

# Kodin automaatio



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tietotekniikka

Riihimäki, kevät 2017

Simo Sintonen

RIIHIMÄKI  
Tietotekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Simo Sintonen	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Kodin automaatio	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kodin automaatiojärjestelmän pystyttäminen, käyttöönotto, järjestelmäkuvauksen luominen ja järjestelmän tuovan hyödyn arviointi lämmityksen energiankulutuksen näkökulmasta hyvinkäälaiselle Napalmi Tietotekniikka Oy yritykselle. Opinnäytetyön lähdemateriaali on pääosin englanninkielistä ja Pohjois-Amerikka-keskeistä.

Työssä käydään ensin läpi esineiden internetin ja kodin automaation perusteet ja tutustutaan näiden tietoturvaan, sekä muutamaaan suosittuun protokollaan. Opinnäytetyössä pystytettävässä järjestelmässä käytettiin Z-Wave-protokollaa. Myös järjestelmään liitettävät laitteet, jotka tulivat toimeksiantajan puolesta, ja järjestelmän järjestelmäkuvauksen käydään läpi työssä.

Järjestelmäkuvauksen jälkeen kuvataan järjestelmän pystyttäminen ja arvioidaan automaation mahdollista hyötyä lämmityksen energiankulutuksen kustannuksissa. Lopuksi pohdittiin mitä olisi voitu tehdä toisin ja miten opinnäytetyön tekeminen onnistui. Työn tuloksena on toimiva kodin automaatiojärjestelmä, järjestelmäkuvauksen ja mahdollisten lämmityksen energiankulutuksen säästön arvio.

**Avainsanat** IoT, kotiautomaatio, Z-Wave.

**Sivut** 31 sivua, joista liitteitä 2 sivua

RIIHIMÄKI

Degree Programme in Information Technology

---

**Author**

Simo Sintonen

**Year** 2017

**Subject**

Home automation

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to set up a home automation system, put it into service, create a system description and to evaluate the benefits of the system from the point of view of energy consumption for heating, to Napalmi Tietotekniikka Ltd. from Hyvinkää. The source materials for this thesis are mainly in English and North America centric.

The work first goes through the basics of the internet of things and home automation and introduces their information security as well as a few of the more popular protocols. The system that will be set up in the thesis uses the Z-Wave protocol. Also, the devices connected to the system that were provided by the client and the system description of the system are included in the thesis.

After the system description, the system is set up and the potential benefits of automation in the cost of energy consumption of heating are evaluated. Finally, we discussed what could have been done differently and how successful the thesis was overall. The result of this thesis is a functional home automation system, system description and an estimate of the possible savings to be made in energy consumption for heating.

**Keywords** IoT, domotics, Z-Wave, home automation.

**Pages** 31 pages including appendices 2 pages

## TERMIT JA LYHENTEET

<b>IEEE 802.15.4</b>	Tekninen standardi, joka määrittelee pienikokoisten langattomien henkilökohtaisten verkkojen toiminnan.
<b>ISM-taajuusalue</b>	maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista, jonka käyttö ei vaadi erillistä lupaa ja on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön.
<b>Luup</b>	Mi Casa Verden ohjelmistomoduuli, johon sisältyy suosittu skriptikieli Lua ja UPnP, alan tavanomainen tapa hallita laitteita.
<b>Solmuverkko</b>	on verkon topologia, jossa kukin solmu lähettää dataa verkkoon. Kaikki verkon solmut toimivat yhteistyössä verkon tietojen jakamisessa.
<b>UPnP</b>	Universal Plug and Play Joukko verkkoprotokollia, joiden tarkoituksena on saada eri laitteet toimimaan helposti yhdessä valmistajasta riippumatta.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	INTERNET OF THINGS .....	1
3	TIETOTURVA .....	3
4	KODIN AUTOMAATIO .....	4
4.1	Protokollat.....	5
4.1.1	X10.....	5
4.1.2	Insteon.....	6
4.1.3	Z-Wave.....	6
4.1.4	ZigBee .....	7
4.1.5	Thread.....	7
5	KODIN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ .....	8
5.1	Oheislaitteet.....	9
5.1.1	VeraPlus Advanced Home Controller .....	10
5.1.2	Danfoss Living Connect Z LC-13.....	11
5.1.3	Netatmo Personal Weather Station .....	12
6	JÄRJESTELMÄKUVAUS .....	13
6.1	Järjestelmän pystyttäminen.....	14
7	ENERGIANKULUTUSARVIOT .....	20
8	YHTEENVETO .....	24
	LÄHTEET.....	26
	KUVALÄHTEET.....	29

## Liitteet

Liite 1 Lämpötila Excel ja laskelmat

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee kodin automaatiota ja kodin automaatiojärjestelmiä. Opinnäytetyön tarkoituksena on pystyttää kodin automaatiojärjestelmä hyvinkääläiselle Napalmi Tietotekniikka Oy -yritykselle, tehdä järjestelmäkuvaus järjestelmästä ja arvioida sen käytöstä saatavaa hyötyä energiankulutuksen kannalta. Opinnäytetyön aihe on erittäin ajankohtainen, koska kodin automaatio on yleistymässä teknologian kehityksen ja hintojen laskun myötä, joten se on todennäköisesti erittäin hyödyllistä tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua kodin automaatioon ja auttaa lukijaa ymmärtämään kodin automaation hyötyjä ja ongelmia sekä käytännön projektin kautta näyttää, miten opinnäytetyötä varten valittu kodin automaatiojärjestelmä voidaan pystyttää. Opinnäytetyö on rajattu käsittelemään aiheeseen liittyvän teorian lisäksi valittua kodin automaatiojärjestelmää ja oheislaitteita laajemman kuvauksen sijaan. Opinnäytetyössä tutustutaan aluksi kodin automaation ja esineiden internetin teoriaan ja käyttö-tarkoitukseen, minkä jälkeen perehdytään eri protokolliin kodin automaatiossa, ja valitaan pystytettävä kodin automaatiojärjestelmä ja siihen sopivat oheislaitteet. Opinnäytetyön keskeisin osa on käytännön esimerkkijärjestelmä ja sen järjestelmäkuvaus, jossa käydään läpi järjestelmä ja sen pystyttäminen. Tämän jälkeen arvioidaan järjestelmän tuoma hyöty lämmityksen energiankulutukseen ja käydään läpi energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyön lähteet ovat suurilta osin pohjoisamerikkalaisia ja siten Amerikka-keskeisiä, mutta eurooppalaiset käytännöt eivät eroa liikaa näistä tämän opinnäytetyön tarkoitusta varten.

## 2 INTERNET OF THINGS

Esineiden internet ei ole uusi asia, vaikka se onkin vasta nyt yleistymässä muualla kuin yrityskäytössä. Aiheesta on ollut paljon keskustelua tietotekniikan osaajien seurassa jo vuosikymmeniä, ja esineiden internet-kykyisiä laitteita nähtiin jo vuonna 1990 internettiin yhdistetyn leivänpaahtimen muodossa. (Kobie 2015.)

Termiä Internet of Things (IoT), esineiden internet, käytetään kuvaamaan valtavaa verkkoa, johon on yhdistetty suuria määriä esineitä, "Things", Tämä sisältää kaiken älypuhelimista kahvinkeittimeihin, pesukoneisiin, lampuihin ja melkein mihin tahansa muuhun, minkä voi liittää verkkoon. (Morgan 2014.)

Esine esineiden internetissä voi olla henkilö, jolla on sydänimplantti, maatilalla eläin, jossa on biosiru transponderi, auto, jonka sisäänrakennetut anturit ilmoittavat kuljettajalle, kun rengaspaine on alhainen tai muu objekti, jolta voidaan IP-osoitteen ja laitteiston avulla siirtää tietoja verkon kautta. (Rouse n.d.)

Ennen esineiden internet-termin käyttöönottoa, ratkaisuja, joissa esineet tai laitteet ovat yhteydessä toisiinsa kutsuttiin usein termillä Machine to Machine (M2M). M2M ja IoT eivät ole kuitenkaan täysin sama asia. M2M viittaa enemmän kommunikaatioteknologiaan ja IoT taas isompaan kokonaisuuteen. (Hicklin, Shurvinton & Beard 2015, 6-7.)

Esineiden internet on enemmän kuin vain älykkäät kodit ja liitetyt kodinkoneet ja laitteet. Se voi tulevaisuudessa sisältää myös älykkäät kaupungit. Liikennevalot ja merkit, jotka mittaavat liikennettä ja sen kulkua tai älykkäät roskakorit, jotka ilmoittavat, kun ne pitää tyhjentää sekä teollisuus, jossa anturit seuraavat kaikkea liikkuvista osista tehtaissa viljelmien kasvuun maatiloilla, ovat kaikki osa esineiden internetiä. (Kobie 2015.)

Työtehtäviä ja aloja, jotka hyötyvät IoT-ratkaisuista, ovat mm. kaikki prosessit joissa käytetään laitteita, joiden tavoitteena on paras mahdollinen hyötysuhde. Tällaisia ovat hissit, keittimet, pakastimet ja ilmastointilaitteet, työtehtävät, joissa monitoroidaan potilaiden terveyttä puettavilla laitteilla, ja kiinteiden sekä liikkuvien laitteiden hallinta. IoT voi helpottaa myös mm. huoltoinsinöörien työtä antamalla tietoa vioista, joita insinööri on korjaamassa. (Hicklin ym. 2015, 10-11.)

Monet yritykset ovat huomanneet esineiden internetin tuoman hyödyn ja ovat alkaneet kehittää sovelluksia, laitteita tai ovat muuten liittynyt esineiden internettiin ja sen kehitykseen. Alla olevassa listassa on muutamia näistä yrityksistä. (Meola 2016.)

- Amazon (AMZN)
- Google (GOOGL)
- Apple (AAPL)
- Cisco (CSCO)
- Microsoft (MSFT)
- AT&T (T)
- Comcast (CMCSA)
- IBM (IBM)
- Fitbit (FIT)
- LogMeIn (LOGM)
- Texas Instruments (TXN)

(Meola 2016.)

Esineiden internetin yleistyessä lakeja täytyy päivittää ottamaan huomioon esineiden internetin tuoma laajempi kommunikaatio ja palvelut. Esineiden internet mahdollistaa myös yhä laajemman datankeräyksen, joten

lainsäädäntöä, joka sisältää yleisen turvallisuuden ja valvonnan sekä henkilökohtaiset oikeudet, täytyy päivittää. (Hicklin ym. 2015, 20.)

### 3 TIETOTURVA

Melkein kaikella uudella teknologialla on myös haittapuolia. Esineiden internetillä nämä ovat tietoverkon turvallisuus ja käyttäjien yksityisyys. Suuri osa kaikista verkkoon kuuluvista laitteista kerää paljon henkilökohtaista tietoa, johon käyttäjät eivät välttämättä halua muiden ihmisten pääsevän käsiksi. Jotkin laitteet tietävät milloin olet kotona tai mitä elektroniikkaa käytät ja tämä tieto jaetaan usein toisten laitteiden kanssa ja tallennetaan yritysten tietokantoihin. (Kobie 2015.)

Tietoverkkojen turvallisuus on jokapäiväinen ongelma IT-järjestelmille ja esineiden internet ei ole poikkeus tässä. Monet organisaatiot erottavat tietokoneensa ja organisaation sisäiset verkot internetistä ja käyttävät palomureja ja valvovat yhteyksiä estääkseen ulkopuolisten pääsyn heidän sisäiseen verkkoonsa. Suuremmat organisaatiot ottavat myös käyttöön yhä useampia keinoja estääkseen käyttäjiä vahingoittamasta järjestelmiä. (Hicklin ym. 2015, 45.)

Suurin ongelma on se, että IoT on suhteellisen uusi käsite ja tämän takia tuotesuunnittelussa ei ole aina huomioitu laitteiden turvallisuutta. IoT-laitteita myydään usein vanhoilla käyttöjärjestelmillä ja ohjelmistoilla. Lisäksi ostajat eivät usein muuta laitteiden oletussalasanoja tai eivät valitse riittävän vahvoja salasanoja. (Rouse 2015.)

Tietoturvan parantamiseksi internetin välityksellä käytettävät laitteet, jotka ovat suoraan Internetin välityksellä käytettävissä, olisi jaoteltava omaan verkkoonsa ja verkkoyhteyttä rajoitettava. Verkkosegmenttiä olisi tämän jälkeen seurattava ja tunnistettava mahdollinen poikkeava liikenne sekä ryhdyttävä toimiin, jos ongelmia ilmenee. (Rouse 2015.)

Sensorit ja laitteet ovat nykypäivänä yhteydessä toisiinsa internetin kautta laajasti käytössä olevilla protokollilla, kuten TCP/IP, minkä seurauksena näihin laitteisiin voidaan mahdollisesti saada yhteys internetin välityksellä mistä tahansa maailmasta, ja ne ovat siksi haavoittuvaisia hyökkäyksille. Tämän takia myös IoT järjestelmät täytyy tehdä mahdollisimman turvallisiksi. (Hicklin ym. 2015, 46.)

Tyypillisesti verkkoon yhdistetyt laitteet ovat kahdenlaisten hyökkäysten kohteena. On hyökkäyksiä, joissa laitteeseen päästään käsiksi verkon yli, kun se on päällä, ja hyökkäyksiä, joissa laitteeseen kajotaan fyysisesti, kun se on pois päältä ja irti verkosta. Esineiden internetlaitteiden haaste näitä



vastaan on niiden pieni muisti ja laskentateho. Muutama keino puolustautua näiltä on salata ja minimoida laitteiden sisältämä data tai puolustaa laitteiden liitäntöjä. (Hicklin ym. 2015, 47.)

Kaiken kaikkiaan esineiden internet on suhteellisen turvallinen. Hyökkäyksen kohteeksi joutuminen on epätodennäköistä ja hyökkäykset eivät todennäköisesti tee yhtään enempää vahinkoa kuin esimerkiksi tavalliset hyökkäykset kotitietokoneeseen. Tämä voi muuttua, kun esineiden internet ja kodin automaatio yleistyvät, jolloin hyökkäysten toteuttaminen niitä kohti on kannattavampaa, ja jos esineiden internetin tietoturvan kehittämiseen ei panosteta tarpeeksi. (Kobie 2015.)

## 4 KODIN AUTOMAATIO

Kodin automaation tarkoituksena on nimensä mukaan automatisoida tehtäviä, joita on tavallisesti tehty kotona manuaalisesti. Nämä tehtävät voivat olla yksinkertaisia tai monimutkaisia kodin automaatiojärjestelmästä ja automaation laajuudesta riippuen. Yleisiä tehtäviä, joita helpotetaan kodin automaatiolla ovat mm. valojen päälle tai pois laitto etänä, tiettyinä kellonaikoina, tai tiettyjen ehtojen täytyessä, ilmastoinnin ja lämmityksen säätö sähkön säästämiseksi poissa kotoa ollessa, ja kahvinkeitin päälle laittaminen ennen heräämistä. Jos jotain tehdään toistuvasti, niin sen voi usein automatisoida tavalla tai toisella, varsinkin jos se toimii jo valmiiksi sähköllä. (Ravenscraft 2013.)

Kodin automaatio antaa mahdollisuuden ottaa yhteyden kodinohjauslaitteisiin mobiililaitteiden avulla internetin välityksellä. Termiä kodin automaatio voidaan käyttää yksittäisistä laitteista kuten termostaatti tai pihankastelulaitteesta, mutta termi kuvaa tarkemmin laajempaa kokonaisuutta, kuten koteja, joissa lähes kaikki valaistuksesta laitteisiin ja lämmitykseen on automatisoitu ja on yhteydessä kodin omistajan etäohjattavaan verkkoon. Tämä verkko voi myös sisältää kodin turvallisuuden laitteiston, kuten palovaroittimet, valvontakamerat, lukot ja hälytysjärjestelmän ikkunoissa ja ulko-ovissa. (Safewise n.d.)

Automaatio kodin automaatioissa tarkoittaa kykyä ohjelmoida laitteita tekemään asioita tiettyjen ehtojen täytyessä. Ohjelmointi voi sisältää aikaan liittyviä komentoja, kuten valojen sammuttaminen tai lämmityksen säätö tiettyinä kellonaikoina, mutta se voi sisältää myös komentoja, jotka eivät liity ollenkaan aikaan, kuten komento sammuttaa valot, jos kodinturvajärjestelmän hälytys laukeaa. Käyttäjä pystyy usein tekemään omia komentoja omiin tarpeisiinsa. Uudempi osa kodin automaatiota on kauko-ohjaaminen ja monitorointi. Mobiililaitteiden yleistymisen seurauksena kodin automaatiojärjestelmien käyttäjillä on nykyään mahdollisuus seurata ja ottaa yhteys kodin automaatiojärjestelmäänsä mistä tahansa nettikelpoisesta laitteesta. Monitorointisovellukset voivat antaa paljon tietoa kodista,

sen tämänhetkisestä tilasta, tai siitä mitä kodissa on tapahtunut aikaisemmin. Käyttäjä voi katsoa onko valot päällä, kodinturvajärjestelmä kunnossa tai kodin lämpötilan verkkoon liitetystä laitteistosta riippuen. (Safewise n.d.)

Nykypäivän kodin automaatiojärjestelmät toimivat yleensä erillisen laitteen välityksellä, johon käyttäjä pääsee käsiksi käyttäjäystävällisen käyttöliittävän omaavan sovelluksen kautta tietokoneella, tabletilla tai puhelimella. Suurin ongelma kodin automaation yleistymisen kannalta on eri valmistajien käsitykset siitä, miten kodin automaatiolaitteita pitää yhdistää ja ohjata. Eri valmistajien tuotteet eivät välttämättä ole yhteensopivia toisen valmistajan laitteistojen kanssa, jolloin lopputuloksena on erillinen ohjausjärjestelmä kummankin valmistajan tuotteille. Lähitulevaisuudessa kodin automaatio voidaan kuitenkin standardoida, helpottaen kodin automaatiolaitteiston valintaa ja kasvattaen valikoimaa. Toistaiseksi kodin automaatiolaitteistojen valmistajat ovat keskittyneet kaikista kriittisimpiin ja hyödyllisiin osiin kodin automaatiosta, kuten ympäristöön vaikuttaviin laitteisiin ja kodin turvallisuuteen. (Safewise n.d.)

#### 4.1 Protokollat

Tällä hetkellä yksi kodin automaation ja esineiden internetin suurimmista haasteista on verkkoprotokollien standardoinnin puute. Esineiden internetin yleistyessä kodin automaation verkkoprotokollat standardoituvat. Kodin automaatio protokollan valitseminen voi olla hankalaa. Käyttäjä haluaa tietenkin mahdollisimman hyvät laiteyhteensopivuudet, mutta on myös useita muita tekijöitä jotka vaikuttavat protokollan valintaan, kuten virrankulutus, kaistanleveys ja kustannukset. (Electronic House 2016, Chakrabarti 2015.)

Protokollien tarkastelu on rajattu kodin automaatioon ja pääpainona on järjestelmät, joita voidaan lisätä jo tällä hetkellä olemassa olevan talotekniikan yhteyteen. Useat protokollat perustuvat yritysten muodostamien allianssien määrittämiin käytäntöihin, mutta niitä ei lasketa standardeiksi. Eri protokollilla voi olla myös eri sovellusalueita.

##### 4.1.1 X10

X10 on yksi ensimmäisistä yleiseen käyttöön tarkoitetuista kodin automaatio protokollista. X10-protokolla julkaistiin vuonna 1975 Skotlannissa ja se on laajasti käytössä vielä nykyäänkin maailmanlaajuisesti. Protokollasta tuli suosittu, sillä se oli yksi harvoista kodin automaatioprotokollista, joka ei tarvinnut ylimääräistä kaapelointia käyttöönottoa varten, ja sen suhteellisen halvan hinnan ansiosta. X10 käyttää kodissa jo valmiiksi olevaa sähköverkkoa kommunikoimaan sähköverkossa olevien laitteiden kanssa, jos

verkkoon haluaa lisätä langattomia laitteita, X10-protokollaa pystyy myös käyttämään langattomasti radiotaajuuksien avulla. (Vesternet Ltd. n.d.)

X10 lähettää 120kHz radiosignaali purskeita, jotka kuvaavat digitaalista informaatiota, sähköverkkoon 50/60 Hz vaihtovirtajännitteen nollanylityskohdissa. X-10 protokolla tarvitsee usein kytkentäkondensaattorin ja X10 signaalinvahvistimia tai aktiivisen X10 signaalin toistimen. X10 on suurimaksi osaksi yksisuuntainen tekniikka, joten signaaleihin ei odoteta vastausta. Jokainen signaali lähetetään kahdesti, ja signaaleilla voi kestää noin puoli sekuntia saapua vastaanottimelle, mikä johtaa näkyvään viiveeseen komentojen suorittamisessa. X10 on herkempi signaalihäviölle ja linjakohinalle, kuin nykyaikaisemmat sähköverkko teknologiat, joten kodinomistajat voivat huomata kuormitukseen liittyviä epäluotettavia X10-viestejä, joiden luotettavuus riippuu sähköverkon kuormituksesta. Tämän takia suodattimet, liittimet ja toistimet ovat yleisiä X10-verkoissa. X10-protokolla on muihin protokolliin verrattuna vanha, ja sillä on useita rajoituksia joita uudemmilla protokollilla, kuten Z-Wave ja Insteon, ei ole. (Vesternet Ltd. n.d.)

#### 4.1.2 Insteon

Insteon on kodin automaatioprotokolla, joka käyttää sekä sähköverkkoa, että langatonta verkkoa kodin automaatiojärjestelmän luomiseen, mikä auttaa estämään muun kodinelektroniikan ja esteiden aiheuttamaa signaalihäiriötä. Jokainen Insteon-laite pystyy toistamaan toisten laitteiden signaalit, mikä auttaa verkkoa pysymään toiminnassa yksittäisten laitteiden rikkoutuessa. Tämä verkkorakenne sisältää langattomat sekä sähköverkkoon liitetyt laitteet. Insteon-verkossa ei ole erillisiä reitittämiä tai hallintalaitteita, jokainen Insteon-laite voi ohjata muita laitteita ilman monimutkaisia laiteprofiili hierarkioita. (Insteon.com n.d.)

Useimmat kodin automaatioteknologiat edellyttävät, että uudet laitteet on liitetty osaksi verkkoa ennen kuin ohjaimen komennot voidaan liittää laitteen toimintoihin. Toisin sanoen, niissä käytetään enemmän tai vähemmän monimutkaisia asennusmenetelmiä. Insteonin kanssa tätä ongelmaa ei esiinny, koska ei ole tarvetta ilmoittaa laitteita erikseen verkkoon. Valmistuksen aikana jokaiselle Insteon-laitteelle annetaan yksilöllinen ID-numero, joka toimii laitteen pysyvänä verkko-osoitteena. Kaikki Insteon-laitteet liittyvät automaattisesti Insteon-verkkoon ja aloittavat lähettämään toistuvia viestejä heti, kun ne ovat päällä. (Insteon.com.au n.d.)

#### 4.1.3 Z-Wave

Z-Wave-protokolla, kuten Insteon, perustuu verkkorakenteeseen, jossa jokainen sähköverkon kautta virran saava Z-Wave-laite toimii signaalin toistajana, jonka seurauksena verkko on tehokkaampi mitä enemmän laitteita verkossa on. Z-Wave signaali menee helposti useimpien esteiden, kuten seinien läpi, mutta tarvittaessa laitteet voivat myös suunnitella signaaleille

reitit, joka kiertää esteet. Z-Wave-laitteet kommunikoivat tyypillisesti n. 36 metrin etäisyyteen asti, mutta signaalin kulkiessa muiden laitteiden kautta se voi kommunikoida laitteiden kanssa, jotka ovat jopa yli 180 metrin päässä laitteesta. Yhteen Z-Wave-verkkoon voi liittää 232 laitetta ja Z-Wave verkkoja voi liittää yhteen vielä laajempien verkkojen muodostamista varten. (Sigma Designs, Inc. n.d.)

Z-Wave on langaton kodin automaatiotekniikka, joten sen käyttäminen ei vaadi ylimääräisiä kaapelointeja. Z-Wave käyttää Euroopassa 868.4MHz taajuusalueita ja Pohjois-Amerikassa 908.4MHz taajuusalueita. Z-Wave tekniikan etuna verrattuna perinteisempiin kodin automaatiotekniikoihin on sen edullisuus ja pieni energiankulutus. Koska Z-Wave-laitteiden asentamiseen ei tarvita rakennustöitä, ja koska laitteiden asentaminen on yksinkertaista, verkon laajentaminen on edullista ja helppoa. Kaikki Z-Wave-laitteet kommunikoivat keskenään langattomasti, joten viestinnän luotettavuus ja turvallisuus ovat tärkeitä. Z-Wave-protokollassa jokainen viesti kuitataan. Tämä tarkoittaa, että jos esimerkiksi liiketunnistin havaitsee liikettä kodissa, se lähettää tiedon turvajärjestelmälle, joka vahvistaa vastaanottaneensa ilmoituksen. Z-Wave käyttää samoja tietoturvan menetelmiä tiedonsiirrossa kuten esimerkiksi Internet-pankki sovellukset. (SmarterHOME n.d., Mazar 2014.)

#### 4.1.4 ZigBee

ZigBee-protokolla on suunniteltu kommunikoimaan häiriöllisissä radiotaajuusympäristöissä, jotka ovat yleisiä kaupallisissa ja teollisissa sovelluksissa. ZigBee-protokolla käyttää hyödykseen IEEE 802.15.4 radio määrittelyä ja toimii ISM-taajuusalueilla kuten 2.4GHz, joka on ISM käytössä maailmanlaajuisesti. ZigBee, kuten useat muut protokollat, käyttää solmuverkko rakenteita yhdistettyjen laitteiden kanssa. Solmu rakenteet parantavat verkon vakautta muuttuvissa olosuhteissa ja yksittäisten laitteiden rikkoutuessa. ZigBee mahdollistaa laaja-alaisen vähän virtaa vievien langattomien verkkojen käyttöönoton. (Digi International Inc. n.d., ITU n.d.)

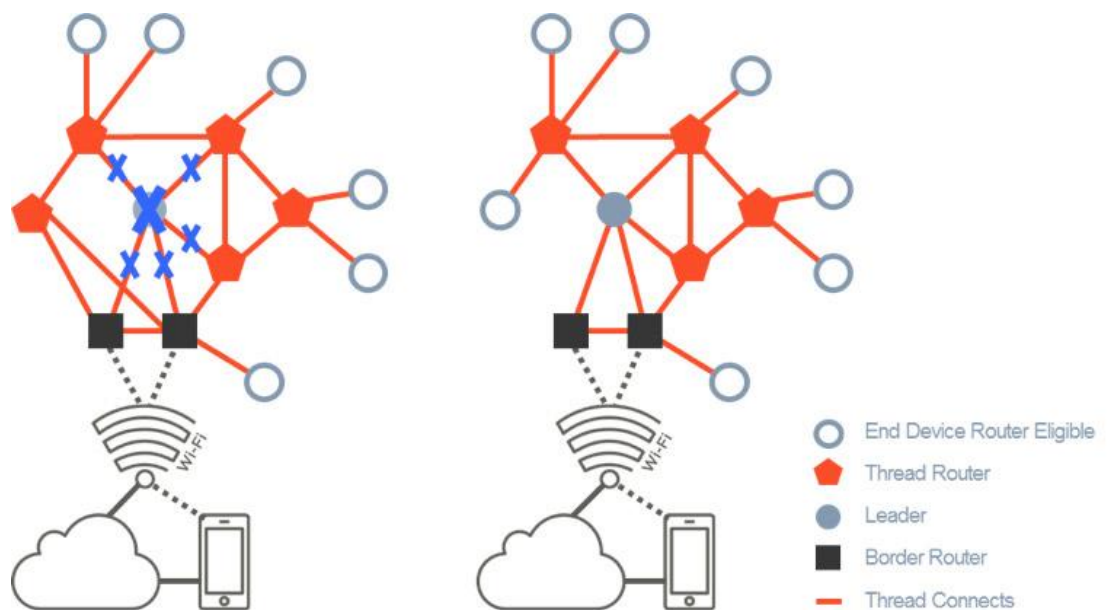
ZigBee-laitteita on kolmenlaisia. ZigBee-koordinaattoreita, ZigBee-reitittimiä ja ZigBee-päätelaitteita. ZigBee-koordinaattorit muodostavat verkon pohjan ja toimivat siltana muihin verkkoihin. ZigBee-reitittimet toimivat välireitittiminä ja kuljettavat dataa eri laitteiden välillä. ZigBee-päätelaitteet keskustelevat ZigBee-koordinaattorien tai reitittimien kanssa ja tarvitsevat pitkäkestoisen akun tai patterit, mutta vähiten muistia. Tätä protokollaa käytetään laajalti kodin automaatioissa, teollisuuden valvonnassa ja lääketieteellisessä tiedonkeruussa. (Noor UI 2016)

#### 4.1.5 Thread

Thread on IP-pohjainen langaton avoimen standardin verkkoprotokolla suunniteltu vähän virtaa käyttäviä kodin automaatio laitteita varten.

Thread on tehty kaikkia kodin automaatio tuotteita varten, kuten kodinkoneet, kulunvalvonta, ilmastointi, energia, valaistus ja turvallisuus yms. Thread-verkon asentaminen on yksinkertaista ja intuitiivista käyttäjille. Käyttäjät voivat lisätä, valtuuttaa ja poistaa laitteita verkosta käyttäen älypuhelimia tai tietokoneita muutamalla yksinkertaisella toimenpiteellä. (Chakrabarti 2015.)

Thread, kuten ZigBee, käyttää hyödykseen solmuverkkorakenteita (Kuva 1). Thread-solmuverkko voi skaalautua perus yhden reitittimen tähtitopologiasta laajempaan, monen reitittimen solmuverkkoon, joka tekee järjestelmästä luotettavamman antamalla laitteiden keskustella keskenään eri tavoin lieventäen yksittäisten laitevikojen tuomaa haittaa verkolle. (Young n.d.)



Kuva 1. Thread-protokollan solmuverkkorakenne. (Thread Group 2015).

## 5 KODIN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Kodin automaatiojärjestelmän keskeisin osa on järjestelmän hallintalaitte tai ohjain. Omaan käyttöön parhaiten soveltuvan hallintalaitteen valitseminen voi olla hankalaa, koska ne käyttävät useita eri protokollia, ja kaikki laitteet eivät ole yhteensopivia kaikkien protokollien kanssa. Hallintalaitetta valitessa tärkeä näkökohta on teknologia, joka on saatavilla ja sopeutuu parhaiten omiin tarpeisiin. Yleisesti tällä tarkoitetaan hallintalaitteen käyttämää kommunikaatio protokollaa. (Smarthome n.d.)

Osa kodinohjaimista käyttävät protokollia, jotka kommunikoivat sähköverkon kautta, kuten X10. Toiset taas kommunikoivat radioaaltojen avulla, kuten Z-Wave ja Zigbee. Insteon taas käyttää molempia keinoja samanaikaisesti. Jotkut kodinohjaimet käyttävät vain tiettyä protokollaa, kun taas toiset tukevat useampia protokollia samanaikaisesti. Valitessa kodinohjainta järjestelmää varten kannattaa valita laite joka käyttää protokollaa, josta käyttäjä pitää, ja joka tukee järjestelmään haluttuja laitteita. (Smarthome n.d.)

Seuraavat tekijät järjestelmän valinnassa liittyvät järjestelmän toiminnallisuuteen. Riippuen siitä mihin tarkoitukseen kodin automaatiota aikoo käyttää, järjestelmä ei välttämättä tarvitse toimintoja, kuten ääniohjaus. Järjestelmän tarpeet voivat olla yksinkertaisia, kuten pelkkä etäkäyttö mahdollisuus ja langattomat laitteet helpompaa asennusta varten. Toinen järjestelmä saattaa taas tarvita langalliset yhteydet, ohjelmoitavia toimintoja sekä aikatauluja toimiakseen täydellisesti. Toiminnallisuus sisältää myös yhteensopivuuden reitittimen ja mahdollisten jo hankittujen älykkäiden laitteiden kanssa. (Smarthome n.d.)

Tässä projektissa käytetään Z-Wave-protokollaa. Z-Wave on edullinen ja erittäin suosittu protokolla jolla on laaja valikoima yhteensopivia oheislaitteita ja ohjaimia. Kotitalouteen ei tarvitse tehdä muutoksia Z-Wave-verkkoa varten ja verkkoa pystyy helposti laajentamaan tarvittaessa.

## 5.1 Oheislaitteet

Pystytettävään kodin automaatiojärjestelmään kuuluu keskusyksikkö, joka ohjaa verkon muita laitteita. Keskusyksikkönä käytetään toimeksiantajalta saatua VeraPlus kodinohjainta (Kuva 2). Keskusyksikön lisäksi verkkoon liitetään kuusi kappaletta Danfoss Living Connect Z LC-13 patteritermostaatteja (Kuva 2), jotta kodin automaatiojärjestelmä voi säätää kodin lämpötilaa, ja Netatmo Personal Weather Station monitoroimaan ilman laatua ja lämpötilaa ulko- ja sisätiloissa. Yhteensä kodinautomaatiojärjestelmä maksaa noin 600-650 € riippuen siitä mistä laitteet hankitaan.

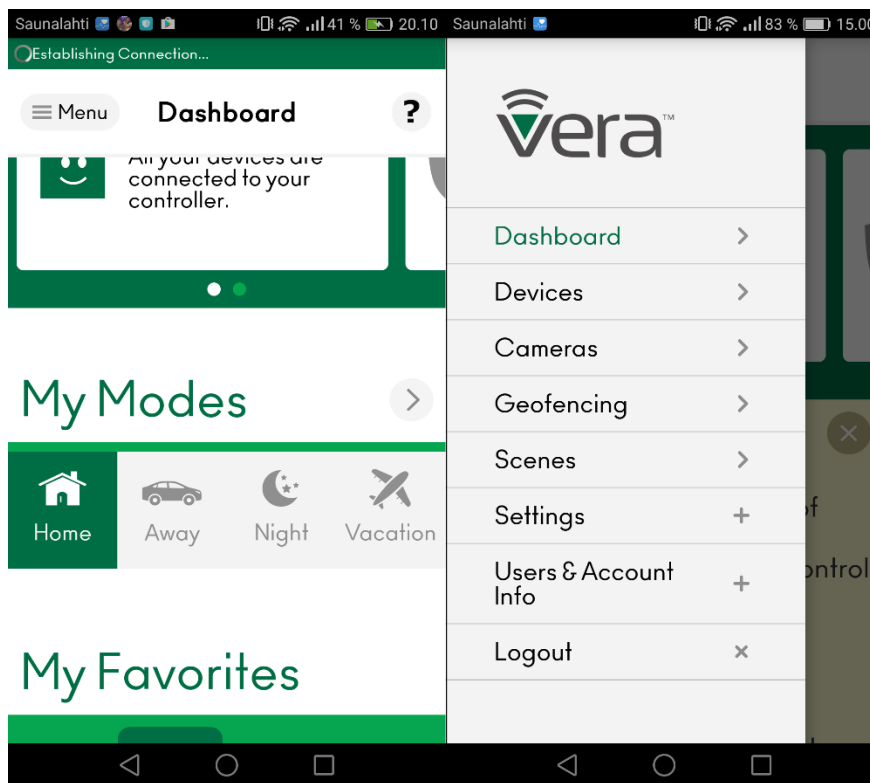


Kuva 2. VeraPlus ja Danfoss LC-13 patteritermostaatti. (Sintonen, S. 2017).

#### 5.1.1 VeraPlus Advanced Home Controller

Mi Casa Verden VeraPlus Advanced Home Controller toimii kodin automaatiojärjestelmän keskusyksikkönä, johon kaikki muut järjestelmään liitettävät laitteet ottavat yhteyden. VeraPlus pystyy kommunikoimaan yli 1500 eri laitteen kanssa käyttäen hyödykseen neljää eri kommunikaatio protokollaa, jotka ovat Z-Wave, ZigBee, Bluetooth ja Wi-Fi. (Vera Control, Ltd. n.d.)

VeraPlus käyttää hyödykseen omaa sovellustaan (Kuva 3), jonka kautta kaikkia keskusyksikköön liitettyjä laitteita voi monitoroida ja hallita. Suurin osa antureista tarvitsevat ohjaimen ja ohjaimen sovelluksen toimiakseen. Vera hallintapaneelisovellus yhdistää laitteita, joilla on omat sovellukset laitteiden, joilla ei ole minkäänlaista hallintasovellusta ja mahdollistaa niiden helpon hallinnan yhden ohjauspaneelisovelluksen kautta mobiililaitteilla ja tietokoneilla. (Vera Control, Ltd. n.d.)



Kuva 3. Vera Mobile-sovellus. (Vera Mobile 2017).

### 5.1.2 Danfoss Living Connect Z LC-13

Danfoss Living Connect Z LC-13 on elektroninen patteritermostaatti. Sitä voidaan ohjata joko Danfoss Link- lämmityksen etäohjaus sovelluksella tai muilla Z-Wave sertifioiduilla ohjaimilla, kuten tässäkin työssä käytössä olevalla Vera Plus ohjaimella. Living Connect käyttää Z-Wave langattoman viestinnän protokollaa, on helppo asentaa, ja siihen on mahdollista saada adapterit kaikkia Danfossin valmistamia termostaattiventtiileitä varten ja myös useimpien muiden valmistajien venttiileitä varten. (Danfoss n.d.)

Danfoss LC-13 patteritermostaatti toimii AA-pattereilla, vie vähän tilaa, ja on erittäin helppo käyttää. Patteritermostaatissa on kolme näppäintä termostaatin etupuolella ja niiden avulla voidaan vaihtaa lämpötilaa ja vaihtaa patteritermostaatin tilaa patteriventtiiliin kiinnittämistä tai verkkoon liittämistä varten. Lämpötilanvaihto komennot lähetetään suoraan kodin automaatio-ohjaimelle, joka voi synkronisoida kaikki Living Connect-patteritermostaatit samassa huoneessa käyttämään samaa lämpötilaa. LC-13 patteritermostaatissa on avoimet ikkunat toiminto, joka sulkee patteriventtiiliin, jos huoneen lämpötila laskee huomattavasti yllättäen. (Danfoss n.d.)

Danfoss LC-13 Living connect patteritermostaatin tärkeimmät ominaisuudet ovat energiankulutuksen parantaminen, helppo asentaminen, helppokäyttöisyys, pitkä patterin elinikä, lapsilukko, avoin ikkuna toiminto, jäätymissuoja, taustavalaistu näyttö ja PID-säädin. (Danfoss n.d.)



### 5.1.3 Netatmo Personal Weather Station

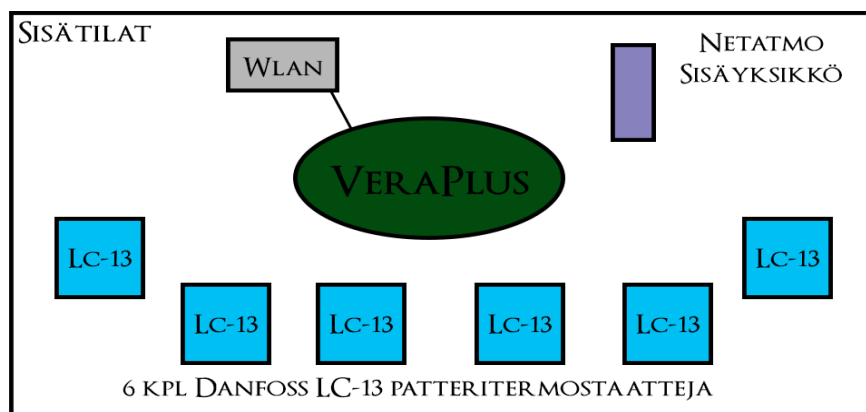
Netatmo Personal Weather Station on ilmaston seurantalaitte, joka koostuu erillisestä sisä- ja ulkoyksiköstä. Järjestelmään saa hankittua myös erillisinä lisävarusteina sade- ja tuulimittarit, sekä ylimääräisiä sisäyksiköitä, joita voi olla maksimissaan kolme kappaletta. Netatmo mittaa ilman lämpötilaa, kosteutta, hiilidioksidin määrää sekä sisätiloissa myös ilmanpainetta ja äänenvoimakkuutta. (Netatmo n.d.)

Netatmon tärkein sisäyksikkö saa virtansa USB-seinäadapterin kautta. Ylimääräiset sisäyksiköt, ulkoyksikkö ja vesi mittari saavat virtansa AAA-pattereista. Netatmon tuulimittari käyttää toisista laitteista eroten AA-pattereita. Netatmo tarvitsee yhteyden Wi-Fi reitittimeen ja internetyhteyden toimiakseen. Netatmon ulkoyksikköjen ja ylimääräisten sisäyksiköiden pitää olla 100 metrin etäisyydellä tärkeimmästä sisäyksiköstä pitäkseen yhteyden yllä. Netatmo Weather Station toimii ilman erillistä kodin automaatiojärjestelmää ja sen käyttöä varten on tehty erillinen mobiilisovellus, joka on yhteensopiva suosituinten käyttöjärjestelmien kanssa. (Netatmo n.d.)

## 6 JÄRJESTELMÄKUVAUS

Järjestelmä (Kuva 4) koostuu VeraPlus kodinohjaimesta, Netatmo Weather Station sisä- ja ulkomoduuleista ja kuudesta Danfoss LC-13 patteritermostaatista. VeraPlus on yhteydessä kotitalouden Wlan-verkkoon ethernet kaapelin kautta. Kaikki kuusi patteritermostaattia ovat langattomasti yhteydessä VeraPlus ohjaimeen käyttäen hyödykseen Z-Wave-protokollaa. Netatmo sisäyksikkö saa virtansa sähköverkosta, mutta on langattomasti yhteydessä Wlan-verkkoon ja VeraPlus ohjaimeen. Netatmo ulkoyksikkö on langattomasti yhteydessä sisäyksikköön ja kodin automaatiojärjestelmään. Käyttäjä pystyy ottamaan etäyhteyden VeraPlus ohjaimeen Wlan-verkon kautta kirjautumalla sisään laitteenvalmistajan nettisivulla tai mobiilisovelluksella.

### ULKOTILAT

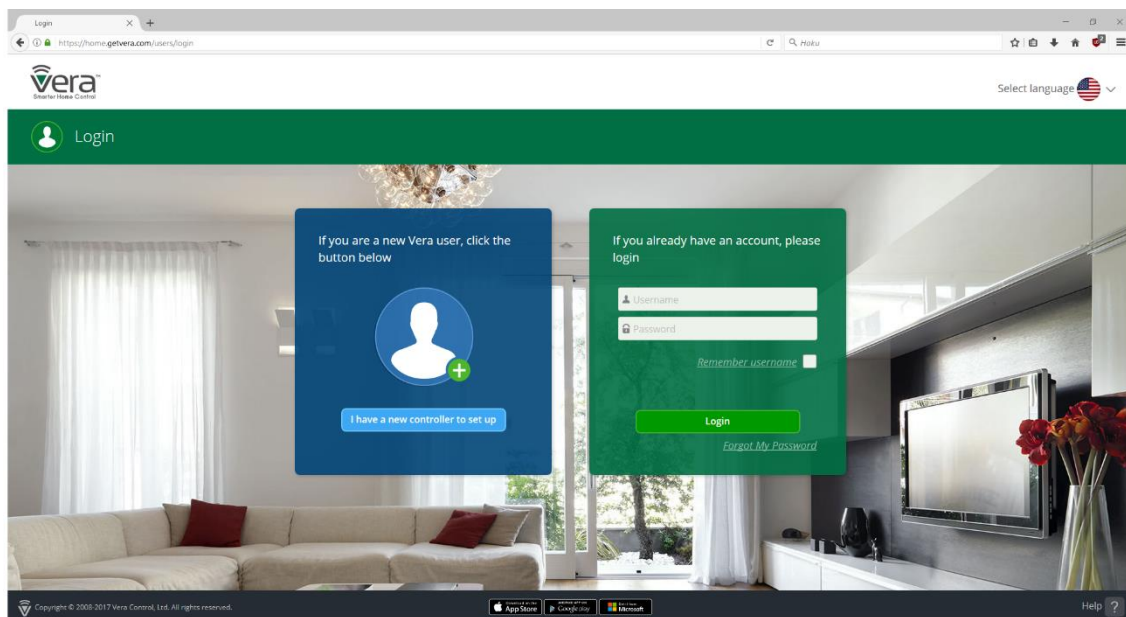


Kuva 4. Kodin automaatiojärjestelmän kuvaus. (Sintonen, S. 2017).

Kodin automaatiojärjestelmän tehtävänä on keskittää verkkoon liitettyjen laitteiden hallinta ja mahdollistaa komentojen antaminen laitteille kodinohjaimen kautta paikallisesti tai etänä. Tässä järjestelmässä olevien patteritermostaattien tehtävänä on pitää yllä haluttua lämpötilaa ja käskettäessä muuttaa kotitalouden lämpötilaa. Netatmo-yksikköjen tehtävänä on monitoroida ilman lämpötilaa, kosteutta, ilmanpainetta ja hiilidioksidipitoisuutta kotitaloudessa. VeraPlus vastaanottaa käyttäjän komennot ja komentoa muut laitteet toteuttamaan käyttäjän toiveet.

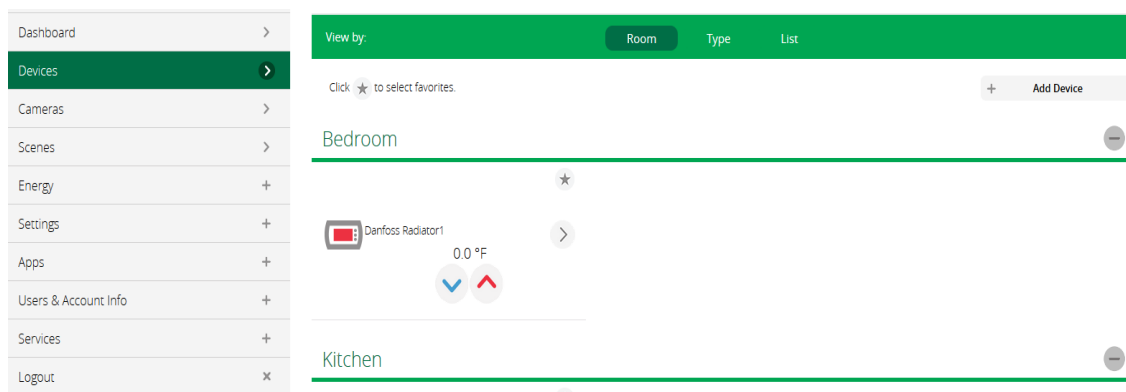
## 6.1 Järjestelmän pystyttäminen

VeraPlus-kodinohjaimen asentaminen on yksinkertaista. Laite pitää yhdistää kodin Wlan-verkkoon, jonka jälkeen laite rekisteröidään laitteenvalmistajan sivuilla käyttöä varten (Kuva 5). Laitteen pitäisi löytyä verkosta automaattisesti, mutta rekisteröinnin voi joutua suorittamaan manuaalisesti käyttämällä laitteen alapuolella olevaa sarjanumeroa ja MAC osoitetta. Laitteen rekisteröinnin jälkeen laiteohjelmisto päivitetään uusimpiin versioihin.

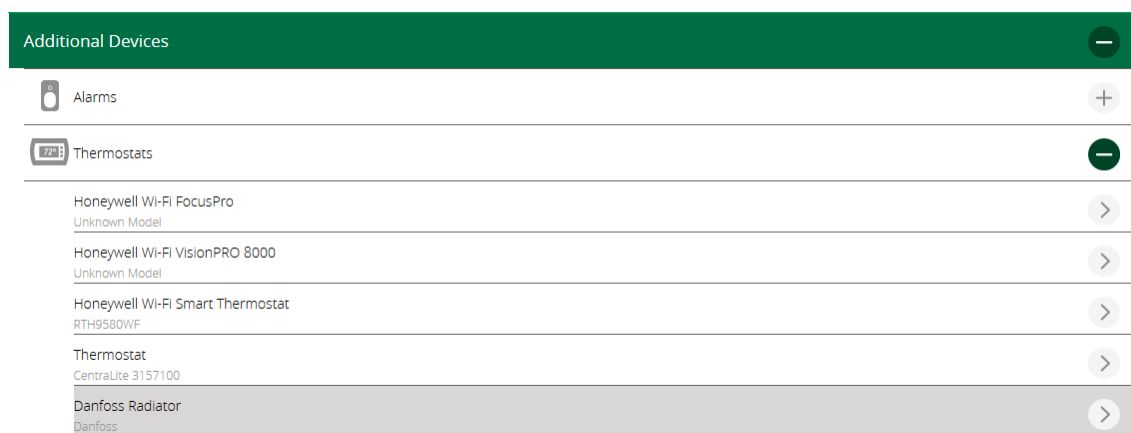


Kuva 5. VeraPlus laitteen valmistajan asennus sivut. (Vera Control, Ltd 2017).

Laitteen rekisteröinnin jälkeen kirjaututaan sisään Veran nettisivuilla, jotta pääsemme lisäämään verkkoon muut laitteet. Kirjautumisen jälkeen sivun vasemmalla puolella olevasta listasta valitaan devices ja sieltä add device (Kuva 6). Täältä voidaan valita mitä laitteita verkkoon liitetään. Lisätään ensin verkkoon Danfossin patteritermostaatit, joiden lisäämiseen löytyy listasta oma vaihtoehto Thermostats valinnan alla (Kuva 7). Patteritermostaatti laitetaan ennen järjestelmään liittämistä kiinni patteriin, koska patteritermostaatti käyttää seuraavat 1-7 päivää lämmityksen optimoimiseen (Danfoss n.d.).



Kuva 6. Devices välilehti. (Vera Control, Ltd 2017).



Kuva 7. Danfoss LC-13 patteritermostaatti. (Vera Control, Ltd 2017).

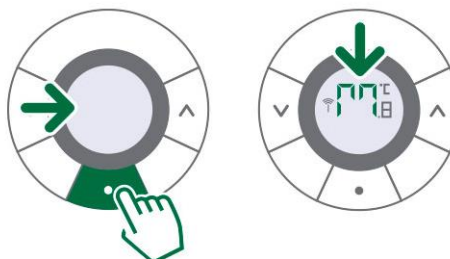
Patteritermostaattiin laitetaan patterit, minkä jälkeen sen LCD-näytöllä näkyy M-symboli. Tämän jälkeen painetaan näytön alla olevaa piste-nappia kolmen sekunnin ajan, jolloin patteritermostaatti vaihtaa Management-tilasta Link-tilaan. Tämän jälkeen näyttö sammuu ja asennuksessa mennään eteenpäin. Patteritermostaatin saa nyt liitettyä verkkoon painamalla piste-nappia, jolloin kodin automaatiojärjestelmä tunnistaa laitteen. Jos näin ei tapahdu prosessin voi aloittaa uudestaan painamalla Retry-nappia Vera Control Paneelissa (Kuva 8).

## Step 2: Pair Your Device

1 2 3

To include the device, press again on the button with the 'dot' as shown. For less than 1 second, temperature, antenna and bell symbols will be displayed. During pairing, the antenna symbol will appear and the LCD screen will flutter. When pairing is successful, temperature will appear. Within 5 seconds the screen will turn off.

NOTE: To activate the screen and adjust temperature, press the up or down arrows on either side of the screen.



If the device isn't detected in 60 seconds, click the Retry button below and begin the un-pairing process.



Kuva 8. Patteritermostaatin yhdistäminen. (Vera Control, Ltd 2017).

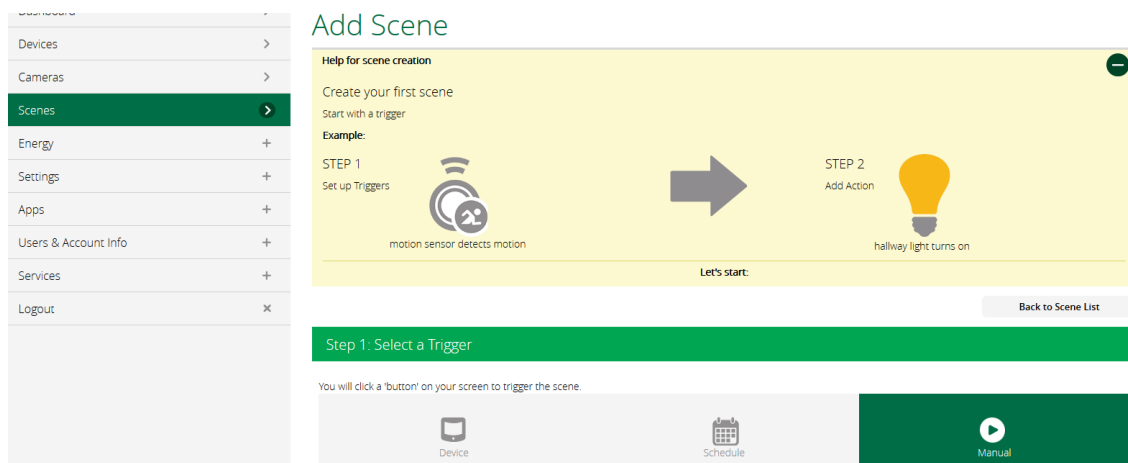
Kun järjestelmä on tunnistanut laitteen, laitteelle voidaan antaa erillinen nimi ja huone, missä laite on käytössä. Tämä prosessi toistetaan kaikilla patteritermostaateilla.

Kun kaikki patteritermostaatit ovat liitetty verkkoon voidaan luoda Scene ohjaamaan patteritermostaattien käyttäytymistä asetettavien ehtojen täyttyessä. Scene luodaan valitsemalla vasemmalla puolella olevasta listasta Scenes ja sieltä Add Scene (Kuva 9).



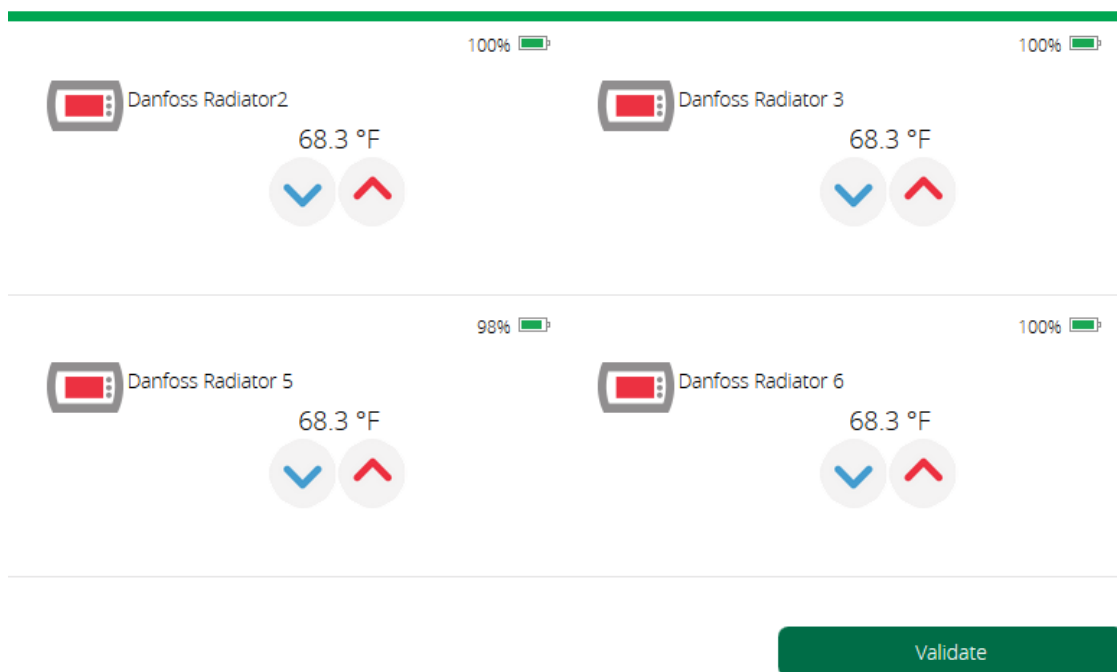
Kuva 9. Scenen lisääminen. (Vera Control, Ltd 2017).

Tämän jälkeen valitaan, miten Scene aktivoidaan. Scenen voi asettaa aktivoitumaan jonkun verkkoon liitetyn laitteen tehdessä jotain, kuten valokytkimen painallus, liiketunnistin huomaa liikettä jne. Scenen voi myös asettaa aktivoitumaan tiettyinä aikoina, joko vain kerran tai toistuen joka päivä, viikko tai kuukausi. Viimeinen keino, jolla Scenen saa aktivoitua on manuaalisesti painamalla Scene päälle Vera Control Paneelissa, joko tietokoneella tai mobiilisovelluksella (Kuva 10). Valitaan ajoitettu Scenen aktivointi, jotta Scene lähettää komentoja automaattisesti tiettyinä aikoina. Tämän voi muuttaa myöhemmin tarvittaessa.



Kuva 10. Scenen luominen. (Vera Control, Ltd 2017).

Kun Scenen aktivointikeino on valittu, päästään valitsemaan kuinka usein Scene lähettää komentoja. Patteritermostaatit tulevat vaihtamaan lämpötiloja joka päivä, joten valitaan ajanjaksoksi 'Daily', jonka jälkeen annetaan aika jolloin Scene lähettää komennon. Aikoja laitetaan niin monta kuin lämpötilanvaihtoja tarvitaan. Tämän jälkeen valitaan laitteet jotka käyttävät luotua Sceneä. Painetaan 'Select Devices' Control Paneelista, jonka jälkeen valitaan kaikki aiemmin lisätyt patteritermostaatit, joita halutaan Scenen käyttävän. Tämän jälkeen valitaan mitä patteritermostaatit tekevät Scenen lähettäessä komennon. Tämän Scenen käyttötarkoituksiksi tulee lämmityksen energiankulutuksen vähentäminen käyttäjän ollessa poissa kotoa, joten laitetaan patteritermostaatit laskemaan lämpötilaa muutama astetta (Kuva 11) ja myöhemmin nostamaan lämpötilan takaisin.



Kuva 11. Patteritermostaatit Scenessä. (Vera Control, Ltd 2017).

Lopuksi valitaan, milloin luotu Scene toimii, missä huoneissa Scene toimii, kenelle ilmoitetaan Scenen käynnistymisestä, käytetäänkö Scenessä Luup-koodia ja nimetään Scene. Tämän Scenen ei tarvitse tehdä mitään monimutkaista, joten emme käytä Luup-koodia. Scene saa toimia kaikissa Vera Control Paneelin moodeissa, joten annamme asetusten olla oletusarvossa. Scenen nimeämisen jälkeen painetaan 'Finish'-nappia (Kuva 12).

Step 3: Finish the Scene

This scene runs...

When I am in any mode

When this scene runs...

Notify these people

Also, execute the following Luup code:

No Luup Code defined

Advanced Editor

Select Room

Room Name: No Room

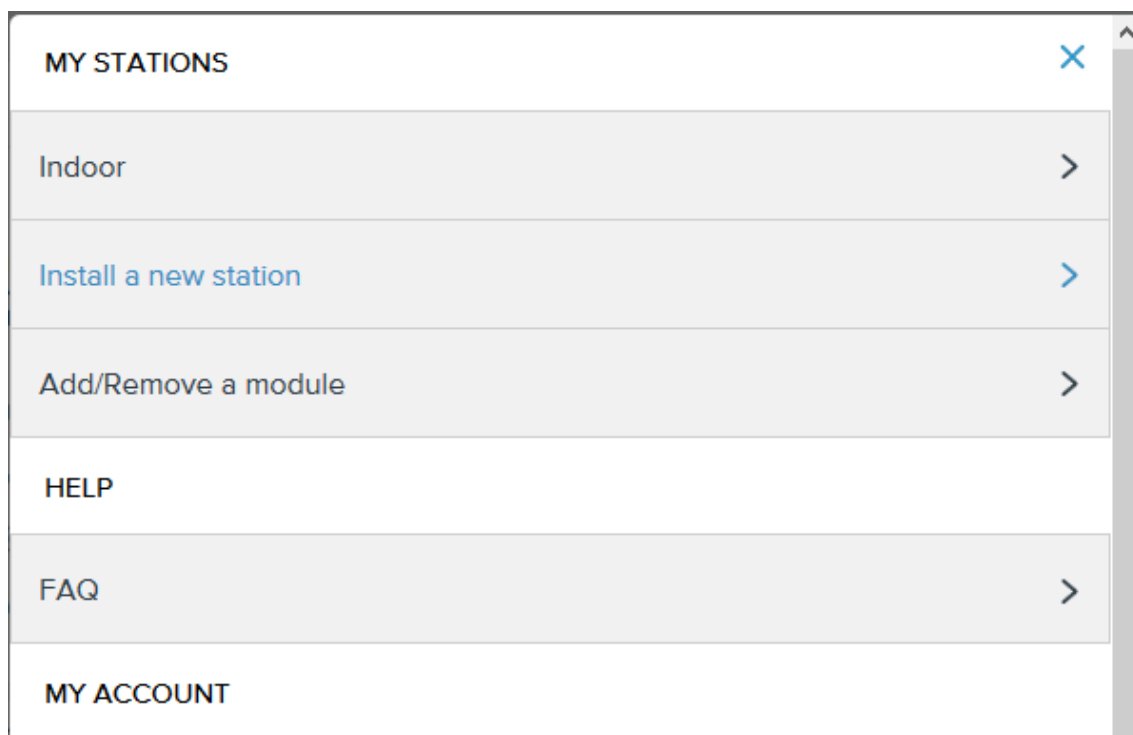
Name Your Scene

Name: Poissaollessa

Finish

Kuva 12. Scenen asetukset. (Vera Control, Ltd 2017).

Netatmo Personal Weather Station-laitteen liittäminen toimii melkein samoin kuin patteritermostaatin liittäminen, mutta sitä ennen joudutaan tekemään käyttäjä Netatmon sivuilla laitteen käyttöä varten. Netatmo käyttäjälle sisäänkirjautumisen jälkeen valitaan oikealta ylhäältä user settings valikko, josta valitaan install a new station vaihtoehto (Kuva 13).



Kuva 13. Netatmo User Settings. (Netatmo 2017).

Seuraavaksi ladataan Netatmo Setup Wizard -sovellus, joka suorittaa Netatmon asennuksen loppuun (Kuva 14). Netatmo weather station täytyy kiinnittää tietokoneeseen micro-USB kaapelilla, minkä jälkeen seurataan sovelluksessa olevia ohjeita asennusta varten.

#### DOWNLOAD SOFTWARE FOR : WINDOWS

To set up your Netatmo Weather Station, or to reconfigure its Wi-Fi network settings, please download the Netatmo Setup Wizard.

[Download the Setup Wizard](#)

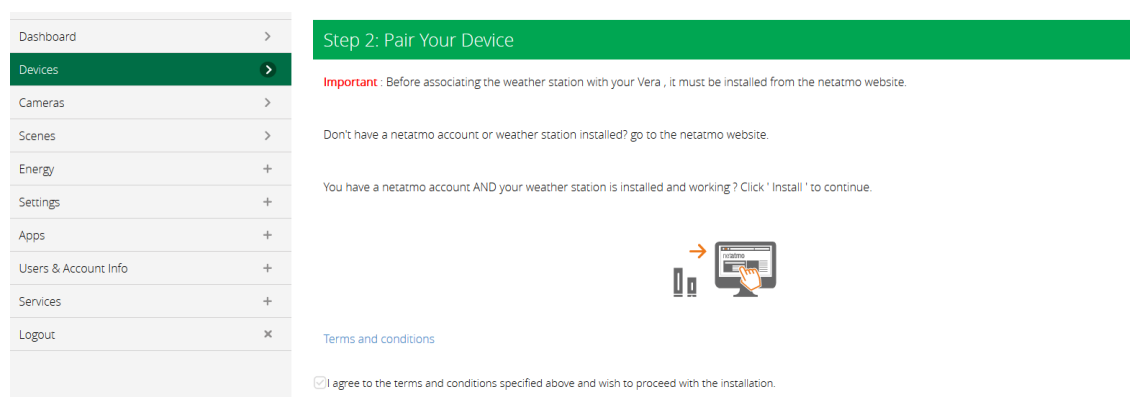
Kuva 14. Netatmo Setup Wizard. (Netatmo 2017).

Netatmon asennuksen jälkeen liitetään se kodin automaatiojärjestelmän verkkoon. Verkkoon liittäminen onnistuu samasta paikasta kuin patteritermostaattienkin. Mennään Vera-control-paneelin vasemmassa reunassa olevaan Devices-välilehteen ja sieltä valitaan taas add device. Netatmo löytyy Thermostats vaihtoehdon alta. Valitaan Netatmo Weather Station (Kuva 15).



Kuva 15. Netatmo Add Devices valikossa. (Vera Control, Ltd 2017).

Tämän jälkeen varmistetaan, että Netatmo weather station on päällä, jonka jälkeen painetaan Install nappia (Kuva 16). Veran pitäisi löytää Netatmo-verkosta automaattisesti, mutta jos näin ei käy Vera pyytää Netatmo-käyttäjän tietoja, jotta se voi liittää laitteen verkkoon Netatmo käyttäjän kautta.



Kuva 16. Netatmon liittäminen järjestelmään. (Vera Control, Ltd 2017).

Netatmon pitäisi tämän jälkeen löytyä Devices-välilehdeltä patteritermostaattien kanssa. Tämän jälkeen käyttäjä voi lisätä mahdolliset muut kotitalouden kodin automaatiolaitteet verkkoon tai luoda uusia Scenejä automaatiota varten.

## 7 ENERGIANKULUTUSARVIOT

Suomalaisissa kotitalouksissa sähköä kuluu eniten talon ja käyttöveden lämmitykseen. Kodinkoneet, valaistus ja muut sähkölaitteet ovat keskimäärin alle kolmasosa kotitalouden sähkönkulutuksesta (Kuva 17). (Vattenfall n.d.)



Kuva 17. Suomalaisen kotitalouden sähkönkulutus. (Vattenfall n.d.).

Viime vuosikymmenien aikana rakennusmääräykset ovat muuttuneet ottamaan paremmin huomioon kotitalouksien energiankulutuksen. Rakennusmääräysten uudistusten ansiosta lämpöhäviötä johtumalla on yhä vähemmän ja lämmitysenergia kuluukin yhä enemmän ilmanvaihdon aiheuttamaan lämmitystarpeeseen. Ilmavaihdon aiheuttamaa lämmityksen tarvetta voidaan pienentää lämmöntalteenotolla varustetulla ilmanvaihtokoneella, jotka ovat nykyään usein yhteensopivia taloautomaatiojärjestelmien kanssa. Nykyiset rakentamismääräykset ohjaavat hyvään rakentamisen laatuun ja energiatehokkuuteen. Määräyksien tarkoituksena on poistaa tehottomat ratkaisut sekä asettaa minimivaatimustaso. (Energiatehokas Koti 2016.)

Helppo keino laskea lämmityksen energiankulutusta on laskea kotitalouden lämpötilaa muutamalla asteella. Kotitalouden suosituslämpötila on 20-22 astetta ja makuuhuoneissa vielä pienempi 18-21 astetta. Lomamatkojen ajaksi kannattaa käyttää normaalia pienempää lämpötilaa. Huoneilman lämpötilanmuutos kesken lämmityskauden ei kuitenkaan saisi olla liian nopeaa. Ihminen tottuu 0,5-1 celsius asteen lämmönpudotukseen noin viikossa. Myös lämmitysjärjestelmän perusasioiden kuntoon laittamisella voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä lämmityskuluissa. (ILMANKOS-projekti n.d., Motiva n.d.)

Kodinohjausjärjestelmän voidaan helpottaa energiansäästöä hoitamalla lämpötilanohjauksen automaattisesti. Keskitettyjen kodinohjausratkaisujen avulla saadaan kodin eri järjestelmät toimimaan hyvin toistensa kanssa, joka tekee asumisesta mukavaa ja turvallisempaa. Kodinohjausjärjestelmien ohjaus käyttää yleensä eri oletustilanteita, kuten kotona, poissa ja poissa pitkään. Oletustilanteita voi kuitenkin useimmissa järjestelmissä muokata omia tarpeita varten. (Motiva n.d.)

Lämmitys- ja ilmastointilaitteiden kytkeminen asumistilanteen mukaiselle tasolle säästää energiaa. Kodin automaation avulla voidaan tehdä lämpötilanmuutoksia automaattisesti, saadaan etäkäytössä tietoa asunnon tilasta ja voidaan muuttaa järjestelmän oletustilanteita. Tietämällä kodin reaaliaikaisen kokonaiskulutuksen ja kulutushistorian kotitalouden omistaja voi helposti säätää energiakäyttöä ja käyttäytymistä. Keskitetyillä ohjausjärjestelmillä voidaan vähentää kokonaissähkönkulutusta noin 10 prosenttia ja lämmityksen energiankulutusta noin 20 prosenttia. (Motiva n.d.)

Kotitalouden lämpötilan laskeminen yhdellä celsius asteella vastaa noin viiden prosentin laskua lämmityksen sähkönkulutuksessa. Motivan mukaan keskimääräinen lämpöenergiankulutus 130 neliön kotitalouksissa on 21 576 kWh. Kun lasketaan kotitalouden lämpötilaa 23 asteesta 20 asteeseen jokainen aste vastaa noin viiden prosentin säästöä lämmityskustannuksissa. (ILMANKOS-projekti n.d.)

Kun käytetään arviota, että yhden asteen lämpötilan pudotus säästää viisi prosenttia lämmityskuluissa, kotitalouden lämpötilan laskemisen tuova hyöty lasketaan alla olevalla laskukaavalla, jossa  $a$  on kotitalouden lämpöenergiankulutus kilowattitunteina,  $b$  on lämmityksen hinta per kWh ja  $c$  on laskettujen asteiden määrä.

$$ab * 0.95^c = x \quad (1)$$

Lasketaan kolmen asteen lämpötilan laskemisen hyöty käyttäen  $a$ :n arvona Motivan 130 neliön kotitalouden lämpöenergiankulutusta 21 576 kWh, ja lämmityksen hintana käytetään Riihimäen Kaukolämpö Oy:n kaukolämmön energiamaksua 57,66 €/MWh, joka sisältää 24% arvonlisäveron. (Riihimäen Kaukolämpö Oy 2017)

$$21\,576 * \left(\frac{57.66}{1000}\right) = 1244.1$$

$$21\,576 * \left(\frac{57.66}{1000}\right) * 0.95^3 = 1066.6$$

$$1244.1 - 1066.6 = 177.5$$

Yllä olevien laskutoimitusten mukaan laskemalla kaukolämmitetyn kotitalouden lämpötilaa voi säästää 177.5 euroa vuodessa. Seuraavaksi lasketaan sähkölämmitetyn kotitalouden säästö, käyttäen energiaviraston hintatilastojen mukaista noin 0,06 €/kWh hintaa. (Energiavirasto 2017.)

$$21\,576 * 0.06 = 1294.6$$

$$21\,576 * 0.06 * 0.95^3 = 1109.9$$

$$1294.6 - 1109.9 = 184.7$$

Sähkölämmitettyssä kotitaloudessa säästö on 184.7 euroa vuodessa. Yksinkertaisuuden vuoksi oletettiin, että molempien kotitalouksien energiankulutus oli sama, vaikka heittoa niiden välillä voi olla muutamia prosentteja.

Kodin automaatiojärjestelmän avulla on helppo säätää kodin lämpötilaa tarvittaessa, kuten nukkumaan mennessä, lomamatkoja varten tai vaikka kesken lomamatkan järjestelmän mobiilisovelluksen avulla. Lasketaan seuraavaksi, kuinka paljon säästyy lämmityskuluissa, kun lasketaan sähkölämmitetyn kotitalouden lämpötilaa neljällä asteella kahden viikon lomamatkan ajaksi.

$$\frac{21576}{365} * 14 = 827.57$$

$$827.57 * 0.06 = 49.654$$

$$827.57 * 0.06 * 0.95^4 = 40.444$$

$$49.654 - 40.444 = 9.21$$

Yllä olevien laskutoimitusten perusteella saadaan säästettyä 9.21 euroa kahden viikon ajalla. Lasketaan vielä laskutoimituksien mukaiset hyödyt prosentteina, jotta hyötyä voi helpommin verrata muihin kotitalouksiin.

$$\frac{177.5}{1244.1} * 100\% = 14.2673\% \approx 14\%$$

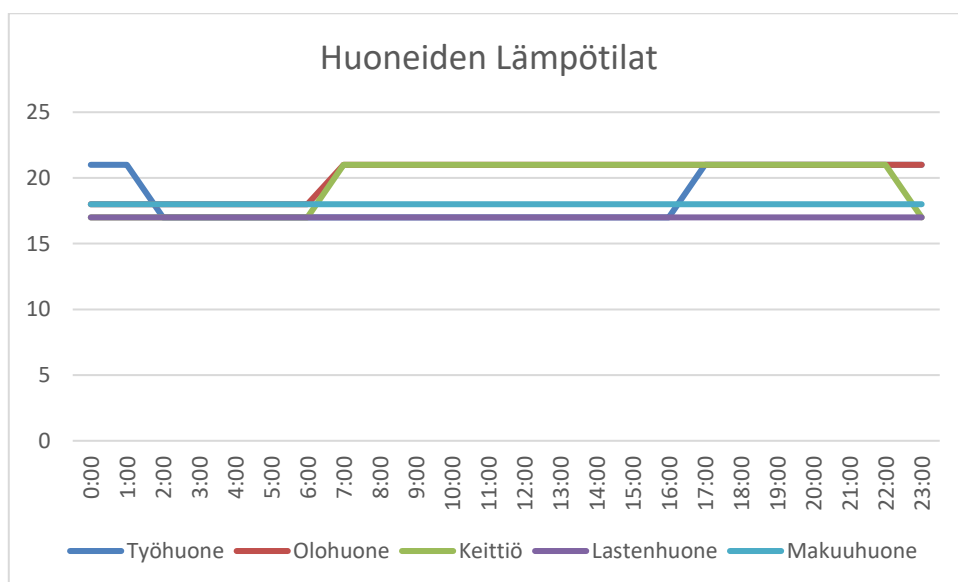
$$\frac{184.7}{1294.6} * 100\% = 14.2669\% \approx 14\%$$

$$\frac{9.21}{49.654} * 100\% = 18.548\% \approx 19\%$$

Laskujen mukaan kauko- ja sähkölämmitetty kotitaloudet säästävät molemmat noin 14 % kolmen asteen lämpötilan pudotuksella ja sähkölämmitetty kotitalous säästää kahden viikon lomamatkan aikana noin 19 % lämmityskuluissa pudottamalla lämpötilaa neljä astetta. Säästön määrä on vain arvio ja lämmityskuluihin vaikuttaa muitakin tekijöitä kuin laskutoimituksissa esille tulleet tekijät. Jos lämpötilaa ei lasketa ollenkaan poissa ollessa ei tule säästöä kustannuksissakaan, joten kodin automaatiojärjestelmä vain helpottaa säästöjen tekemistä, eikä itsessään aiheuta säästöä.

Danfossin mukaan vaihtamalla yli 15 vuotta vanhojen patteritermostaattien tilalle uudet Connect termostaatit voi teoriassa säästää jopa 23% patterien lämmityskustannuksissa. Arvio on tehty keskiverto saksalaiselle kotitaloudelle, joten se ei ota huomioon kotitalouden eristystä, rakennusmateriaaleja, ikkunoita tai ikää. Lasku ei ota myöskään huomioon ulkoisia tekijöitä kuten ulkolämpötila, kova tuuli, takan lämmitys jne. (Danfoss n.d.)

Opinnäytetyössä tehty kodinautomaatiojärjestelmä pitää kotitalouden lämpötilat kaaviossa (Kuva 18) näkyvillä tasoilla. Liitteessä 1 olevat laskutoimitukset näyttävät arviot eri huoneiden lämmityskustannuksien säästön prosentteina lämpötilanmuutosten seurauksina. Kotitalouden lämmityskulut ovat noin 1530 € vuodessa. Jos käytetään kaikkien huoneiden tilavuutena samaa, niin säästöjen keskiarvo on noin 10,7 %. Tällöin säästetään vuodessa noin 164 €. Koko kotitalouden säästön tarkempaan laskemiseen tarvittaisiin eri huoneiden koot.



Kuva 18. Kotitalouden eri huoneiden lämpötila. (Liite 1)

Opinnäytetyössä pystytetty kodin automaatiojärjestelmä maksaa noin 600-650 € ilman mahdollisia asennustyön kustannuksia, riippuen siitä mistä laitteet hankitaan. Järjestelmä maksaa itsensä takaisin 164 € vuosisäästöllä noin neljässä vuodessa.

## 8 YHTEENVETO

Käsittelin opinnäytetyössäni esineiden internetiä, kodin automaatiota ja kodin automaatiojärjestelmiä. Opinnäytetyössä käytiin läpi esineiden internetin ja kodin automaation teoriaa, hyötyjä ja ongelmia. Tämän lisäksi pystytettiin toimiva kodin automaatiojärjestelmä oheislaitteineen ja luotiin sille järjestelmäkuvaus. Lopuksi arvioitiin järjestelmän tuoma hyöty lämmityksen energiankulutuksen näkökulmasta.

Keskeisin osa opinnäytetyötä oli käytännön järjestelmä, jossa luotiin kodin automaatiojärjestelmä ja liitettiin siihen oheislaitteet. Ennen käytännön projektia tutustuttiin aiheen teoriaan ja tarvittaviin teknologioihin. Tämän jälkeen hankittiin tarvittava laitteisto, jonka jälkeen päästiin tekemään var-

sinaista järjestelmää. Järjestelmän pystyttämisesä ei tullut vastaan vakavia ongelmia ja kodin automaatiojärjestelmän pystyttäminen onnistui. Opinnäytetyön kirjallinen osuus onnistui hyvin, vaikka suomenkielisiä lähteitä aiheesta oli rajallisesti.

Opinnäytetyötä tehdessä tuli selväksi, että lämmitysverkoston perussäädöllä, automatisoinnilla ja päivittämisellä voi saada hyvinkin suuria säästöjä lämmityskustannuksissa. Lämmityskustannuksien tarkempaa arviointia varten olisi tarvittu enemmän tietoa kotitaloudesta ja muista lämmitykseen vaikuttavista tekijöistä, mutta saavutetut arviot ovat tarpeeksi lähellä todellisia säästöjä näyttämään järjestelmän mahdollisia hyötyjä.

Opinnäytetyön aikana opin paljon uutta kodin automaation hyödyistä ja ongelmista, sekä myös käytännön toteutuksista. Kodin automaatiojärjestelmän pystyttämisen ohjeistuksesta olisi voinut tehdä vielä tarkemman, mutta se olisi lisännyt paljon kuvia ja tekstiä helpottamatta järjestelmän pystyttämistä huomattavasti. Järjestelmäkuvausta varten ei ollut juuri minkäänlaista mallia, mutta lopputulos oli toimiva. Kodin automaation teoriaan oltaisiin työssä pystytty perehtymään tarkemminkin, mutta en halunnut kasvattaa raportin pituutta liikaa.

Opinnäytetyön lopputulos oli tavoitteen mukainen. Pystytetty järjestelmä oli toimiva ja järjestelmä helposti laajennettava. Olen tyytyväinen projektin lopputulokseen, ja uskon saaneeni selvitettyä kodin automaation hyötyjä tavoittelemallani tavalla.

## LÄHTEET

Chakrabarti, A. 2015. Thread – An Open Standard Protocol for Home Automation. InfoQ.com. Julkaistu 17.11.2015. Viitattu 28.2.2017.

<https://www.infoq.com/articles/thread-protocol-for-home-automation>

Danfoss (n.d.). Laske säästösi. Viitattu 26.4.2017. <http://smart-heating.danfoss.fi/>

Danfoss (n.d.). Living connect®, Z-Wave Certified Electronic Radiator Thermostat. PDF Tiedote. Viitattu 4.4.2017.

[https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwj7v6aJ3IrTAhWKjSwKH-bOoDgUQFggrMAI&url=http%3A%2F%2Fheating.danfoss.com%2FPCMPDF%2FZ\\_wave\\_living\\_connect\\_VDHMB202.pdf&usg=AFQjCNG-fsoyyPZ9DQBVT4eoJwWfwQzDwrQ&sig2=9GVQb\\_Uh27pXYp7h64MdJA&cad=rja](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwj7v6aJ3IrTAhWKjSwKH-bOoDgUQFggrMAI&url=http%3A%2F%2Fheating.danfoss.com%2FPCMPDF%2FZ_wave_living_connect_VDHMB202.pdf&usg=AFQjCNG-fsoyyPZ9DQBVT4eoJwWfwQzDwrQ&sig2=9GVQb_Uh27pXYp7h64MdJA&cad=rja)

Danfoss (n.d.). Living connect Z Installation Guide. Viitattu 30.4.2017.

[https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwjls-qx3szTAhVtSZoKHUnRCpsQFghC-MAQ&url=http%3A%2F%2Fheating.danfoss.com%2FPCMPDF%2Fliving-connect\\_OEM\\_VQIDA15T\\_013R9563.pdf&usg=AFQjCNH--JvyTk0wSG5AD7t9blsbl8pFLA&sig2=zcCu2M8e8dBU7w2za1BaqA&cad=rja](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwjls-qx3szTAhVtSZoKHUnRCpsQFghC-MAQ&url=http%3A%2F%2Fheating.danfoss.com%2FPCMPDF%2Fliving-connect_OEM_VQIDA15T_013R9563.pdf&usg=AFQjCNH--JvyTk0wSG5AD7t9blsbl8pFLA&sig2=zcCu2M8e8dBU7w2za1BaqA&cad=rja)

Digi International Inc. (n.d.). ZigBee® Wireless Standard. Viitattu 12.2.2017. <https://www.digi.com/resources/standards-and-technologies/rfmodems/zigbee-wireless-standard>.

Electronic House 2016. Home Automation Protocols: A Round-Up. Viitattu 8.4.2017. <https://www.electronichouse.com/smart-home/home-automation-protocols-what-technology-is-right-for-you/>

Energiatohokas Koti. 2016. Rakentamismääräykset. Viitattu 7.5.2017. <http://www.energiatohokaskoti.fi/perustietoa/maaraykset/rakentamismaaraykset>

Energiavirasto. 2017. Hintatilastot. Viitattu 10.4.2017 <https://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>

Hicklin, J., Shurvinton B. & Beard G. (2015). *The Internet of Things for Dummies*. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd.

ILMANKOS-projekti (n.d.). Asuminen. Viitattu 9.4.2017. <http://www.ilmankos.fi/ilmastovinkit/asuminen>

ILMANKOS-projekti (n.d.). Asumisen ohjelehtisen laskelmien tiedot. Viitattu 9.4.2017. <http://www.ilmankos.fi/ilmastovinkit/laskelmat>

Insteon.com (n.d.). Insteon: The Technology. Viitattu 18.1.2017. <http://www.insteon.com/technology/>.

Insteon.com.au (n.d.). How INSTEON® works. Viitattu 28.3.2017. [http://www.insteon.com.au/How\\_INSTEON\\_Works.html](http://www.insteon.com.au/How_INSTEON_Works.html)

ITU (n.d.). Questions of a general nature. Viitattu 5.5.2017. <http://www.itu.int/net/ITU-R/terrestrial/fq/index.html#1>

Kobie, N. 2015. What is the internet of things? The Guardian. Julkaistu 6.5.2015. Viitattu 2.1.2017. <https://www.theguardian.com/technology/2015/may/06/what-is-the-internet-of-things-google>.

Mazar, H. 2014. ITU workshop on short range devices and ultra wide band. International, regional and national regulation of SRDs. Viitattu 4.5.2017. [www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/workshops/RWP1B-SRD-UWB-14/Presentations/International,%20regional%20and%20national%20regulation%20of%20SRDs.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/workshops/RWP1B-SRD-UWB-14/Presentations/International,%20regional%20and%20national%20regulation%20of%20SRDs.pdf)

Meola, A. 2016. What is the Internet of Things (IoT)? Business insider – Tech Insider. Julkaistu 19.12.2016. Viitattu 24.4.2017. <http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8?r=US&IR=T&IR=T>

Morgan, J. 2014. A Simple Explanation Of 'The Internet Of Things'. Forbes –blogi. Julkaistu 13.5.2014. Viitattu 30.12.2016. <http://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#2a2328d86828>.

Motiva (n.d.). Kodinohjausjärjestelmä. Viitattu 28.4.2017. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/remontoi\\_ ja\\_ huolla/energiatehokas\\_ sahkolammitys/kodinohjausjarjestelma](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/remontoi_ ja_ huolla/energiatehokas_ sahkolammitys/kodinohjausjarjestelma)

Motiva (n.d.). Sopivat sisälämpötilat. Viitattu 26.4.2017. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/energiatehokkuuden\\_ parantaminen\\_ taloyhtiossa/sopivat\\_ sisalampotilat](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/energiatehokkuuden_ parantaminen_ taloyhtiossa/sopivat_ sisalampotilat)

Netatmo (n.d.). Netatmo specifications. Viitattu 7.4.2017. <https://www.netatmo.com/product/weather/weatherstation/specifications>



Noor UI, M. 2016. Zigbee in Home Automation. CCTV Institute. Julkaistu 5.11.2016. Viitattu 28.3.2017.

<http://cctvinstitute.co.uk/zigbee/>

Ravenscraft, E. 2013. How Can I Get Started with Home Automation? Lifehacker –blogi. Julkaistu 29.5.2013. Viitattu 2.1.2017.

<http://lifehacker.com/how-can-i-get-started-with-home-automation-510246491>.

Riihimäen Kaukolämpö Oy 2017. Tariffit. Viitattu 10.4.2017.

<http://www.rkloy.fi/>

Rouse, M. 2015. IoT security (Internet of Things security). TechTarget. Viitattu 24.4.2017. <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/IoT-security-Internet-of-Things-security>

<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/IoT-security-Internet-of-Things-security>

Rouse, M. (n.d.). Internet of Things (IoT). TechTarget. Viitattu 2.1.2017.

<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>.

Safewise (n.d.). What is home automation and how does it work? Viitattu 3.1.2017. <http://www.safewise.com/home-security-faq/how-does-home-automation-work>.

<http://www.safewise.com/home-security-faq/how-does-home-automation-work>.

Sigma Designs, Inc. (n.d.). How Z-Wave Works. Viitattu 3.1.2017.

<http://www.Z-Wave.com/about>.

SmarterHOME (hascon,s.r.o.) (n.d.). Advantages of Z-Wave. Viitattu 11.1.2017. <https://smarterhome.sk/en/informacie/advantages-of-Z-Wave-10>.

<https://smarterhome.sk/en/informacie/advantages-of-Z-Wave-10>.

Smarthome (n.d.). Buyer's guide automation controllers. Viitattu 12.4.2017. <http://www.smarthome.com/sc-buyers-guide-automation-controllers#>

<http://www.smarthome.com/sc-buyers-guide-automation-controllers#>

Vattenfall (n.d.). Kodin keskimääräinen energiankulutus. Viitattu 9.4.2017. <http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-sahkonkulutus.htm>

<http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-sahkonkulutus.htm>

Vera Control, Ltd. (n.d.). VeraPlus Advanced Home Controller. Viitattu 8.4.2017. <http://getvera.com/controllers/veraplus/>

<http://getvera.com/controllers/veraplus/>

Vesternet Ltd. (n.d.). What is X10. Viitattu 8.1.2017. <http://www.vesternet.com/what-is-x10>.

<http://www.vesternet.com/what-is-x10>.

Young, J. (n.d.). Thread Wireless Networking Protocol. Digi International Inc. Viitattu 5.4.2017. <https://www.digi.com/resources/standards-and-technologies/thread-networking-protocol>

<https://www.digi.com/resources/standards-and-technologies/thread-networking-protocol>

## KUVALÄHTEET

Kuva 1: Thread Group © 2015. Otettu 5.4.2017.

<https://www.digi.com/getattachment/resources/standards-and-technologies/thread-networking-protocol/thread-diagram2.jpg>.

<https://www.digi.com/resources/standards-and-technologies/thread-networking-protocol>

Kuva 2: Sintonen, S. VeraPlus ja Danfoss LC-13 patteritermostaatti. Otettu 15.4.2017.

Kuva 3: Vera Mobile sovellus. Kuvankaappaus. Otettu 15.4.2017.

Kuva 4: Sintonen, S. Kodin automaatiojärjestelmä. Tehty 14.4.2017.

Kuva 5: Vera Control, Ltd. Otettu 1.2.2017. <https://home.getvera.com/users/login>.

Kuva 6: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 16.2.2017.

Kuva 7: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 16.2.2017.

Kuva 8: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 14.3.2017.

Kuva 9: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 29.3.2017.

Kuva 10: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 29.3.2017.

Kuva 11: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 29.3.2017.

Kuva 12: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 29.3.2017.

Kuva 13: Netatmo. Netatmo app station. Otettu 6.4.2017.

<https://my.netatmo.com/app/station>

Kuva 14: Netatmo. Netatmo app station. Otettu 6.4.2017.

<https://my.netatmo.com/app/station>

Kuva 15: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 6.4.2017.

Kuva 16: Vera Control, Ltd. Vera Control Panel. Otettu 6.4.2017.

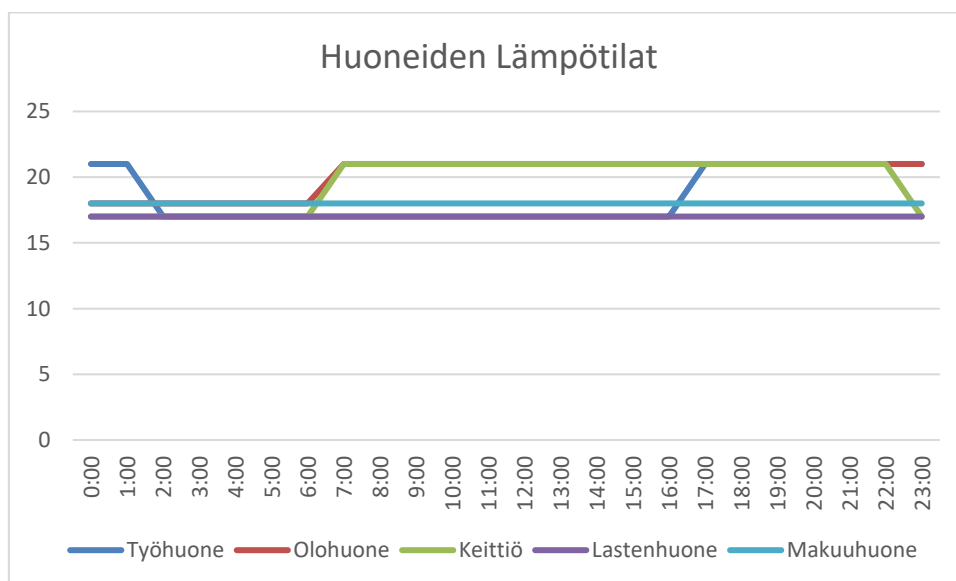
Kuva 17: Vattenfall (n.d.). Kodin keskimääräinen energiankulutus. Viitattu 9.4.2017. <http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-sahkonkulutus.htm>

Kuva 18: Sintonen, S. Kodinautomaatiojärjestelmään säädetyt lämpötilat. Viitattu 30.4.2017. Liite 1.

## Lämpötila Excel ja laskelmat

	Työhuone	Olohuone	Keittiö	Lastenhuone	Makuuhuone
0:00	21	18	17	17	18
1:00	21	18	17	17	18
2:00	17	18	17	17	18
3:00	17	18	17	17	18
4:00	17	18	17	17	18
5:00	17	18	17	17	18
6:00	17	18	17	17	18
7:00	17	21	21	17	18
8:00	17	21	21	17	18
9:00	17	21	21	17	18
10:00	17	21	21	17	18
11:00	17	21	21	17	18
12:00	17	21	21	17	18
13:00	17	21	21	17	18
14:00	17	21	21	17	18
15:00	17	21	21	17	18
16:00	17	21	21	17	18
17:00	21	21	21	17	18
18:00	21	21	21	17	18
19:00	21	21	21	17	18
20:00	21	21	21	17	18
21:00	21	21	21	17	18
22:00	21	21	21	17	18
23:00	21	21	17	17	18
Lämpötilan keskiarvo	18,5	20,125	19,66666667	17	18

Kodinautomaatiojärjestelmään asetettavat lämpötilat celsius asteina.



Huoneiden lämpötila kaavio.

Järjestelmän ollessa poissaolo tilassa lämpötila on kaikissa huoneissa 17 celsius astetta. Patterit tarvitsevat aikaa lämpötilanmuutosten tekemiseen. Lämpötila taulukko käyttää aikayksikkönä tunteja, joten poistetaan laskuissa saatavista säästöistä 1/24 kompensoimaan lämpötilan muutokseen kuluvaan aikaa. Muutos aika ei ole tarkka arvo, joten laskujen tuloksissa on jonkin verran virhettä.

$$(1 - 0,95^{a-b}) * \frac{23}{24} * 100\%$$

Yllä olevassa kaavassa  $a$  on peruslämpötila, johon lämpötilanpudotusta verrataan ja  $b$  on lämpötilan keskiarvo. Kaavalla voidaan laskea eri huoneiden lämmityksen säästö prosentteina olettaen, että huoneet on eristetty ja ovet pitävät huoneiden lämpötilat tasaantumasta. Kaava ei ota huomioon lämpötilaan vaikuttavia ulkoisia tekijöitä.

Työhuone:

$$(1 - 0,95^{21-18,5}) * \frac{23}{24} * 100\% = 11,5\%$$

Olohuone:

$$(1 - 0,95^{21-20,125}) * \frac{23}{24} * 100\% = 4,2\%$$

Keittiö:

$$\left(1 - 0,95^{21-(19+\frac{2}{3})}\right) * \frac{23}{24} * 100\% = 6,34\%$$

Lastenhuone:

$$(1 - 0,95^{21-17}) * \frac{23}{24} * 100\% = 17,8\%$$

Makuuhuone:

$$(1 - 0,95^{21-18}) * \frac{23}{24} * 100\% = 13,7\%$$

Huoneiden koot eivät ole tiedossa, joten ei voida laskea koko kotitalouden lämmityskustannusten säästöä. Kotitalouden lämmityskulut ovat noin 1530€ vuodessa. Jos käytetään kaikkien huoneiden tilavuutena samaa, niin säästöjen keskiarvo on noin 10,7%.