varten. Pivot-taulukosta pystyy helposti hakemaan kiinteistöjen kulutustiedot ja säästöt kyseiselle vuodelle. Energiantehokkuustoimenpiteitä oli tehty 271 kiinteistöön ja kyseisten kiinteistöjen energiankulutukset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Energiankulutus kiinteistöistä (n=271 kpl), joihin on tehty energiantehokkuustoimenpiteitä 2016–2021

<b>Energiankulutus kiinteistöistä, joihin on tehty energiantehokkuustoimenpiteitä 2017–2021 (271 kpl)</b>			
<b>Vuosi</b>	<b>Sähkö [MWh]</b>	<b>Normeerattu kaukolämpö [MWh]</b>	<b>Kaukolämpö [MWh]</b>
2016	38778	330507	325452
2017	38762	347707	328558
2018	37426	335779	326056
2019	36513	334249	313100
2020	34290	333926	290681
2021	34681	332300	330830

Energiansäästöille tehtiin oma taulukko toteutuneen säästön ja laskennallisen säästön vertailua varten (taulukko 6 s. 30). Säästöjen laskennassa käytettiin perustana vuoden 2017 kulutuslukemia, jolloin ensimmäiset työssä raportoidut energiantehokkuustoimenpiteet tehtiin. Ensimmäiset säästöt toimenpiteistä saadaan vuodesta 2018 alkaen, koska tarkempaa päivämäärää toimenpiteille ei ole merkitty. Myös vuoden 2021 energiatoimenpiteitä ei vielä järkevää vertailla vuoden 2022 kulutuksiin, ennen kuin koko vuoden kulutus on tiedossa. Näin ollen laskennallisia lukemia vertailtiin vuosien 2018–2021 kulutuksien avulla.

Taulukko 6. Laskennalliset ja toteutuneet säästöt. Taulukossa esitetty laskennalliset arvot kumulatiivisina lukemina, toteutuneet säästöt ja toteutunut säästöprosentti vertaillessa laskennallisia ja toteutuneita arvoja.

Vuosi	Laskennallinen kumulatiivinen säästö		Toteutunut säästö		Säästö laskennallisesta arvosta	
	Lämpöenergia [MWh]	Sähköenergia [MWh]	Lämpöenergia [MWh]	Sähköenergia [MWh]	Lämpöenergia (%)	Sähköenergia (%)
2017	0	0	0	0	0	0
2018	2513	164	11928	1336	475 %	816 %
2019	9018	736	13458	2249	149 %	306 %
2020	9438	1656	13781	4472	146 %	270 %
2021	9690	1781	15407	4081	159 %	229 %

Tarkastellessa toteutuneita säästöarvoja, havaittiin, että säästöt ovat laskennallisiin arvoihin vertaillessa poikkeuksellisen korkeita. Säästöjä on vertailun mukaan saatu useita satoja prosentteja enemmän kuin laskennalliset arvot ovat. Arvoja tarkastellessa on myös hyvä vertailla miten kulutukset ovat muuttuneet, verrattuna kiinteistöihin, joihin ei ole tehty energiansäästötoimenpiteitä. Tällaisia kiinteistöjä löytyi vain 10 kappaletta (taulukko 7 s. 30–31).

Taulukko 7. Energiansäästön vertailu kiinteistöissä, joihin on tehty energiansäästötoimenpiteitä ja kiinteistöissä, joihin ei ole tehty energiakorjauksia. Arvoja verrataan vuoden 2016 kulutuksiin.

Kiinteistöjen energiankulutus, joihin ei ole tehty energiansäästötoimenpiteitä (10 kiinteistöä)						
Vuosi	Sähkö [MWh]	Normitettu kaukolämpö [MWh]	Kaukolämpö [MWh]	Sähkömuutos% verrattuna 2016 (%)	Lämpömuutos% verrattuna 2016 (%)	Normeerattu lämpömuutos% verrattuna 2016 (%)
2016	467435	5843	5759			

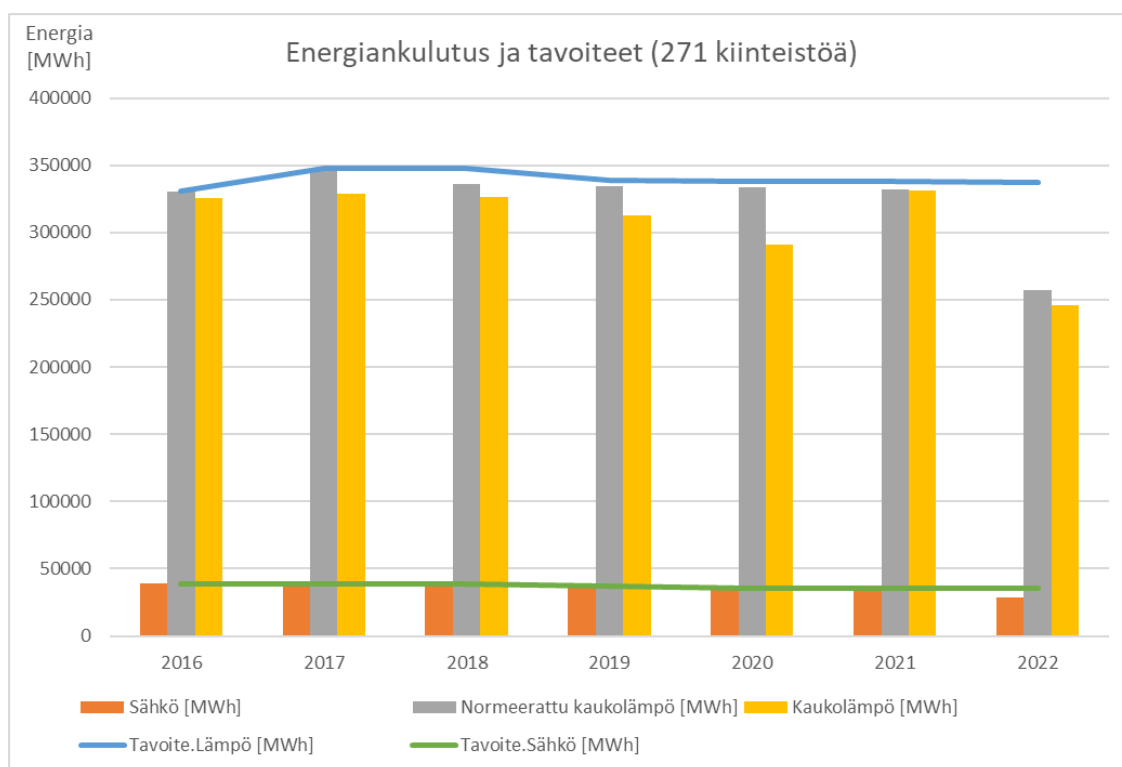
2017	471648	6051	5762	1 %	0 %	4 %
2018	466717	5613	5485	0 %	-5 %	-4 %
2019	450353	5724	5405	-4 %	-6 %	-2 %
2020	410044	5766	5113	-12 %	-11 %	-1 %
2021	432542	5788	5758	-7 %	0 %	-1 %
<b>Kiinteistöjen energiankulutus, joihin on tehty energiansäästötoimenpiteitä (271 kiinteistöä)</b>						
<b>Vuosi</b>	<b>Sähkö [MWh]</b>	<b>Normitettu kaukolämpö [MWh]</b>	<b>Kaukolämpö [MWh]</b>	<b>Sähkömuutos% verrattuna 2016 (%)</b>	<b>Lämpömuutos% verrattuna 2016 (%)</b>	<b>Normeerattu lämpömuutos% verrattuna 2016 (%)</b>
2016	38778	330507	325452			
2017	38762	347707	328558	0 %	1 %	5 %
2018	37426	335779	326056	-3 %	0 %	2 %
2019	36513	334249	313100	-6 %	-4 %	1 %
2020	34290	333926	290681	-12 %	-11 %	1 %
2021	34681	332300	330830	-11 %	2 %	1 %

Taulukosta 7 s. 30-31 havaittiin, että myös muissa kiinteistöissä on ollut lähes vastaavaa laskua vuoden 2018 aikana. Tämä ei välttämättä tarkoita, että säästöjä ei olisi energiansäästötoimenpiteillä saavutettu, mutta todelliset säästöt ovat todennäköisesti pienempiä mitä vuonna 2018 saavutetut säästöt ovat verrattuna laskennallisiin säästöihin. Jokainen kiinteistö on oma tapauksensa, joten yleisesti kaikkien kiinteistöjen tarkastelu yhdessä ei ole välttämättä paras menetelmä. Jonkinlaista suuntaa taulukot kuitenkin antavat siitä, mihin suuntaan kiinteistöjen energiankehitys on menossa.

Laskentoihin liittyy paljon oletuksia, jolloin myös on oleellista tarkastella toteutuneet säästöt ja tarkentaa laskelmia tarvittavalla tavalla. Lämmönsäästöjä tarkastellessa joudutaan usein olettamaan monia asioita. Energiatehokkuussopimuk-

sissa on mainittu muun muassa oletuksena 1,5°C:n säästö, kun tehdään lämmitysverkoston tasapainotus. Todellinen säästö ja lämpötilan muutos voi kuitenkin vaihdella paljon kiinteistöjen lähtötilanteen mukaan. Espoon Asunnoilla ei ole myöskään tarkkaa tietoa käyttöveden lämmitykseen menevästä energiasta. Jos lämpötilaa lasketaan ja lämpimän veden kulutus lisääntyy, ei lämmitysenergiaa välttämättä säästetä enää yhtä paljon.

Energiansäästötoimenpiteistä muodostettiin kaavio, jossa näkyy myös kiinteistöjen energiankulutukset (kuva 16). Kuvasta on tarkoitus tarkastella, miten hyvin laskennat pitävät paikkansa. Viimeisimmät kulutustiedot on otettu vuoden 2022 syyskuussa, joten koko vuoden kulutusta ei tältä osin voida vielä tarkastella. Tavoitearvot laskettiin lämpöenergialle sekä sähkölle vähentämällä energiantehokkuustoimenpiteiden laskennalliset kumulatiiviset säästöt vuoden 2017 kulutuslu- kemista. Kaikki energiantehokkuustoimenpiteet, jotka tässä on kuvattu, ovat voi- massa yli 10 vuotta, joten säästöt voidaan laskea kumulatiivisesti.



Kuva 16. Energiansäästötoimenpiteiden vaikutus energiankulutukseen.

## 5.11 Energiansäästöt toimenpiteiden mukaan

Energiansäästöjä tutkittiin myös eri energiansäästötoimenpiteiden mukaan. Näin laajassa määrässä kiinteistöjä on hankala pureutua tarkasti yksittäisten kiinteistöjen energiatehokkuuteen, mutta kulutuspoikkeamia voidaan havaita vertailemalla laskettuja säästöjä toteutuneisiin säästöihin.

Energiansäästötoimenpiteistä poimittiin myös kiinteistöt, joissa oli suurimmat kulutusmuutokset. Kiinteistöt, joissa on poikkeuksellisen pieni tai suuri kulutus, voivat antaa väärän kuvan energiansäästötoimenpiteiden toteutumisesta.

Energiansäästötoimenpiteille laskettiin tavoitetaso, joka kertoo, paljonko energiankulutuksen olisi pitänyt olla laskettujen säästöjen mukaan.

### 5.11.1 Sähkömoottorien uusiminen

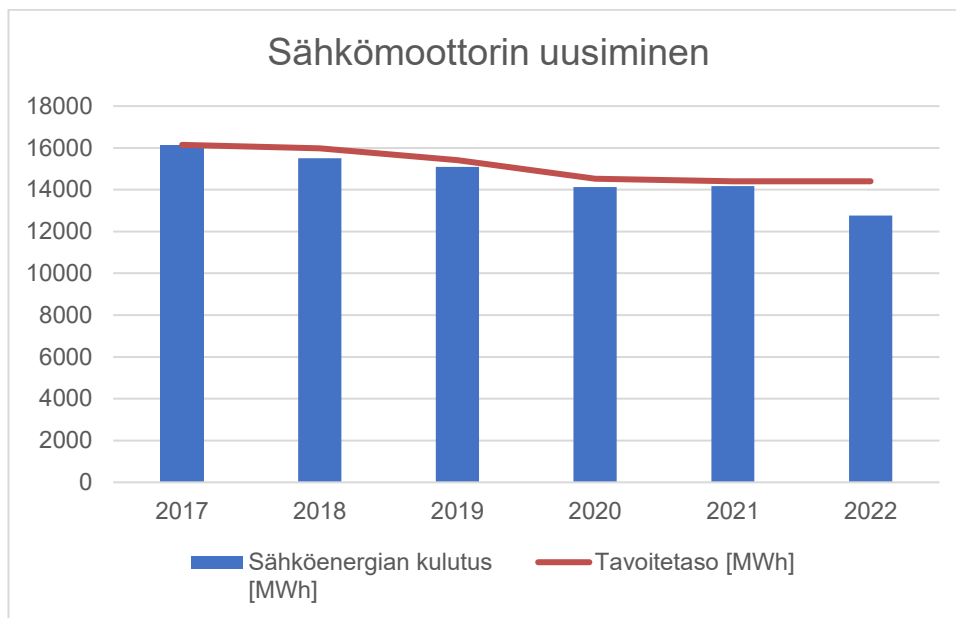
Sähkömoottoreita uusittiin ilmanvaihtokoneisiin ja lämmitysjärjestelmiin yhteensä 242 kappaletta vuosien 2017–2021 välillä. Sähkömoottorien uusinnan energiansäästöt esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Sähkömoottoreiden uusiminen ja sähköenergian säästöt.

Sähkömoottorin uusiminen				
Vuosi	Toimenpiteiden määrä (kpl)	Sähkönkulutus kiinteistöistä, jossa on uusittu sähkömoottoreita [MWh]	Laskennallinen säästö (MWh/v)	Kumulatiivinen Säästö. (MWh/v)
2017	20	16146	1623	
2018	54	15513	566	163
2019	69	15091	898	729
2020	67	14131	116	1627
2021	32	14166	18	1744
2022		12762		



Taulukon 8 s. 33 arvoista ja kiinteistön kulutuksista muodostettiin kaavio, josta nähdään paremmin sähköenergian kehitys verrattuna laskennalliseen tavoitearvoon (kuva 17).



Kuva 17. Sähkömoottorin uusiminen ja energiansäästöjen tavoitetaso.

Sähkömoottorien uusinnassa mitattu kulutus ja laskettu tavoitetaso säästölle seurasivat molemmat laskevaa trendiä. Säästöissä päästiin jo jopa alle tavoitearvon. Kulutuksille tehtiin myös tarkempaa tarkastelua katsomalla myös kiinteistökohtaista tietoa ja havaitsemalla siitä poikkeamia. Taulukossa 9 on esitetty suurimmat kulutuspoikkeamat, joita löytyi vuosilta 2018–2019.

Taulukko 9. Suurimmat kulutuspoikkeamat kiinteistöissä, joissa on uusittu sähkömoottoreita.

Sähkömoottorin uusiminen ja suurimmat kulutuspoikkeamat				
Kiinteistö	Laskennallinen säästö [MWh]	Sähkönkulutus 2018	Sähkönkulutus 2019	Muutos%
Timpurinkuja 2	6	51725	59533	15 %
Kalastajankuja 2	19	36568	25014	-32 %

Taulukon 9 s. 34 lukujen poikkeamia voivat selittää muun muassa kiinteistöllä tehtävät korjaukset tai jokin tila ei ole ollut käytössä tietyinä aikana, mikä on samalla vähentänyt sähkönkulutusta. Energiansäästötoimenpiteissä pitäisi erityisesti kiinnittää huomiota poikkeaviin kiinteistöihin ja kirjata järjestelmään myös selvitykset, mistä poikkeuksellisen pienet tai suuret kulutuslukemat johtuvat. Säästötoimenpiteiden todellista vaikutusta voi epäillä, jos kulutuksessa tulee poikkeuksellisen suuria säästöjä tai kulutuksen lisäyksiä.

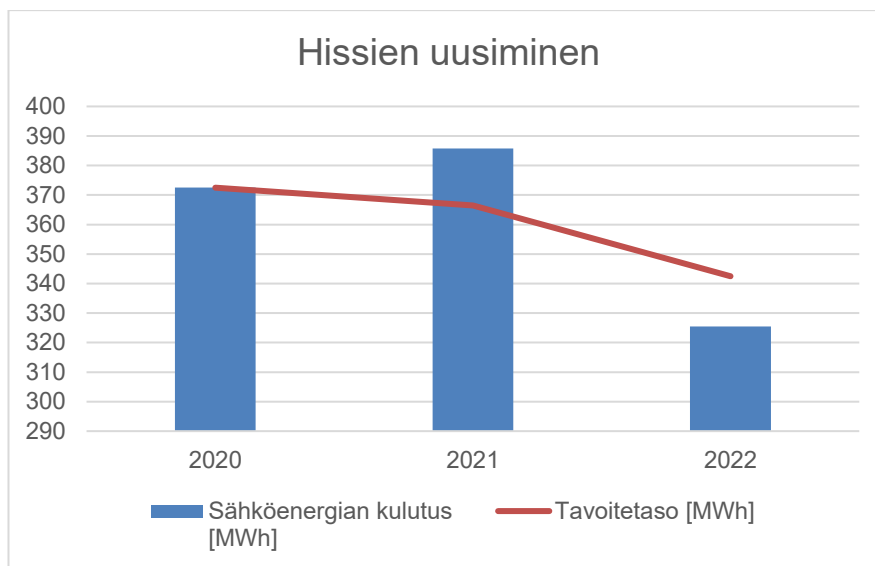
### 5.11.2 Hissien uusinta

Hissien uusinta tehtiin 6 kertaa vuosien 2017–2021 välillä. Kirjauksissa ei ole mainittu onko kiinteistöön tullut uusi energiatehokkaampi hissi vai uusittu vain hissien koneisto. Hissien uusinnan energiansäästöt esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Hissien uusinta ja sähköenergian säästöt.

Hissien uusinta				
Vuosi	Toimenpiteiden määrä (kpl)	Sähkönkulutus kiinteistöistä, jossa on uusittu hissejä [MWh]	Laskennallinen Säästö (MWh/v)	Kumulatiivinen säästö (MWh/v)
2020	1	372	6	
2021	5	386	30	6
2022		325		30

Taulukon 10 arvoista ja kiinteistön kulutuksista muodostettiin kaavio, josta nähdään paremmin sähköenergian kehitys verrattuna laskennalliseen tavoitearvoon (kuva 18 s. 36).



Kuva 18. Hissien uusiminen ja energiansäästöjen tavoitetaso.

Hissien uusinnassa ei ole saavutettu laskettua säästöä eli säästöjen tavoitetasoa. Tarkemmin kiinteistöjä tutkiessa havaittiin, että kahdessa kiinteistössä on sähkökulutus noussut noin 9 % vuosien 2018–2019 aikana (taulukko 11). Poikkeamia ei ole kirjattu EnerKey-järjestelmään, joten tarkempaa selitystä ei suoraan löytynyt. Kasvaneet kulutukset voivat johtua monesta eri asiasta, mutta energiansäästötoimenpiteiden jälkiseurannalla on mahdollista katsoa, että säästötoimenpiteet on tehty oikein.

Taulukko 11. Suurimmat kulutuspoikkeamat kiinteistöissä, joissa on uusittu sähkömoottoreita.

Hissien uusinta ja suurimmat kulutuspoikkeamat				
Kiinteistö	Laskennallinen säästö [MWh]	Sähkönkulutus 2020	Sähkönkulutus 2021	Muutos%
Aspelininkuja 2/Nuijamäki 4	6	139362	152437	9 %
Soukankaari 4	19	50703	55440	9 %
Kannusillankatu 6	4	22660	21151	-7 %

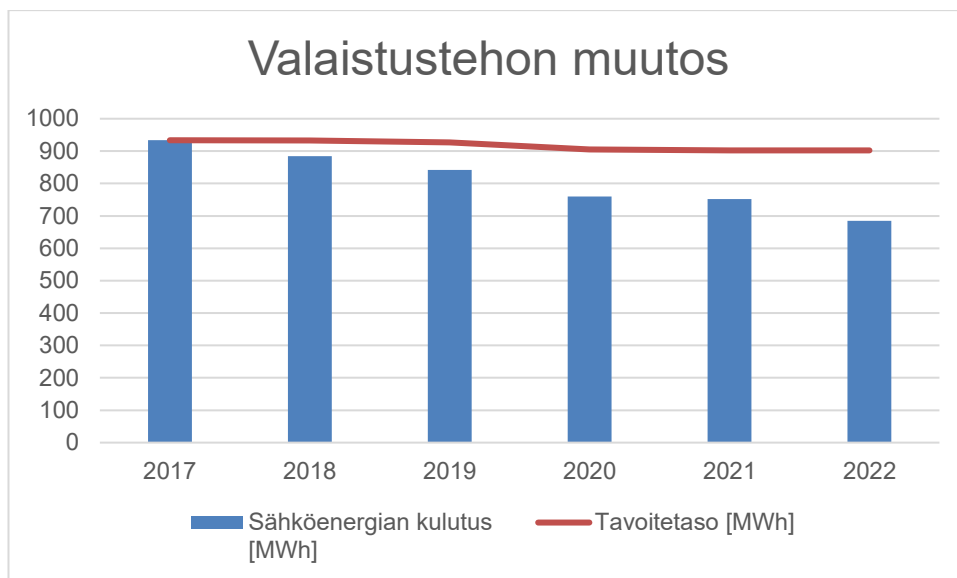
### 5.11.3 Valaistustehon muutos

Valaistustehon muutos tehtiin 19 kertaa vuosien 2017–2021 välillä. Tässä esitetyt toimenpiteet ovat teknisiä toimenpiteitä, joissa valaistus on uusittu energiatehokkaampiin valaisimiin. Valaistustehon muutoksella saadut säästöt on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Valaistustehon muutos ja sähköenergian säästö.

Valaistustehon muutos				
Vuosi	Toimenpiteiden määrä (kpl)	Sähkönkulutus kiinteistöistä, joissa on muutettu valaistustehoa [MWh]	Laskennallinen Säästö (MWh/v)	Kumulatiivinen säästö (MWh/v)
2017	1	934	1	
2018	2	884	6	1
2019	3	842	22	7
2020	3	760	3	29
2021	10	752	50	31
2022		685		82

Taulukon 12 arvoista ja kiinteistön kulutuksista muodostettiin kaavio, josta nähdään paremmin sähköenergian kehitys verrattuna laskennalliseen tavoitearvoon (Kuva 19 s. 38).



Kuva 19. Valaistustehon muutos ja energiansäästöjen tavoitetaso.

Valaistustehon muutoksessa oli kiinteistössä saatu energiansäästöjä 0–22 %:n välillä. Energianpudotus vuosina 2019–2022 on ollut niin suuri, ettei sitä voi selittää pelkästään valaisimien uusimisella. Järjestelmään ei ole kirjattu, mitä toimenpiteitä kiinteistöillä on tehty tuohon aikaan. Suurimmat sähköenergianvähennykset saatiin Liisankuja 1- ja Maapallonkatu 3 -kiinteistöissä, joissa molemmissa saavutettiin yli 20 %:n pudotus sähköenergiassa (taulukko 13).

Taulukko 13. Suurimmat kulutuspoikkeamat kiinteistöissä, joissa on tehty valaistustehon muutoksia.

Valaistustehon muutos ja suurimmat kulutuspoikkeamat				
Kiinteistö	Laskennallinen säästö [MWh]	Sähkönkulutus 2019 [kWh]	Sähkönkulutus 2020 [kWh]	Muutos %
Liisankuja 1	1,5	46310	35954	-22 %
Maapallonkatu 3	3	56362	44269	-21 %

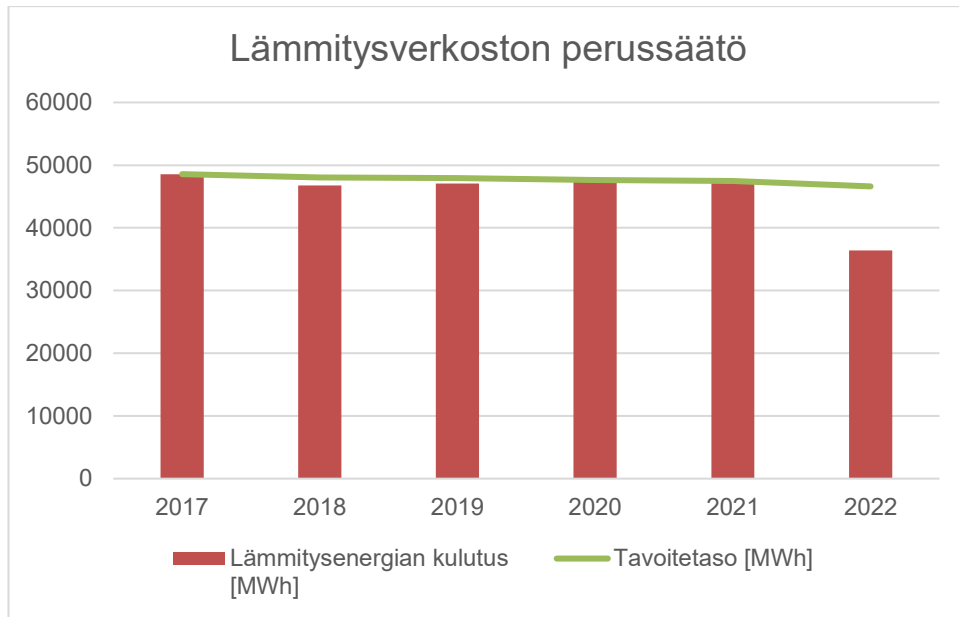
#### 5.11.4 Lämmitysverkoston perussäätö

Lämmitysverkoston perussäätö tehtiin 77 kertaa vuosien 2017–2021 välillä. Tähän on laskettu mukaan lämmityksensäädöt, jotka on toteutettu uusilla sekä vanhoilla patteriventtiileillä. Myös lämmönjakokeskuksen uusimiseen liittyvät lämmitysverkoston perussäädöt on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Suurimmat kulutuspoikkeamat kiinteistöissä, joissa on tehty lämmitysverkoston perussäätö.

Lämmitysverkoston perussäätö				
Vuosi	Toimenpiteiden määrä (kpl)	Lämmitysenergian kulutus kiinteistöistä, joissa on tehty lämmitysverkoston perussäätö [MWh]	Laskennallinen säästö (MWh/v)	Kumulatiivinen säästö (MWh/v)
2017	17	48563	521	
2018	5	46754	111	521
2019	10	47084	281	632
2020	7	47443	153	912
2021	38	47445	889	1065
2022		36410		1954

Taulukon 14 arvoista ja kiinteistön kulutuksista muodostettiin kaavio, josta nähdään paremmin sähkönkulutuksen kehitys verrattuna laskennalliseen tavoitearvoon (kuva 20 s. 40).



Kuva 20. Lämmitysverkoston perussäätö ja energiansäästöjen tavoitetaso.

Jos tarkastellaan pelkästään lämmityksensäätöä omana toimenpiteenään, voidaan todeta saatujen säästöjen olevan yli lasketun tavoitetason vuoden 2018 aikana. Myöhemminä vuosina 2019 ja 2020 tehdyillä lämmönsäädöillä näyttäisi olevan pienempi vaikutus kulutukseen. Tällöin lämmitysenergian kulutus on jopa kasvanut.

Muita havaintoja energiansäästötoimenpiteitä tarkastellessa oli, että useammassa kiinteistössä oli tehty lämmitysverkoston perussäätö ja muutama vuosi myöhemmin lämmönjakokeskuksen uusiminen ja perussäätö. Korjaustoimenpiteissä ei ole mainittu, onko kohteessa useampi lämmönjakokeskus, millä useammat säätötoimenpiteet voisi selittää. Kyseessä voi olla myös inhimillinen virhe kirjauksissa. Kyseiset kohteet esitetty taulukossa 15 s. 40–41.

Taulukko 15. Useamman lämmönsäädön kiinteistöt

Kiinteistö	Lämmitysverkoston perussäätö tehty
Itsehallinontie 4	2018, 2021
Merivirta 8 ja 10	2017, 2021

Reunakuja 1	2017, 2021
Reviisorinkatu 5	2020, 2021
Soukankuja 10–12	2017, 2021

Parhaimmat lämmitysenergiansäästöt saatiin vuonna 2017 Kustaanmäki 2 ja Balderinkuja 2–5-kiinteistöistä, joissa lämmitysenergian kulutus väheni yli 10 %. Puistomäki 1:n lämmitysenergian kulutus oli noussut 10 % (taulukko 16). Lämmönsäätöjen osalta tarkasteltiin myös asuntojen lämpötiloja ennen ja jälkeen säätötöiden. Osassa kohteista lämpötilojen perussäädöllä ei saatu lämpötiloja laskettua, vaan lämpötilat olivat nousseet edellisistä lukemista. Jos lämmityksen perussäädöllä ei saada tasapainotettua asuntoja oikein ja vähennettyä kiinteistön yllilämmitystä, ei tästä myöskään säästöjä saada.

Taulukko 16. Suurimmat kulutuspoikkeamat kiinteistöissä, joissa on tehty Lämmitysverkoston perussäätö.

Lämmitysverkoston perussäätö ja isoimmat kulutuspoikkeamat				
Kiinteistö	Laskennallinen säästö [MWh]	Lämmitysenergia 2017 [MWh]	Lämmitysenergia 2018 [MWh]	Muutos %
Puistomäki 1	49,4	918	1005	10 %
Kustaanmäki 2	22	580	512	-12 %
Balderinkuja 2–5	18	423	366	-14 %

#### 5.11.5 Seinien lisäeristäminen

Seinien lisäeristäminen on tehty vain yhdessä kohteessa vuosien 2017–2021 aikana. Tämä on esitetty taulukossa 17 s. 42. Tästä voidaan helposti havaita, että myös kohteita, joihin on tehty energiansäästötoimenpiteitä, kannattaa tarkkailla energiankulutuksen kehittymistä. vuonna 2021 on tapahtunut raju lämmitysenergian kulutuksen kasvu. Syytä tälle ei ole kirjattu järjestelmään.



Tarkemmalla tutkimisella selvisi, että kohteessa on poistoilmalämpöpumppu-järjestelmä. Kulutusmuutos johtuu mahdollisesti siitä, että PILP-järjestelmä ei toimi oikein. Tämä vaatii tarkemman tutkimisen kohteella. Taulukossa 17 on esitetty seinien lisäeristämällä saadut säästöt.

Taulukko 17. Seinien lisäeristäminen ja lämmitysenergian säästöt.

<b>Seinien lisäeristäminen</b>				
<b>Vuosi</b>	<b>Toimenpiteiden määrä (kpl)</b>	<b>Lämmitysenergian kulutus kiinteistöissä, joissa on tehty seinien lisäeristäminen [MWh]</b>	<b>Laskennallinen säästö (MWh/v)</b>	<b>Kumulatiivinen säästö energiankulutuksessa (MWh/v)</b>
2017	1	162	50	
2018		155		50
2019		193		50
2020		161		50
2021		210		50
2022		262		50

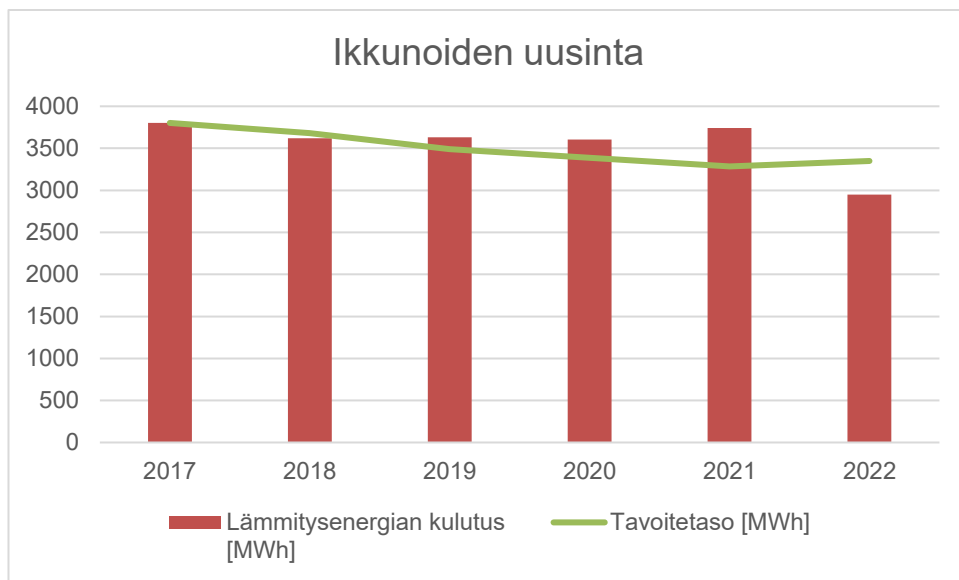
#### 5.11.6 Ikkunoiden uusiminen

Ikkunoiden uusiminen tehtiin kuusi kertaa vuosien 2017–2021 välillä. Ikkunat uusitaan tyypillisesti vasta elinikänsä päässä. Taulukossa 18 s. 43 on esitetty ikkunoiden uusimisella saadut energiansäästöt.

Taulukko 18. Ikkunoiden uusiminen ja lämmitysenergian säästöt.

Ikkunoiden uusiminen				
Vuosi	Toimenpiteiden määrä (kpl)	Lämmitysenergian kulutus kiinteistöissä, joissa on uusittu ikkunoita [MWh]	Laskennallinen säästö (MWh/v)	Kumulatiivinen säästö. (MWh/v)
2017	2	3802	122	
2018	1	3621	11	122
2019	1	3629	108	133
2020	1	3603	77	241
2021	1	3743	77	318
2022		2949		395

Taulukon 18 arvoista ja kiinteistön kulutuksista muodostettiin kaavio, josta nähdään paremmin lämmitysenergian kehitys verrattuna laskennalliseen tavoitearvoon (kuva 21).



Kuva 21. Lämmitysverkoston perussäätö ja energiansäästöjen tavoitetaso.

Ikkunoiden uusimisessa ei saatu saavutettua laskettuja säästöjä. Toimenpiteissä erityisesti pisti silmään, ettei vuosien 2018–2019 välillä ole saatu tavoiteltuja säästöjä. Parhaimmat säästöt saatiin kohteessa Keskijuoksu 19, jossa lämmitysenergia tippui 13 % 2018–2019 aikana. Soukanahde 6 -kohteessa oli taas suurin nousu prosentuaalisesti lämpöenergiankulutuksessa. Kohteen suuri lämmityskulutus voi johtua muun muassa lämmitysjärjestelmän toiminnasta, kuten aiemmin mainittiin (taulukko 19). Kyseiseen kohteeseen tehdyt energiansäästötoimenpiteet eivät ole onnistuneet hyvin, jos arvioidaan tilannetta puhtaasti energiankulutuksen perusteella.

Taulukko 19. Suurimmat kulutuspoikkeamat kiinteistöissä, joissa on tehty ikkunoiden uusinta.

Ikkunoiden uusinta ja suurimmat kulutuspoikkeamat				
Kiinteistö	Laskennallinen säästö [MWh]	Lämmitysenergia 2017 [MWh]	Lämmitysenergia 2018 [MWh]	Muutos %
Keskijuoksu 19	77	591	512	-13 %
Soukanahde 6	38	155	193	24 %

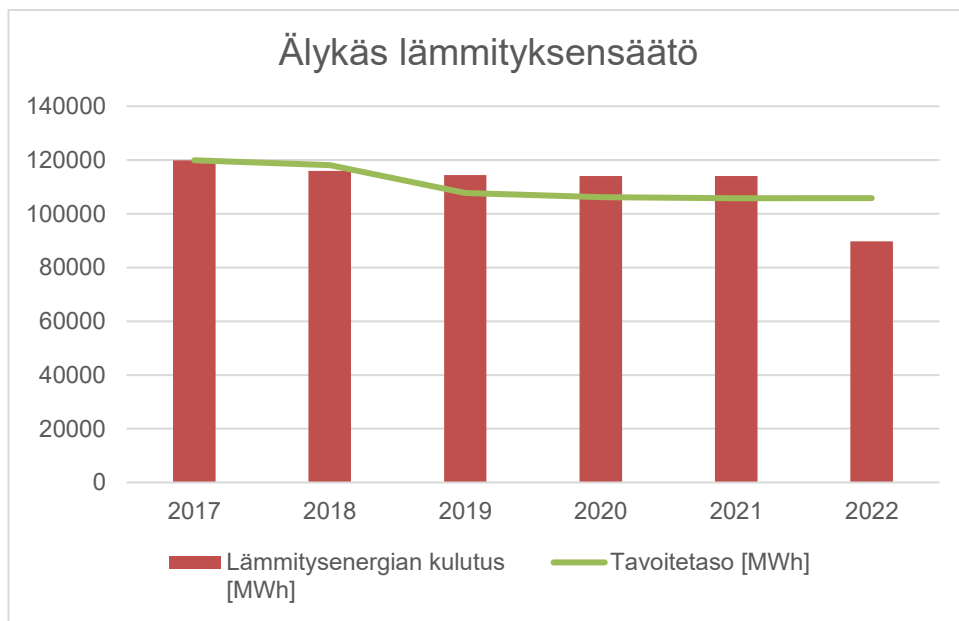
#### 5.11.7 Älykäs lämmityksensäätö

Älykäs lämmityksensäätö otettiin käyttöön 226 kiinteistössä vuosien 2017–2021 välillä. Älykkään lämmityksensäädön käyttöönotto vaatii usein vähintään huoneistoantureiden asentamisen kiinteistöön ja joskus myös uuden lämmön-säätimen, joten älykäs lämmityksensäätö raportoidaan teknisenä toimenpiteenä (taulukko 20 s. 45).

Taulukko 20. Älykäs lämmityksensäästö ja lämmitysenergian säästöt.

Älykäs lämmityksensäästö				
Vuosi	Toimenpiteiden määrä (kpl)	Lämmönkulutus kiinteistöissä, joissa on älykäs lämmityksensäästö [MWh]	Laskennallinen säästö (MWh/v)	Kumulatiivinen säästö (MWh/v)
2017	27	119914	1809	
2018	198	115953	6384	1809
2019	1	114416	31	8193
2020		114005		8224
2021		114073		8224
2022		89792		8224

Taulukon 20 arvoista ja kiinteistön kulutuksista muodostettiin kaavio, josta nähdään paremmin lämmitysenergian kehitys verrattuna laskennalliseen tavoitearvoon (kuva 22).



Kuva 22. Älykäs lämmityksensäästö ja energiansäästöjen tavoitetaso.

Kiinteistöjen välillä oli suuria poikkeamia energiansäästöissä. Suurina määrinä toimenpiteiden seuranta voi olla haastavaa, eikä järjestelmään ollut kirjattu, miten eri kohteilla järjestelmän käyttöönotto on onnistunut. Taulukkoon 21 kirjattiin suurimmat kulutuspoikkeamat, joita havaittiin älykkään lämmityksensäädön kiinteistöistä.

Taulukko 21 Suurimmat kulutuspoikkeamat kiinteistöissä, joihin on otettu käyttöön älykäs lämmityksensäätö.

<b>Älykäs lämmityksensäätö ja suurimmat kulutuspoikkeamat</b>				
<b>Kiinteistö</b>	<b>Laskennallinen säästö [MWh]</b>	<b>Lämmitysenergian kulutus 2018 [MWh]</b>	<b>Lämmitysenergian kulutus 2019 [MWh]</b>	<b>Muutos %</b>
Ankkuritie 6	49	576	364	-37 %
Kukkaromäki 5	28	393	324	-18 %
Kappalaisenkuja 6–8	38	561	464	-17 %
Kilonpurontie 7	21	298	248	-17 %
Tiimalasintie 1	42	614	517	-16 %
Niipperintie 97	39	555	665	20 %
Rintamäentanhua 4	29	489	592	21 %
Soukanahde 6	11	155	193	24 %
Valhallantie 5/Räälentie 4	15	8	11	32 %
Armas Launiksen katu 7	6	161	246	52 %

Armas Launiksen katu 7:n korkea lämmitysenergian kulutuksen nousua voi osaltaan selittää, ettei älykästä lämmityksensäätöä ole saatu otettua oikein käyttöön. Kohteessa on asennettu PILP-järjestelmä vuoden 2012 aikana. On myös mahdollista, ettei lämpöpumppu ole toiminut optimaalisesti. Kulutus on kuitenkin laskenut vuoden 2020 jälkeen, joten vika näyttäisi korjaantuneen.

Valhallantie 5/Räävelintie 4 on maalämpökohde eikä tätä ole liitetty älykkäiseen lämmityksensäätöön, eli tieto on raportoitu turhaan energiasäästötoimenpiteenä. Kohteeseen on kuitenkin asennettu huonelämpötila-anturit, joten säädön optimointia on myös mahdollista tehdä manuaalisesti. Lisääntynyt kulutus on silti syytä selvittää.

Soukanahde 6 on PILP-järjestelmäkohde, jossa älykästä lämmityksensäätöä ei ole otettu käyttöön. Järjestelmää on yritetty ottaa älykkään lämmityksensäädön pariin, mutta kohteen tapahtumavälilehdeltä selviää, että tämä on jätetty taulukkosäädölle epäonnistuneen käyttöönoton seurauksena, eli älykästä lämmityksensäätöä ei olla saatu hyödynnettyä.

Rintamäentanhua 4 kohteen tapahtumavälilehdellä on asetusarvo vaihdellut 22–23°C, eli mahdollisesti tässä on pyritty parantamaan sisäilmaolosuhteita energiankäytön lisääntymisestä huolimatta. Energiankulutuksen lisääntyminen selittyisi sillä, että aiemmin käytössä on ollut matalammalle asetettu asetusarvo lämmitysverkoston menolämpötilalle. Niipperintie 97:ssä on myös energiankulutus hieman lisääntynyt. Tässäkin kohteessa asetusarvo on ollut 23–22°C, kun tavoitelämpötilana on Espoon Asunnoilla 21°C. Jokainen kiinteistö on kuitenkin erilainen, joten lämmityksen optimointia on myös arvioitava huomioiden asuntojen sisäilmaolosuhteet.

Kohteissa Kukkaronmäki 5, Kappalaisenkuja 6–8, Kilonpurontie 7 ja Tiimalasintie 1 älykäs lämmityksensäätö on otettu onnistuneesti käyttöön. Energiankulutus on laskenut käyttöönoton jälkeen ja tulevina vuosina normeerattu lämmitysenergiankulutus on myös ollut pienempi.

Kohteen Ankkuritie 6 kulutuksen pudotus ei vaikuta normaalilta. Kohteen tapahtumissa tai korjausohjelmassa ei ole mitään poikkeuksellista merkintää. Kulutuslukemat kuitenkin ovat vuosina 2019–2020 olleet poikkeuksellisen alhaiset, joten todellista säästöä ei luultavasti ole saatu näin suurena.

## 5.12 Energianhallintajärjestelmän hälytykset

Energiatehokkuuden yksi tärkeä osa-alue on kyky reagoida kulutuksen poikkeamiin. Espoon Asuntojen kiinteistöille on määritelty hälytysrajat lämmityksen-, sähkön- ja vedenkulutukselle. Hälytysten ongelmana on havaittu, että turhia hälytyksiä tulee liian paljon, ja tärkeitä hälytyksiä on vaikea poimia turhien hälytysten joukosta. Tarkemmin katsottuna energianhallintajärjestelmään on tullut ajanjakson tammikuu 2022–tammikuu 2023 aikana 1541 hälytystä.

### 5.12.1 Hälytykset EnerKey-järjestelmässä

EnerKey-järjestelmässä on mahdollista määritellä hälytyksiä muun muassa kulutuksen muutokselle, tietyn raja-arvon ylitykselle sekä maksimituntikulutukselle. Hälytykset voidaan määritellä myös eri aikaväleille. Vertailuajankohtaa pystyy muuttamaan, mutta hälytyksiä ei saada muodostettua kumulatiivisista tai pidemmän aikavälin kulutusmuutoksista. Hälytysrajat on mahdollista asettaa vuorokausi-, viikko- tai kuukausitason muutoksille. Tarkemmat hälytyslajit ja lajien tarkkuus esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22. Hälytyslajit EnerKey-järjestelmässä.

Hälytyslaji	Tarkkuus
1. Kulutuksen muutos (kk)	vrk/vko/kk
2. Normitetun kulutuksen muutos vuoden takaisesta (kk)	kk
3. Kulutuksen raja-arvon ylitys (kk)	vrk/vko/kk
4. Loisteho-osuuden ylittyminen (kk)	kk
5. Maksimituntikulutus (kk)	vrk/vko/kk
6. Minimituntikulutus (kk)	vrk/vko/kk
7. Jäähdytysrajan raja-arvon alittuminen (kk)	vrk/vko/kk
8. Lämpenemän raja-arvon alittuminen (kk)	vrk/vko/kk

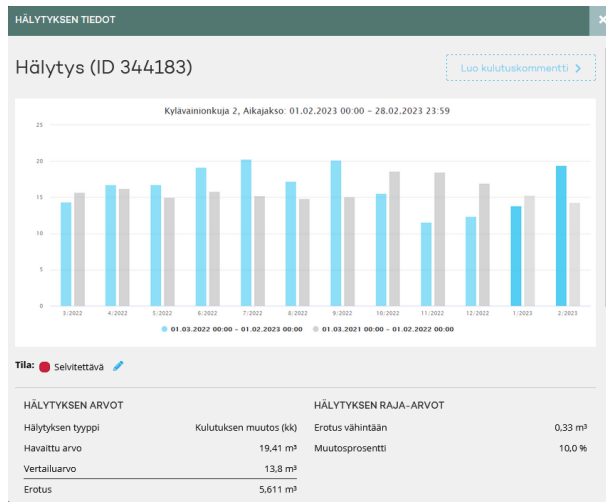
Hälytyksen aktivoitumiselle voidaan määrittää raja-arvot kulutuksen noususta sekä alenemisesta (kuva 23). Hälytysrajat on Espoon Asunnoilla aseteltu tulevan arvojen nousemisesta. Hälytys tulee siis, jos kulutuksen muutos on lisääntynyt tai vähentynyt asetellun asetusarvon verran. Hälytykset on myös mahdollista määrittää lähtemään esimerkiksi suoraan huoltoyhtiöön.

Kuva 23. EnerKey-järjestelmän hälytysasetusten muuttaminen yksittäiselle hälytykselle.

### 5.12.2 Hälytysten selvitystyö

EnerKey-järjestelmästä pystyy selkeästi näkemään, mistä hälytykset johtuvat. Jokaisesta hälytyksestä muodostuu oma kaavio, josta näkyy hälytyksen ajankohta, mistä hälytys on tullut, ja myös aikaisemman kulutuksen historiaa. Tämä tapa soveltuu hyvin yksittäisten hälytysten selvittelyyn, mutta turhat hälytykset hukkuvat edelleen pitkään listaan muista hälytyksistä. Vaikka hälytykset on määritelty vain nouseville kulutuksille, järjestelmä hälyttää herkästi hetkellisen kulutuksen noususta, vaikka muutos olisi hetkellinen (kuva 24 s. 50).





Kuva 24. Esimerkki hälytyksestä EnerKey-järjestelmästä.

Ensimmäisenä selvitystyönä lähdettiin hahmottamaan, mitä hälytyksiä järjestelmässä on ja miten hyvin hälytykset pitävät paikkansa. EnerKey-järjestelmästä otettiin kohteiden hälytys- ja kulutustiedot veden-, sähkö-, ja lämmitysenergian osalta. Kulutustiedoista ja hälytyksistä muodostettiin omat Excel-tiedostot, jotka yhdistettiin Power Query-editorin avulla yhdistetyksi taulukoksi. Taulukkoihin laskettiin muutosprosentit verrattuna edelliseen vuoteen sekä kolmen vuoden takaiseen arvoon. Tarkasteluvuodeksi otettiin vuoden 2022 hälytykset ja kulutuksia vertaillaan vuosien 2021 ja 2019 kulutukseen, jotta saadaan muodostettua kuva pidemmän sekä lyhyemmän energiankulutuksen kehityksestä (kuva 25).

Osasto	Kiinteistöluokka	Kuukausivuosi	Energia [kWh]	Lämmitysenergia	1/19 Sähkö [kWh]	2/19 Sähkö [kWh]	3/19 Sähkö [kWh]	4/19 Sähkö [kWh]	5/19 Sähkö [kWh]	6/19 Sähkö [kWh]	7/19 Sähkö [kWh]	8/19 Sähkö [kWh]	9/19 Sähkö [kWh]	10/19 Sähkö [kWh]
Vilniementie 2	Kerrostalo	1984	216778	Kaukolämpö	1708,08	1419,59	1498,39	1156,37	1118,37	1278,81	1321,21	1379,12	1379,12	1379,12
Vilniementie 2	Kerrostalo	1984	216778	Kaukolämpö	1708,08	1419,59	1498,39	1156,37	1118,37	1278,81	1321,21	1379,12	1379,12	1379,12
Vilniementie 2	Kerrostalo	1984	216778	Kaukolämpö	1708,08	1419,59	1498,39	1156,37	1118,37	1278,81	1321,21	1379,12	1379,12	1379,12
Vilniementie 2	Kerrostalo	1984	216778	Kaukolämpö	1708,08	1419,59	1498,39	1156,37	1118,37	1278,81	1321,21	1379,12	1379,12	1379,12
Viittakorpi 3	Kerrostalo	1991	216744	Kaukolämpö	6273,6	5107,56	5059,36	4315,44	4156,08	3808,8	3215,12	3463,64	3463,64	3463,64
Viittakorpi 3	Kerrostalo	1991	216744	Kaukolämpö	6273,6	5107,56	5059,36	4315,44	4156,08	3808,8	3215,12	3463,64	3463,64	3463,64
Viittakorpi 3	Kerrostalo	1991	216744	Kaukolämpö	6273,6	5107,56	5059,36	4315,44	4156,08	3808,8	3215,12	3463,64	3463,64	3463,64
Viittakorpi 1	Rivitalo	1991	216754	Kaukolämpö	1771,71	1366,7	1426,59	1088,56	1213,54	1805,27	991,43	1009,01	1009,01	1009,01
Viittakorpi 1	Rivitalo	1991	216754	Kaukolämpö	1771,71	1366,7	1426,59	1088,56	1213,54	1805,27	991,43	1009,01	1009,01	1009,01
Viirikuja 2	Kerrostalo	1989	216783	Kaukolämpö	3822,45	3118,29	3021,78	2598,33	2525,22	2378,94	2471,58	2557,53	2557,53	2557,53
Viirikuja 2	Kerrostalo	1989	216783	Kaukolämpö	3822,45	3118,29	3021,78	2598,33	2525,22	2378,94	2471,58	2557,53	2557,53	2557,53
Viirikuja 2	Kerrostalo	1989	216783	Kaukolämpö	3822,45	3118,29	3021,78	2598,33	2525,22	2378,94	2471,58	2557,53	2557,53	2557,53
Viirikuja 2	Kerrostalo	1989	216783	Kaukolämpö	3822,45	3118,29	3021,78	2598,33	2525,22	2378,94	2471,58	2557,53	2557,53	2557,53
Viherkalliontie 10	Kerrostalo	1969	216665	Kaukolämpö	9350,92	6990,31	7639,91	6855,41	5977,22	5202,66	5191,38	5904,89	5904,89	5904,89
Viherkalliontie 10	Kerrostalo	1969	216665	Kaukolämpö	9350,92	6990,31	7639,91	6855,41	5977,22	5202,66	5191,38	5904,89	5904,89	5904,89
Viherkalliontie 10	Kerrostalo	1969	216665	Kaukolämpö	9350,92	6990,31	7639,91	6855,41	5977,22	5202,66	5191,38	5904,89	5904,89	5904,89
Viherkalliontie 10	Kerrostalo	1969	216665	Kaukolämpö	9350,92	6990,31	7639,91	6855,41	5977,22	5202,66	5191,38	5904,89	5904,89	5904,89

Kuva 25. Yhdistetty taulukko energiankulutuksista ja hälytyksistä.

Yhdistetyn taulukon avulla saatiin muodostettua pivot -taulukko, jonka avulla saadaan visualisoitua paremmin kohteiden hälytykset ajan, kiinteistön ja hälytyslajin mukaan. Hälytyksiä ja kulutusmuutoksia voidaan myös tarkastella pivot-taulukon avulla veden-, sähkö- tai lämmitysenergiankulutuksen mukaan (kuva 26).

Aallontaite 1 ja 4		Aallonkohina 1- 3	
Kulutuksen muutos (kk)		Kulutuksen muutos (vko)	
Vesi		Sähkö	
10.3.2022 10:13		3.10.2022 6:06	
10.10.2022 9:11		Kulutuksen muutos vuodentakaisesta (kk)	
10.1.2023 10:08		Sähkö	
Kulutuksen muutos (vko)		5.2.2022 9:18	
Sähkö		5.2.2022 9:18	
5.12.2022 7:52			
Kulutuksen muutos vuodentakaisesta (kk)			
Sähkö			
5.4.2022 9:45			
5.6.2022 7:53			
5.7.2022 8:57			
5.8.2022 7:44			
5.1.2023 8:58			
5.2.2023 9:05			
Vesi			
10.10.2022 9:12			
10.1.2023 10:07			

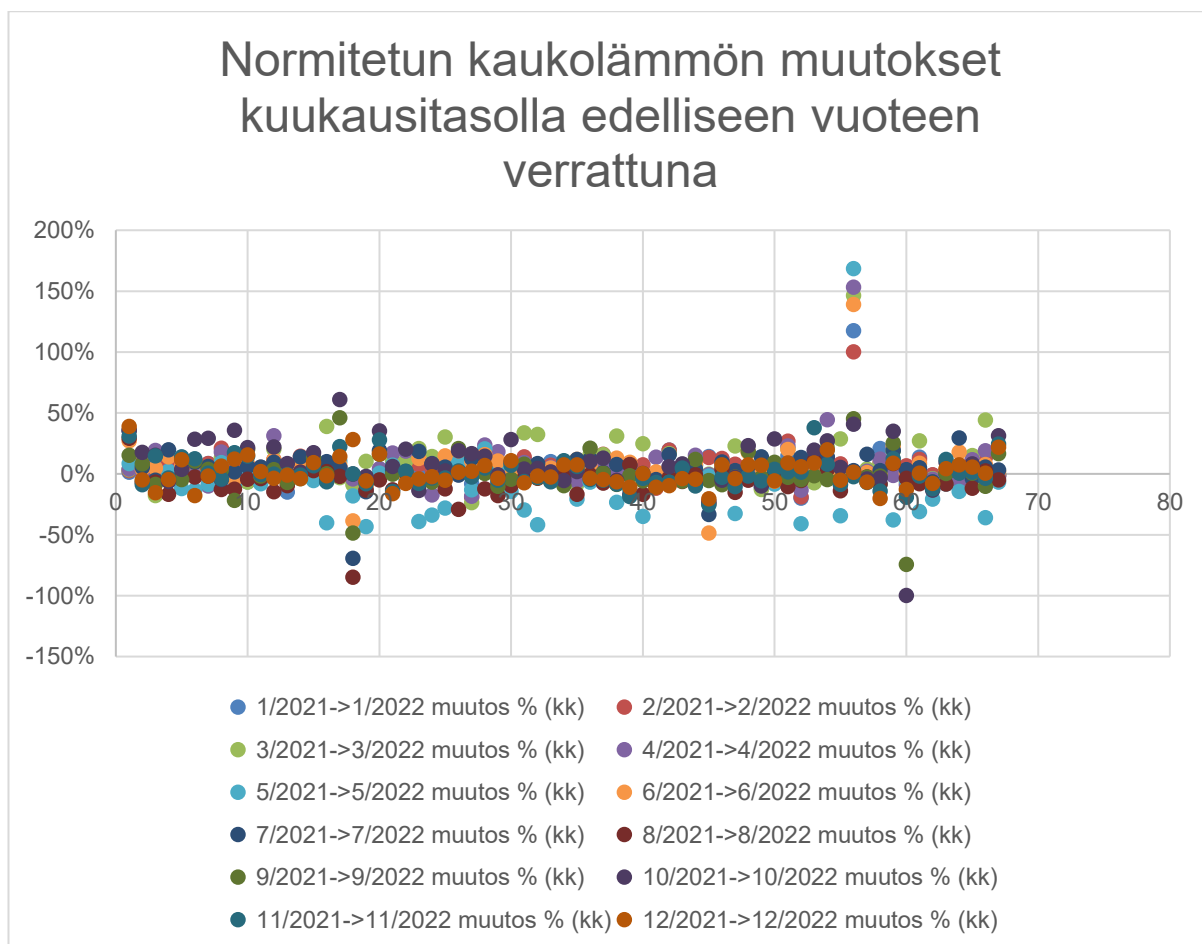
Kuvat 26. Esimerkki kohteen hälytysten visualisoinnista pivot taulukon avulla.

### 5.12.3 Kaukolämmön hälytykset

Aluksi tarkasteltiin, miltä kuukausikulutusten muutokset näyttävät kohteissa, joissa on tullut hälytyksiä. Hälytyskohteista ja kuukausitason muutoksista muodostettiin ensin taulukko ja kuvaaja, jotta voidaan katsoa, miten kuukausitasolla on tapahtunut muutoksia. Kuvassa 27 s. 52 on esitetty normitettu kaukolämmönkulutuksen kuukausikulutusten muutos vertaillen vuosien 2021–2022 kuukausikulutuksia. Mitä enemmän pisteet ovat hajalla, sitä enemmän kulutukset ovat muuttuneet kuukausittain. Jokainen piste kuvaa yhden kuukauden muutosta edellisvuoteen verrattuna tietyllä kiinteistöllä. Suurimmat muutokset ovat olleet Soukanahde 6-kiinteistöllä, jossa tammi-kesäkuussa kulutusmuutos on ollut yli 100 %. Yksi ongelma hälytyksissä on, että jos kulutus on jossain vaiheessa ollut poikkeuksellisen pieni, niin hälytys tulee myös siitä, kun kulutus on normalisoitunut myöhemmin.

Suurien poikkeamien kohteet ja uudiskohteet jätettiin päivittämättä taulukkoon. Hannuksenkuja 16:sta on puuttunut elo- ja syyskuulta lukemia vuodelta 2021,

jolloin kulutuksen nousu näytti yli 10 000 %. Puuttuvat lukemat saivat kiinteistön kulutuksen näyttämään lähes nollakulutusta, jolloin pienikin kulutuksen nousu aiheuttaa hälytyksen, ja lukemat näkyvät tuhansien prosenttien nousuna kohteella. Kuvan selkeyden vuoksi suuret yksittäiset poikkeamat jätettiin pois, vaikka nämäkin poikkeamat on syytä käydä myöhemmin läpi.



Kuva 27. Normitetun kaukolämmön kulutusmuutokset edellisvuoden vastaavaan kuukauteen.

Suurimmista prosentuaalisista kuukausimuutoksista tehtiin myös oma taulukko (taulukko 23 s. 53), jonka avulla hälytysrajat olisi helpompi määritellä. Taulukko kertoo, mikä on suurin muutosprosentti edellisvuoden kuukauteen verrattuna. Mitä lähempänä lukemat ovat 0 %, sitä vähemmän lukemat ovat muuttuneet

viime vuoteen vertailtuna. Suurimassa osassa kulutukset olivat nousseet merkittävästi yli 20 % edellisen vuoden kuukausikulutuksiin verrattuna, mutta kulutus on myös tämän jälkeen laskenut edelliselle tasolle.

Taulukko 23. Kulutusmuutoksen suuruus ja määrä kaukolämmön energiankulutuksesta edellisvuoden kuukauteen verrattuna (n=64).

Kiinteistöjen suurin kuukausimuutos lämmitysenergiankulutuksessa 2021–2022 (kpl)						
<5 %	5–10 %	10–20 %	20–30 %	30–40 %	40–50 %	50 %<
1	5	23	20	11	2	2

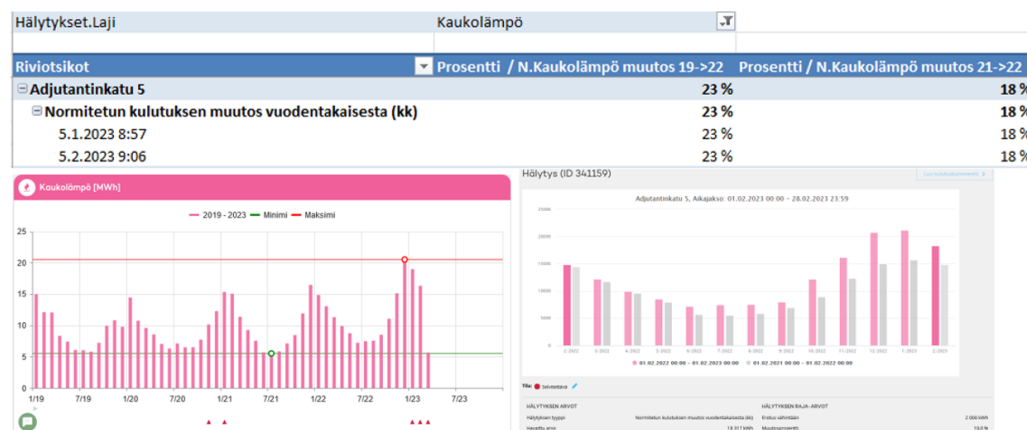
Tämän jälkeen päätettiin katsoa kiinteistöjen kulutusta pidemmältä aikaväliltä, koska vaihtelu kuukausitasolla on liian suurta päätelmien. Kaukolämmön hälytyksiä oli tullut 70 eri kiinteistöstä tammikuun 2022–tammikuun 2023 aikana. Näistä muodostettiin oma taulukko, joista eroteltiin viisi kiinteistöä, joissa oli suurimmat ja pienimmät kulutusmuutokset (taulukko 24 s. 53–54). Hälytyksiä oli tullut myös uudiskohteista, joissa ei ole aiempaa kulutushistoriaa, jolloin hälytyksien tärkeyttä on vaikea todentaa. Hälytysten kulutusmuutoksissa seurattiin normeerattua kulutusta.

Taulukko 24. Kulutusmuutokset vuosien 2019–2022 ja 2021–2022 välillä kiinteistöistä, joissa on ollut hälytyksiä.

Kiinteistöt, joista on tullut hälytyksiä lämmitysenergiasta ja ollut suurin lämmitysenergian nousu 2021–2022		
Kiinteistö	Normitettu kaukolämpö muutos% 19->22	Normitettu kaukolämpö muutos% 21->22
Soukanahde 6	72 %	58 %
Adjutantinkatu 5	23 %	18 %
Ruskaniitty 2	6 %	16 %
Hannuksenkuja 16	-6 %	12 %

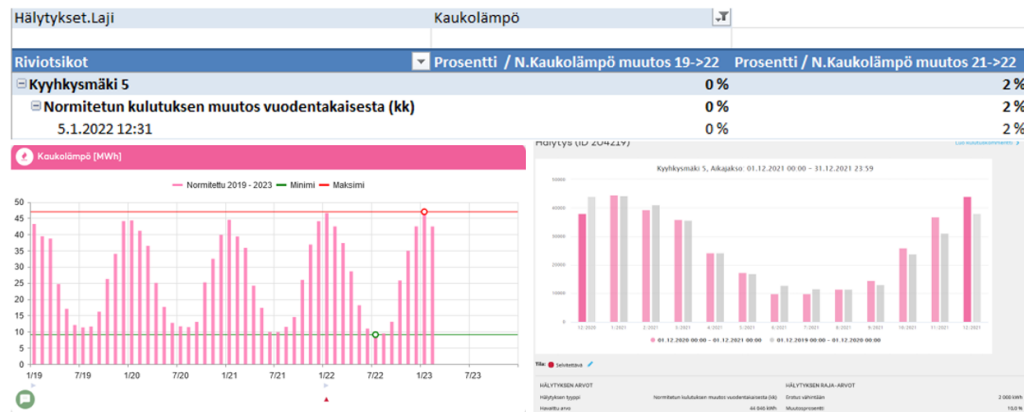
Kala-Maija 1	29 %	12 %
<b>Kiinteistöt, joista on tullut hälytyksiä lämmitysenergiasta ja ollut pienen lämmitysenergian nousu 2021–2022</b>		
<b>Kiinteistö</b>	<b>Normitettu kauko-lämpö muutos% 19-&gt;22</b>	<b>Normitettu kauko-lämpö muutos% 21-&gt;22</b>
Tikankolo 2	0 %	-7 %
Myntinsyrjä 10	-7 %	-9 %
Kalastajankuja 6	-2 %	-9 %
Ristiaalokkonkatu 9	-12 %	-9 %
Tiimalasintie 1	-10 %	-13 %

Hälytysten kulutusmuutoksessa ei löydy selkeää kaavaa hälytyksille. Kiinteistöjen kulutusmuutokset ovat vaihdelleet -13 % ja +58 % välillä 2021–2022 aikana. Suurimmat kulutuksenmuutokset olivat aiheellisia hälytyksiä ja näille löytyi myös selitykset. Soukanahde 6:ssa PILP-järjestelmä ei ole toiminut oikein, jolloin lämmitysenergian kulutus on lisääntynyt. Adjutantinkatu 5:n asunnoissa on ollut suunniteltua korkeampia lämpötiloja, eikä älykäs lämmityksensäätö ole toiminut halutulla tavalla; tämä näyttäytyy lämmitysenergian kulutuksen lisääntymisenä. Adjutantinkatu 5:n kaukolämmön kulutuksen nousu on esitetty kuvassa 28.



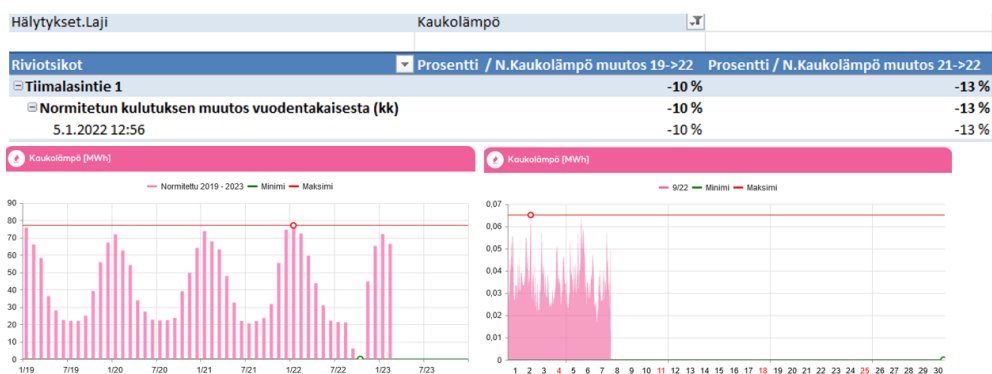
Kuva 28. Adjutantinkatu 5 kaukolämmön kulutus ja kulutuksen hälytykset.

Hälytyksiä on myös tullut paljon kohteista, joissa kulutus ei ole juurikaan muuttunut. Hälytyksiä tarkastellessa havaittiin, että Espoon Asunnoilla on 43 kiinteistöä, joissa kulutus on muuttunut alle +5 %. Näissä kiinteistöissä kulutuksenmuutos on ollut vain hetkellinen. Kyyhkysmäki 5 on yksi esimerkki, josta on tullut turhia hälytyksiä, vaikka yli 5 %:n muutosta ei ole tapahtunut (kuva 29).



Kuva 29. Kyyhkysmäki 5 kaukolämmön kulutus ja kulutuksen hälytykset.

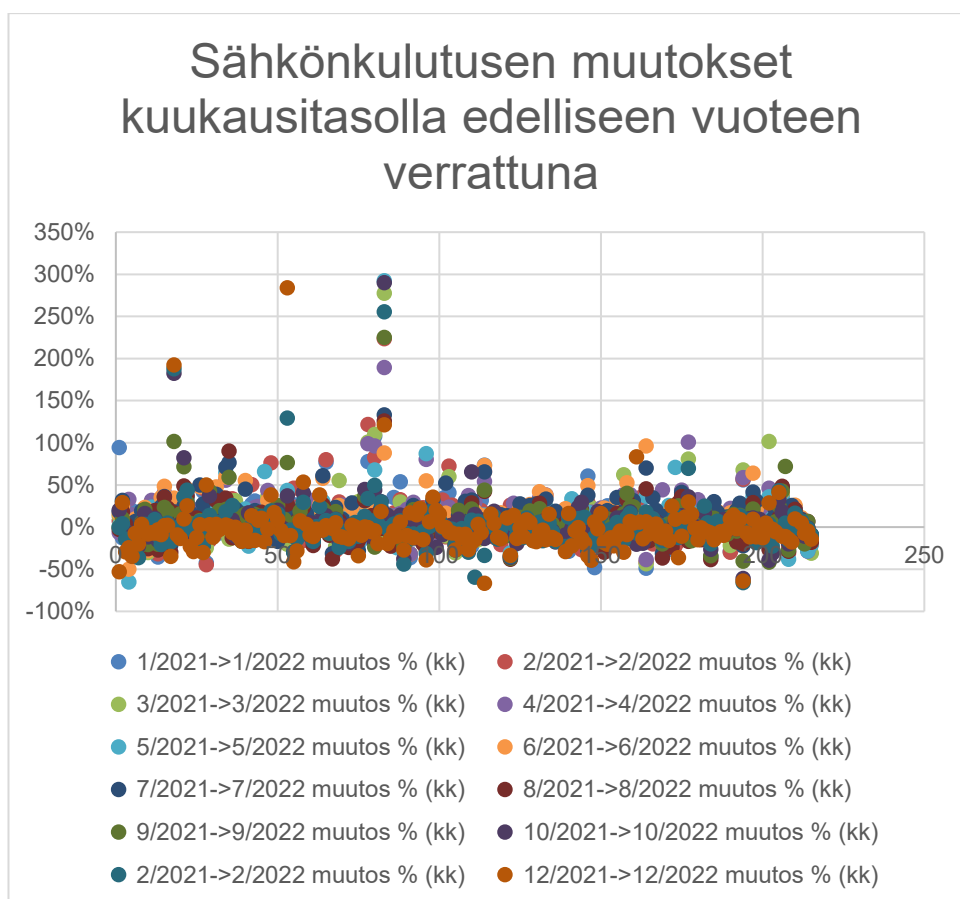
Myös liian pienet kulutukset voivat olla aiheellisia hälytyksiä muun muassa puuttuvien kulutuslukemien takia. EnerKey-järjestelmän kulutuksen muutoshälytyksessä voi määritellä, tuleeko hälytys kasvaneesta vai vähentyneestä kulutuksesta. Tiimalasintie 1:n hälytys on tullut noussesta kulutusmuutoksesta, mutta pidemmällä aikavälillä katsottuna on kyseessä ollut vain hetkellinen muutos (kuva 30 s. 56). Tiimalasintie 1:n hälytys ei ole aiheellinen juuri hälytyshetkellä. Kohteesta havaittiin kuitenkin myös muita puutteita, joista ei ole tullut hälytyksiä. Kaukolämmön kulutuksesta puuttuu kulutuslukemia syyskuulta 2022, eikä tästä ole tullut hälytystä. Hälytys tulee kuitenkin myöhemmin, kun havaitaan kulutuksen nousu vertaillen puuttuviin lukemiin. Tämä ei ole kuitenkaan optimaalinen tapa havaita kohteen puutteita jälkikäteen.



Kuva 30. Tiimalasintie 1 kaukolämmön kulutus ja kulutuksen hälytykset.

#### 5.12.4 Sähkön hälytykset

Sähkön osalta tehtiin sama kuukausitason tarkastelu kuin kaukolämmönkulutuksen osalta. Hälytyskohteista ja kuukausitason muutoksista muodostettiin ensin taulukko ja kuvaaja, jotta voidaan katsoa, miten kuukausitasolla on tapahtunut muutoksia. Kuvassa 31 s. 57 on esitetty sähköenergian kuukausikulutusten muutos vertaillen vuosien 2021–2022 kuukausikulutuksia. Mitä enemmän pisteet ovat hajalla, sitä enemmän kulutukset ovat muuttuneet kuukausittain. Jokainen piste kuvaa yhden kuukauden muutosta edellisvuoteen verrattuna tietyllä kiinteistöllä. Suurimmat muutokset ovat olleet Kuunsäde 4 kiinteistössä, jossa useampana kuukautena kulutus on noussut yli 200 %. Kulutusmuutoksille löytyy kuitenkin selitys siitä, että kohde on peruskorjauksessa ja kohteeseen on asennettu uusi poistoilmalämpöpumppu.



Kuva 31. Sähköenergian muutokset edellisvuoden kuukauteen.

Sähköenergiankulutuksesta tehtiin myös taulukko, josta nähdään suurin prosentuaalinen poikkeama edellisen vuoden kuukausikulutukseen vertailtuna (taulukko 25). Sähköenergiankulutuksessa on suurta hajontaa. Sähköenergiankulutukselle tehtiin myös pidemmän aikavälin tarkastelua, koska kiinteistösähkönkulutus vaihtelee kuukausittain. Sähköenergiankulutus oli kuukaudessa muuttunut yli 50 % 34:ssä kiinteistössä.

Taulukko 25. Kulutusmuutoksen suuruus ja määrä sähköenergian kulutuksesta edellisvuoden kuukauteen verrattuna.

Kiinteistöjen suurin kuukausimuutos sähköenergiankulutuksessa 2021–2022 (kpl)						
<5 %	5–10 %	10–20 %	20–30 %	30–40 %	40–50 %	50 %<
12	15	54	49	30	15	34



Sähkön hälytyksiä oli tullut 215 eri kiinteistöstä tammikuun 2022–tammikuun 2023 aikana. Näistä muodostettiin oma taulukko, johon eroteltiin viisi kiinteistöä, joissa oli suurimmat ja pienimmät kulutusmuutokset (taulukko 26). Hälytyksiä oli tullut myös uudiskohteista, joissa ei ole aiempaa kulutushistoriaa, jolloin hälytyksien tärkeyttä on vaikea todentaa.

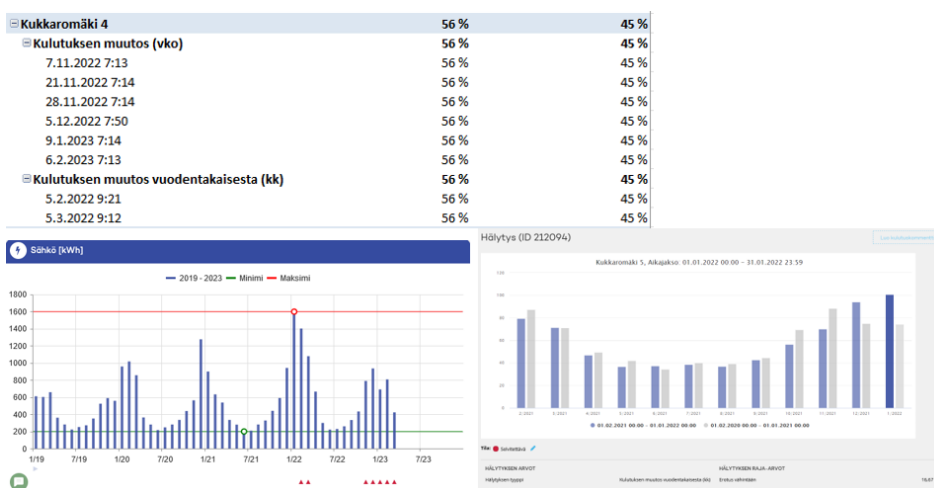
Taulukko 26. Kulutusmuutokset vuosien 2019–2022 ja 2021–2022 välillä kiinteistöistä, joissa on ollut hälytyksiä.

<b>Kiinteistöt, joista on tullut hälytyksiä sähköenergiasta ja ollut suurin sähköenergian nousu 2021–2022</b>		
<b>Kiinteistö</b>	<b>Sähkö muutos% 19-&gt;22</b>	<b>Sähkö muutos% 21-&gt;22</b>
Kuunsäde 4	134 %	185 %
Espoonaukio 5	66 %	67 %
Kalaonnentie 5	-36 %	55 %
Kukkaromäki 4	56 %	45 %
Kukkumäenportti 1–3	41 %	43 %
<b>Kiinteistöt, joista on tullut hälytyksiä sähköenergiasta ja ollut pienin sähköenergian nousu 2021–2022</b>		
<b>Kiinteistö</b>	<b>Sähkö muutos% 19-&gt;22</b>	<b>Sähkö muutos% 21-&gt;22</b>
Kylävainionkuja 2	-8 %	-19 %
Auroranmäki 3	-31 %	-21 %
Eestinlaakso 12	-34 %	-21 %
Vanhankartanontie 11	-37 %	-22 %
Leppäsillantie 2	-25 %	-23 %

Kohteet Kuunsäde 4 ja Espoonaukio 5 ovat molemmat olleet peruskorjauksessa ja kohteisiin on asennettu poistoilmalämpöpumput, jotka selittävät nousseen sähköenergiankulutuksen. Kaukolämmön energiankulutus on myös vähentynyt eli kohteiden hälytykset eivät vaadi toimenpiteitä. Kohteiden sähkönkulutus

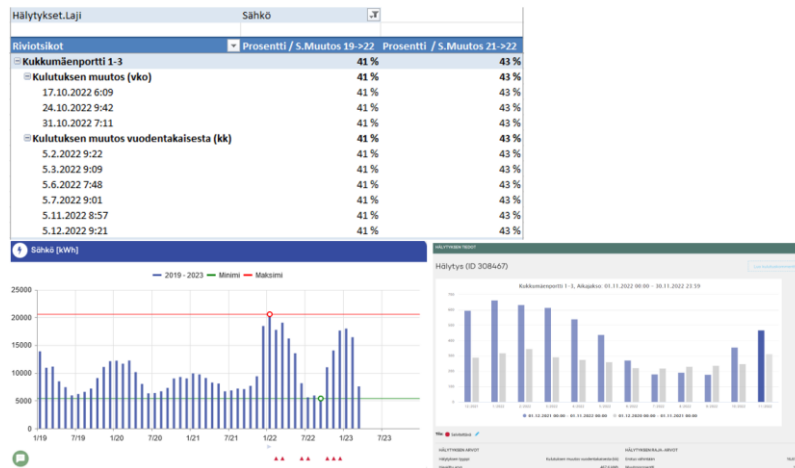
muuttuu kuitenkin lämpöpumppujen asennuksen seurauksena, joten hälytysrajat kannattaa katsoa kohteelle sopivaksi.

Sähkön kulutusmuutoksia on hankala arvioida, koska kaikkea kiinteistön sähkönkäyttöä ei seurata eikä mitata tarkasti. Kukkaromäki 4:n kulutuksen muutoksesta ei löytynyt järjestelmästä mainintoja. Kiinteistön sähkönkäyttö ja hälytykset on esitetty kuvassa 32. Tällaisessa tilanteessa huoltomiehen olisi syytä tarkistaa taloautomaation toiminta, aikaohjelmat, kohteen valaistus ja muut sähköjärjestelmät kiinteistössä. Vuoden 2023 aikana kulutus on kuitenkin palautunut normaalille tasolle.



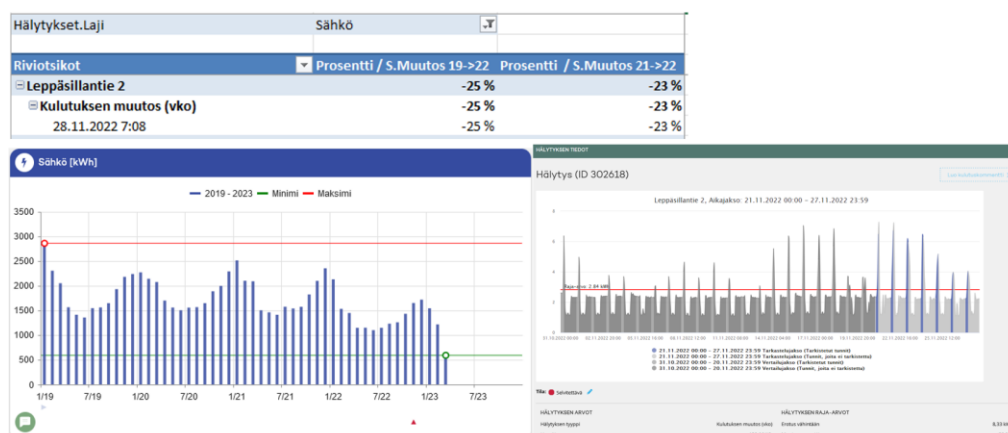
Kuva 32. Kukkaromäki 4 sähköenergian kulutus ja kulutuksen aiheuttamat hälytykset.

Kohteen Kukkaromäenportti 1–3 sähkönkulutus on noussut vuosien 2021–2022 välillä 43 % (kuva 33 s. 60). Kohteessa on tehty vuonna 2021 kattokorjauksia sekä huoneisiin kohdistuvia korjauksia. Tämä voi osaltaan selittää kohonnutta sähkönkulutusta. Myös valaistus on uusittu vuonna 2022, minkä pitäisi osaltaan laskea sähköenergiankulutusta. Kohde vaatii lisäselvitystä ylläpidon kanssa, jotta saadaan selville, mistä kohonnut kulutus johtuu.



Kuva 33. Kukkumäenportti 1-3 sähköenergian kulutus ja kulutuksen aiheuttamat hälytykset.

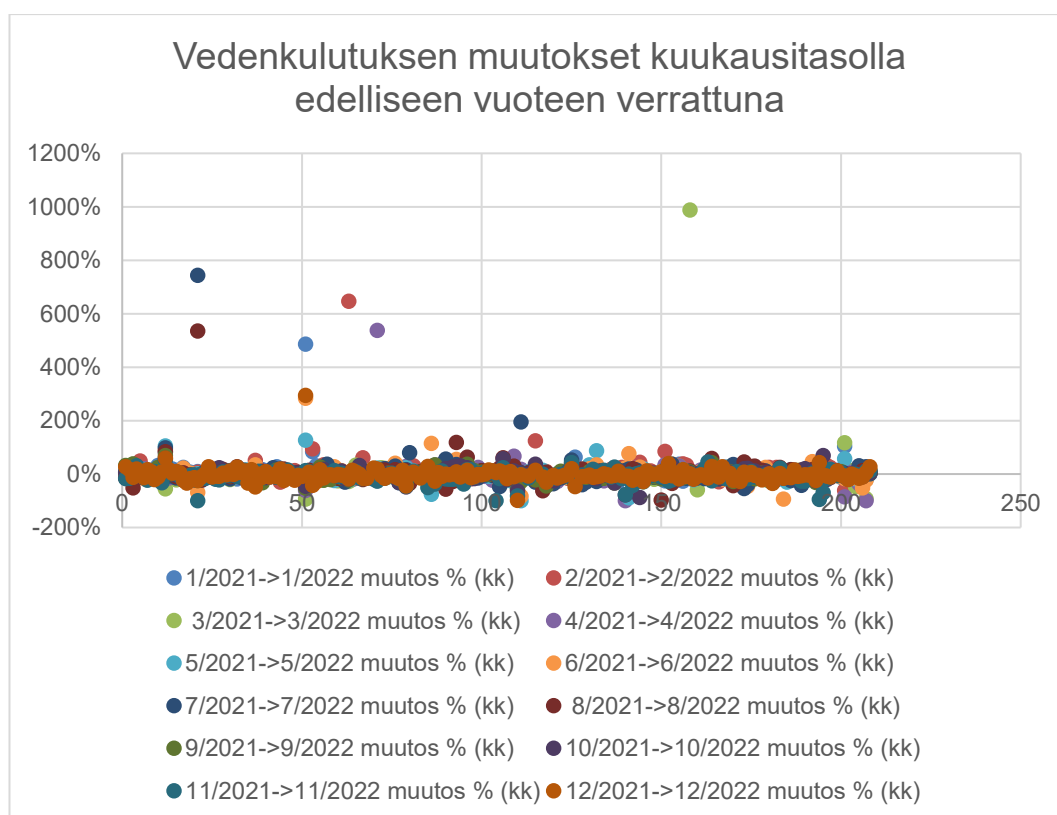
Kohteen Leppäsillantie 2 kulutus on laskenut vuosien 2021–2022 välillä 23 % (kuva 34). Hälytys on tullut 30 % kohonneesta viikkokulutuksesta, mutta historiatrendi osoittaa, että kulutuksen nousu ollut vain hetkellinen. Tämän voisivat selittää muun muassa kiinteistöllä tapahtuvat korjaustyöt. Korjausohjelmasta oli maininta, että kiinteistöllä on uusittu kaukolämpöpaketti. Sähkönkulutuksen laskea voi selittää muun muassa energiatehokkaat kiertopumput, jotka voivat osaltaan laskea sähkönkulutusta. On myös mahdollista, että kiinteistösähkön käyttöä on muutenkin vähennetty esimerkiksi poistamalla saunavuoroja. Kiinteistön järjestelmät näyttävät kuitenkin toimivan normaalisti, joten hälytys on tässä tapauksessa turha.



Kuva 34. Leppäsillantie 2:n sähköenergian kulutus ja kulutuksen aiheuttamat hälytykset.

### 5.12.5 Vedenkulutuksen hälytykset

Vedenkulutuksen osalta tehtiin sama kuukausitason tarkastelu kuin kaukolämmön- ja sähkönkulutuksen osalta. Hälytyskohteista ja muutoksista muodostettiin ensin taulukko ja kuva, jotta voidaan katsoa, miten kuukausitasolla on tapahtunut muutoksia. Kuvassa 35 on esitetty vedenkulutuksen kuukausikulutusten muutos vertaillen vuosien 2021–2022 kuukausikulutuksia. Mitä enemmän pisteet ovat hajalla, sitä enemmän kulutukset ovat muuttuneet kuukausittain. Jokainen piste kuvaa yhden kuukauden muutosta edellisvuoteen verrattuna tietyllä kiinteistöllä. Suurin kulutusmuutos oli Ristiaallokonkatu 7:ssä, jossa vedenkulutus oli kasvanut 987 % puuttuvien vesimittarilukemien takia. Kulutuslukemat olivat välillä olleet lähellä nollaa, jolloin lukemien normalisoituminen näyttäytyi useiden satojen prosenttien nousuna.



Kuva 35. Vedenkulutuksen muutokset edellisvuoden vastaavaan kuukauteen.

Vedenkulutuksen muutoksissa oli myös suurta hajontaa (taulukko 27). Vedenkulutuksen hälytysten arviointia hankaloittaa, että lukemat kirjataan järjestelmään vain kuukausittain. Lukemapuutteet voivat siis aiheuttaa ongelmia hälytysten tarkastelussa, vaikka lukemapuutteista tulee myös erilliset muistutusviestit puutteista.

Taulukko 27. Kulutusmuutoksen suuruus ja määrä vedenkulutuksesta edellisvuoden kuukauteen verrattuna.

<b>Kiinteistöjen suurin kuukausimuutos vedenkulutuksessa 2021–2022</b>						
<b>Muutoksen suuruus (kpl)</b>						
<b>&lt;5 %</b>	<b>5–10 %</b>	<b>10–20 %</b>	<b>20–30 %</b>	<b>30–40 %</b>	<b>40–50 %</b>	<b>50 %&lt;</b>
19	19	65	38	23	8	26

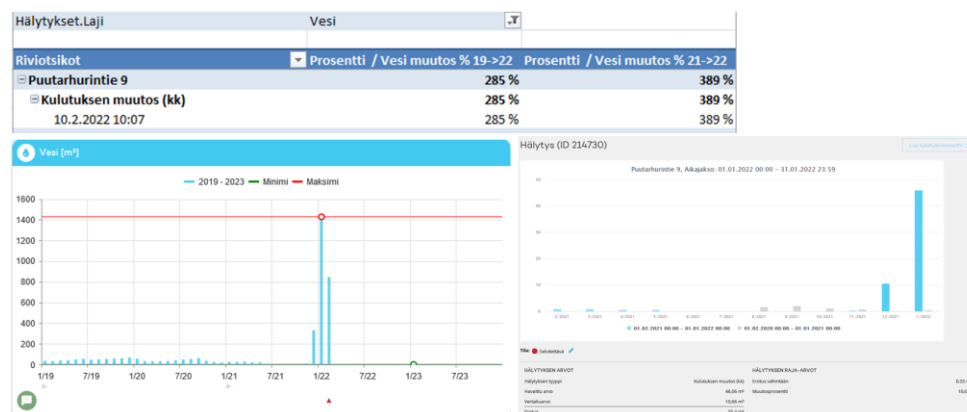
Toinen asia, jota haluttiin tarkastella, ovat pidemmän aikavälin kulutusmuutokset. Vedenkulutuksen hälytyksiä oli tullut 211 eri kiinteistöstä tammikuun 2022–tammikuun 2023 aikana. Näistä muodostettiin oma taulukko, johon eroteltiin viisi kiinteistöä, joissa oli suurimmat ja pienimmät kulutusmuutokset (taulukko 28 s 62–63). Hälytyksiä oli tullut myös uudiskohteista, joissa ei ole aiempaa kulutushistoriaa, jolloin hälytyksien tärkeyttä on vaikea todentaa. Päävesimittarien lukema kirjataan EnerKey-järjestelmään kuukausittain huoltomiehen toimesta. Hälytyksiä voivat aiheuttaa myös väärin kirjatut vesimittarilukemat.

Taulukko 28. Kulutusmuutokset vuosien 2019–2022 ja 2021–2022 välillä kiinteistöistä, joissa on ollut hälytyksiä.

<b>Kiinteistöt, joista on tullut hälytyksiä veden kulutuksesta ja ollut suurin veden kulutuksen nousu</b>		
<b>Kiinteistö</b>	<b>Vesi muutos % 19-&gt;22</b>	<b>Vesi muutos % 21-&gt;22</b>
Puutarhurintie 9	285 %	389 %
Diakonissantie 22	99 %	53 %
Kalaonnentie 5	-91 %	45 %
Kilvoituksentie 7	42 %	35 %

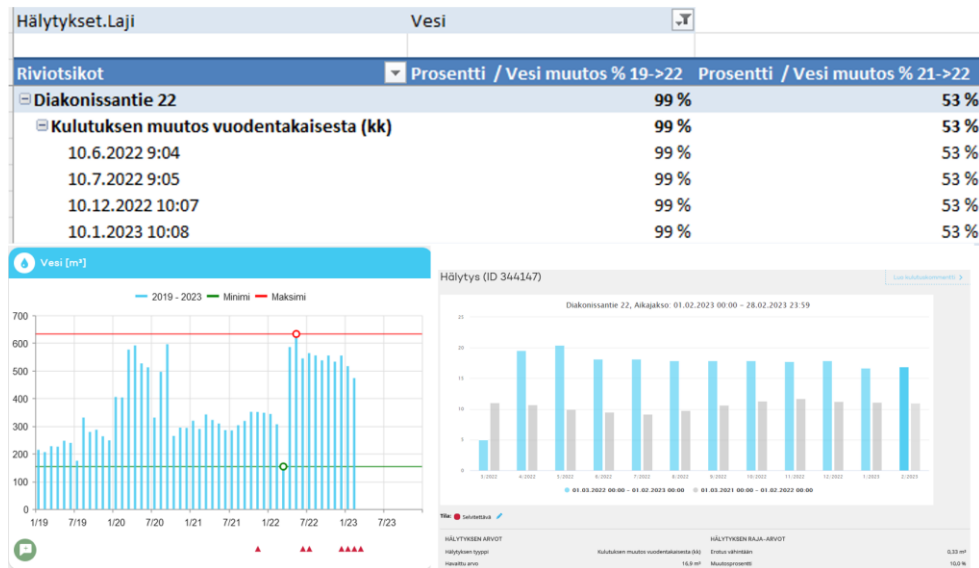
Niipperintie 93 ja 95	-1 %	31 %
<b>Kiinteistöt, joista on tullut hälytyksiä veden kulutuksesta ja pienin veden kulutuksen nousu</b>		
<b>Kiinteistö</b>	<b>Vesi muutos % 19-&gt;22</b>	<b>Vesi muutos % 21-&gt;22</b>
Hansatie 30 C-D porras	-23 %	-19 %
Viittakorpi 3	-28 %	-19 %
Myntinsyrjä 10	-5 %	-20 %
Savikuja 2	-48 %	-21 %
Maapallonkatu 3	-31 %	-38 %

Puutarhurintie 9 noussut kulutus johtuu väärin syötetyistä kulutuslukemista (kuva 36). Hälytystä ei aiemmin ole huomattu muiden hälytysten joukosta. Luemat tulee siis päivittää oikein energianmittausjärjestelmään.



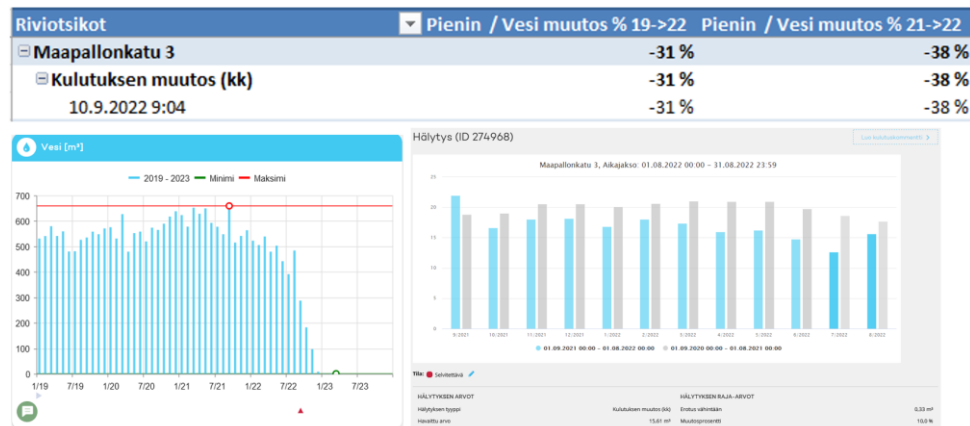
Kuva 36. Puutarhurintie 9:n vedenkulutus ja veden kulutuksen aiheuttamat hälytykset.

Kohteen Diakonissantie 22 kulutuksen nousu on havaittavissa kulutuksenmuutoksista sekä hälytyksistä (Kuva 37 s. 64). Maaliskuussa 2022 kohteessa on ollut mittarinvaihto, jonka jälkeen vesimittarilukemat ovat alkaneet kasvamaan. Vanha mittari on ollut voinut olla viallinen, mutta on silti syytä tarkastaa kohde vedenkulutuksen kasvaessa yli 50 %.



Kuva 37. Diakonissantie 22 vedenkulutus ja veden kulutuksen aiheuttamat hälytykset.

Kohteessa Maapallonkatu 3 on tullut hälytys syyskuussa 2022 kulutuksen noususta, kun vertaillaan edellistä kuukautta (kuva 38). Todellisuudessa kulutus-trendi on kuitenkin ollut koko ajan laskeva. Kiinteistö on tulossa peruskorjaukseen, jonka takia kulutus on laskenut. Näin ollen hälytys on ollut turha.



Kuva 38. Maapallonkatu 3:n vedenkulutus ja veden kulutuksen aiheuttamat hälytykset.

### 5.13 Energianhallintajärjestelmän hälytysten määrittely

Hälytysten läpikäynnissä kävi selväksi, että hälytysten määrittelyyn on vaikea löytää yhtä selkeää vastausta. Hälytyksiä tarkastellessa joutuu usein tutustumaan kohteen korjaushistoriaan sekä katsomaan mitä lukemia ja muutoksia kohteelle on tehty. Suurimmat kulutuspoikkeamat pitävät usein paikkansa, ja kohteen energiankulutus ja siihen liittyvät laitteet kannattaa käydä tarkasti läpi. Nykyiset hälytystyökalut eivät myöskään tarjoa hälytyksiä jokaiselle energiankulutuksen poikkeamalle, joka pitäisi huomioida.

Ensimmäisenä hälytysten määrittelyssä olisi tärkeää huomioida hälytysten käyttötarkoitus. Energianhallintajärjestelmällä ei ole tarkoitus reagoida kiireellisiin hälytyksiin, vaan tärkeintä olisi havaita kulutusten poikkeava muutos, joihin voidaan vaikuttaa. Kiinteistöllä on useita asioita, jotka voivat vaikuttaa kulutuksen lisäykseen tai vähenemiseen. Esimerkiksi tyypillisesti taloyhtiön kiukaan teho on noin 11kW, jolloin taloyhtiösaunan käyttö voi myös vaikuttaa merkittävästä kiinteistön sähkönkulutukseen. Sähköauton lataukset raportoidaan myös kiinteistösähköön, mikä aiheuttaa suuria vaihteluita lyhyellä aikavälillä.

Vedenkulutus vaihtelee asukkaiden ja asukkaiden vedenkäytön mukaan. Keskimäärin yksi asukas kuluttaa noin 140 dm<sup>3</sup>/vrk eli 30 vuorokaudessa kuluu 4,2m<sup>3</sup> vettä. Asukasmääriä ei voida seurata tarkasti, ja vain osassa kiinteistöissä on huoneistokohtainen vedenmittaus, joten pienet muutokset ovat tässäkin normaaleja. [23]

Kiireelliset hälytykset hoidetaan tyypillisesti rakennusautomaation kautta. Huoltoyhtiölle lähtee automaattisesti hälytys kiireellisistä hälytyksistä. Automaatioon voidaan myös ohjelmoida hälytyksiä energianseurannalle, joita ei ole mahdollista seurata tällä hetkellä EnerKey-järjestelmästä. Jos kohteessa on pulssilähdöllä varustettu päävesimittari, voidaan tämä liittää automaatioon ja muodostaa tästä vuotohälytykset. Tyypillisesti automaatiossa on myös hälytyksiä säätöpoikkeamille, verkostonpaineen alenemiselle ja ilmanvaihtokoneen hyötysuhteelle.



Kulutuksen kasvaessa olisi siis syytä tarkastaa rakennusautomaation asetukset ja hälytykset.

EnerKey-järjestelmä ei täysin tarjoa sellaisia hälytyksiä, joista saisi tarkasteltua laajemmin kulutuksen muutoksia. Kulutusten seuranta kannattaa siis tarkastella jatkuvasti, vaikka hälytyksiä ei kohteista tulisikaan. Oletuksena järjestelmään on määritelty hälytykset 10 %:n kulutuksen noususta, ja tämä raja on aivan liian pieni. Kulutuksen noususta oli tullut kuukausitasolla hälytyksiä, vaikka useassa kohteessa vuosikulutus on laskenut yli 20 % tarkastellessa edellisvuotta sekä kolmen vuoden takaisia arvoja. Myös useissa kohteista kulutuksen nousut olivat vain hetkellisiä ja ajoittuivat kuukauden ajalle, minkä jälkeen kulutus saattoi laskea edellisvuodesta. Tarkastelujen perusteella hälytysrajaksi asetetaan 30 % kaukolämpöenergialle ja vedenkulutukselle sekä 40 % sähköenergialle. Kaikki viikkohälytykset poistetaan. Kiireisten hälytysten pitäisi mennä rakennusautomaation kautta huoltomiehelle. Pienemillä hälytysrajoilla turhia hälytyksiä tulee liian paljon. Kulutusrajoja tarkastellessa havaittiin kulutuslukemien heittelevän melko paljon, jolloin hälytysrajoja ei kannatta asetella liian tiukalle.

Maalämpö- ja poistoilmalämpöpumppukohteisiin asetetaan raja 20 %:n sähkö- ja lämpöenergian ylityksestä. Järjestelmässä ei ole aiemmin määritelty erikseen hälytyksiä erityyppisille kohteille. Kohteissa, joissa on lämpöpumppuja ja sähkövastuksia, on kuitenkin vieläkin oleellisempaa seurata sähkönkulutusta. Jos järjestelmä ei toimi oikein, on mahdollista, että kaukolämmönkulutus lisääntyy tai sähköä tuotetaan suoraan sähkövastuksilla. Lämpöpumppukohteissa kannattaisi myös olla tarkemmat hälytysrajat myös rakennusautomaatiossa, jonne vietään tyypillisesti tarkempia tietoja lämpöpumppujärjestelmistä. Espoon Asunnoilla maalämpökohteiden ja poistoilmalämpöpumppukohteiden kulutukset kirjataan huoltomiesten toimesta järjestelmään kuukausitasolla, joten näillekään ei voida määritellä EnerKey-järjestelmään tarkempia hälytyksiä.

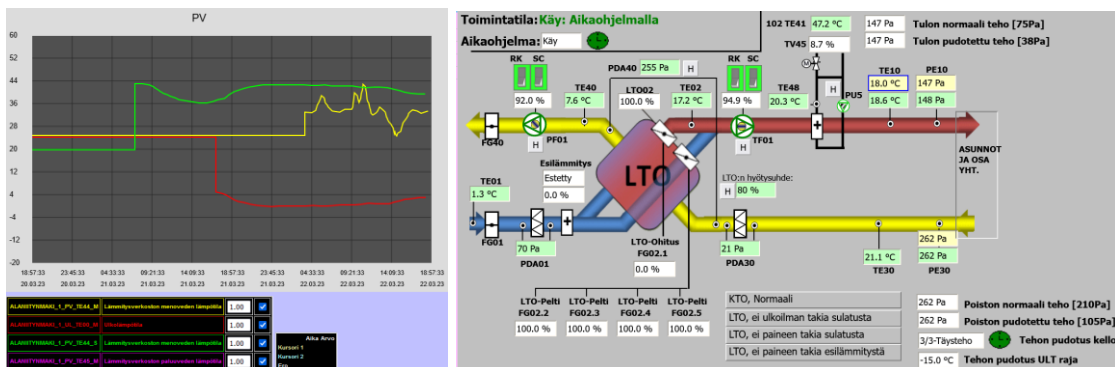
## 5.14 Energiansäästötoimenpiteiden jatkokehitys

Opinnäytetyön aikana tuli esille myös useita eri aiheita, joita ei ehditty tarkemmin tutkimaan opinnäytetyöprosessin aikana. Laskentamalleissa käytettiin energiansäästösopimuksissa esiteltyjä mallikaavoja, mutta myös tarkempi laskenta kannattaisi välillä tehdä suurimpien kulutusmuutosten kohteisiin. Myös energiansäästötoimenpiteiden kirjaamisessa ja toteutuksen jälkiseurannassa olisi parannettavaa. Energiansäästötoimenpiteet ja energianseuranta ovat todella laaja alue, joten kaikkia osa-alueita ei ollut mahdollista käydä opinnäytetyöprosessin aikana läpi.

### 5.14.1 Rakennusautomaation tarkastus ja säästöt

Rakennusautomaation energiansäästötoimenpiteet raportoidaan tyypillisesti joko automaation uusimisena tai käyttötekniisinä toimenpiteinä. Rakennusautomaatiolla on kuitenkin iso potentiaali säästää energiaa ja myös lisätä energiankulutusta, jos järjestelmät eivät toimi oikein. Energiansäästötoimenpiteissä ei kuitenkaan ole tarkemmin määritelty rakennusautomaation merkitystä. Kohteissa, joissa ei ole jatkuvaa käyttöä, voidaan usein vähentää ilmanvaihdon nopeutta. Saunan aikaohjelmat vaativat aikaohjelmien tarkastamista tasaisin väliajoin, jotta turhia aikaohjelmia ei jää järjestelmään. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla voidaan tyypillisesti saada 55–70 % ilmanvaihdon kautta poistuvasta lämpöenergiasta talteen, joten on tärkeää myös varmistaa, että lämmöntalteenotto toimii oikein.

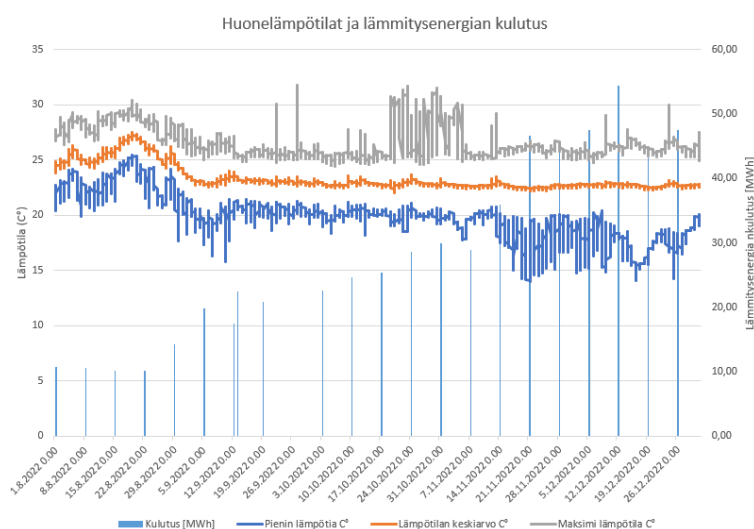
Väärin toimivat ja huojuvat säädöt kuluttavat laitteita ja energiaa. Usein automaatiossa voi olla ohjelmoituna myös säätövikahälytyksiä. Automaatioon on myös mahdollista ohjelmoida automaattisesti sulkemaan venttiili, kun ulkolämpötilan keskiarvo saavuttaa tietyn rajan tai ohjelmoida myös kesäpysäytyksiä pumpuille. Näitä ei kuitenkaan ole laajemmin ohjeistettu energiansäästötoimenpiteissä. Kuvissa 39 ja 40 s. 68 on esitetty tyypillisiä rakennusautomaation näkymiä.



Kuva 39 ja Kuva 40. Rakennusautomaation lämmitysverkoston säätö ja ilmanvaihtokoneen prosessikaavio.

## 5.14.2 Huoneolosuhteiden vaikutus energiankulutukseen

Huonelämpötilojen vaikutusta energiankulutukseen on mahdollista tarkastella, Smartliving-järjestelmän avulla. Opinnäytetyöprosessissa tätä ei ollut mahdollista käydä laajasti läpi, joten huoneolosuhteiden vaikutus energiankulutukseen jätettiin jatkokehitysideaksi. Kuvassa 41 s. 69 on esitetty yksi esimerkki tarkastelusta, jossa näkyy kiinteistön pienin, suurin ja keskilämpötila. Kohde valittiin tarkasteluun hieman korkeiden lämpötilojen takia. Keskiarvolämpötila on esimerkkikohteessa noin 23 °C. Tästä kohteesta ei saatu lämmitysverkoston menolämpötilatietoja, joten tarkastelu jäi tältä osin puutteelliseksi. Smartliving-järjestelmä pyrkii optimoimaan menolämpötilan halutun asetusarvon mukaan, joka on tyypillisesti 21 °C. Tässä kohteessa lämpötilat on kuitenkin optimoitu keskinertaisesti, joten säästöpotentiaalia löytyy vielä todennäköisesti lämmityksen optimoinnista. Järjestelmän toimintaa on syytä myös tarkastella kriittisesti ja varmistaa, että järjestelmä toimii oikein.



Kuva 41. Esimerkkikohde huonelämpötiloista ja lämmitysenergian kulutuksesta.

### 5.14.3 Lämpöpumput energiansäästöissä

Opinnäytetyön tarkastelujaksolla ei tehty uusia lämpöpumppuja hyödyntäviä toteutuksia. Lämpöpumput ovat kuitenkin yksi tapa hyödyntää ilmaista energiaa. Taulukossa 29 s. 69–70 on esitetty muutaman samankokoisen kohteen energiankulutus Kohteissa Balderinkuja 2–5 ja Oxfotintie 3 tuotetaan lämmitys kaukolämmöllä. Kohteiden Isojärvenpää 3 ja 4 lämmitys tuotetaan maalämmön avulla. Ominaiskulutusta tarkastellessa maalämpökohde on huomattavasti pienempi ominaiskulutukseltaan. Molemmissa järjestelmissä on omat hyvät puolensa, joten pelkästään energiankulutusta ei kannata seurata.

Taulukko 29. Esimerkki maalämpökohteiden ja kaukolämpökohteiden ominaiskulutuksista.

Kiinteistö	Lämmitys- muoto	2022 Sähkö [kWh]	Kauko- lämpö 2022 [MWh]	Lämmitys- sähkö 2022 [MWh]	2022 Brut- totilavuus [kWh/m <sup>3</sup> ]
Balderin- kuja 2–5	Kaukolämpö	51216	348,57		45,9
Oxfotintie 3	Kaukolämpö	30148	356,55		48,7

Isonjärvenpää 3 ja 4	Maalämpö	10665	205,39	27,5
----------------------	----------	-------	--------	------

Myös poistoilmalämpöpumput voivat olla hyvä ratkaisu kohteisiin, joissa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Kuvissa 42 ja 43 on esitetty erään kohteen energiankulutus, missä on otettu käyttöön poistoilmalämpöpumppu. Lokajoulukuun aikana sähköenergian kulutus on noussut 23,8 MWh ja lämmitysenergian kulutus on vähentynyt 87,41 MWh. Yhteensä säästöä on kertynyt 63,6 MWh kyseisenä aikana edellisvuoteen verrattuna. Kaikissa kohteissa tuotto ei välttämättä ole yhtä hyvä.



Kuva 42 ja kuva 43. Erään kohteen energiankulutus, johon on asennettu poistoilmalämpöpumppu.

Maalämpökohteet ovat hyvin erilaisia laitteiltaan kuin kaukolämpökohteet, joten kohteet voivat vaatia myös erityisosaamista, ja lämpöpumput vaativat usein erityisosaajan huoltotöitä varten. Myös lämpöpumppukohteissa energianseuranta kannattaa tehdä jatkuvasti; lämpöpumpun toimimattomuus voi aiheuttaa nopeasti kustannusten kasvamista, jos lämpöä tuotetaan suoraan sähköllä.

## 5.15 Tulokset

Opinnäytetyöprosessin aikana opinnäytetyön tekijä perehtyi laajasti energiansäästötoimenpiteisiin, energianhallintajärjestelmään ja energianseurantaprosesseihin. Työn aikana kävi nopeasti selväksi, että datamäärä energianseurannalle on valtava. Energiansäästöä on ollut valtavasti keskustelua mediassa ja uutisoinnissa, joten myös hieman yllättävää on, miten vähän energianseurannasta on puhuttu.

Energiansäästötoimenpiteet jakautuvat usein myös usealle eri taholle, kuten huoltomiehille tai ylläpidon henkilöstölle. Energiansäästötoimenpiteiden hallinta ei myöskään ole siis yksinkertaista. Jokaisen energiansäästötoimenpiteiden parissa työskentelevän pitäisi olla tietoinen, miten energiaa seurataan ja mitkä toimenpiteet olisi hyvä kirjata järjestelmään. Tässä havaittiin selkeitä puutteita: tieto ei mene jokaiselle tasolle, eikä myöskään selkeitä käytäntöjä ole kaikkien energiansäästötoimenpiteiden osalta.

Selkeiden käytäntöjen puuttuminen kävi heti työn alussa ilmi. Energiansäästötoimenpiteiden kirjaus vaati yllättävän paljon kunnossapito- ja korjausprojektien dokumentoinnin selvittämistä. Lähtötietoja ei monesti ole tallennettu oikein, eikä myöskään energiansäästötoimenpiteiden loppudokumentointia. Säästötoimenpiteissä joudutaan siis usein käyttämään paljon oletuksia, jolloin myös energiansäästöjen laskennasta ei saada aina järkeviä tuloksia.

Myös energiatehokkuussopimusten ohjeistuksessa havaittiin kehitettävää. Esimerkkilaskelmat on esitetty usein karkealla tasolla, mikä on sinänsä ymmärrettävää. Tarkempi energiansäästöjen raportointi vaatii laajaa ymmärrystä eri prosesseista. Energiasopimusten järjestelmistä voidaan seurata säästöjen onnistumista, mutta opinnäytetyön tekijän näkemyksen mukaan parempi kehityssuunta olisi muutenkin, että energianseurantaan tulisi ohjeistusta. Energiajärjestelmien tehokkaalla käytöllä voidaan kuitenkin saada huomattavia säästöjä ja investoinnit ovat parhaimmillaan pieniä. Suuret säästöt eivät aina tarvitse suuria investointeja.

Opinnäytetyön aikana ei saatu tarkasteltua kaikkea, mitä oli aluksi ajateltu työn sisällöksi. Työn sisältöön oli aluksi suunniteltu sisäilmaolosuhteiden vaikutus energiatehokkuuteen, tarkempien laskelmien tekeminen sekä käydä laajemmin läpi rakennusautomaation vaikutus energiatehokkuuteen. Tuhansien rivien datamäärän tulkintaan meni enemmän aikaa kuin työn alussa oli ajateltu. Opinnäytetyön tekijän näkemys oli, että tavoitteet suoritettua hyvin. Energiantehokkuustoimenpiteet saatiin kirjattua järjestelmään, energianhälytykset määriteltä

ja visualisoitua energiankulutus uusilla tavoilla. Opinnäytetyö antaa hyvän pohjan kehittää Espoon Asuntojen energianseurantaa. Kaikkea datamäärää ja taulukoita ei ole esitetty tässä työssä, vaan tarkemmat tarkastelut ja puutteiden korjaukset on vielä tarkoitus käydä läpi Espoon Asuntojen henkilöstön kanssa.

## Lähteet

- 1 Säästövaikutusten laskenta ja dokumentointi. 2017. Verkkoaineisto. Energiatehokkuussopimukset 2017–2025. <<http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/wp-content/uploads/S%C3%A4%C3%A4st%C3%B6jen-laskenta-ja-dokumentointi.pdf>>. 09.2017. Luettu 09.05.2022.
- 2 Johtaminen vie eteenpäin. Verkkoaineisto. Energiatehokkuussopimukset 2008–2016. <<https://energiatehokkuussopimukset2008-2016.fi/johtaminen-vie-eteenpain>>. Luettu 28.03.2023.
- 3 Pieniä ja suuria energiaratkaisuja. 2022. Verkkoaineisto. Espoon Asunnot Oy. <<https://www.espoonasunnot.fi/pienia-ja-suuria-energiaratkaisuja>>. 19.9.2022. Luettu 28.03.2023
- 4 EG EnerKey. Verkkoaineisto. EG EnerKey. <<https://global.eg.dk/it/eg-EnerKey/>>. Luettu 28.03.2023.
- 5 Smartliving kulutuksen seuranta. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/smartliving-kulutuksen-seuranta>>. Luettu 28.03.2023.
- 6 Lämmitys. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.mtiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot\\_-\\_yhdessä\\_energiatehokkaasti/lammitys](https://www.mtiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdessä_energiatehokkaasti/lammitys)>. 17.1.2023. Luettu 02.2023
- 7 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 2017. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>. 12.2017. Luettu 21.03.2023
- 8 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 2013. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <[https://www.finlex.fi/data/normit/40799/EU\\_27\\_2\\_2013YM\\_\\_asetus\\_lopullinen\\_FIN.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/40799/EU_27_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN.pdf)>. 27.02.2013. Luettu 21.03.2023
- 9 Virta, Pylysy. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.
- 10 Korkala, Laksola 2012 Ilmastointi, Hoito ja huolto. Tallinna: Meedia Zone OÜ
- 11 Sähkötieto ry. 2012. ST 21.33 EC- ja PM-moottorit taloteknisissä järjestelmissä. Espoo: Sähköinfo Oy



- 12 Kaukolämpö. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo)>. 13.4.2022. Luettu 02.2023
- 13 Lämmitysverkoston perussäätö. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kiinteiston\\_energiankaytto/lammitysverkoston\\_perussaato](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/lammitysverkoston_perussaato)>. 20.3.2022. Luettu 26.09.2022
- 14 Hallitse huonelämpötiloja. 2021. Motiva. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/hyva\\_arki\\_kotona/hallitse\\_huonelampotiloja](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/hallitse_huonelampotiloja)>. 12.11.2021. Luettu 26.09.2022
- 15 Perälä. 2013. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmistä. Tallinna: Alfamer/Karisto Oy.
- 16 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Verkko-aineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>>. 27.02.2013. Luettu 21.03.2023
- 17 Danfoss Leanheat Building – Smart building control and maintenance powered by IoT. Verkkoaineisto. Danfoss. <https://leanheat.com/>. Luettu 28.03.2023.
- 18 Säästöjen laskenta. 2020. Verkkoaineisto. Energiatehokkuussopimukset <<https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/aineistot-ja-ohjeet/kiinteistoala/saastojen-laskenta/>>. 11.2022. Luettu 10.05.2022
- 19 Säteri. 1996. LVI-tekniikan perusparannus. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 20 Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kiinteiston\\_energiankaytto/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kayttovesi](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi)>. 30.12.2022. Luettu 11.10.2022
- 21 Luokkansa paras energiatehokkuus. Verkkoaineisto. Kone. <<https://www.kone.fi/tietoa-meista/kone-yrityksena/ymparisto/>>. Luettu 20.10.2022.
- 22 Vuokra-asuntoyhteisöjen toimenpideohjelma. Tyypilliset säästötoimenpiteet. 2018. Energiatehokkuussopimukset. <<https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/wp-content/uploads/2020/02/Tyypitoimien-s%C3%A4st%C3%A4st%C3%B6vaikutuksen-laskenta-VAETS-2018.pdf>>. 5.3.2018. Luettu 20.10.2022

- 23 Vedenkulutus taloyhtiössä. 2023. Verkkoaineisto. Motiva [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/ taloyhtiot\\_ -\\_ yhdessa\\_ energiatehok- kaasti/ vesi\\_ ja\\_ vedenkulutus? gclid= CjwKCAjwq- WgBhBMEiwAz- KSH6HHPm7Ihg7VrDi9vbolS- wgmehgYWynlhEpeiz5\\_ fuAmhC\\_ ycCTi- RoC0foQAvD\\_ BwE](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/ taloyhtiot_ -_ yhdessa_ energiatehok- kaasti/ vesi_ ja_ vedenkulutus? gclid= CjwKCAjwq- WgBhBMEiwAz- KSH6HHPm7Ihg7VrDi9vbolS- wgmehgYWynlhEpeiz5_ fuAmhC_ ycCTi- RoC0foQAvD_ BwE). 17.1.2023. Luettu 21.03.2023.