

Pietari Tanner

## **SÄHKÖLÄMMITTEISEN OMAKOTITALON ENERGIAN OPTIMOINTI**

Opinnäytetyö

# **SÄHKÖLÄMMITTEISEN OMAKOTITALON ENERGIAN OPTIMOINTI**

Opinnäytetyö

Pietari Tanner  
Opinnäytetyön suunnitelma  
Kevät 2023  
Tietojenkäsittely Tradenomi  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittely Tradenomi

---

Tekijä: Pietari Tanner

Opinnäytetyön nimi: Sähkölämmitteisen omakotitalon energian optimointi

Työn ohjaaja: Minna Kamula

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023

Sivumäärä: 43

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa omalta osaltani sähkön saatavuutta sekä tehostaa asumisen energiatehokkuutta. Nykyiset sähkömarkkinat muuttuvat nopeasti ja sähkönhinnan heitelyt voivat tulla sähkölämmitteisessä omakotitalossa asuville kalliiksi. Optimoinnilla saatiin aikaseksi suoraa rahallista säästöä sekä hallittavuutta kiinteistön sähkönkulutukseen.

Nykyisin maailman tilanteet muuttuvat nopeasti ja se luo uusia haasteita yrityksille, mutta myös yksityisille henkilöille. Suomessa on puhuttu viimeisen vuoden aikana paljon sähköniittävydestä sekä sähkömarkkinoista. Energian optimoinnista löytyy tänä päivänä paljon tietoa ja optimoinnille on tulevaisuudessa suuri tarve. Osa yrityksistä on tämän jo huomannut ja tarjoavat erilaisia optimointipalveluita. Aina ei kuitenkaan tarvitse turvautua maksullisiin optimointeihin, vaan asukkaat voivat omalla käyttäytymisellään sekä toiminnallaan vaikuttaa omaan energiankulutukseen.

Tässä opinnäytetyössä on käytetty automatisointeja, joilla ohjataan sekä hallitaan erilaisia kiinteistön sähkölaitteita. Laitteiden kulutustietoja seurattiin aktiivisesti, jotta saatiin hyvä kokonaiskuva mihin sähköenergiaa kuluu. Kulutustietoja analysoitiin, jotta optimoinnit saatiin kohdistettua oikeisiin laitteisiin ilman, että asumismukavuus kärsii. Laitteita ohjataan mahdollisimman kattavasti päälle päivän halpoina pörssisähkön tunteina. Automatisoinnissa on myös otettu huomioon kuormanhallinta, jolla estetään kiinteistön sähkönkulutuksen ylikuormittaminen. Osa automatisoinneista toimii myös päivän kalleimpien tuntihintojen mukaisesti pienentäen asunnon lämpötiloja muutamaksi tunniksi päivän aikana.

Tavoitteena oli saada kiinteistöön omaa sähköntuotantoa aurinkopaneelien muodossa. Valitettavasti tarvikkeiden saatavuushaasteet estivät saamasta tätä järjestelmää toiminta valmiiksi opinnäytetyön aikana. Aihetta kuitenkin käsitellään teoriatasolla ja tulevaisuudessa myös nämä sähköntuotot tullaan optimoimaan mahdollisimman kattavasti omaan käyttöön.

---

Asiasanat: Optimointi, sähköenergia, energiankulutus, aurinkoenergia, sähköauto, Home Assistant.

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Business Information Systems

---

Author: Pietari Tanner

Title of thesis: Optimizing the energy of an electrically heated house

Supervisor: Minna Kamula

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023      Number of pages: 43

---

The goal of this thesis was to improve the availability of electricity and increase household energy efficiency from my perspective. The current electricity market is changing rapidly, and fluctuations in electricity prices can be expensive for those living in an electrically heated detached house. Optimization resulted in direct financial savings and better control over the property's electricity consumption.

Currently, global conditions are changing rapidly, creating new challenges for businesses and individuals. In Finland, there has been a lot of discussion about the security of electricity supply and electricity markets in the past year. There is a wealth of information about energy optimization today, and there will be a significant need for optimization in the future. Some companies have already recognized this and offer various optimization services. However, it is not always necessary to rely on paid optimization, as residents can influence their own energy consumption through their behaviour and actions.

In this work, automations were used to control and manage various electrical devices in the property. Appliance consumption data was actively monitored to gain a comprehensive understanding of where electrical energy was being consumed. Consumption data was analysed to make targeted optimizations to the appropriate equipment without compromising the comfort of the home. The appliances are maximally controlled during the periods with the most favourable electricity prices on the market. The automation also considers load management to avoid overloading the property's electricity consumption. Some automations also adjust the temperature of the house for a few hours a day based on the highest hourly prices.

The goal was to equip the apartment with solar panels to generate its own electricity. Unfortunately, problems with the availability of the necessary equipment prevented the implementation of this system in the time frame of this work. However, the topic is being addressed at a theoretical level, and in the future these power generation systems will be extensively optimized for self-consumption as well.

---

Keywords: Optimization, electrical energy, energy consumption, solar energy, electric car, Home Assistant

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KULUTUSTIETOJEN KERÄÄMINEN .....	8
2.1	Kiinteistön energian kulutus.....	9
2.2	Kiinteät laitteet.....	10
2.2.1	Asuintilojen lattia- ja kattolämmitys .....	11
2.2.2	Ilmalämpöpumppu .....	11
2.2.3	Käyttöveden lämmitys .....	12
2.2.4	Ilmanvaihto.....	14
2.2.5	Autotalli .....	14
2.2.6	Jääkaappi.....	15
2.2.7	Pakastin .....	15
2.3	Paljon kuluttavat laitteet.....	16
2.3.1	Pyykinpesukone .....	17
2.3.2	Kuivausrumpu .....	17
2.3.3	Astianpesukone .....	17
2.3.4	Sähköauton lataus .....	18
2.4	Vähän kuluttavat laitteet .....	19
2.4.1	Valaistus .....	20
2.4.2	Viihdelaitteet .....	20
2.4.3	Tietokoneet .....	20
2.4.4	NAS-verkkopalvelimet ja muut oheislaitteet .....	21
2.4.5	Matkapuhelimet ja tabletit .....	21
2.4.6	Muita laitteita.....	22
3	KULUTUSTIETOJEN ANALYSOINTI .....	23
3.1	Vuositasolla vähän kuluttavat laitteet .....	23
3.2	Vuositasolla paljon kuluttavat laitteet.....	23
3.3	Optimointiin valitut laitteet.....	24
4	AURINKOPANEELIT .....	26
4.1	Aurinkoenergian tuotto .....	26
4.2	Aurinkoenergia omaan käyttöön .....	27
4.3	Aurinkoenergian myynti valtakunnanverkkoon .....	27

5	ENERGIAN OPTIMOINTI .....	28
5.1	Toteutus suunnitelma .....	28
5.2	Home Assistant .....	28
5.2.1	Pörssisähkö .....	29
5.2.2	Aurinkoenergia .....	31
5.2.3	Laitteiden ohjaus ohjelmallisesti .....	32
5.2.4	Laitteiden ohjaus ajastimilla .....	35
5.2.5	Kuormanhallinta .....	36
6	KUSTANNUKSET .....	39
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	40
	LÄHTEET .....	42

# 1 JOHDANTO

Vuonna 2022 Suomessa alettiin puhumaan paljon energian ja varsinkin sähkön riittävydestä. Kantaverkkoyhtiö FINGRID varoitteli sähkön riittävydestä ja puhuttiin jopa kiertävistä sähkökatkoista talven kulutushuippuina. Kantaverkkoyhtiöt arvioivat jatkuvasti sähkön riittävyttä tulevana kuukausina ja vuosina. Arviot perustuvat todennäköisyyspohjaiseen analyysiin, johon vaikuttavat esimerkiksi sää ennusteet, tuotannon keskeytykset sekä kulutukset (Närhi 2022).

Huomasin itse olevani aika huoleton sähkönkuluttaja ja ajatus energian säästämisestä konkretisoitui. Ajatuksena oli saada säästöjä sekä varmistaa omalta osaltani sähkön riittävyys valtakunnallisesti ilman, että asumismukavuus kärsii. Pienillä toimenpiteillä säästöä tuli noin 30–50 % syksyn ja talven aikana. Vuositasolla kulutusta on hankala vähentää enempää, mutta energian optimoinnilla säästön voidaan siirtää suoraan sähkölaskuun. Tämä tapahtuu automatisoimalla sähkölaitteita toimimaan pörssisähkön hintojen mukaisesti. Pörssisähkön hinta seuraa osittain valtakunnallisia kulutushuippuja. Esimerkiksi jos ennustetaan kovaa pakkasta sekä tyynä säätä tämä tarkoittaa yleensä, että tuulivoima tuotanto on minimaalista ja kulutusta on paljon ja tästä syystä hintakin on korkeampi. Optimoinnilla saadaan vähennettyä omaa sähkön kulutusta kulutushuippuja, joka näin helpottaa sähkön riittävyttä valtakunnallisesti. Kotiautomaatio on nykyaikainen tapa hallita kiinteistön erilaisia sähkölaitteita. Kotiautomaatiolla voidaan säätää ja ohjata esimerkiksi huonelämpötiloja, käyttöveden lämmitystä, sähköauton latausta sekä oman aurinkosähkön tuotantoa (Motiva 2021).

Optimointi aloitetaan keräämällä kiinteistön kulutustietoja. Tietoja kerätään koko kiinteistön kulutuksesta sekä erilaisista sähkötoimisista laitteista. Tiedot analysoidaan ja tulosten perusteella päätetään mitä laitteistoja otetaan optimoinnin piiriin. Omakotitalossani on Home Assistant kotiautomaatio järjestelmä. Tätä järjestelmää käytetään muun muassa kulutustietojen keräämiseen sekä sähkölaitteiden automatisointiin pörssisähkön hintojen mukaan. Home Assistant on avoimen lähdekoodin kotiautomaatiojärjestelmä (Home Assistant 2023).

## 2 KULUTUSTIETOJEN KERÄÄMINEN

Optimoinnissa on tärkeää tietää mistä kiinteistön sähkönkulutus koostuu. Sähkölämmitteisessä omakotitalossa energiaa kuluu paljon asunnon ja veden lämmittämiseen. Tämän lisäksi kiinteistössä on kiinteitä laitteita. Kohteena on vuonna 1993 rakennettu suorasähkölämmitteinen omakotitalo, jossa on asuinpinta-ala 136 m<sup>2</sup>.

Kulutustietojen keräämisellä on tarkoitus saada mahdollisimman laajasti tietoa yksittäisten laitteiden sekä laitteistojen sähkön kulutuksesta. Todellisen kulutuksen tiedostaminen auttaa tekemään oikeita päätöksiä optimoinnin suhteen. Tiedon keräämisellä voidaan pois sulkea olettamuksia sekä panostaa oikeasti merkittäviin kulutus kohteisiin.

EU vaatii, että esimerkiksi kodinkoneiden valmistajat merkitsevät laitteisiin energiatehokkuusluokat. Merkintöjen ansiosta kuluttajat ja käyttäjät voivat valita vähän energiaa kuluttavia laitteita ostotuhetkellä. Merkintöjen vaatiminen kannustaa myös valmistajia kehittämään energiaa säästäviä tuotteita. Tämä kannattaa ottaa huomioon laitteita uusiessa. Vuositasolla säästöt voivat olla isoja. Energialuokkia on yhteensä seitsemän ja voit verrata energian säästöjä eri luokkien välillä alla olevasta kuvasta (kuva 1).

Energiatehokkuusluokka	Energiansäästö verrattuna C-luokkaan
A	36 %
B	20 %
C	0 %
D	-25 %
E	-56 %
F	-95 %
G	Vähemmän kuin -95 %

*Kuva 1. Laitteiden energiatehokkuusluokat.*



## 2.1 Kiinteistön energian kulutus

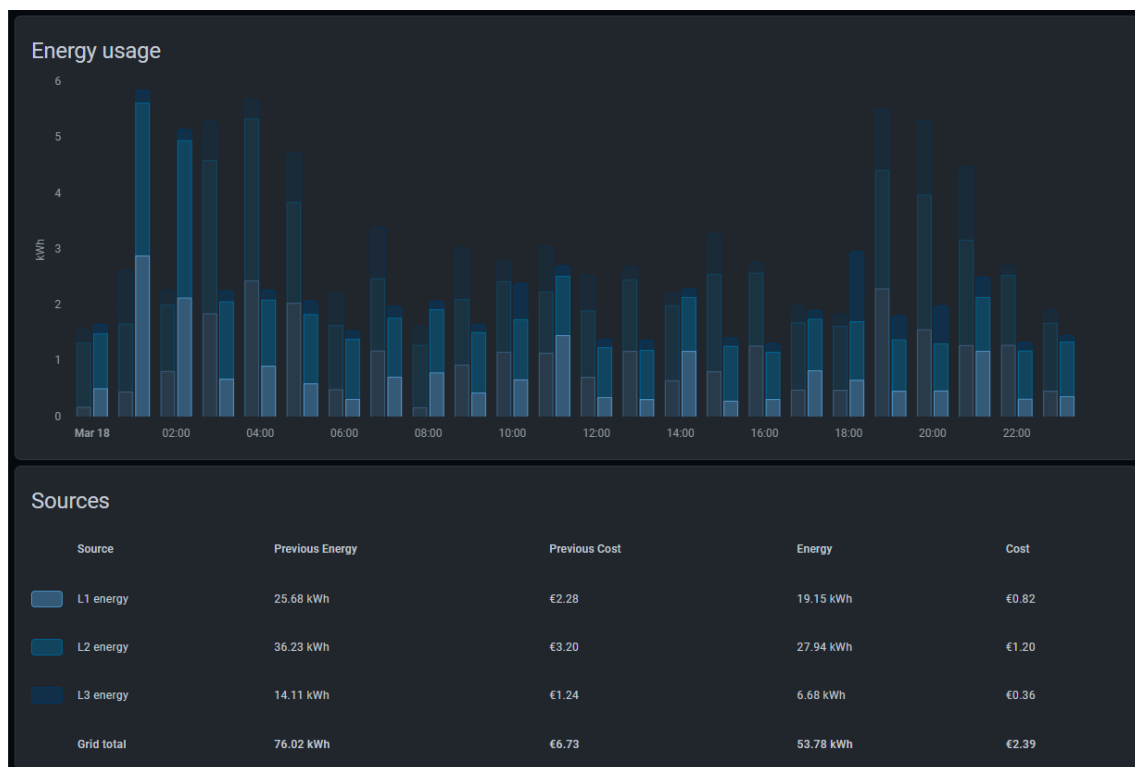
Ensimmäinen vaihe on saada kerättyä tietoa omakotitalon kokonaiskulutuksesta. Omat kulutus tiedot ovat saatavilla yleensä oman sähkönmyynti- sekä siirtoyhtiöiden internet sivuilla. Näistä palveluista tiedon seuraaminen on suhteellisen työlästä kirjautumisen vuoksi. Tämän vuoksi on järkevää asentaa kiinteistöön omat mittauslaitteistot. Tähän kohteeseen kokonaiskulutuksen seuraamiseen valikoitui Shelly 3EM laite (kuva 2). Kyseinen laite mittaa energian määrää, joka tulee valtakunnan-verkosta kiinteistöön. Lisäksi laite osaa mitata kiinteistöstä lähtevän sähkön määrän valtakunnan-verkkoon. Tämä ominaisuus on erinomainen, jos kiinteistössä on esimerkiksi pientuotanto laitteita kuten aurinkopaneelit. Laitteessa on myös sisäänrakennettu rele, jolla pystytään ohjaamaan esimerkiksi kontaktoria päälle ja pois (Shelly 3EM 2023).



*Kuva 2. Shelly 3EM älykäs 3-vaihe energiamittari (Shelly 3EM 2023).*

Shelly 3EM laite yhdistetään kiinteistön langattomaan verkkoon tuotteen omalla puhelin sovelluksella. Tämän jälkeen laitteen asetuksia sekä ominaisuuksia voidaan muuttaa esimerkiksi tietokoneen selaimella. Laitteella on oma pilvipalvelu, jonne sen keräämä tieto tallentuu. Laitetta voidaan käyttää myös ilman pilvipalvelua.

Shelly 3EM laite voidaan liittää Home Assistant järjestelmään. Järjestelmä tallentaa laitteen keräämät tiedot omaan tietokantaan. Tietokannasta voidaan näyttää järjestelmän työpöydällä esimerkiksi kulutustietoja. Kulutusta on helppo seurata päivä-, kuukausi- tai vuositasolla. Lisäksi näkymässä voidaan verrata nykyistä kulutusta esimerkiksi edellisen päivän tai kuukauden kulutukseen (kuva 3).



Kuva 3. Home Assistantin työpöytä näkymä Shelly 3EM laitteen keräämästä kiinteistön kulutuksesta. Kuvassa verrataan kuluvan päivän kulutusta edelliseen päivään.

## 2.2 Kiinteät laitteet

Omakotitalon kiinteiksi laitteiksi luokitellaan ne laitteet, jotka ovat asennettu rakennukseen pysyvästi. Näitä laitteita ovat esimerkiksi ilmastointilaitteisto sekä kaikki lämmityslaitteet mukaan lukien ilmalämpöpumppu. Tässä kohteessa käsitellään myös autotallia omana yhtenä kokonaisuutena. Myös jääkaappi sekä pakastin luokitellaan kiinteistön kiinteiksi laitteiksi (Minilex 2023).

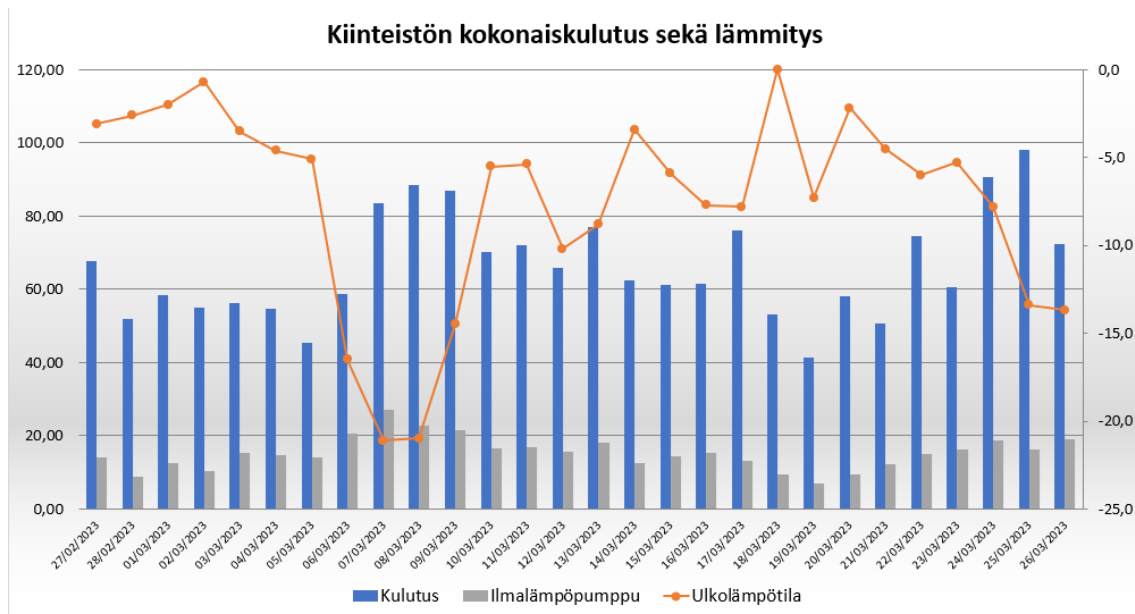
### **2.2.1 Asuintilojen lattia- ja kattolämmitys**

Kiinteistössä on suorasähkölämmitys. Laatta pintaisissa lattioissa on lattialämmitys ja muissa tiloissa kattolämmitys. Lämmityksiä ohjataan Meross merkkisillä älytermostaateilla, jotka ovat yhdistetty Home Assistant järjestelmään (Meross 2023). Lisäksi kiinteistössä on Toshiba merkinen ilmalämpöpumppu, jota käytetään talvella lämmittämiseen ja kesällä viilentämiseen. Talvella lämmitystä autetaan leivinuunilla.

Tehtyjen säätötoimenpiteiden vuoksi lattia- ja kattolämmitykset eivät ole olleet käytössä ollenkaan talven 2022–2023 aikana. Kiinteistön lämmityksen on hoitanut pelkästään ilmalämpöpumppu ja leivinuuni. Lämmitysthermostaatit toimivat kuitenkin varalla, jos asunnon lämpötila laskee alle 19 lämpöasteenasteen. Tämän vuoksi näistä ei kerätty tarkkoja kulutustietoja.

### **2.2.2 Ilmalämpöpumppu**

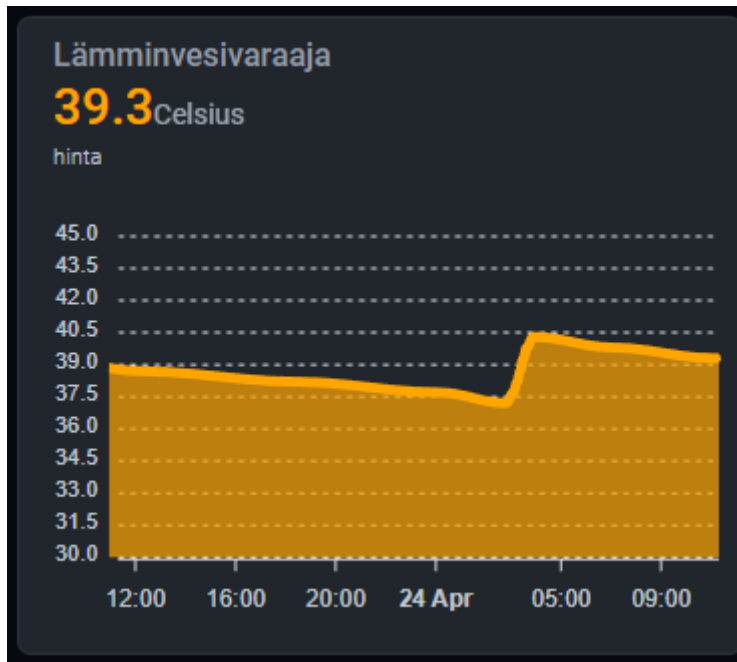
Kuten aikaisemmin olen maininnut, talvella 2022–2023 ilmalämpöpumppu on hoitanut kiinteistön asuintilojen lämmityksen. Ilmalämpöpumpun energian tehokkuus ja hyötysuhde on huomattavasti parempi kuin lattia- tai kattolämmitysvastuksilla. Ilmalämpöpumpun kulutusta seurattiin neljän viikon ajan. Seurannassa otettiin huomioon jokaisen päivän ulkoilman keskilämpötila sekä kiinteistön leivinuunin lämmitys. Näin saatiin tarkkaa tietoa miten paljon ulkolämpötila vaikuttaa lämmitystarpeeseen sekä kuinka paljon leivinuunin lämmitys pienentää sähköenergian tarvetta. Lämmityksen tarve lisääntyy aina kun ulkolämpötila laskee, jonka näkee alapuolella olevasta kuvasta (kuva 4). Kuvasta nähdään myös, että ilmalämpöpumpulla lämmittäminen on noin yksi neljäsosaa koko kiinteistön kulutuksesta.



Kuva 4. Kuvassa kiinteistön kokonaiskulutus, ilmalämpöpumpun kulutus sekä ulkoilman keskilämpötila.

### 2.2.3 Käyttöveden lämmitys

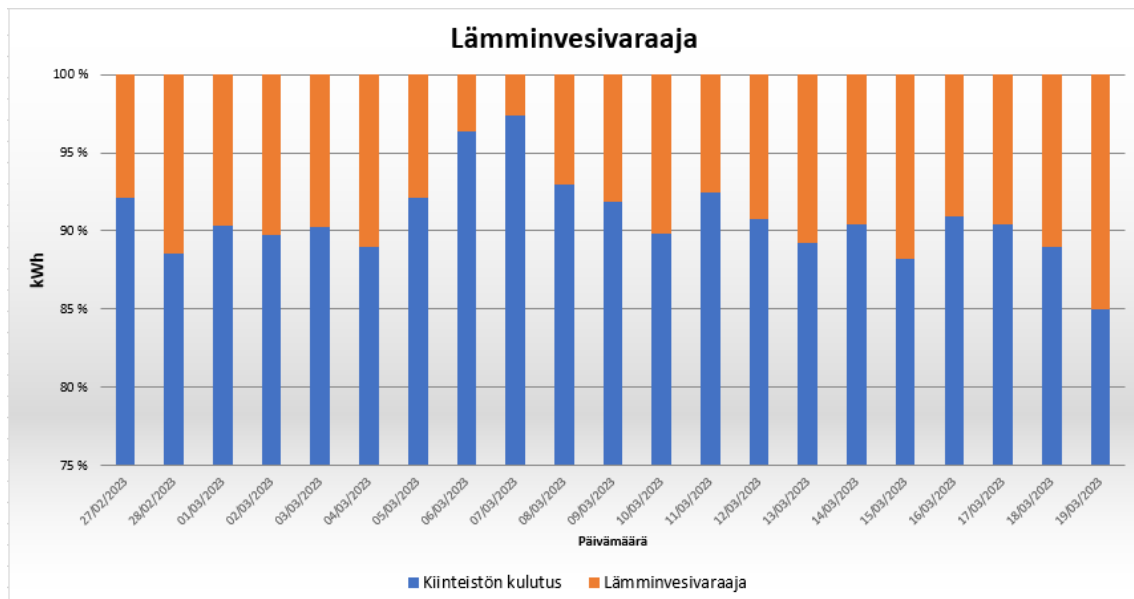
Kiinteistössä on 30 vuotta vanha 300 L lämminvesivaraaja. Lämminvesivaraaja toimii yösähkö ohjauksella ja vesi lämpenee aina yöllä. Kulutustietoja kerättiin Shelly 3EM laitteella kolmen viikon ajan. Lämminvesivaraajan ulkopuolelle on asennettu etäluettava lämpömittari. Tämä mittari antaa vain suuntaa antavan lämpötilan, koska se on asennettu lämminvesivaraajan pintaan. Lämpötilasta pystytään seuraamaan lämmitys syklejä Home Assistantin avulla (kuva 5). Lämmintä vettä kuluttaa kaksi aikuista, yksi ala-aste ikäinen lapsi sekä yksi alle kouluikäinen lapsi. Koko perhe käy suihkussa päivittäin. Lämminvesivaraajan optimoinnissa on hyvä ottaa huomioon legionellabakteeri. Legionellabakteerit voivat päästä lisääntymään alle 50-asteisessa vedessä.



Kuva 5. Lämminvesivaraajan pinnasta mitattu lämpötila Home Assistantin näkymässä.

Veden kulutukseen on kiinnitetty jo aikaisemmin huomiota. Veden kulutusta on pienennetty uudella suihkupäällä, joka rajoittaa veden määrää. Seuranta jakson aikana veden lämmitykseen meni sähköä keskimäärin noin 45 kWh/viikko. Tällä ajalla olimme kolme päivää poissa kotoa, joka alensi hieman keskikulutusta. Lämpimän veden kulutus on pääasiassa vakio. Tulosten perusteella voimme laskea kulutuksen kuukausi tai vuosi tasolla. Käytän kuitenkin tällä kertaa laskentaan kyseistä kolmen viikon ajan jaksoa. Koko kiinteistön kulutus oli yhteensä 1347 kWh, josta veden lämmittämiseen kului 133 kWh. Tämä tarkoittaa, että veden lämmittämiseen menee noin 10 % kokonaiskulutuksesta (kuva 6). Prosentti osuus suurenee merkittävästi kesäkuukausina, koska kokonaiskulutus laskee asuintilojen lämmittämisen loputtua. Joka tapauksessa käyttöveden lämmittäminen on merkittävässä roolissa kokonaisuutta ajatellen.

Seuranta jakson aikana testattiin myös riittääkö lämminvesi kiinteistön tarpeisiin, jos lämminvesivaraajaa käytetään vain joka toinen yö ja vaikuttaako tämä energiankulutuksen pienenemiseen. Testeissä selvisi, että lämmin vesi riitti, mutta energian kulutukseen sillä ei ollut vaikutusta. Joka toinen päivä lämmitykseen kului tuplasti energiaa, joten vuositasolla kulutus pysyisi suunnilleen samassa.



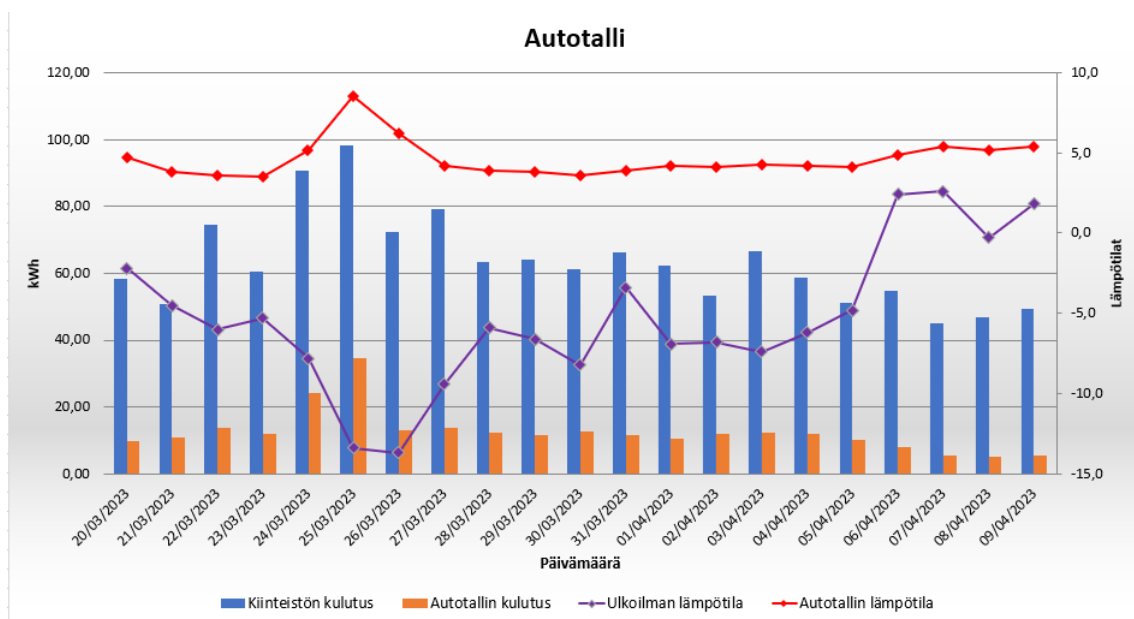
Kuva 6. Lämminvesivaraajan prosentti osuus kokonaiskulutuksesta.

## 2.2.4 Ilmanvaihto

Kiinteistössä oleva ilmanvaihtokone on myös noin 30 vuotta vanha. Se on merkittävä Parmair liwari ex ja siinä on tuloilman sekä poistoilman puhaltimet. Koneesta löytyy myös tuloilman jälkilämmitysvastus. Ilmanvaihtokoneen kulutusta seurattiin noin kolme viikkoa. Jälkilämmitysvastus oli osan seuranta ajasta poissa käytöstä, jotta saatiin seurattua kuinka paljon vastus vaikuttaa kiinteistöön tulevan ilman lämpötilaan verrattain ilmanvaihtokoneen sähkön kulutukseen. Näin saatiin myös seurattua vaikuttaako tuloilman lämmitys ilmalämpöpumpun sähkön kulutukseen.

## 2.2.5 Autotalli

Kiinteistössä on erillinen autotalli sekä lämmin varastotila. Autotallin lämmitys tapahtuu kahdella erillisellä lattialämmitysvastuksella. Varastossa on sähkö patteri. Autotallissa on mittaushetkellä vain yksi lattialämmitysvastus käytössä, joka jaksaa pitää autotallin noin neljässä asteessa. Lisäksi autotallin sähkönkulutus pitää sisällään valaistuksen sekä polttomoottori auton esilämmityksen. Muuta sähkönkulutusta ei autotallissa ole mittaushetkellä. Laajemman tuloksen saamiseksi autotallissa käytettiin myös molempia lämmitysvastuksia yhtä aikaa päällä kahden vuorokauden ajan. Tällä tavalla saatiin autotallin lämpötilanousemaan sekä tietoa, kuinka paljon se nostaa sähkönkulutusta. Autotallin kulutuksessa otettiin huomioon ulkoilman lämpötilat ja niiden vaikutus kulutukseen sekä suoraan autotallin sisälämpötilaan (kuva 7).



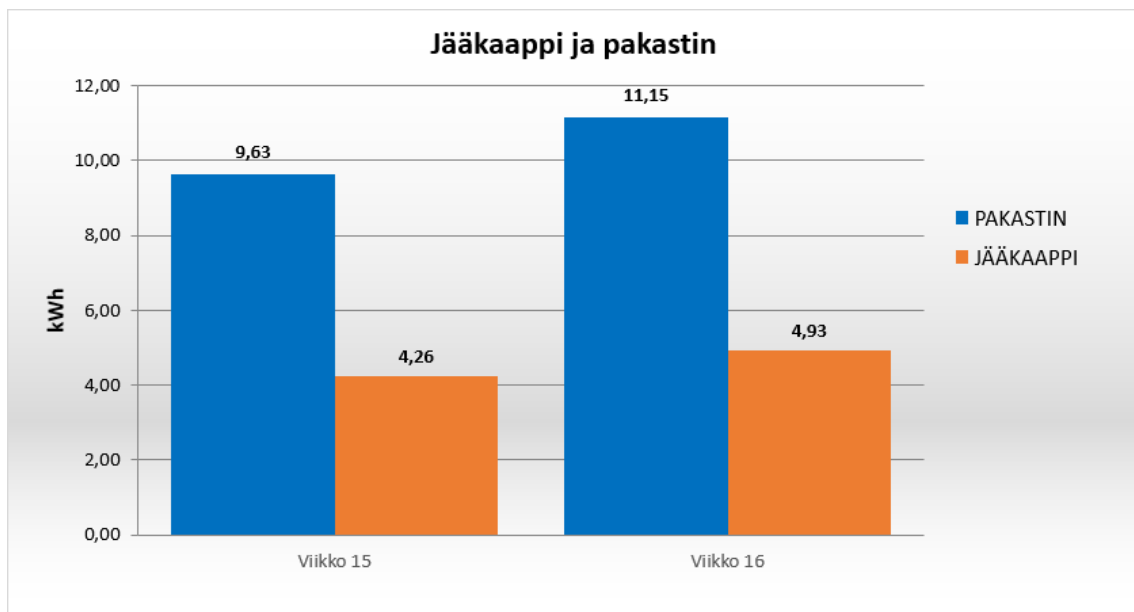
Kuva 7. Kuvassa vertailun vuoksi koko kiinteistön kulutus, autotallin kulutus sekä ulkoilman ja autotallin lämpötilat.

## 2.2.6 Jääkaappi

Jääkaapin sähkönkulutus on säännöllistä eikä tähän pysty juuri vaikuttamaan. Kiinteistössä on vuonna 2008 ostettu UPO- merkinen jääkaappi. Tämän laitteen energian kulutusta seurattiin kahden viikon ajan. Kiinteistön jääkaapissa on kaksi erilaista ECO-tilaa. Seuranta jaettiin kahteen osaan vaihtamalla puolelta välissä ECO-tilalta toiselle. Näin tuloksista saatiin kerättyä tietoa vaikuttaako tämä kulutukseen. Ensimmäisen viikon kokonaiskulutus oli 4,26 kWh/vrk ja toisen viikon 4,93 kWh/vrk (kuva 8). Ensimmäisen viikon jääkaapin sisätilan lämpötila oli hieman korkeampi, mutta kuitenkin viitearvojen sisällä.

## 2.2.7 Pakastin

Myös pakastimen kulutus on säännöllistä kuten edellisessä luvussa käsitelty jääkaappi. Pakastin on ostettu samaan aikaan jääkaapin kanssa ja siinä on samat ominaisuudet. Myös pakastimen kulutusta seurattiin kahden viikon ajan sekä kahdella erilaisella ECO-tilalla. Pakastimen ensimmäisen viikon kokonaiskulutus oli 9,63 kWh/vrk ja toisen viikon 11,15 kWh/vrk (kuva 8). Kuten jääkaapissa, pakastimen lämpötila oli ensimmäisen viikon ajan muutaman asteen korkeampi. Tämäkin lämpötila oli kuitenkin viitearvojen sisällä.



Kuva 8. Jääkaapin ja pakastimen viikko kulutukset.

### 2.3 Paljon kuluttavat laitteet

Sähkölämmitteisessä omakotitalossa isoin energian kuluttaja on Suomen alueella tietysti lämmitys. Tämä tarkoittaa kiinteistön sisätilojen sekä käyttöveden lämmitystä. Näiden tutkiminen hoidettiin kiinteiden laitteiden osiossa. Muita paljon kuluttavia laitteista ovat esimerkiksi pyykinpesukone, kuivausrumpu sekä astianpesukone. Kiinteistössä on myös kaksi tietokonetta, jotka ovat kovalla käytöllä. Tässä kappaleessa tutkitaan kuinka paljon nämä laitteet kuluttavat sähköenergiaa.

Kiinteistössä ladataan myös sähköautoa. Lataaminen on säännöllistä ja vaikuttaa merkittävästi kiinteistön kokonaiskulutukseen. Valitettavasti sähköauton toimitusvaikeuksien vuoksi dataa saatiin kerättyä vain lyhyeltä ajalta. Tällä seurannalla saadaan kuitenkin hyvä käsitys minkä verran lataamiseen kuluu energiaa vuositasolla. Talvikaudella sähköauton kulutus on huomattavasti isompaa entä kesäisin. Tästä syystä laskelmat ovat osittain teoreettisia.



### 2.3.1 Pyykinpesukone

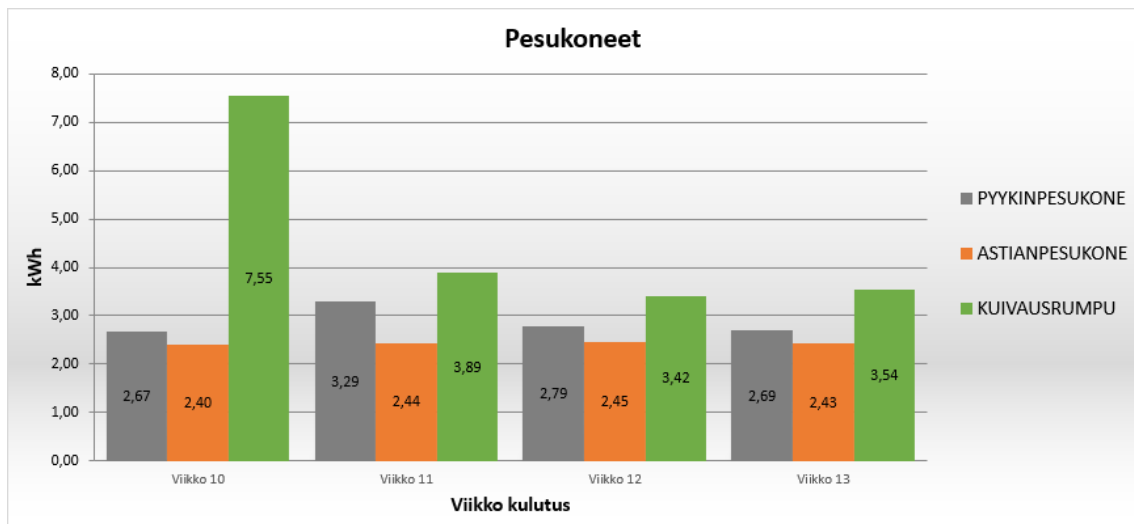
Pyykinpesu on verrannollinen kiinteistössä asuvien henkilöiden määrään ja ikään. Tässä tapauksessa pyykinpestiä viikossa keskimäärin neljä koneellista. Suurin osa tästä oli normaalia vaatteiden pesua, mutta jokaiselle viikolle pestiin myös pyyhkeitä ja lakanapyykkiä korkeammalla veden lämpötilalla. Korkeamman veden lämpötilan vaikutus oli noin 10 % pesukoneen sähkönkulutukseen. Seurantajakson aikainen kulutuksen keskiarvo oli 2.86 kWh/viikko (kuva 9). Vuosikulutukseksi muodostuu noin 150 kWh/vuosi. Tämä on tarkka arvio, mutta varmasti muuttuu tulevaisuudessa, kun kiinteistössä asuvien lapsien ikä kasvaa.

### 2.3.2 Kuivausrumpu

Kiinteistössä käytetään kuivausrumpua suhteellisen vähän. Normaalit vaatteet kuivataan pyykkite-lineellä ja kuivausrumpua käytetään ainoastaan pyyhkeiden ja lakanoiden kuivaamiseen. Seuranta jakson aikana kuivausrumpua käytettiin kerran viikossa pois lukien ensimmäinen viikko, jolloin käyttökertoja oli kaksi. Kulutukseen vaikuttaa myös kuivausteho, joita laitteessa on valittavana neljä erilaista. Jokaisen tehosäädön vaikutus kulutukseen oli noin 400Wh jokaista kuivauskertaa kohden. Käyttö kohdistuu tässä kiinteistössä yleensä samalle teholle, joka on toiseksi matalin ja kaikki laskelmat ovat tehty sen mukaan. Kuivausrumpu vie yhdellä käyttökerralla sähköä keskiarvallisesti noin 3.6 kWh (kuva 9). Käyttökertoja on noin kerran viikossa, jonka mukaan voidaan laskea vuosikulutukseksi noin 190 kWh/vuosi. Kuivausrumpu oli kodinkoneista selvästi isoin sähkönkuluttaja.

### 2.3.3 Astianpesukone

Astianpesukonetta käytettiin kaksi kertaa viikossa. Astianpesukoneessa on myös mahdollista muuttaa pesuveden lämpötilaa. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan käytetty seuranta jakson aikana. Pienen lämpötila valitsin on 35 astetta. Se ei riitä pesemään astioita puhtaiksi. Seuraava vaihtoehto on 50 astetta, jota käytettiin seurantajakson aikana. Lämpimämpiä vaihtoehtoja ei ole tarvetta käyttää. Tällä asetuksella astianpesukoneen kulutus viikkoa kohden oli keskiarvallisesti 2.4 kWh/viikko (kuva 9). Tällä tuloksella vuosikulutus arvio on noin 125 kWh/vuosi.
















Kuva 9. Kaaviossa esitetty pesukoneiden kulutus neljän viikon ajalta.

### 2.3.4 Sähköauton lataus

Sähköauto saapui vasta opinnäytetyön loppu vaiheessa. Tämän vuoksi sen latausta voitiin seurata vain muutaman latauksen verran. Auton akun kapasiteetti on 50 kWh. Harvoin tulee tilannetta, että akku ladataan tyhjästä täyteen eli yhden latauskerran energia määrä on maksimissaan noin 40 kWh. Latauskerrat ovat riippuvaisia ajokilometrien määrästä sekä auton kesikukulutuksesta. Seuranta jakson aikana auton kesikukulutus oli noin 17kW/ 100 km. Talvikuukausina kulutus nousee merkittävästi, joten vuosikulutuksen keskiarvona käytetään 22kW/ 100 km. Tässä tapauksessa autolla ajetaan vuodessa noin 15 000 km ja näin ollen vuodessa menevä energian määrä on noin 3300 kWh/v.

Kiinteistössä on sähköauton lataukseen tarkoitettu go-e Charger Gemini 11kw laturi. Lataus tapahtuu voimavirtapistokkeen kautta. Laturin ominaisuuksiin kuuluu etäohjauspalvelut ja se on helppo liittää omalla lisäosalla Home Assistant järjestelmään. Laturi näyttää järjestelmässä muun muassa lataustiedot ja latausta voidaan hallita sekä ohjata tätä kautta. Myös auton omat tiedot saadaan näkymään PSA Car Controller lisäosalla (kuva10). Tärkeimmät tiedot, joita voidaan käyttää hyväksi automaatioiden tekemiseen ovat auton akun varausprosentti, akun varaukseen perustuva arvio kilometreistä sekä latausteho.

	PSA	OK
	PSA Battery Level	86.0%
	PSA Car Controller Update	Up-to-date
	PSA Charge Control	OK
	PSA Charge Rate	0 mph
	PSA Charging Mode	No
	PSA Charging Status	Disconnected
	PSA Mileage	319.8 km
	PSA Plugged In	Disconnected
	PSA Position	Not moving
	PSA Preconditioning Status	Disabled
	PSA Range	288.0 km
	PSA: Toggle Climate	<b>RUN</b>

Kuva 10. Kuvassa PSA lisäosan antamat tiedot autosta Home Assistant järjestelmään.

## 2.4 Vähän kuluttavat laitteet

Vähän kuluttaviin laitteisiin lukeutuu käytännössä kaikki muu kulutus kiinteistössä. Nämä ovat esimerkiksi valaistus, matkapuhelimien ja muiden vastaavien laitteiden lataus sekä viihdelaitteet. Tutkimuksiin valittiin peruslaitteita kuten kahvinkeitin, mikroaaltouuni sekä matkapuhelimien lataukset.

Vaikka nämä laitteistot kuluttavat verrattain vähän kokonaisuutta ajatellen, niin osaan laitteista on syytä pohtia ohjauksia halvoille tunneille. Jos vähän kuluttavia laitteita on paljon, niistä voi kertyä nopeasti isoja energia määriä vuositason.

#### **2.4.1 Valaistus**

Kiinteistön kaikki valaisimet ovat vaihdettu energia luokaltaan tehokkaisiin LED-valoihin. Näiden tarkkaa kulutusta ei seurattu, koska nämä laitteet ovat jo saatavilla olevista laitteista energiatehokkaimpia. Valaistukseen tullaan kuitenkin tekemään aikaan sekä liikkeeseen perustuvia ohjauksia. Näillä toimenpiteillä saadaan turhat valaistukset sammutettua silloin kun niitä ei tarvita. Säästö on verrattain pieni, mutta helppo toteuttaa ja on tästä syystä kannattavaa.

#### **2.4.2 Viihdelaitteet**

Kiinteistön olohuoneen viihdelaitteet pitävät sisällään 65" OLED television, päätevahvistimen sekä Playstation 5 pelikonsolin. Viihdelaitteita käytetään päivittäin muun muassa konsolipelaamiseen ja musiikin kuunteluun. Näiden viihdelaitteiden kulutusta seurattiin yhteensä 4 viikon ajan. Nykyaikaiset laitteet vievät suhteellisen vähän sähkö valmiustilassa. Tämä lukema oli näillä laitteilla 3 Wh – 4 Wh tunnissa. Seuranta jaksolla suurin lukema oli 8,99 kWh/viikko ja pienin oli 5,39 kWh/viikko (kuva 11). Keskiarvoksi muodostui 6,9 kWh/viikko. Vuosikulutuksen arvio on noin 359 kWh. Kokonaiskulutuksena viihdelaitteiden käyttö vie verrattain vähän sähköä.

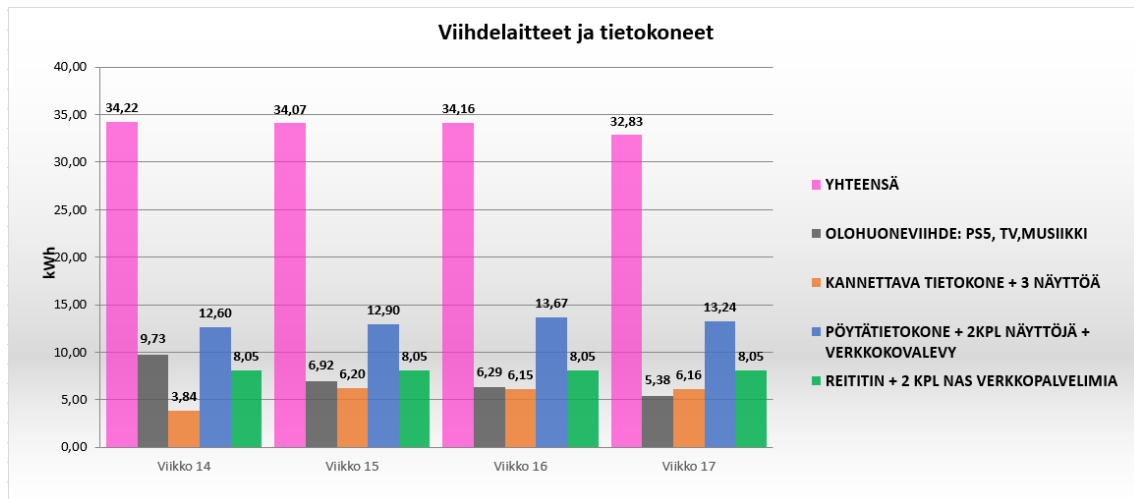
#### **2.4.3 Tietokoneet**

Kiinteistössä on kaksi tietokonetta, joiden sähkönkulutusta seurattiin yhteensä neljän viikon ajan. Pöytämallinen tietokone on tarpeellista pitää päällä jatkuvasti ja se käynnistetään uudelleen vain muutaman viikon välein. Tietokone on päivittäisessä käytössä ja siinä on käynnissä muutamia tarpeellisia tausta ohjelmia, jotka ovat käytössä ilman katkoksia. Tietokoneeseen on yhdistetty kaksi näyttöä sekä ulkoinen kovalevy. Seuranta jaksolla suurin lukema oli 13,67 kWh/viikko ja pienin oli 12,60 kWh/viikko (kuva 11). Pienen heiton kulutuksessa tekee se kuinka paljon tietokoneen molemmat näytöt ovat päällä. Keskiarvoksi muodostui noin 13 kWh/viikko. Vuosikulutuksen arvio on noin 676 kWh.

Lisäksi käytössä on erillinen kannettava tietokone, jossa on kolme lisänäyttöä. Tämä tietokone on käytössä vain ammattikouluopintoja varten. Tätä tietokonetta ei käytetä päivittäin, mutta satunnaisesti se saattaa olla käytössä jopa 14 tuntia päivässä. Suurin kulutuslukema oli 6,20 kWh/viikko ja pienin oli 3,84 kWh/viikko (kuva 11). Seurantajakson ensimmäisellä viikolla tietokonetta käytettiin normaalia vähemmän. Tätä lukemaa ei oteta huomioon keskiarvo- sekä vuosikulutuslaskuissa. Keskiarvoksi muodostui noin 6 kWh/viikko. Vuosikulutuksen arvio on noin 312 kWh.

#### 2.4.4 NAS-verkkopalvelimet ja muut oheislaitteet

Kiinteistössä on kaksi NAS-verkkopalvelinta. NAS on lyhenne sanoista Network-Attached Storage. Myös näiden laitteiden kulutusta seurattiin neljän viikon ajan. Nämä laitteet ovat jatkuvasti päällä, koska esimerkiksi Home Assistant järjestelmä on asennettu näistä toiseen. Muutenkin kiinteistön tarpeet vaativat, että esimerkiksi reititin ja muut laitteet ovat päällä koko ajan. Tästä syystä näiden kulutuksien on suhteellisen suurta. Seuranta jaksolla kulutuslukema oli noin 8 kWh/viikko (kuva 11). Näiden laitteiden kulutus oli täysin vakio. Vuosikulutuksen arvio on noin 416 kWh.

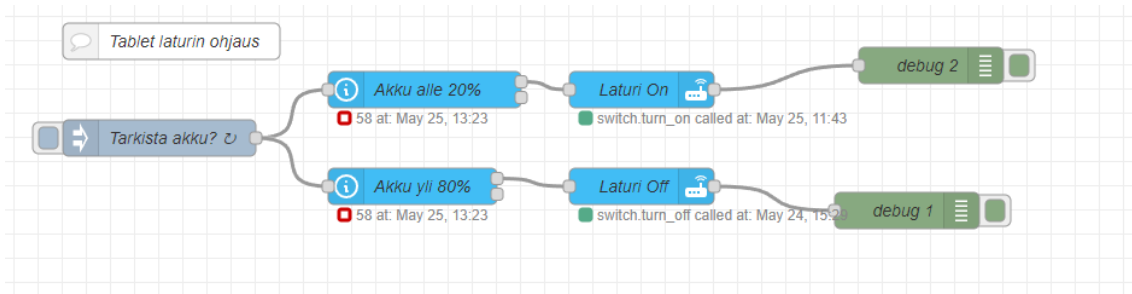


Kuva 11. Kuvassa esitetty viihdelaitteiden, tietokoneiden ja oheislaitteiden viikko kulutukset.

#### 2.4.5 Matkapuhelimet ja tabletit

Matkapuhelimien sekä muiden mobiililaitteiden sähkönkulutusta seurattiin noin viikon ajan. Vaikka näitä laitteita ladataan useasti, niiden sähkökulutus on hyvin pientä. Tästä syystä näitä laitteita ei käsitellä tässä opinnäytetyössä enempää. Kiinteistössä on asennettu kiinteästi seinälle tabletti,

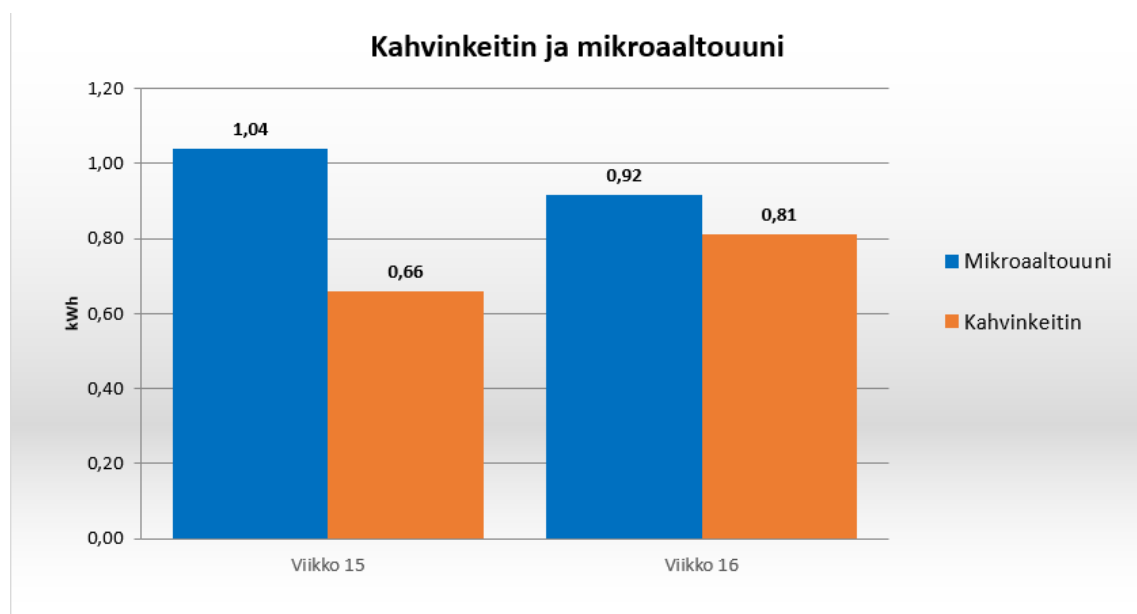
joka toimii Home Assistantin ohjausnäyttönä. Tämän laitteen akun lataus on hoidettu automaation sekä älypistorasian avulla. Älypistorasia menee päälle aina kun tabletin akunvaraus tipahtaa alle 20 % ja sulkeutuu kunnes 80 % akun varaus on saavutettu (kuva 12). Tällä toimenpiteellä säästetään ja pidennetään laitteen akun käyttöikää.



Kuva 12. Kuvassa tabletti laitteen automaatio.

## 2.4.6 Muita laitteita

Tutkimus mielessä halusin myös tietoa muiden yksittäisten laitteiden kulutuksesta. Tähän valikoitui kahvinkeitin sekä mikroaaltouuni, jotka ovat jokapäiväisessä käytössä. Näitä laitteita seurattiin kaksi viikkoa. Mikroaaltouunin kulutus oli noin 1 kWh/viikko ja kahvinkeitinillä vastaava luku oli noin 0.7 kWh/viikko (kuva 13). Kuten kulutuksista voidaan todeta, näiden laitteiden kulutus on hyvin pientä kokonaisuutta ajatellen. Näillä saattaa kuitenkin olla iso merkitys, jos kiinteistössä asuu iso perhe. Näitä laitteita on kuitenkin mahdotonta käyttää pörssisähkön hinnan mukaan ilman, että mukavuus kärsii.



Kuva 13. Kahvinkeitin ja mikroaaltouunin viikko kulutukset.

### 3 KULUTUSTIETOJEN ANALYSOINTI

Kulutustietojen analysointi on tärkeä vaihe optimoinnissa. Analysoimalla kerätyt kulutustiedot tarkasti, saadaan kokonaiskuva mihin kiinteistö käyttää sähköenergiaa. Analysoinnin jälkeen tulokista voidaan poimia ne laitteistot, joilla on iso merkitys vuosi kulutukseen. Näitä laitteita optimoimalla saadaan aikaan säästöä niin energian kulutuksesta kuin energian kuluttajahinnoista.

#### 3.1 Vuositasolla vähän kuluttavat laitteet

Jääkaapin pienempi viikko kulutus oli 4.3 kWh. Tästä voimme laskea vuosikulutuksen, joka on noin 220 kWh/vuosi. Isompi kulutus oli 4,9 kWh, josta saadaan vuosi kulutukseksi noin 255 kWh/vuosi. Jääkaappi on kuitenkin laite, joka on hyvä pitää aina päällä, ettei ruoka pilaannu. Tätä laitetta ei siis oteta automatisoinnin piiriin. Säästöä kuitenkin tulee vuositasolla noin 35 kWh jos sitä pidetään säästävämällä ECO-asetuksella. Kokonaisuuteen nähden säästö on pientä, mutta järkevä toteuttaa vain asetusta muuttamalla.

Pakastimen vastaavat lukemat olivat 9,63 kWh/viikko ja noin 500 kWh/vuosi sekä isompi kulutus 11.15 kWh/viikko ja noin 580 kWh/vuosi. Asetusta muuttamalla säästöä saadaan siis noin 80 kWh/vuosi. Pakastin pysyy kylmänä, vaikka se olisi muutaman tunnin päivässä poissa päältä. Rahallisesti tämän toimenpiteen teko olisi vähäistä. Kokonaiskulutukseen vaikutus olisi vielä pienempää, koska pakastin vie energiaa enemmän siinä vaiheessa, kun se alkaa katkon jälkeen kylmentämään sisälämpöä takaisin asetus arvoon. Näitten syitten takia tämäkin laite jätetään pois automatisoinnin piiristä.

#### 3.2 Vuositasolla paljon kuluttavat laitteet

Yksi merkittävä kuluttaja on sähköauton lataus. Lataus ei ole jokapäiväistä ja lataus ajankohtaan voidaan helposti vaikuttaa omilla toimilla. Autoa ladataan kuitenkin säännöllisesti ja sen kulutus on vuositasolla aika lailla vakio. Älykäs kotilatausasema antaa mahdollisuuden ohjata latausta päälle sekä pois. Tämän lisäksi lataustehoa voidaan muuttaa tarpeen mukaan. Tämä ominaisuus on tarpeellinen kuormanhallintaa ajatellen. Esimerkiksi jos kiinteistössä laitetaan muita paljon kuluttavia laitteita päälle, voidaan automaattisesti pudottaa auton lataustehoa tarpeen mukaan.

Seuraava paljon kuluttava laite on asuinrakennusta lämmittävä ilmalämpöpumppu. Tämän laitteen kulutusta voidaan helposti ohjata pörssisähkön hintojen mukaan. Ilmalämpöpumppua ei tulla sammuttamaan missään vaiheessa, mutta sen tavoitelämpötiloja sekä puhallin nopeutta tullaan muuttamaan pörssisähköhintojen mukaan.

Autotallin lämmitys oli myös merkittävän iso kokonaiskulutukseen nähden. Autotallin lämmitys tarpeeseen tullaan asentamaan ilmalämpöpumppu. Tällä toimella tavoitellaan noin 30 % säästöä autotallin lämmityskuluista. Ilmalämpöpumpulle tullaan tekemään automaatio, joka seuraa pörssisähkön hintoja sekä aurinkopaneeleiden tuottoa. Ilmalämpöpumpun lämmitys tehoa nostetaan silloin kun pörssisähkön hinta on alhainen tai aurinkopaneelien tuotto ja kiinteistön muu kulutus sen sallii.

Viihdelaitteet ja tietokoneet eivät yksittäin ole isoja sähkönkuluttajia. Kiinteistössä näitä laitteita on kuitenkin useita ja niitä käytetään paljon. Tästä syystä kulutus on jopa melkein 10 % kiinteistön vuosikulutuksesta. Kulutusta seurattiin muun muassa verkkopalvelin laitteistolta, tietokoneilta sekä muilta viihdelaitteita. Näiden vuosikulutus arvio oli yhteensä melkein 1800 kWh/vuosi. Automaattisen optimoinnin piiriin näitä laitteita ei voida ottaa, mutta niiden käyttöä tullaan järkevöittämään muulla tavalla. Esimerkiksi tietokoneen taustaohjelmistoja tullaan siirtämään verkkopalvelimelle, ettei tietokonetta tarvitse pitää jatkuvasti käynnissä. Verkkopalvelin kuluttaa sähköä lähes puolet vähemmän entä tietokone ja palvelin on jo valmiiksi jatkuvassa käytössä.

### **3.3 Optimointiin valitut laitteet**

Optimointiin valikoidut laitteet ovat toiminnaltaan sellaisia, joita voidaan helposti ja tarvittaessa sammuttaa ilman ongelmia. Myös erilaisia lämmönlähteitä voidaan optimoida lämpötiloja muuttamalla esimerkiksi matalammaksi silloin kun sähköhinta on kallista.

Sähköauton lataus on isoin kuluttaja ja sitä on helppo ladata etukäteen tarpeiden mukaan. Oman käyttökokemuksen perusteella lataukselle ei ole kuitenkaan tarvetta tehdä erillisiä automaatioita. Lataustarpeet ovat helposti ennakoitavissa eikä latausta tehdä päivittäin. Näin ollen lataus otetaan optimointiin mukaan, mutta sen ohjaus tehdään ajastimella. Lisäksi sähköauton lataus on iso kuormittaja kiinteistön sähköjärjestelmälle, jonka vuoksi muita laitteita pakotetaan pois päältä silloin kun latausta suoritetaan.



Toisena optimoinnin piiriin valittiin lämminvesivaraaja, jonka kulutus oli aika merkittävä kiinteistön kokonaisuuteen verrattuna. Lämminvesivaraajan ei tarvitse olla jatkuvasti päällä, joten sitä on helppo hallita pörssisähköhintojen mukaisesti. Lämminvesivaraajan toiminta tehdään automatisoinnilla. Tutkimuksissa selvisi, että lämminvesivaraaja lämmittää maksimissaan kolme tuntia saavuttaen maksimi lämpötilan. Riittää siis, että Home Assistant järjestelmä hakee päivästä kolme halvinta tuntia ja kytkee lämminvesivaraajan päälle noille tunneille.

Kolmanneksi toimenpiteeksi tehdään automatisointi asuintilojen ilmalämpöpumpulle. Ilmalämpöpumpun lämpötila asetusta tullaan muuttamaan viiden kalleimman tunnin aikana matalammaksi kuin normaalisti. Tämä saattaa hetkellisesti vaikuttaa hieman asuintilojen lämpötiloihin. Lisäksi ilmalämpöpumpun lämpötilaa tullaan muuttamaan päivällä matalammaksi, koska silloin asunnossa ei ole ketään paikalla. Iltapäivällä lämpötila nostetaan takaisin normaaliksi, että lämpötila ehtii nousta ennen kuin asukkaat palaavat.

Lopuksi optimoidaan myös muutamia vähän kuluttavia laitteita. Näitä laitteita ovat esimerkiksi ulkovalot sekä Home Assistant järjestelmän näyttönä toimiva tabletti laite. Näillä toimilla ei ole suurta merkitystä energian kulutukseen, mutta esimerkiksi tabletti laitteen akun lataus sykleissä parantaa sen kestoikää huomattavasti verrattuna, että laite olisi latauksessa jatkuvasti.

## 4 AURINKOPANEELIT

Valitettavasti toimitusvaikeuksien vuoksi tähän kohteeseen ei ehditty asentamaan aurinkopaneeli järjestelmää tämän opinnäytetyön aikana. Tästä syystä tämän osion tiedot perustuvat arvioihin, teoreettisiin laskelmiin sekä esimerkki tapauksiin. Asennukset tullaan joka tapauksessa suorittamaan kesän 2023 aikana ja niiden myötä talon energiatehokkuus paranee huomattavasti. Lisäksi osa automatisoinneista muutetaan käyttämään ennemmin aurinkopaneelien tuottamaa sähköä entä halvimpia pörssisähkötunteja. Tällä toimenpiteellä säästetään muun muassa sähköverosta sekä sähkön siirtomaksuista.

Kiinteistöjen pienet aurinkosähkövoimalat ovat viime vuosina yleistyneet nopeasti. Energiaviraston mukaan Suomessa aurinkosähkövoimaloiden kapasiteetti on lähes kaksinkertaistunut viimeisten vuosien aikana (Energiavirasto 2023). Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää pientaloissa monilla eri tavoilla. Esimerkiksi aurinkokeräimillä voidaan tuottaa kiinteistöön lämmintä vettä ja aurinkopaneeleilla voidaan tuottaa suoraa sähköä. Aurinkopaneeli järjestelmät ovat yleistyneet kovaa vauhtia ja aurinkokeräimet ovat jäämässä niiden jalkoihin. (Rakennustarkkailija 2019).

Yleisesti aurinkojärjestelmät mitoitetaan siten, että niiden tuottama sähkö pystytään käyttämään itse. Tällä tavalla järjestelmän tuotoille saadaan paras mahdollinen hyötysuhde.

### 4.1 Aurinkoenergian tuotto

Kiinteistöön tullaan asentamaan aurinkopaneelijärjestelmä, joka on teholtaan noin 6.5 kWp ja paneelien suunta on etelään. Aurinkovoimalan laskennallinen tuotto laboratorio-olosuhteissa on 6500 kWp (Motiva 2022). Tähän ei tietenkään käytännössä päästä ja arvio järjestelmän tuotosta on noin 4500–5000 kWh vuodessa. Tämä tuotto vastaa noin 25–30 % kiinteistön vuosikulutuksesta. Yleinen luulo, että aurinkopaneelit tarvitsevat auringon paistetta on väärä. NykYTEKniikalla toteutetut aurinkopaneelit tuottavat sähköä myös pilvisillä ilmoilla ja tarvitsevat vain kirkkautta toimiakseen. Käytännössä aurinkopaneelit tuottavat myös talvella, mutta tuotto on pientä. Suomessa on kokonaisuudessaan noin 8 hyvää kuukautta tuottaa aurinkoenergiaa.

## **4.2 Aurinkoenergia omaan käyttöön**

Kuten olen jo maininnut, aurinkovoimalan tuotto kannattaa pyrkiä käyttämään mahdollisimman kattavasti itse. Optimoinnin kannalta tämä tarkoittaa sitä, että pörssisähkön halvat tunnit eivät ole paras mahdollinen aika kuluttaa sähköä. Varsinkin kesä kuukausina kiinteistön kulutus pienenee lämmitys tarpeiden poistuttua ja vastaavasti aurinkoenergiaa on saatavilla enemmän. Tämän takia on tärkeää saada ohjattua tuotettu sähkö niihin laitteisiin, jotka sitä eniten kuluttavat. Näitä laitteita ovat muun muassa lämminvesivaraaja, sähköauto sekä ilmalämpöpumppu jäähdytys asetuksella.

## **4.3 Aurinkoenergian myynti valtakunnanverkkoon**

Kesä aikana kiinteistön kulutus on sen verran pientä optimoinneista huolimatta, että aurinkovoimala tuottaa sähköä myös valtakunnanverkkoon. Kantaverkkoon syöttäminen on kiellettyä, jos sähkölle ei ole ostajaa. Kiinteistön omistaja tekee sähköyhtiön kanssa sopimuksen tämän ylijäämäsähkön myymisestä. Sähkönmyynti sopimus kannattaa kilpailuttaa usealla eri sähköyhtiöllä samalla tavalla kuin sähkön ostosopimus. Yleinen käytäntö kuitenkin on, että sähköyhtiöt hinnoittelevat ostosähkön pörssisähkön tuntihinnan mukaisesti.

## 5 ENERGIAN OPTIMOINTI

Tässä hetkessä energiankäytön optimoinnille sekä automaattisille ohjauksille on kysyntää. Tulevaisuudessa sääriippuvaisen sähkön tuotanto tulee kasvamaan. Tämä johtuu yritysten sekä yksityishenkilöiden investoinneista esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoimaan. Sääriippuvainen tuotanto aiheuttaa pakostakin sen, että tuotantoon tulee odottamattomia aukkoja. Tämä tulee näkymään sähköhinnoissa sekä sen riittävydessä. Muuttuvat olosuhteet ovat haaste kantaverkko- sekä sähköyhtiölle, mutta kuluttajan näkökulmasta puhutaan kustannuksista (Sallinen 2019).

Kuluttajan kannalta optimointi tulee toteuttaa kustannustehokkaasti. Optimoinnin kustannukset täytyy miettiä tarkkaan, ettei niiden takaisin maksuaika veny liian pitkäksi. Sama koskee omakotitaloihin asennettavia aurinkoenergia voimaloita. Tässä opinnäytetyössä kustannukset pysyivät maltillisena, koska osa laitteistoista sekä Home Assistant järjestelmä olivat jo käytössä.

### 5.1 Toteutussuunnitelma

Optimointi tullaan toteuttamaan Home Assistant järjestelmän avulla. Laitteiden ohjaukset tehdään ohjelmallisesti tämän järjestelmän kautta. Kulutustietojen ja analysointien perusteella valitaan optimointiin sopivat ja tarpeelliset laitteistot.

Tässä vaiheessa optimoinnit tehdään pörssisähkön hintojen perusteella. Osa laitteistoista tulee käyttämään vain päivän halvimpia tunteja. Myös kalleimmat tunnit otetaan huomioon ja sähkön kulutusta pyritään pienentämään näillä ajankohdilla.

Tulevaisuudessa optimoinnissa tullaan ottamaan huomioon aurinkoenergian tuotanto. Oma tuotanto pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti ja myytävän sähkön määrä pyritään minimoimaan. Tällä tavalla kiinteistön sähkölaskuun saadaan isoin mahdollinen säästö.

### 5.2 Home Assistant

Home Assistant on avoimen lähdekoodin kotiautomaatio järjestelmä. Järjestelmällä voidaan ohjata sekä hallita kiinteistön laitteita, jotka ovat lähiverkossa tai käyttävät Zigbee protokollaa. Laitteille

voidaan luoda automatisointeja sekä toiminnallisia ehtolauseita. Home Assistant järjestelmä voidaan integroida moniin muihin älykotijärjestelmiin. Tämä tekee siitä erittäin joustavan ja muokattavissa olevan alustan.

Home Assistant käyttö onnistuu myös ilman koodaustaitoja. Lähes kaikki automatisoinnit ja toiminnot voidaan toteuttaa myös visuaalisella käyttöliittymällä. Järjestelmä vaatii kuitenkin hieman perehtyneisyyttä. Kokemuksen perusteella järjestelmän päivitykset saattavat sekoittaa lisäosia ja vaativat näin ollen suhteellisen aktiivista seurantaa ja muokkaamista. Home Assistant on joka tapauksessa erinomainen alusta toteuttaa kiinteistön energian optimointi sen monipuolisuuden ja edullisuuden vuoksi.

### **5.2.1 Pörssisähkö**

Pörssisähkö tarkoittaa sähköä, jonka Suomen hinta muodostuu Pohjoismaiden yhteisessä Nord Pool -sähköpörssissä. Pörssisähkön hinta vaihtelee kysynnän ja tarjonnan mukaan, kuten normaalissa arvopaperipörssissä (Fortum 2021). Sähköpörssissä käydään kauppaa seuraavan päivän tuntikohtaisista hinnoista. Näitä tuntikohtaisia hintoja kutsutaan Spot-hinnoiksi. Sähkön hinta vaihtelee monesta eri syystä. Tuotantoon vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi tuuli, sademäärä ja sen myötä patojen vesimäärä, pakkaset sekä auringon paiste. Kulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi teollisuuden sähkön tarve sekä kotitalouksien lämmityksen tarve (Fortum 2020).

Home Assistant järjestelmään asennettiin Nord Pool integraatio, joka hakee kuluvan päivän jokaiselle tunnille oman pörssisähkön hinnan (GitHub 2023). Jokainen päivä noin klo 14:00 julkaistaan myös seuraavan päivän hinnat. Kiinteistössä on kausisähkön mukainen siirtosopimus, joka tarkoittaa sitä, että talvipäivinä siirtohinta on eri kuin muina aikoina. Home Assistantin Nord Pool sensori ohjelmoitiin siten, että se osaa laskea hintaan mukaan oikein siirtomaksun, verot sekä sähkömyyntisopimuksen mukaisen marginaalin (kuva 14). Näin Home Assistant osaa näyttää juuri sen tunti-hinnan, jonka kiinteistön omistaja maksaa kulloiselta tunnilta. Järjestelmään tehtiin myös sensorit, joilla saadaan hinta näkyviin Home Assistantin Energy Dashboardille (kuva 15) sekä hinnan tallennus, jonka avulla voidaan seurata pörssisähkön hintoja, vaikka kuukausi taakse päin (kuva 16).

```

54 # nordpool
55 sensor:
56   - platform: nordpool
57     -# Country/region to get the energy prices for.
58     -# region: "FI"
59
60     -# Override HA local currency used to fetch the prices from the API.
61     -# currency: "EUR"
62
63     -# Add Value Added Taxes (VAT)?
64     -# VAT: True
65
66     -# Energy price rounding precision.
67     -# precision: 3
68
69     -# Percentage of average price to set the low price attribute
70     -# low_price_cutoff: 0.95
71
72     -# Display price in cents in stead of (for example) Euros.
73     -# price_in_cents: true
74
75     -# Price displayed for Mwh, kwh or Wh
76     -# price_type: kwh
77
78     -# Template to specify additional cost to be added to the tariff.
79     -# additional_costs: >
80     -#   {%
81     -#     -set s = {
82     -#       -"night": 0.0162,
83     -#       -"day": 0.0272,
84     -#       -"margin": 0.00176
85     -#     }
86     -#   }%
87     -#   {%if states('binary_sensor.workday') and (now().hour >=6 and now().hour <22) and (now().month >=3 and now().month <11) and (now().weekday() <6) %}
88     -#     |{{s.day+s.margin|float}}
89     -#   {%else%}
90     -#     |{{s.night+s.margin|float}}
91     -#   {%endif %}
92

```

Kuva 14. Home Assistant configuration.yaml tiedostoon lisättyä koodia, jolla saadaan Nordpool pörssisähkön tuntihinnat.

```

42 -#Nordpool price to energy dashboard
43 - sensor:
44   - name: "Energy Price to energy dashboard"
45     unit_of_measurement: "€/kWh"
46     state: "{{states('sensor.nordpool_kwh_fi_eur_3_095_01')|float(0) / 100 }}"
47

```

Kuva 15. Home Assistant configuration.yaml tiedostoon lisättyä koodia, jolla saadaan Nordpool pörssisähkön tuntihinnat Energy Dashboardille.

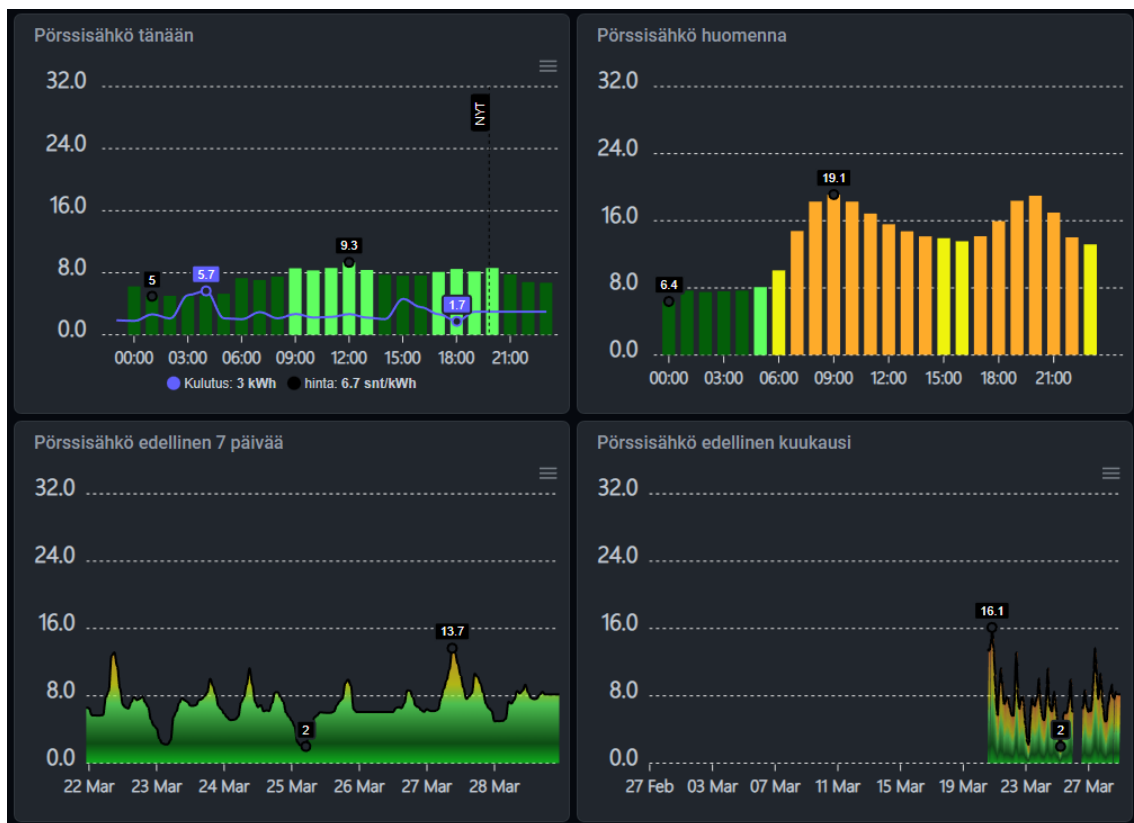
```

48 -#Nordpool, save price
49 - sensor:
50   - name: "Nordpool historia"
51     unit_of_measurement: c/kWh
52     state: '{{state_attr("sensor.nordpool_kwh_fi_eur_3_095_01","current_price")}}'
53

```

Kuva 16. Home Assistant configuration.yaml tiedostoon lisättyä koodia, jolla saadaan Nordpool pörssisähkön tuntihinnat tallentumaan pitkällä aikavälillä.

Nord Pool integraatio tallentaa päivän hinnat listana. Lista saadaan helposti näkymään Home Assistantin työpöydällä esimerkiksi apexcharts -kortin avulla. Kaavion värejä pystytään muokkamaan visuaalisesti omaan tarpeen mukaan. Myös tallennetut hinnat voidaan näyttää samalla kortilla (kuva 17).

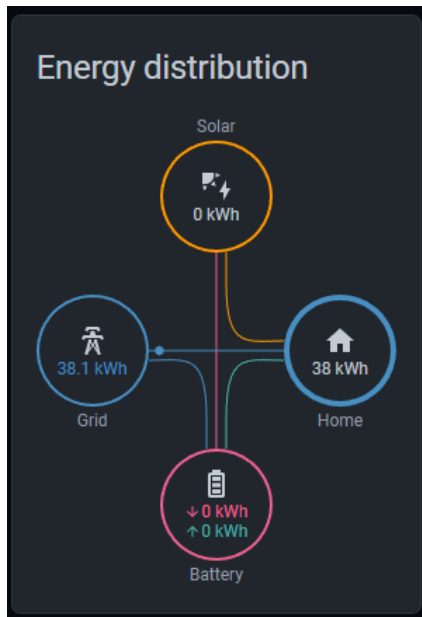


Kuva 17. Home Assistantin työpöytänäkymä. Kuvassa näkyy kuluvanpäivän sekä seuraavan päivän tuntihinnat sekä edellisen seitsemän sekä kolmenkymmenen päivän hinnat. Tuntihinnoille on määritelty väreinä, milloin sähkön hinta on kallista ja milloin halpaa.

## 5.2.2 Aurinkoenergia

Aurinko paneelien asennuksen jälkeen niiden tuottama energia saadaan näkymään Home Assistantin käyttöliittymässä (kuva 18). Tähän voidaan käyttää invertterin omaa tuotanto laskuria tai Shelly 3EM laitetta. Käyttöliittymä näyttää kuinka paljon energiaa on tuotettu sekä laskee, kuinka paljon sitä on mennyt kiinteistön omaan käyttöön ja kuinka paljon sitä on mennyt myyntiin. Näillä tiedoilla on helppoa seurata kiinteistön energian tuottoa sekä kulutusta. Myös optimointien tulokset nähdään nopeasti ja niitä voidaan tarpeen mukaan muokata ja kehittää.

Optimointi tullaan toteuttamaan ohjelmallisesti. Jos aurinkoenergian tuotto nousee yli määrätyn rajan, kytketään sähköautonlataus päälle. Jos sähköauto ei ole kytketty laturiin, ohjelma kytkee lämminvesivaraajan päälle. Samalla ohjelma poistaa näiltä päiviltä kaikki pörssisähkön ohjaukset, jotka seuraavat halvimpia tunteja. Näin saadaan varmistettua, että oma tuotanto saadaan mahdollisimman kattavasti käyttöön sekä estetään laitteiden turha päälle halvoilla pörssisähkön tunneilla.



Kuva 18. Kuvasta nähdään ostettu, tuotettu sekä kulutettu sähköenergia. Akuston kuva näyttää kuinka paljon sähköauton lataukseen on käytetty energiaa.

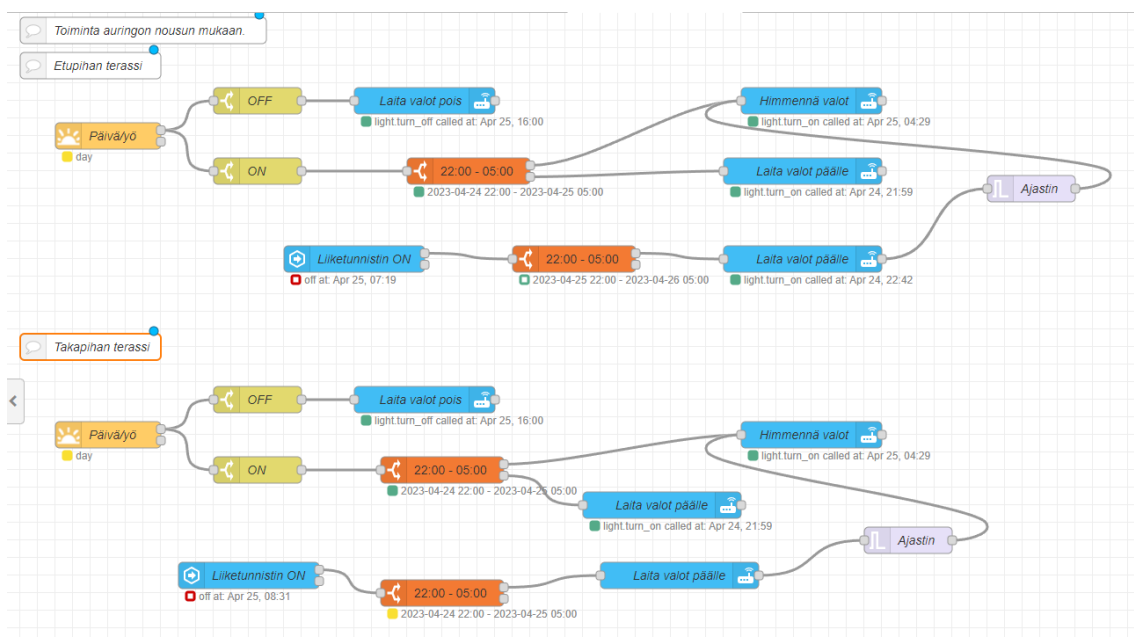
### 5.2.3 Laitteiden ohjaus ohjelmallisesti

Ulkovalojen ohjaus hoidettiin yksinkertaisella Node-RED nimisellä Home Assistantin lisäosalla. Node-RED lisäosassa ei tarvitse osata YAML-ohjelmistokieltä. Ehtolauseet toteutetaan visuaalisella ohjelmoinnilla selainpohjaisella editorilla (Nijhof 2018).

Ensimmäisenä ohjelma tarkastaa onko kiinteistön alueella aurinkonoussut vai laskenut. Kohde haetaan leveys- ja pituuspiirin avulla. Tästä ohjelma jatkaa eteenpäin kahdella mahdollisella vaihtoehdolla, jotka ovat kyllä tai ei. Jos Aurinko on noussut, valot sammutetaan. Jos aurinko on laskenut ohjelma tarkastaa, onko kello 22:00 ja 05:00 välillä. Jos tämä arvo on tosi, ohjelma himmentää valot minimiin. Tällä tavalla valot eivät pala turhaa täydellä teholla koko yötä. Jos taas kello on esimerkiksi 21:00 ja aurinko on laskenut niin valot palavat täydellä teholla. Tähän esimerkki aikaan kiinteistössä liikutaan vielä ulkona, joten tässä vaiheessa valojen on syytä olla kirkkaammalla. Lisäksi järjestelmään on kytketty liikekannistin, joka toimii vain kellon ollessa välillä 22.00-05:00 jolloin myös valot ovat himmennettynä. Jos liikekannistin havaitsee liikettä, ohjelma sytyttää valot täydelle teholle, jonka jälkeen minuutin kestävä ajastin palauttaa valot himmeälle teholle (kuva 19).

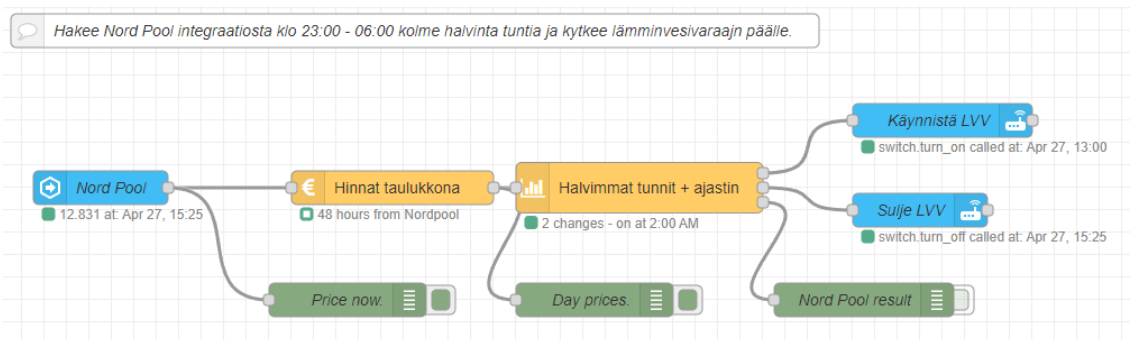
Kuten aikaisemmin on todettu, näillä toimilla ei saada vuositasolla isoja säästöjä. Tämä on kuitenkin järkevää toteuttaa, koska tämä vaikuttaa positiivisesti ja helpottavasti normaaliin asumismukavuuteen.





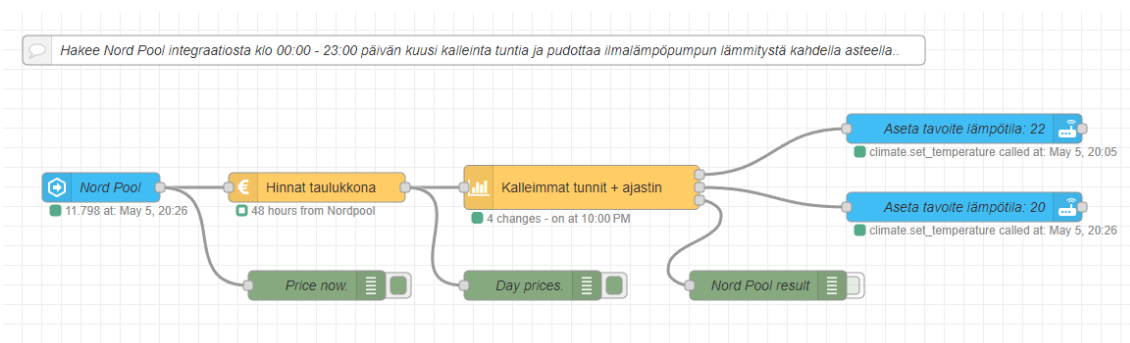
Kuva 19. Ulkovalojen automatisointi Home Assistantin Node-RED lisäosalla.

Lämminvesivaraajan ohjaus hoidettiin jo olemassa olevalla Shelly 3EM releellä sekä erillisellä kontaktorilla. Sähkökeskukseen jätettiin jo olemassa oleva päiväohjaus painike lämminvesivaraajalle. Tällä painikkeella saadaan kytkettyä lämminvesivaraaja päälle sekä poissa manuaalisesti siltä varalta, että Home Assistant järjestelmä vikaantuu. Testauksen ja tutkimusten jälkeen ilmeni, että lämminvesivaraajan ohjaus kolmelle halvimmalle tunnille on helpoin ja nopein toteuttaa Node-RED lisäosalla. Node-RED lisäosaan on saatavilla valmis pohja energian säästön tekemiseen (Paulsen 2023). Tällä pohjalla voidaan tehdä automaatio, joka on myös käyttäjän helposti hallittavissa. Hallittavia asioita ovat esimerkiksi ajastin, jolla määritellään milloin välillä etsitään halvimpia tunteja sekä kuinka monta halvinta tuntia halutulta aikaväliltä käytetään. Tähän kiinteistöön toteutettiin Node-RED automaatio, joka ensimmäisenä hakee Nord Pool sensorilta pörssisähkön tunti hinnat. Tämän jälkeen määriteltiin, että haluttu aikaväli on kello 23:00 – 06:00 jonka sisältä otetaan käyttöön kolme halvinta tuntia. Asetuksissa on myös mahdollista valita, halutaanko kolme peräkkäistä halvinta tuntia vai satunnaiset kolme halvinta tuntia. Ajastin antaa näillä tunneilla Shelly 3EM releelle käskyn kytkeä lämminvesivaraaja päälle. Kolmen käyttötunnin jälkeen ajastin antaa samalle releelle käskyn sammuttaa lämminvesivaraaja (kuva 20).



Kuva 20. Kuvassa Node-RED lisäosalla tehty releen ohjaus kolmelle halvimmalle tunnille.

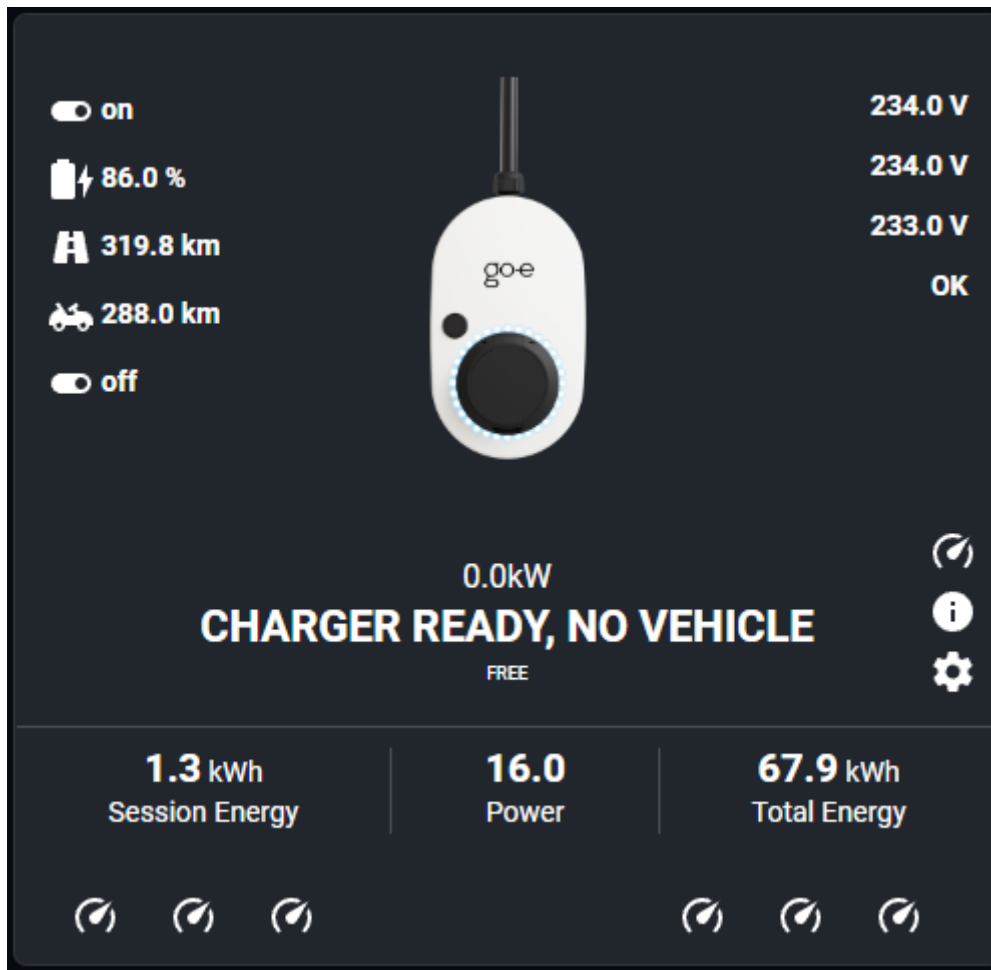
Edellä mainittua Node-RED lisäosaa voidaan käyttää myös kalliiden tuntien hakemiseen. Tässä tapauksessa lisäosa hakee halutulta aikaväliltä halvimmat hinnat, mutta käsky annetaan vain päinvastoin. Kiinteistöön tehtiin automaatio, joka hakee koko päivästä Nord Pool tuntihinnat. Näistä valittiin kuusi kalleinta tuntia, joiden aikana ilmalämpöpumppu pudottaa tavoite lämpötilaa kahdella asteella normaalista (kuva 21). Tätä toimintoa tullaan kehittämään tulevana talvena toimimaan mahdollisimman automaattisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelmaan lisätään ehto ulkoilman lämpötilasta. Näin varmistetaan, että asuintiloissa ei tule missään vaiheessa liian kylmä ja ilmalämpöpumppu pystyy pitämään halutun lämpötilan joka tilanteessa. Lisäksi leivinuunin lähelle asennetaan lämpötila anturi joka reagoi, kun sitä lämmitetään. Lämpötilan noustessa tarpeeksi korkeaksi, ilmalämpöpumppu menee ilmankierrätys asetukselle ja puhallin nopeutta nostetaan. Tällä tavalla saadaan leivinuunista tuleva lämpö kiertämään mahdollisimman kattavasti asuintiloihin samalla säästäen ilmalämpöpumpun lämmitys tarvetta.



Kuva 21. Ilmalämpöpumppu muuttaa tavoitelämpötilaa pörssisähkön hinnan mukaan.

Sähköauton latausta voidaan hallinta ohjelmallisesti. Home Assistant järjestelmä antaa mahdollisuuden ohjata sähköauton laturia sekä osittain itse autoa. Laturi antaa kattavasti tietoa lataushetkellä tapahtuvasta sähkön kulutuksesta sekä myös historia tiedot lataus energian määristä. Laturin

tehoa ja päällä oloa voidaan hallita tarpeen mukaan Home Assistantin välityksellä. Näillä ominaisuuksilla voidaan latausta ajastaa tai laittaa ehtoja esimerkiksi akun varausprosentin mukaan. Kuvassa ylhäällä vasemmalla auton akun varaus prosentti, ajettut kilometrit sekä akun varauksella ajettavan matkan pituus. Oikealla ylhäällä laturin virtatiedot sekä laturin tila. Alhaalla edellisen latauksen energia määrä, laturin tämänhetkinen teho sekä kaikkien latauskertojen energian määrä yhteensä (kuva 22).

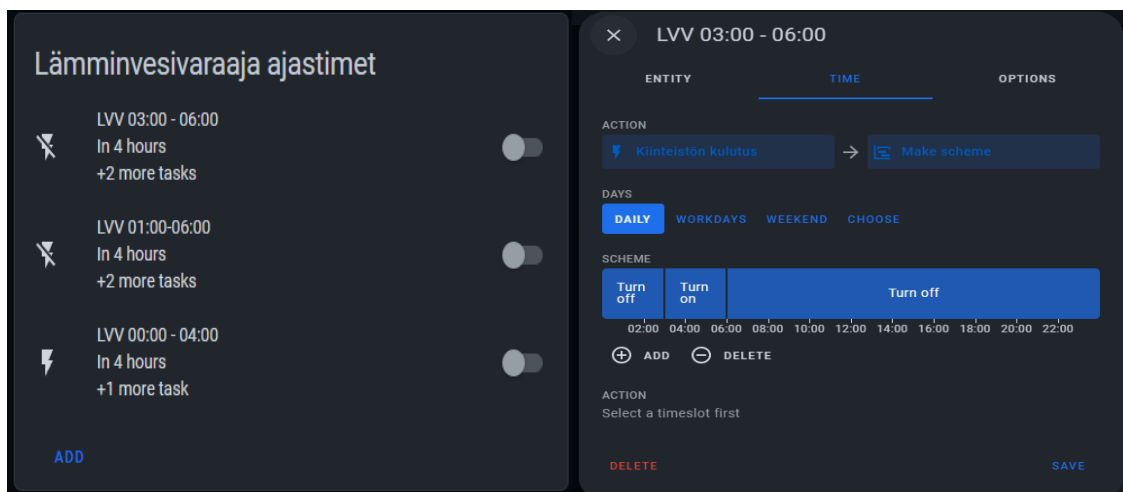


Kuva 22. Kuvassa Home Assistant näkymä auton ja laturin tiedoista.

#### 5.2.4 Laitteiden ohjaus ajastimilla

Vaihtoehtoinen tapa ohjata eri sähkölaitteita on ajastin. Home Assistant järjestelmään on olemassa ajastin komponentti. Ajastin komponentti asennetaan Home Assistant järjestelmään HACS lisäosan avulla. HACS lisäosan kautta sille löytyy myös oma ulkoasu kortti. Ajastimella voidaan ohjata laite päälle ja pois halutulle aikavälille. Lisäksi ohjaus käsky voidaan toteuttaa monta kertaa päivässä sekä se voidaan aktivoida toimimaan vain viikonloppuisin tai arkipäivinä. Tällä ajastimella

voidaan ohjata kaikkia laitteita, sensoreita, kytkimiä ja painikkeita, jotka ovat yhteydessä Home Assistant järjestelmään. Esimerkissä on tehty kolme erilaista ajastinta ohjaamaan lämminvesivaraajaa yön eri ajankohdille (kuva 23). Ajastimet ovat helppo tapa hallita erilaitteiden käyttöä, mutta niiden käyttö ei anna parasta tulosta energian optimointiin. Ajastimet vaativat käyttäjältä aktiivista pörssisähkön hintojen seurantaa. Tästä syystä ajastimet toimivat tässä kohteessa vain varaohjauksena lämminvesivaraajalle sekä polttomoottori käyttöisen auton esilämmitykseen. Tämä esilämmitys on toteutettu ulkokäyttöön sopivalla älypistorasialla.



Kuva 23. Vasemmalla kuvassa kolme ajastinta Home Assistant näkymässä. Oikealla ensimmäisen ajastimen asetukset.

## 5.2.5 Kuormanhallinta

Kuormanhallinta on tärkeä osa optimointia. Optimoinnilla pyritään saamaan mahdollisimman monta tarvittavaa sähkölaitetta käyttöön pörssisähkön halvoilla tunneilla. Tämä voi johtaa siihen, että sähkökuormaa tulee liikaa, jolloin on vaarana sulakkeiden palaminen. Esimerkiksi sähköautoa ei voida ladata täydellä teholla yhtä aikaa, jos sauna lämpenee, sähköuuni on päällä ja lämminvesivaraaja lämmittää vettä.

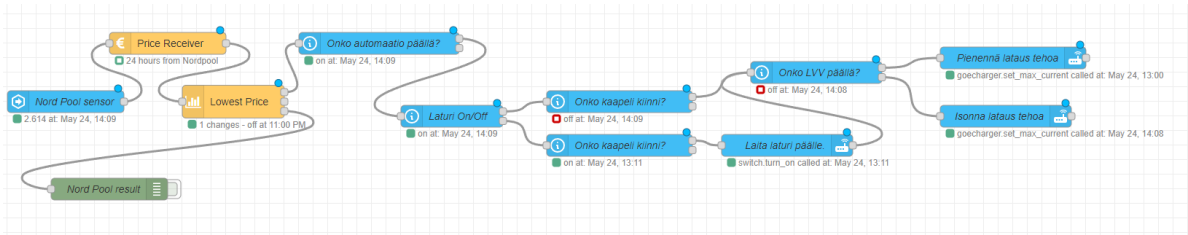
Tässä kohteessa kuormanhallinta toteutettiin ohjelmallisesti. Home Assistantin avulla voidaan tehdä automaatioita perustuen laitteiden kulutukseen tai päällä oloon. Kuormanhallinta aloitetaan laittamalla sähköauton lataukselle rajoitus, jos lämminvesivaraaja kytkeytyy päälle (kuva 24). Sähköauton akun riittävyyden varmistamiseksi latauksen rajoitus poistuu siinä vaiheessa, kun lämminvesivaraajan lämmitys loppuu. Tällä ohjelmalla estetään ylikuormaa, mutta varmistetaan lämpimän veden riittävyys sekä sähköauton akun lataus.

Lisäksi sähköauton latauksen ollessa täydellä teholla asuintilojen lämmitystä pudotetaan. Tämä tarkoittaa sitä, että lämmitysvastukset eivät ole lämmitys tilassa ja sähkö riittää auton lataukseen. Esimerkiksi lattialämmitysvastukset varaavat hyvin lämpöä, jonka vuoksi asuintilojen lämpötila ei ehdi laskea auton latauksen aikana.

```
320 - id: '1682505327612'
321   · alias: LVV -> ON -> CAR -> MIN
322   · description: Lämminvesivaraaja menee päälle, sähköauton lataus minimille.
323   · trigger:
324     · - platform: state
325       · entity_id:
326         · - switch.shellyem3_485519dcc029
327         · to: 'on'
328   · condition: []
329   · action:
330     · - condition: state
331       · entity_id: input_select.goecharger_max_current
332       · state: '6'
333   · mode: single
334 - id: '1682506413693'
335   · alias: LVV -> OFF -> CAR -> MAX
336   · description: Lämminvesivaraaja sammuu, sähköauton lataus menee maksimille.
337   · trigger:
338     · - platform: state
339       · entity_id:
340         · - switch.shellyem3_485519dcc029
341         · to: 'off'
342   · condition: []
343   · action:
344     · - condition: state
345       · entity_id: input_select.goecharger_max_current
346       · state: '16'
347   · mode: single
```

Kuva 24. Ohjelma ohjaa sähköauton lataustehoa sen mukaan onko lämminvesivaraaja päällä.

Vaihtoehtoisesti kuormanhallinta voidaan tehdä ilman koodaamista. Kuvassa esimerkki visuaalisesta kuormanhallinnasta. Kyseinen ohjelma hakee Nord Pool sähkön hinnat, jonka jälkeen auton latausta hallitaan tuntihintojen mukaan. Ohjelma tarkastaa onko lämminvesivaraaja päällä. Jos on se pudottaa auton lataustehon minimille. Ohjelma päivittyy tunnin välein ja kytkee autonlatauksen takaisin maksimi teholle, kunnes lämminvesivaraaja on sammunut (kuva 25).



Kuva 25. Kuvassa ohjelma, joka lataa autoa halvimmilla tunneilla sekä ottaa huomioon lämminvesivaraajan toiminnan.

## 6 KUSTANNUKSET

Kiinteistössä oli valmiiksi Home Assistant kotiautomaatio järjestelmä ohjaamassa kodin perustointoja. Tämän järjestelmän kustannuksia ei oteta huomioon. Optimointi olisi voitu tehdä myös suoraan Shelly laitteiden omalla ohjelmistolla. Optimointi haluttiin kuitenkin keskittää yhteen olemassa olevaan järjestelmään, jotta sitä olisi helppo hallita. Muita jo olemassa olevia ja optimointiin käytettäviä laitteita olivat ilmalämpöpumpun Wifi-etäohjaus adapteri sekä Led-älyvalaisimet.

Kiinteistön kokonaiskulutuksen seurantaan käytettiin Shelly 3EM energiamittaria. Toinen vastaava laite seurasi jaksoittain lämminvesivaraajaa, autotallia sekä sähköauton latausta. Tämän laitteen kappalehintaa oli 134,90 euroa. Muiden yksittäisten laitteiden kulutusta seurattiin Shelly Plug S pistorasiaan laitettavilla energiamittareilla. Mittareita oli käytössä yhteensä neljä kappaletta ja niitä siirrettiin laitteelta toiselle tarpeen mukaan. Näiden laitteiden kappale hinta oli 29.99 euroa. Shelly Plug S laitteen jatkuva kuorma on rajoitettu 2500W. Ennen kulutustietojen keräämistä ei ollut tiedossa laitteiden maksimi kuormaa. Tästä syystä kulutuksen seurantaan ostettiin myös yksi Shelly Plug W pistorasia mittari, jonka jatkuva kuorma on jopa 3600W. Tämän hinta oli 39,99 euroa.

Sähköauton lataukseen soveltuva Go-eCharger Gemini laturi maksoi 599 euroa. Laite on täysin etäohjattava ja lisäksi valmistaja tarjoaa API-rajapintoja, joiden avulla käyttäjä voi hallita laturia muilla sovelluksilla. Muiden valmistajien latauslaitteet ovat aika lähelle saman hintaisia, joten lisäkustannuksia tämä ei aiheuttanut.

Kiinteistön lattialämmitys termostaateiksi ostettiin Meross Wifi älytermostaatit. Markkinoilla ei ole vielä tarjolla termostaatteja, jotka mittaisivat samalla energian kulutusta. Toivottavasti tähän on tulossa muutos lähiaikoina. Termostaatteja ostettiin neljä kappaletta ja niiden kappale hinta oli 55.90 euroa.

Kokonaiskustannukset sähkönseurantaan ja optimointiin olivat noin 650 euroa. Optimoinnin takaisin maksuaika riippuu täysin pörssisähkön hintojen kehityksestä sekä vaihtelusta. Jos sähkönhinta jatkuu yhtä epävakaisena kuin edellisenä vuonna, takaisinmaksu tapahtuu erittäin nopeasti.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin hyvin. Sähköenergian kulutusta ohjattiin pörssisähkön mukaan halvoille tunneille ja kulutusta pienennettiin kalliilta tunneilta. Kulutustietojen seuranta ja niiden analysointi vei paljon aikaa, mutta se oli tärkeä osa opinnäytetyötä ja optimointia. Näin saatiin tietoa todellisista kulutuskohteista ja niihin pystyttiin vaikuttamaan. Vuositasolla saadaan merkittäviä säästöjä esimerkiksi ohjaamalla sähköautonlatausta sekä lämminvesivaraajan päällä oloa pörssisähkön hintojen mukaisesti.

Optimoinnissa täytyy aina ottaa huomioon kohde. Kiinteistöt ovat erilaisia sekä niissä on erilaisia tarpeita. Kiinteistöissä olevat laitteet ovat muun muassa erimerkkisiä ja eri-ikäisiä sekä niiden energiankulutuksessa voi olla isoja eroja. Myös asukkailla on monenlaisia tarpeita ja tottumuksia. Esimerkiksi osa ihmisistä tykkää, että asuintilojen lämpötilat ovat lämpimämmät ja toiset taas tykkäävät viileämmästä. Näiden seikkojen vuoksi optimointi pitää suunnitella aina kiinteistö kohtaisesti. Sähkölämmitteisessä omakotitalossa lämmön tuottaminen on selvästi isoin energian kuluttaja. Tähän vaikuttaa moni seikka, joita ovat muun muassa lämmitysmuoto, ulkoilmanlämpötilat sekä asuin neliöt.

Tämä projekti toteutettiin suhteellisen pienillä investoinneilla. Pörssisähkön hinta on vaihdellut projektin aikana paljon. Kohteen sähköenergia tuntihinnat ovat olleen projektin aikana 0,01 euron ja 0,24 euron välillä kilowattitunnilta. Optimoinnilla saadaan parhaillaan todella isoja säästöjä.

Home Assistantin lisäosat olivat osittain haastavia asentaa. Aikaisempi tuntemus järjestelmästä ja sen toiminnallisuuksista oli iso apu. Home Assistant järjestelmä on osittain aika haavoittuvainen. Jos ominaisuuksia ja lisäosia on asennettuna paljon, se vaatii yleensä käyttäjältä huomiota. Jokaisen laitteen automaatioihin on syytä jättää myös mahdollisuus laitteen manuaaliseen ohjaukseen. Tällä varmistetaan, että laitetta voidaan käyttää, vaikka Home Assistantissa tulisi hetkellinen toimintahäiriö. Home Assistant järjestelmä on näistä ongelmista huolimatta oivallinen alusta energian optimointiin. Järjestelmä on todella monipuolinen ja käyttäjä voi muokata sitä omien tarpeiden mukaiseksi. Sen avulla on helppo seurata monen laitteen energiankulutuksia yhtäaikaaisesti ja tehdä muutoksia, jos esimerkiksi kulutustottumukset muuttuvat tai laitteistoja uusitaan.



Valitettavasti en saanut tarvittavia laitteistoja aurinkovoimalan rakentamiseen tämän opinnäytetyön aikana. Omalla sähköenergian tuotannolla saadaan aikaan isoja säästöjä ohjaamalla mahdollisimman paljon tuotantoa omaan käyttöön. Tällä tavalla säästetään muun muassa siirtomaksoista sekä veroista. Tämä parantaa myös asunnon energialuokitusta sekä auttaa parantamaan sähkön riittävyyttä valtakunnallisesti.

## LÄHTEET

Energiavirasto 2022. Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021. Energiavirasto 20.06.2022. Hakupäivä 05.05.2023. <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>.

Fortum 2020. Mitä on pörssisähkö? Fortum 20.05.2020. Hakupäivä 17.04.2023. <https://yh-dessa.fortum.fi/mita-on-porssisahko>.

Fortum 2021. Yrittäjä: hyödynnä pörssisähkön edullisimmat tunnit toiminnassasi. Fortum: blogi 03.06.2021. Hakupäivä 17.04.2023. <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/sahkosopimus/ajankohtaista/yrittaja-hyodynnna-porssisahkon-edullisimmat-tunnit-toiminnassasi>.

GitHub 2023. Nord Pool integration for Home Assistant. Hakupäivä 23.04.2023. <https://github.com/custom-components/nordpool>.

Home Assistant 2023. Kotiautomaatiojärjestelmä. Hakupäivä 15.04.2023. <https://www.home-assistant.io/>.

Meross MTS200HK. Valmistajan tuotesivu. Hakupäivä 23.04.2023. <https://shop.meross.com/products/meross-smart-thermostat-underfloor-heating>.

Minilex 2023. Asunnon irtaimisto. Hakupäivä 23.04.2023. <https://www.minilex.fi/a/asuntokaupan-irtaimisto>.

Motiva 2021. Sähkön kulutusjousto – Joustavaa ja älykästä sähkönkäyttöä. Motiva: Koti ja asuminen 03.06.2021. Hakupäivä 12.04.2023. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/sahkon\\_kulutusjousto](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/sahkon_kulutusjousto).

Motiva 2022. Aurinkojärjestelmän teho. Motiva: Aurinkosähkö 02.08.2022. Hakupäivä 24.05.2023. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho).

Nijhof, Frank 2018. Home Assistant Community Add-on: Node-RED 08.06.2018. Hakupäivä 25.04.2023. <https://community.home-assistant.io/t/home-assistant-community-add-on-node-red/55023>.

Närhi, Jussi 2022. Sähkön riittävyyttä arvioidaan ennakoivasti. FINGRID kantaverkkoyhtiön lehti 03/2022. Hakupäivä 20.03.2023. [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/asiakas-lehdet/fingrid\\_3\\_2022.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/asiakas-lehdet/fingrid_3_2022.pdf).

Paulsen, Otto 2023. Power Saver to Node-RED 01.29.2023. Hakupäivä 27.04.2023. <https://power-saver.no>.

Sallinen, Petri 2019. Miten ansaita energian optimoinnilla 31.08.2021. Hakupäivä 29.04.2023. <https://www.energiauutiset.fi/kategoriat/markkinat/miten-ansaita-energian-optimoinnilla.html>.

Shelly 3EM. Valmistajan tuotesivu. Hakupäivä 24.04.2023. <https://www.shelly.cloud/en-fi/products/product-overview/shelly-3-em>.